



**Universidad
de La Laguna**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO FIN DE GRADO

Título:

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES URBANOS Y TECNOLÓGICOS EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS COMO
PARTE DE LA TRANSFORMACIÓN A SMART CITIES.**

Autor:

Ángel García Rodríguez

Tutores:

Evelio José González González

Rafael Arnay del Arco

Junio 2023

RESUMEN

Desde hace años, cada vez son más las personas que han emigrado desde las zonas rurales a zonas urbanas, motivados por la búsqueda de nuevos empleos y de mejorar su calidad de vida. La consecuencia de este movimiento ha generado que muchas de las ciudades que se conocen actualmente posean una gran densidad de habitantes, provocando un gasto energético elevado para poder abastecer a toda la población. Sin embargo, para poder hacer frente a este gran inconveniente, se ha investigado la posibilidad de acoplar los nuevos avances tecnológicos a las ciudades, naciendo el concepto de smart city. Una forma de mejora en la tecnología actual se basa en la implementación de los vehículos autónomos como sustitutos de los vehículos actuales, que tienen como objetivo la reducción del número de accidentes de tráfico, mejorar la eficiencia energética, reducir tiempos de espera innecesarios, etc. Gracias a diversas investigaciones y estudios es posible, en un futuro bastante cercano, implementar no solo este tipo de vehículos sino también otros tipos de tecnologías paulatinamente en las diferentes ciudades.

Para analizar los diferentes sectores que abarcan los vehículos autónomos y las smart cities, se ha realizado en este proyecto un estudio sobre los niveles de autonomía que estos poseen, los diversos problemas que presentan y, finalmente, cómo sería su incorporación a las smart cities, por otra parte, haciendo referencia a estas ciudades, se estudiará qué tipo de elementos son necesarios para convertir una ciudad convencional en smart city, incluyendo tanto el hardware como puede ser el tipo de dispositivos que se deben utilizar, como el software, es decir, el uso de plataformas digitales o la toma de datos, además de aspectos que están indirectamente relacionados (medioambiente, mantenimiento, etc.) .

Por último, se ha realizado un presupuesto, tanto de instalación como energético, de la ciudad de Barcelona con los elementos que afectan tanto a los vehículos autónomos como a las smart cities, en este caso se ha tenido en cuenta el alumbrado público, los semáforos y la recogida selectiva de residuos, reflejando el coste a corto, medio y largo plazo, permitiendo determinar, de una forma bastante más clara, la viabilidad de este tipo de instalación y el coste energético.

Palabras clave: **Vehículos autónomos, smart city, avances tecnológicos, viabilidad, energía.**

ABSTRACT

This thesis shows in detail the different aspects related to autonomous vehicles and smart cities. To this end, numerous sources have been consulted to verify and contrast all the information obtained. This research includes several sections related, firstly, to autonomous vehicles, such as their components, degrees of autonomy, the main problems they present, as well as the different uses not directly related to passenger transport but also to industrial . On the other hand, the elements related to smart cities are presented, both hardware and software, however, in the software section, the elements directly related to this type of cities will be studied, as well as those that are collaterally related. Subsequently, a study was carried out where both technologies unite, in this way, the different steps that a city must take to become a smart city will be explained and finally in this section, how autonomous vehicles should be integrated into smart cities. Finally, a budget for the city of Barcelona has been prepared, which includes aspects that include autonomous vehicle technologies and smart cities (installation, maintenance and energy consumption). This section has been carried out in order to study in greater depth the adaptability and energy savings, taking into account the elements to be installed, labor and cost of each one of them.

Índice general

1. Vehículos autónomos.....	6
1.1. Introducción vehículos autónomos.....	6
1.2. Componentes de los vehículos autónomos.....	7
1.3. Niveles de autonomía vehículos autónomos.....	10
1.4 Problemas principales de los vehículos autónomos.....	12
1.5 Vehículos autónomos en el sector industrial.....	15
2. Smart cities.....	17
2.1. Introducción a las smart cities.....	17
2.2. Componentes de las smart cities(Software).....	18
2.2.1 Elementos directamente relacionados.....	18
2.2.2 Elementos colaterales.....	20
2.3 Componentes de las smart cities (Hardware).....	22
2.4 Adaptación de ciudad convencional a una smart city.....	27
3. Adaptación de los vehículos autónomos a una “Smart City”.....	29
4. Presupuesto.....	31
4.1. Presupuesto (Instalación).....	31
4.1.1 Presupuesto de instalación alumbrado público.....	32
4.1.2 Presupuesto de instalación de semáforos.....	33
4.1.3 Presupuesto de instalación recogida selectiva.....	34
4.2 Presupuesto (energético).....	35
4.2.1 Presupuesto energético alumbrado público.....	36
4.2.2 Presupuesto energético de semáforos.....	36
4.2.3 Presupuesto energético recogida selectiva.....	38
5. Conclusiones.....	39
6. Bibliografía.....	40
6.1 Bibliografía del presupuesto.....	46
6.2 Bibliografía de figuras.....	49

Índice de figuras

Figura [1]: Primer vehículo autónomo.....	6
Figura [2]: evolución vehículos autónomos.....	7
Figura [3]: Mapa generado por LIDAR.....	8
Figura [4]: Lane assist.....	9
Figura [5]: Escala de autonomía de vehículos.....	10
Figura [6]: Dilema moral de las máquinas.....	13
Figura [7]: Otros problemas de los vehículos autónomos.....	15
Figura [8]: Platoon driving.....	16
Figura [9]: Vehículos autónomos en el sector agrícola.....	17
Figura [10]: Smart city.....	17
Figura [11]: Datos en una smart city.....	19
Figura [12]: La importancia de la ciberseguridad.....	21
Figura [13]: Generación distribuida.....	23
Figura [14]: Smart buildings.....	24
Figura[15]: Adaptación de nuevas tecnologías.....	29
Figura[16]: Adaptación de los vehículos autónomos a smart cities.....	31
Figura[17]: Programación del semáforo.....	37

1. Vehículos autónomos

1.1. Introducción vehículos autónomos

Los vehículos autónomos son todos aquellos que pueden llegar a conducirse sin la participación directa del ser humano. En los últimos años este tipo de vehículos se han hecho muy populares, ya que están directamente relacionados con el futuro de la conducción, tanto es así que muchas de las más grandes empresas relacionadas con el sector automovilístico están investigando y desarrollando nuevas tecnologías para implantar este tipo de vehículos en las carreteras. Por otra parte, se debe destacar que este tipo de automóviles basa su funcionamiento en la conexión a internet y la transferencia de datos, por tanto se puede concluir que para su funcionamiento sea óptimo es necesario que la conectividad sea fuerte y fluida, por lo que se prevé que en futuros años haya un crecimiento exponencial de conexiones en todo el planeta para que este tipo de vehículos puedan ser introducidos en la carreteras de una forma viable y paulatina [1],[2],[3].

Sin embargo, que los vehículos autónomos se hayan hecho extremadamente populares en estos últimos años no implica que sean una creación reciente, ya que el primer concepto sobre este tipo de automóviles fue en 1925 en Nueva York, donde Francis Houndina pudo poner en práctica un vehículo capaz de ser controlado a distancia gracias a una antena transmisora de ondas de radio en la parte superior, mientras él lo seguía y daba órdenes con otro vehículo con un transmisor, este fue capaz de recorrer 19 kilómetros pero finalmente terminó impactando con otro coche. Pese a no ser directamente el vehículo autónomo que se conoce en la actualidad, fue el primer concepto de vehículo autónomo que se conoce hasta la fecha [4], [5].

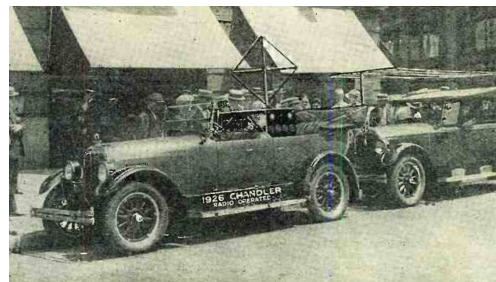


Figura [1]: Primer vehículo autónomo

Posteriormente, en la década de los 80 Ernst Dickmanns consiguió transformar una furgoneta Mercedes-Benz en un vehículo totalmente autónomo, todo esto gracias a que contaba con un algoritmo que permitía predecir el movimiento de los elementos viales, algo que resultaba bastante complicado para la tecnología de ese momento, ya que contaban con microprocesadores de 8 bits, este vehículo se puso en práctica sin tráfico en 1987, siendo el primer vehículo autónomo bastante similar a los actuales.[6]

En 1994, se realizó una propuesta muy similar donde se tenía como objetivo un viaje de la ciudad de París, donde recorrió el vehículo más de 1000 kilómetros. Viendo los resultados tan exitosos de dicho experimento, Ernst Dickmanns al año siguiente realizó otra propuesta donde el vehículo debería viajar de Munich a Copenhague de forma totalmente autónoma. Posteriormente, los vehículos autónomos evolucionaron poco a poco hasta llegar a lo que se pueden encontrar en la actualidad [4],[5].

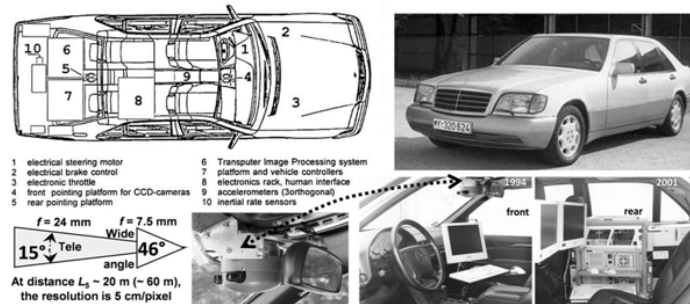


Figura [2]: evolución vehículos autónomos

1.2. Componentes de los vehículos autónomos

El funcionamiento de los vehículos autónomos actuales se basan los siguientes tipos de componentes:

- **Los sensores:** un sensor es un dispositivo que permite detectar diferentes magnitudes físicas o variaciones del entorno y las transforma en señales eléctricas. Dentro de este tipo de sensores los principales son los siguientes: [2]
 - ❖ Un buen ejemplo de estos dispositivos son las cámaras, ya que estas analizan los alrededores del vehículo y proporcionan de una forma muy detallada información sobre éstos, esto puede ser posible gracias al ángulo de visión que poseen este tipo de sensores (suele ser de 120°) y además permite que el propio vehículo sea capaz de recopilar diferentes datos dependiendo de las diversas circunstancias que se puedan llegar a originar. Por otra parte, se debe destacar una gran desventaja de este tipo de aparato electrónico y es que pierde efectividad ante condiciones climatológicas adversas[7],[8].
 - ❖ Otro de los sensores principales de este tipo de vehículos es el LIDAR, este tipo de sensor funciona de forma bastante similar

al sensor de infrarrojos y ultrasonidos, es decir, un foco emite constantemente láser infrarrojos que chocan con los diferentes obstáculos de la vía y viajan nuevamente hacia el sensor, permitiendo que el vehículo pueda hacer un escaneo 3D del entorno. Por otra parte, este dispositivo tiene la posibilidad de girar 360° sobre sí mismo constantemente, aumentando de forma considerable la seguridad del vehículo en todos los ángulos y le permite a su vez la posibilidad de realizar cálculos con mayor precisión sobre las distancias y las velocidades del resto de elementos de la vía. Por otra parte, posee una gran ventaja y es que funcionan de forma correcta ante situaciones climatológicas adversas, pero su desventaja principal es que no tiene la capacidad de detectar la forma exacta del cuerpo a detectar[7],[8].

A continuación se muestra el mapa realizado por un sensor LIDAR:

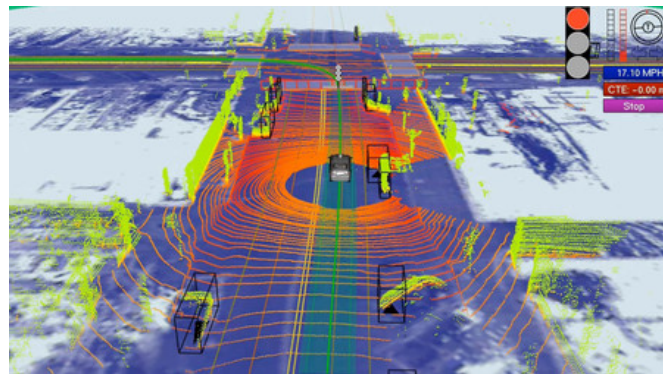


Figura [3]: Mapa generado por LIDAR

- ❖ Un sensor que también es utilizado por este tipo de vehículos es el IMU, la tarea principal de este dispositivo se basa en la detección de la orientación y velocidad del propio automóvil. La principal desventaja es que este sensor tiene un rango de error poco apreciable de forma individual, pero al realizar un gran número de cálculos el error es bastante elevado, es decir, dicho error se va agravando con el tiempo.[7],[8]
- ❖ Posteriormente, otro de los sensores que más se utilizan, incluso en los vehículos actuales es el GPS, que también permite detectar, como en el caso anterior, la posición del vehículo, sin embargo también posee un margen de error. Con el objetivo de reducir los errores de posicionamiento que ofrecen tanto este sensor como el anterior, se suele emplear la unión de ambos reduciendo así este problema, además

contando con la ventaja de que el GPS permite localizar al vehículo a través de todas las rutas[7],[8].

Una vez nombrados los diferentes sensores que se pueden encontrar en este tipo de vehículos, se pasará a explicar los asistentes principales que facilitan la conducción:

- ❖ Uno de los más empleados, incluso en los vehículos actuales son aquellos que permiten enviar a la unidad de control información relacionada con la luminosidad del medio, este tipo de sensores son conocidos como “Light assist” o como luces adaptativas, estas se sitúan en la parte frontal del vehículo, ayudando también a la hora de detectar otro usuario de la vía para evitar que se produzcan deslumbramientos, lo que podría provocar errores en las cámaras de otros automóviles o que los peatones se vean afectados poniendo en riesgo también su seguridad [7], [8].
- ❖ Otros de los asistentes que también guarda bastante relación con la seguridad de vehículos y que además es utilizado en la actualidad, es el que permite detectar las líneas de la vía y envía constantemente información a la unidad de control sobre la separación entre el propio automóvil y las mismas, este denomina “Lane assist”, además dicho dispositivo permite que el conductor no pueda llegar a adormecerse o confiarse , ya que gracias a su detección se podrán emitir alertas sonoras para evitarlo o para que sea el conductor sea el que tome el mando del vehículo [7],[8].

