

prof. **Jesús Ignacio MARTÍNEZ PARICIO**<sup>1</sup>

## LOS TÚNELES DE LA CALLE M-30 DE MADRID. CARACTERÍSTICAS<sup>2</sup>

### Street tunnel Madrid M-30: characteristics

#### Sumario

La *Calle M-30* es una calle peculiar en la ciudad de Madrid. La M-30 se trata de una vía de circunvalación de la ciudad. Una parte de su trazado, la *Calle M-30*, se encuentra soterrada, en el subsuelo. La *Calle M-30* es un túnel. Desde el primer momento su construcción fue polémica. Exigió encontrar soluciones de construcción nada fáciles. En la actualidad se ha convertido en una vía de alta densidad de tráfico. Por su trazado, diferente en cada uno de sus tramos, y la densidad de tráfico exigieron el diseño de un sistema de seguridad muy riguroso. Se da cuenta de las características de esta calle.

#### Summary

The Street M-30 is a "unique" street in the city of Madrid. The M-30 is a ring road of the city. A part of its layout, the Street M-30 is buried in the basement. The Street M-30 is a tunnel. The construction was controversial. Construction demanded solutions are not easy. At present is in a pathway of high traffic density. By its design, different in each of its sections, traffic density and the design demanded a very rigorous security system. In this article realizes the characteristics of this street.

**Palabras clave:** túnel, características técnicas, sistemas de seguridad;

**Keywords:** tunnel, technical characteristics, security systems;

#### Introducción

Un río siempre termina por dividir la ciudad que la cruza. Ocurre lo mismo cuando se trata del trazado del ferrocarril. Los ferrocarriles siempre se diseñaron, en sus comienzos, de manera que llegaran hasta el centro de la ciudad. El nuevo estilo de vida, el propio de las sociedades que han llegado tarde al desarrollo y a la modernización social, exige contar con una alta densidad de transporte público de superficie al que se acompaña un parque móvil creciente.

Ante la imposibilidad de alterar la trama urbana histórica para mantener la movilidad propia de la sociedad moderna se necesita contar con vías de comunicación que eviten cruzar la ciudad y, al tiempo, soporten altas densidades de tráfico donde puedan desarrollarse velocidades de cruceo significativas. La solución se ha encontrado en los anillos de circunvalación que se van trazando conforme surgen nuevas necesidades en la gestión del tráfico, y la ciudad crece.

Cada una a su manera tanto los ríos, como las vías de comunicación son otras tantas barreras que rompen la continuidad de la trama urbana. Los puentes tratan de resolver el problema de la comunicación entre las partes separadas de la ciudad. En estos casos no resulta fácil diseñar un plan de comunicaciones que permitan recuperar la fluidez del tránsito entre los espacios segregados. En algunos casos el diseño de ese plan se aproxima a un objetivo imposible. En términos matemáticos quedó demostrada esta dificultad por Leonhard Euler en el *problema de los puentes de Königsberg*. Una circulación fluida, sin interferencias, ni cruces en los trayectos de las personas y de los vehículos en una ciudad con un número determinado de puentes resulta imposible.

