



Universidad de Valladolid



Escuela De Ingenierías Industriales

PROYECTO FIN DE MÁSTER EN LOGÍSTICA

**ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE
MONITORIZACIÓN, CONTROL, SEÑALIZACIÓN
E INFORMACIÓN EMPLEADOS EN LA GESTIÓN
DEL TRÁFICO ACTUAL Y FUTURO**

Autor: JESÚS CHAMORRO ALFOCEA

Tutores: PEDRO SANZ ANGULO

JUAN JOSÉ DE BENITO MARTÍN

Valladolid, julio de 2015

A todos aquellos que habéis creído en
mí y en mi capacidad para poder sacar
esto adelante

Jesús Chamorro Alfocea

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, porque gracias a ellos he podido tener unos estudios que me van a proporcionar un buen futuro y que sin ellos no podría haberlo conseguido.

A mis tutores, por la ayuda que me ha brindado para obtener este resultado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	2
2. OBJETIVOS	3
3. ALCANCE DEL PROYECTO	4
4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	5
1. SISTEMAS DE GESTIÓN DEL TRÁFICO	7
1.1. INTRODUCCIÓN	7
1.2. SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN	14
1.3. SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN Y CONTROL	22
1.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN	24
2. MADRID Y SU GESTIÓN DEL TRÁFICO	27
2.1. PLAN DE AFOROS	29
2.2. INFRAESTRUCTURA	31
2.3. ESTUDIOS DE INTENSIDAD Y OBTENCIÓN DE LA IMDM	35
2.4. DIAGNÓSTICO DEL TRÁFICO EN LA RED DE CARRETERAS DE MADRID	36
2.5. FACTORES RELEVANTES DEL TRÁFICO	42
2.6. EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS	43
3. GESTIÓN DEL TRÁFICO FUTURO: NUEVAS TENDENCIAS	51
3.1. LAS “SMART CITIES” O CIUDADES INTELIGENTES	51
3.2. “SMART MOBILITY” O MOVILIDAD INTELIGENTE	55
3.3. PROYECTOS EN EL ÁMBITO DE LA MOVILIDAD INTELIGENTE EN ESPAÑA	63
4. NUEVAS TENDENCIAS EN EL CAMPO LOGÍSTICO	73
4.1. NUEVAS TENDENCIAS EN EL TRANSPORTE	73
4.2. NUEVAS TENDENCIAS EN EL ALMACENAMIENTO	79
4.3. VEHÍCULOS SIN CONDUCTOR: UNA REALIDAD	83
5. ESTUDIO ECONÓMICO	89
5.1. INTRODUCCIÓN	89
5.2. JERARQUÍA EN UN PROYECTO DE CONSULTORÍA	89
5.3. DESARROLLO DEL ESTUDIO ECONÓMICO	90
5.4. CÁLCULO DEL COSTE TOTAL	101
6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	103
6.1. CONCLUSIONES	103
6.2. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	109
7. BIBLIOGRAFÍA	111

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, para cualquier empresa dedicada a la venta de productos su principal preocupación es hacer llegar el producto o material desde el fabricante hacia el cliente. Su importancia radica en ofrecer una respuesta rápida a sus mercados, manteniendo óptimas líneas de suministro que les permitan la consecución de este objetivo, viendo así la posibilidad de expansión a nivel global para mejorar su actividad.

Hay que destacar que cada vez más las empresas han incorporado departamentos propios de logística, algo nuevo respecto a años atrás, ya que los departamentos de compras, ventas o producción eran los encargados de compartir información y gestionar los productos en todo su recorrido hasta el punto final, por lo que no se ponía especial atención al tema logístico como lo conocemos hoy en día.

El incremento de la competencia internacional, la escasez de materias primas clave y los problemas en materia de productividad han llevado a poner un mayor énfasis en los aspectos logísticos, siendo dentro de este marco donde las presiones competitivas de una economía cada vez más globalizada, se mueven en el sentido de incorporar la logística como un componente estratégico dentro de la empresa.

En la actualidad existen tres fenómenos principales que envuelven la gestión logística de las empresas: la globalización, un cambio en el enfoque empresarial y la velocidad y el control del mercado.

La *globalización*, con una política de libre comercio dónde se aprovecha los nuevos mercados y se producen re-deslocalizaciones de las empresas hacia países con la mano de obra más barata.

En cuanto al *enfoque empresarial*, el llamado SCM (*Supply Chain Management*) es el motor de los nuevos modelos de gestión, siempre acompañado de una transferencia de información y colaboración entre todos los participantes en la “Cadena de Suministros”.

La *velocidad en las operaciones*, por otra parte, será de suma importancia para poder asumir la globalización y la mano de obra barata de otros países y poder competir con ellos.

1. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El sistema de transporte es el componente más importante para la mayoría de las organizaciones, debido a que el éxito de una cadena de abastecimiento está estrechamente relacionado con su diseño y uso adecuados. El transporte es el responsable de mover los productos terminados, materias primas e insumos, entre empresas y clientes que se encuentran dispersos geográficamente, y agrega valor a los productos transportados cuando estos son entregados a tiempo, sin daños y en las cantidades requeridas. Igualmente el transporte es uno de los puntos clave en la satisfacción del cliente.

El transporte en el campo de la logística tiene como dos objetivos principales tanto maximizar el nivel de servicio a los clientes como minimizar los costes de esta actividad, de esta manera, las empresas que utilicen un sistema de transporte eficiente verán cómo sus beneficios se incrementan.

Para que el sistema de transporte de una empresa sea eficiente, tiene que tener en cuenta también las características del tráfico donde se va a mover su flota de camiones. Cuando una organización traza sus rutas de distribución de materiales desde sus instalaciones a los clientes o de sus clientes a sus instalaciones, en el caso de la logística inversa , tiene que estar al corriente de las características del tráfico por las carreteras por donde se va a mover tales como velocidades, condiciones meteorológicas que pueden afectar al estado de la carretera, regulación en cuanto a volúmenes, pesos y tipos de mercancías, y estar continuamente informado de dichas características.

Es aquí donde cobran una especial importancia los sistemas de monitorización, control, señalización e información en la gestión del tráfico que ayudan a las empresas a optimizar sus flujos de transporte.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es describir y analizar los distintos sistemas de monitorización, señalización, control e información empleados en la gestión del tráfico hoy en día e intentar prever como podrían evolucionar estos sistemas en el futuro según están evolucionando las tecnologías y los modelos de ciudades con las “Smart cities”.

Para alcanzar dicho objetivo he pretendido alcanzar los siguientes subobjetivos:

- Definir los distintos sistemas de monitorización del tráfico.
- Definir los distintos sistemas de señalización.
- Definir los distintos sistemas de control del tráfico.
- Definir los distintos sistemas de información en materia de tráfico.

- Analizar cómo se realiza la gestión del tráfico en Madrid como ejemplo de los distintos sistemas de gestión del tráfico hablados anteriormente.
- Estudiar los nuevos modelos de ciudad que han surgido en los últimos años al extenderse el término de Smart Cities.
- Analizar cómo están evolucionando los sistemas de gestión del tráfico en el marco de la evolución de las tecnologías que está provocando que cada vez sea más extenso el término de movilidad inteligente.
- Estudiar los cambios que se han producido en el campo de la logística a raíz de la evolución que se ha producido en los modelos de ciudad y en la movilidad.

3. ALCANCE DEL PROYECTO

Primero, se van a definir los distintos sistemas de monitorización, señalización, control e información de la gestión del tráfico existentes en la actualidad, identificando en qué consiste cada uno, estableciendo sus características y las distintas maneras en que se gestionan, determinando a su vez los órganos encargados de su gestión.

Con esta primera definición e identificación de los sistemas de gestión del tráfico, podremos hacernos una idea de las circunstancias que deben tener en cuenta las empresas a la hora de planificar sus rutas y ver en qué aspectos tienen que poner especial atención a la hora de gestionar su distribución de mercancías y cómo esto puede influir en la gestión eficiente de su transporte y poder de esta manera reducir sus costes.

Para poder tener un ejemplo claro de los distintos sistemas de gestión del tráfico pondré el ejemplo de cómo se gestiona éste en Madrid, qué sistemas de gestión del tráfico utiliza y cómo ha evolucionado el tráfico en las carreteras de la capital en los últimos años.

Posteriormente, veremos cómo se ha extendido en los últimos años el término de “Smart cities” o ciudades inteligentes y cómo ha contribuido este cambio en el modelo de gestión de las ciudades en la movilidad y gestión del tráfico en las mismas.

Para terminar, se hará un estudio económico de lo que cuesta elaborar el estudio sobre los distintos sistemas de gestión del tráfico.

4. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Este documento se ha estructurado en 5 capítulos que pasamos a describir brevemente a continuación.

En el capítulo 1 denominado “Sistemas de gestión del tráfico” se definirán los distintos sistemas que hay de monitorización, señalización, control e información del tráfico hoy en día, describiendo en qué consiste cada sistema y cómo se llevan a cabo para tener claro cómo se gestiona el tráfico en la actualidad. También especificarán los distintos organismos que regulan cada uno de los sistemas identificando cómo se lleva a cabo esta labor.

En el capítulo “Madrid y su gestión del tráfico” se va a describir, como ejemplo de implantación, los sistemas de gestión del tráfico que tiene la capital de España, ya que es uno de los principales centros logísticos españoles.

Se analizará cómo tiene implantados los sistemas de monitorización, señalización, control e información del tráfico en sus carreteras, lo que servirá a las empresas para buscar las ventajas estratégicas que les pueden proporcionar estos sistemas a la hora de establecerse en una ubicación u otra y planificar sus rutas de distribución a otros puntos.

En el capítulo 3, que lleva por título “Gestión del tráfico futuro: nuevas tendencias”, se va a hacer un estudio de cómo se ha extendido a lo largo de los años el término de “smart city” o ciudad inteligente y sus distintas características. También veremos qué factores han contribuido a que en ese nuevo modelo de ciudad se hayan aplicado las nuevas tecnologías a la gestión del tráfico con el término “smart movility” o movilidad inteligente, a la vez que veremos ejemplos de proyectos llevados a cabo para conseguir esta movilidad inteligente.

En el capítulo 4, que he llamado “Nuevas tendencias en el campo logístico”, se va a dar una visión de cómo se están adaptando las nuevas tecnologías surgidas a raíz del término de movilidad inteligente en el campo de la logística de las empresas.

En el capítulo 5, llamado “Estudio económico”, se llevará a cabo un estudio detallado del coste que supone realizar este estudio sobre los distintos sistemas de gestión del tráfico teniendo en cuenta tanto costes directos como indirectos en cada una de las fases de su elaboración. Una vez desglosados los distintos costes se hará un cálculo total del coste final del estudio.

Se finalizará este trabajo presentando las principales conclusiones que se extraen de su realización y unas líneas de trabajo futuras que ayudan a ampliar el trabajo que se presenta.

1. SISTEMAS DE GESTIÓN DEL TRÁFICO

El tráfico es un elemento fundamental a tener en cuenta por toda empresa en la elaboración de sus planes logísticos, por lo que deberán conocer y estar al corriente de los distintos sistemas con que éste se gestiona, para de esta manera poder trazar sus rutas de transporte de la manera más eficiente. A continuación, vamos a ver cómo se gestiona el tráfico en España, quién lo gestiona y los sistemas que existen actualmente para la gestión del mismo.

1.1. INTRODUCCIÓN

La gestión del tráfico es uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta dentro de la regulación del tráfico, tanto urbano como interurbano. En España existen los Centros de Gestión del Tráfico (GCT) que se encargan de la regulación interurbana, mientras que de la regulación urbana se encargan los centros específicos de cada ciudad.

Los Centros de Gestión del Tráfico en España están regulados por la Dirección General de Tráfico (DGT), que es un organismo autónomo dependiente del Ministerio del Interior creado para la ejecución de la política vial. En este momento la Dirección General de Tráfico tiene en servicio ocho Centros de Gestión del Tráfico ubicados en Madrid, Valencia, Málaga, Sevilla, Zaragoza, Valladolid, La Coruña y Baleares (véase figura 1.1), cada uno de los cuales gestiona un área determinada.



Figura 1.1.: Mapa de los Centros de Gestión del Tráfico en España

Los Centros de Gestión del Tráfico se estructuran de acuerdo con las áreas funcionales en las que se agrupan las actividades que realizan (DGT 2014):

- *Explotación*: es la unidad que lleva a cabo directamente la gestión y el control del tráfico en las carreteras, la atención y ayuda al usuario, la información al público y a los medios de comunicación.
- *Seguridad vial*: su tarea es el estudio de los puntos conflictivos, informes de pruebas deportivas, transportes especiales, obras, etc., y la coordinación de otras actividades relacionadas con la seguridad vial.
- *Sistemas telemáticos*: encargada de la gestión del mantenimiento de los sistemas y bases de datos del CGT, coordinando su instalación y explotación. Además sigue la implantación de estándares y normas para los sistemas y equipos informáticos y de comunicaciones.

- *Helicópteros*: las patrullas de helicópteros realizan las labores de regulación, vigilancia y control del tráfico.

Entre los medios con los que disponen los CGT para la gestión del tráfico se encuentran a la agrupación de tráfico de la Guardia Civil (10.000 agentes en 2013), el servicio de Helicópteros (13 helicópteros en 2013) y el personal de los Centros de Gestión de Tráfico (792 personas en 2013).

Los Centros de Gestión del Tráfico tienen como principales objetivos: (1) *la vigilancia, gestión y regulación del tráfico*, fundamentalmente en las vías de alta capacidad en las que están instalados los equipos de medida, las cámaras y demás sistemas de control de la DGT, así como (2) *la actualización de la información a los usuarios de la vía*, sobre el estado de circulación en la totalidad de vías interurbanas y travesías, durante las 24 horas del día de los 365 días del año, todo ello con el fin de (3) *garantizar la movilidad, fluidez del tráfico y la seguridad vial*, reduciendo los accidentes de tráfico en las mismas.

Además, como principales funciones de los CGT encontramos (DGT 2014):

- **Reducción de la siniestralidad.**
 - Estudio y análisis de las condiciones de circulación y de la infraestructura, estudio de puntos conflictivos y realización de aforos, toma de datos y obras de mejora de la seguridad vial.
 - Gestión de incidencias meteorológicas y de tráfico.
 - Coordinación de las operaciones de auxilio en caso de accidente o incidente.

- Colaboración y participación en planes de emergencias por circunstancias meteorológicas, medio ambientales y planes de actuación en materia de protección civil y coordinación de emergencias.
 - Tramitación, informe y seguimiento de obras en calzada, circulación de transportes especiales, mercancías peligrosas, pruebas deportivas, romerías, festejos, etc.
 - Elaboración de normativa y reglamentación relacionada con la circulación.
 - Programación y establecimiento de medidas de regulación del tráfico encaminadas a la reducción de situaciones de riesgo (restricciones de circulación, prohibición de adelantamiento, establecimiento de límites de velocidad por situaciones circunstanciales, etc.).
- **Proporcionar información y asistencia a los usuarios de la red viaria.**
 - Recopilación y actualización de toda la información que puede ser de interés para la gestión del tráfico (incidencias de tráfico, meteorología, estado de las carreteras, restricciones, pruebas deportivas, fiestas populares, etc.).
 - Difusión de la información de manera continua y actualizada (radio, televisión, teléfono, internet, Paneles de Mensaje Variable, aplicación para móviles, Redes Sociales etc.).
 - Vigilancia, ayuda y asistencia en coordinación con la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, la Patrulla de Helicópteros y los servicios de emergencia.

- Áreas de descanso para magrebíes y portugueses. Actuaciones en el marco Operación Paso del Estrecho y otros movimientos migracionales estacionales.
 - Supervisión y coordinación del desarrollo de la OPE al objeto de facilitar el tránsito de los conductores de países vecinos a través de los corredores internacionales, en especial en fechas estivales, promoviendo el uso de las áreas de descanso y puntos de información con servicios específicos para estos ciudadanos, informándolos a través de los PMV instalados en carretera y en las propias áreas.
 - Programas de visitas a los Centros de Gestión de escolares, universitarios, etc.
- **Gestión y control del tráfico interurbano.**
 - Monitorización del tráfico en el conjunto de la red viaria vigilando el desarrollo de la circulación en todas las carreteras y detectando y siguiendo las incidencias de tráfico que se pudieran producir.
 - Control del estado de la red, obras en la calzada, retenciones, accidentes y condiciones meteorológicas.
 - Toma de decisiones para la ejecución de las medidas de regulación del tráfico a adoptar en cada momento, para garantizar la movilidad, fluidez del tráfico y la seguridad vial (establecimiento de itinerarios alternativos, prohibición de paso a determinado tipo de vehículos, cortes parciales o totales de vía, establecimiento de niveles de servicio, límites de velocidad u otras obligaciones o prohibiciones,...).

- Gestión del tráfico en los accesos a las grandes ciudades (>600 Km control y otros 500 Km monitorización) y establecimiento de medidas específicas de gestión del tráfico para atender diferentes eventos que implican la afluencia masiva de vehículos a las mismas.
- Planificación de medidas de ordenación del tráfico mediante conos, para la mejora de la capacidad de la vía (reducción/ampliación de carriles, carriles en sentido contrario al habitual, etc.).
- Carriles reversibles (en 11 provincias con un total de 300 Km pudiendo llegar hasta 400 Km), carriles adicionales, carriles en sentido contrario y BUS-VAO.
- Información de itinerarios, rutas alternativas y situación de la red viaria.
- Planificación y programación de los medios humanos y materiales para los períodos del año en que la Dirección General de Tráfico establece Campañas específicas de Control y Vigilancia, así como durante las Operaciones y Períodos Especiales de Tráfico (puentes, vacaciones).
- **Promover la investigación y realización de estudios en materia de seguridad vial.**
 - Elaboración de estudios, informes y estadísticas:
 - En materia de accidentalidad y seguridad vial (evolución cifras de siniestralidad vial, análisis de los principales grupos de riesgo, seguimiento del uso y grado de eficacia de los dispositivos de Seguridad Pasiva: cinturón, casco, SRI..., tramos de concentración de accidentes, eficacia del permiso por puntos, etc.).

- Informes de movilidad en los accesos a las grandes ciudades y de vialidad.
- Elaboración de estudios sobre la evolución de las velocidades medias de circulación, las intensidades de tráfico, y los movimientos de largo recorrido.
- Coordinación con otras Administraciones de Tráfico Nacionales e Internacionales.
- Cooperación con otros organismos de la Administración con competencias complementarias a las de la Dirección General de Tráfico: Titulares de las vías, Agencia Estatal de Meteorología, Protección Civil, Unidad Militar de Emergencias, Instituto de Estudios Turísticos, Consorcio de Transportes, etc. Cooperación y colaboración con otras Administraciones Públicas de carácter autonómico y local en lo relativo a participación en planes de emergencia así como establecimiento de convenios de colaboración y vigilancia.
- Participación en grupos de trabajo de la Unión Europea, en congresos y foros técnicos internacionales.
- Financiación de proyectos de investigación y desarrollo, así como colaboración con universidades, fundaciones, etc.

