



# La gestión de la movilidad y el tráfico en el Ayuntamiento de Madrid

**POR DIRECCIÓN GENERAL DE MOVILIDAD  
AYUNTAMIENTO DE MADRID**



Hoy en día la aplicación de las nuevas tecnologías es una constante en todos los ámbitos de la sociedad, y si se consideran aquellos aspectos relacionados con la información e interacción con la ciudad y sus ciudadanos su aplicación es inmediata, y con una importante demanda y necesidad de utilización. Por ello, las TIC en el ámbito de la movilidad han experimentado un importante crecimiento que ha implicado el que las Administraciones Públicas desarrollen importantes inversiones e incorporen los medios necesarios para dar respuesta a esta nueva necesidad de la sociedad. Este artículo se centra en la Gestión de la Movilidad y Tráfico, presentando las actuaciones desarrolladas en el periodo del 2006-2007 en el Ayuntamiento de Madrid, así como las propuestas actuales que podrán ser una realidad en 2009-2010.

Los proyectos que veremos dan respuesta a las necesidades de una ciudad como Madrid, en la que los sistemas ya han alcanzado un carácter global y marcan las infraestructuras necesarias para satisfacer demandas futuras. Considerar las capacidades de las TIC es la clave para responder a las necesidades de la ciudad y garantizar una respuesta adecuada a cada situación, tanto previsible como imprevista, así como optimizar la utilización y gestión de los recursos disponibles.

Durante el periodo 2006-2007 se ha desarrollado la base principal y elementos de desarrollo futuro de todo lo que tiene relación con las TIC y la Gestión de la Movilidad, partiendo de una nueva herramienta de gran potencia de gestión y de desarrollo de proyectos avanzados como ha sido la creación del Centro de Gestión de Movilidad.

Todas las actuaciones proyectadas han sido llevadas a cabo y se encuen-

tran operativas, habiéndose definido un esquema de trabajo en el que se actuó en los siguientes apartados:

- Red de comunicaciones.
- Equipamientos de control en vía pública.
- Sistema de Gestión de Movilidad.
- Información al ciudadano.

### **Red de comunicaciones**

Hasta finales del año 2005 los anteriores sistemas de tráfico, control de sistema de circuito cerrado de televisión, control de la vía M-30 y otros sistemas añadidos existentes en el Ayuntamiento de Madrid, habían sido incorporados según proyectos de inversión y en algún caso eran equipos heredados de otras Administraciones como era el caso de la M-30 en los que los equipamientos y sistemas de comunicaciones utilizados eran independientes y en la mayoría de los casos incompatibles entre ellos, existiendo para un mismo proyecto y zonas de actuación fibras ópticas de

diferentes características o líneas telefónicas de muy baja velocidad que en algunos casos no superaban los 75 baudios. La existencia de multitud de puntos en los que se procedía a la multiplexación de las señales compartiendo medios de transmisión así como el uso masivo de cableados de pares imposibilitaba un crecimiento así como un aprovechamiento de todos los recursos existentes.

El desarrollo de nuevas tecnologías que permitían a un coste moderado el establecimiento de redes de fibra óptica con capacidad gigabit junto con el uso de equipos de comunicaciones que permitían garantizar una alta disponibilidad en lo que se refería a su funcionamiento como equipos de campo y a su capacidad para mantener su funcionamiento frente a situaciones rotura de cables o daños a las instalaciones fue un elemento decisivo para el dimensionamiento y el establecer las definiciones necesarias que permitieran estandarizar »



e implementar las soluciones de los sistemas de información y comunicaciones en este entorno.

Para ello se definieron unos conceptos básicos de obligado cumplimiento en todos los nuevos proyectos que generasen una nueva red básica de comunicaciones que se pudiera utilizar para todos los sistemas y que cumpliera unas premisas exigentes en lo referente a disponibilidad, garantías de funcionamiento y seguridad, una vez se establece la necesidad de una conexión directa y sincrónica

con el sistema de control central que establece los parámetros de control de forma continua.

