

INFORME FINAL DE IMPACTO DE LAS  
POLÍTICAS PÚBLICAS DEL AYUNTAMIENTO  
DE MADRID  
Lote 5. POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL

## **INFORME FINAL: Estudio de caso. Impactos del proyecto de soterramiento de Calle 30.**

Exp. 300/2017/00911

**Junio de 2019**





## Sumario

<b>1</b>	<b>Presentación</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Objetivos, finalidad y fases del estudio del caso</b>	<b>10</b>
2.1	Objeto y objetivos del estudio del caso.	10
2.2	Ámbitos de análisis	11
2.3	Fases para el estudio del caso	11
<b>3</b>	<b>Antecedentes</b>	<b>14</b>
3.1	Caracterización del proyecto: localización.	14
3.2	Ampliación y soterramiento de la Calle 30: origen y desarrollo	17
3.3	Enfoques y estudios de impacto previos	19
<b>4</b>	<b>Enfoque metodológico</b>	<b>21</b>
4.1	Dimensiones de análisis y criterios evaluativos	21
4.2	Enfoques metodológicos seleccionados para el análisis de impactos	23
4.2.1	Evaluación económica financiera y social: ACB y ahorro de tiempo	23
4.2.2	Enfoque coste-beneficio desde un análisis multicriterio: ahorro de tiempo y costes	24
4.2.3	Enfoque de modelo de salud Trafico-Emisiones-Salud-TRES ( <i>Health Impact Assessment</i> ): contaminación, emisión e impacto en la calidad de vida	29
4.2.3.1	Datos de tráfico y emisiones	36
4.2.3.2	Metodología seguida para la definición de población afectada.	37
4.2.4	Enfoque de análisis de impacto de género. Las ciudades desde la perspectiva de género	49
4.2.4.1	¿Por qué analizar el impacto de género en el soterramiento de la M-30?	49
4.2.4.2	Contexto normativo	50
4.2.4.3	(Re) pensar las ciudades desde la perspectiva de género	51
4.2.4.4	Variables de interés en el estudio de género y urbanismo	53
4.2.4.5	Enfoque metodológico para evaluar el impacto de género	54
4.3	Limitaciones encontradas	55
<b>5</b>	<b>Análisis del impacto medioambiental, social, económico y de género. Resultados</b>	<b>57</b>
5.1	Análisis de impacto socioeconómico y medioambiental	57
5.1.1	Impacto sociales y resultados del análisis coste-beneficio	57
	Datos de partida y datos finales	58
5.1.2	Impactos medioambientales y sociales: Modelo de salud	64

5.1.2.1	Contaminación atmosférica	64
5.1.2.2	Contaminación acústica	70
5.2	Análisis del impacto económico	83
5.2.1	Actividad económica, empleo y mercado de la vivienda local	83
5.3	Análisis de impacto de género.	95
5.3.1	Movilidad/accesibilidad: infraestructura orientada al transporte privado	95
5.3.2	Contaminación-salud de las mujeres	101
5.3.3	Seguridad y barreras	104
<b>6</b>	<b>Conclusiones del análisis de impacto del soterramiento de la M-30</b>	<b>108</b>
<b>7</b>	<b>Referencias</b>	<b>112</b>
<b>8</b>	<b>Anexos</b>	<b>119</b>
8.1	Mapas de población de barrios colindantes M-30 y Madrid Río	120
8.2	Tablas de evolución de actividades económicas	129
8.3	Mapas de ruido	131

## ÍNDICE TABLAS, GRÁFICOS y FIGURAS

### Tablas

Tabla 1. Escenarios testados en relación al Escenario de referencia (REF).....	28
Tabla 2. Beneficiarios/as de la ampliación de capacidad de la M-30, sus bypass y su cubrimiento.....	29
Tabla 3. Resumen de varios tipos de emisiones contaminantes de vehículos motorizados y sus impactos.....	33
Tabla 4. Niveles de contaminantes para el funcionamiento de pozos de ventilación.....	39
Tabla 5. Población afectada/beneficiada según distancia a M-30 superficial y soterrada. 2003-2017 .....	49
Tabla 6. Datos de partida y datos finales .....	58
Tabla 7. Excedente del consumidor: escenarios alternativos frente a escenario de referencia según el esquema de peaje sombra por el soterramiento de la M-30. Madrid [VAN M €].....	62
Tabla 8. Relación entre el ahorro de tiempo per cápita del grupo de usuarios de ingresos altos frente al de ingresos bajos y medios.....	63
Tabla 9. Relación entre el coste per cápita del grupo de usuarios de ingresos altos frente al de ingresos bajos y medios.....	64
Tabla 10. LAeq medio de las estaciones de medición del entorno del tramo soterrado de Calle 30.....	74
Tabla 11. Evolución absoluta de la actividad económica (unidades locales) de los distritos y barrios colindantes a Calle 30 y Madrid Río (2003-2010) .....	85
Tabla 12. Evolución porcentual del precio de la vivienda de segunda mano (euros/m <sup>2</sup> ) en los distritos y barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2003-2017).....	90
Tabla 13. Evolución de la renta mensual de la vivienda en alquiler (euro/m <sup>2</sup> construido) en los distritos colindantes a Calle 30 y Madrid Río (2010-2017) * Cuarto trimestre anual.....	93
Tabla 14. Análisis por motivo de viaje en el área Metropolitana de Barcelona.....	96
Tabla 15. Análisis por motivo de viaje en la región de Ohio, EEUU .....	96
Tabla 16. Evolución del número de actividades económicas de los distritos y barrios colindantes a Calle 30 y Madrid Río (2013-2018) *Datos a 1 de enero de cada año .....	129
Tabla 17. Evolución de la renta media anual en los distritos y barrios colindantes a Calle 30 y Madrid Río (2013-2015) .....	130

### Figuras

Figura 1. Localización del soterramiento de la M-30.....	14
Figura 2. Mapa del Parque Madrid Río. Servicios, accesibilidad y equipamientos .....	16
Figura 3. Enfoque metodológico propuesto para el análisis de impactos del soterramiento de la M-30.....	22
Figura 4. Tasas de descuento por tipo de usuario (ingresos bajos, medios y altos).....	27

Figura 5. Descripción enfoque específico usado en el impacto sobre la salud (HIA).....	32
Figura 6. Esquema metodológico del modelo de impacto de salud.....	35
Figura 7. Tipología de modelos de emisiones.....	37
Figura 8. Funcionamiento pozos de ventilación en servicio sin rebasar el límite inferior de contaminación (NIVEL 5) .....	39
Figura 9. Ubicación de entradas y salidas del túnel soterrado de la M-30, perímetros de ventilación y estaciones de medición de las emisiones consideradas en este estudio .....	40
Figura 10. Ámbito año 2003 -2007 - ortofoto 2003.....	42
Figura 11. Ámbito año 2011-2015-2017 - ortofoto 2017.....	43
Figura 12. Superposición de las dos áreas de corte de las secciones censales, tomando como ejemplo el buffer de 500 m respecto a los focos de emisión.....	44
Figuras 13. Secciones censales vs Estaciones de referencia adoptadas (datos completos en todo el periodo). Ámbito 2003-2007 y Ámbito 2011-2015-2018.....	45
Figura 14. Estaciones seleccionadas frente a descartadas por datos incompletos. Intersección de las áreas.....	46
Figura 15. Año 2017 - Buffer de 200 m sobre Madrid Río.....	47
Figura 16. Superposición del buffer de 200 m sobre Madrid Río y el ámbito de las secciones censales/estaciones de referencia adoptadas (con datos completos en todo el periodo). Ámbito 2011-2015-2017.....	48
Figura 17. Ubicación de las estaciones de medición acústica en 2003 (sobre ortofoto de 2003).....	72
Figura 18. Ubicación de las estaciones de medición en 2015 (sobre ortofoto 2016).....	73
Figura 19. Objetivos de calidad acústica en áreas urbanizables. Normativa .....	77
Figura 20. LAeq 24 h por cuadrículas según el Plano Acústico de Madrid 2001-2002, del entorno del soterramiento de la M-30.....	79
Figura 21. Comparativa 2002 -2007 en un punto cercano a la M-30 oeste .....	80
Figura 22. MER 2011. Niveles LAeq día-tarde-noche.....	81
Figura 23. MER 2011. Niveles de ruido diurno en el entorno de la M-30 en el distrito de Arganzuela .....	82
Figura 24. MER 2016. Niveles LAeq día-tarde-noche.....	82
Figura 25. La otra cara del incremento del precio de la vivienda.....	92
Figura 26. Mapa del diferencial de accesibilidad al espacio verde de hombres y mujeres, calculada a partir de los recorridos más frecuentes .....	97
Figuras 27. Comparación de repartos modales entre viajes para trabajo y estudio (arriba) y para otros motivos (abajo).....	98
Figura 28. Ubicación de usuarios/as de las tarjetas inteligentes de transporte público por distrito con el 55% de mujeres como usuarias .....	99
Figura 29. Diferencias en el número de viajes entre hombres y mujeres en Francia, EEUU y Alemania .....	100
Figura 30. Población femenina afectada por la contaminación y beneficiaria de la cercanía de Madrid Río.....	103