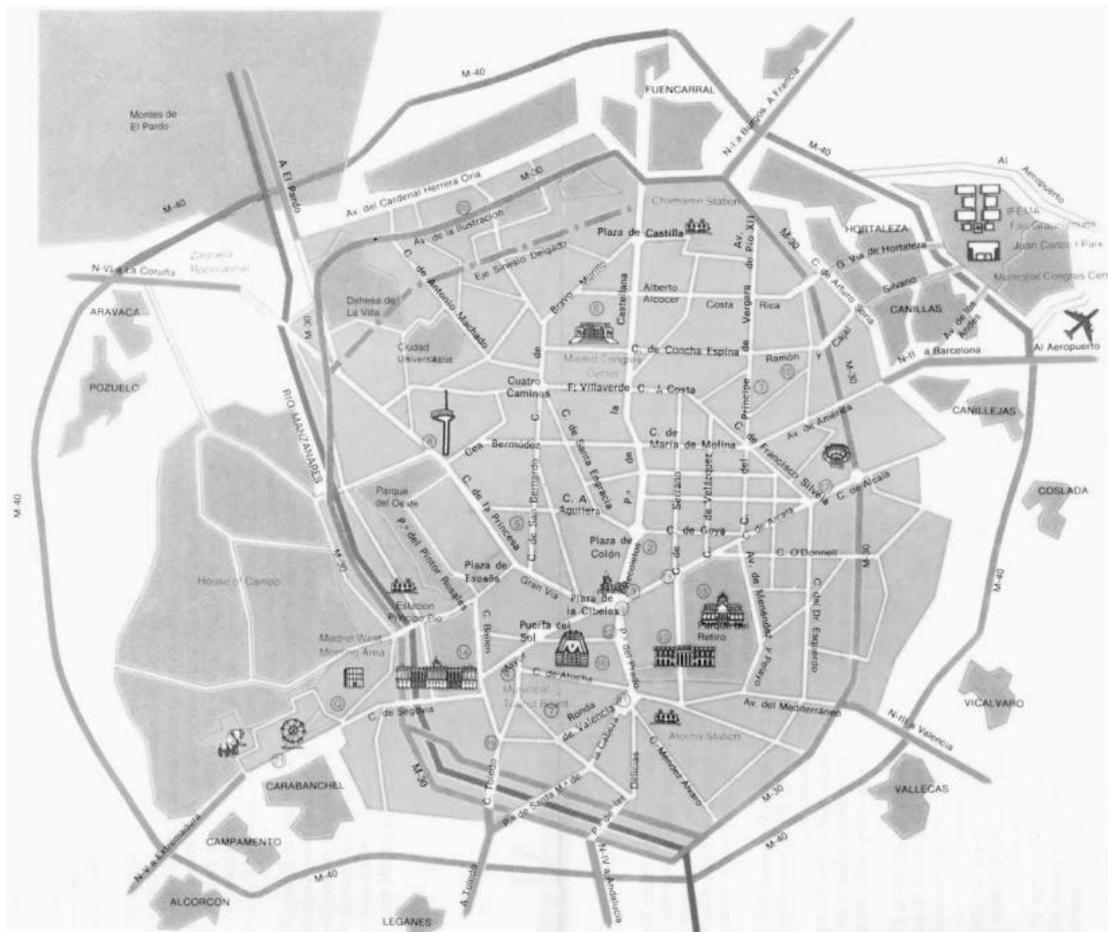
#### 1. La solución

La solución que se ha encontrado para vertebrar de nuevo el espacio urbano, siempre costosa, ha sido la de soterrar las vías de ferrocarril, o las vías de comunicación de alta densidad de tráfico. Los espacios ganados, liberados de la circulación de coches y trenes se convierten en zonas ajardinadas y vías peatonales.

En Madrid, el río Manzanares, de acuerdo con datos históricos siempre se ha caracterizado por soportar un caudal de agua reducido y a pesar de esta

<sup>1</sup> Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Políticas y Sociología, Campus de Somosaguas, 28223 Madrid, España; jeimarti@cps.ucm.es;

<sup>2</sup> Agradezco al Cuerpo de Bomberos del Ayuntamiento de Madrid y a un antiguo alumno de la Facultad, bombero de profesión, las facilidades que me han dado para redactar estas páginas.



**Gráf. 1.** El mapa de Madrid con los tres anillos

**Fig. 1.** The map of Madrid with three rings

carencia fue el límite que dividió el núcleo central de la ciudad y el suroeste de la ciudad de Madrid. Desde siempre allí se localizaron las actividades industriales pesadas y contaminantes. La justificación medioambiental se justifica por el régimen de vientos y la dirección de las aguas del río. Se trataba de evitar la contaminación de los espacios residenciales. Más tarde fue uno de los espacios donde se crearon barrios para los inmigrantes que llegaron a la ciudad a partir de los años cincuenta.

El crecimiento de la vida urbana de Madrid exigió diseñar una nueva vía de circunvalación conocida como la M-30. La M-30 era el tercer cinturón de circulación de la ciudad. Los cinturones uno y dos se encuentran en el interior de la ciudad<sup>3</sup>. El primer se

corresponde con el límite histórico de lo que fue la ciudad antigua de Madrid. El segundo cinturón supuso el desplazamiento del límite de la ciudad tras realizarse el ensanche a finales del siglo XIX. Se planteó siguiendo el modelo urbanístico de París. Barcelona y Madrid sirvieron de modelos a otras ciudades españolas en el comienzo de la industrialización.

Después de la M-30 se han trazado otros tres más: M-40, M-45 y M-50. El objetivo siempre fue y ha sido el de evitar en lo posible que los vehículos privados y el transporte pesado tuvieran que entrar y cruzar la ciudad de Madrid. Hay que considerar que el trazado de las vías de comunicación en España se diseñó siguiendo el modelo radial donde Madrid es el centro, el punto kilométrico cero que se sitúa en la Puerta del Sol.

El primer esbozo de un tercer anillo de circunvalación se remonta a final de los años veinte del siglo pasado. Hasta 1970 no comenzó la obra que terminó siendo la M-30 y se concluyó en 1974. La titularidad administrativa de esta vía, tanto su construcción, como su mantenimiento era del Estado y se gestionada por el Ministerio de Obras Públicas.

<sup>3</sup> El primer cinturón, M-10 en la terminología moderna, corresponde a la *cerca de Felipe IV*. Se construyó en 1625 y se derribó en 1868. Su finalidad no era defensiva. Se trataba de forzar el paso por puertas y *portillos* tanto a las personas como a los productos que se consumían en la ciudad. La finalidad de la cerca no era otra que hacer pagar el tributo correspondiente para entrar en la ciudad. El segundo cinturón, M-20, corresponde a los límites del *ensanche de Madrid* siguiendo el modelo de París. Su trazado corresponde a finales del siglo XIX y principios del XX. En el mapa que se adjunta no se percibe con claridad

el primer anillo pues se corresponde con el trazado urbano histórico.