Para llevar a cabo la gestión del tráfico, los CGT cuentan con los sistemas de monitorización, señalización, control e información que se detallan a continuación.

1.2. SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN

Cuando hablamos de monitorización hacemos referencia a todas las modalidades de recogida de datos de tráfico y de los factores que puedan afectarlo, tanto las que realizan personas como las realizadas de modo automático. Su misión es recopilar datos y vigilar el desarrollo de la circulación.

Esta monitorización puede realizarse también a través de la información de los usuarios en carretera, utilizando el teléfono móvil mediante llamadas a los CGT o aplicaciones móviles, o las redes de postes de auxilio (cada vez más en desuso debido a que hoy en día todos contamos con un teléfono móvil), para comunicar cualquier incidente que observemos en la carretera.

Los sistemas de monitorización realizan el control y seguimiento de los siguientes aspectos: monitorización de flujo (intensidad, velocidad, etc.), monitorización meteorológica (temperatura, humedad, nieve, hielo), monitorización mediante cámaras de televisión, vigilancia mediante patrullas de Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil y vigilancia mediante patrullas de helicópteros.

Ahora vamos a analizar los distintos sistemas instalados actualmente en las áreas metropolitanas para poder cuantificar la circulación. Estos permiten obtener parámetros característicos del tráfico tales como intensidad, velocidad, ocupación, clasificación, etc., con los que poder establecer modelos predictivos de comportamiento del tráfico con los que poder atenuar los problemas derivados de la congestión circulatoria y otros incidentes en el tráfico.

Tubos neumáticos

Los tubos electromagnéticos son un sistema constituido por un detector de goma en forma de tubo cerrado que se coloca transversalmente en la calzada (véase figura 1.2.), y que en un extremo cuenta con una membrana metálica flexible. Al pasar por él las ruedas de los vehículos aumenta la presión del aire en su interior, moviendo la membrana metálica que cierra un contacto eléctrico.

El dispositivo contador se acciona por medio del impulso eléctrico y, de esta manera, contabiliza el paso de un vehículo al recibir dos impulsos, correspondientes al paso de las ruedas delanteras y traseras del vehículo.



Figura 1.2.: Tubo neumático colocado en la calzada

Estos sistemas introducen un pequeño error al existir vehículos de más de dos ejes, que puede corregirse realizando aforos manuales contando en carretera todos los vehículos que pasan por una determinada parte, y extrapolando los resultados recogidos en campo a los obtenidos con los aforadores móviles.

Los tubos electromagnéticos suelen incorporar un aparato registrador que hace la descarga aproximadamente cada hora a una cinta magnética o en papel de la información recogida en ese intervalo de tiempo, poniendo nuevamente el contador a cero para iniciar un nuevo periodo de medición.

Este tipo de sistemas de detección del tráfico son muy útiles en instalaciones provisionales o de corta duración, debido a que los tubos de goma se colocan fácilmente sobre la calzada y el contador se alimenta de una batería (véase figura 1.3.). Las averías más frecuentes que presentan son los fallos eléctricos del contador y las roturas de los tubos de goma que soportan el impacto de las ruedas de los vehículos al pasar.



Figura 1.3.: Aforador móvil instalado en una carretera

Sistemas electromagnéticos de detección

Cuando se pretende obtener datos de manera permanente resulta más conveniente utilizar este tipo de detectores que presentan menor frecuencia de averías. Los más utilizados son los detectores de lazo o bucles de inducción magnética. Estos sistemas se basan en la detección de los cambios producidos en un campo electromagnético cuando circula un vehículo (masa metálica) sobre un punto determinado de la calzada.

Consisten en una espira electromagnética o cable, enterrado en el pavimento colocado formando un cuadrado, por el que circula una corriente eléctrica que genera el correspondiente campo electromagnético (véase figura 1.4.). Al pasar por este lazo la masa metálica del vehículo se produce un cambio en las características del campo electromagnético generado que se registra por el contador. Este tipo de dispositivos registran el número total de vehículos que pasan y pueden clasificarse por su longitud, número de ejes y masas. También permiten conocer la velocidad a la que circulan los vehículos ya que se suelen colocar dos espiras por carril separadas una cierta distancia. Por estos motivos, son los detectores más instalados en los accesos a las ciudades españolas.



Figura 1.4.: Espira electromagnética enterrada en la calzada

Como se puede ver en la figura 1.5., el paso del vehículo por la espira nº1 queda recogido en el detector. Pasado un pequeño intervalo de tiempo pasa por la espira nº2 y también lo recoge el detector. Como se conoce la distancia que separa las espiras y el detector determina el tiempo que ha empleado el vehículo en pasar por cada una de las espiras, se puede conocer la velocidad calculándola como el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado.

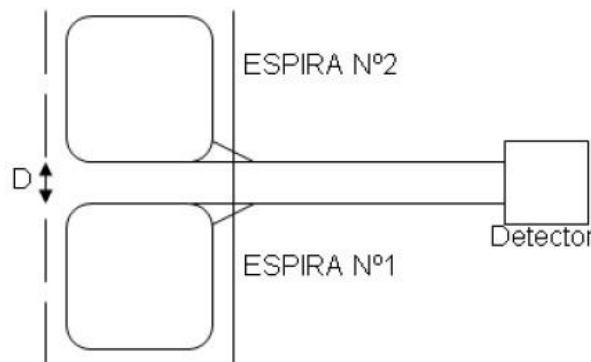


Figura 1.5.: Sistema electromagnético de detección

Una variante de este sistema es el que cuenta con una única espira, que lo único que contabiliza es el número de vehículos que la atraviesan, no pudiendo en este caso calcular la velocidad de paso.

Estaciones de Visión Artificial (EVA)

Estos sistemas, utilizados por la Dirección General de Tráfico, miden los parámetros característicos del tráfico utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes, con un comportamiento similar al del ojo humano. Permiten realizar la detección y seguimiento de todos los vehículos dentro de un área determinada, aparte de tomar medidas localizadas en puntos concretos.

Se trata de un sistema no invasivo (es decir, que no es necesario instalarlo en el pavimento de la calzada), que permite un tratamiento versátil de los datos de tráfico, porque se puede reconfigurar la zona de medida y modificar el campo de visión con facilidad. Con este sistema se evitan las interferencias de las obras que se realizan en la carretera con el elemento de medida.

Este sistema de visión artificial consiste en una cámara de vídeo orientada de manera fija a una parte de la vía (véase figura 1.6.). Dentro de su campo de visión, se define un área de análisis que puede variar, mediante un proceso de configuración. El proceso consta de las siguientes etapas: primero se captan las imágenes, segundo se digitalizan y finalmente se procesan mediante algoritmos matemáticos. Las variables que podemos obtener son: intensidad circulatoria, velocidad media, ocupación y composición del tráfico.

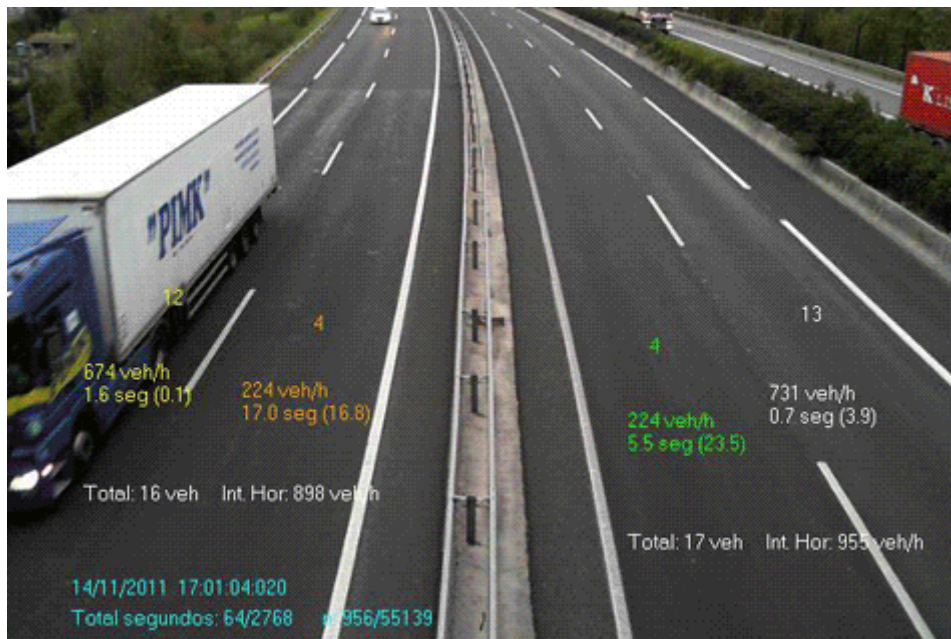


Figura 1.6.: Imágenes obtenidas por un sistema de visión artificial

Las EVA permiten almacenar una base histórica de sucesos durante un cierto tiempo y pueden servir para analizar la evolución de la circulación y conocer la eficacia de las medidas de gestión que se han instalado. Este sistema también permite el envío de imágenes en movimiento, digitalizadas y comprimidas a través de líneas de comunicación de datos. Los datos sobre tráfico se procesan y se muestran en distintas ventanas gráficas, donde se puede ver el número de vehículos que han circulado en una zona en las últimas 24 horas, su velocidad media de circulación, etc.

Las estaciones de visión artificial pueden equiparse también con un módulo de detección automática de incidentes en tiempo real, que puede programarse según el objetivo que se persiga: que se active una alarma cuando un vehículo se pare en un arcén o cuando circule en sentido contrario al establecido. Esta detección se realiza por comparación de los píxeles de las imágenes digitalizadas, ya que cuando no hay ningún vehículo parado estos píxeles tienen un color claro y este valor varía cuando se capta la imagen de un vehículo. Estos sistemas de detección automática suelen instalarse en lugares críticos como túneles o puentes.

Sensores de captación de variables meteorológicas en carretera

Este sistema trata de unidades que permiten cuantificar las variables meteorológicas que pueden afectar a la circulación como, por ejemplo: niebla, viento, hielo, lluvia, nieve, etc.

Estos sistemas se instalan en aquellos puntos de la carretera con especial frecuencia de incidencias meteorológicas (véase figura 1.7.) como pueden ser un puerto de montaña con hielo frecuente, un valle con nieblas frecuentes, una zona de vientos continuados, etc. De este modo se puede detectar su presencia y, en consecuencia, tomar medidas de gestión del tráfico adecuadas a cada situación: información a los usuarios para que extremen la precaución, establecimiento de itinerarios de desvío alternativos, etc.



Figura 1.7.: Estación meteorológica situada en la carretera

Constan de: un *anemómetro* para medir intensidad y dirección del viento, un *visibilímetro* para determinar la visibilidad existente para casos de niebla, un *termómetro* para determinar la temperatura exterior y la temperatura del pavimento, y se realiza la medida del punto de rocío, de la precipitación, formación de hielo en la calzada, etc., cuyo resultado se visualiza en una pantalla gráfica en el Centro de Gestión correspondiente, que tomará las medidas oportunas de acuerdo con los resultados obtenidos. En zonas de especial conflictividad en época invernal se dispone de un software de control, en base a las mediciones de distintos parámetros (como presión, humedad, temperatura de la calzada), que puede realizar una predicción de formación de hielo con unos 20 minutos de antelación, por lo que se puede alertar a los servicios de conservación para que extiendan sal o arena y de, esta manera, evitar la aparición de placas de hielo en la calzada.

1.3. SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN Y CONTROL

Los sistemas de señalización del tráfico tienen como misión dirigir y controlar los flujos del tráfico. Una vez que se ha determinado la cantidad de vehículos que demandan movilidad en una zona, y conociendo la capacidad de la misma, se articulan una serie de estrategias tendentes a hacerlas coincidir de la mejor manera posible en cada momento.

Entre estos sistemas se encuentran:

- *Sistemas de señalización variable mediante semáforos aspas, flechas, reguladores de carril:* son paneles que se encuentran encima de cada carril indicando si se puede circular por ella o, por el contrario, está cortado el carril (véase figura 1.8.). Suelen encontrarse en túneles y carreteras con más de dos carriles.
- *Sistemas de paneles de mensaje variable:* se trata de paneles electrónicos instalados en pórticos sobre la carretera o junto a ella (véase figura 1.9.) que muestran mensajes y pictogramas variables para controlar, advertir, aconsejar o informar a todos los conductores que circulan por una carretera, sobre el desarrollo de la circulación en todo momento. Los paneles de mensajes variables son los únicos dispositivos que permiten regular el tráfico a distancia -enviando las instrucciones correspondientes mediante telecomando desde los Centros de Gestión del Tráfico. Las instrucciones mostradas en un panel de mensaje variable son de obligado cumplimiento.

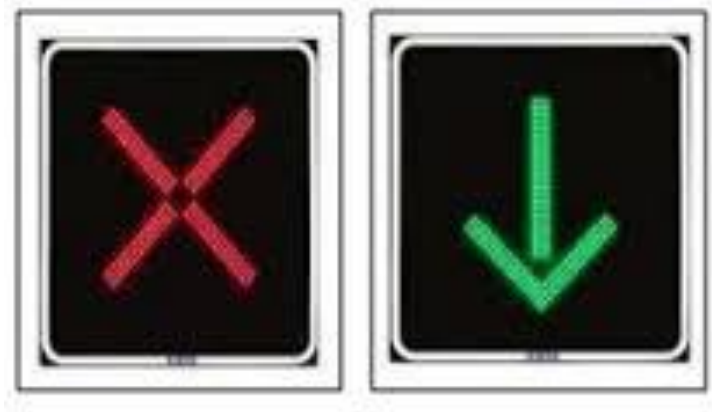


Figura 1.8.: Semáforos aspas flechas



Figura 1.9.: Panel de mensaje variable en carretera

- *Sistemas de control de accesos*, a través del control de la velocidad en cada una de las vías de incorporación (véase figura 1.10.), para armonizar las velocidades de circulación en el área y evitar perturbaciones en el tráfico por acelerones o frenazos bruscos.



Figura 1.10.: Señalización de acceso a núcleos urbanos

1.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Cuando vamos a circular por carretera debemos estar informados de las condiciones del tráfico en todo momento, de esta manera podremos saber qué nos vamos a encontrar en nuestro viaje y así evitar los atascos, retenciones en carreteras por accidentes, malas condiciones meteorológicas, etc.

Los sistemas de información del tráfico, por tanto, tienen como principal función difundir información a los usuarios sobre las condiciones del mismo. Esta información es recogida por los sistemas de monitorización y se manifiesta con los sistemas de señalización y control.

Los usuarios, a la hora de salir a circular por las carreteras, pueden informarse del tráfico tanto antes como durante el viaje:

- Antes de viaje: antes de salir a la carretera podemos informarnos de las condiciones del tráfico a través de internet en el portal de la Dirección General de Tráfico (<http://www.dgt.es>), o mediante los sistemas tradicionales como son la televisión, la radio o el teléfono.
- Durante el viaje: podemos obtener información del tráfico en el momento con los paneles de mensaje variable que nos vamos encontrando en las carreteras según vamos circulando, pero también podemos consultar aplicaciones de información del tráfico para móviles, escuchar emisoras de radio que den noticias sobre la situación del tráfico, o mediante llamadas telefónicas.

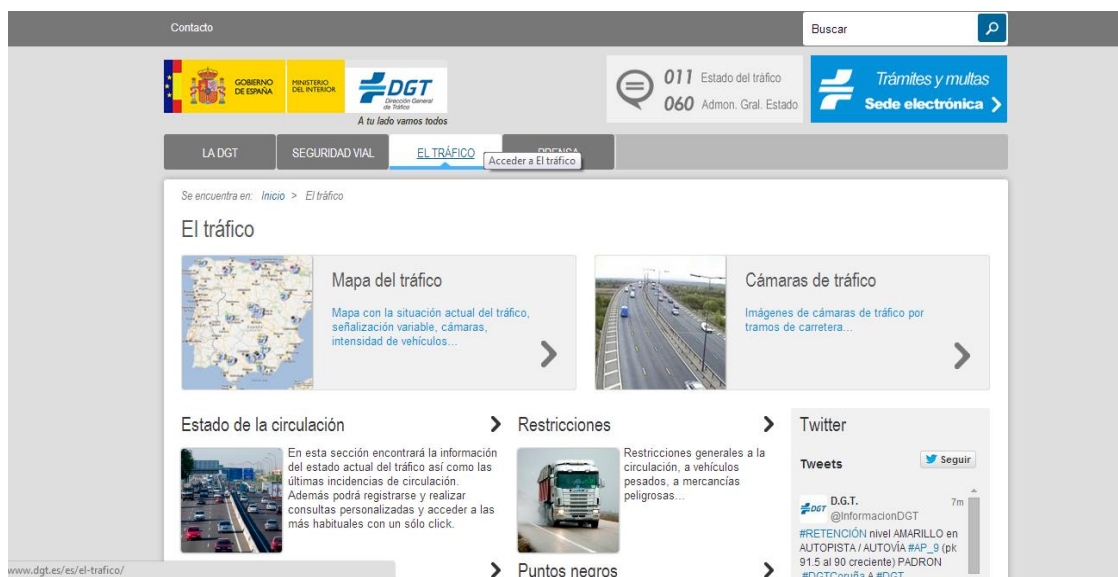


Figura 1.11.: Página web de la DGT (www.dgt.es)

2. MADRID Y SU GESTION DEL TRÁFICO

Todos los años la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid presenta una nueva edición del Estudio de Tráfico llamado “Estudio de la Intensidad Media del Tráfico (IMD) en las carreteras regionales” que recopila y analiza la información obtenida durante el año sobre el tráfico en las carreteras de su competencia.

Este estudio anual se elabora a partir de las medidas reales efectuadas en las carreteras del paso de vehículos por determinados tramos de estas, denominadas “aforos”, que se realizan mediante diversos procedimientos y de manera continuada a lo largo del año. En este proceso de medición se recopila una gran cantidad de datos de los que, una vez han sido debidamente tratados y analizados, se extrae la información más relevante con la que se elabora este informe, el cual constituye un instrumento de trabajo fundamental en la explotación y gestión de las carreteras, así como la herramienta básica para la planificación de nuevas infraestructuras y para el desarrollo coordinado de los crecimientos urbanísticos y de la red viaria que gestiona el Gobierno de la Comunidad de Madrid.