Figura 31. Población total <14 años 2003. Buffer 500m .....	120
Figura 32. Población total <14 años 2017. Buffer 500m .....	121
Figura 33. Población total >75 años 2003. Buffer 500m .....	122
Figura 34. Población total >75 años 2017. Buffer 500m .....	123
Figura 35. Población total femenina 2003. Buffer 500m .....	124
Figura 36. Población total femenina 2017. Buffer 500m .....	125
Figura 37. Población total femenina 2017 lejos de Madrid Río .....	126
Figura 38. Población total 2003. Buffer 500m .....	127
Figura 39. Población total femenina 2017. Buffer 500m .....	128

## Gráficos

Gráfico 1. Evolución de la distribución modal en Madrid Ciudad .....	26
Gráfico 2. Tendencias de emisiones de NO <sub>2</sub> en estaciones de estudio comparadas con el resto de estaciones de la ciudad y tendencia de datos de tráfico en la Comunidad de Madrid.....	31
Gráfico 3. Evolución emisiones NO <sub>2</sub> .....	64
Gráfico 4. N.º altas/año en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO <sub>2</sub> por grupos de edad (Todas las 4 estaciones con datos 2003-17).....	66
Gráfico 5. N.º altas en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO <sub>2</sub> - (Total población) .....	67
Gráfico 6. N.º altas por 1000 habitantes atribuibles a contaminación de NO <sub>2</sub> .....	68
Gráfico 7. N.º altas/año en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO <sub>2</sub> por grupos de edad (Todas las 4 estaciones con datos 2003-2017) .....	68
Gráfico 8. N.º altas/año por 1000 habitantes atribuibles a contaminación de NO <sub>2</sub> por grupos de edad (Todas las 4 estaciones con datos 2003-17) .....	69
Gráfico 9. Tendencias de emisiones de NO <sub>2</sub> en estaciones de estudio comparadas con el resto de estaciones de la ciudad y tendencia de datos de tráfico en la Comunidad de Madrid.....	70
Gráfico 10. LAeq medio por año en estaciones de medición acústica del entorno del tramo soterrado de Calle 30 .....	75
Gráfico 11. LAeq medio por año en estaciones de medición acústica del entorno del tramo soterrado de Calle 30 .....	75
Gráfico 12. Evolución porcentual de la actividad económica (unidades locales de los barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2003-2010) .....	86
Gráfico 13. Evolución porcentual de actividades económicas (locales) de los distritos y barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2013-2018) .....	87
Gráfico 14. Evolución de la renta neta media anual en los distritos y barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2013-2015).....	88
Gráfico 15. Evolución porcentual del precio de la vivienda de segunda mano (euros/m <sup>2</sup> ) en los distritos y barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2003-2017). .....	91
Gráfico 16. Diferencia porcentual de precio de la vivienda de segunda mano (euros/m <sup>2</sup> ) en los distritos colindantes a Calle 30 y Madrid Río desde 2003 a 2016.....	93

Gráfico 17. N.º altas en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO <sub>2</sub> (Todas las 4 estaciones con datos 2003-17) .....	103
Gráficos 18. N.º altas en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO <sub>2</sub> (por estación con datos 2003-17).....	104

### Siglas y acrónimos

ACB	Análisis Coste-Beneficio
AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente
EDM	Encuesta Domiciliaria de Movilidad
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EMESA	Empresa de Mantenimiento y explotación M-30, S.A.
EMTA	<i>European Metropolitan Transport Authorities</i> : agrupación europea de las autoridades de transporte metropolitano
IGN	Instituto Geográfico Nacional
LUTI	<i>Land Use and Transport Interaction</i> : modelo de interacción entre transporte y uso del suelo
SER	Sistema de Estacionamiento Regulado
SIG	Sistema de Información Geográfica
VAN	Valor Actual Neto
VAO	Vía de Alta Ocupación

# 1 Presentación

El presente documento incluye el Informe final del caso de estudio de la política medioambiental Lote 5: Impactos del proyecto de soterramiento de Calle 30 correspondientes al contrato de servicios para la elaboración del Impacto de las Políticas Públicas del Ayuntamiento de Madrid, Lote 5. Política Medioambiental (Nº de Exp. 300/2017/00911) del Área de Gobierno de Economía y Hacienda, Subdirección General de Auditoría de la Deuda y las Políticas Públicas del Ayuntamiento de Madrid.

La evaluación de los impactos del proyecto de soterramiento de Calle 30 determina el grado de cumplimiento de los objetivos desde una perspectiva integral de análisis de los impactos económicos, sociales, ambientales, de derechos humanos y de género a través del desarrollo de instrumentos de evaluación *ex-ante* y *ex-post* que contribuyan a **la transparencia, la rendición de cuentas y la evaluación del desempeño del gobierno municipal.**

En concreto, tras la revisión documental, entrevistas, revisión de encuestas, bases de datos relevantes y el desarrollo de una metodología propia multicriterio y de un modelo de tráfico-emisiones-salud, este informe final incluye los resultados del proceso de evaluación del conjunto de los impactos económicos, sociales, medioambientales, de derechos humanos y de género del soterramiento de la M-30. Un apartado de conclusiones donde se incluyen recomendaciones y métodos para la evaluación de actuaciones medioambientales presentes y futuras en un marco de transparencia, rendición de cuentas y valoración de la actividad municipal cierra el informe.

## 2 Objetivos, finalidad y fases del estudio del caso

### 2.1 Objeto y objetivos del estudio del caso.

El foco del estudio del caso incluye la evaluación de la actuación realizada en el soterramiento de la M-30. En concreto se incorpora el análisis de aspectos medioambientales relevantes durante la fase de construcción a medio y largo plazo y su impacto en el uso del transporte privado y del posible efecto de la contaminación atmosférica y acústica sobre la salud y la calidad de vida de las personas.

El objetivo general y los específicos son los siguientes:

#### Objetivo general

Analizar y evaluar ambas actuaciones del soterramiento de la M-30 y de su recubrimiento con el parque Madrid Río realizadas por el Ayuntamiento de Madrid y sus impactos, evaluando de forma específica los siguientes:

- a. Medioambiental
- b. Derechos humanos: derecho a la salud y derechos medioambientales
- c. Socioeconómico: ahorro de tiempo y regresividad/progresividad/neutralidad de la infraestructura, revalorización del entorno
- d. De género.

#### Objetivos específicos

- Determinar los aspectos críticos del desempeño municipal que permitan diseñar nuevas actuaciones y estrategias de intervención para minimizar sus impactos negativos. En concreto, analizar los aspectos críticos de la construcción, mantenimiento y persistencia de una infraestructura cómo la M-30
- Establecer recomendaciones e indicaciones para medir a través de un análisis coste-beneficio (en adelante ACB) y un análisis multicriterio *ex-ante* las consecuencias del desarrollo de proyectos de movilidad urbana y medioambiental de forma que se pueda incorporar este análisis como una herramienta útil para la toma de decisiones y para valorar las consecuencias que las actuaciones municipales tienen sobre la ciudadanía (p.ej. efectos fiscales regresivos del desarrollo de grandes infraestructuras).