El trazado de la M-30 se realizó en tres tramos. El del Este discurre sobre el lecho de un pequeño arroyo (arroyo del Abroñigal) que quedó soterrado. El trazado del tramo Oeste se realizó siguiendo el recorrido paralelo al río Manzanares. La M-30 se cerró por el Norte, tras una fuerte polémica vecinal, en la que intervinieron además los partidos políticos y los grupos ecologistas. Este tercer trazado cruzaba unas urbanizaciones ya consolidadas. Los dos primeros tramos de la M-30 se diseñaron como autopistas y el tercero como una calle más de la ciudad. Esta circunstancia planteaba y sigue planteando problemas importantes a los usuarios de esta vía en cuanto a los diferentes límites de velocidad y por la existencia, en este tercer tramo, de pasos de peatones controlados por semáforos. Este tercer tramo concentra un buen número de accidentes con los peatones como protagonistas.

La M-30 tiene una longitud de algo más de 30 kilómetros y soporta una densidad de tráfico entre 700.000 y 900.000 vehículos diarios. Su trazado discurre a unos 6 kilómetros, como valor medio, del centro de la ciudad, la Puerta del Sol. La M-30 conecta las autovías de entrada y salida a la ciudad siguiendo el trazado radial que se planteó en España. Los cambios de sentido no son muchos y en algunos casos exige tener que salir de la M-30 para volver a entrar en ella. No resulta fácil la conducción en esta vía de circunvalación ni siquiera para los ciudadanos de Madrid.

El tramo Oeste de la M-30 discurría de forma paralela al río Manzanares. De esta manera se reforzaban los impactos negativos provocados por los factores de segregación, degradación y contaminación en una parte importante de la ciudad de Madrid.

En febrero de 2004 se firmó un convenio por el que el Ministerio de Obras Públicas, el Estado por tanto, cedía la titularidad de la M-30 al Ayuntamiento de Madrid. A partir de ese momento comenzaron los trabajos para soterrar el tramo Oeste de la M-30. El objetivo era reducir y eliminar en lo posible la degradación de esta zona de la ciudad.

Ante las fuertes inversiones que se estimaron para la realización del proyecto se constituyó una empresa mixta para la promoción, construcción y gestión del mantenimiento futuro de la *Calle M-30*. Lo de *calle* no deja de ser un uso peculiar de la expresión. No es una calle en el sentido estricto de término: es un túnel donde los peatones no pueden circular ya que está prohibido y tampoco hay espacio para andar en condiciones normales.

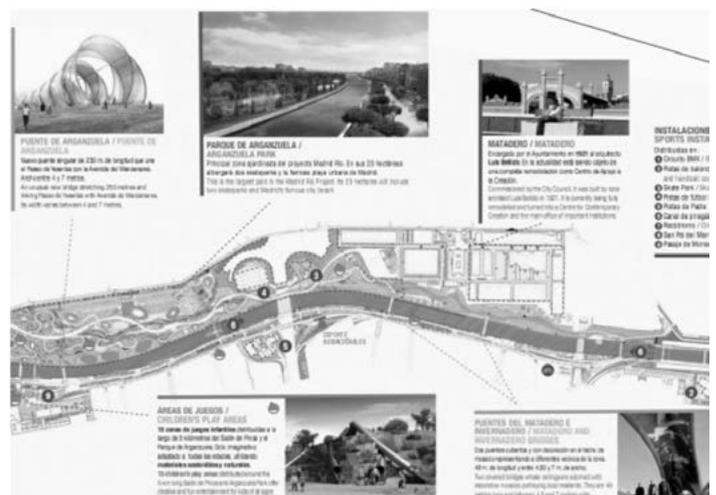
## 2. El inicio de la obra

De nuevo surgió la polémica y el proyecto se debatió con intensidad entre todos los grupos políticos y en todos los medios de comunicación. Como en otras ocasiones las cuestiones técnicas quedaron relegadas a un segundo plano politizándose la pro-

puesta. De esta manera la futura calle entró en la agenda electoral de los partidos políticos. Ante las denuncias tuvieron que intervenir los tribunales de justicia nacionales y los denunciados del proyecto llevaron sus reclamaciones hasta el Tribunal de Justicia de la UE. Se plantearon denuncias a prácticamente todas las fases del proyecto tanto por los partidos de la oposición, como por las asociaciones de vecinos y los grupos ecologistas.

Los puntos de crítica fueron muchos. El punto central de la oposición al proyecto fue que se carecía de un informe previo y fundamental: el impacto ambiental de la obra. Ese informe no existía, ni se llegó a redactar. Los tribunales lo consideraron imprescindible de acuerdo con lo que exigía tanto la legislación nacional, como la comunitaria. Todas las sentencias de todas las instancias a las que se recurrió llegaron a la misma conclusión: el proyecto de la obra no se podía llevar a cabo hasta que no se contara con dicho informe. Se llegó a señalar (marzo de 2011) que “la resolución que aprobó el proyecto era nula de pleno Derecho”. Por parte del Ayuntamiento hubo prisas para que la inauguración de la nueva calle coincidiera con las elecciones municipales de 2007. Cuando se hizo pública la sentencia del Tribunal de Justicia de la UE las obras de soterramiento de la *Calle M-30* habían sido inauguradas.