Para ello se ha establecido un sistema físico de comunicaciones por medio de fibra óptica basado en anillos independientes en los que se cumplen las siguientes condiciones:

- Cada anillo dispone de un máximo de 6 nodos de comunicaciones.
- Cada anillo dispone de una doble conexión independiente y directa con el Centro de Gestión de la Movilidad, manteniendo un máximo de

la mitad de número de nodos +/-2 en cada uno de sus tramos.

- Cada anillo dispone de otras dos conexiones con anillos próximos en estado latente.

- Cada anillo está formado por cables con 16 fibras ópticas de tal forma que las ocho primeras fibras se disponen para las diferentes redes de comunicaciones así como fibras de reserva o control y el resto para la conexión de equipos singulares como son: cámaras de control de tráfico, sistemas de detección de control de vehículos en semáforo en rojo, paneles de mensaje variable, estaciones meteorológicas, puntos de enlace inalámbricos, etc.

Una vez establecido el soporte de transmisión se ha normalizado el elemento principal de comunicaciones que es el nodo de control con las siguientes características:

- Armario de intemperie de doble cuerpo con control remoto de apertura, sistema de climatización, alta disponibilidad de suministro eléctrico con equipos SAI y diferenciales reautoarmables.

- Localización normalizada de todos los equipamientos: sistema de control de comunicaciones, dos equipos repartidores de fibra para un mínimo de 32 conexiones, bastidor de alimentación para convertidores de fibra a TCP-IP, regleteros de comunicación, dos equipos de comunicaciones switch con 12 bocas ópticas y 12 UTP disponiendo equipos de nivel 3 en todos los nodos para las redes de video y servicios añadidos y de nivel 2 para la red de control de tráfico en los nodos intermedios y que pasa a nivel 3 en los nodos de conexión con el Centro de Gestión de Movilidad.

La red actual dispone de un total de 102 nodos de comunicaciones que se encuentran conectados por medio de

195 kilómetros de fibra óptica, lo que permite disponer en la mayor parte de la ciudad de un punto de conexión a una distancia inferior a 500 metros de cualquier nuevo equipamiento.

### **Equipamientos de control en vía pública**

La disponibilidad de una gran cantidad de información de datos y necesidad de transferencia entre los sistemas generó la necesidad de una normalización de los parámetros básicos de control del sistema de Movilidad de la ciudad de Madrid, de tal forma que manteniendo los desarrollos tecnológicos propios de cada empresa en lo que se refiere a los procedimientos y algoritmos de funcionamiento de los semáforos, cámaras lectoras de matrículas, sistemas de visión artificial, establecimiento de planes de señalización variable en los paneles, etc. se dispusiera de un sistema de comunicación y protocolos para que se pudiera interrelacionar los diferentes equipos así como permitir nuevas técnicas de control que no se viesen condicionadas por la antigüedad o capacidades de los equipos ya instalados. En este apartado la premisa básica de trabajo fue establecer un primer nivel de equipamiento formado por los controladores situados en la vía pública en el que primase como concepto primordial la seguridad del equipamiento así como su máxima disponibilidad evitando los fallos de funcionamiento. Por ello se dispone en los equipamientos de sistemas de bloqueo que imposibilitan la creación de situaciones de riesgo para el tráfico por fallo de los sistemas o actuaciones indebidas, el principio es disponer in situ en cada equipamiento de una memoria infranqueable desde el exterior donde se encuentran grabados de forma independiente todos

los parámetros de seguridad y que suponen que aunque se intente su control desde los sistemas de tráfico de forma remota o su manipulación in situ sea imposible crear situaciones de riesgo. Con este código de funcionamiento se marcan, por ejemplo, los movimientos incompatibles en un cruce con semáforos, en los que un paso de peatones en verde debe ser completamente incompatible con el verde de vehículos en ese mismo paso de peatones, con lo que la programación posterior del cruce o la manipulación de los grupos de semáforos de forma indebida provoca de forma automática su paso a destellos como precaución o en su fase final el que se apague la instalación.