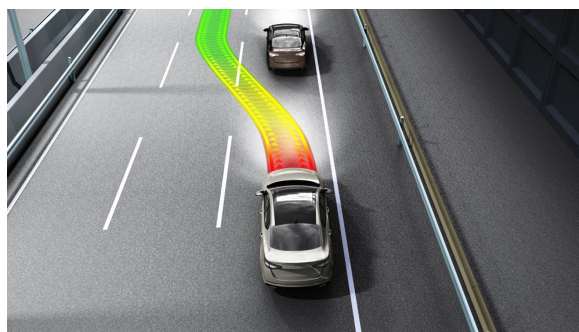


Figura [4]: Lane assist

- ❖ Otro de los sensores que es utilizado en la actualidad y que es uno de los principales en cuanto a la seguridad es el “Emergency assist” que detecta si el volante del vehículo deja de ser sujetado por el conductor, igual que en el sensor anterior,

se enviarán los datos a la unidad de control para enviar alertas sonoras para que el conductor vuelva a tomar el mando, de no cumplirse este objetivo en un intervalo concreto de tiempo, el vehículo comenzará a reducir su velocidad, llegando incluso a detenerse, en caso de desmayo o cualquier otro tipo de problema [7],[8].

- **Equipos de abordó:** permiten detectar la ubicación exacta del vehículo, como el GPS, además estos vehículos cuentan con una inteligencia artificial (IA), la cual aplica un método de aprendizaje automatizado, gracias a la recopilación de datos, de esta forma podrá aplicar una serie de algoritmos para mejorar la conducción[2].
- **Los actuadores:** son dispositivos que permiten transformar las señales eléctricas enviadas desde la unidad de control, en acciones controladas, estos pueden ser por ejemplo válvulas o incluso componentes mucho más importantes en vehículos eléctricos como el motor[2].

Por otra parte, a la hora de percibir el entorno podemos destacar diversos aspectos importantes como puede ser, la detección obstáculos estáticos o en movimiento, así como objetos que puedan haber en la calzada, por ejemplo los conos de tráfico o en el caso de los que están en movimiento destacan el resto de componentes del tráfico, como otros vehículos, además de peatones, así mismo, lo importante no es la detección únicamente a la hora de circular por la vía, sino también la correcta interpretación de los mismos y de la forma de la carretera.

1.3. Niveles de autonomía vehículos autónomos

Estos vehículos pueden clasificarse en diferentes niveles según su grado de autonomía, a continuación se muestra un ejemplo gráfico de todos estos, que permite hacerse una idea general de los principales conceptos de cada uno de dichos niveles y posteriormente pasarán a ser explicados con mayor profundidad:



Figura [5]: Escala de autonomía de vehículos:

- **Nivel 0 (ausencia de automatización en la conducción)**: en este nivel, es el propio conductor el que posee totalmente la toma de decisiones y los mandos del vehículo, además se puede destacar la ausencia de ayudas a la hora de conducir, únicamente se podrían encontrar como mucho ciertos dispositivos que puedan detectar ciertos elementos en la calzada, pero es el propio conductor el que debe de tomar el control [9],[10],[11],[12].
- **Nivel 1 (asistencia en la conducción)**: El vehículo cuenta con algún tipo de sistema automatizado para la conducción, este sistema puede servir para controlar el movimiento longitudinal y lateral del vehículo, pero no ambos a la vez (control de la desviación de los carriles o adaptación de la velocidad según la vía). Además, el conductor es el que tiene la toma de decisiones, como en el nivel anterior, con la diferencia de que tiene una mayor seguridad y comodidad a la hora de conducir [9],[10],[11],[12].
- **Nivel 2 (automatización parcial)**: a diferencia del nivel anterior, este nivel permite controlar tanto el movimiento longitudinal como el lateral del vehículo, además tal y como sucedía en los niveles anteriores, el vehículo no cuenta con sistemas de respuesta automática cuando se detecta algún objeto, el vehículo también podrá realizar simultáneamente ciertas tareas que anteriormente las tenía que realizar el conductor, un ejemplo pueden ser las tareas relacionadas con el movimiento, sin embargo, a pesar de realizarse automáticamente es necesario que el conductor esté presente en esas tomas de decisiones [9],[10],[11],[12].
- **Nivel 3 (automatización condicionada)**: como se mencionó anteriormente, en este nivel también es necesario la presencia de un conductor, ya que es necesario que este esté preparado para intervenir en la conducción en cualquier momento, aunque sea el propio vehículo el que tome la decisión de cambiar de carril o incluso frenar, porque en muchas ocasiones el sistema precisará la ayuda del conductor cuando se produzca algún tipo de error en el

funcionamiento en la conducción. Por otra parte, el sistema es capaz de detectar y responder automáticamente ante la presencia de objetos en la calzada, de igual forma el sistema seguirá controlando tanto el movimiento longitudinal, como el lateral [9],[10],[11],[12].

- **Nivel 4 (automatización elevada):** para este nivel de conducción ya no será necesaria la presencia de un conductor en ningún momento, ya que el propio vehículo cuenta con un sistema automatizado que se pondrá en funcionamiento en ocasiones de riesgo, por otra parte, vehículo tiene la capacidad de controlar tanto el movimiento longitudinal y lateral, además también cuenta con respuesta automática ante la detección de objetos en la calzada. Por último, es cierto que ante circunstancias muy concretas, el vehículo no podrá seguir conduciendo, ya que su funcionamiento del sistema de automatización de respaldo está limitado. (Tanto en este nivel como en el siguiente todas las personas que entren al vehículo serán pasajeros) [9],[10],[11],[12].
- **Nivel 5 (automatización completa):** el vehículo tiene la facultad de poder desplazarse a cualquier lugar, sin necesidad de los componentes habituales en un vehículo (volante, pedales, etc.), por consiguiente para que el vehículo pueda funcionar, será necesario darle una orden con el recorrido que se quiera realizar. Por otra parte, destaca respecto al nivel anterior, en que también cuenta con un sistema automatizado en caso de fallo, por lo que se puede complementar con los otros sistemas, para conseguir una mayor seguridad en gran variedad de situaciones [9],[10],[11],[12].

1.4 Problemas principales de los vehículos autónomos

Los vehículos autónomos suponen una gran mejora en la sociedad, ya que permiten reducir el número de accidentes que se producen en la carretera, además no solo mejoran la seguridad, sino que también optimizan diversos aspectos como la comodidad, la mejora de la fluidez del tráfico y por consiguiente también puntos fundamentales como el medio ambiente. Sin embargo, es necesario informarse antes de utilizar cualquiera de estos vehículos para determinar el nivel de automatización que posee, es decir, que permite hacer dicho vehículo, que restricciones tiene y saber cómo es su funcionamiento. Saber este tipo de conceptos permitirá a los pasajeros y conductores de estos vehículos no confiarse o distraerse pensando que estos son capaces de realizar tareas que no pueden hacer, por ejemplo, saber que tipo de obstáculos, vehículos o peatones puede detectar, como suele actuar cuando se produce alguna situación de emergencia o incluso el rango de sus sensores. Por este tipo de motivos es necesario informarse sobre todos los protocolos del vehículo, principalmente, para poder protegerse a uno mismo y al resto de elementos que

conforman la vía, incluyendo los que van tanto en vehículos como peatones o incluso la infraestructura. [9].

Otro de los grandes problemas que pueden llegar a generar este tipo de vehículos es la falta de seguridad en los datos, facilitando el “hacking” del sistema global o de los sensores, como pueden ser el GPS o el LIDAR. Estas situaciones pueden generar riesgos bastante elevados, ya que atentan de forma directa contra la seguridad de las personas que se encuentran en el vehículo y contra las que se encuentran alrededor, por lo que es recomendable que antes de utilizar cualquiera de este tipo de automóviles, los pasajeros se aseguren de seguir una pautas concretas para garantizar su seguridad ante este tipo de contratiempos. Una de estas pautas puede ser la constante actualización del software o tener extrema precaución a la hora de incorporar adaptadores o dispositivos USB que permiten la transferencia de datos. Sin embargo, existen otros tipos de métodos que permiten a los “piratas informáticos” introducirse, intercambiar o manipular los datos de diferentes dispositivos a distancia, esto es posible con el uso del Bus CAN, provocando que este tipo de infractores puedan llegar controlar todas las partes del vehículo a través de señales a distancia. [9], [12].

Otro de los grandes inconvenientes de este tipo de vehículos, es que al no tener conductor, muchas decisiones, en caso de accidente, las debe de tomar la inteligencia artificial, por lo que dicho automóvil no solo debe de saber el protocolo de actuación para los que van en su interior no resulten heridos, sino que, además, debe proteger a las personas que se encuentran alrededor, lo que lleva a este tipo de máquinas computacionales plantearse problemas éticos y morales. Para los seres humanos, este tipo de disciplinas se aprende a través de las vivencias de ciertas situaciones o simplemente con el aprendizaje a través del tiempo, sin embargo, puede llegar a ser contradictorio que una IA pueda llegar a plantearse debates filosóficos ante este tipo de circunstancias. Por este motivo, se han realizado una serie de estudios, denominados “moral machine dilema”, donde se pone a prueba la ética de las personas, para posteriormente implantarlo en estos dispositivos. Dicho experimento se basa en el planteamiento de varias situaciones, donde personas deben decidir qué realizar en caso de accidente, como en el siguiente caso:

What should the self-driving car do?

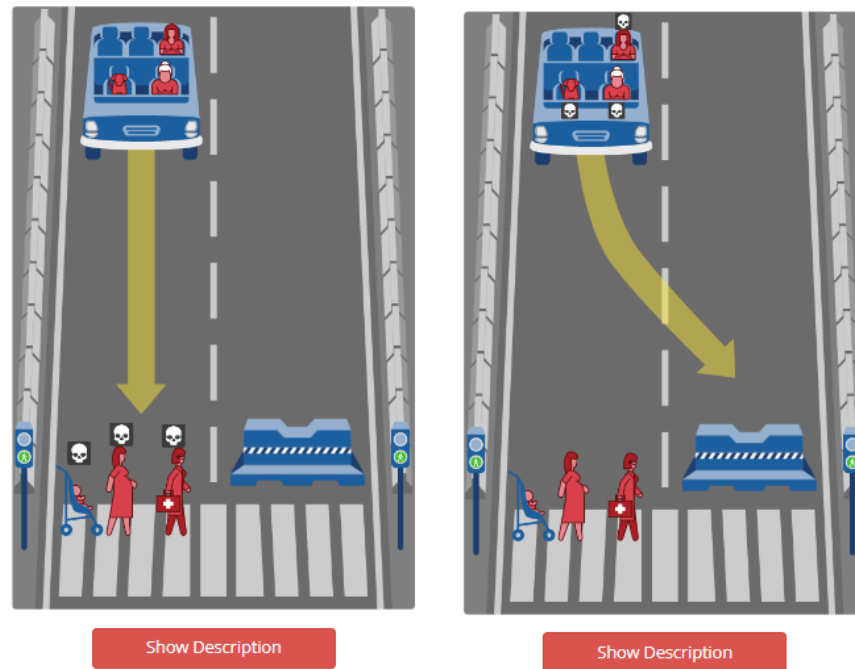


Figura [6]: Dilema moral de las máquinas

Este tipo de situaciones, genera una gran incertidumbre sobre la responsabilidad y el marco normativo a cumplir en caso de ocurra cualquier tipo de accidente en este tipo de vehículos, principalmente porque en la actualidad, al no estar totalmente desarrolladas este tipo de tecnologías, no se ha estudiado profundamente dichas circunstancias. Sin embargo, al haber multitud de vehículos parcialmente autónomos y ver que es posible, en un futuro no muy lejano, la implementación de vehículos con un índice elevado de autonomía, la Unión Europea ha aprobado un gran número de normativas relacionadas con la automoción para gestionar la responsabilidad civil en caso de que ocurra cualquier tipo de incidente en la vía. Además dicha normativa variará según el grado de autonomía de dicho vehículo [13]:

Los vehículos que poseen una autonomía de nivel 0 a nivel 2, la responsabilidad recae directamente sobre el conductor, ya que en los primeros niveles los mandos del vehículo los posee la persona que va al volante y en niveles más avanzados como el 3, también recae la responsabilidad de igual manera sobre el conductor, porque en este nivel, “el conductor reserva” no estará actuando sobre la orden que le está enviando el vehículo para tomar los mandos el mismo[13].

Los vehículos de nivel 4 y 5, no están contemplados en la normativa vigente, ya que según [14] expresa: “Se exigirá durante la circulación que el conductor esté en todo momento en disposición de tomar el pleno control del vehículo, tanto si se encuentra en el interior del habitáculo como si lo conduce o maneja en remoto. En todo caso, el conductor estará obligado a tomar el pleno control del vehículo ante cualquier eventualidad que suponga una situación de riesgo para los ocupantes del

vehículo o para el resto de usuarios de la vía.”, por lo tanto sería necesario realizar una modificación, donde se tenga en cuenta estos vehículos con elevados niveles de autonomía. Por otra parte, sería conveniente que los pasajeros que se desplacen en un vehículo autónomo de nivel 5, supieran ciertos conceptos de circulación y estén preparados para activar cualquier tipo de protocolo de emergencia en caso de accidente o para evitarlos. Esto significa que en la normativa se deberán explicar los protocolos a seguir dentro de este tipo de automóviles, ya que es necesario que los pasajeros sepan en qué situaciones deben estar especialmente atentos a la conducción de su vehículo.[13].



Figura [7]: Otros problemas de los vehículos autónomos

1.5 Vehículos autónomos en el sector industrial.

El sector de la movilidad autónoma tiene un gran abanico de posibilidades en todos los ámbitos, es decir, no se está desarrollando únicamente en vehículos particulares o en el transporte público, sino que también pueden ser una revolución en diversos campos industriales, como puede ser transporte en el interior de una nave industrial, transporte de mercancías, en la agricultura o incluso puede tener una gran aplicación en el sector militar. A continuación se explicará con más detalle cada uno de estos conceptos:

- A día de hoy, es posible encontrarse con vehículos autónomos en el sector aeroportuario, este es el caso del aeropuerto Heathrow, situado en Londres, este destaca principalmente por hacer uso de un vehículo 100% eléctrico y autónomo para el transporte de personas, además gracias a la incorporación de estos vehículos se han conseguido reducir en gran medida las toneladas anuales de CO2. [15].
- Otro de los sectores que tienen una gran importancia en nuestra sociedad y que ocupan un gran porcentaje de vehículos en las

carreteras es el transporte de mercancías. Para implementar los vehículos autónomos en este área se ha estudiado el “Platoon Driving”, esta técnica consiste en conectar una serie de vehículos cargados uno detrás de otro, donde el conductor ocupará el que está en primer lugar y el resto de vehículos actúan similarmente tomando como referencia el primer vehículo antes mencionado. El objetivo de este tipo de conducción consiste principalmente en la reducción de emisiones y reducir el riesgo de accidentes.[16].