La nueva *Calle M-30* de la ciudad de Madrid fue planteada en dos acciones igual de ambiciosas las dos. Por un lado se trataba de ocultar, soterrar, una vía de intensa circulación que se encontraba a pocos metros de las viviendas. Sus habitantes, además de quedar segregados del resto de la ciudad, se veían afectados por la fuerte contaminación acústica y atmosférica. La segunda actuación del proyecto de soterramiento de la Calle M-30 se planteó como *Parque Madrid Río*. En este caso se planteaba convertir las vías de superficie ganadas a la circulación para transformarlas en zonas peatonales, para uso lúdico y deportivo, y todas ellas ajardinadas.



Gráf. 2. Planos de la recuperación de la zona  
Fig. 2. Recovery plans of the zone

El análisis de una obra tan importante se puede plantear desde enfoques diferentes. Por un lado la confrontación entre la autoridad municipal que la propuso y la respuesta, lógica en unos casos e interesada en otros, de los grupos políticos de muy diferente origen y razón de ser. Disputas que en ningún caso trataban de los efectos probables, deseables o no de la obra, como de utilizar la obra como punto de partida para el desgaste político del gobierno de la ciudad. Por supuesto, el equipo de gobierno utilizaba la obra en el sentido contrario. Reafirmaban su condición de equipo eficiente frente a la oposición. Otra consideración en el análisis de la nueva calle podría ser la consideración de los procesos judiciales que se siguieron hasta llegar a la situación paradójica de concluir con la sentencia firme de que la obra debía ser paralizada cuando toda la obra ya había sido inaugurada.

No estaría de más analizar el impacto de la obra sobre la revalorización de las viviendas y las actividades mercantiles de la zona tras la inauguración del *Parque Madrid Río*. En la candidatura de Madrid para ser la sede de los Juegos Olímpicos siempre se ha presentado este lugar como un aval más de la calidad de la candidatura.

La remodelación del espacio por el que discurre el trazado la *Calle M-30* y el parque que se ha creado en su superficie se está convirtiendo en una atracción importante de los ciudadanos residentes en otras zonas de Madrid. Se están creando nuevas formas del uso de este suelo desconocido para la mayoría y degradado hasta no hace tanto tiempo. Están surgiendo actividades deportivas, de paseo o de encuentro para grupos de inmigrantes.

También habrá que considerar cómo están cambiando los comportamientos de los ciudadanos de la zona. En algún momento se han llegado a considerar liberados por fin de las barreras físicas que se interponían entre ellos y la circulación.

No todo son alabanzas a la obra. Se mantienen algunas quejas sobre los problemas que plantea la salida de humos y aire contaminado por los vehículos que circulan por el soterramiento.

### 3. El coste económico

Por supuesto, proyecto tan ambicioso exige realizar otros análisis con enfoques diferentes. Por un lado todo lo que se refiere a los costes económicos

directos que ha supuesto la obra, así como la carga financiera que supone a los futuros presupuestos municipales para hacer frente a los compromisos adquiridos y a los que, razonablemente, tendrán que seguir haciendo frente las generaciones futuras. En este apartado económico deberá tener un capítulo especial el análisis de las desviaciones presupuestarias tanto para concluir el proyecto, como para su mantenimiento y amortización de la deuda contraída. Por lo pronto, el Ayuntamiento ha tenido que reconocer una desviación del 19% en el presupuesto inicial de la obra. Una exigencia básica para poder realizar este análisis es la de contar con la disponibilidad total y la total transparencia de las cantidades que supone el proyecto y el mantenimiento posterior de la obra ya realizada. Algunas cifras existen, pero se admite por todos que no son las cifras totales. Hasta este momento no resulta fácil disponer de esta información.

La *Calle M-30* ha sido el resultado de cuatro grandes actuaciones en cada uno de los cuatro sectores en los que se dividieron el tramo Suroeste de la vía de circunvalación M-30. Cada una de estas cuatro actuaciones dio paso a 19 subproyectos. Las cifras oficiales de costes, cifras presupuestadas y conocidas para llevar a cabo la totalidad de lo programado fueron importantes. Las cifras que se presentan a continuación, cantidades conocidas hay que insistir en ello, corresponden a miles de euros.

No es menos importante el estudio de los modos que se siguieron para la gestión del proyecto, la construcción y su mantenimiento posterior. La concesión al consorcio de empresas que se formó para construir y mantener la obra ha sido de 35 años.

En el caso de la *Calle M-30* se decidió actuar bajo principios administrativos de carácter mixto creando una nueva empresa y con objetivo específico de capital público-privado. En términos teóricos el modelo de empresa que se creó era además de adecuado, así quedó justificado en la redacción del proyecto, el único que permitía hacer frente a tamaño empresa. Permitía a la administración municipal, por gestión indirecta, hacer frente a la construcción, mantenimiento y uso de una infraestructura cuyos costes se situaban muy por encima de las posibilidades presupuestarias del municipio de Madrid. El Ayuntamiento reconocía así que por sí mismo no podía hacer frente a la obra, ni tampoco se podía so-

Tabla 1.