El estudio se centra en la obtención de la Intensidad Media Diaria que indica el número de vehículos que transitan como media al día en distintos tramos de las carreteras. También se obtienen otros parámetros relacionados con la circulación, entre ellos uno de gran importancia para el diagnóstico de la calidad de la circulación que es la velocidad media de los vehículos.

Es un objetivo prioritario de la Dirección General de Carreteras garantizar en la red de su competencia unas condiciones de circulación adecuadas, asegurando la calidad y sobre todo la seguridad en la conducción, para lo cual trabaja de modo permanente para mejorar los 2.574 kilómetros de carreteras que constituyen la red que gestiona (véase figura 2.1.). Esas mejoras se traducen también en el aumento de la calidad de vida de los madrileños en sus desplazamientos a su trabajo o a su lugar de ocio.



Figura 2.1.: Mapa de carreteras de la Comunidad de Madrid

2.1. PLAN DE AFOROS

Para conocer las características, comportamiento y evolución del tráfico en la Red de carreteras de la Comunidad de Madrid es necesario realizar medidas y estudios en la misma. El principal objetivo es obtener distintos parámetros del tráfico para su utilización en la realización de estudios de planeamiento, proyectos y explotación de la Red de carreteras. Por lo que en definitiva, se trata de un instrumento de planificación y decisión.

Para el estudio de la circulación de vehículos motorizados se emplean unas magnitudes que recogen los aspectos más importantes de la misma. Las magnitudes empleadas más frecuentemente son la intensidad (número de vehículos que pasan por una sección de carretera por unidad de tiempo) y la velocidad media de los vehículos. Para conocerlas es necesario contar o aforar el número de vehículos que pasan por determinadas secciones de la red. Esta operación se realiza mediante aparatos especiales y de manera que se pueden clasificar más o menos detalladamente los tipos de vehículos que circulan.

Para obtener las intensidades de tráfico en la Red de Carreteras de la Comunidad de Madrid cada año se elabora un plan de aforos que se ejecuta en el año siguiente por personal propio de la Dirección General de Carreteras. Al realizar el Plan de Aforos se concretan las fechas de realización de tomas de datos en los distintos puntos de la Red de carreteras con el fin de conseguir el volumen de tráfico que circula por la Red de la forma más representativa y completa posible.

Existen varios métodos para aforar vehículos. En la Red de carreteras de la Comunidad de Madrid se utilizan métodos de aforo automáticos, es decir, se emplean aparatos que son capaces de detectar, contabilizar, clasificar y registrar el paso de los vehículos en un período de tiempo.

El método más utilizado en la Red de Carreteras de la Comunidad de Madrid es mediante detectores de lazo o bucles de inducción magnética, que consisten en un cable enterrado en el pavimento formando un lazo por el que circula una corriente eléctrica. Al pasar sobre el lazo la masa metálica del vehículo, se produce un cambio en las características de la corriente eléctrica que acciona el contador, y los resultados se almacenan periódicamente en soportes magnéticos, o se envían por vía telefónica o GSM al Área de Planificación, encargada de la gestión de los aforos. Estos aparatos contabilizan el número total de vehículos que pasan, los clasifican por su longitud y miden, además, las velocidades de los vehículos.

Esta metodología es utilizada en la Red de Carreteras de la Comunidad de Madrid en las estaciones permanentes y primarias, las cuales disponen de dos bucles electromagnéticos para cada carril de circulación. También se dispone para el registro automático del paso de los vehículos en la red de carreteras de la Comunidad de Madrid de equipos radar. Se trata de equipos detectores no intrusivos, que se instalan en soportes adyacentes a la calzada sin que sea necesario realizar ninguna alteración del pavimento. El funcionamiento de estos detectores se fundamenta en el “Efecto Doppler”, es decir, la variación en la frecuencia de una onda producida por el paso de un objeto en movimiento. Son equipos de altas prestaciones técnicas, versátiles, con gran precisión y fiabilidad en la toma de datos.

El último método empleado en la contabilización de los vehículos en la Red de Carreteras de la Comunidad de Madrid es la utilización de unos detectores que se colocan fácilmente sobre la calzada. Se trata del uso de un tubo de goma cerrado en un extremo y colocado transversalmente sobre la calzada; el otro extremo del tubo termina en una membrana flexible metálica.

Cuando pasan sobre él las ruedas de los vehículos aumenta la presión de aire en su interior, lo que hace que se cierre un contacto eléctrico, que acciona el dispositivo contador. Es el método de aforo empleado en las estaciones de cobertura de la Red de carreteras de la Comunidad de Madrid.

2.2. INFRAESTRUCTURA

En el año 2013 la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid ha contado con un total de 432 estaciones de aforo con el objetivo de calcular los parámetros de tráfico necesarios para su análisis.

De las 432 estaciones existentes en la red de carreteras, 143 son de tipo cobertura, 231 de tipo primaria y 58 de tipo permanente (cinco de ellas Estaciones de Toma de Datos).

Las diferencias entre estos tres tipos de estaciones de aforo son las siguientes:

Estaciones permanentes

Son estaciones en las que se realiza un aforo continuo por medio de un contador automático a lo largo de todo el año lo que permite conocer la intensidad del tráfico por horas así como las fluctuaciones y las frecuencias horarias. Interesa disponer un cierto número de estaciones permanentes que permitan registrar estas características en todos los tipos de carreteras representativas de la red, ya que los datos obtenidos en ellas sirven para deducir las características del tráfico de otras estaciones ubicadas en otras secciones de las carreteras.

De las 58 estaciones permanentes, 23 se encuentran en las carreteras M-45, M-501 (P.P.K.K. 0 al 21) y M-407 (P.P.K.K. 4 al 14) que son los tramos explotados mediante concesión, los cuales aportan al Área de Planificación la información del tráfico de dichas carreteras.

Otras 34 se explotan por el personal propio de aforos y la última es gestionada por AENA al encontrarse ubicada en el túnel de acceso a Barajas de la carretera M-111.

De las 34 estaciones permanentes de aforo de tráfico que gestiona directamente la Dirección General de Carreteras 9 son Estaciones de Toma de Datos (ETDs) y 25 están dotadas con tecnología GSM.

Las ETDs son estaciones capaces de monitorizar en tiempo real el tráfico y enviar datos al sistema de gestión de forma autónoma. El equipo puede detectar el paso de vehículos mediante bucles inductivos realizados sobre el asfalto y tiene capacidad para gestionar hasta 12 carriles de circulación. La estación de toma de datos está conectada con un centro de control de forma permanente donde se almacenan y tratan los datos suministrados por esta y se gestionan las alarmas o incidencias que esta reporte, razón por la cual aportan una información mucho más completa que el resto de estaciones permanentes existentes en la Red.

Las estaciones se encuentran ubicadas en los siguientes puntos de la red:

- Carretera M-100 entre las intersecciones con A-1 y M-111
- Carretera M-206 entre la intersección con M-45 y San Fernando de Henares
- Carretera M-501 entre la intersección con M-524 y Navas del Rey
- Carretera M-503 entre las intersecciones con M-40 y M-50
- Carretera M-505 entre los enlaces con A-6 y M-50

- Carretera M-506 entre las intersecciones con M-407 y M- 413
- Carretera M-506 variante Este de Fuenlabrada
- Carretera M-607 entre la intersección con M-40 y Tres Cantos
- Carretera M-601 entre Navacerrada y límite de provincia con Segovia

El resto de estaciones permanentes dotadas con tecnología GSM son las siguientes:

- Carretera M-305 entre A-4 y Variante de Aranjuez
- Carretera M-305 variante de Aranjuez
- Carretera M-406 variante de Alcorcón
- Carretera M-406 variante de Leganés
- Carretera M-406 entre las intersecciones con M-409 y A-42
- Carretera M-406 entre las intersecciones con A-42 y A-4
- Carretera M-407 entre Leganés y polígono industrial
- Carretera M-409 entre Leganés y Fuenlabrada
- Carretera M-500 entre los enlaces con A-6 y M-30 (Puente de los Franceses)
- Carretera M-501 entre las intersecciones con M-522 y M-524
- Carretera M-503 entre las intersecciones con M-500 y M-502
- Carretera M-503 entre las intersecciones con M-502 y M-513
- Carretera M-505 entre la intersección con M-50 y urbanizaciones
- Carretera M-505 entre urbanizaciones y Molino de la Hoz
- Carretera M-505 entre Molino de la Hoz y la intersección con M-510/M-852
- Carretera M-506 entre las intersecciones con M-501 y M-856
- Carretera M-506 entre Alcorcón y la intersección con M-407
- Carretera M-506 entre variante Este de Fuenlabrada y la intersección con A-42

- Carretera M-506 entre las intersecciones con A-42 y M-408
- Carretera M-506 entre las intersecciones con M-408 y A-4
- Carretera M-506 entre las intersecciones con A-4 y M-841
- Carretera M-509 entre la intersección con M-851 y Villanueva del Pardillo
- Carretera M-600 entre la intersección con M-527 y El Escorial
- Carretera M-607 entre Tres Cantos y la intersección con M-618
- Carretera M-608 entre Moralarzal y Collado Villalba

Estaciones de control

Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, mensuales y estacionales, en una serie de secciones de carretera, para establecer unas leyes que puedan aplicarse a un grupo de estaciones similares o afines. Se pueden distinguir dos tipos según el número de horas de aforo: primarias y secundarias.

En las estaciones primarias o de control principal los datos se obtienen de aforar durante un mínimo de cuatro días consecutivos, de forma que dos días sean laborables y los otros dos sean un sábado y un domingo. Las estaciones secundarias o de control secundario son semejantes a las estaciones primarias, salvo que los datos se obtienen de aforar seis días laborables completos al año, uno cada dos meses, y de establecer una afinidad con una o varias estaciones primarias.

En la Red de carreteras de la Comunidad de Madrid se utilizan de tipo primaria. Las mediciones se realizan durante una semana completa cada dos meses alternos.

Estaciones de cobertura

Con estas estaciones sólo se pretende obtener una estimación de la intensidad media diaria del tráfico en un tramo.

Se realiza únicamente un aforo anual de corta duración. Para que anualmente todas las estaciones de aforo se encuentren operativas y se pueda cumplir el plan de aforos eficientemente, la Dirección General de Carreteras tiene que realizar las obras de mantenimiento requeridas por las numerosas instalaciones de aforo ubicadas en la Red de carreteras de su competencia.

De esta forma, anualmente se ejecutan un número de reparaciones debido a accidentes de tráfico, desgaste del uso de las instalaciones, afecciones de actuaciones en las carreteras, etc.

2.3. ESTUDIOS DE INTENSIDAD Y OBTENCIÓN DE LA IMDm

El objetivo principal de un plan de aforos es obtener el valor de la Intensidad Media Diaria (IMD). Se entiende por IMD el número total de vehículos que pasan por una sección de carretera durante un año, dividido por 365 días. Es la intensidad de tráfico medio que corresponde a un día cualquiera de un año determinado.

En estaciones permanentes se obtiene un valor exacto de la IMD. En estaciones primarias obtenemos un valor de estimación aceptable, pero en una estación de cobertura solo podemos obtener un dato aproximado, ya que solo se afora un día al año, por lo que necesitamos una estación primaria afín a la cobertura, de la cual conocemos los siguientes factores que van a permitir hallar una IMD más exacta.

- *Factor N o coeficiente de nocturnidad*, que es igual a la relación entre el tráfico a 24 horas y el correspondiente a 16 horas de un día laborable (de 6h a 22h).

- *Factor L o de variación mensual*, que es igual a la relación entre la intensidad media anual en días laborables y la intensidad en un día laborable del mes considerado.
- *Factor S o de sábados y domingos*, que es igual a la relación entre la IMD y la intensidad media anual en días laborables.
- *Factor Z o de variación diaria*, que es igual a la relación entre la intensidad de 16 horas (de 6h a 22h) y la de 6 horas (de 8h a 14h).
- *Factor F*, que es igual a la relación entre la IMD y la intensidad durante 16 horas en un día laborable cualquiera, y que es el producto de los tres factores, N, L Y S. ($F=N \cdot L \cdot S$).

$$IMD = I_{24h} \cdot L \cdot S$$

$$IMD (6 \text{ y } 22h) = I_{16h} \cdot L \cdot S \cdot N$$

$$IMD (8 \text{ y } 14h) = I_{6h} \cdot L \cdot S \cdot N \cdot Z$$

Esta infraestructura y metodología descrita es a través de la cual la Dirección General de Carreteras conoce en todo momento la demanda básica de los usuarios de las carreteras de la Red de la Comunidad de Madrid, cuyo objetivo es mejorar el servicio ofrecido a los ciudadanos, puesto que conoce la demanda de tráfico de los distintos tipos de vías que componen la red de carreteras.

2.4. DIAGNÓSTICO DEL TRÁFICO EN LA RED DE CARRETERAS DE MADRID

Con los datos obtenidos de las estaciones de aforo en el año 2013, podemos calcular:

- La IMD (vehículos/día) de los tramos aforados de la Red de carreteras.

- El porcentaje de vehículos pesados (vehículos pesados/día) de los tramos aforados de la Red de carreteras.
- Las velocidades medias de los vehículos en los tramos aforados por estaciones permanentes y primarias de la Red de carreteras.
- Los vehículos - kilómetro, es decir, los kilómetros que fueron recorridos por los vehículos en los tramos aforados de la Red de carreteras como término medio al día.

Si tenemos en cuenta el conjunto de tramos aforados en la Red de carreteras se puede establecer la Intensidad Media Diaria media (IMDm) del total de la Red. Los tramos de carretera con mayor volumen de tráfico registrados en el año 2013 han sido:

- M-503 entre las intersecciones con M-40 y M-50 (94.885 vehículos/día).
- M-45 entre Leganés y enlace Getafe/Villaverde (94.440 vehículos/día).
- M-607 entre la intersección con M-40 y Tres Cantos (88.230 vehículos/día).
- M-45 entre el enlace Getafe/Villaverde y A-4 (87.514 vehículos/día).
- M-45 entre el enlace con San Fernando-Torrejón e intersección con A-2 (83.611 vehículos/ día).

La Red de Carreteras de la Comunidad de Madrid se divide en tres categorías que se explican y detallan a continuación:

- Red Principal
- Red Secundaria
- Red Local

Red Principal

La Red Principal (662 km) es la red que tiene mayor demanda de tráfico, debido principalmente al tipo de función que tiene que es canalizar los tráficos de largo recorrido, apoyándose en la Red de Carreteras del Estado y los de tránsito a través de la Comunidad de Madrid y el área metropolitana, conectar los principales puntos básicos del territorio y asegurar las conexiones de primer orden con los territorios limítrofes.

La IMD media de la Red Principal de la Comunidad de Madrid en el año 2013 ha sido de 20.881 vehículos/día. El porcentaje de vehículos pesados medio que soportó la Red Principal en 2013 fue de 7,30 %.

El tráfico de la Red Principal ha disminuido un 0,05% respecto al año anterior, puesto que el valor de la IMD media del año 2012 fue de 20.891 vehículos/día.

Red Secundaria

La función principal de esta Red (634 km) es canalizar el tráfico de corto recorrido a través de sí misma o a la Red Principal sin embargo se ha visto en años anteriores realizando funciones similares a la Red Principal y soportando tráficos muy elevados para su categoría.

La IMD media de la Red Secundaria de la Comunidad de Madrid en el año 2013 ha sido de 4.397 vehículos/día. El porcentaje de vehículos pesados medios es similar al de la Red Principal, un 8,07%.

La Red Secundaria ha experimentado en 2013 una disminución de un 2,55% respecto del año anterior, puesto que el valor de la IMD media de esta Red en el año 2012 fue de 4.512 vehículos/día.

Red Local

La Red Local (1.277 km), cuya función es servir de soporte a la circulación intermunicipal, no presenta tráficos tan importantes como los que soportan las otras categorías de red.

La IMD media de la Red Local de la Comunidad de Madrid en el año 2013 fue de 2.126 vehículos/día, con un 7,89% de media de vehículos pesados.

La Red Local ha experimentado en 2013 una disminución de un 2,70% respecto del año anterior, puesto que el valor de la IMD media de esta Red en el año 2012 fue de 2.185 vehículos/día.

En la tabla 2.1. y figura 2.2., que vemos a continuación, se muestran los datos que se comentan anteriormente:

RED	IDMm Total	IMDm PESADOS	% PESADOS	VARIACIÓN	
				VARIACIÓN % IMDm TOTAL RESPECTO A 2012	(%) IMDm PESADOS RESPECTO A 2012
Principal	20.881	1.524	7,30	-0,05	-5,58
Secundaria	4.397	355	8,07	-2,55	-5,08
Local	2.126	168	7,89	-2,70	-7,18
Media	7.487	561	7,49	-1,07	-6,03

Tabla 2.1.: Cuadro de IDMm de los distintos tipos de red

En la tabla se ve como, respecto al año anterior, se ha producido una variación negativa del número de vehículos que circulan por cada uno de los tipos de redes con los que cuenta la red de carreteras de la Comunidad de Madrid, siendo mayor esta disminución en las carreteras locales.

A su vez, se aprecia como el porcentaje de vehículos pesados en las carreteras locales ha disminuido en mayor medida respecto a los vehículos ligeros.

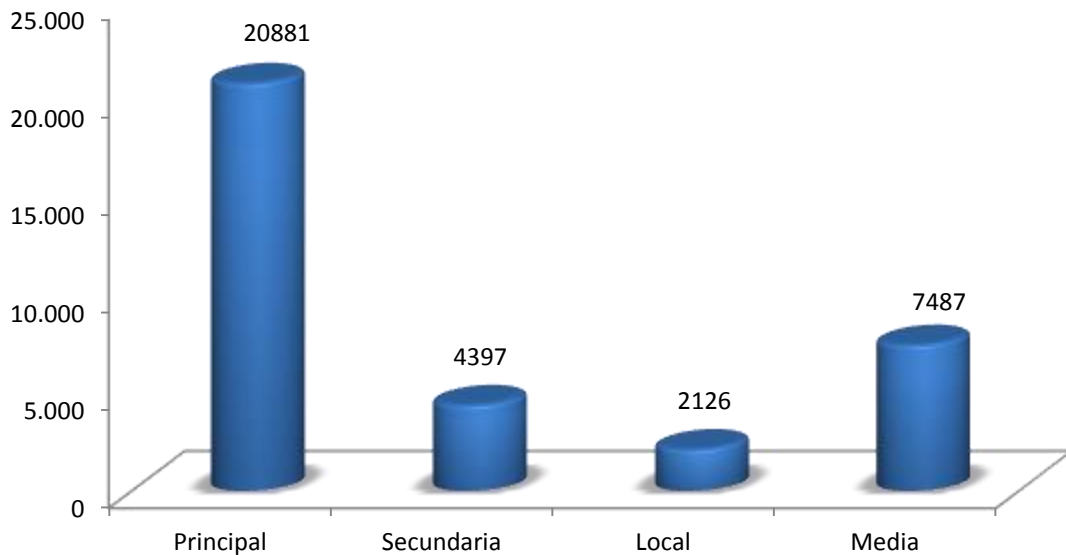


Figura 2.2.: IDMm de los distintos tipos de red

En los gráficos se aprecia claramente como las redes principales son las que soportan un mayor volumen de tráfico ya que tienen un mayor número de vehículos por día.