Otro aspecto reseñable es la capacidad de los equipos de calle para interactuar entre ellos y con los diferentes sensores conectados de forma directa como son los detectores de vehículos como son los lazos de inducción o las cámaras de visión artificial u otros parámetros como alertas en túneles, demandas de salidas de parques de bomberos, etc. Con ello se dota de un primer nivel de ajuste y funcionalidad, si bien esta capacidad es insuficiente y en muchos supuestos puede ser contraproducente, quedando de manifiesto en los grandes viales de la ciudad y en situación de gran intensidad de tráfico donde el disponer una fase de semáforo en verde durante un largo periodo de »





## Sistemas de Gestión de Movilidad

Toda la infraestructura de comunicaciones junto con los equipos de control de tráfico en la vía pública no son nada más que la base inicial para la Gestión de la Movilidad desarrollada en la ciudad de Madrid y que actualmente ha despuntado como una referencia mundial en este campo y así ha sido reconocida y es espejo de multitud de ciudades que comienzan a disponer de nuevos equipamientos de estas características. A partir de los equipos de control y todos los datos existen diversas técnicas para el tratamiento de toda la información y su aplicación en la calle, si inicialmente se diseñaban una serie de planes de tráfico en función de las horas del día y datos históricos que permitían a los sistemas ajustarse a las necesidades básicas, se paso posteriormente a que se plantearan diversos planes en función de las posibles condiciones del tráfico y de tal forma que a partir de los datos obtenidos de los detectores se seleccionase de forma automática el plan más adecuado y finalmente los sistemas más avanzados basados en reglas de funcionamiento de las intersecciones y viales y conocimiento detallado de las cargas de tráfico permiten ajustar en tiempo real los diferentes repartos de tiempos de los semáforos generando sistemas adaptativos a las necesidades del tráfico y optimizando al máximo las capacidades de los viarios.

A partir de estos funcionamientos generales de control, el Ayuntamiento de Madrid efectuó en el año 2006 unos nuevos trabajos y con el apoyo de empresa tecnológicas de tráfico españolas desarrolló una nueva metodología de actuación que permite actuar ante situaciones singulares de movilidad en la ciudad y que no son

tiempo puede ocasionar el colapso de una zona cuando el pelotón de vehículos que se ha permitido pasar supera la capacidad del vial entre dos intersecciones provocando el bloqueo de las vías. En la actualidad los sistemas de control de tráfico se encuentran normalizados para que un único controlador sea capaz de proceder de forma automática a controlar hasta 32 grupos de semáforos de forma independiente y recibir y procesar en tiempo real la información de 64 diferentes detectores o demandas de actuación, así como transmitir todo su estado de funcionamiento lo que supone el control centralizado de más de 118.832 focos de control (luces en los semáforos) y 5.490 puntos de detección de vehículos.

En este apartado es de destacar el gran auge de los sistemas de visión artificial así como los equipamientos de lectura de matrícula, estos nuevos equipamientos en los que se está efectuado una importante mejora así como desarrollos específicos se presentan como una herramienta básica

en la Gestión de la Movilidad que ha permitido incrementar de forma notable las capacidades y los indicadores de calidad de los servicios prestados. El disponer de información que identifica de forma inequívoca un vehículo es un factor clave para la gestión de la movilidad, de tal forma que permite no solo hacer estudios de origen destino para la determinación de las matrices de control, sino que en tiempo real proporciona datos como son la cantidad exacta de vehículos diferentes que pasan por un vial o se encuentran en una zona, tiempos de recorridos, repeticiones de viajes, etc. También es muy importante el complementar estos sistemas con la visión artificial que permite el estudio de trayectorias de vehículos y sustituir los conceptos clásicos de intensidad (número de vehículos que atraviesan una sección en a periodo de tiempo) y ocupación (tiempo de ocupación de una sección con un vehículo) por el concepto de densidad en los que se obtiene el estado real de toda la vía.

extraordinarias en el día a día, creando un sistema global para toda la ciudad denominado SICTRAM (Sistema Integral de Control de Tráfico de Madrid). En general cuando ocurre una incidencia o evento de afección a un vial los sistemas en funcionamiento automático interpretan falta de vehículos en ese punto y actúan como se encuentran programados beneficiando el acceso a dicho punto dado que lo consideran como liberado de carga tráfico ocasionando un efecto pernicioso, para ellos desde el Centro de Gestión de Movilidad se actúa de forma manual sobre el sistema marcando los parámetros de control adecuados en la zona y minimizando la afección, si bien hay que considerar que esta intervención se debe limitar a un zona puntual y con una afección localizada dado que el tráfico en la ciudad debe ser tratado de forma global y que la acumulación de vehículos puede llegar a generar el colapso completo cuando se produce la afluencia o se permite el paso de más vehículos de los que soportan los viales y lo que es más importante las intersecciones entre ellos.