#### El coste de la construcción

Table 1.

#### The cost of construction

Proyectos	Asistencia Técnica			TOTAL
	Redacción de proyectos	Inspección y vigilancia	Control de calidad	
3.833.646,02	15.990,49	76.672,92	38.336,46	3.964.645,89

\* Fuente: *Elaboración propia a partir de la información suministrada en los Plenos del Ayuntamiento de Madrid/*  
Source: *Compilation based on information supplied by the Madrid Assembly.*

licitar la participación del Estado, en este caso del Ministerio de Fomento, antiguo Ministerio de Obras Públicas.

Como paso previo al planteamiento de esta iniciativa se había producido, años antes, la cesión del viario de la M-30 por parte del Estado al Ayuntamiento de Madrid. Mediante la constitución de la empresa mixta el Ayuntamiento compraba los servicios de una infraestructura viaria que iba a realizar una empresa privada. El tamaño de la obra era tan importante que en realidad se tuvo que crear un consorcio con las dos empresas más poderosas del sector de la construcción en España. Este consorcio se comprometía a construir un bien considerado necesario, con unas calidades determinadas y en un plazo establecido. La empresa aportaba su experiencia y conocimientos sobre la manera de llevar a cabo la obra y corría con los riesgos inherentes de toda actividad productiva. El Ayuntamiento abonaría el coste de la obra. De esta manera se actuaba, en principio, de acuerdo con las normas propias que rigen las leyes del mercado.

Los críticos al proyecto siguen insistiendo que la opacidad ha sido una de las características que se ha mantenido desde el primer momento en el que se propuso el proyecto de la *Calle M-30*. Las diferentes fases de la construcción no fueron capaces de aumentar la transparencia. La situación se ha mantenido hasta el último momento de su inauguración. Esa opacidad, se dice, sigue manteniéndose en la actualidad una vez que se da por concluida la obra.

Para hacer frente a los costes se planteó una estructura financiera típica en este tipo de actuaciones caracterizada por dos porcentajes: 80% - 20%. La financiación se realizó con un 80% de endeudamiento y un 20% con recursos propios. Los recursos propios se obtuvieron en un 80% por aportación de los socios y un 20% con un préstamo subordinado. El accionariado del consorcio se constituyó con el 80% del accionariado representando al Ayuntamiento de Madrid y el 20% con presencia de accionistas privados.

Este tipo de distribución ha caracterizado la estructura financiera de las principales y más costosas infraestructuras que se han llevado a cabo en España. El sistema es arriesgado pues si las expectativas de beneficios, en el caso de las autopistas de peaje por ejemplo, no se alcanzan y las pérdidas se mantienen a lo largo del tiempo que dura la concesión, las pérdidas se socializan y se terminan pagando con cargo al endeudamiento público sea de los ayuntamientos, de las comunidades autónomas, o del propio Estado.

Se podría seguir con otros enfoques de la obra. En este caso habría que considerar los aspectos técnicos de los distintos procesos de construcción, perforación, anclajes, encofrados, o la instalación de redes de diferentes servicios. Se tienen en cuenta, en esta ocasión y en este lugar por razones obvias los

aspectos técnicos que condicionan el plan de intervención ante un posible siniestro.

#### 4. Los rasgos principales

Por supuesto, la razón de ser y el interés de estas páginas se centran en todo lo que tiene que ver con los elementos de seguridad que la garantizan y en los planes de actuación en los casos de que se produzca un siniestro.

El diseño del plan pasivo de seguridad parte de una evidencia. La *Calle M-30* en realidad es una red de túneles cuya longitud total es de 42 kilómetros. Cifra que corresponde a los 12 kilómetros de ida y otros tantos de retorno, a los que hay que sumar los 18 kilómetros de ramales y nudos que facilitan la interconexión de las trayectorias de circulación, así como las salidas y entradas del túnel. La longitud total de carreteras es de 383 kilómetros/carril.

La *Calle M-30* queda dividida en tres tramos diferenciados por las condiciones topográficas y las exigencias de su trazado y construcción. La primera corresponde a la Zona del Río (Manzanares); la segunda al Paseo de Extremadura (conecta con la autovía de Extremadura), y la tercera y más compleja, el By-Pass Sur (conecta con las autovías de Toledo, Andalucía, y Valencia, y con la prolongación de la M-30).

En la construcción de los túneles de la *Calle M-30* se emplearon dos procedimientos. El de mayor trazado fue a cielo abierto, con falso techo y paneles laterales. El más complejo, si es que el anterior no lo fue, se realizó con excavación mediante dos tuneladoras del tipo TBM (Tunnel Boring Machine) construidas ex profeso para esta labor. Una se fabricó en Japón (Mitsubishi), y la segunda en Alemania (Harrenknecht). El montaje final se realizó en España. Como datos más significativos de cada una de ellas se pueden citar que superaban las 4.000 toneladas; con más de 12.000 Kw. de potencia; con un diámetro de 15,2 metros, y un coste próximo a 45 millones de euros.