Figura [8]: Platoon driving

- Este tipo de vehículos también son bastante útiles en el sector de la agricultura, ya que, a parte de poder arar el terreno de forma automática esquivando los diferentes obstáculos, también pueden actuar según el producto que se vaya a plantar, es decir, puede tomar diferentes decisiones dependiendo de los factores que mejor le convengan a la semilla que se desarrollará. Además, este tipo de actualización puede resultar bastante revolucionaria, ya que puede determinar también la distribución más óptima para el regadío según el producto que se plante, consiguiendo una mayor productividad, sostenibilidad y seguridad, ya que en estos últimos años, según informa [17] en España han muerto decenas de personas debido a los vehículos que se emplean en el campo, principalmente tractores agrícolas, por lo que implementar este tipo de vehículos puede resultar bastante beneficioso ya que, se podría alcanzar ciertos avances de gran importancia para este sector . Por otra parte, este tipo de vehículo está siendo estudiado para grandes extensiones de terreno, por lo que se necesitarán más años de estudio para poder implementarse en España.[18]



Figura [9]: Vehículos autónomos en el sector agrícola

2. Smart cities

2.1. Introducción a las smart cities

Las Smart cities se pueden definir como las ciudades que tienen como objetivo gestionar todas sus áreas de la forma más óptima posible (administración, economía, población, información, impacto medioambiental, entre otras...), para hacer que los ciudadanos de la misma tengan una mejor calidad de vida. Las principales herramientas que permite a las smart cities operar de forma óptima y así mismo realizar las tareas anteriormente mencionadas son las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), dichas herramientas ofrecen servicios bastante útiles, como pueden ser por ejemplo la facilidad de obtener o almacenar información, además de la rápida conexión con otros dispositivos. Por tanto, se puede deducir que las “smart cities” se basan principalmente en la aplicación de las nuevas tecnologías y el correcto uso de las mismas. [19],[20].

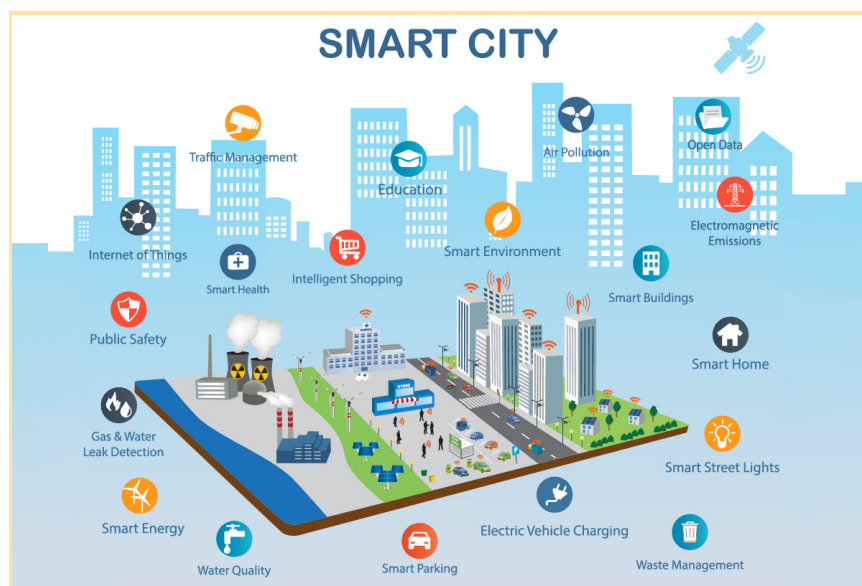


Figura [10]: Smart city

2.2. Componentes de las smart cities(Software)

2.2.1 Elementos directamente relacionados

Las redes inteligentes dentro de las smart cities, son un pilar fundamental para el correcto funcionamiento de las mismas, además dichas ciudades no solo se basan en elementos físicos, como pueden ser los sensores, cámaras, sino que también se caracterizan por la actualización o mejora constante, es por ello que dentro de estas características no físicas podemos destacar:

- **Toma de datos:(observación, organización, analítica, conclusiones):** en primer lugar, a la hora de tomar datos debemos de tener muy presente la observación, ya que esto permite tener una idea real de los problemas o circunstancias que se están dando en ese momento, y esto es posible gracias a la correcta interpretación de gráficos, observación de encuestas, frecuencia de problemas, entre otros ejemplos. Posteriormente, haremos referencia a la organización y la analítica dentro de este campo, en las smart cities tiene un peso muy importante porque permite tener todos los datos correctamente registrados y sería más fácil su interpretación, un ejemplo es la integración de una IA entrenada y especializada, que permita detectar anomalías para interpretar mejor los problemas y tener una mayor capacidad de analítica y una actualización constante en diversos aspectos. Por último, a raíz de los apartados anteriormente mencionados, podemos hacer conclusiones en función de los datos obtenidos y analizados para saber si realmente hace falta algún cambio o por otra parte, tras hacer el estudio correspondiente, la actualización supone que haya más desventajas que ventajas, por lo tanto se estudiaría otra solución posible. Haciendo referencia al sector de los vehículos autónomos estos datos permitirán detectar cualquier tipo de error, como pueden ser atascos o las razones principales por las cuales se producen accidentes de tráfico en un punto concreto, permitiendo facilitar su detección y hacer un estudio para comprobar si es por la zona, la velocidad el tráfico, entre otros factores y conseguir reducir el índice de accidente lo máximo posible.[20],[21],[22].
- **Feedback: (Encuestas, detección de problemas, búsqueda de solución):** este apartado se basa principalmente en la evaluación por parte de los ciudadanos a la metrópoli, dicha valoración consiste en la toma de datos a través de encuestas, donde se expondrán sus principales problemas y observaciones para posteriormente seguir con el proceso del apartado anterior de la toma de datos, analítica, organización y conclusiones para adoptar una solución que se adapte correctamente a la ciudad. La clave para que este proceso funcione es tener

una buena cohesión social. En cuanto a los vehículos autónomos es imprescindible que los pasajeros al acabar la ruta rellenen una encuesta de satisfacción de la travesía, donde valoren el estado de la infraestructura y su funcionamiento, incluyendo desde el estado de la carretera, hasta el de los dispositivos electrónicos, también se logrará obtener más datos gracias a las reseñas donde se aporten optimizaciones de rutas, y las zonas donde se dan más aglomeraciones de vehículos y peatones. Estos datos no solo permitirían buscar rutas alternativas, sino que también consiguen detectar las zonas que necesitan un mantenimiento. [21],[22],[23].



Figura [11]: Datos en una smart city

- **Implementación:(Viabilidad, recursos, entorno):** a la hora de querer convertir una ciudad convencional en una smart city se debe hacer un replanteamiento de todos los campos de la sociedad. En primer lugar se debe gestionar de forma óptima los recursos económicos y materiales, además de una nueva planificación urbana, haciendo uso de herramientas importantes como son las TICs, con las cuales se podrán conseguir una serie de objetivos imprescindibles, como pueden ser la búsqueda de una mayor transparencia y claridad de los datos, una mayor conexión no solo entre los habitantes sino también con la propia ciudad o poder realizar las tareas cotidianas de una forma más segura y sostenible. Por otro lado, en una “smart city no solo se busca el desarrollo de las TICs, sino que además otro de los objetivos que se plantean es que sea lo más sostenible y eficiente posible, es por ello que también se deben integrar correctamente las nuevas tecnologías, como pueden ser las smart grids, que consiste en una red eléctrica e inteligente capaz de asegurar un sistema energético sostenible y seguro, otro ejemplo puede ser la integración de smart buildings, que como su propio nombre indica, se trata de infraestructuras autosuficientes energéticamente y permiten automatizar ciertas tareas o tener una mayor seguridad. En el caso de los vehículos, para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad, se buscará implementar

vehículos eléctricos o de hidrógeno, que permitan reducir de forma significativa las emisiones de carbono y los residuos que puede generar el petróleo y derivados. Haciendo uso de la emobility, se conseguirá generar energía eléctrica para el funcionamiento de los propios vehículos de una forma totalmente sostenible.[23],[24],[25].

- Educación: la educación es uno de los pilares más fundamentales en la sociedad actual, principalmente porque es la herramienta que permite al ser humano desarrollarse en cualquier actividad, aprender a respetar a los demás, ser solidario y respetar las normas de la sociedad. Por tanto si se aplica esta poderosa herramienta a las smart cities se pueden alcanzar grandes objetivos en el desarrollo de la misma y una buena cohesión entre los ciudadanos y la tecnología, además una buena forma de impulsar la educación en este ámbito es la creación de nuevas instituciones que faciliten a los ciudadanos información a través de cursos formativos o aplicándola en los colegios e institutos como parte de ciertas materias. Por otra parte, se conseguirá impulsar el interés de los alumnos gracias a los programas o retos tecnológicos en los que se valoren las nuevas ideas y propuestas que permitan mejorar la ciudad y sus tecnologías. En cuanto a los vehículos autónomos, es necesario actualizar los métodos actuales de aprendizaje, gracias a las instituciones anteriormente mencionadas, se podrían no solo explicar su funcionamiento, sino cómo actuar en caso de emergencia, ya sea por una avería o porque se necesita socorrer a una persona en un grave peligro.[25],[26].

2.2.2 Elementos colaterales

Por otra parte, podemos destacar otros apartados que están relacionados de forma indirecta con las smart cities, y son los siguientes:

- Mantenimiento: un buen plan de mantenimiento se basa en fijar unos objetivos previos y realizar una mejora y actualización constante del mismo, principalmente si se trata de un elemento que supone un alto riesgo para las personas, la seguridad, la infraestructura, etc. Por otra parte, este mantenimiento también consiste en la reducción de coste, energía, tiempo y recursos. En el ámbito de los vehículos, una buena forma de llevar un correcto mantenimiento sería gracias a la realización de la inspección técnica del vehículo (ITV), además se podrían implementar nuevos métodos, por ejemplo sensores que detecten y puedan avisar con antelación a los pasajeros de posibles averías y la necesidad de cambiar alguna pieza o componente del vehículo si fuera necesario.[26],[27].

- **Ciberseguridad:** la seguridad y protección de los datos en cualquier ciudad es de suma importancia, pero en el caso de las smart cities aún más, ya que con la digitalización y con el uso de las TICs se debe proteger toda la información de ciberataques y estar preparados ante cualquier emergencia de este tipo, además se debe de tener presente que los datos y la información de la ciudad no solo afecta a la infraestructura, sino que también afecta a áreas sociales muy importantes como la económica y administrativa o incluso puede poner en riesgo la seguridad de los propios ciudadanos. Muchas ciudades han adoptado nuevos métodos de seguridad, como puede ser el empleo de los sistemas biométricos, políticas de privacidad, entre otras con el fin de proteger a la población y que puedan ser conscientes de la importancia de dichos datos e información. Haciendo referencia a los vehículos autónomos y los riesgos que puede presentar este robo o pirateo de datos, se encuentra por ejemplo problemas muy graves para la conducción como pueden la variación de la información en los semáforos, pudiendolos cambiar de rojo a verde en cualquier momento, originando multitud de accidentes, otro de estos ejemplos en este área puede ser el cambio constante de elementos no tan directos en la conducción, como puede ser el alumbrado público, generando que el vehículo no pueda detectar ciertos elementos como la forma de la carretera, señales, entre otros. Es por ello que la protección de los datos y la información es muy importante, ya que se origina un fallo en cascada de todos los dispositivos electrónicos, provocando serios daños y posible colapso a una ciudad.[28],[29].



Figura [12]: La importancia de la ciberseguridad

- **Impacto medioambiental:** uno de los principales aspectos que más afectan a al sector medioambiental es la mala gestión de los residuos, no solo porque se originan gases tóxicos que contaminan el aire, como puede ser la lluvia ácida o en el caso de los vehículos, el smog, sino que además se contaminan las aguas o el suelo, lo que provoca que tenga que pasar una largo periodo de tiempo para la regeneración de estos medios. Por lo tanto, una importante conclusión

que se puede obtener, es que el buen tratamiento y gestión de los residuos afecta en gran medida a nuestra calidad de vida. Por otra parte, una buena forma de evitar gestionar una gran magnitud de residuos es transformar la infraestructura, medios y materiales para lograr una tecnología capaz de no generar ningún impacto medioambiental o al menos reducirlo. Es por esto que en el área automovilística cada vez se está haciendo más populares los vehículos eléctricos o de hidrógeno, sobretodo porque la energía que se emplea para su funcionamiento se basa en energía renovable y en el caso de los vehículos eléctricos reduce prácticamente las emisiones, mientras que en los de hidrógenos sus emisiones serían de vapor de agua, por lo que resultan muy poco dañinos para la atmósfera y el aire. [29].

2.3 Componentes de las smart cities (Hardware)

Una red de comunicación es una herramienta que se basa principalmente en un conjunto de elementos, como pueden ser las tecnologías, conexiones, etc. que permiten intercambiar o compartir información entre sí, independientemente de su localización o distancia.

Las redes de comunicación dentro de una “smart city”, tienen una gran importancia, ya que se necesita la conexión constante para que esta funcione de forma óptima, principalmente porque una ciudad inteligente se diferencia de una ciudad convencional en el uso de las TICs. Por otra parte, se debe destacar que dichas redes no solo se utilizan para comunicarse únicamente con la ciudad, sino que también permite que sus habitantes puedan comunicarse entre sí, ya sea para compartir información, trabajo e incluso por ocio. Dentro de los objetivos tecnológicos principales de las redes de comunicación podemos destacar:

- **Generación distribuida:** este método de generación o almacenamiento de energía, se basa en principalmente en el uso energías alternativas como pueden ser el viento o el sol, para captar energía a pequeña escala, además al ser distribuida, se puede deducir que se trata de multitud de generadores destinados de forma general al autoconsumo, por lo tanto debe estar lo más cerca posible al punto de carga. Por otra parte, si se tienen en cuenta las actividades principales en el sistema eléctrico actual (generación, transporte y distribución), se puede concluir que se tendrá una mayor eficiencia energética con unos pequeños núcleos de generación y cercanos entre sí, principalmente porque se reducen bastante las pérdidas de carga en la fase de transporte actual. Es por ello que este tipo de generación de energía es una gran mejora al planteamiento de red eléctrica actual, ya que permite que este sistema tenga una mayor optimización de energía.[30],[31],[32].