Otra unidad de medida empleada para medir la IDMm empleada en la red de carreteras de la Comunidad de Madrid son los **vehículos-kilómetro**. Se entiende por vehículo-kilómetro a los kilómetros recorridos por los vehículos en los tramos aforados de la Red de carreteras por término medio al día y/o en el año (véase tabla 2.2.).

Red	veh-km/día totales	veh- km/día pesados	veh-km/ año totales	veh-km/ año pesados	Variación (%) veh-km/ total respecto a 2012	Variación (%) veh-km/ pesados respecto a 2012
Principal	13.498.373	984.940	4.926.906.252	359.502.984	-0,64	-6,14
Secundaria	2.772.543	223.638	1.011.978.261	81.627.938	-2,54	-5,05
Local	2.661.129	210.002	971.312.264	76.650.664	-2,71	-7,33
Total	18.932.046	1.418.580	6.910.196.777	517.781.586	-1,22	-6,15

Tabla 2.2.: Vehículos-kilómetro de los distintos tipos de red

Al igual que veíamos en los anteriores gráficos, aquí vemos como los vehículos-kilómetro también se han visto reducidos respecto al año anterior, en mayor medida los vehículos pesados cuya variación ha sido casi seis veces la de los vehículos ligeros.

Este dato sigue demostrando que entre el año 2012 y el 2013 se ha reducido el tráfico en las carreteras de la Comunidad de Madrid.

2.5. FACTORES RELEVANTES DEL TRÁFICO

La apertura de nuevas infraestructuras y modificaciones en las existentes es uno de los principales factores que afectan al tráfico de una red viaria. Además, el tráfico es susceptible de variación por numerosos factores de toda índole: sociales, demográficos, urbanísticos, etc.

La IMD media en la Red de carreteras de la Comunidad de Madrid en el año 2013 se ha caracterizado principalmente por un estancamiento e incluso leve mejoría en cuanto al tránsito de vehículos ligeros y una disminución menos apreciable que en años anteriores del tránsito de vehículos pesados, de lo cual cabría deducir que podría estar revirtiéndose la tendencia que comenzó en el último trimestre del año 2008 coincidiendo con la situación socioeconómica de crisis en la Unión Europea en general y en España en particular y que ha permanecido durante los últimos cinco años. Del mismo modo, igual que ocurrió en años anteriores, se mantiene el descenso del tráfico pesado en toda la Red (sobre todo la del tráfico pesado de las Redes Secundaria y Local).

La disminución de la IMD media del tráfico pesado en un 6,03% en toda la Red de carreteras, ha sido el resultado de la disminución del mismo en cada uno de los tipos de Redes: Principal, Secundaria y Local. La Red Local es la que ha experimentado una mayor disminución (-7,18%), y más del 5% en los otros dos tipos de redes.

Por tanto, es el sexto año consecutivo que el tráfico disminuye en la Red de carreteras de la Comunidad de Madrid, un 1,07%. Sin embargo esta disminución no ha sido progresiva puesto que en los años 2010 y 2011 se registraron disminuciones más leves respecto a la de años anteriores. Cabe destacar que en el año 2012 se registró la mayor disminución de tráfico con un decremento del 5,42% de este período.

Todos los años la Dirección General de Carreteras realiza actuaciones sobre la Red de su competencia que afectan en mayor o menor medida a los datos de tráfico. Se citan a continuación algunas de las actuaciones que se encuentran actualmente en ejecución y así han estado durante el año 2013 que han producido algunas modificaciones ya consolidadas en el tráfico:

- Duplicación de la carretera M-509 entre Villanueva del Pardillo y M-50.
- Duplicación de la carretera M-206 entre Torrejón y Loeches.
- Obras de remodelación de intersecciones en la carretera M-220.

Las consecuencias de estas actuaciones en el tráfico global son que, a pesar que en término medio este disminuya ligeramente en la media del total de la red, en algunos determinados tramos se mantiene y en otros aumenta.

Debido a las obras de duplicación de la M-509 se observa cómo se mantiene el incremento de tráfico en el corredor de la M-503 como alternativa de itinerario para evitar los tramos en obras.

Conviene destacar que la carretera con mayor IMD media de tráfico (considerada toda la longitud de esta y no por tramos de mayor IMD) ha sido la autovía M-45 con 70.364 vehículos/día, le sigue la carretera M-500 con 56.074 vehículos/ día. Por el contrario, las carreteras con menos tráfico medio registrado en el año 2013 han sido cuatro carreteras pertenecientes a la Red Local: M-319, M-956, M-955 y M-143 con menos de 100 vehículos/día de IMD media.

2.6. EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

A continuación, vamos a ver cómo ha evolucionado el tráfico en el periodo 2003-2013 en la red de carreteras de la Comunidad de Madrid.

Red Total de carreteras

AÑO	IMD (MEDIA) VH/DIA	VARIACIÓN (%)
2003	7.984	5,37
2004	8.118	1,68
2005	8.054	-0,79
2006	8.316	3,26
2007	8.448	1,59
2008	8.327	-1,43
2009	8.114	-2,56
2010	8.075	-0,48
2011	8.002	-0,90
2012	7.568	-5,42
2013	7.487	-1,07
Variación en los últimos 10 años		-6,22

Tabla 2.3.: Evolución del tráfico en la red total

Como se puede observar en la tabla 2.3., el tráfico ha disminuido en los últimos años hablando en términos totales un 6,22%. Se ve como de 2003 a 2006 se produce un descenso de casi 1.000 vehículos/día, mientras que entre los años 2006 y 2007 se ve un aumento de la Intensidad Diaria Media media (IDMm) experimentando variaciones positivas. Es a partir de 2007 cuando se empieza a observar un descenso continuado del tráfico de vehículos llegando a tener en 2012 valores inferiores de un 5,42%.

Se puede ver más claro en la figura 2.3. en la que se muestran los datos recogidos en la tabla anterior.

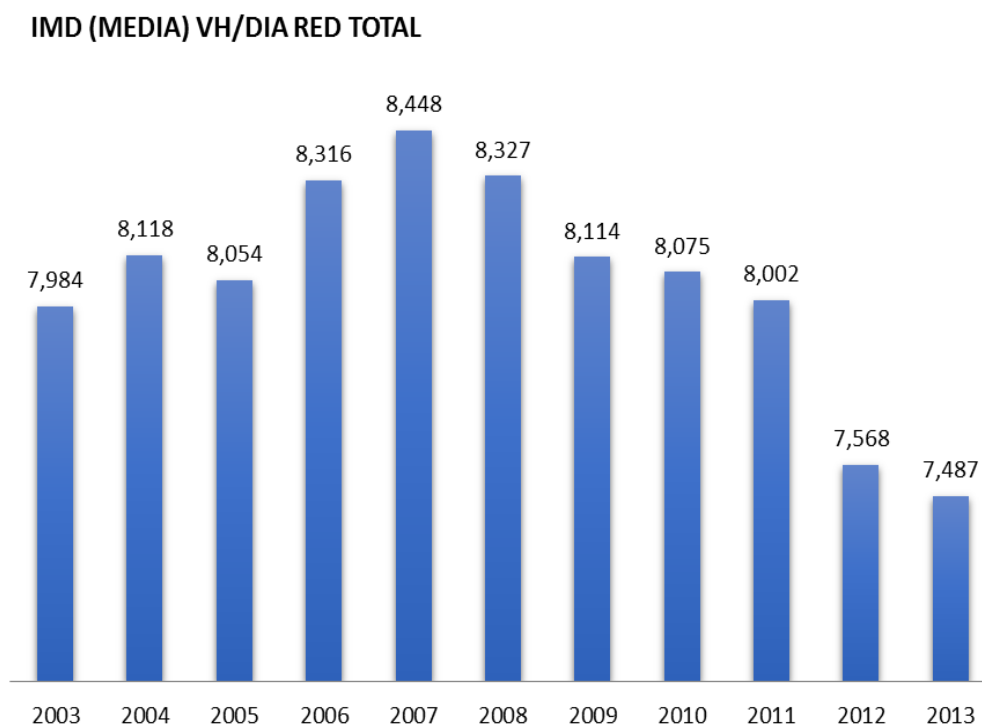


Figura 2.3.: Evolución del tráfico en la red total

Red Principal

Respecto a la red principal de carreteras, vemos la misma evolución que en las gráficas del total de la red, a partir de 2003 empieza a disminuir el número de vehículos por día hasta llegar a una variación negativa en 2006 del 1,37% y en 2007 se cambia la tendencia experimentando una variación positiva del 3,52%, para seguir descendiendo a lo largo de los años.

Esto se puede ver en la tabla y el gráfico que se exponen a continuación (tabla y figura 2.4.).

AÑO	IMD (MEDIA) VH/DIA	VARIACIÓN (%)
2003	23.611	13,85
2004	24.100	7,23
2005	23.771	2,07
2006	24.608	-1,37
2007	24.055	3,52
2008	23.733	-2,24
2009	22.869	-1,34
2010	22.548	-1,41
2011	22.194	-1,57
2012	20.891	-5,87
2013	20.881	-0,04
Variación en los últimos 10 años		-11,56

Tabla 2.4.: Evolución del tráfico en la red principal

IMD (MEDIA) VH/DIA RED PRINCIPAL

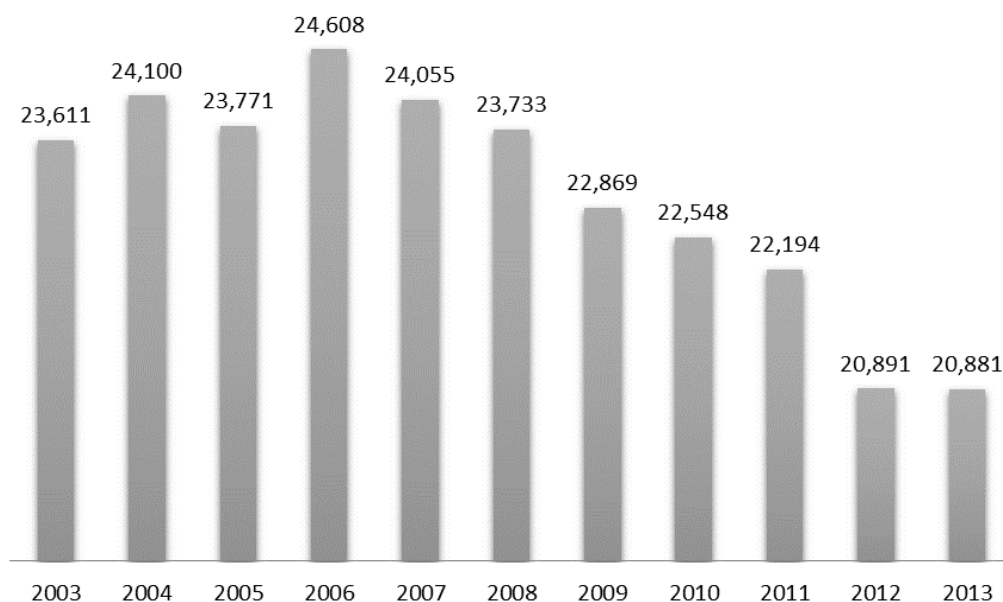


Figura 2.4.: Evolución del tráfico en la red principal

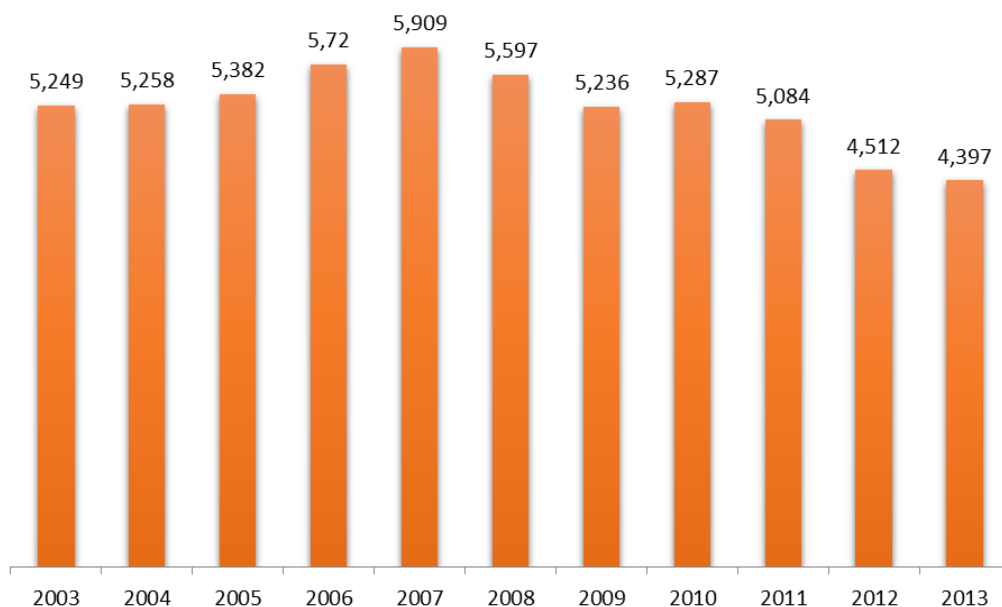
Red secundaria

La red secundaria es la que experimenta mayores variaciones. Comienza a descender en 2003 el número de vehículos que circulan por este tipo de carreteras hasta que en 2004 se ve que la variación empieza a ser positiva hasta el año 2007. Desde 2007 vemos otra tendencia descendente que cambia de signo en 2010 volviendo a ser positiva, pero que desde 2010 a 2013 tendrá un descenso brusco haciendo que la variación en estos 10 años sea negativa y llegando al 16,23%.

Esto se puede ver en la tabla y el gráfico que se exponen a continuación (tabla y figura 2.5.).

AÑO	IMD (MEDIA) VH/DIA	VARIACIÓN (%)
2003	5.249	-4,87
2004	5.258	0,17
2005	5.382	2,35
2006	5.72	6,28
2007	5.909	3,31
2008	5.597	-5,28
2009	5.236	-6,45
2010	5.287	0,98
2011	5.084	-3,84
2012	4.512	-11,25
2013	4.397	-2,54
Variación en los últimos 10 años		-16,23

Tabla 2.5.: Evolución del tráfico en la red secundaria

IMD (MEDIA) VH/DIA RED SECUNDARIA**Figura 2.5.: Evolución del tráfico en la red secundaria****Red local**

La red local es la única que experimenta una variación media positiva del 22% en los 10 años que se observan, aunque observando año a año vemos que de 2002 a 2007 la tendencia es positiva como en el resto de vías, pasando a descender entre 2007 y 2012 aunque en menor medida que en el resto de redes.

Esto se puede ver en la tabla y el gráfico que se exponen a continuación (tabla y figura 2.6.).

AÑO	IMD (MEDIA) VH/DIA	VARIACIÓN (%)
2003	2.205	23,12
2004	2.202	-0,14
2005	2.288	3,93
2006	2.341	2,28
2007	2.436	4,10
2008	2.375	-2,53
2009	2.254	-5,09
2010	2.237	-0,74
2011	2.302	2,91
2012	2.185	-5,08
2013	2.126	-2,71
Variación en los últimos 10 años		-3,58

Tabla 2.6.: Evolución del tráfico en la red local

IMD (MEDIA) VH/DIA RED LOCAL



Figura 2.6.: Evolución del tráfico en la red local

3. GESTIÓN DEL TRÁFICO FUTURO: NUEVAS TENDENCIAS

Según pasan los años se van desarrollando nuevas tecnologías, en lo que a la gestión del tráfico se refiere, que hacen que esta gestión sea más eficiente. Este desarrollo de nuevas tecnologías ha venido marcado por la creciente necesidad de las ciudades de modernizarse y estar a la última tecnológicamente hablando. A continuación, vamos a ver cómo han cambiado los sistemas para la gestión del tráfico a raíz de la gran expansión que ha tenido el término “Smart cities” o ciudades inteligentes.

3.1. LAS “SMART CITIES” O CIUDADES INTELIGENTES

En los últimos años se ha extendido de manera progresiva el término de “Smart Cities” o ciudades inteligentes. Este término de ciudad inteligente se refiere a un tipo de desarrollo urbano basado en la sostenibilidad que es capaz de responder adecuadamente a las necesidades básicas de instituciones, empresas y de los propios habitantes, tanto en el plano económico como en los aspectos operativos, sociales y ambientales.

El crecimiento que han experimentado las ciudades ha provocado que cada vez más sea necesario un cambio en el modelo de ciudad.

Esta necesidad de cambio en los modelos de ciudades ha venido marcado por la competitividad entre ellas, sobre todo de las ciudades maduras para recuperar su competitividad frente a las demás ciudades que están en continuo crecimiento o emergiendo, en las que se están implantando modelos cada vez más modernos y tecnológicos de gestión y hacen que estas ciudades maduras se queden atrás en tecnología e innovación sin poder competir con las nuevas.

Una ciudad inteligente, según *EcoInteligencia*, se basa en el desempeño urbano que no sólo depende de la infraestructura de la ciudad, sino también de otros factores como la disponibilidad, calidad de la comunicación y la infraestructura social de forma que se cree una gran correlación entre el crecimiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), el capital social y el medio ambiente.

El eje fundamental de una ciudad inteligente gira en torno a tener una economía inteligente, vialidad inteligente, población inteligente, vida inteligente y, finalmente, un gobierno inteligente. Estos ejes se encuentran conectados con las teorías de urbanismo y desarrollo, que logran brindar una alta calidad de vida, con un buen uso de los recursos naturales y un gobierno participativo.

Existen muchas iniciativas de desarrollo inteligente alrededor del mundo. Ciudades como Amsterdam, El Cairo, Dubai, Málaga, Singapur, París, Londres entre otras se han destacado con sus proyectos ecológicos, turísticos o de infraestructura para desarrollar dicho entorno inteligente. Sus características, organización y programas de desarrollo son distintos, sin embargo, todos están enfocados en convertirse en una Smart City.

Hablando en términos generales, hay varias características que tienen en común las distintas ciudades, por lo que se puede englobar en tres tópicos principales: desarrollo de la infraestructura, estrategias para crear un entorno competitivo y ciudades exclusivas y sostenibles.