Gráf. 3. Vista del interior  
Fig. 3. Interior view

Se señalan algunos datos que caracterizan la construcción de cada uno de los tramos de la peculiar *Calle M-30*.

- Zona Río. Discurre paralela al río Manzanares. Los dos tubos del túnel bordean, por debajo, el cauce del río. Tiene una longitud de 24,9 kilómetros. 360 metros se construyeron con tuneladora y 24,6 kilómetros con falso techo. Este tramo tiene, según las zonas, entre 4 y 6 carriles. La profundidad del trazado es de 8 a 9 metros.
- Zona del Paseo de Extremadura. Se trata de un tubo de falso techo de 1,3 kilómetros. Cuatro carriles por sentido. La peculiaridad de este tramo es que sobre los túneles se ha construido un aparcamiento de uso público.
- Zona By-Pass Sur. Se considera como la actuación más compleja. Trazado de tres tubos, en algunas zonas se superponen dos de ellos. Su longitud es de algo más de cuatro kilómetros construidos con tuneladora, y poco más de seis kilómetros de construcción de falso techo. Con tres o cuatro carriles por sentido. La profundidad de algunos tramos llega a los 70 metros.

## 5. Los sistemas de seguridad y de protección contra los incendios

La *Calle M-30* no deja de ser una calle peculiar de la ciudad de Madrid: está soterrada. Se trata de un túnel con alta densidad de tráfico y de manera significativa en las *horas punta*, las de entrada y salida al trabajo. La velocidad está limitada en la mayor parte de su longitud a 70 Km. / hora, y a 50 Km. / hora en determinados giros, incorporaciones y salidas del túnel. El plan de seguridad trata de reducir el riesgo probable de accidente entre y de vehículos. Hay que añadir a los riesgos inherentes a la circulación en la *Calle M-30*, el mal funcionamiento por causas diversas de alguno de los elementos que forman sus mecanismos de producción y distribución de las diferentes fuentes de energía. También se contemplan los riesgos indirectos por accidentes o averías fuera del túnel (inundaciones, interrupciones en las salidas) que terminan incidiendo en su funcionamiento normal. No se debe olvidar el riesgo de posibles atentados terroristas contra el túnel, sus servicios y servidumbres, o contra el tránsito, así como contra algunos de los servicios de distribución sensibles que tienen que ver con los distintos medios de la comunicación que existen en el túnel. Otro posible riesgo indirecto a la *Calle M-30* es el que se puede producir en el aparcamiento público que se ha localizado encima de uno de sus túneles.

De todos los riesgos posibles, el incendio es uno sobre los que se trabaja con mayor insistencia. En cualquier caso siempre se tiene en cuenta evitar y reducir los efectos de los siniestros de evolución y, por

supuesto, actuando sobre las personas, al tiempo que se actúa sobre las infraestructuras.

Los protocolos en caso de siniestro son los básicos: actuar con medios específicos; reaccionar en el menor tiempo posible, y actuar de manera rápida, segura y eficaz. Estos protocolos genéricos se han adaptado a las peculiaridades de cada uno de los tramos de la *Calle M-30*.

- Zona Río. Son dos túneles paralelos al río Manzanares que queda en el centro. Su construcción fue realizada a cielo abierto. De perfil rectangular y con pantallas laterales. No hay comunicación posible entre los dos túneles. Cuenta con cuatro carriles de rodadura a los que se añaden uno o dos en determinadas entradas y salidas del túnel. En algunos tramos se superponen los túneles. Las salidas de emergencia se sitúan cada 100 metros y terminan en la zona ajardinada que se ha creado. Las salidas de emergencia de los carriles de circulación se realizan a vestíbulos presurizados que dan paso a las escaleras de evacuación que conducen al exterior. Las trampillas que conectan las escaleras con el exterior se pueden abrir desde el centro de control, o mediante pulsadores en algunos de los tramos de las escaleras. En el exterior existen unas arquetas que permiten la apertura de las trampillas de salida mediante llaves que se encuentran en posesión de los servicios de auxilio.



Gráf. 4. El plano de la Zona Río  
Fig. 4. The plane of the Area Rio

- Zona Paseo de Extremadura. El tramo corresponde a dos túneles paralelos, uno por sentido de circulación, de sección rectangular, falso techo y pantallas laterales. La particularidad de este trazado es que por encima de los túneles se ha construido un aparcamiento público. Entre los dos túneles existen portones que permiten la comunicación y evacuación. Los portones separan los dos sentidos de circulación. Para evitar los riesgos de atropello los portones se abren desde el centro de control, o por los servicios de emergencia. Las

salidas de emergencia son semejantes a las de la Zona Río aunque más profundas.