Figura [13]: Generación distribuida

- **“Smart grids” o rejillas inteligentes:** como su propio nombre indica se trata de una red eléctrica inteligente, lo que permite que destaque por encima del sistema de red eléctrico actual se debe principalmente a que el sentido de la electricidad es bidireccional, esto significa que la electricidad no solo va hacia el consumidor, sino que también en ciertas ocasiones cuando haya escasez de energía, muchos de los consumidores, ya sean las propias viviendas y negocios puedan convertirse también en pequeños generadores de energía. Por otra parte, si se llega a combinar este concepto con las tecnologías de la información y comunicación, tanto los consumidores como los generadores podrían obtener ciertos datos y estadísticas que permitan beneficiar a ambas partes. Entre los componentes, podemos destacar los medidores inteligentes, dispositivos inteligentes, casas inteligentes, redes y componentes inteligentes.[33],[34].
- **“Smart metering” o aparatos de medida inteligentes:** Los contadores inteligentes sirven principalmente para registrar el consumo de energía en diferentes periodos de tiempo, además si en algún momento resulta haber escasez de esta, el dispositivo limita el consumo, favoreciendo el ahorro y la optimización de dicha energía, por tanto dicho aparato actúa no sólo como dispositivo de medida, sino que supone una gran mejora en el sistema eléctrico, de agua o incluso de gas actual, actuando también como un controlador. Por otra parte, los contadores inteligentes permiten obtener un mayor grado de confort, ya que al enviar información constantemente del consumo eléctrico al propietario de la vivienda, este puede saber el consumo eléctrico sin necesidad de verlo de forma presencial, además permite a las empresas saber el volumen energía no contabilizada que consume la población, ayudando de esta forma a detectar fugas, errores o desperfectos. [35],[36].
- **“Smart buildings” o edificios inteligentes:** son edificios que cuentan con una estructura inteligente, que se basa en la obtención de información y en la automatización de ciertas tareas o procesos como pueden ser: la

monitorización de cámaras por seguridad, saber los usuarios que entran a la vivienda o en el caso de las oficinas ajustar la iluminación según las necesidades de los trabajadores, de esta forma se conseguirá un mayor ahorro no solo energético sino también de dinero. Dentro de las funcionalidades de un “smart building”, podemos destacar:

- ❖ Interconexión entre las tecnologías y el edificio:
- ❖ Gestión del edificio, ya sea tanto por temas económicos o porque supone una gran ayuda en la toma de decisiones en cuanto al comportamiento del mismo.
- ❖ Conexión entre el edificio y los “smart grids”.

Por otra parte, existen ciertos organismos que se dedican principalmente a impulsar esta idea, otorgando ciertas ventajas a los edificios que cumplen los requisitos correspondientes como pueden ser, el poco impacto medioambiental que suponen, la mejora y actualización constante en los procesos energéticos, reducción del uso del agua o incluso la mejora de la calidad del aire, un ejemplo son los certificados LEED y gracias a cumplir los requisitos, te permite tener un beneficio económico, tanto al propietario como a los usuarios del dicho edificio.[37],[38].



Figura [14]: Smart buildings

- **“Smart sensors” o sensores IoT:** como cualquier sensor, estos dispositivos se encargan de detectar cambios en el entorno y actúan en consecuencia de ellos, a diferencia de los sensores normales, estos instrumentos utilizan diferentes medios automatizados para realizar diferentes tareas en función de la señal detectada, además de almacenar la información y transportarla. Dentro de este tipo de sensores podemos encontrar una gran variedad e incluso muchos de ellos se están usando en la actualidad, como por ejemplo:

- ❖ Sensores de tráfico: en las smart cities, tienen un gran peso, ya que permite a los ciudadanos estar en todo momento informados del tráfico, además de si hay accidentes o cualquier tipo de anomalía como puede ser, obras o mantenimiento de la ciudad, aglomeraciones, etc., lo que posibilita ahorrar tiempo si los vehículos circulan por rutas alternativas, además también podemos destacar los sensores de los semáforos inteligentes[39],[40].
- ❖ Sensores de proximidad: este sensor tiene una gran importancia, ya que el objetivo principal dentro de las “smart cities” se basa en el ahorro del consumo energético, es por ello que estos sensores se utilizan para el alumbrado público porque permiten que las farolas tengan un nivel muy bajo de intensidad lumínica, hasta que detectan cualquier tipo de anomalía haciendo que la intensidad lumínica aumente a los niveles convencionales, al igual que las adyacentes. Esto no solo favorece como se mencionó anteriormente al consumo sino también a la contaminación lumínica del aire. Por otra parte, este tipo de dispositivos también se instalan en el interior de los contenedores de basura, para detectar el volumen de residuos de cada uno de ellos, favoreciendo de esta manera, al ahorro energético a la hora de realizar la recogida selectiva.[40].
- ❖ Sensores de contaminación: estos sensores permiten recoger diferentes valores del medio como puede ser: los niveles de ruido, la calidad del aire y los diferentes residuos que se encuentran en él, una de las aplicaciones más útiles para este tipo de sensores se produce a la hora de implementarlo en los contenedores de basura, avisando al personal de recogida cuando es necesario vaciarlos haciendo que las rutas sean mucho más eficientes[40],[41],[42].
- **“eMobility” y vehículos que utilizan energías alternativas**: en primer lugar, se deben destacar que los vehículos de gasolina o diesel emiten varios tipos de residuos, estos son: dióxido de azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Este tipo de residuos se denominan GEI (gases de efecto invernadero) y presentan unas graves consecuencias a nivel mundial, por este motivo la UE (Unión Europea) realizó un estudio en 2019 donde se demostró que el 71,1% de las emisiones de CO₂ provienen principalmente del transporte vial, además este tipo de residuo supone un gran peligro, ya que no ha parado de incrementar en los últimos 30 años. Por este motivo, se han implantado una serie de medidas para disminuir la mayoría de los GEI en este sector, donde podemos destacar principalmente el uso de energías alternativas para poder circular sin la necesidad de verter residuos a la atmósfera. Estos tipos de vehículos los podemos clasificar en 2 grandes grupos:

- ❖ Vehículos eléctricos: este tipo de automóvil tiene una serie de ventajas respecto a los vehículos convencionales de combustión, ya que al funcionar con energía eléctrica no producen ningún tipo de emisiones, por otra parte, se debe destacar que la eficiencia energética de un vehículo de combustión está entre un 20%-40%, el resto se desprende en forma de calor, mientras que los vehículos eléctricos poseen una eficiencia energética de más del 90%, por tanto los automóviles impulsado por energía eléctrica, no solo suponen un gran avance en el sector de las emisiones, sino que también tienen una mayor eficiencia y no producen tanta energía en forma de calor, además una gran consecuencia de no emitir ningún tipo de residuos a la atmósfera es que favorece a la calidad del aire.
En cuanto a la carga de dichos vehículos, podemos destacar diferentes tipos de energías, no dañinas a la atmósfera y renovables, para ello podemos destacar, la energía solar o la eólica. En cuanto a los elementos de instalación encontramos: los paneles solares o baterías para almacenar la energía, estaciones de carga e incluso elementos importantes como los de protección.[42],[43].

- ❖ Vehículos de hidrógeno: estos vehículos presentan bastantes ventajas respecto a los vehículos de combustión convencionales, una de ellas es que es muy respetuoso con el medio, ya que no emite ningún tipo de gas contaminante, sino que desechan el vapor de agua que queda al reaccionar el hidrógeno con el oxígeno, además la obtención del hidrógeno también supone una mejora respecto a los combustibles fósiles, ya que el hidrógeno es un elemento muy abundante y por lo tanto bastante renovable. Por otra parte, otra mejora que tiene este tipo de automóviles respecto a los vehículos eléctricos es que el tiempo de recarga o repostaje es bastante inferior, ya que una recarga de una batería de un vehículo eléctrico puede durar horas, sin embargo el tiempo de recarga de vehículos impulsados por hidrógeno dura aproximadamente 5 minutos. Una de las desventajas que presentan estos vehículos es que aún están en desarrollo, por lo que se sigue estudiando la infraestructura y el funcionamiento de los mismos. Una de las empresas que más apuestan por esta tecnología son Toyota, Hyundai y Honda.[44].

2.4 Adaptación de ciudad convencional a una smart city

Para convertir una ciudad convencional en una Smart City no se puede tomar un modelo general, sino que esta adaptación puede ser particular de cada una de dichas ciudades, básicamente porque no todas poseen las mismas características o necesidades, por tanto, para que sea viable este proceso se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Detección de necesidades y valoración de las metas que se quieren alcanzar, como en cualquier proyecto, se deben evaluar los diferentes objetivos antes de hacer cualquier tipo de cambio, es por ello que necesariamente se deben realizar estudios previos sobre las diferentes dificultades que presenta dicha ciudad y como poder solventarlas a corto, medio o largo plazo. Además tal y como se explicaba en la introducción de este apartado, se deben formular una serie de preguntas antes de realizar cualquier tipo de cambio o mejora, como por ejemplo: la identificación de los problemas a los que está sujeta la ciudad en la actualidad, etc. [45],[46],[47].
- Una vez que se ha identificado un problema o una posible mejora, se debe realizar otro estudio posterior sobre la calificación de la infraestructura actual de dicha ciudad, con el objetivo de determinar los aspectos que realmente necesitan una mejora prioritaria frente a otro y de esta forma realizar dichos cambios de una forma planificada y estructurada, adaptando la tecnología paulatinamente a la ciudad y a sus ciudadanos. Por otra parte, se pueden destacar diversos ejemplos, con el fin de tener una idea más general, como puede ser la implementación de las TICs, sensores inteligentes u otro tipo de dispositivos tecnológicos. [45],[46],[47].
- Una vez que se ha identificado un problema y se ha evaluado la infraestructura con las posibles mejoras que se le pueden aplicar, es necesario elaborar una planificación donde figuren los datos principales sobre su implementación, qué tipo de tecnología se va a utilizar y el impacto que pueda causar en la población, medio ambiente, seguridad, conectividad, etc., además es muy importante determinar los recursos que dispone la ciudad y cómo aprovecharlos de la forma más óptima posible, por ejemplo la equipación de paneles fotovoltaicos en ciudades donde suele estar presente el sol, como puede ser Adeje o la implementación de parques eólicos en ciudades donde destaque la presencia del viento. Por otra parte, no sólo se deben tener presente los recursos ni el impacto, sino también es muy importante saber cómo integrarán dichas mejoras tecnológicas en la infraestructura actual. [45],[46],[47].

- Cuando se ha verificado y estudiado diversos factores como el impacto medioambiental, social, etc. o el uso de los recursos, se pasará a no solo intentar integrar la tecnología en forma de hardware, como en el paso anterior, sino también en forma de software, principalmente porque en una smart city una de las herramientas que más destacan es el tratamiento de datos y la aplicación que se le dan a ellos para mejorar la calidad de vida a sus habitantes y brindarles un mayor bienestar. Por lo tanto, es recomendable que este paso se base en la creación de diversas plataformas digitales donde se puedan analizar datos de diferentes sectores, como por ejemplo, sensores de contaminación además de otros dispositivos o incluso aplicaciones móviles. [45],[46],[47].
- Posteriormente, cuando se verifique tanto el funcionamiento de la tecnología en forma de hardware como de software, es importante buscar una relación en común para que coexistan y se puedan complementar. Un buen ejemplo es la implantación de diferentes sensores a través de la infraestructura de la ciudad, permitiendo conseguir un sistema para el transporte inteligente, ya que aprovecha todos los datos entrantes procedentes de dichos sensores, para tomar la decisión más óptima en función de la fluidez del tráfico, la carga que dispone el vehículo, la vía más segura para los pasajeros o incluso en caso de emergencia. Por otra parte, se pueden integrar nuevas redes de tráfico inteligentes para agilizar el tráfico o para que los vehículos de emergencia puedan llegar a su destino de forma más rápida. Además, se pueden incluir ejemplos no relacionados directamente con el transporte como la creación de aplicaciones telefónicas que permitan a los ciudadanos poder votar sin salir de casa o aportar críticas y recomendaciones a la hora de contratar un servicio. [45],[46],[47].
- Una vez que se cumplan todos los requisitos anteriores, es fundamental realizar un mantenimiento de toda la infraestructura. Este proceso se basa en llevar a cabo un plan de evaluación, donde se tendrán en cuenta diversos aspectos como el desarrollo de la transformación, la necesidad de realizar cualquier tipo de adaptación según sea necesario o la realización de simulaciones para la mejora de la infraestructura actual. Una buena forma de determinar el impacto de los cambios, puede ser la realización de encuestas o análisis de datos, tal y como se explicaba en apartados anteriores. [45],[46],[47].



Figura[15]: Adaptación de nuevas tecnologías

3. Adaptación de los vehículos autónomos a una “Smart City”

Para poder implementar los vehículos autónomos en una “Smart city”, no solo es necesario contar con una buena infraestructura, sino que además surgen una serie de cuestiones como pueden ser; la implementación de nuevas normativas de seguridad, nuevos métodos de aprendizaje sobre los vehículos, no solamente a los conductores sino a los ciudadanos, principalmente para poder entender su funcionamiento y saber cómo compartir el espacio vial con este tipo de automóviles. Es por ello que para implementar estos vehículos se deben de cumplir los siguientes apartados:

- En primer lugar, antes de poder integrar cualquier tipo de vehículo autónomo en una ciudad se necesitan realizar una serie de pruebas que puedan validar el funcionamiento en lugares controlados, de esta forma los productores de dichos automóviles pueden comprobar su rendimiento, autonomía, seguridad o detectar cualquier tipo de error en su forma de circular sin necesidad de poner en peligro al resto de conductores.
- Una vez que se ha verificado el correcto funcionamiento en entornos controlados y seguros es necesario realizar un simulacro en carretera para comprobar su funcionamiento en nuevas situaciones, esto permite a los desarrolladores de los vehículos tener en cuenta diferentes factores que pueden afectar a su conducta. Por tanto, se puede destacar que en este proceso el automóvil puede ser actualizado en base a nuevos parámetros, consiguiendo no sólo una correcta implementación de nuevos protocolos fundamentados en

estas situaciones reales, sino que también permite realizar una evaluación más exhaustiva de su funcionamiento y de la seguridad.