El desarrollo de la infraestructura se enfoca en crear una excelente infraestructura para mejorar la economía, la política, el desarrollo cultural, social y urbano. Busca crear eficientes canales de comunicación donde los servicios empresariales, de vivienda, ocio, estilo de vida y telecomunicaciones estén muy bien conectados. Se emplean altas tecnologías y creatividad pensando en el crecimiento y evolución urbana, orientada hacia la globalización para garantizar el éxito de la ciudad.

Respecto a las estrategias para crear un entorno competitivo, las ciudades inteligentes crean estrategias para aumentar la prosperidad local y la competitividad del sector a través del uso de las TIC para la expansión urbana, con una previa planificación. Facilitan el entorno para el desarrollo de nuevos negocios, lo que se traduciría en un alto desempeño socioeconómico. La comunidad enfoca su trabajo en la innovación con el uso de las tecnologías, creando redes que potencien el éxito.

Por último, existe una alta relación entre el papel que desempeña el capital social y el desarrollo urbano. El término de ciudad inteligente se adopta cuando la comunidad haya aprendido a crecer intelectualmente, y adaptarse a su entorno e innovar, lo que permite crear ciudades exclusivas y sostenibles.

Precisamente, la sostenibilidad es también un componente estratégico fundamental de las ciudades inteligentes, pues ayuda a la integración de espacios para la participación y educar para crear hábitos de vida menos consumistas, como la eliminación de los combustibles en viviendas y centros de trabajo y un mix energético con energías renovables. Asimismo en el ámbito del medio ambiente, donde cada vez más los recursos son menores, su explotación debe garantizar el uso seguro y renovable del patrimonio natural.

Las ciudades inteligentes, a pesar de ser un término relativamente nuevo, sin duda están causando revuelo en un mundo tan competitivo. Los gobiernos desafían sus canales tradicionales y, con innovación y tecnologías, buscan facilitar y crear un entorno agradable para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos.

Las ciudades necesitan ser más inteligentes y para conseguir esto necesitan que sus infraestructuras sean, a su vez, más inteligentes para que sean más eficientes, sostenibles y habitables.

Para ser más eficientes, las ciudades necesitan: un mejor intercambio de informaciones, una resistencia a las perturbaciones y riesgos mejorada y un mayor control sobre los sistemas de la ciudad.

En cuanto a conseguir la sostenibilidad necesaria para ser una ciudad inteligente, necesitan reducir las emisiones de CO₂ y del consumo energético, ahorrar en costes operativos y alcanzar una menor necesidad de inversiones masivas en infraestructuras.

Y de la misma manera, para que una ciudad sea considerada inteligente tiene que ser habitable para sus ciudadanos y tiene que garantizarlos una mayor calidad de vida, aumentar el atractivo para puestos de trabajo y talentos, además de aumentar la competitividad global.

Para conseguir todas estas metas que persiguen las ciudades inteligentes tienen que dar soluciones que mejoren la eficiencia y el funcionamiento de sus sistemas, que sean asequibles para que puedan encajar en sus presupuestos ajustados, a la vez que ser integradas, fáciles de implementar y gestionar. En definitiva, soluciones para cubrir sus necesidades.

3.2. “SMART MOBILITY” O MOVILIDAD INTELIGENTE

Uno de los aspectos que engloban las “Smart cities” o ciudades inteligentes y sus distintos ámbitos de gestión inteligente es la movilidad inteligente o “Smart mobility”. Al igual que las ciudades necesitan un cambio en su modelo para adaptarse a los nuevos tiempos y nuevas tecnologías, el transporte necesita de este cambio.

Dentro del concepto de “Smart City” o ciudad inteligente, la movilidad incluye la sostenibilidad, la seguridad y la eficiencia de las infraestructuras y sistemas de transporte, así como a la accesibilidad local, nacional e internacional.

En los últimos tiempos han aumentado considerablemente el número de desplazamientos por carretera provocados por el crecimiento en tamaño de las ciudades y la descentralización tanto de los puestos de trabajos como del acceso a los servicios. Este aumento de los desplazamientos y, por consiguiente, del número de vehículos que se mueven por las ciudades ha provocado congestiones del tráfico en las mismas, lo que implica un mayor consumo de recursos energéticos y una mayor generación de emisiones contaminantes.

Estos aspectos han afectado negativamente y han hecho que la calidad de vida en las ciudades haya empeorado tanto por la disminución de la productividad, como por el empeoramiento de la calidad del aire, así como por la contaminación acústica que conlleva. Para paliar esto, los gobiernos se han planteado aplicar el concepto de movilidad inteligente como respuesta tecnológica al desarrollo urbano.

Según estudios económicos, en las grandes ciudades este impacto de la congestión del tráfico ronda entre el 1,4 % y el 4 % sobre el PIB de la ciudad. Se estima que el 10 % de las redes de carreteras están afectadas a diario por atascos, además, el transporte por carretera representa el 83 % del consumo energético del total del sector de transportes y el 85 % de las emisiones de CO₂.

Sólo en la UE se producen en torno a 1,4 millones de accidentes al año y unos 40.000 fallecimientos, lo que representa un impacto del 2 % en el PIB europeo. Ante estas cifras, es razonable que las iniciativas relativas a la gestión de la movilidad sean una de las primeras en abordarse a la hora de plantear una Smart City.

Entre las medidas que se han empezado a tomar para lograr esta movilidad inteligente en las ciudades encontramos varias que se están implantando cada vez más (*EcoInteligencia*):

Gestión del tráfico en tiempo real

Las soluciones en este sentido tratan de facilitar al conductor la información en tiempo real del tráfico, así como gestionar las incidencias en carretera, las zonas en obras, el timing de los semáforos y la señalización, entre otras.

A esto hay que sumar la actualización de los mapas, las recomendaciones sobre las rutas óptimas en términos de tiempo o de distancia así como los consejos para favorecer conductas ecológicas al volante que minimicen el impacto de los vehículos en el medioambiente. Esta información se puede obtener mediante la página web de la Dirección General de Tráfico o mediante su aplicación para dispositivos móviles.

Gestión de los medios de transporte de viajeros

El crecimiento de la población en las ciudades así como los nuevos hábitos de vida están presionando a los sistemas de transporte para que aumenten su capacidad y ofrezcan un servicio más enfocado a los ciudadanos.

Por ello, es razonable que otro conjunto de soluciones especialmente relevante sean aquellas que ayudan a gestionar las redes de autobuses y en general los medios de transporte urbanos, mejorando su eficiencia, permitiendo predecir mejor la demanda para optimizar el uso, reduciendo los costes operacionales, aumentando la seguridad y, en general, mejorando la experiencia del usuario.

Para gestionar los medios de transporte urbanos, los ayuntamientos de las ciudades han implantado en las marquesinas de los autobuses un monitor en el que se puede consultar el tiempo de espera de llegada del próximo autobús y que también se puede consultar con aplicaciones para dispositivos móviles y evitar las largas esperas de estos vehículos urbanos. También existen aplicaciones para consultar los horarios, líneas y mapas de metro, trenes de cercanías y autobuses.

Gestión de aparcamientos

Se ha estimado que reducir la media de tiempo necesario para estacionar un vehículo de 15 a 12 minutos puede reducir en 400 toneladas las emisiones de CO₂ en una ciudad como Barcelona. Según otro estudio, se estima que hasta el 45 % del tráfico en Manhattan es generado por coches que están dando vueltas para buscar una plaza de aparcamiento.

En San Francisco un servicio ofrece información sobre la disponibilidad de plazas de garaje en tiempo real a través de una aplicación para smartphone que permite consultar los parkings libres y su precio.

En España contamos con la aplicación para dispositivos móviles e-park (figura 3.1.) para poder pagar el parking en las zonas de pago de las ciudades y poder renovar el tiempo pagado para el aparcamiento sin tener que acudir a donde hemos dejado aparcado el vehículo y volver a sacar el ticket.



Figura 3.1.: Aplicación e-park para el pago del aparcamiento

Gestión de flotas

Otro conjunto de aplicaciones tiene que ver con la gestión eficiente de las flotas. Se pueden aplicar las tecnologías móviles para el seguimiento de los vehículos así como usar sistemas embebidos para planificar rutas. Todo esto ayuda a reducir los tiempos en ruta, optimizar las cargas y el uso de la flota y su mantenimiento.

En España destaca la aplicación de gestión de flotas del Ministerio de Fomento que permite gestionar todas las máquinas quitanieves.

Gestión del uso de bicicletas

Son muchas las ciudades que están fomentando el uso de las bicicletas con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ y, en general, conseguir un entorno más habitable.

En muchas ciudades ya se ofrece el servicio de alquiler de bicicletas (véase la figura 3.2.) para su uso por parte de los ciudadanos, lo que facilita y fomenta su uso.



Figura 3.2.: Punto de alquiler de bicicletas

Copenhague es la ciudad en la que más uso se hace de la bicicleta del mundo. El 50 % de sus ciudadanos utiliza la bici y la ciudad se ha planteado como objetivo ser la primera ciudad neutra en CO₂ en 2025.

Trazabilidad y logística

Una de las competencias de los ayuntamientos consiste en controlar los alimentos y las bebidas, por lo que cualquier aplicación que ayude a la trazabilidad y la logística será de gran utilidad en este entorno.

Pago de peajes

Aunque más tradicionales, en este grupo se encontrarían todas las aplicaciones que facilitan el pago de peajes sin necesidad de parar, usando para ello diferentes tecnologías de radiofrecuencia.

Un ejemplo de este tipo de aplicaciones se ha llevado a cabo en Estocolmo, gracias a las iniciativas de control de tráfico, que incluyen, entre otras acciones, la de pagar un peaje por entrar a la ciudad, con la que se ha conseguido reducir el tráfico un 20 %, disminuir las emisiones un 12 % y hacer que 40.000 usuarios más utilicen el transporte público.

En España contamos con el Telepeaje para el pago de los peajes sin tener que parar, únicamente accionando un botón en un mando situado dentro del vehículo (ver figura 3.3.) que hace que la barrera se abra para que podamos pasar.



Figura 3.3.: Mando de telepeaje

Soporte al uso de vehículos eléctricos

En los últimos tiempos cada vez es más común ver en los aparcamientos al aire de las ciudades cargadores para vehículos eléctricos; e incluso en los aparcamientos subterráneos y de centros comerciales es habitual encontrar zonas habilitadas exclusivamente para el aparcamiento y carga de estos vehículos como los que se pueden ver en las imágenes a continuación (figuras 3.4. y 3.5.):



Figura 3.4.: Cargador de vehículos eléctricos en aparcamientos



Figura 3.5.: Espacio habilitado en aparcamiento subterráneo para la carga de vehículos eléctricos

Se incluyen en este grupo las aplicaciones para la industria de los vehículos eléctricos cuyo despegue y desarrollo requiere de la incorporación de soluciones innovadoras de comunicaciones, como, por ejemplo, de sistemas que permitan conocer en remoto el nivel de batería del coche, reservar la recarga del vehículo en un lugar y momento oportunos, o permitir los pagos asociados.

Servicios de vehículos compartidos

En este grupo se incluyen los sistemas dinámicos para compartir coche o los desarrollos que permiten optimizar los sistemas de transporte de personas que residen cerca y tienen un lugar de destino común.

Un ejemplo en esta línea es la plataforma Blablacar cuyo servicio consiste en que los conductores puedan compartir su viaje con alguien y a cambio de ello reciban una compensación por parte del pasajero con el que comparten el vehículo. En la imagen de la figura 3.6. se muestra un anuncio que se puede encontrar en la plataforma Blablacar.



Figura 3.6.: Anuncio de Blablacar para compartir vehículo

3.3. PROYECTOS EN EL ÁMBITO DE LA MOVILIDAD INTELIGENTE EN ESPAÑA

A continuación se describen brevemente algunos de los proyectos que se han llevado a cabo en los últimos años para conseguir la movilidad inteligente en las ciudades españolas y que han contribuido o están luchando por conseguir dicha movilidad inteligente.

Proyecto MARTA: Movilidad y Automoción con Redes de Transporte Avanzadas

El proyecto MARTA (Movilidad y Automoción con Redes de Transporte Avanzadas), es uno de los 16 proyectos de investigación aprobados por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), en la tercera convocatoria del Programa de Consorcios Estratégicos Nacionales de Investigación Técnica (CENIT), enmarcado en la iniciativa INGENIO 2010 y dirigido a fomentar la cooperación público-privada en I+D+i.

El proyecto liderado por Ficosa International, con un presupuesto superior a los 35 millones de euros, tiene una duración de cuatro años y en él participan dieciocho empresas de distintos sectores de actividad, bajo el paraguas operativo de un Consorcio, y diecinueve Centros de Investigación y Universidades, con un ámbito de actuación global que abarca a ocho comunidades autónomas.

El proyecto MARTA tiene como objetivo estratégico sentar las bases científicas y tecnológicas para la movilidad del siglo XXI que permitan al sector ITS (*Intelligent Transport Systems*) español responder a los retos de seguridad, eficiencia y sostenibilidad a los que se enfrenta la sociedad europea en general y la española en particular.

El MARTA persigue ofrecer nuevas respuestas y soluciones orientadas a mejorar la seguridad y la eficiencia en el transporte, mediante la generación de conocimiento útil relacionado con las nuevas tecnologías, infraestructuras y servicios de forma que sea posible realizar una conducción más cómoda y segura, favoreciendo la reducción de la siniestralidad vial.

La movilidad es esencial en el funcionamiento de la sociedad europea pero presenta problemas en términos de congestión, seguridad e impacto ambiental. Actualmente, en Europa el 10% de las principales vías tienen problemas de congestión. En cuanto a siniestralidad, la Carta Europea de la Seguridad Vial marca un objetivo común: reducir el número de muertes por accidente de tráfico a la mitad hasta el año 2010.

El Proyecto MARTA promueve la investigación y el desarrollo de las comunicaciones entre vehículos y de éstos con las infraestructuras de las redes viales para disponer de soluciones tecnológicas factibles, fiables y seguras que faciliten la movilidad de los ciudadanos. Los Sistemas Inteligentes pueden contribuir a disminuir drásticamente la congestión y los accidentes, dando soporte a los conductores con el objetivo de evitar accidentes y realizando llamadas automáticas a Centros de Emergencia. También pueden contribuir a una conducción y ordenación del tráfico más eficiente y sostenible, reduciendo la contaminación. En la figura 3.7. que vemos a continuación se aprecia a modo de esquema la arquitectura de este proyecto.

En términos generales, MARTA prevé cubrir aspectos como protocolos y redes, equipamientos para vehículos (sensores, actuadores y módulos de comunicación), sistemas de interfase hombre máquina, equipamientos para infraestructuras, servicios para el usuario final, servicios para aumentar la eficiencia de la red vial, la integración en vehículo y la certificación.

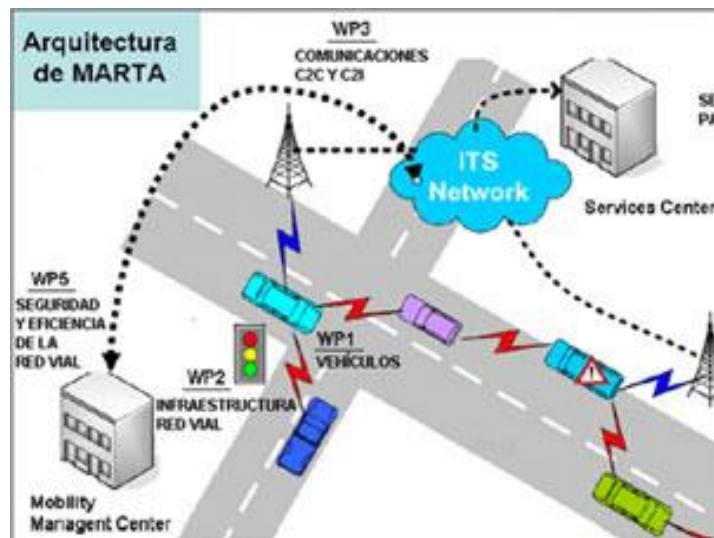


Figura 3.7.: Esquema del proyecto MARTA

Las empresas que participan en el proyecto MARTA son muy diferentes entre sí por tamaño (doce grandes empresas, cinco pymes y una micro) y por sectores de actividad (operadores de comunicaciones, fabricantes de vehículos, proveedores de infraestructuras y servicios, proveedores de componentes). Entre las empresas participantes junto a Ficosa destacan C.T. SEAT, Telefónica I+D, GMV, GMV - SGI, ETRA I+D, A2C, ATIPIC, Southwing, TSS, IDOM, Moviquity, Agnitio, OPNATEL y AT4 Wireless.

Entre los organismos públicos de investigación que participan en el desarrollo del proyecto destacan las Universidades Politécnica y Autónoma de Madrid, la Universidad de Valladolid, el CIDAUT y el CEDETEL de Castilla y León, TECNALIA en el País Vasco y CEMITEC en Navarra, la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad de Barcelona, la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Valencia, la Universidad de Murcia y el CITIC en Andalucía.

Proyecto ZEM2ALL: Movilidad con Cero Emisiones Para Todos

El proyecto Zem2All es una iniciativa pionera que pretende dar a todos los ciudadanos la oportunidad de disponer de una movilidad libre de emisiones contaminantes. Una de las mayores amenazas con la que nos encontramos hoy en día son las emisiones contaminantes. El transporte y, especialmente, los coches y camiones suponen el 43% de estas emisiones.

La electromovilidad, tanto por el nulo nivel de emisiones contaminantes como por su mayor eficiencia, supone una parte fundamental de la movilidad del futuro. Las emisiones de CO₂ de un vehículo eléctrico son 1/4 de las de un vehículo gasolina, 1/2 de las de un vehículo híbrido gasolina, por lo que se logra reducción de CO₂ equivalente a 1 tonelada por coche cada 10.000 km. Con respecto a los costes de utilización de un vehículo eléctrico en ciudad obtenemos que son 1/4 de un vehículo diésel, 1/3 de un vehículo híbrido de gasolina y 1/9 de un vehículo gasolina si se carga con tarifa nocturna.

ZEM2ALL es un movimiento que servirá como una prueba real definitiva del funcionamiento de la movilidad eléctrica libre de emisiones contaminantes.

El proyecto Zem2All se lleva a cabo por un consorcio de empresas pilotado por Mitsubishi por el lado Japonés y por Endesa en lado Español.

Se busca conocer cuál será el impacto y la gestión de los recursos de la movilidad eléctrica en la ciudad del futuro. El uso de los coches, su recarga, que servicios se podrán ofrecer, el impacto en la gestión energética de las ciudades ... La ciudad de Málaga (España), pionera a nivel mundial en la gestión de ciudades inteligentes, lleva más de 5 años trabajando en el proyecto SmartCity Málaga, lo que la convierte en el mejor escenario posible para este movimiento.