## Finalidad

- La mejora del proceso de evaluación de impactos socioeconómico, ambientales, de salud y de género a través de un diagnóstico (*improvement*)
- Valoración *ex-ante* de las intervenciones medioambientales realizadas con fondos públicos y el control de sus responsabilidades (*accountability*)
- Establecimiento de antecedentes para acciones futuras (*enlightenment*)

## 2.2 Ámbitos de análisis

### Ámbito temporal

El ámbito temporal abarca el antes, el durante y el después de la obra de soterramiento de la M-30, extendiéndose desde 2003 hasta 2017 (cuatro periodos de gobierno: 2003-07, 2007-11, 2011-15, 2015-17), si bien se ha tenido en cuenta algunos aspectos relevantes previos a 2003 y posteriores a 2017.

### Ámbito territorial

Siempre y cuando los datos disponibles lo permitan se ha intentado descender en el análisis a dos escalas espaciales diferentes: el municipio de Madrid en su conjunto por un lado y por otro los distritos de la ciudad por los que transcurren los tramos soterrados de la M-30.

### Ámbito institucional y alcance de la competencia

El ámbito institucional y competencial se circunscribe a la corporación local del Ayuntamiento de Madrid y de sus empresas de gestión asociadas a la intervención medioambiental considerada. Esto no supone que no se tenga en cuenta en la propia evaluación un ámbito más amplio, la propia Comunidad de Madrid, el ámbito estatal y el europeo (especialmente cuando la regulación vigente y las políticas municipales tienen que considerar la regulación Europea, p.ej. las directivas de protección de la salud relativas a los niveles de contaminación).

## 2.3 Fases para el estudio del caso

En concreto, la propuesta técnica para la evaluación del caso de estudio incluye las siguientes cuatro fases:

**1ª Fase: Recolección de datos:** obtención de datos disponibles en las bases de datos municipales y bajo petición fundamentalmente a la empresa que gestiona la infraestructura, Madrid Calle 30, a la Empresa Municipal de Transporte y al Área de Medio Ambiente y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid.

Un primer paso para el estudio del caso ha sido recoger datos demográficos, socioeconómicos, de movilidad y de tráfico, disponibles en la página web del Ayuntamiento de Madrid y de Madrid Calle 30, dentro de los siguientes ámbitos:

- Población objetivo o potencial (en función de la renta y el género): cuantificación de colectivos, localización territorial, principales características vinculadas a la movilidad, etc.
- Oferta actual de los servicios de movilidad y red de transporte público y privado.

En concreto, se han examinados los siguientes datos y documentos (ver anexos con referencias):

- a. Dictamen Calle 30 (Empresa Municipal Madrid Calle 30, 2017)
- b. Modelo de costes 2005-2007 (Empresa Municipal Madrid Calle 30, 2018)
- c. Evolución del reparto modal en Madrid (CRTM 2004, EMTA 2006-16, Di Ciommo, 2017)
- d. Encuesta de satisfacción del usuario de la M-30 (Simple Lógica, 2015).
- e. Modelo de Tráfico, Emisiones/Inmisiones/ Salud (cambiaMO, 2018b).
- f. Ahorro de tiempo posibles estimaciones a través del modelo de transporte y uso del suelo (Monzón et al. 2005 y Guzmán et al., 2013).

**2ª Fase: Definición de la metodología** de análisis para cada tipología de impactos. La metodología incluye los siguientes análisis:

- a. Socioeconómico con el ACB, mediante el modelo de demanda de movilidad para la evaluación del ahorro de tiempo de viaje (Monzón et al. 2005, Guzmán et al. 2013).
- b. De calidad de vida basado en el Modelo de Tráfico / Emisiones / Salud (en adelante TRES) que posteriormente describiremos (cambiaMO, 2018b).
- c. Multicriterio que une el análisis socioeconómico y de calidad de vida identificando datos ambientales claves para la contaminación acústica y del aire que alimentan el modelo de salud. Ambas tipologías de datos se cruzan en el tiempo para identificar potenciales mejoras y compararlas con mediciones reales en el tiempo. Se estima la situación antes de la remodelación, durante la construcción y después de la puesta en servicio

de la infraestructura mediante la elección de estaciones de medición de calidad del aire y de niveles de ruido ubicadas cerca de la misma. Se identifican las variables sociales y de género a incluir en los modelos adoptados para evaluar conjuntamente impactos socioeconómicos, medioambientales, de salud y de género. La combinación de datos socioeconómicos y ambientales, y por primera vez con perspectiva de género, nos asegura la definición de un análisis multicriterio.

El caso del soterramiento de la M-30, al ser específico y orientado a la evaluación de varios impactos, requiere de una metodología de análisis multicriterio que incluya el modelo de análisis coste-beneficio para evaluar el aumento de la capacidad de las infraestructuras viarias y el modelo de salud (TRES) para evaluar la supuesta mejora de la calidad del aire relacionada con el soterramiento y ampliación de capacidad de la M-30.

- 3ª Fase: Análisis e interpretación de resultados:** Una vez recopilados y registrados los datos y organizada la información anterior se procede a analizar los datos empíricos según la metodología establecida. Esto se realiza mediante el análisis y la interpretación de resultados.
- 4ª Fase: Recomendaciones:** En esta última fase se describen una serie de indicaciones que el Ayuntamiento de Madrid podrá utilizar para una evaluación *ex-ante* de costes-beneficios y multicriterio, y *ex-post* basada en los impactos, económicos, ambientales, sociales y de género relevantes para cualquier tipo de infraestructura urbana y/o de transporte.

## 3 Antecedentes

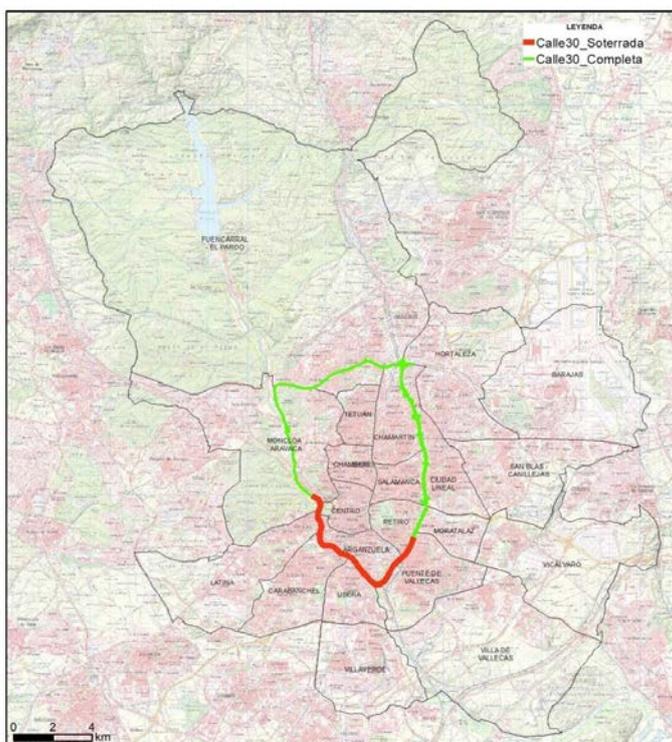
### 3.1 Caracterización del proyecto: localización.

En 2003 el Ayuntamiento de Madrid decidió soterrar el tramo del primer gran anillo de circunvalación que discurría sobre los márgenes de río Manzanares a lo largo de seis kilómetros. En la línea de las obras de renovación y extensión de metro se integra una nueva infraestructura de transporte para el contexto madrileño: el soterramiento de la M-30. El 8 de mayo de 2007, con la apertura del túnel sur del *bypass* finalizaron las obras iniciadas el 2 de septiembre de 2004.

Esta actuación responde a las siguientes necesidades: ampliación de capacidad viaria para dar mayor fluidez al transporte privado y creación de un parque en la zona Sur de Madrid, necesitada de zonas verdes y tradicionalmente más pobre. Una obra orientada al ahorro de tiempo de viaje y un espacio verde de proximidad para la población de renta más baja.