- Cuando los anteriores pasos se han comprobado y verificado, es decir se garantiza un correcto funcionamiento de estos vehículos, es necesario integrar una serie de mejoras en la infraestructura para que puedan ser adaptados a las ciudades con mayor facilidad y seguridad, estas mejoras se basan en incorporar una nueva red de comunicación que permita a los vehículos estar conectados entre sí en un rango de proximidad gracias a las comunicaciones V2V, según [48], esta tecnología permite mostrar al pasajero a tiempo real posibles amenazas por culpa del terreno, del clima u otros vehículos que se encuentran en la vía y de esta forma reducir en gran medida el número de accidentes. Por otra parte, no solo sería óptimo que los vehículos se relacionarán entre sí, sino que además puedan comunicarse con el entorno es decir, en el caso de los semáforos, pueden detectar el recorrido de los diferentes vehículos que circulan en las cercanías, con el fin de evitar tiempos de espera innecesarios y dando mayor fluidez al tráfico, otro ejemplo podría ser el caso de las farolas o alumbrado público, donde detectando la proximidad del vehículo a ciertas vías las luces podrían tener una mayor intensidad en comparación de cuando no circula ninguno, así mismo, se conseguiría un alto porcentaje de ahorro de energía eléctrica en este sector.
- El próximo paso se basaría en la implementación de nueva normativa que permita a los propietarios de los vehículos autónomos tener cierta responsabilidad legal en caso de tener un accidente, esto puede variar según la legislación de cada ciudad, país, etc., es por esto que muchos países aseguran que para brindar aún más seguridad a las ciudades es necesario que como último recurso pueda tomar el control la persona que se encuentre en los mandos del vehículo. Por otra parte, se debe regularizar también la privacidad de los usuarios a la hora de recolectar y utilizar sus datos, permitiendo que su información sea más segura y evitando la accesibilidad a cualquier tipo de persona externa.

Además una vez se hayan integrado correctamente los vehículos autónomos en las ciudades, es necesario impulsar la utilización de los mismos, principalmente porque cuantos más usuarios haya, mayor información sobre el entorno se podrá conseguir, y por consiguiente mayor fiabilidad de los datos habrá. Una buena forma de lograr un mayor índice de utilización de estos vehículos podría ser posible con la creación de carriles exclusivos en ciudades, implementación de aparcamientos destinados únicamente a este tipo de automóviles o incluso crear una serie de incentivos, como la reducción de impuestos u otros incentivos fiscales, pagos subvencionados o nuevos programas de financiación.



Figura[16]: Adaptación de los vehículos autónomos a smart cities

4. Presupuesto

4.1. Presupuesto (Instalación)

Antes de explicar las diferentes pautas a tener en cuenta en el presupuesto, se explicarán los diferentes apartados que se mejorarán, estos son: el alumbrado público, donde se buscará actualizar la infraestructura, gracias a las energías renovables y la utilización de sensores de proximidad, esto permitirá conseguir una mayor optimización de la energía que consume. Por otro lado, haciendo referencia a los semáforos se buscará no solo optimizar la energía eléctrica haciendo uso de paneles solares, como en el caso anterior, sino que también la mejora, haciendo uso de sensores cámara para agilizar el tráfico y buscando además una conexión entre los mismos para controlar toda la red de tráfico, incluyendo la notificación en caso de necesitar mantenimiento o avería, además los estos tienen la capacidad de ser controlados a distancia, lo que permitirá reducir el tiempo en la medida de lo posible en caso de emergencia. Por último, con los pasos anteriores realizados, se buscará optimizar el trayecto de recogida de residuos por la ciudad, instalando sensores que notifiquen a los trabajadores correspondientes cuando realizar la recogida de residuos, de esta forma se ahorrará energía y tiempo, ya que los trabajadores no realizarán recorridos innecesarios.

Observaciones:

Para este presupuesto se ha previsto que los aparatos no capten únicamente la energía de las placas solares, sino que además hayan fuentes de energías externas para poder compensar la falta de energía en caso de adversidad en la climatología, por eso mismo, no se incluye en el presupuesto la actualización del cableado en toda la ciudad, ya que con la tecnología actual también hará falta obtener energía eléctrica a partir de otras fuentes. Por otra parte, se ha realizado el presupuesto energético

valorizando el precio de los MW anuales captados por energías renovables, principalmente para poder tener una comparativa real entre el antes y el después.

4.1.1 Presupuesto de instalación alumbrado público.

- Según [49], esta ciudad cuenta con más de 146000 puntos de luz.
- El precio por la instalación de los diferentes puntos de luz puede variar según el tipo de instalación y del electricista, en este caso, se han extraído las cantidades de [50], por lo tanto se tendrán como referencia estos datos a pesar de no ser de la misma comunidad autónoma. En este caso el precio por instalación para el electricista es de 18,23€/hora y para el ayudante del electricista 16,94€/hora. (Para que el montaje sea efectivo se contratarán 200 electricistas y 200 ayudantes, suponiendo que tardan 1 hora por la instalación de cada punto de luz, tardarán en instalarlos todos en 730 horas, además si tenemos en cuenta que trabajan 8 horas equivale a 91,25 días de trabajo. Por otra parte, se supondrá que el tiempo para desinstalar los actuales será el mismo que para instalarlos, por lo tanto se duplicarán las 1450 horas de trabajo).
- En [51], basándose en fuentes públicas, llegó a la conclusión de que el mantenimiento en la ciudad de Barcelona tiene un precio de 28 millones de euros anuales, por lo tanto es un dato clave para tener una comparativa respecto al actual.
- Según [52], que es una página especializada en los presupuestos de las placas solares en Barcelona, estima que el rango de precio por mantener placas solares en Barcelona está entre 180€-1200€. Teniendo en cuenta que las placas que se utilizan en farolas son de muy pequeñas dimensiones, asumimos el precio mínimo, de 180€ para el mantenimiento. Si se tiene en cuenta el mantenimiento por limpieza se presupone que en verano se hará un mantenimiento no muy exhaustivo, ya que no hay presencia de calima como es en el caso de Canarias, sino polvo, por tanto se hará 1 limpieza cada 2 semanas, sin embargo en invierno la nieve puede cubrir las placas, provocando que no puedan captar la energía solar, es por ello que se hará una limpieza cada 3 días. (Se tomará un promedio de 120 días de limpieza anual, es decir la tercera parte de un año), este apartado servirá para el resto de elementos de presupuesto.
- Para las farolas se utilizarán [53], estas cuentan con placas solares orientables de 35W, con baterías de litio de 18A para poder almacenar la energía eléctrica hasta su correspondiente uso (noche) y con una capacidad de 100W, por otra parte, este tipo de farolas cuentan con un grado de protección IP 65. Con un

precio de 137,5€. (Vida útil de la placa 50000 horas, que son aproximadamente 6 años y la vida útil de la batería 1500 ciclos de carga, que equivale a 6 años aproximadamente. Por tanto, habría que volver a comprar dichos puntos de luz después de ese periodo temporal).

- Además las farolas poseerán sensores de proximidad lumínica [54], permitiendo que la luz se encienda de forma convencional cuando algún vehículo o peatón se aproxime a esa zona, en el caso de que no se acerque ninguno de los elementos mencionados con anterioridad, la potencia lumínica se reducirá con el fin de ahorrar energía eléctrica. Estos tienen un precio de 20,44€ sin IVA.
- El alumbrado público también contará con un autómata o “smart light controller” [55], que permitirá informar de cualquier incidencia de forma remota, ya sea por mantenimiento o avería, además de otorgar otra serie de ventajas como pueden ser la extracción de datos sobre el consumo a tiempo real o incluso comunicarse entre las propias farolas permitiendo que controlen la intensidad de la luz automáticamente (Cuenta con 27 entradas y 27 salidas, pero teniendo en cuenta que se le pueden acoplar 127 módulos, podríamos tener 6604 entradas y 6604 salidas), teniendo en cuenta que por cada entrada (sensor), habrá una salida (lámpara), es decir, 146000 entradas para 146000 salidas , harán falta 23 autómatas teniendo en cuenta los sensores de proximidad y el propio alumbrado. Estos tienen un precio de 428,09€ sin IVA.

4.1.2 Presupuesto de instalación de semáforos.

- Según informan [56] , [57], comentan que en la ciudad de Barcelona hay un total de 36000 semáforos.
- El precio por la instalación de los semáforos puede variar según el tipo del mismo o incluso según el electricista, en este caso, se han extraído las cantidades de [58], por lo tanto se tendrán como referencia estos datos a pesar de no ser de la misma comunidad autónoma. En este caso el precio por instalación para el electricista es de 3,18€/hora y para el ayudante del electricista 2,75€/hora. (Para que el montaje sea efectivo se contratarán 30 electricistas y 30 ayudantes, suponiendo que tardan 1 hora por la instalación de cada semáforo, tardarán en instalarlos todos en 120 horas, además si tenemos en cuenta que trabajan 8 horas equivale a 15 días de trabajo, además se supondrá que el tiempo para desinstalar los actuales será el mismo que para instalarlos, por lo tanto se duplicarán las 120 horas de trabajo).

- Según [59], el coste en Zaragoza para mantener un total de 7000 semáforos, en la actualidad, es de 13 millones de euros durante 6 años, por lo que si aplicamos este precio a la ciudad de Barcelona, podremos calcular el coste del mantenimiento general. (Para 36000 semáforos, tendrá un coste de 66,86 millones de euros, por tanto tendría un precio medio de 18572,23€ por semáforo cada 6 años, o 3095,37€ cada año).
- Los semáforos serán [60], además contarán con paneles solares de 10 W , también con baterías para su funcionamiento, además cuenta con 3 focos LED de bajo consumo, resulta bastante útil ya que, permite la colocación en zonas donde no haya instalación eléctrica y tiene una vida útil de aproximadamente 9 años. Su precio es de 495€ la unidad (sin IVA).
- Por otra parte, gracias al uso de un sensor FMCW [61], será más fácil detectar la proximidad, dirección, posición, etc., de vehículos y peatones , por lo que el semáforo podrá cambiar la programación convencional, con el fin de agilizar el tráfico, además al poseer este sensor, el semáforo puede adoptar un programa de bajo consumo en el cual pueda ahorrar energía en las baterías, mientras no hay tráfico o mientras funciona, permitiendo que almacene la energía para el horario nocturno, a la vez que este está funcionando. Su precio es de 231,5€ la unidad (sin IVA).
- Para la correcta monitorización se hará uso de un autómata [62], que posee un total de 49 entradas y 49 salidas, permitiendo el acoplamiento de 127 módulos, que proporcionan hasta 7100 entradas y 7100 salidas, teniendo en cuenta que por cada entrada (sensores FMCW), habrá 3 salidas (cada lámpara del semáforo), es decir, 36000 entradas y 108000 salidas, se necesitaría un total de 16 autómatas, además permite su configuración a través de internet y el valor de las variables a tiempo real. Su precio es de 441€ la unidad (sin IVA) .

4.1.3 Presupuesto de instalación recogida selectiva.

- Según [63], en la ciudad de Barcelona hay un total de 26162 contenedores, de los cuales 5286 son de basura orgánica, 3190 son de papel y cartón, de envases 3190 también, de vidrio son 3114 y por último de restos 11422.
- Independientemente del tipo de contenedor, se necesitará un sensor que ultrasonidos que pueda determinar el nivel de llenado [64], para ello se hará uso de un sensor EM310-UDL, el cual resulta ser bastante versátil porque permite detectar los residuos en contenedores, desde 4cm hasta 4m y medio, además para su alimentación cuenta con 2 pilas de 3,5 A, lo que garantiza una

vida útil media de una década y sin necesidad de mantenimiento continuo. Otro apartado importante de este tipo de sensor es que cuenta con una carcasa IP67, por lo que no sería necesario preocuparse por el agua o el polvo para su funcionamiento. Este sensor tiene un precio de 108€ sin IVA, además para el mantenimiento solo haría falta cambiar las 2 pilas de 3,5 A en un plazo de una década, según [65] estas tienen un precio de 16,12€ sin IVA.

- Para monitorizar de forma óptima los diferentes niveles de llenado de los contenedores, se harán uso de los mismos autómatas empleados para la semaforización[62], además para este caso por cada entrada, habrá 1 salida, por lo que si se tiene en cuenta que este posee 7100 entradas , 7100 salidas y hay un total de 26162 contenedores se hará uso de 4 autómatas para este sector.
- Para la instalación del sensor se tomará por referencia el mismo pago por hora como en el caso de la instalación del alumbrado público [58] (precio por electricista de 3,18€/hora), en total se contratarán 10 electricistas. Suponiendo que tardarán 1 hora en instalar 5 sensores en diferentes contenedores (habiendo 26162 contenedores en toda la ciudad), el tiempo total de instalación será de 523,24 horas, es decir si trabajan 8 horas diarias serán 65,405 días .
- Actualmente, existen diversas empresas, como el caso de [66], en la que están totalmente especializados en ese sector, ellos pueden realizar presupuestos y recomendaciones según el número y tipos de contenedores, por otra parte, ellos proveen sus propios productos, como los sensores de llenado, entre otros elementos de hardware y también el software necesario, el cual avisa de incendios en el contenedor, llenado y mantenimiento sin necesidad de acudir presencialmente al contenedor.