Este proyecto se puede resumir en el siguiente esquema (figura 3.8.):

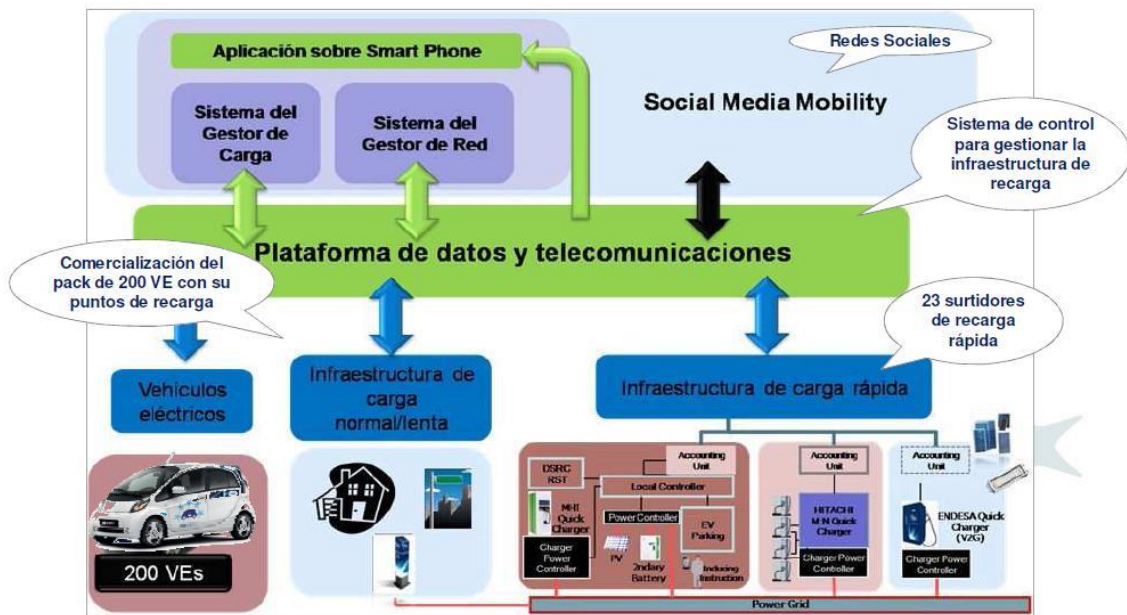


Figura 3.8...: Esquema del proyecto Zem2All

Este programa está circunscrito a 200 participantes que recibirán lo siguiente:

- Un coche eléctrico MITSUBISHI en renting
- Un cargador de cargaconvencional de (de interior o de exterior)
- Un equipo de comunicaciones basado en smartphone
- Una tarjeta inteligente (RFID) para acceder a los sistemas públicos de carga

El coste para cada participante es de aproximadamente 300€ al mes, con un kilometraje anual pactado y sin incluir consumo eléctrico.

En relación a la infraestructura de recarga existen dos posibilidades, la recarga convencional que se destina a clientes domésticos y a empresas, y la recarga rápida que está dirigida a los momentos en que es necesario cargar en poco tiempo. Para dar seguridad en los desplazamientos, ZEM2ALL dispondrá de 23 surtidores de carga rápida instalados en la calle, a lo largo del área de Málaga, los cuales podrán ser utilizados por los clientes del proyecto.

También son de destacar las ventajas ofrecidas por la ciudad de Málaga:

- Plazas de parking en vía pública reservadas exclusivamente para vehículo eléctrico
- Acceso exclusivo al centro histórico de Málaga con el vehículo eléctrico
- Bonificación en las zonas de aparcamiento SARE y en los distintos aparcamientos subterráneos que el Ayuntamiento tiene ubicado a lo largo de Málaga
- Bonificación de un 75% en el impuesto sobre Vehículos de Tracción Mecánica del Ayuntamiento

En resumen, Zem2All facilitará a los ciudadanos de Málaga (España) el acceso a la movilidad eléctrica para que los elegidos se beneficien de privilegios como coches e infraestructuras de recarga que les permitirán ser los primeros en adoptar la movilidad eléctrica y disfrutar de sus ventajas y servicios.

La utilización del coche eléctrico en una ciudad como Málaga permitirá conocer en profundidad el impacto de su uso, obtener información y experiencias que nos indicarán las necesidades para la implantación a gran escala de vehículos eléctricos en nuestra sociedad.

Proyecto Santander Smart City

La ciudad de Santander destaca por haber elaborado un plan estratégico, denominado Santander 2020, con el que busca impulsar la innovación en la ciudad y alcanzar un modelo de ciudad inteligente, innovadora y abierta que ofrezca a los ciudadanos servicios eficientes y de calidad, todo ello mediante el despliegue de nuevas tecnologías.

La estrategia y las acciones previstas están recogidas en un documento denominado Plan Director de Innovación. En él se enuncian la misión y visión del proyecto así como los objetivos estratégicos, identificados en tres ejes: Santander Smart City, Open Santander y la modernización de la Administración.

Santander Smart City busca ser referente en la aplicación de tecnologías en las distintas áreas de gestión de la ciudad, con el objetivo de definir servicios inteligentes que consigan mejoras en la eficiencia, aumento en la satisfacción del ciudadano y colaborar con la sostenibilidad del medio ambiente.

Los ámbitos de actuación sobre los que es necesario trabajar para desarrollar el concepto de smart city en Santander se agrupan en las líneas estratégicas que se pueden ver en la figura 3.9. y que se desarrollan a continuación:

Plataforma SmartCity

Se estima necesario contar con una plataforma cuyos objetivos principales sean proporcionar una solución escalable y soportada para la creación de un ecosistema smart city de servicios inteligentes a la ciudad basados en datos interoperables y gestionar de manera eficiente y sostenible la tecnología Smart City.



Figura 3.9.: Líneas de actuación del proyecto SmartSantander

Movilidad urbana

Conocido es que la movilidad en las ciudades es un problema cada vez más acuciante. Es por ello, que este tipo de iniciativas sea una de las más implementadas bajo el concepto smart city.

El concepto de movilidad urbana habitualmente trata aspectos como la sostenibilidad, la seguridad, eficiencia en infraestructuras y en sistemas de transporte.

Economía local

En esta línea estratégica se contempla la modernización de servicios relacionados con la forma en la que se desarrollan actividades económicas localmente, en concreto sobre los siguientes aspectos:

- *Near Field Communications* (NFC), tecnología que permite a los teléfonos inteligentes realizar transacciones de pago por el móvil, de identificación para control de acceso a organizaciones, y facilidades en la obtención de tickets para transporte público y otras áreas del ámbito local.

- E-Turismo. El turismo en Santander es considerado un sector estratégico. Se propone la adaptación, mediante el uso de nuevas tecnologías, a los nuevos paradigmas de turismo, el Turismo 3.0.
- Dinamización del comercio de Santander ofreciendo a los comercios de Santander la posibilidad de disponer de tecnología que permita potenciar el sector.

Energía y medio ambiente

La gestión de la energía se está convirtiendo en una prioridad de las ciudades. Por un lado está el aumento del precio de la energía y, por otro, el mundo se enfrenta al desafío del cambio climático y a la reducción de las emisiones de CO₂. En este caso, los focos de atención de eficiencia energética son los edificios públicos y el alumbrado público.

En lo relativo al medio ambiente se prestará especial atención en la licitación de la concesión de los servicios públicos municipales de recogida, transporte de residuos urbanos y limpieza. Se deberán incluir los requerimientos de uso de elementos tecnológicos que garanticen una gestión eficiente y sostenible de dichas actividades, y con el objetivo de perseguir una optimización integral de los servicios municipales.

En el proyecto Smart Santander consideran que uno de los elementos esenciales para el éxito de una Smart City es su propuesta de valor.

Esta propuesta tiene que demostrar su utilidad para la ciudadanía y los negocios pero también su viabilidad, desde el punto de vista del modelo de negocio. Y además este modelo tiene que ser sostenible. La propuesta de valor Santander Smart City se basa en cuatro ejes:

El primer eje consiste en la reducción de costes y eficiencia a través de servicios Smart. El principal objetivo es desarrollar servicios avanzados que ahorren energía, reduzcan los costes de mantenimiento y las ineficiencias en los procesos de la ciudad.

Un segundo eje es el crecimiento. Con este crecimiento se persigue mejorar el balance contable del ayuntamiento mediante una mejor gestión de los servicios y la provisión nuevos servicios. Además, permitir la innovación en nuevos negocios a comerciantes, sector turístico.

Otro eje considerado principal es el gobierno y la planificación de la ciudad. Para conseguir este objetivo se busca una mayor disponibilidad de los recursos de la ciudad, de información para la toma de decisiones de gobierno y priorización de inversiones, gracias a una visión global e integrada de la ciudad.

El último eje se refiere a la sostenibilidad y calidad de Vida. Para ello, se trabaja para conseguir una mejora de la sostenibilidad medioambiental mediante el uso eficiente de los recursos, la reducción de emisiones y la mejora de los índices medioambientales, así como una mayor calidad de vida para los ciudadanos mediante el uso de servicios inteligentes de valor.

Santander ha impulsado, junto con otras ciudades, la creación de la Red Española de Ciudades Inteligentes (RECI), una propuesta de futuro motivada por la necesidad de las ciudades de apostar por la innovación y el desarrollo de las nuevas tecnologías para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, y como palanca para la creación de empleo y de actividad económica.

4. NUEVAS TENDENCIAS EN EL CAMPO LOGÍSTICO

Como ya se ha comentado en este documento, el avance de las nuevas tecnologías ha provocado que los sistemas de gestión del tráfico se modernizasen adaptándose a los nuevos modelos de ciudades inteligentes y, por lo tanto, a una movilidad cada vez más inteligente.

Dentro de este contexto vamos a ver a continuación nuevas tendencias que están apareciendo en el campo de la logística y el transporte.

4.1. NUEVAS TENDENCIAS EN EL TRANSPORTE

En los últimos años hemos visto como las nuevas tecnologías han favorecido una mejora importante en los transportes. Las energías limpias, el uso de dispositivos móviles o el gran crecimiento que han experimentado las ciudades han hecho que la logística evolucione.

Las grandes empresas logísticas, según *Cadena de Suministro*, cada vez más apuestan por las *energías limpias* en sus vehículos. Con el uso de estas energías, las empresas consiguen reducir el consumo de combustible y, por consiguiente, el coste final por kilómetro recorrido, lo que hace que la distribución se vea afectada con una mayor flexibilidad del coste del combustible. De esta manera, las empresas contribuyen al cuidado del medio ambiente y reducen sus costes de combustible pudiendo verse incrementados sus beneficios económicos.

Esta adopción de energías limpias por parte de las empresas no es solamente para reducir sus costes y obtener un mayor beneficio empresarial, sino porque cada vez se está extendiendo más el concepto de transporte ecológico.

Con este nuevo tipo de transporte cada vez más ecológico se está consiguiendo una gestión adecuada y una actualización de todo el parque de transporte para conseguir ser lo más respetuoso posible con el medio ambiente, además de una reducción de las emisiones contaminantes de los vehículos, intentando que todos utilicen motores eléctricos en un futuro no lejano, y se está consiguiendo una infraestructura vial lo más respetuosa posible con el entorno.

La Comisión Europea ha planteado nuevas normas para hacer más seguros y sustentables los camiones. Se trata de una serie de medidas encaminadas a que los fabricantes construyan diseños más aerodinámicos que favorezcan la visibilidad y disminuya su consumo de carburante.

Este planteamiento surge partiendo de que por la Unión Europea circulan más de seis millones y medio de vehículos pesados de transporte de mercancías y, aun cuando este tipo de transporte es esencial para el crecimiento económico de Europa porque representa más del 70% del transporte de mercancías, genera una quinta parte de las emisiones totales de CO₂ de la UE, de las que un cuarto procede de los vehículos pesados.

A pesar de que en los últimos años se ha mejorado la eficiencia energética, las emisiones de los vehículos pesados siguen aumentando, principalmente por el incremento del tráfico de mercancías por carretera.

Es probable que en un futuro previsible el transporte por carretera se convierta en el principal modo de transporte de mercancías en Europa, por lo que el sector debe redoblar sus esfuerzos para gestionar la demanda existente de una manera sostenible y eficiente en el uso de los recursos.

Las propuestas de la Comisión tienen por objetivo facilitar la introducción de vehículos más aerodinámicos, en particular, permitiendo a los fabricantes diseñar cabinas de forma redondeada y equipar los vehículos con deflectores aerodinámicos en la parte trasera del remolque. En la figura 4.1. se puede ver como se modificaría la forma actual que tienen los camiones para hacerlos más aerodinámicos y de esta manera conseguir el ahorro energético.



Figura 4.1.: Cambio en la forma de los camiones

Un diseño más aerodinámico mejorará la seguridad de los usuarios vulnerables de las carreteras, según la Comisión Europea, de modo que una cabina más redondeada mejoraría la visión del conductor y, en caso de choque a velocidad reducida, reduciría el riesgo de lesiones graves.

El uso de *dispositivos móviles* se ha extendido cada vez más en el campo de la logística convirtiéndose en un equipamiento imprescindible en las flotas de vehículos. Estos dispositivos permiten a los vehículos estar en todo momento conectados con los centros logísticos y los clientes y poder reducir los tiempos y mejorar la distribución, haciendo que los clientes estén cada vez más satisfechos al recibir sus productos de una manera más rápida y en la forma y cantidad que estos demandan.

Los dispositivos móviles integrados en los vehículos también han permitido que puedan estar en todo momento localizados vía GPS y saber la localización geográfica exacta de los mismos, dar a conocer a los transportistas los artículos que deben ser despachados y dónde despacharlos y mostrar el inventario de artículos disponible en el vehículo, lo que facilita el trabajo y hace que sea más eficiente.

En la actualidad, no sólo se utilizan tecnologías móviles para automatizar la recepción de productos, preparación de pedidos, toma de inventarios y otras operaciones dentro del almacén, sino que también se están utilizando aplicaciones móviles sobre distintos tipos de dispositivos para la toma de pedidos en la calle, para la confirmación de entrega por parte del transportista, la supervisión de tráfico interno de centros de distribución y el acceso a diferentes tipos de información logística desde dispositivos móviles.

Otro factor importante ha sido el *crecimiento de las ciudades*. En las grandes ciudades las empresas logísticas cada vez trabajan más tanto con empresas privadas como públicas, por lo que han incrementado sus carteras de clientes.

En este incremento de la actividad logística de las empresas con empresas públicas, cada vez es más común que una empresa privada sea contratada por un organismo público como puede ser el Ministerio de Sanidad para la distribución de medicamentos y material hospitalario, en vez de crear sus propias empresas públicas para encomendarlas esta labor.

Un concepto que se ha extendido en los últimos años es el de la *economía de compartir*. Esta economía se basa en la conexión entre individuos o empresas a través de las nuevas tecnologías para, entre ellos, hacer un intercambio que satisfaga a ambas partes. El intercambio que antes estaba limitado al entorno geográfico y círculo social más próximo se produce ahora gracias a la tecnología (Internet y múltiples dispositivos), a plataformas facilitadoras (*marketplaces*), que permiten acceder a recursos mediante la conexión en cualquier momento y lugar entre personas.

La aparición de esta práctica responde a un descenso muy brusco de los costes de coordinación y comunicación, provocado por el desarrollo y popularización de la red y de las aplicaciones móviles que hace que la puesta en contacto entre oferta y demanda sea más rápida y eficiente y se expande rápidamente.

En este aspecto, la logística se ha visto implicada al apoyarse en la entrega del producto y en recogerlo, adaptarlo, hacer el mantenimiento y enviarlo a otro consumidor. Al reducirse los espacios y los tiempos, los consumidores se han dado cuenta de que es más barato comprar un nuevo producto que reparar uno averiado debido a que cada vez sufren más la obsolescencia programada.

Por otra parte, como consecuencia de la necesidad de las empresas de ser eficientes y poder vender a precios cada vez más competitivos, se han deslocalizado actividades intensivas en mano de obra a geografías donde es viable producir a un mayor ritmo y a un menor coste, lo que hace que la logística juegue un papel fundamental a la hora de distribuir los productos.

Edgar Blanco nos cuenta en el artículo denominado “*Las ocho tendencias que cambiarán la logística*”, que se puede leer en la página de *Cadena de Suministro*, otras tendencias que están revolucionando el mundo de la logística como el Big Data o la transparencia radical.

Según Blanco, otro factor importante será la *transparencia radical*, mediante el cual los clientes dispondrán de toda la información actualizada acerca de los productos y sus distintas fases en el proceso de elaboración y de distribución hasta que llegue a sus manos.

Además, los clientes podrán conocer toda la información relativa a los distintos impactos sustanciales que tengan los productos desde el inicio de su fabricación hasta su eliminación y de esta manera modificar sus pautas de consumo de unos productos a otros, decantándose por aquellos que sean fabricados en las mejores condiciones, por lo que las empresas tendrán que adaptar sus prácticas a las prioridades cambiantes de los clientes.

En cuanto al *Big Data* o datos masivos, que son sistemas informáticos basados en la acumulación a gran escala de datos y de los procedimientos usados para identificar patrones recurrentes dentro de esos datos, Blanco nos viene a decir que serán los sistemas que reemplazarán en un futuro a los actuales sistemas de gestión de datos en las empresas. Con este sistema de almacenamiento de la información, los datos estarán al alcance de todos siendo precisos y fiables en todo momento.

4.2. NUEVAS TENDENCIAS EN EL ALMACENAMIENTO

Al igual que en la distribución de mercancías se han producido grandes avances técnicos en los últimos años, en el almacenamiento se han aplicado las nuevas tecnologías para reducir tiempos en la preparación de pedidos, para el inventario de productos y la salida de los mismos del almacén.

El competitivo y complejo mercado del almacenamiento logístico ha llevado a los fabricantes de equipos al desarrollo de tecnologías emergentes como la robótica, con la finalidad de ofrecer sistemas de almacenaje, picking o paletizado robotizados, que les permiten mejorar en productividad y costes en la gestión de su centro logístico, según podemos leer en la revista *Logistec*.

El sector del almacenaje en la industria logística nacional ha tenido un importante avance en la última década, progreso que, entre otros factores, se relaciona con el desarrollo de múltiples tecnologías orientadas a la gestión del almacén.

En esta lógica, las llamadas Tecnologías Emergentes (TE) han jugado un rol fundamental, entendiéndose como aquellas innovaciones científicas que pueden crear una nueva industria o transformar una existente.