La vía de circunvalación M-30 cuenta con más de 99 km de los que 56 km transcurren en túnel. Para el presente estudio nos centraremos en los barrios colindantes a la M-30 pertenecientes a los distritos de Moncloa-Aravaca, Centro, Latina, Arganzuela, Carabanchel, Usera, Retiro y Puente de Vallecas.

Figura 1. Localización del soterramiento de la M-30



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGN y del Ayuntamiento de Madrid.

La M-30 no es una vía uniforme y, por lo tanto, requería tratamientos distintos de manera que la transformación se sistematizó en tres ejes diferenciados:

- Mejora de las conexiones de la M-30 con las vías principales.
- Creación de nuevos itinerarios para la resolución de zonas congestionadas.
- Desaparición de las calzadas laterales junto al Manzanares, de tal forma que se recuperara el río para la ciudad y sus habitantes.

Las obras previstas en la M-30 se concretan en 15 proyectos que a su vez se agrupan, con criterios geográficos, en cuatro bloques (Ayto. Madrid. Memoria de gestión 2007): Proyecto Norte (4 actuaciones), Sur (2), Este (6) y Oeste (3).

El soterramiento de la zona oeste de la M-30 en el ámbito del río hizo posible la eliminación del tráfico en superficie y la consiguiente liberación de más de cincuenta hectáreas de terreno ocupado anteriormente por las calzadas. A esta superficie se sumaron otras casi cien hectáreas correspondientes a los diferentes suelos infrautilizados adyacentes a la autopista.

El coste total del proyecto, unos 3.600 millones de euros en obras de ingeniería urbana y 420 millones de euros en las obras de diseño urbano, fueron aportados por el Ayuntamiento a través de su capacidad de endeudamiento.

En el 2005 el Ayuntamiento convocó un concurso internacional de ideas con el objetivo de obtener propuestas para la ordenación y urbanización de este gran proyecto. Se trataba de proyectar un gran parque urbano de 6 Km de longitud y 1.500.000 m<sup>2</sup> de superficie en ambos márgenes del río y que se localiza en la zona de la avenida del Manzanares y la avenida de Portugal. Finalmente, el equipo dirigido por Ginés Garrido y formado por las oficinas Burgos & Garrido Arquitectos, Porras La Casta, Rubio & Álvarez-Sala y West 8 fueron los ganadores el concurso internacional para la realización del proyecto de espacio público sobre la superficie “liberada” de las calzadas de la M-30, el parque **Madrid Río**.

Las principales características de Madrid Río<sup>1</sup> son las siguientes:

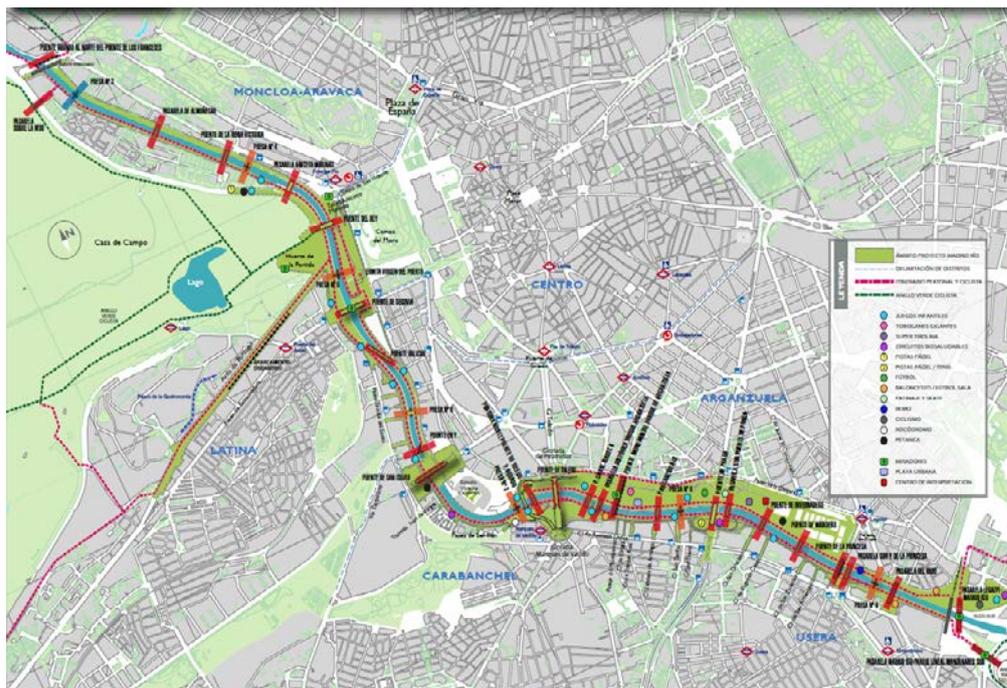
- Ocupa una superficie de 150 Ha de áreas verdes y 6 Ha de equipamientos ciudadanos.
- Cuenta con 8 instalaciones deportivas en una superficie de 6 Ha, 17 juegos infantiles, 28 km de carril bici, dos restaurantes, 6 cafés y dos superficies libres para diversos eventos. Así mismo, dentro de sus límites incluye el Centro de Creación Contemporánea Matadero Madrid, en el que se restauraron las instalaciones del antiguo matadero de la ciudad.
- 506 bancos, 8.528 luminarias.

---

<sup>1</sup> Más información en “Paisajes en La Ciudad. Madrid Río. Geografía, Infraestructura y Espacio Público” de Francisco Burgos (Autor), Ginés Garrido (Autor), Fernando Porras-Ysla (Autor). 2014

- Un total de 33.000 árboles autóctonos adultos, más de 2.000 árboles de pequeño porte y alrededor de 400.000 arbustos<sup>2</sup>
- Los materiales destinados para la infraestructura fueron el granito natural y la vegetación de carácter forestal extraída de campos y viveros de los países mediterráneos.
- Un sistema de riego basado en la recuperación del agua regenerada de las depuradoras de la ciudad y de los drenajes de las líneas del metro.
- Más de veinte puentes o pasarelas sobre el río, rehabilitando las siete presas, reciclando algunos puentes existentes y creando nuevos pasos.
- Es interesante señalar que a lo largo de 2016 se puso en marcha el [Plan de naturalización del río Manzanares a su paso por la ciudad de Madrid](#), diseñado por Ecologistas en Acción<sup>3</sup>, y que ha conseguido transformar el río con islas y meandros, recuperando especies de plantas, árboles, aves, reptiles y anfibios que han llenado de vida este ecosistema.

Figura 2. Mapa del Parque Madrid Río. Servicios, accesibilidad y equipamientos



Fuente: Área de gobierno de urbanismo vivienda del Ayto. de Madrid. Madrid Río.

<sup>2</sup> Datos de la Dirección General de Gestión del Agua y Zonas Verdes. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad: N° total de unidades arbóreas: 32.644 (Pino carrasco 39%, Pino piñonero 13%, Plátano de sombra 5% y Chopo negro 4%. Macizos arbustivos). Superficie de macizos arbustivos: 137.750 m<sup>2</sup> (Lavanda 16%, Romero 16%, Pitósporo enano 9% y Aligustre del Japón 5%).

<sup>3</sup> El proyecto consistía básicamente en abrir las presas para que fluya el agua de forma continua; la creación, dentro del encauzamiento del río, de orillas a lo largo del mismo a su paso por la ciudad y la revegetación de estas orillas con miles de árboles y arbustos autóctonos, propios del bosque de ribera.

## 3.2 Ampliación y soterramiento de la Calle 30: origen y desarrollo

En marzo del 2004 la titularidad de la M-30, así como la de otros tramos viarios conexos se traslada del Ministerio de Fomento al Ayuntamiento de Madrid y nace la sociedad mixta Madrid Calle 30 para la construcción y el mantenimiento de Calle 30 y de infraestructuras y espacios de su entorno, tales como enlaces, puentes y zonas verdes<sup>4</sup>.