**Gráf. 5.** El plano de la Zona Paseo de Extremadura  
**Fig. 5.** The plane of the Area Paseo de Extremadura

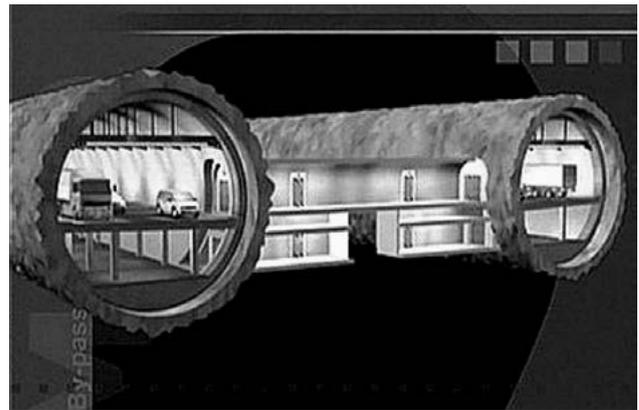
- Zona By-Pass Sur. El trazado se realizó con tune-ladoras. Su perfil es circular. Discurre, como me-dia, a 70 metros de profundidad. Dispone de siete salidas de emergencia a la superficie. La sección circular facilitó la construcción de un carril inferior al carril de la circulación viaria que está destinado exclusivamente para uso de los vehículos de ayuda y los servicios de emergencia. Están conectados entre sí por galerías que sirven de eva-cuación.



**Gráf. 6.** El plano de la Zona By-Pass  
**Fig. 6.** The plane of the Area Zona By-Pass

Dada la profundidad del trazado, además de las salidas a la superficie, cada 600 metros existen salidas de emergencia al carril inferior conectado a su vez con los carriles de circulación en el sentido contrario. Una de cada tres de estas salidas de emergencia permite la circulación de vehículos de emergencia que de esta manera se pueden desplazar de un túnel al otro de manera que se puede actuar en el sentido contrario al de la circulación del túnel. Cada 100

metros existen salidas de emergencia para el personal de ayuda comunicando el nivel de emergencia con el de rodadura.



**Gráf. 7.** Tuneles de la M-30 con las salidas de emergencia

**Fig. 7.** Tunnels of the M-30 with emergency exits

La información y control de esta red viaria presenta los siguientes recursos.

Tabla 2.

#### Datos de los recursos de seguridad

Table 2.

#### Data security resources

Cifras que tienen que ver con la seguridad de la <i>Calle M-30</i>	
Señales del Código de Circulación	2.586
Pórticos de señalización	440
Barreras flexibles de seguridad	130 kilómetros
Barreras rígidas de seguridad	101 kilómetros.
Paneles de mensajes variables	92
Paneles gráficos de carril	440
Salidas de emergencia	203
Ventiladores extractores de humos	938
Cámaras de vigilancia	972

\* Fuente: *Información elaborada a partir de las conversaciones con responsables del Cuerpo de Bomberos del Ayuntamiento de Madrid/ Source: Elaborated by the author using from conversations with officials of the Fire Department of the City of Madrid.*

Una obra compleja usada por una alta densidad de vehículos exige contar con un no menos complejo sistema de diferentes tipos de instalaciones que minimicen los riesgos y faciliten la ayuda y evacuación.

El control de la Calle M-30 se realiza con videocámaras direccionales que se controlan desde el centro de control. Están situadas cada 200 metros. Los túneles disponen de opacímetros con el fin de controlar las partículas en suspensión. Anenómetros con los que mide la velocidad del viento. El control de partículas y la velocidad del viento permiten vigilar

tanto la calidad del aire, como la ventilación en los túneles. También se dispone de un sistema de detección automática de imágenes (DAI) que procesa de forma digital las imágenes que aparecen en los túneles. De esta manera se tiene información inmediata sobre vehículos parados, presencia de peatones, atascos, o cualquier tipo de incidente que se produce en los túneles.

A lo largo de todos los túneles existen paneles de información fija y variable. Cuenta con puntos de megafonía y postes SOS, así como en cada salida de emergencia. En todos los túneles existe la posibilidad de usar tanto la telefonía móvil, como la radio. Por supuesto esta facilidad puede convertirse en riesgo potencial. Desde el centro de control se puede anular la posibilidad de uso de la telefonía móvil personal.

La instalación principal y prioritaria de la *Cañe M-30* tiene que ver con todo lo que se refiere a la protección y lucha contra el fuego. Cada 50 metros, a cada lado del túnel e intercaladas entre sí (por lo tanto, cada 25 metros a un lado y otro del túnel) existen bocas de incendio equipadas (BIES). En los ramales de entrada y salida del túnel la situación de los BIES se localizan nada más que en uno de los lados del túnel. Esas salidas y entradas por lo general tienen un único carril. Los BIES disponen de mangueras semirrígidas de 25 mm., que permiten la conexión. Tienen una presión variable entre 4,5 y 8 bares. Se dispone también de hidrantes de dos tomas y, en la misma posición longitudinal y a una altura próxima a los hidrantes hay columnas secas que se pueden conectar con los vehículos de ayuda.

En los vestíbulos de las salidas de emergencia existen armarios con diverso material. Conos de señalización, tres mangueras de 25 mm., espumógenos, y absorbentes para derrames.