Entre las TE aplicadas a la gestión de almacenamiento, reconocidas a nivel global, se encuentran: las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), la robótica, la inteligencia artificial, la biotecnología, la ciencia cognitiva y la nanotecnología. Todas ellas pueden trabajar por sí solas o de forma integrada para conseguir objetivos operacionales concretos.

La presencia de este tipo de tecnologías en la industria logística nacional es una realidad instalada, aunque, en ningún caso homogénea. Claramente, las TIC tienen una penetración mucho mayor en el sector del almacenamiento, y de la cadena logística en general, en comparación con la inteligencia artificial y la robótica.

No obstante, la tendencia hacia la implementación de estas tecnologías rezagadas en los centros de distribución nacionales es también una realidad provocada por la necesidad de hacer más eficientes los procesos de almacenamiento, disminuir los niveles de error, maximizar la seguridad de los procesos y los productos y, en definitiva, ser más competitivos. Este último elemento es importantísimo a la hora de decidirse a adoptar este tipo de tecnologías, ya que hoy estamos en presencia de una logística evolutiva, con un mercado cada vez más exigente en torno al almacenamiento de mercancías.

Europa, Japón y EE.UU son los mercados pioneros en el desarrollo e implementación de tecnologías emergentes en la gestión de almacenamiento, siendo un factor relevante la incorporación de la robótica a dichos procesos. Esta incorporación les ha permitido mejorar la operatividad de los almacenes, incrementar la rapidez y la fiabilidad de la manipulación de mercancías.

En el sector de la logística la aplicación de la robótica ha tenido una gran aceptación debido al positivo impacto que tiene en torno a la reducción de costes por mano de obra o la optimización de diferentes procesos logísticos. De esta forma, se puede definir la incorporación de la robótica a la gestión de almacenamiento como un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, cuya misión principal es ejecutar actividades a menudo forzosas, peligrosas o sensibles.

Dentro del concepto del almacén automático, la robótica es una herramienta más, pero no por eso menos importante. Su flexibilidad es de gran utilidad en la manipulación de diferentes tipos de referencias, ya sea paletizando diferentes productos en orden aleatorio o bien capas completas usando sistemas de alimentación por lotes desde un sistema de clasificación.

En vista de esa característica, también permite realizar tareas de despaletización, de forma individual o por capa, aumentando la productividad y evitando que personas realicen la misma tarea con los posibles problemas de ergonomía asociados. Se trata de equipos que permiten altos niveles de productividad y confiabilidad.

En el escenario internacional, la logística de almacenamiento ha experimentado el progreso de la automatización gracias al desarrollo de la tecnología emergente robótica, ya sea en implementaciones parciales o totales. De esta forma, podemos encontrar robots que permiten el acceso a mercancías situadas a alturas superiores a los diez metros, cuya maniobrabilidad es impensada para un operario.

La posibilidad que tienen los robots de acceder a grandes alturas permite disponer de un almacén vertical donde se aproveche la altura de la instalación, reduciendo los costes de almacenamiento de manera notable. Consecuentemente, el empleo de robots gestionados por un software central o un Sistema de Gestión de Almacenes permite la preparación de pedidos de manera automática (ver figura 4.2.).

El potencial de esta herramienta permite a las empresas optimizar la complejidad de realizar pedidos de muchas referencias localizadas en diferentes ubicaciones, eliminando al mismo tiempo los niveles de errores en la preparación de los mismos.



Figura 4.2.: Robot de piking

Desde el punto de vista comercial, la automatización del picking con esta herramienta implica directamente un menor tiempo de preparación de pedidos y carga en camión, con el consiguiente aumento de nivel de servicio, un control más realista de nivel de inventario y disponibilidad inmediata de información de venta. La naturaleza de los sistemas automáticos permite mejores desempeños en rastreabilidad y mejoramiento en los flujos de información dentro de la organización.

Desde el punto de vista de infraestructura, dependiendo de la elección de la tecnología a utilizar y el nivel de automatización deseado, es posible complejizar las operaciones de picking, hacerlas de manera más confiable e integrada, minimizar la mano de obra involucrada, mejorar el control de proceso en cada etapa del procesamiento de pedidos, entre otros aspectos.

Además, el uso de tecnología de transelevadores para recuperación de pallets completos, parciales o pequeños lotes, permite mayores densidades de almacén, minimización de metros cuadrados de pasillo y aumento de altura de las estanterías disponibles como se puede ver en la figura 4.3.



Figura 4.3.: Transelevador en almacén robotizado

4.3. VEHÍCULOS SIN CONDUCTOR: UNA REALIDAD

El coche de Google

Aunque aún nos parezca ciencia ficción es una realidad que Google lleva más de un año haciendo pruebas reales con un coche sin conductor. Para las pruebas Google ha estado usando modelos Prius de Toyota y también Audi TT.

El funcionamiento del coche sin conductor de Google se basa en sensores; el coche tiene varios sensores que le permiten conducir respetando las normas de tráfico.

Entre los sensores del coche sin conductor de Google encontramos:

- Sensor superior situado en el techo del propio coche: es un escáner o cámara de gran resolución y capaz de grabar o escanear a una distancia de hasta 60 metros, pero lo que es más importante, graba en todas las direcciones (360 grados). Además se ayuda de programas (software) de reconocimiento que puede distinguir todo el entorno y todos los objetos que se acerquen o a los que se acerque el coche, así sabe en todo momento cuándo tiene que parar, frenar, acelerar,...
- Radares frontales y trasero: el coche sin conductor dispone de tres radares frontales y uno en la parte trasera que ayudan también a detectar cualquier objeto al que se acerque o que se acerque a él y le ayuda a mantener la distancia correcta con su entorno.
- Sensor en la rueda: este sensor situado en una de las ruedas le da información sobre el movimiento y el estado de los neumáticos, así como el chasis del coche.
- Cámara frontal delantera: que le ofrece información sobre las luces de los vehículos, tanto los que vienen de frente como las luces rojas de freno.

El coche sin conductor de Google no depende de sensores de la carretera, ni de las señales, ni de ningún elemento externo; es capaz de conducir el solo con sus sensores cumpliendo las reglas sin necesidad de carreteras o señales especiales.



Figura 4.4.: Coche de Google rodando por la carretera

Lo que parece caótico y arbitrario en una calle de ciudad para el ojo humano resulta bastante predecible para un ordenador. Para ello, Google ha elaborado modelos de software en base a miles de situaciones diferentes que van desde lo habitual (por ejemplo, un coche que se detiene frente a un semáforo en rojo) a lo menos habitual (por ejemplo, un coche que no respeta un semáforo en rojo).

Desde hace años, varias empresas se han puesto manos a la obra para tratar de hacer realidad el reto de los coches que se conducen solos por las carreteras. No es nada nuevo, pero poco a poco estos fabricantes se acercan más a una conducción inteligente. Las autovías despejadas son algunas de las pruebas superadas por estos coches, pero las calles en ciudades concurridas han sido el reto más complicado.

Para que este futuro sea real se necesita una intercomunicación entre el vehículo y la carretera: tendrán que conseguir que las balizas, señales, líneas viales y demás elementos ubicados en la calzada manden información constante al ordenador para actuar de una manera u otra y con los otros vehículos entre sí. Este es el aspecto más difícil a desarrollar por parte de la gente de Google y que está retrasando el lanzamiento del vehículo.

Para los fabricantes, el coche autónomo será una realidad muy a largo plazo ya que antes tienen que dar una serie de pasos como es conectar el vehículo con su entorno, no solo con internet sino con las infraestructuras y las carreteras por las que va a circular. La clave del éxito será el convencimiento de los gobiernos para realizar la importante inversión que requerirá adaptar las ciudades y carreteras, así como del abaratamiento de costes de estos sistemas y la dotación necesaria del vehículo.

Con todo, y antes de que esta tecnología salga al mercado, se deberá cumplir una serie de requisitos en cuanto a normas de circulación que aún no se han escrito y de seguros al no estar claro sobre quién recaería la responsabilidad en caso de accidente, que seguirán retrasando la salida al mercado de este vehículo.

El camión sin conductor

La empresa alemana *Daimler Trucks North America LLC* ha desarrollado el primer camión con remolque autónomo con licencia para rodar en caminos públicos, vehículos de dieciocho ruedas capaces de registrar toda la información necesaria sobre el estado de la carretera y transmitirla a un piloto automático. El ordenador de a bordo es el encargado de adecuar la velocidad a la vía y de controlar la distancia de seguridad con otros vehículos.

En Daimler Trucks sueñan con un futuro en el que los transportes por carretera dependan única y exclusivamente de las máquinas, que no requieran un chófer, un conductor o un camionero para tomar los mandos.

Además de una conducción segura, los creadores de este sistema afirman que la iniciativa contribuye al ahorro de combustible al ser capaces de controlar la resistencia del aire cuando viajan en grupo.

En lugar de controlar un volante, el conductor utiliza una tablet donde puede trabajar en todo lo relacionado con la mercancía. De momento, este sistema autónomo sólo funciona en autopistas y autovías. En las carreteras secundarias o zonas urbanas, el ser humano volverá a tomar el control sobre la máquina.

Estos camiones han empezado a rodar por las carreteras de Estados Unidos, concretamente por el estado de Nevada que ha permitido y legislado la circulación de los mismos para la realización de las pruebas a través de licencias a la empresa alemana.

El Freightliner Inspiration, como así se llama el camión, contaría con un sistema de radares y sensores de corto y largo alcance. El primero, con un alcance máximo de unos 70 metros, gozaría de un ángulo de apertura de 130 grados y detectaría vehículos en un amplio espacio por delante del camión. El segundo, con un alcance en torno a 250 metros, detectaría vehículos en un área más estrecha, pero bastante más alejado del camión. También contaría con un sistema de cámaras y reconocimiento de imagen y, obviamente, automatismos para todos los controles, incluidos cambio, dirección y pedales.



Figura 4.3.: Camión autónomo recorriendo las carreteras de EEUU

Al igual que pasa con el coche autónomo de Google, todavía es pronto para que podamos ver estos vehículos rodando por las carreteras sin estar en fase de pruebas ya que esa transición entre los conductores y los vehículos autónomos se producirá dentro de mucho tiempo y de manera muy paulatina y controlada debido a que seguirán necesitando ser dirigidos y supervisados por humanos.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene por objetivo el estudio de los sistemas de monitorización, señalización, control e información de la gestión del tráfico actual y futuro y sus aplicaciones actuales y posibles aplicaciones futuras de estos sistemas.

Se trata por tanto de un proyecto de consultoría por lo que al evaluar los costes de desarrollo no hará falta considerar el coste de nuevos equipos o locales, sino que habrá que tener en cuenta el coste de los materiales y equipos de oficina, horas empleadas y costes de personal. Por lo tanto, a diferencia de otros proyectos industriales de tipo mecánico, electrónico o eléctrico, éste no representa un aporte sustancial de material con el que llevar a cabo un presupuesto o análisis de costes para comparar distintos materiales a emplear.

En este apartado se expondrán los puntos fundamentales de la gestión del proyecto, con una breve exposición del personal involucrado en el desarrollo del estudio.

5.2. JERARQUÍA EN UN PROYECTO DE CONSULTORÍA

Las personas que generalmente intervienen en la realización de un proyecto de este tipo pueden ser clasificadas de acuerdo a alguno de estos cometidos:

- Director
- Consultor en Gestión del Tráfico
- Auxiliar Administrativo

El Director será el responsable de la idea del proyecto, realizando la planificación del mismo al igual que su presupuesto económico. Por otra parte, es el encargado de coordinar a las diferentes personas que intervienen en la realización del estudio. Se encargará de dar el Visto Bueno en cada uno de los puntos que haya planificado para su realización.

El consultor en Gestión del Tráfico es el que define las especificaciones concretas que deberán cumplir el proyecto, así como el encargado de la recopilación y selección de la información que recogerá el mismo.

El auxiliar administrativo será el encargado de elaborar el presupuesto siguiendo la planificación elaborada por el director y de la redacción del documento con las instrucciones que le dé el consultor.

5.3. DESARROLLO DEL ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se va a desarrollar el estudio económico propiamente dicho, relacionándolo con las diferentes etapas de la realización del proyecto. Se realizará el cálculo de todas las secciones, desglosando cada una de ellas más adelante.

Se llevará una contabilidad por actividades, en la que se valorarán los costes de cada actividad realizada hasta la obtención del producto final. De esta forma, será posible analizar la influencia de cada uno de los procesos que intervienen con relación al coste total del proyecto.

Para realizar este estudio se analizarán los siguientes aspectos:

- Cálculo de las horas efectivas anuales y de las tasas por hora de los salarios.
- Cálculo de las amortizaciones del equipo.

- Coste por hora y por persona de los materiales calificados como consumibles.
- Coste por hora y por persona de los costes indirectos.
- Horas de personal dedicadas a cada una de las etapas.

Cálculo de las horas efectivas anuales y de las tasas por hora de los salarios

Para el cálculo de las horas efectivas anuales y de las tasas por hora de los salarios habrá que tener en cuenta (como se observa en la tabla 5.1.) los días totales que tiene el año y habrá que restarle los sábados y domingos, las vacaciones, los festivos y demás horas dedicadas por los trabajadores a cursos de formación, permisos por enfermedad, etc. Tras realizar los cálculos obtenemos que el número de horas al año efectivas es de 1.680.

Concepto	Días / horas
Año medio: (365,25)	365,25
Sábados y domingos: (365 * 2/7)	-104,36
Días efectivos de vacaciones:	-20,00
Días festivos reconocidos:	-12,00
Media de días perdidos por enfermedad	-15,00
Cursillos de formación, etc.:	-4,00
Total estimado días efectivos:	210
Total horas/año efectivas (8 horas/día):	1.680

Tabla 5.1.: Días y horas efectivas anuales

Si cambiamos el criterio de cálculo, podemos obtener el número de semanas efectivas anuales que se reflejan en la tabla 5.2. Para este cálculo debemos tener en cuenta el número total de semanas que tiene el año y restarle las semanas que suman el número de días de vacaciones, festivos, enfermedad y cursos de formación. De esta manera obtenemos que el número de semanas anuales efectivas es de 44.

Concepto	Días / horas
Año medio (semanas):	52
Vacaciones y festivos:	- 5
Enfermedad:	-2
Cursos de formación:	- 1
Total semanas:	44

Tabla 5.2.: Semanas efectivas anuales

Una vez calculados los días y las semanas efectivas anuales debemos tener en cuenta los costes del personal implicado en el proyecto que se recoge en la tabla 5.3.

Los datos recogidos en la tabla son en función del cargo y categoría profesional que ejerce cada uno dentro de la empresa. De esta tabla sacaremos el coste del horario y el coste semanal de cada empleado en el proyecto para el cálculo total.

Concepto	Director	Consultor en Gestión del Tráfico	Auxiliar Administrativo
Sueldo	36.000,00 €	24.000,00 €	12.000,00 €
Seguridad social (35%)	12.600,00 €	8.400,00 €	4.200,00 €
Total	48.600,00 €	32.400,00 €	16.200,00 €
Coste hora	29,20 €	19,47 €	9.74 €
Coste semanal	916,98 €	611,32 €	360,00 €

Tabla 5.3.: Coste del equipo de profesionales

Cálculo de las amortizaciones del equipo

Los equipos con los que cuentan los encargados de realizar el proyecto son dos ordenadores de similares características, que tendrán la función de recopilación de información y redacción del informe. Para el equipo informático se considera un período de amortización de 5 años llevando un método de amortización con cuota lineal.

En las tablas 5.4. y 5.5. que vemos a continuación se refleja el coste de cada uno de los equipos informáticos y todo lo necesario para su puesta en funcionamiento.

Concepto	Coste	Cantidad	Coste total
Portátil - Asus F555LA-XX503H i5-4210U, 8GB de RAM y 1TB	567,00 €	1,00	567,00 €
Software desarrollo	Microsoft Windows 8.1	1,00	150,00 €
	Microsoft Excel (v.2013)	1,00	99,00 €
	Microsoft Word (v.2013)	1,00	99,00 €
Total a amortizar			915,00 €

Tabla 5.4.: Coste del equipo informático 1

Concepto	Coste	Cantidad	Coste total
Portátil - Acer Aspire E5-521, AMD Quad Core, 500GB y Grabadora DVD	360,00 €	1,00	360,00 €
Software desarrollo	Microsoft Windows 8.1	1,00	150,00 €
	Microsoft Excel (v.2013)	1,00	99,00 €
	Microsoft Word (v.2013)	1,00	99,00 €
Total a amortizar			708,00 €

Tabla 5.5.: Coste del equipo informático 2

Una vez desglosados los costes de cada uno de los equipos informáticos vamos a calcular la amortización de los mismos, a un año y a cinco años, que se recogerá en las tablas 5.6. y 5.7. respectivamente. Como ya se ha dicho, el método de amortización a utilizar será el de cuota lineal y se ha calculado una amortización semanal, diaria y a la hora.

	Amortización 1 año	Amortización 5 años
<i>Diaria</i>	2,50	0,50 €
<i>Semanal</i>	17,26	3,45 €
<i>Horaria</i>	0,31	0,06 €

Tabla 5.6.: Amortización a 5 años del equipo 1

	Amortización 1 año	Amortización 5 años
<i>Diaria</i>	1,94	0,39 €
<i>Semanal</i>	13,36	2,67 €
<i>Horaria</i>	0,24	0,05 €

Tabla 5.7.: Amortización a 5 años del equipo 2

Coste por hora y por persona de los materiales calificados como consumibles

Para el cálculo de los materiales consumibles como papeles de impresora, CD's, etc. empleados en la realización del proyecto se ha calculado su consumo medio por persona y hora de trabajo. Los resultados obtenidos para cada uno de los equipos se reflejan en la tabla 5.8.

Concepto	Coste
Papeles de impresora	60 €
Suministros para impresora	270 €
CD'S	30 €
Otros	450 €
Coste anual por persona	810 €
Coste hora por persona	0,49 €

Tabla 5.8.: Coste del material consumible

Coste por hora y por persona de los costes indirectos

A la hora del cálculo de los costes indirectos consideraremos costes de esta naturaleza a los consumos de teléfono e internet, electricidad, calefacción y otros consumos como el pago del alquiler del local. Se han recogido los distintos costes indirectos asociados a la elaboración del proyecto en la tabla 5.9.

Concepto	Coste
Teléfono	150,00 €
Alquileres	445,00 €
Electricidad	240,00 €
Otros	350,00 €
Coste anual por persona	1.185,00 €
Coste hora por persona	0,71 €

Tabla 5.9.: Costes indirectos

Como se puede ver, el coste indirecto anual por persona del proyecto será de 1.185 euros, siendo de 0,71 euros el coste indirecto por hora.