En 2005 se adjudica el contrato de reforma, conservación y explotación a la agrupación formada por las empresas Ferrovial Servicios, S.A., Dragados, S.A. y API Conservación, S.A. que posteriormente se constituyen en EMESA (Empresa de Mantenimiento y explotación M-30, S.A.). En 2005 EMESA entrará a formar parte de la sociedad de economía mixta Madrid Calle 30 con el 20 % del capital, frente al 80% del capital del Ayuntamiento. En 2007 se realiza el primer modificación del contrato para asumir los sobrecostes de las obras de remodelación y el sobrecoste de mantenimiento planteado por la empresa adjudicataria del contrato. En 2011 se modifica el mismo con la subrogación del ayuntamiento en la deuda relativa a la financiación ajena Todo este proceso ha sido cuestionado y sometido a una comisión de investigación municipal cuyo resultado se puede consultar en el Dictamen de la Comisión Madrid Calle 30 (2017).

Actualmente la explotación, conservación y mantenimiento del anillo distribuidor Calle 30 y las infraestructuras y espacios de su entorno, tales como enlaces, puentes, zonas verdes y áreas libres incluidas dentro del anillo se gestiona mediante la sociedad de economía mixta Madrid Calle 30 adscrita al Área de Medio ambiente y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid.

La motivación institucional del traspaso de la titularidad de la M-30 del Ministerio de Fomento al Ayuntamiento de Madrid, la constitución y puesta en marcha de la empresa de economía mixta, así como el soterramiento de la M-30 no quedan completamente claras. La lectura de documentos como el Dictamen de Calle 30 (Empresa Municipal Madrid Calle 30, 2017) deja suponer que se realizó de forma conjunta y propiciada por el encuentro del entonces director general de infraestructuras de la Comunidad de Madrid Manuel Melis y Alberto Ruiz Gallardón, que hace del soterramiento de la M-30 el eje central de su campaña electoral a la Alcaldía de Madrid en 2003.

Anteriormente al mandato de Alberto Ruíz Gallardón, la unión de empresas constructoras, el SEOPAN, había propuesto al entonces alcalde Álvarez del Manzano remodelar la M-30, pero el proyecto no había tenido aceptación política.

---

<sup>4</sup> Madrid Calle 30 se constituye en mayo de 2004 como sociedad 100% municipal, en diciembre de 2004 se aprueba su conversión a empresa mixta y en septiembre de 2005 se materializa.

El soterramiento de la M-30 se aparenta a la construcción de Metro Sur, una infraestructura orientada a conquistar el electorado del cinturón rojo de la comunidad de Madrid (Mejía Dorantes, 2011).

Según el Dictamen de la Comisión Madrid Calle 30 (Empresa Municipal Madrid Calle 30, 2017) se trata de una obra compleja que necesitaba de una evaluación ambiental y socio-económica previas. Ambas evaluaciones, de impacto ambiental (EIA) y de análisis de costes-beneficios, se parcelaron en tramos de construcción de la infraestructura de máximo 5 kilómetros para evitar los informes de impactos ambientales preceptivos. Posteriormente, ya con la obra casi finalizada, se realizó el **estudio ambiental** de una de las obras bajo la argumentación de que, si para esa era favorable, se hacía extensible al resto <sup>5</sup> de actuaciones incluidas en los proyectos ejecutados de remodelación de la M-30. En 2011 el Ayuntamiento se subroga la deuda de Madrid Calle 30 (2.226,32 millones de euros) (Medialdea García, 2017).

A nivel económico, entre 2003 y 2015 el proyecto se convierte en la principal actuación municipal en términos de inversión económica.

Todo el proceso no estuvo exento de crítica. Partidos políticos de la oposición, vecinos y vecinas o actores de la sociedad civil como Ecologistas en Acción denunciaron la actuación sin que esto supusiera la paralización del soterramiento. La M-30, fue promovida y presentada como la política de transporte para resolver el problema de la congestión y la creación de un espacio verde para un millón de ciudadanos/as. Tanto el soterramiento de la M-30 como Madrid Río siguieron adelante.

Las críticas sobre el soterramiento de la M-30 se dirigían a aspectos financieros, ambientales y de salud pública para los habitantes de Madrid, especialmente los vecinos y vecinas de las zonas colindantes al tramo soterrado. En los últimos años las reclamaciones de la ciudadanía también se dirigieron hacia algunas deficiencias en la propia infraestructura (deficiencias de alumbrado, falta de información en paneles informativos o la fluidez del tráfico)<sup>6</sup>. Asimismo en los últimos años se han recogido algunas demandas ciudadanas respecto al uso de los equipamientos de Madrid Río vinculadas principalmente a la difícil convivencia entre ciclistas y peatones, que comparten espacio de tránsito en el parque, así como hacia la gestión de la limpieza de la zona limítrofe a la obra como es el Parque Lineal del Manzanares, en los distritos de Usera, Villaverde y Puente de Vallecas, o las deficiencias de diseño para mejorar la accesibilidad a personas con discapacidad.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Datos recopilados en el Dictamen Calle 30 (Empresa Municipal Madrid Calle 30, 2017).

<sup>6</sup> [Informes de Sugerencias y reclamaciones ciudadanía](#). Madrid Calle 30. Año 2014-2015-2016

<sup>7</sup> Estudio de la Accesibilidad del Parque Urbano Madrid Río en el tramo comprendido entre el Puente de la Princesa y el Puente de Toledo. La Ciudad Accesible. Revista Científica sobre Accesibilidad Universal, VI: 107-162 señalan las siguientes conclusiones: "(...) *inexistencia de pavimento táctil indicador para personas con discapacidad visual; la gran cantidad de pavimentos rugosos y con resaltes; la escasez de barandillas; los desniveles;*

Por otra parte, el soterramiento de la M-30 y la construcción de Madrid Río siguen siendo actuaciones apreciadas por los/as residentes colindantes que lo ven como una mejora de su calidad de vida. Las entrevistas realizadas con los/as habitantes de los barrios colindantes, así como el documental “Calle 30 - Madrid Río” (Linares 2010) subrayan su percepción positiva de la nueva M-30 soterrada. En particular, aprecian la continuidad del espacio urbano proporcionada por Madrid Río, la disponibilidad de espacio público que favorece el encuentro entre habitantes de los barrios colindantes y el incentivo de la práctica de deporte.

### 3.3 Enfoques y estudios de impacto previos

El análisis de las actuaciones de ampliación de la vía M-30 con su cubrimiento y creación de un parque en superficie capaz de crear una continuidad urbanística entre el sur y el norte de la M-30 nos enfrenta a la siguiente pregunta: ¿cuáles eran los escenarios considerados y sus impactos económico, social, ambiental y de género antes de la toma de la decisión? El estudio que nos facilita la comprensión de los impactos sobre la movilidad considerados con y sin la remodelación integral de la M-30 se desarrolló entre abril y diciembre de 2004 (Monzón et al. 2004)<sup>8</sup>.

Los resultados obtenidos dentro de este estudio determinaban los siguientes beneficios positivos en términos de ahorro de tiempo. Se valoraban unos beneficios estimados de 125M€ a 2007 fecha de finalización de la obra, de 151 M € en 2012, y de 286M€ a 2037. En términos medioambientales se estimaba una disminución de la contaminación atmosférica de CO<sub>2</sub> de 2,22% a 3,02%, un ahorro bastante reducido de emisiones de NO<sub>x</sub> (de 0,42% a 0,74%) y uno relevante para las partículas en suspensión (de 3% a 4,3%). En cuanto a los ahorros por reducción de ruido se estimaban en un valor de 8.512 M€ hasta 11.217 M€, y de 11.217 M€ hasta 14.782 M€ por reducción de efecto barrera.

A partir de otro estudio sobre el beneficio social del Proyecto de Remodelación y Gestión Integral de la M-30 (Rey Legidos & Prado Mascañan 2007) y del Dictamen de la Comisión Madrid Calle 30 (Empresa Municipal Madrid Calle 30, 2017) podemos describir el análisis de causas-efectos del soterramiento de la M-30 y constatar:

- que la satisfacción de personas usuarias según el género muestra que las mujeres usuarias de la M-30 están menos satisfechas,
- que la intervención organizada en tramos de 5 km, así como la contratación fragmentada, no permiten una evaluación adecuada de costes-beneficios del soterramiento de la M-30 y su ampliación de capacidad.