4.2 Presupuesto (energético)

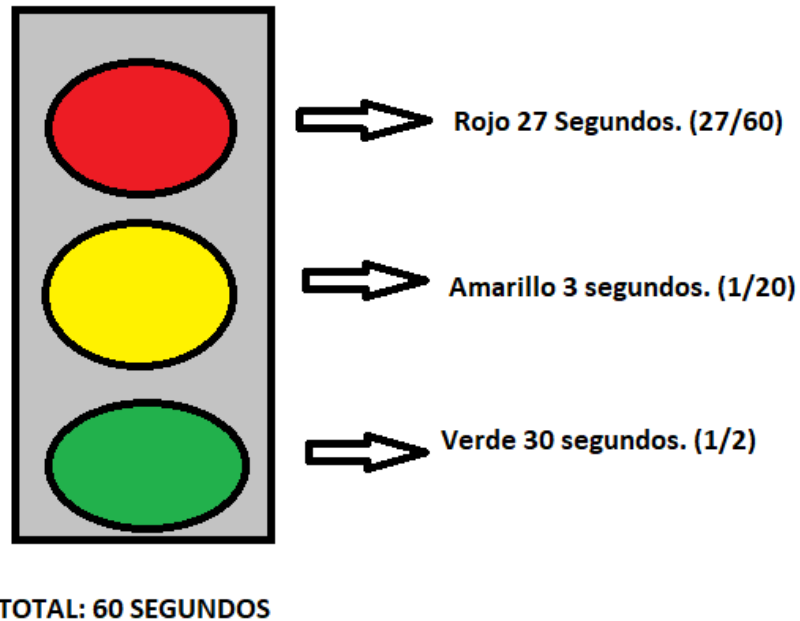
Una vez realizado el presupuesto de la instalación, se realizará un estudio en función del consumo energético con el fin de verificar la optimización de la nueva instalación, además no solo se tendrá en cuenta el consumo, sino que también se realizará un presupuesto para determinar el ahorro monetario del mismo. (Teniendo en cuenta que el precio de la luz varía constantemente, se tomará un valor preestablecido, en este caso se tomará el precio del día).

4.2.1 Presupuesto energético alumbrado público.

- En primer lugar, para deducir el consumo de los nuevos focos solares, se ha recurrido a la ficha técnica del producto a instalar, [60] donde podemos comprobar que el consumo es de 100 W, por lo tanto, el consumo de un único foco serán los 100W pasados a KWh que son 0,1 KWh, una vez obtenido este dato, para calcular el consumo total se deducirá multiplicando por el número total de focos por el consumo, dando como resultado un total de 14,6 MWh, (si suponemos que están encendidas 10h, anualmente tendrá en total un consumo de 53290 MW anual, pero sin embargo si se tiene en cuenta el sensor de proximidad el consumo podría ser menor, ya que el sensor permite que el foco no funcione a pleno rendimiento constantemente. Si suponemos que dicho sensor permite ahorrar un 20% de energía total, el consumo sería de 10658 MW anuales).
- Según [51] , el consumo actual de los puntos de luz en un año en la ciudad de Barcelona es de 82000 MW.
- Para el caso del consumo de los autómatas o “smart light controller”, en las especificaciones[55] se observa que el consumo es de 36W (haciendo uso de $V_{dc} \cdot I$), por lo tanto si tenemos en cuenta que dicho autómata funciona al mismo tiempo que las farolas están encendidas (10h) y que se va a hacer uso de 23 de estos, el consumo anual en MW es de 3,0222.

4.2.2 Presupuesto energético de semáforos.

- Para poder determinar el consumo actual de los semáforos se tendrá en cuenta que este varía según cada lámpara, ya que no están encendidas el mismo intervalo de tiempo, por ello se tomarán los siguientes intervalos:



Figura[17]: Programación del semáforo

Además, como el consumo de cada lámpara es de 150 W [67], se podría deducir que en una hora la lámpara roja estará encendida durante 27 minutos (es decir el 45% del tiempo en una hora), la lámpara amarilla estará encendida 3 minutos en una hora (es decir el 5% del tiempo) y por último la lámpara verde estará encendida en una hora 30 minutos (es decir el 50% del tiempo del semáforo).

Teniendo en cuenta las hipótesis anteriores deducimos que el consumo de la lámpara roja será de 67,5 Wh, la lámpara amarilla tendrá un consumo de 7,5 Wh y la lámpara verde 75 Wh, haciendo un total de 150 Wh (Suponiendo esta programación en un año, el consumo sería de 1,095 MW anual). Esta programación funcionará durante 20 horas al día, ya que se supondrá que de 1 AM a 5 AM funcionará únicamente la lámpara amarilla de forma intermitente, por lo que en una hora estará encendida el 50% del tiempo, por consiguiente su consumo será de 75 Wh (es decir en un año hará un total de 0,12 MW). El consumo anual por semáforo será el resultado de sumar el gasto energético de ambas configuraciones, que es de 1,215 MW al año. Como hay un total de 3600 semáforos, el consumo será de 4374 MW al año.

- El consumo de los semáforos que se instalarán tienen un consumo de 0,5 W en total, es decir cada lámpara LED tendrá un consumo de 0,167 W, por lo que supone un grandísimo ahorro energético, teniendo en cuenta que hay un total de 3600 semáforos que este funcionarán durante 24h, los 365 días del año, el consumo será de 1,8036 KWh o de 158 MW anuales).
- Para determinar el consumo energético de los autómatas que se emplearán, se utilizarán los mismos datos que en el caso del alumbrado público, ya que estos

autómatas tienen el mismo consumo, 36 W, como los semáforos funcionan las 24 horas del día y que en total se instalarán un total de 16 autómatas, (teniendo en cuenta que estos funcionarán las 24 horas diarias los 365 días del año) el consumo anual será de 3,644160 MW.

- El consumo del radar cámara (sensor FMCW) es de 1,5 W cuando está activo y 0,7 W, para este caso se plantea el peor de todos, es decir que el sensor esté constantemente activado, actuando las 24 horas del día, los 365 días del año. Por tanto, para realizar el cálculo del consumo total se tendrán en cuenta los 36000 semáforos y el tiempo de funcionamiento antes mencionado. Lo que da como resultado un consumo energético anual de 473,04 MW.

4.2.3 Presupuesto energético recogida selectiva.

- Según informan [68],[69], el camión empleado para la recogida de residuos en la ciudad de Barcelona es actualmente 100% eléctrico, el vehículo es un Renault Trucks D Wide Z.E y cuenta con una autonomía de 130 Km a 315 Km (puede variar según la cantidad de carga, tipo de terreno, entre otros factores). Las especificaciones vienen determinadas en [70],[71],[72],[73]. Emplear este tipo de vehículos, no solo mejora la calidad del aire, al ser 0 emisiones, sino que también al contar con un motor eléctrico no produce ningún tipo de ruido en el momento de la recogida, por consiguiente permite reducir la contaminación acústica y no molesta a los vecinos en el horario de recogida nocturna. Por otra parte, según estos medios informativos, se puede observar que para un servicio de recogida de 8 horas, pueden recoger un total de 250 contenedores por vehículo (total contenedores en Barcelona: 26162). Teniendo en cuenta los datos del vehículo, su consumo de carga es de aproximadamente 20 KW y el tiempo de carga oscila entre las 10 y 12 horas, además si se tiene en cuenta que la recogida de basura es 2 veces por semana, hace un total de 4400 KWh cuando está cargando, por tanto el consumo anual será de 211,2 MW.
- A la hora de determinar el ahorro energético gracias a la recogida selectiva, puede resultar difícil, ya que este ahorro varía en función de las rutas que puedan ahorrarse los diferentes vehículos según las circunstancias [72], [73], [73], [74], por eso en este caso, supondremos un ahorro constante entre un 10% y 20% de la energía, lo que nos da un total de 179,52 MW al año.
- Para el cálculo del precio por consumo se ha tenido en cuenta el valor medio de la energía eléctrica el día 20/04/2023, siendo de 0,18357€/KWh, por lo tanto en un año el precio será de 1608,07€/KW en un año y en MW será de 1608070€ el MW anual.

- Para determinar el consumo energético de los autómatas que se emplearán, se utilizarán los mismos datos que en el caso del alumbrado público, ya que estos autómatas tienen el mismo consumo, 36 W, como los semáforos funcionan las 24 horas del día y que en total se instalarán un total de 4 autómatas, (teniendo en cuenta que estos funcionarán las 24 horas diarias los 365 días del año) el consumo anual será de 0,91104 MW.

PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Posición	Cantidad	Descripción	Precio unitario (€)	Precio total (€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO				
1	146000	Farola solar urbana de 100W	113,64 €	16.591.440,00 €
2	146000	Sensor de proximidad alumbrado público	20,44 €	2.984.240,00 €
3	23	Autómata ESP32 PLC 5ARA	428,09 €	9.846,07 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN				
1	36000	TQ-Semáforo solar- Diseño modular tricolor	495,00 €	17.820.000,00 €
2	36000	Sensor de monitorización FMCW	231,50 €	8.334.000,00 €
3	16	Autómata M-DUINO PLC ARDUINO 57R	441,00 €	7.056,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA				
1	26162	Sensor Milesight EM310-UDL-868M Sensor Ultrasónico	108,00 €	2.825.496,00 €
2	4	Autómata	441,00 €	1.764,00 €
PRECIO TOTAL DE LA INSTALACIÓN				48.573.842,07 €

MANTENIMIENTO ANUAL

Posición	Cantidad	Descripción	Precio unitario (€)	Precio total (€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO				
1	146000	Limpieza de placas anual	180,00 €	8.760.000,00 €
2	-	Reemplazo de punto de luz cada 6 años	-	-
3	-	Reemplazo de sensor de proximidad cada 9 años	-	-
4	200	Salario electricista por hora	18,23 €	5.286.700,00 €
5	200	Salario ayudante de electricista por hora	16,94 €	4.912.600,00 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN				
1	36000	Limpieza de placas anual	180,00 €	2.160.000,00 €
2	-	Reemplazo de semáforo 9 años	-	-
3	-	Reemplazo sensor radar cámara cada 6 años	-	-
4	30	Salario de electricista por hora	3,18 €	22.896,00 €
5	30	Salario ayudante de electricista por hora	2,75 €	19.800,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA				
1	-	Reemplazo Pila 3,5 A cada 10 años	-	-
2	30	Salario de electricista por hora	3,18 €	22.896,00 €
3	30	Salario ayudante de electricista por hora	2,75 €	19.800,00 €
PRECIO TOTAL DEL MANTENIMIENTO ANUAL				21.204.692,00 €

MANTENIMIENTO 5 AÑOS

Posición	Cantidad	Descripción	Precio unitario (€)	Precio total (€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO				

1	730000	Limpieza de placas anual	180,00 €	43.800.000,00 €
2	-	Reemplazo de punto de luz cada 6 años	-	-
3	-	Reemplazo de sensor de proximidad cada 9 años	-	-
4	200	Salario electricista por hora	18,23 €	5.286.700,00 €
5	200	Salario ayudante de electricista por hora	16,94 €	4.912.600,00 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN				
1	180000	Limpieza de placas anual	180,00 €	10.800.000,00 €
2	-	Reemplazo de semáforo 9 años	-	-
3	-	Reemplazo sensor radar cámara cada 6 años	-	-
4	30	Salario de electricista por hora	3,18 €	22.896,00 €
5	30	Salario ayudante de electricista por hora	2,75 €	19.800,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA				
1	-	Reemplazo Pila 3,5 A cada 10 años	-	-
2	30	Salario de electricista por hora	3,18 €	22.896,00 €
3	30	Salario ayudante de electricista por hora	2,75 €	19.800,00 €
PRECIO TOTAL DEL MANTENIMIENTO A LOS 5 AÑOS				64.884.692,00 €

MANTENIMIENTO 10 AÑOS	
------------------------------	--

Posición	Cantidad	Descripción	Precio unitario (€)	Precio total (€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO				
1	1460000	Limpieza de placas anual	180,00 €	87.600.000,00 €
2	146000	Reemplazo de punto de luz cada 6 años	113,64 €	16.591.440,00 €
3	146000	Reemplazo de sensor de proximidad cada 9 años	20,44 €	2.984.240,00 €
4	200	Salario electricista por hora	18,23 €	10.573.400,00 €
5	200	Salario ayudante de electricista por hora	16,94 €	9.825.200,00 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN				
1	360000	Limpieza de placas anual	180,00 €	21.600.000,00 €
2	36000	Reemplazo de semáforo 9 años	495,00 €	17.820.000,00 €
3	36000	Reemplazo sensor radar cámara cada 6 años	231,50 €	8.334.000,00 €
4	30	Salario de electricista por hora	3,18 €	45.792,00 €
5	30	Salario ayudante de electricista por hora	2,75 €	39.600,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA				
1	26162	Reemplazo Pila 3,5 A cada 10 años	16,12 €	421.731,44 €
2	30	Salario de electricista por hora	3,18 €	45.792,00 €
3	30	Salario ayudante de electricista por hora	2,75 €	39.600,00 €
PRECIO TOTAL DEL MANTENIMIENTO A LOS 10 AÑOS				175.920.795,44 €

COMPARATIVA ACTUAL	
---------------------------	--

CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO	
Total en la actualidad (anual)	28.000.000,00 €
Total en la actualidad (durante 5 años)	140.000.000,00 €

Total en la actualidad (durante 10 años)		280.000.000,00 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN		
Total en la actualidad (anual)		111.433.320,00 €
Total en la actualidad (durante 5 años)		557.166.600,00 €
Total en la actualidad (durante 10 años)		1.114.333.200,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA		
Total en la actualidad (anual)		-
Total en la actualidad (durante 5 años)		-
Total en la actualidad (durante 10 años)		-

PRESUPUESTO ENERGÉTICO				
Posición	Precio MW año	Descripción	Consumo (MW año)	Precio total (€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO				
1	1.608.070,00 €	Consumo punto de luz	10658	17.138.810.060,00 €
2	1.608.070,00 €	Coefficiente de ahorro sensor de proximidad	20,00%	3.427.762.012,00 €
3	1.608.070,00 €	Consumo Automata M-DUINO PLC ARDUINO 57R	3,022	4.859.587,54 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN				
1	1.608.070,00 €	Consumo lámparas LED en MW año	158	254.075.060,00 €
2	1.608.070,00 €	Consumo sensor de monitorización FMCW	473,04	760.681.432,80 €
3	1.608.070,00 €	Consumoutómata ESP32 PLC 5ARA	3,644	5.859.807,08 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA				
1	1.608.070,00 €	Consumo camiones de recogida selectiva en MW año	179,52	288.680.726,40 €
2	1.608.070,00 €	Consumoutómata ESP32 PLC 5ARA	0,91104	1.465.016,09 €
PRECIO ENERGÉTICO TOTAL				4.743.383.641,91 €

COMPARATIVA ACTUAL		Consumo (MW año)	Precio total (€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO		Total en la actualidad (anual)	131.861.740.000,00 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN		Total en la actualidad (anual)	7.033.698.180,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA		Total en la actualidad (anual)	355.705.084,00 €

BENEFICIOS (1 AÑO)	Gasto energético actualizado (€)	Precio actualizado de la instalación instalación(€)	Mantenimiento actual (€)	Gasto energético actual(€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO				
Total	20.571.431.659,54 €	19.585.526,07 €	28.000.000,00 €	131.861.740.000,00 €

CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN				
Total	1.020.616.299,88 €	26.161.056,00 €	111.433.320,00 €	7.033.698.180,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA				
Total	290.145.742,49 €	2.827.260,00 €	-	355.705.084,00 €
GASTO TOTAL	21.882.193.701,91 €	48.573.842,07 €	139.433.320,00 €	139.251.143.264,00 €

BENEFICIO TOTAL 1 AÑO	117.459.809.040,02 €
------------------------------	-----------------------------

BENEFICIOS (5 AÑOS)	Gasto energético actualizado (€)	Precio actualizado de la instalación instalación(€)	Mantenimiento actual (€)	Gasto energético actual(€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO				
Total	102.857.158.297,70 €	73.584.826,07 €	140.000.000,00 €	659.308.700.000,00 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN				
Total	5.103.081.499,40 €	19.602.696,00 €	557.166.600,00 €	35.168.490.900,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA				
Total	1.450.728.712,46 €	2.869.956,00 €	-	1.778.525.420,00 €
GASTO TOTAL	109.410.968.509,56 €	96.057.478,07 €	697.166.600,00 €	696.255.716.320,00 €

BENEFICIO TOTAL 5 AÑOS	587.445.856.932,37 €
-------------------------------	-----------------------------

BENEFICIOS (10AÑOS)	Gasto energético actualizado (€)	Precio actualizado de la instalación instalación(€)	Mantenimiento actual (€)	Gasto energético actual(€)
CAPÍTULO 1.- ALUMBRADO PÚBLICO				
Total	205.714.316.595,40 €	201.159.106,07 €	280.000.000,00 €	1.318.617.400.000,00 €
CAPÍTULO 2.- SEMÁFORIZACIÓN				
Total	10.206.162.998,80 €	67.442.088,00 €	1.114.333.200,00 €	70.336.981.800,00 €
CAPÍTULO 3.- RECOGIDA SELECTIVA				
Total	2.901.457.424,93 €	23.732.983,44 €	-	3.557.050.840,00 €
GASTO TOTAL	218.821.937.019,13 €	292.334.177,51 €	1.394.333.200,00 €	1.392.511.432.640,00 €

BENEFICIO TOTAL 5 AÑOS	1.174.791.494.643,36 €
-------------------------------	-------------------------------

5. Conclusiones

Once all the data and results obtained have been analyzed, it can be concluded that both areas of study, in this case autonomous vehicles and smart cities, have many similarities, both positive and negative, and these results are presented below:

First, autonomous vehicles have a number of advantages over conventional vehicles, mainly because they improve road safety, providing a higher rate of fluidity to traffic, which allows reducing the energy expenditure of the same. However, the process of adaptability of these vehicles currently has a large number of limitations, since it is necessary to modify all the automotive sectors and infrastructure from the ground up in order for them to function as desired.

On the other hand, in the case of smart cities, the main objectives are to improve the quality of life of their inhabitants and, as in the previous case, to reduce energy consumption by making use of new technologies. However, for their adaptability to be as desired, it is necessary to carry out an exhaustive study on the available resources of each city separately, since many do not have the same economic means, nor sufficient renewable energy resources to be able to supply the entire population.

After this analysis, it can be deduced that this type of technology has great potential and is very useful in many sectors; however, it is still under development, so its implementation will depend on the technological advances applicable to both autonomous vehicles and smart cities.

6. Bibliografía

[1] A. Rodríguez “Una aproximación general al desarrollo de los coches autónomos”, *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad* : Cts, 2021, Vol.16 (47), p.153-175. Disponible en:

[Una aproximación general al desarrollo de los coches autónomos - Dialnet \(unirioja.es\)](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7111111)

[2] Li, Y., Díaz, M., Morantes, S., & Dorati, Y. (2018). “Vehículos autónomos: Innovación en la logística urbana” *Revista de Iniciación Científica*, 4(1), 34-39. Disponible en:

[Vehículos autónomos: Innovación en la logística urbana | Revista de Iniciación Científica \(utp.ac.pa\)](#)

[3] A. Martínez Martínez, “Construcción de un coche de conducción autónomo robótico” Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universitat Politècnica de València. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación - Departament de Sistemes Informàtics i Computació Universitat Politècnica de València. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica, VAL, España, 2022. Disponible en: https://puntoq.ull.es/permalink/f/1rcehus/TN_cdi_upv_dspace_oai_riunet_upv_es_10251_188543

[4] K. García Gil, “La historia de los vehículos autónomos, cómo han evolucionado desde los primeros prototipos”, *bbva*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.bbva.ch/noticia/la-historia-de-los-vehiculos-autonomos-como-han-evolucionado-desde-los-primeros-prototipos/> [Acceso 25, marzo, 2023].

[5] C. Sánchez, “por control remoto: así era el coche sin conductor en tiempos de tu abuela”, *El confidencial*, 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2016-07-31/por-control-remoto-asi-era-el-coche-sin-conductor-en-tiempos-de-tu-abuela_1240060/ [Acceso 27, marzo, 2023].

[6] C. Sánchez “Ernst Dickmanns, el desconocido padre alemán de los coches inteligentes”, *ElDiario*. [En línea]. Disponible en: https://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/ernst-dickmanns-vehiculo-autonomo-inteligente_1_5858992.html [Acceso 27, marzo, 2023].

[7] “El papel de los sensores y los actuadores en los vehículos autónomos”, *CRL.es*. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://clr.es/blog/es/sensores-actuadores-vehiculos-autonomos/> [Acceso 22, marzo 2023].

[8] P. Bejerano, “ Los 5 sensores que son la esencia de un coche autónomo”, *Thinkbig.com*, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://blogthinkbig.com/sensores-esencia-coche-autonomo#:~:text=Los%20principales%20sensores%20con%20los,otros%20adicionales%2C%20como%20el%20sonar.> [Acceso 22, marzo 2023].

[9] “De 0 a 5: ¿cuáles son los diferentes grados de conducción autónoma, a fondo”, *xataka.com*. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/automovil/de-0-a-5-cuales-son-los-diferentes-niveles-de-conduccion-autonoma> [Acceso 24, marzo, 2023].

- [10] “ Vehículos autónomos y niveles de autonomía”, *LGBarcelona*, 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://www.lgbarcelona.com/noticias/conduccion-autonoma-niveles/> [Acceso 24, marzo, 2023].
- [11] R.M. García Álvarez, “Los niveles de la conducción autónoma”, *Club Europeo de Automovilistas*, 2021 [En línea]. Disponible en: en:
<https://www.cea-online.es/blog/213-los-niveles-de-la-conduccion-autonoma> [Acceso 25, marzo, 2023].
- [12] G. Paéz, F. C. Morales “Vehículo autónomo”, *encomipedia*, 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://economipedia.com/definiciones/vehiculo-autonomo.html> [Acceso 25, marzo, 2023].
- [13] M. Navarro-Michel, “La aplicación de la normativa sobre accidentes de tráfico a los causados por vehículos automatizados y autónomos”, *Cuad. derecho transnac.*, vol. 12, n.º 1, pp. 941-961, mar. 2020. [En línea]. Disponible en:
<https://doi.org/10.20318/cdt.2020.5231>
- [14] *Vehículos conducción automatizada*, Ministerio del interior, Dirección general de tráfico, 15/v-113-2015.
<https://www.dgt.es/export/sites/web-DGT/galleries/downloads/muevete-con-seguridad/normas-de-trafico/VEH-vehiculos/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf>
- [15] S. Armitage, “Impulsando la movilidad autónoma en el aeropuerto de Heathrow”, *Ferrovial.com*, 2017. [En línea]. Disponible en:
<https://www.ferrovial.com/es-es/negocio/proyectos/impulsando-la-movilidad-autonoma-en-el-aeropuerto-de-heathrow/> [Acceso 20, marzo 2023].
- [16] D. Llopis Castelló, “Uso de vehículos autónomos y conectados” *dallocasblog*, 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://dallocas.blogs.upv.es/2021/04/25/uso-de-vehiculos-autonomos-y-conectados/> [Acceso 20, marzo 2023].
- [17] “El drama silencioso del campo español: decenas de muertos al año en accidentes de tractor. *La Razón*, 2019. [En línea]. Disponible en:
<https://www.larazon.es/sociedad/el-drama-silencioso-del-campo-espanol-decenas-de-muertos-al-ano-en-accidentes-de-tractor-DH25226140/> [Acceso 20, marzo 2023].
- [18] “Los vehículos autónomos, preparados para apoyar la agricultura” , *bbva*, 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/los-vehiculos-autonomos-preparados-para-apoyar-la-agricultura/> [Acceso 20, marzo 2023].

[19] G.R. Rojas. *La ciudad inteligente y la gestión de las TIC*. Santa Marta: Editorial Unimagdalena, 2020. [En línea]. Disponible en:
<https://elibro-net.accedys2.bbtck.ull.es/es/ereader/bull/175968>

[20] Sánchez-Torres, J. M., González-Zabala, M. P., & Muñoz, M. P. S. (2012). “La sociedad de la información: génesis, iniciativas, concepto y su relación con las TIC”. *Revista UIS Ingenierías*, 11(1), 113-128. [En línea]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/5537/553756873001.pdf>

[21] “¿Qué es una Smart City o ciudad inteligente?”, Repsol, 2022. [En línea]. Disponible en:
<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/smart-cities/index.cshtml#:~:text=Una%20smart%20city%20es%20aquella,de%20vida%20de%20sus%20ciudadanos.> [Acceso 24, febrero, 2023].

[22] “Medellín Ciudad Inteligente”, *Gobierno de Medellín*, 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-de-innovacion-digital/ciudad-inteligente/#:~:text=El%20objetivo%20de%20una%20ciudad,movilidad%2C%20medio%20ambiente%20y%20administración.> [Acceso 24, febrero, 2023].

[22] S. Colado, A. Gutierrez, C. J. Vives, y E. Valencia, *Smart City: Hacia la gestión inteligente*, Marcombo. 2014. [En línea]. Disponible en:
<https://books.google.es/books?id=vEtOEAAAQBAJ&lpg=PT2&hl=es&pg=PT2#v=onepage&q&f=false>

[23] “Estructuras inteligentes: la clave para ciudades inteligentes”, *Nexusintegra*, 2022. [En línea]. Disponible en:
<https://nexusintegra.io/es/infraestructuras-inteligentes-la-clave-para-las-ciudades-inteligentes/> [Acceso 20, marzo, 2023].

[24] “Qué requisitos debe cumplir una ciudad para ser una smart city”, *americaeconomia*, 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/que-requisitos-debe-cumplir-una-ciudad-para-ser-una-smart-city#:~:text=Gestión%20eficiente%20de%20la%20economía,y%20la%20Comunicación%20> [Acceso 21, marzo, 2023].

[25] “Tomas de decisiones basadas en datos: cómo tener éxito en la era digital”, *Tableau*, 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.tableau.com/es-es/learn/articles/data-driven-decision-making#:~:text=Para%20esto%2C%20fundamentalmente%20se%20requiere,adquirir%20conocimientos%20sobre%20los%20datos.> [Acceso 20, marzo, 2023].

[26] “Los retos de la educación para las ciudades del futuro”, *educaciontrespuntocero*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/los-retos-de-la-educacion-para-las-ciudades-del-futuro-smart-cities/> [Acceso 21, marzo, 2023].

[27] “Consejos para mejorar tu estrategia de mantenimiento”, *datascope*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://datascope.io/es/blog/consejos-para-mejorar-tu-estrategia-de-mantenimiento/> [Acceso 22, marzo, 2023].

[28] “Ciberseguridad en smart cities”, *ciberseguridad*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ciberseguridad.com/guias/nuevas-tecnologias/smart-cities/> [Acceso 21, marzo, 2023].

[29] “Mala gestión de residuos: consecuencias”, *formate*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.formate.es/blog/consejos/mala-gestion-de-residuos-consecuencias/#:~:text=Uso%20excesivo%20de%20energía%3A%20producir,ozono%20e%20incluso%20lluvia%20ácida> [Acceso 21, marzo, 2023].

[30] “Smart cities”, *Endesa*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/smart-city> [Acceso 25, marzo, 2023].

[31] “Preguntas frecuentes, generación distribuida”, *Gobierno de Argentina*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/generacion-distribuida> [Acceso 25, marzo, 2023].

[32] L. Benítez “Las Smart Cities y la generación eléctrica distribuida”, *Holaluz*, 2023. [En línea] Disponible en: <https://www.holaluz.com/blog/las-smart-cities-y-la-generacion-electrica-distribuida/> [Acceso 25, marzo, 2023].

[33] “Smart grids: Las redes eléctricas del futuro”, *Laboratorio Binacional del Tec de Monterrey*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://energialab.tec.mx/es/smart-grid-las-redes-electricas-del-futuro> [Acceso 25, marzo, 2023].

[34] “¿Qué son las Smart grids o redes inteligentes”, *Repsol*, 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/smart-grids> [Acceso 25, marzo, 2023].

[35] “El papel de los Smart Meters o contadores inteligentes en el ahorro energético”, *Structuralia*, 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://blog.structuralia.com/el-papel-de-los-smart-meters-o-contadores-inteligentes-en-el-ahorro-energetico> [Acceso 27, marzo, 2023].

[36] “Contador digital y medición inteligente”, *enel.com*, 2023. [En línea].

Disponible en:

<https://www.enel.com.co/es/medicion-inteligente.html> [Acceso 27, marzo, 2023].

[37] “Smart building: todo lo que necesitas saber”, *Nexusintegra*, 2023. [En línea].

Disponible en:

<https://nexusintegra.io/es/smart-building-todo-lo-que-necesitas-saber/>. [Acceso 27, marzo, 2023].

[38] “Beneficios de certificación leed”, *Greengroup*, 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://www.greengroup.com.ar/detalle.php?a=beneficios-de-certificacion-leedil>.

[Acceso 27, marzo, 2023].

[39] “Smart Sensors: Tipos de sensores”, *Endesa*, 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/smart-sensors>

[Acceso 28, marzo, 2023].

[40] “¿Qué son los sensores IoT y para qué sirven?”, *TokioSchool*, 2023. [En línea].

Disponible en:

<https://www.tokioschool.com/noticias/sensores> [Acceso 28, marzo, 2023].

[41] “Informe de inventario nacional gases de efecto invernadero”, *Gobierno de España*, 2022. [En línea]. Disponible en:

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-es_nir_edicion2022_tcm30-523942.pdf [Acceso 28, marzo, 2023].