Para actuar ante grandes eventos de afección a la movilidad se ha desarrollado una nueva técnica de control que se basa en la simulación de estrategias, control forzado de los sistemas y pronóstico de situación a 15 y 30 minutos, de tal forma que conocidas por un lado las capacidades de los viales y por otro lado las necesidades de actuación se establece un plan de actuación adecuado, que si bien contraviene los principios de cualquier sistema de control de tráfico de mover el máximo número de vehículos a la mayor velocidad permitida nos permite alcanzar otros objetivos más importantes como son: el establecimiento de corredores, funcionar con

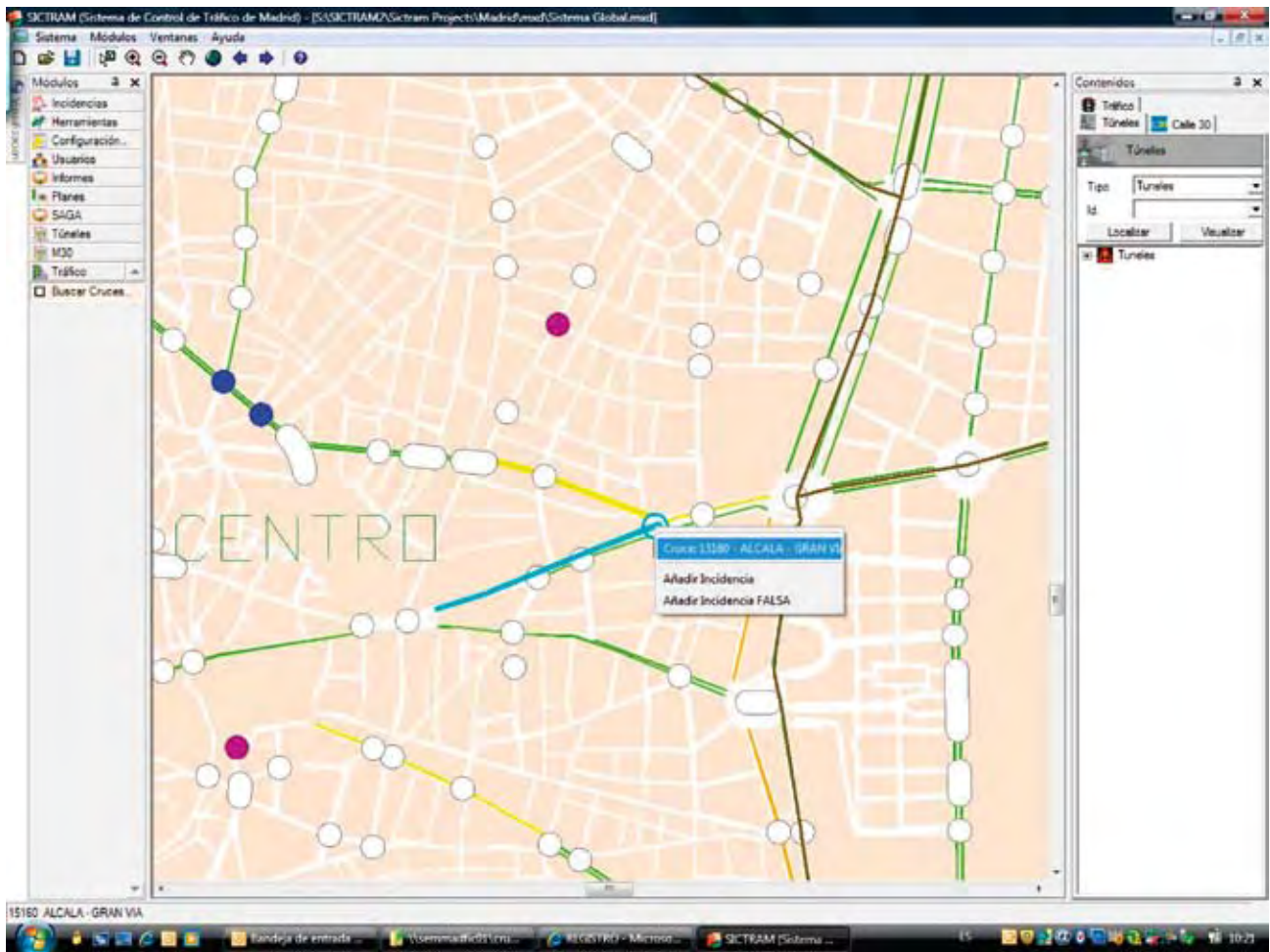
nuevas configuraciones de viales ante el corte de cales principales o zonas de eventos, eliminar tráfico no deseado en diversas zonas, minimizar al máximo las paradas y cambios de velocidad de los vehículos, priorizar a los transportes públicos colectivos, etc.