---

*la falta de señalización adaptada a todos los usuarios; o las fuentes de agua potable, con pavimentos con fuertes resaltes y mecanismos de accionamiento en los que hay que ejercer demasiada fuerza si quieres usarlas”*

<sup>8</sup> Estudio realizado por el Departamento de transporte de la UPM.

El objetivo de nuestro estudio *ex-post* es valorar los escenarios en términos de ahorro de tiempo, impacto socio-económico, medioambientales y de salud una vez realizada la infraestructura y el soterramiento de la M-30, y ver cuánto estos escenarios se acercan o alejan de los que se había previsto anteriormente, especialmente en términos de disminución emisiones de GEI y de NO<sub>x</sub>. Además, se quiere evaluar el impacto regresivo, progresivo o neutro de la infraestructura sobre grupos de población con renta baja, mediana y alta.

## 4 Enfoque metodológico

El conjunto de los estudios de impacto implica la recogida de información y la integración de metodologías diversas para averiguar si el soterramiento de la M-30 produjo los beneficios deseados para la ciudadanía (beneficiada o afectada). Para ello nuestro planteamiento se basa en el **análisis coste-beneficio, el análisis multicriterio, incluyendo el modelo de salud, y el análisis del impacto de género.**

Veamos en primer lugar las dimensiones de análisis para posteriormente describir los distintos enfoques metodológicos seleccionados a la hora de abordar el análisis que nos ocupa.

### 4.1 Dimensiones de análisis y criterios evaluativos

En el caso concreto del soterramiento de la M-30, como infraestructura viaria, la variable clave de análisis de los impactos es el tráfico rodado, es decir:

- Quién produce este tráfico.
- Cuál es el ahorro de tiempo realizado gracias al soterramiento y ampliación de capacidad de la M-30 y quién se beneficia de las ventajas de ese posible ahorro de tiempo.
- Cuántas emisiones se producen.
- Qué efectos tienen las emisiones sobre la población adulta, infantil y mayor.
- Si existe o no un sesgo de género según los patrones de movilidad de hombre y de mujeres.
- Quiénes son las personas beneficiarias del incremento de espacios verdes gracias a la construcción de Madrid Río.

Siguiendo esta estrategia metodológica, las principales categorías de investigación sobre la evaluación de impactos de una intervención medioambiental como el soterramiento de la M-30 han sido las siguientes:

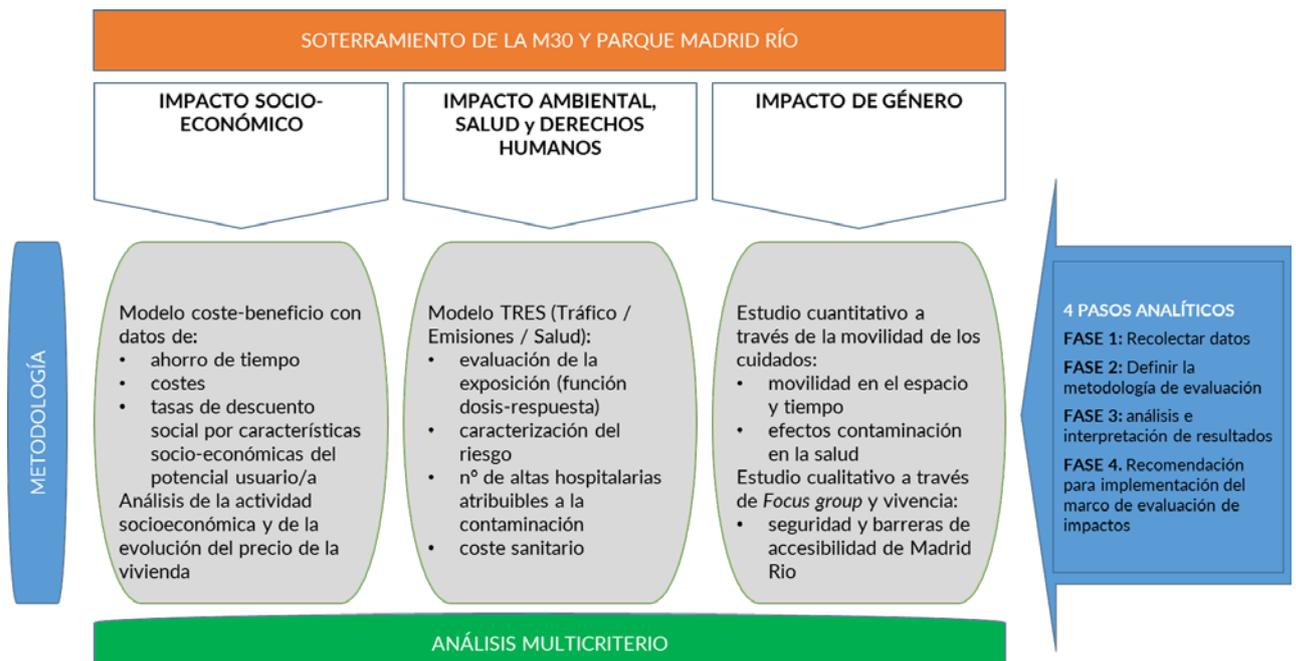
- Sobre los resultados finales de la intervención: será fundamental evaluar la infraestructura viaria soterrada y el parque Madrid Río, identificando y estimando los impactos diversos que conlleva cada elemento, las personas beneficiarias y afectadas por los mismos.
- La relación existente entre los resultados obtenidos y la propia intervención, es decir, identificar hasta qué punto son atribuibles a la implementación de la intervención en cuestión o bien a otras intervenciones o condiciones de contexto.

- Las conexiones entre la evaluación *ex-ante* y *ex-post* relacionadas con la intervención en los ámbitos económico, social, medioambiental, de derechos humanos y de género y su relación con los resultados obtenidos.
- Cuestiones que faciliten las explicaciones sobre diferentes aspectos. La clave aquí es saber no solo qué ha pasado, sino cómo plantear un instrumento capaz de prever los efectos de una actuación medioambiental durante su ejecución y a posteriori.

Se incorporan en el análisis de forma transversal **los enfoques de género, sostenibilidad y derechos humanos entendidos desde una perspectiva de salud pública**, ya que son aspectos que inciden en la vida cotidiana de la ciudadanía entendida como sujeto de derecho.

En el siguiente gráfico se muestra la metodología general y los contenidos a tratar específicamente en cada uno de los grandes bloques de la evaluación:

Figura 3. Enfoque metodológico propuesto para el análisis de impactos del soterramiento de la M-30



Fuente: Elaboración propia

Además, el enfoque metodológico, como posteriormente se desarrollará, se articula a partir de una **evaluación multicriterio que permite integrar criterios sociales, ambientales y de género a través de indicadores según la importancia que se decida dar a cada indicador**. Esto se traduce en el hecho de que en lugar de una estimación exclusivamente monetaria (cómo es propio de los análisis de costes-beneficios) se definen una serie de indicadores y se marca el peso analítico de cada indicador de tal modo que

posteriormente se mide el impacto de la actuación en función de estos indicadores (en términos sociales, ambientales y de género). Para cada indicador, se identifican las variables a considerar y las hipótesis de partida. Se responde así a la evaluación de una gran obra pública, tal como es la actuación “Calle 30”, en términos más integrales combinando aspectos más comúnmente evaluados (como los sociales, medioambientales, y económicos) y aspectos menos recogidos (como la perspectiva de género).

## 4.2 Enfoques metodológicos seleccionados para el análisis de impactos

### 4.2.1 Evaluación económica financiera y social: ACB y ahorro de tiempo

Desde una perspectiva de la movilidad, el planteamiento del proyecto, de soterramiento de la M-30 y de construcción del *bypass* de O'Donnell, incrementa la capacidad de la calzada atrayendo un flujo mayor de tráfico de coches hacia la almendra central. Se trata de un proyecto que responde a la lógica de construcción de infraestructura cuyo objetivo es descongestionar las vías de Madrid, incrementar el ahorro de tiempo e integrar los barrios que atraviesa (Monzón et al. 2005). En la literatura especializada se prueba cómo este tipo de actuaciones terminan incrementando el tráfico y el uso masivo del coche por la paradoja de Braess<sup>9</sup>, por la cual a más capacidad vial más tráfico y, consecuentemente, mayor creación de congestión de la vía y reducción del ahorro de tiempo inicial (ver Manual americano de capacidad, TRB 2000).