En determinados tramos de los túneles y en los cuartos de sus instalaciones existen mecanismos de extinción automática de incendios. Se reconoce que estos mecanismos no tienen capacidad suficiente para apagar un incendio, pero sí para controlarlo o aminorarlo hasta que se actúa de manera contundente. Se asume que el sistema reduce la visibilidad y, según el tipo de ventilación, puede llegar a producir vapor que añade nuevas dificultades a los servicios de extinción.

Se cuenta con instalación de señalización y alumbrado de emergencia. Facilita la señalización de salidas cada 25 metros indicando la distancia a la salida en los dos sentidos. La distancia en metros a la salida más próxima se indica con números de mayor tamaño. Con el mismo objetivo existe un *Hilo de Ariadna* en cada una de las paredes cuyos dispositivos luminosos permanecen apagados en condiciones de normalidad. Ante una emergencia se encienden indicando la dirección de evacuación más ventajosa con un color verde, con color rojo la más problemática.

Ante la posibilidad de falta de visibilidad por la acumulación de humo, el acabado de las aceras se ha realizado de forma diferente para facilitar la orientación al tacto. La circulación por las aceras en sentido de la derecha se realiza sobre baldosas rugosas, el de la izquierda en una superficie lisa.

La electricidad general del túnel procede de una central propia que recibe la energía eléctrica de dos compañías diferentes que la suministran de dos centrales distintas. Cada uno de los tres tramos de la *Cañe M-30* dispone de generadores propios para situaciones de emergencia. Estos generadores permiten mantener el 20% de la iluminación considerada como normal. Puede mantenerse en funcionamiento durante un máximo de dos horas. Al cabo de ese tiempo se pone en marcha la iluminación de emergencia situada en los laterales de los túneles y los de las salidas y entradas. Es una iluminación autónoma que permite su funcionamiento durante media hora. Todo el sistema de iluminación de emergencia se sitúa a 40 centímetros del suelo para evitar ser ocultado por el colchón de humo.

Ante un posible incendio se ha prestado también una atención especial al control de la ventilación de los túneles. Este control es diferente según el tramo de que se trate. La entrada de aire y la salida siempre se realiza por cantones independientes, uno de entrada de aire fresco y otro que expulsa el aire de los túneles. La presión de entrada y salida se puede modificar en función de las necesidades de gestión de las condiciones del túnel.

En la Zona del Río los cantones de entrada y salida están situados cada 600 metros. Ya en el túnel, el aire de entrada es impulsado por ventiladores que siguen el sentido de la circulación y se extrae por el cantón de salida. Entre cada cantón existen seis exutorios cerrados en condiciones de normalidad que se abren desde el centro de control ante una emergencia. En caso de incendio se reduce el aire de entrada y se abren los exutorios de la zona donde se ha producido el accidente. El objetivo es evacuar la mayor cantidad posible de humo aumentando la potencia del cantón de extracción. Los ventiladores contiguos a la zona del incendio invierten su giro para inyectar aire y controlar así el colchón de humo evitando que se expanda a lo largo del túnel.

En la Zona del Paseo de Extremadura la distancia entre los cantones se reduce a 200 metros debido a la existencia del aparcamiento que existe sobre los túneles de circulación. El procedimiento en caso de incendio es el mismo que lo ya explicado.

En la Zona del By-Pass Sur se sigue el mismo procedimiento anterior. La distancia entre cantones es de 600 metros. En este caso y debido a la existencia de un falso techo encima de las vías de circulación y el carril inferior de emergencia, la circulación de aire aumenta. El objetivo siempre es el mismo: controlar y evitar que se expanda el colchón de humo.



**Gráf. 8.** La salida de emergencia  
**Fig. 8.** The emergency exit

Para conocer el punto exacto de una incidencia, además de las cámaras de control, se ha diseñado un código de localización con números y letras, bien visibles que pueden ser fácilmente identificadas y señaladas por cualquier persona que se encuentre en su proximidad. Los dos primeros números indican el punto kilométrico del túnel, las dos letras señalan el punto concreto del trazado del túnel, así como el sentido de la circulación y los dos números siguientes señalan el decámetro donde se produce la incidencia.

Con esos datos el centro de control decide el plan y el método de actuación de los que se darán cuenta en una nueva entrega.

### **Bibliografía:**

1. Euler, L. *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*, in: *Comment. Acad. Sci. U. Petrop.* 8, 1736, 128-140, Reprinted in *Opera Omnia Series Prima*, Vol. 7. 1766, pp. 1-10.
2. [www.mc30.es](http://www.mc30.es), consultado el 13 de mayo de 2013.
3. <http://www.esmadrid.com/madridrio/html/madrid-rio-home-es.html>, consultado el 13 de mayo de 2013.
4. <http://www.urbanscraper.com/>, consultado el 13 de mayo de 2013.

**profesor Jesús Ignacio Martínez Paricio es el** Doctor en Economía. Catedrático de Sociología en la Universidad Complutense de Madrid (UCM) especializado en materias de seguridad y defensa. Director del Departamento de Sociología II de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociología. Coordinador del *Master Gestión de Desastres* de la Universidad Complutense Madrid y de la Universidad Politécnica de Madrid.