Horas de personal dedicadas a cada una de las etapas:

- **Fase 1: Decisión de elaboración del proyecto**

En esta etapa se concretan los objetivos a llevar a cabo para la realización del proyecto. El consultor en Gestión del Tráfico define las líneas de actuación que se deben tomar, las tareas de redacción de documentos y mecanografía requeridos en esta etapa que se detallan en la tabla 5.10.

Concepto		Horas	Coste hora	Coste total
Personal	Director	20	29,20 €	584,00 €
	Consultor de Gestión del Tráfico	10	19,47 €	194,70 €
	Aux. Administrativo	5	9,74 €	48,70 €
Amortización	Equipo Informático 1	10	0,06 €	0,60 €
	Equipo Informático 2	7	0,05 €	0,35 €
Material consumible	Varios	8	0,49 €	3,92 €
Costes indirectos		10	0,71 €	7,10 €
COSTE TOTAL:				839,37 €

Tabla 5.10.: Costes asociados a la fase 1

- **Fase 2: Recopilación de información**

En esta etapa el consultor encargado de elaborar el estudio económico de la gestión del tráfico recopila toda la información.

En base al estudio de tiempos de la tabla 5.10. y a las tasas por hora de personal, amortización, material consumible y resto de costes indirectos, los costes de esta fase se establecen y quedan como se muestran en la tabla 5.11.

Concepto		Horas	Coste hora	Coste total
Personal	Director	5	29,20 €	438,00 €
	Consultor de Gestión del Tráfico	30	19,47 €	584,10 €
	Aux. Administrativo	10	9,74 €	97,40 €
Amortización	Equipo Informático 1	10	0,06 €	0,60 €
	Equipo Informático 2	22	0,05 €	1,10 €
Material consumible	Varios	8	0,49 €	3,92 €
Costes indirectos		5	0,71 €	3,55 €
COSTE TOTAL:				1.128,67 €

Tabla 5.11.: Costes asociados a la fase 2

- **Fase 3: Análisis, búsqueda y selección**

Es la etapa más crítica en la elaboración del proyecto ya que es en la que se toman las decisiones de selección y análisis de los distintos elementos. En la tabla 5.12. se reflejan los costes asociados a esta etapa.

Concepto		Horas	Coste hora	Coste total
Personal	Director	15	29,20 €	438,00 €
	Consultor de Gestión del Tráfico	40	19,47 €	778,80 €
	Aux. Administrativo	50	9,74 €	487,00 €
Amortización	Equipo Informático 1	35	0,06 €	2,10 €
	Equipo Informático 2	35	0,05 €	1,75 €
Material consumible	Varios	20	0,49 €	9,8 €
Costes indirectos		15	0,71 €	10,65 €
COSTE TOTAL:				1.727,30 €

Tabla 5.12.: Costes asociados a la fase 3

- **Fase 4: Escritura, difusión e implantación**

En esta última etapa se procede a la escritura de la memoria en la que se recoge el estudio económico de la gestión del tráfico, una vez redactado y contando con la aprobación final de todos los documentos. La tarea de la difusión e implantación del estudio la llevara el consultor de Gestión del Tráfico. Los costes asociados a esta fase se pueden consultar en la tabla 5.13.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste total
Personal	Director	20	29,20 €	584,00 €
	Consultor en Gestión del Tráfico	50	19,47 €	973,50 €
	Aux. Administrativo	80	9,47 €	779,20 €
Amortización	Equipo Informático 1	40	0,06 €	2,40 €
	Equipo Informático 2	60	0,05 €	3,00 €
Material consumible	Varios	20	0,49 €	9,80 €
Costes indirectos		30	0,71 €	21,30 €
COSTE TOTAL:				2.337,20 €

Tabla 5.13.: Costes asociados a la fase 4

5.4. CÁLCULO DEL COSTE TOTAL

Para terminar el estudio económico y una vez calculados los costes de cada una de las cuatro fases del proyecto, se va a calcular el cálculo total del proyecto como la suma de todas las fases en que se divide el mismo como se detalla en la tabla 5.14.

Actividad	Horas	Euros
Decisión de elaboración del proyecto	35	839,37 €
Recopilación de información	55	1.128,67 €
Análisis, búsqueda y selección	105	1.727,30 €
Escritura, difusión e implantación de la distribución	150	2.337,20 €
Sumatorio		6.032,54 €
IVA (21%)		1.266,84 €
TOTAL		7.299,38 €

Tabla 5.14.: Coste total del proyecto

De la tabla 5.14. obtenemos que el coste del estudio de los sistemas de monitorización, señalización, control e información de la gestión del tráfico actual y futuro asciende a la cantidad de siete mil doscientos noventa y nueve euros con 38 céntimos.

6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

A continuación se van a reflejar las conclusiones obtenidas una vez realizado el estudio sobre los sistemas de monitorización, señalización, control e información de la gestión del tráfico actual y de las nuevas tendencias que se están desarrollando en los últimos tiempos y que están modificando estos sistemas.

6.1. CONCLUSIONES

El tráfico es un elemento fundamental a tener en cuenta por toda empresa en la elaboración de sus planes logísticos, por lo que deben conocer y estar al corriente de los distintos sistemas con que éste se gestiona a la hora de poder trazar sus rutas de transporte.

Al estudiar los distintos sistemas de gestión del tráfico, las empresas deben tener en cuenta que la Dirección General de Tráfico cuenta con **sistemas de monitorización** que permiten cuantificar la circulación existente en las carreteras.

A la vez, se lleva a cabo un seguimiento de aspectos como la intensidad, la velocidad y de las condiciones meteorológicas que incluyen en la circulación. Conocer estas características del tráfico es crucial para diseñar rutas y evitar atascos y grandes aglomeraciones que provoquen un incremento en los tiempos de distribución.

La mejor manera para conocer los distintos aspectos del tráfico es acudir a los **sistemas de información** que pone a disposición la DGT en su página web o en las aplicaciones para dispositivos móviles. Esta información puede ser consultada tanto antes de iniciar el viaje como durante el mismo.

Una vez que los conductores de los vehículos conocen el estado del tráfico e inician sus expediciones para llevar a cabo la distribución de los productos, deben conocer todas las indicaciones de control del tráfico y señales que se pueden encontrar por las carreteras que forman los **sistemas de control y señalización**.

Como ejemplo de los distintos sistemas de monitorización, señalización, control e información del tráfico se ha elegido la **Comunidad de Madrid**. Por las carreteras de Madrid pasan al año miles de vehículos, por lo que es necesario un amplio plan de aforos por las distintas carreteras, tanto principales como secundarias y locales, que permiten conocer las características, comportamiento y evolución del tráfico.

Estos datos ayudarán a realizar estudios de planeamiento, proyectos y explotación de la red de carreteras.

Según el estudio realizado, se toman medidas como la intensidad del tráfico en un punto determinado y la velocidad media del mismo para detectar, contabilizar, clasificar y registrar el paso de los vehículos en un período de tiempo. El principal objetivo de la recopilación de estos datos es mejorar el servicio que ofrecen a los ciudadanos que circulan por las carreteras de la Comunidad de Madrid.

Analizando los datos del estudio se observa que el número de vehículos que transitan por las carreteras de Madrid se ha ido reduciendo en los últimos años, sobre todo en las carreteras locales; además, el tránsito de los vehículos pesados ha sufrido el mayor descenso.

En los últimos años las ciudades han visto cómo se quedaban estancadas y necesitaban crecer y cambiar sus modelos. Estas necesidades han provocado que se haya extendido el término de **“Smart city” o ciudad inteligente** en las que se aplican las nuevas tecnologías a la gestión y con las que consiguen ser más tecnológicas y sostenibles en todos sus aspectos.

Gracias a esta nueva tendencia de hacer las ciudades más inteligentes se han modificado los aspectos políticos, económicos y sociales de las ciudades adaptándolos a las nuevas tendencias y provocando una modernización de las mismas y haciéndolas más competitivas.

Esta modificación ha hecho que la calidad de vida de los ciudadanos que habitan estas ciudades haya mejorado, que se hayan convertido en ciudades más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente y que sean más eficientes en su gestión.

Unido a la tendencia de hacer más inteligentes las ciudades va la **“Smart mobility” o movilidad inteligente**. Al igual que las ciudades necesitan un cambio en su modelo para adaptarse a los nuevos tiempos y nuevas tecnologías, el transporte necesita de este cambio.

Al aumentar el número de desplazamientos por carretera y el número de vehículos que se mueven por las ciudades por el aumento del tamaño de estas y la deslocalización de los puestos de trabajo y el acceso a los servicios han aumentado el consumo de recursos energéticos y la contaminación.

Basándose en el objetivo de las “Smart cities” de mejorar la vida de sus ciudadanos y hacerlas más sostenibles, se ha logrado la sostenibilidad, la seguridad y la eficiencia de las infraestructuras y sistemas de transporte, así como a la accesibilidad local, nacional e internacional. La movilidad inteligente, por tanto, ha sido una respuesta tecnológica al gran desarrollo urbano que se estaba experimentando.

Entre las soluciones tecnológicas adoptadas ahora los ciudadanos cuentan con información del tráfico en tiempo real, unos servicios de transporte mejores, un mejor acceso a los aparcamientos tanto exteriores como subterráneos, un mayor uso de las tecnologías móviles para el seguimiento de los vehículos, fácil acceso al uso de bicicletas para moverse por la ciudad a un buen coste, una mayor facilidad para el pago de peajes de acceso a ciudades y carreteras y grandes incentivos para el uso de los vehículos eléctricos y a los servicios de vehículos compartidos para viajar.

Ligado al nuevo modelo de movilidad inteligente se ha producido el cambio en los sistemas de transporte que ha causado un **cambio en los modelos logísticos** de las empresas.

Las empresas logísticas han visto reducidos sus costes de combustible con el *uso de las energías limpias* y han conseguido mayores márgenes, además de contribuir con el cuidado del medio ambiente.

El transporte cada vez es más ecológico, por lo que se está renovando el parque de vehículos y se están reduciendo las emisiones contaminantes, además de conseguir una infraestructura vial cada vez más respetuosa con el entorno. En el futuro se espera que cada vez más se usen *motores eléctricos* en los vehículos y se produzca una *gran reducción de combustibles*.

Otro cambio en la logística radica en la *forma de los camiones*. La Comisión Europea está promoviendo que los camiones se fabriquen de una manera más aerodinámica para hacerlos más seguros al aumentar la visibilidad y reducir el consumo de combustible. Con este cambio, las emisiones contaminantes que hacen los camiones se reducirían puesto que cada vez más hay más camiones circulando por las carreteras europeas y es necesario que sean más respetuosos con el medio ambiente.

Por otro lado, cada vez se ha extendido más el *uso de dispositivos móviles* en el campo de la logística convirtiéndose en un equipamiento imprescindible en las flotas de vehículos. Con estos dispositivos, los vehículos están conectados con los centros logísticos y los clientes y se reducen los tiempos y se mejora la distribución. Además, los vehículos están localizados por GPS y se pueden realizar pedidos en la calle, confirmar las entregas y consultar cualquier información que necesiten los conductores.

Gracias al uso de los dispositivos móviles los clientes están cada vez más satisfechos al recibir sus productos de una manera más rápida y en la forma y cantidad que estos demandan.

Con la *transparencia radical* y el *Big Data* o datos masivos, la información estará al alcance de todos en cualquier momento siendo precisos y fiables. Tanto los clientes como las empresas podrán conocer en todo momento información de los productos desde que empiezan a elaborarse hasta que son consumidos y de esta manera los clientes podrán condicionar sus pautas de consumo y las empresas su oferta.

Las nuevas tecnologías también han facilitado la puesta en *contacto entre personas y/o* empresas para el *intercambio de servicios de una manera más rápida*. El gran desarrollo que ha supuesto internet ha provocado que aparezca la **economía de compartir** y que el contacto entre la oferta y la demanda sea más rápido y eficiente y así poder satisfacer cada parte sus necesidades.

La facilidad que tienen los agentes económicos para conectarse ha hecho que cada vez se reparen menos productos dañados por el uso y se adquieran productos nuevos, además de que se hayan deslocalizado actividades intensivas en mano de obra a geografías donde es viable producir a un mayor ritmo y a un menor coste.

En cuanto al **almacenamiento logístico**, también se han producido avances con la aplicación de las nuevas tecnologías que han incrementado la productividad y han reducido los costes para las empresas que los han implantado.

Uno de los avances tecnológicos en la gestión de los almacenes ha sido la *incorporación de robots*. Los robots han permitido que los almacenes puedan ser más grandes y el espacio esté mejor aprovechado, convirtiendo el almacenaje en automático, y de esta manera, se han reducido los tiempos en la preparación de pedidos, en el inventario de productos y en la salida de los mismos del almacén.

En definitiva, las *nuevas tecnologías* han provocado que las empresas logísticas sean más competitivas en el sector, tanto en su distribución como en su almacenamiento, y han visto incrementada su productividad y reducidos sus costes haciendo crecer sus beneficios.

6.2. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Una vez realizado el presente estudio sobre los distintos sistemas de gestión del tráfico actuales y futuros, se pueden llevar a cabo nuevos trabajos para seguir investigando los distintos aspectos tratados sobre las nuevas tendencias surgidas con los avances tecnológicos.

El tráfico está cambiando en los últimos tiempos por lo que sería interesante **estudiar la evolución del tráfico en la Comunidad de Madrid** con los últimos avances en la gestión del tráfico surgidos a raíz de las nuevas tecnologías implantadas en las ciudades inteligentes.

El tráfico en la Comunidad de Madrid ha experimentado un descenso en todas sus carreteras y el mayor descenso lo han experimentado los vehículos pesados. Convendría analizar por qué se ha producido ese descenso y estudiar dónde se ha dirigido el tráfico de los vehículos pesados que ya no circulan por las carreteras principales de la comunidad.

Otra línea de trabajo podría ser **analizar los resultados obtenidos con los proyectos de Smart City** viendo si estos se corresponden con los objetivos planificados que se pueden leer en este trabajo. En todos ellos se planifican distintas acciones a llevar a cabo para conseguir una ciudad cada vez más inteligente y que sea sostenible, habitable y eficiente.

Al analizar los resultados se podrán planificar nuevos proyectos que abarquen aspectos que se hayan quedado sin realizar con los ya existentes o que no hayan sido suficientes para conseguir los objetivos marcados.

En el campo del almacenaje y la gestión de almacenes, una línea de trabajo muy interesante sería **estudiar la implantación y el uso de técnicas como la inteligencia artificial** y sus beneficios en la gestión logística para las empresas.

Hoy en día, cada vez es más frecuente el uso de robots dirigidos por humanos, pero las nuevas tecnologías siguen evolucionando y en esta línea de trabajo se podría estudiar si los humanos podrían ser sustituidos por robots que pudiesen pensar por sí solos y realizar las tareas de almacenamiento.

Además, y como se ha hablado en este trabajo, se están haciendo pruebas con los coches y camiones sin conductor. Estos vehículos están dejando de necesitar la actuación humana para su conducción y la realizan mediante sensores colocados a lo largo y ancho del vehículo.

Precisamente, un futuro trabajo podría ser el **estudio y seguimiento de la implantación del coche de Google y del camión sin conductor** y sus posibles usos reales en la logística analizando las ventajas y desventajas de dicha implantación.

También sería interesante realizar un estudio de cómo se pueden interconectar estos vehículos con las señales de las carreteras y los distintos vehículos que se puedan encontrar circulando para su correcto funcionamiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

Libros

Baena del Alcazar, M. y Ferri Dura, J. (1997). *Gestión de transportes, tráfico y circulación*. Madrid: Fundación para la Formación de Altos Profesionales.

Colado, S. (2013). *Smart City: hacia la gestión inteligente*. Barcelona: S.A. Marcambo.

Mora García, L.A. (2011). *Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes*. Colombia: Ecoe Ediciones.

Navarro Buitrago, F. (2011). *La vía inteligente: nuevos servicios para las ciudades digitales*. Madrid: Starbook Editorial.

Páginas web

Cadena de Suministro: “Las ocho tendencias que cambiarán la logística”. En <http://www.cadenadesuministro.es/noticias/las-ocho-tendencias-que-cambiaran-la-logistica/>. Última visita: junio 2015.

Cadena Ser: “El primer camión sin conductor ya circula por las vías de Nevada”. En http://cadenaser.com/ser/2015/05/07/ciencia/1430990941_810903.html. Última visita: junio 2015.

Comisión Europea: “Nuevas normas de la UE para unos camiones más seguros y ecológicos”. En http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-328_es.htm. Última visita: junio 2015.

Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid: “Estudio de la Intensidad Media del Tráfico (IMD) en las carreteras regionales”. En <http://www.madrid.org/>. Última visita: diciembre de 2014.

Dirección General de Tráfico (DGT, 2014). En <http://www.dgt.es/es/>. Última visita: diciembre de 2014.

EcoInteligencia: “Las ciudades ecointeligentes españolas forman una red”. En <http://www.ecointeligencia.com/>. Última visita: mayo 2015.

EcoInteligencia: “Qué servicios ofrece una Smart City a sus ciudadanos”. En <http://www.ecointeligencia.com/>. Última visita: mayo 2015.

EcoInteligencia: “Qué servicios ofrece una Smart City a sus ciudadanos: la movilidad urbana”. En <http://www.ecointeligencia.com/>. Última visita: mayo 2015.

EcoInteligencia: “Santander Smart City”. En <http://www.ecointeligencia.com/>. Última visita: mayo 2015.

El coche de Google. En <http://www.cochesinconductor.com/category/google/>. Última visita: junio 2015.

Logística Profesional: “Los camiones sin conductor, un poco más cerca”. En <http://www.logisticaprofesional.com/es/notices/2015/05/los-camiones-sin-conductores-un-poco-mas-cerca-51288.php#.VX1upvntmkp>. Última visita: junio 2015.

Proyecto MARTA: Movilidad y Automoción con Redes de Transporte Avanzadas. En <http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=34888&tipo=g>. Última visita: mayo 2015.

Proyecto ZEM2ALL: Movilidad con Cero Emisiones Para Todos. En <http://www.ecointeligencia.com/>. Última visita: mayo 2015.

Proyecto Santander Smart City. En <http://www.ecointeligencia.com/>. Última visita: mayo 2015.

Revista de Logística: “Las nuevas tecnologías para Logística”. En <http://www.revistadelogistica.com/nuevas-tecnologias-para-logistica.asp>. Última visita: junio 2015.

Revista Logistec: “Gestión de almacenes: robótica y las nuevas tendencias”. En <http://www.revistalogistec.com/index.php/equipamiento-y-tecnologia/387-sistemas-de-almacenaje/1298-gestion-de-almacenes-robotica-y-las-nuevas-tendencias/>. Última visita: junio 2015.