Según este enfoque, la decisión de soterrar y ampliar la M-30 se tomó sobre la base de una elección política que responde a la idea por la cual las grandes obras públicas tienen *per sé* impactos económicos y sociales positivos, en vez de un análisis costes-beneficios (ACB) *ex-ante* propiamente dicho. Por lo tanto, el primer paso que se propone para estimar los impactos sociales, medioambientales y económicos es definir *ex-post* las variables del ACB. En este sentido, queremos destacar la necesidad de incluir otras variables como:

- el ahorro de tiempo alcanzado;
- los grupos de población beneficiada y afectada por el peso excesivo de la deuda municipal fruto del desarrollo de esta infraestructura (siguiendo la noción de “infraestructura regresiva”, Banister 2008);
- las emisiones relativas al flujo de tráfico creciente de entrada a Madrid;

---

<sup>9</sup> El matemático alemán Drietch Braess planteó a mediados del siglo XX una paradoja en la que argumentaba que al aumentar la capacidad de una vía de circulación se produce, a medio plazo, el efecto contrario al esperado ya que la ampliación, dada la elección egoísta individual de los patrones de movilidad, lleva a un mayor colapso de la vía por un efecto denominado en esta materia como “tráfico inducido”, esto es, un tráfico nuevo que se origina a partir de las nuevas condiciones más favorables.

- el coste financiero de la inversión en su totalidad;
- y la estimación de las tasas de rendimiento interno (TIR) y de descuento social a la que se descuentan los costes y los beneficios de los *stakeholders* (Di Ciommo et al. 2014a).

Se trata de un marco de análisis clásico en consonancia con los principales aportes de economistas y especialistas del transporte (desde Becker, 1965, en adelante).

#### 4.2.2 Enfoque coste-beneficio desde un análisis multicriterio: ahorro de tiempo y costes

Con el fin de explorar los impactos económicos y sociales del soterramiento de la M-30, se propone un nuevo enfoque integrado que busca el máximo bienestar social, es decir, desarrollar un nuevo análisis costes-beneficios que incluya los impactos sociales sobre grupos de población de renta baja ( $\leq 1.100\text{€}/\text{mes}$  por hogar), media (entre 1.100 y 3.100€/mes) y alta ( $\geq 3.100\text{€}/\text{mes}$ ) (Di Ciommo et al. 2014b).

- Por lo tanto, se utilizan los siguientes datos: población objetivo o potencial (en función de la renta): cuantificación de colectivos, localización territorial, principales características vinculadas a la movilidad (p.e. reparto modal), etc.
- Modelo de costes 2005-2007 (Empresa Municipal Madrid Calle 30, 2018)
- Evolución de la distribución por modos de transporte en Madrid (reparto modal) entre modos activos, transporte público y privado motorizado (CRTM 2004, EMTA 2006-16, Di Ciommo, 2017)
- Encuesta de satisfacción del usuario de la M-30 (Simple Lógica, 2015)
- Ahorro de tiempo posibles estimaciones a través del modelo de transporte y uso del suelo (Guzmán et al., 2013).

El análisis coste-beneficio (ACB), tal como se emplea habitualmente en la práctica, es principalmente una forma sistemática de sumar beneficios y costes utilizando el denominador único del dinero. Desde esta perspectiva, una de las preguntas clave es ¿cuáles son los beneficios y costes a incluir en este tipo de análisis? Gran parte de la crítica sobre el análisis coste-beneficio se ha centrado precisamente en esta cuestión (Browne y Ryan 2011) y más concretamente relacionada con el coste marginal del valor monetario. El ACB utiliza una tasa de descuento única derivada de los tipos de interés del mercado o de las tasas de rentabilidad de las inversiones para descontar los costes y beneficios de los agentes sociales (p.ej. Tasa Interna de Rendimiento, TIR). Sin embargo, la literatura reciente ha demostrado que una medida más adecuada del beneficio socioeconómico es posible utilizando diferentes tasas de descuento dependiendo de la tipología de beneficiario (Gobierno, agentes sociales, usuarios con renta diferente). La relación coste-

oportunidad puede variar entre los individuos, las empresas, los gobiernos y la sociedad, al igual que el rendimiento del ahorro.

Este tipo de análisis se basan en el uso de las **tasas de descuento** intertemporal<sup>10</sup>, otorgando un menor valor a una ganancia futura debido a la incertidumbre sobre el futuro. Esta incertidumbre determina el peso de las preferencias y debería integrarse en la formulación de una actuación de movilidad o medioambiental (es decir, un sistema de peaje en la sombra que indica la recuperación de la inversión a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura) que pueda tener un impacto social significativo.

Los diferentes grupos socio-económicos de la población pueden tener diferentes preferencias intertemporales hacia sus costes y beneficios futuros. Estas preferencias intertemporales son una muestra de la disponibilidad a pagar un servicio o bien entre hoy y mañana. Su consideración es importante para hacer aceptable o no una intervención o inversión en infraestructura viaria. Existe un riesgo identificado de que el sistema de financiación de las intervenciones viarias que suponen un peaje en la sombra pueda dar menos beneficios a las personas con menores ingresos frente a las personas con mayores ingresos. En este caso hablamos de una intervención regresiva: paga más quien gana menos. Todo esto fue demostrado por Banister (2002) que analizó el conjunto de las intervenciones viarias en el Reino Unido determinando su carácter regresivo. Destaca también una tendencia general que subraya cómo las personas con menores ingresos tienen una mayor utilidad marginal del dinero y un menor valor del tiempo monetizado. Tanto la asequibilidad de ingresos como las limitaciones de tiempo derivadas de la aplicación del sistema de financiación de las infraestructuras viarias podrán dar lugar a una mayor desigualdad en el transporte y a la consiguiente exclusión social.

Por lo tanto, a la hora de la evaluación de los impactos socioeconómicos del soterramiento de la M-30 se consideran diferentes tasas de descuento para cada tipo de usuario con renta baja, media o alta. De esta forma se propone un marco integrado que busca el máximo bienestar social.

### **Definición de escenarios para la evaluación del ahorro de tiempo de usuarios de la M-30**

La evaluación de los impactos socio-económico del soterramiento necesita considerar el reparto modal de la ciudad de Madrid ya que está a la base del modelo de uso del suelo e integración del transporte (LUTI, Guzmán 2011) dentro del cual se desarrolla la ACB.