En la primera fase de los trabajos se ha procedido a la instalación de los equipos en el Centro de Proceso de Datos de la Dirección General de Movilidad, el cual dispone de una infraestructura y sistema de seguridad integral que permite su funcionamiento autónomo ante incidencias. Respecto a los equipamientos se utilizan servidores con redundancia tanto en su parte física como en la lógica que son complementados con equipos tipo EVA de gran capacidad de almacenamiento y prestaciones avanzadas que permiten no solo garantizar la disponibilidad plena y segura de los datos sino que permite la creación de servidores virtuales de elevadas prestaciones.

Todo el sistema de control de tráfico se basa en un esquema de fun-

cionamiento modular en el que se encuentran diferenciados los sistemas generales municipales que controlan los servicios primarios como son el SICTRAM, los servidores de ficheros, comunicaciones, sistemas de almacenamiento y equipos de seguridad del resto de los sistemas propietarios de las diferentes empresas responsables de los sistemas, las cuales deben disponer de los correspondientes racks normalizados en los que distribuyen sus equipamientos según las especificaciones marcadas para cada proyecto, disponiéndose de la diferentes subredes de control con los correspondientes firewalls, lo que permite por un lado potenciar al máximo la competencia tecnológica y desarrollos de cada empresa y por otro lado permitir el cambio no traumático de los diferentes adjudicatarios de los contratos que si bien puede suponer en algún caso pequeñas perturbaciones en los añadidos propios de cada empresa a los servicios generales nunca se produce un corte traumático de servicios dado que todos »





cumplen las especificaciones de normalización y compatibilidad.

**Información al ciudadano**

La información del estado de la Movilidad es una de las herramientas principales de Gestión de la Movilidad y por ello el Ayuntamiento de Madrid la ha potenciado como un servicio público más a la ciudad. La tecnología en este campo es una importante aliada y por ello se han establecido diferentes sistemas que permiten suministrar esta información no solo en tiempo real sino también de forma completa para la realización de estudios y análisis de movilidad en la ciudad, llegando a

disponer de información bruta directa de los sistemas e información ya tratada cada 3 minutos para la totalidad de la ciudad.

Los sistemas actualmente disponibles son:

- Sistema de video de las cámaras de control de tráfico en tiempo real: se dispone de un sistema de video digital que distribuye la señal de la totalidad de las cámaras a los diferentes nodos y clientes conectados, disponiéndose también de un servicio web que proporciona los diferentes streaming de video bajo demanda a sistemas externos. También se ha desarrollado un sistema para la conexión directa con las diferentes operadoras

de televisión de tal forma que se les proporciona la señal en bruto de alta calidad por medio de las conexiones efectuadas desde el Gabinete de Información de Tráfico junto con el suministro a Internet de un conjunto de 10 streaming de video de 250Kb/s en el que se visionan un conjunto de cámaras según rutas preestablecidas.

- Sistema de fotografías de video: si bien el avance de los sistemas de comunicación crece a gran velocidad, todavía no es factible distribuir el video de forma masiva y que los usuarios en sus sistemas sean capaces de su visionado de forma completa y simultánea, por ello se dispone de una página web en la que se propor-

ciona de forma continuada y con una actualización de cada 2 minutos los fotogramas de visionado directo de las cámaras, presentándose en diferentes resoluciones lo que optimiza su uso en dispositivos móviles o en ordenadores.