[42] D.G. Pérez Darquea “Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales”, *Universidad Internacional del Ecuador Guayaquil*: Cts, 2017, Vol.2, p.23-24. Disponible en:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiM7pGBvfz9AhUTXsAKHRKzBqkQFnoECAkQAw&url=https%3A%2F%2Fdi.alnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F6369767.pdf&usq=AOvVaw1EuIRajy6_kTi5og7c6ewK

[43] “Gases de efecto invernadero (GEI): consecuencias y causas”, *primagas.es*, 2023. [En línea]. Disponible en:

<https://www.primagas.es/blog/gases-de-efecto-invernadero-gei> [Acceso 29, marzo, 2023].

[44] “Coches de hidrógeno”, *Toyota*, 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.toyota.es/electrificacion/hidrogeno> [Acceso 30, marzo, 2023].

[45] “Cómo convertirse en Smart City. Comunicación, conectividad y Big Data”, *zemsaniaglobalgroup.com*. 2022. [En línea]. Disponible en:
<https://zemsaniaglobalgroup.com/convertirse-en-smart-city/> [Acceso 30, marzo, 2023].

[46] C. Moreno Alonso “Desarrollo de un modelo de evaluación de ciudades basado en el concepto de ciudad inteligente (Smart City)”, tesis doctoral, ingeniería del transporte, territorio y urbanismo, E.T.S.I., caminos, canales y puertos, UPM, 2015. [En línea]. Disponible en:
<https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39079> [Acceso 31, marzo, 2023].

[47] “10 pasos para convertir tu ciudad en una Smart city”, *iurban*, 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://iurban.es/10-pasos-para-convertir-tu-ciudad-en-smart-city/> [Acceso 1, abril, 2023].

[48] “Comunicación vehículo a vehículo”, *NHTSA*, 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.nhtsa.gov/es/tecnologia-e-innovacion/comunicacion-vehiculo-vehiculo#:~:text=¿Qué%20es%20la%20comunicación%20V2V,y%20rumbo%20de%20forma%20inalámbrica.> [Acceso 31, marzo, 2023].

6.1 Bibliografía del presupuesto

[49] “Gestión del alumbrado público”, *Ajuntament de Barcelona*, 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/es/servicios/la-ciudad-funciona/mantenimiento-del-espacio-publico/gestion-energetica-de-la-ciudad/gestion-del-alumbrado-publico> [Acceso 6, abril, 2023].

[50] “Precio en España de Ud de farola para alumbrado público de zonas peatonales”, *generadordeprecios.info*. 2020. [En línea]. Disponible en:
http://carm.generadordeprecios.info/obra_nueva/Urbanizacion_interior_de_la_parcela/Iluminacion_exterior/UII_Alumbrado_de_zonas_peatonales/UII020_Farola_para_alumbrado_de_zonas_peat_0_0_0_2_0_0_0_0_0_0.html [Acceso 6, abril, 2023].

- [51] “La iluminación de Barcelona cuesta 28 millones de euros anuales”, *metropoliabierta*, 2021. [En línea]. Disponible en: https://metropoliabierta.elespanol.com/el-pulso-de-la-ciudad/iluminacion-barcelona-cuesta-28-millones-anuales_42229_102.html [Acceso 7, abril, 2023].
- [52] “Hacer el mantenimiento de placas solares en Barcelona (Provincia): Precio y Presupuestos”, *habitissimo.es*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.habitissimo.es/presupuestos/hacer-mantenimiento-placas-solares/barcelona> [Acceso 7, abril, 2023].
- [53] “Farola solar urbana 100 W”, *Soultek.es*. [En línea]. Disponible en: <https://soultek.es/tienda/producto/solar-fotovoltaicas/farolas-solares/farola-solar-urbana-100w/> [Acceso 1, mayo, 2023].
- [54] “Sensor crepuscular alumbrado público”, *Leroymerlin.es*. [En Línea]. Disponible en: https://www.leroymerlin.es/productos/electricidad-y-domotica/alarmas-cameras-ip-y-detectores/detectores-de-movimiento-y-luz-e-interruptores-crepusculares/sensor-crepuscular-alumbrado-publico-86366788.html?utm_source=awin&utm_medium=afiliacion&utm_term=376257&awc=20598_1680906291_1d9c2e7db495b82820d0fcd68ef709cc [Acceso 1, mayo, 2023].
- [55] “ESP32 PLC 5ARA”, *industrialshields.com*. [En Línea]. Disponible en: https://www.industrialshields.com/es_ES/shop/product/034001001100-esp32-plc-54ara-2914#attr=460,1408,2333,2331,3734,2332,3809 [Acceso 2, mayo, 2023].
- [56] “La adjudicación por mantener los 36000 semáforos en Barcelona se encalla”, *elpais*, 2015. [En línea]. Disponible en: https://elpais.com/ccaa/2015/02/22/catalunya/1424631775_003979.html [Acceso 1, abril, 2023].
- [57] “Un siglo de movilidad”, *portalautomotriz*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.portalautomotriz.com/noticias/corporativo-e-industria/un-siglo-de-movilidad> [Acceso 1, abril, 2023].
- [58] “Base de datos de la construcción del gobierno de Extremadura”, *Gobierno de Extremadura*, 2023. [En línea]. Disponible en: <http://basepreciosconstruccion.gobex.es/u/u05su020/u05su020.html> [Acceso 5, abril, 2023].
- [59] “Mantener los cerca de 7000 semáforos de Zaragoza cuesta 13 millones de euros”, *Heraldo.es*, 2018. [En línea]. Disponible en:

<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2018/01/16/mantener-los-cerca-000-semaforos-zaragoza-cuesta-millones-euros-1219121-2261126.html> [Acceso 6, abril, 2023].

[60] “TQ Semáforo solar- Diseño modular tricolor de luz verde, ámbar y roja”, *tecnol.es*. [En Línea]. Disponible en:
<https://tecnol.es/shop/tecnol-urban/es/tq-semaforo-led-solar> [Acceso 2, mayo, 2023].

[61] “Sensor Radar Doppler de Corto Alcance y de Frecuencia Modulada FMCW OPS243-C OmniPreSense”, *robotshop.com*. [En línea]. Disponible en:
<https://eu.robotshop.com/es/products/omnipresense-ops243-c-fmcw-doppler-short-range-radar-sensor> [Acceso 2, mayo, 2023].

[62] “M-DUINO PLC ARDUINO 57R”, *industrialshields.com*. [En línea]. Disponible en:
https://www.industrialshields.com/es_ES/shop/product/is-mduino-57r-m-duino-plc-arduino-57r-13?search=IS.MDuino.57R%2B#attr=589,1548,2588,843,1257,1165,1823,3691,1796,671,723,733,1671,496,715,1672,1489,1491,818,1542,786 [Acceso 2, mayo, 2023].

[63] “BCN 2025: ¿una ciudad sin contenedores?”, *elperiodico.com*, 2021. [En línea]. Disponible en:
[https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20210225/anatomia-del-contenedor-de-barcelona-11542930#:~:text=En%20la%20capital%20catalana%20hay,%20y%20restos%20\(11.422\).](https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20210225/anatomia-del-contenedor-de-barcelona-11542930#:~:text=En%20la%20capital%20catalana%20hay,%20y%20restos%20(11.422).) [Acceso 10, abril, 2023].

[64] “Milesight EM310-UDL-868M Sensor Ultrasónico LoRaWAN de Distancia/Llenado”, *Aithings.com*. [En línea], disponible en:
<https://aithings.store/es/sensores-lorawan/milesight-em310-udl-868m-sensor-ultrasonico-lorawan-de-distanciallenado> [Acceso 3, mayo, 2023].

[65] “Batería de Plomo 4V/ 3,5 amp”, *ElectroG.es*. [En línea]. Disponible en:
<https://electrog.es/baterias-de-plomo/12280-bateria-de-plomo-4v-35-amp.html> [Acceso 3, mayo, 2023].

[66] “Contenedores inteligentes”, *MOBA*, 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://moba-automation.es/productos/contenedores-inteligentes> [Acceso 6, abril, 2023].

[67] “Lámpara LED para semáforos”, *vynks.com*. 2004. [En línea]. Disponible en:
<http://www.vynks.com.ar/products/semaforo.htm#:~:text=El%20consumo%20normal%20de%20una,que%20el%20de%20un%20hogar> [Acceso 6, abril, 2023].

[68]“En Barcelona la recogida de basura se vuelve eléctrica”, *ciudadesdelfuturo.com*, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://ciudadesdelfuturo.es/en-barcelona-la-recogida-de-basura-se-vuelve-electrica.php> [Acceso 8, abril, 2023].

[69] ”Urbaser incorpora un camión 100% eléctrico a la recogida de residuos en barcelona”, *ResiduosProfesional.com*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.residuosprofesional.com/urbaser-camion-electrico-recogida-residuos-barcelona/>[Acceso 6, abril, 2023].

[70] “Renault Trucks E-Tech D WIDE Eléctrico”, *RenaultTrucks.es*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.renault-trucks.es/product/renault-trucks-e-tech-d-wide-electrico> [Acceso 7, abril, 2023].

[71]“Renault presenta el D Wide ZE eléctrico para recogida de basuras”, *hibridosyelectricos.com*, 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.hibridosyelectricos.com/camiones/renault-d-wide-ze-version-camion-basura-electrico_47215_102.html [Acceso 7, abril, 2023].

[72] Electromovilidad Urbaser incorpora el camión D Wide 6X2 ZE eléctrico de Renault Truck”, *encamion.com*, 2020. [En línea], Disponible en: <https://encamion.com/electromovilidad-urbaser-incorpora-el-camion-d-wide-6x2-z-e-electrico-de-renault-trucks/#:~:text=Disposici%C3%B3n%20del%20chasis%206X2%20del,en%20el%20punto%20de%20recarga.> [Acceso 7, abril, 2023].

[73] “Recogida selectiva de basura”, *Wikipedia.org*, 2023. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Recogida_selectiva_de_basura#:~:text=Tambi%C3%A9n%20reduce%20la%20contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica,de%20energ%C3%ADa%20en%20un%2026%25. [Acceso 7, abril, 2023].

[74]“Los contenedores inteligentes mejoran la eficacia de recogida selectiva y ahorrarán combustible, con menos emisiones de CO2 ”, *gipuzkoa.eus*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gipuzkoa.eus/es/web/ingurumena/-/edukiontzi-adimenduek-gaikako-bilketaren-eraginkortasuna-hobetuko-dute-eta-erregaietan-aurreztuko-dute-co2-gutxiago-ituriz> [Acceso 10, abril, 2023].

[75]“La ruta de recogida de los camiones de la basura se moderniza ”, *elmundo.es*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/medio-ambiente/2021/12/31/61cadaaefc6c83f3628b4577.html> [Acceso 10, abril, 2023].

6.2 Bibliografía de figuras

Figura [1]:

[https://images.ecestaticos.com/RDy3qFbiXrFbRN7SWH3lrU2QGtI=/59x0:692x355/1600x900/filters:fill\(white\):format\(jpg\)/f.elconfidencial.com%2Foriginal%2F75d%2F7cd%2Fc18%2F75d7cdc18724cb21fc6163a5543fd16d.jpg](https://images.ecestaticos.com/RDy3qFbiXrFbRN7SWH3lrU2QGtI=/59x0:692x355/1600x900/filters:fill(white):format(jpg)/f.elconfidencial.com%2Foriginal%2F75d%2F7cd%2Fc18%2F75d7cdc18724cb21fc6163a5543fd16d.jpg)

Figura [2]:

https://sites.google.com/site/infocochesinconductor/_/rsrc/1551271205824/historia-y-evolucion/buena1.png

Figura [3]: https://i.blogs.es/c798ff/mapa3d/450_1000.jpg

Figura [4]:

https://www.abhe.org/wp-content/uploads/2019/09/19.OCT-AdobeStock_220410462_Original.jpg

Figura[5]:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.bolsamania.com%2Fkmph%2Flos-6-niveles-de-la-conduccion-autonoma%2F&psig=AOvVaw2YEhMbCe7preeW31e5DzvJ&ust=1678227168513000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqFwoTCIjsn66qyP0CFQAAAAAdAAAAABAE>

Figura [6]: <https://www.moralmachine.net/>

Figura [7]:

https://img.freepik.com/vector-premium/plantilla-vector-incorporacion-errores-tecnicos-vehiculos-autonomos-sitio-web-movil-receptivo-iconos-tutorial-pagina-web-pantallas-5-pasos-concepto-color-problemas-ia-ilustraciones-lineales_106317-5577.jpg?w=2000

Figura [8]:

https://blog.ptvgroup.com/wp-content/uploads/2020/12/Platooning_1025x577.jpg

Figura [9]: https://www.bkt-tires.com/media/immagini/11173_z_1920x1080_A.jpg

Figura [10]:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcanteradeempresas.com%2Fque-son-las-smart-cities-y-que-importancia-tienen-en-nuestro-proyecto%2F&psig=AOvVaw1TE189EQfsNYz7xIWhycc4&ust=1684005141207000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCJiW98TA8P4CFQAAAAAdAAAAABAE>

Figura [12]:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fimpulso06.com%2Fla-imp-ortancia-de-la-educacion-en-ciberseguridad%2F&psig=AOvVaw2T9tgiva6dqwmL31f6A8GM&ust=1684005366385000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCMjgj7DB8P4CFQAAAAAdAAAAABAE>

Figura [13]:

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmercado.com.ar%2Ftecnologia%2Fedificios-inteligentes%2F&psig=AOvVaw2_FKaEJ0a-ubIN70L62DOH&ust=1684005807782000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCKi_3oLD8P4CFQAAAAAdAAAAABAE

Figura [14]:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Flccreatividadeinnovacion.wordpress.com%2F2016%2F01%2F24%2F1-4-procesos-para-deteccion-de-problemas%2F&psig=AOvVaw16Jn8UMdHAIbd8T2aloHW&ust=1684005974965000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCLjWp9LD8P4CFQAAAAAdAAAAABAE>

Figura [15]:

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcompromiso.atresmedia.com%2Flevanta-la-cabeza%2Factualidad%2Fautopia-urbana-coches-autonomos-utopia_2021032360599b9f7897b7000181d1a1.html&psig=AOvVaw3iBjre04dYM6yyX-gRBojB&ust=1684006103934000&source=images&cd=vfe&ved=0CBEQjRxqFwoTCOCZ7I_E8P4CFQAAAAAdAAAAABAE