- Sistema del estado del tráfico y eventos: a partir de los detectores existentes en la ciudad se obtiene de forma automática una malla de tramos correspondientes a los viales donde se conoce de forma precisa la situación del tráfico y su evolución con el tiempo así como es factible a partir de los datos estadísticos el obtener una previsión del estado a corto plazo. Con todos los datos disponibles se generan las cargas de tráfico para cada uno de los viales y por medio de algoritmos de control se presenta un estado simplificado que permite a los ciudadanos visionar la realidad de la movilidad en ese instante según una escala simple de colores. Además de esta información se proporciona información de eventos, previsiones e incidentes que afectan a la movilidad que son introducidos y gestionados de forma directa por los operadores del Centro de Gestión de la Movilidad. Toda esta información es presentada por medio de un Sistema de Información Geográfica y un servicio Mapserver que permite la selección de la información a demanda así como la presentación de está en función de la escala o detalle deseado, llegando a proporcionar detalles como la existencia de avisadores acústicos o pulsadores en un paso de peatones semaforizado, datos imprescindibles para garantizar la accesibilidad total de la ciudad a personas discapacidad.

### **Propuesta de futuro**

Una vez finalizada la primera etapa

de modificación de los sistemas y desarrollo de las nuevas tecnologías, se ha conseguido por un lado una infraestructura para la Gestión de la Movilidad de gran capacidad junto con unos desarrollos tecnológicos para la explotación de los sistemas que permiten efectuar cualquier actuación en los sistemas y adecuarla a las necesidades de la ciudad, pero con un importante déficit en lo referente al uso de estas tecnologías en lo que se refiere a la información por los ciudadanos u otros entes como son empresas de logística, servicios de emergencia, transporte público, etc. La tendencia actual es incrementar de forma considerable el número de equipos de visión en la viales, dotándolos de sistemas de control que no solo permitan el visionado a distancia sino que en tiempo real funcionen de forma similar a los detectores clásicos de tráfico junto con nuevas capacidades básicas como la lectura de matrículas, detección de anomalías en la vía, ajuste a las condiciones del tráfico, etc, habiéndose establecido en la infraestructura actual la posibilidad de instalación de 5.000 nuevos equipos que se corresponden con el 90% de báculos de semáforos existentes.

Un aspecto fundamental es la integración de todos los sistemas relacionados con la movilidad en una única plataforma, junto el desarrollo de tecnologías que permitan una participación interactiva del los ciudadanos de tal forma que se dispongan de herramientas web que permitan crear sus propios entornos de movilidad particulares con las rutas más utilizadas, la secuencia de cámaras relacionadas, dispositivos de alertas de eventos así como la creación de comunidades 2.0 que de forma directa nos permita conocer no solo el

estado del tráfico sino la movilidad de la ciudad entendida en su más amplio ámbito, esto es, desde la situación de una vía como la Calle 30 con intensidades de más de 25.000 vehículos a la hora, como la existencia de una zanja en una acera en la proximidad del ascensor de una estación de Metro que puede dificultar el acceso a un ciudadano en silla de ruedas. Todo ello basado en plataformas de información móviles en los que las conexiones ya permiten la transferencia y gestión de gran cantidad de información al igual que en los sistemas de navegación de los vehículos.

Todo ello nos lleva también a plantear un nuevo Centro de Gestión de la Movilidad Integral para la ciudad de Madrid en el que por un lado no solo se realice la actuación de control de los sistemas activos de Gestión de la Movilidad como son las cámaras, semáforos, paneles de información variable, sino que de forma integral se disponga de la capacidad para la realización de una Gestión Integral de todos los entes involucrados optimizando el uso del transporte público colectivo así como permitiendo actuaciones no solo basadas en el concepto número de vehículos sino que en otras demandas de la sociedad como son los aspectos medioambientales, aumento de la calidad del transporte público, optimización de los recursos o garantías de unos niveles mínimos de movilidad ante cualquier circunstancia. 