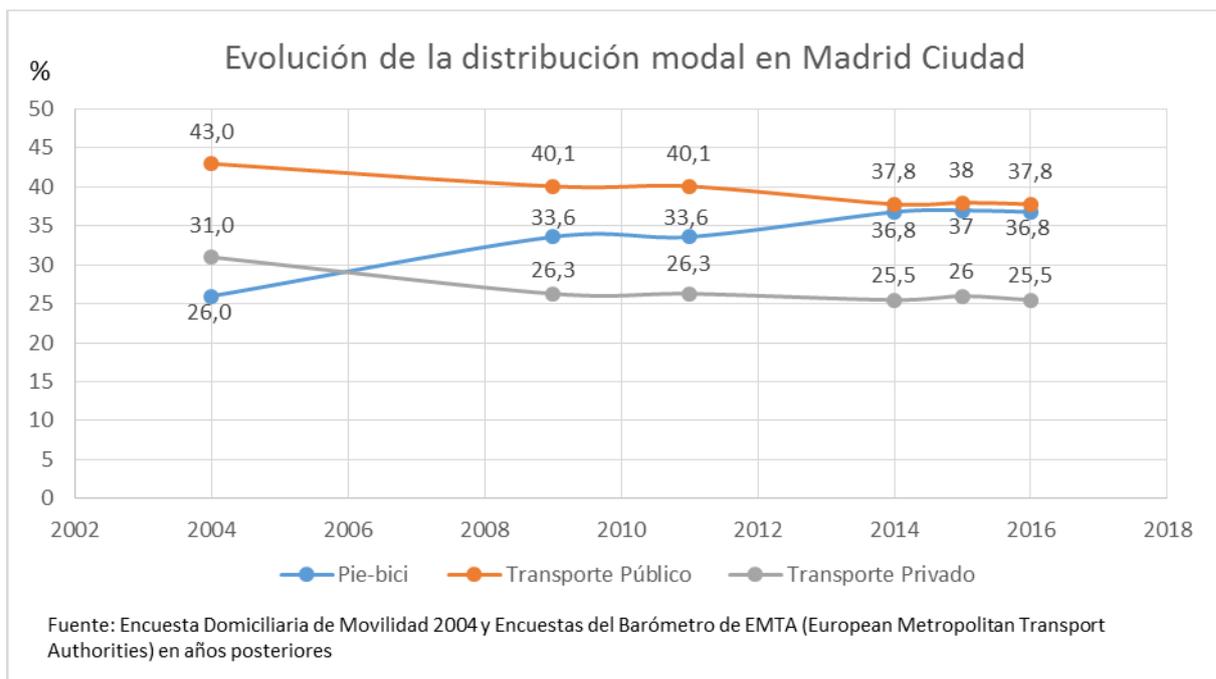
El único dato fiable es el de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad en la Comunidad de Madrid de 2004 (EDM04), el resto son estimaciones del Consorcio Regional de

---

<sup>10</sup> Cada grupo de ingresos se caracteriza por una tasa de descuento diferente. Esta tasa de descuento se calcula combinando el ingreso de los hogares obteniéndose de datos del INE, del Ayuntamiento de Madrid y de la Comunidad de Madrid, el gasto en consumo de transporte y su porcentaje adicional de peaje sombra que debe dedicarse cuando se realiza una intervención como el soterramiento de la M-30.

Transportes de Madrid (CTRM), las cuales son recogidas y publicadas por la Agrupación europea de las Autoridades de transporte metropolitano (*European Metropolitan Transport Authorities*, EMTA). No obstante, son útiles para el objetivo de este informe:

Gráfico 1. Evolución de la distribución modal en Madrid Ciudad



El **Escenario de Referencia (REF)** es el en el cual no se produce ningún cambio sustancial en la M-30 desde 2003 en adelante. Se contemplan algunas mejoras en la circulación debida a la aplicación de medidas de control de acceso a la ciudad como el SER, por ejemplo. Se trata del escenario con respecto al cual se miden las variaciones de costes-beneficios estimados en los demás escenarios.

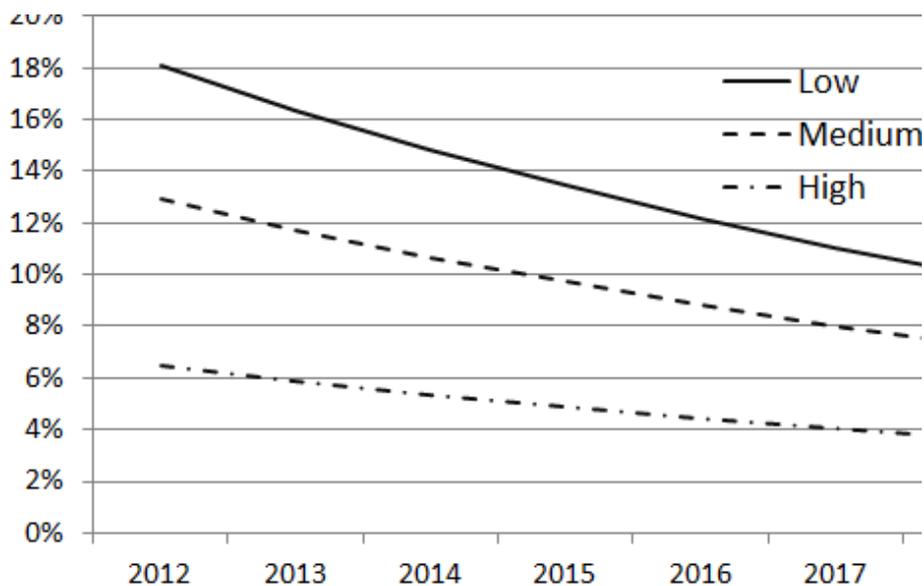
Se proponen tres escenarios diferentes con respecto al escenario de referencia:

- **Escenario 1:** se estiman los **valores óptimos** de coste del soterramiento a través de un **peaje en la sombra** (el que se paga vía las arcas públicas para cubrir el coste del soterramiento de la M-30) pagado por la ciudadanía, utilicen o no la infraestructura, adoptando diferentes tasas de descuento según las preferencias de tiempo de cada tipología de *stakeholders*. En este caso los costes y los beneficios de la población usuaria se descuentan con una **tasa de descuento homogénea**.
- **Escenario 2:** tomando los resultados de los valores óptimos del **peaje en la sombra del Escenario 1** la función matemática de bienestar social se calcula nuevamente, pero considerando esta vez las **tasas de descuento distintas** según los diferentes grupos de ingresos (renta alta, media, baja). De acuerdo con esto utilizamos las tasas de descuento que se muestran en la Figura 4 y estimamos la

función de bienestar (costes-beneficios sociales). Esto contribuye a la discusión sobre cómo el uso de las tasas de descuento para usuarios iguales o diferentes influye en su bienestar social y si la actuación medioambiental de movilidad que estamos evaluando es regresiva o progresiva. Este escenario permite descubrir si hay “regresividad oculta”.

- **Escenario 3:** una actuación que prevé el pago del peaje en la sombra se optimiza utilizando tasas de descuento según los *stakeholders* y los tres niveles de ingresos de las personas, beneficiarias o no. De esta forma es posible evaluar si la inclusión de tasas de descuento diferenciadas por ingreso puede mejorar el impacto social en términos de regresividad. Este escenario permite definir implicaciones sobre el diseño de las actuaciones medioambiental o de movilidad. Se **cambian los valores del peaje sombra** (integrando el posible efecto de impactos sociales negativos del escenario 2).

Figura 4. Tasas de descuento por tipo de usuario (ingresos bajos, medios y altos)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos utilizados en el modelo de uso del suelo y transporte de Madrid estimado por Guzmán et al 2013.

Esta metodología nos ha permitido, como veremos más adelante, aportar un nuevo método de análisis al integrar diferentes tipos de tasas de descuento que pertenecen al perfil de actor social (administración, empresas y sociedad) y al grupo de población según su nivel de ingreso (alto, medio y bajo) para medir los beneficios reales de cada actor con las intervenciones de soterramiento de la M-30, entre 2003 y 2017. La Tabla 1 muestra las tasas de descuentos adoptadas en los escenarios del caso de estudio. El escenario de referencia es el escenario contrafactual sin soterramiento de M-30 con respecto al cual se estiman las variaciones en términos de costes (p.e. peaje en la sombra) y ahorro de tiempo.

Tabla 1. Escenarios testados en relación al Escenario de referencia (REF)

	Escenarios		
	1	2	3
<b>Tasa de descuento del usuario según renta</b>			
Baja	5.5%	Variable según Figura 4	Variable según Figura 4
Media	5.5%		
Alta	5.5%		
<b>Tasa de descuento de otros agentes sociales</b>			
Empresas	7.0%	7.0%	7.0%
Administración	4.5%	4.5%	4.5%
Sociedad	4.5%	4.5%	4.5%
<b>Ingresos/peaje en la sombra por M-30 soterrada</b>	<b>Optimo</b>	<b>Optimo del Escenario 1</b>	<b>Optimo</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la encuesta de movilidad 2004 y de ahorros de tiempo estimados (CRTM 2014)

Asimismo, nuestro enfoque para la evaluación del capital invertido en obra pública implica considerar simultáneamente los beneficios y los costes y hacer varias suposiciones simplificadoras del tipo de población beneficiaria de la obra. Según la percepción identificada por la ciudadanía a través de entrevistas a las personas residentes, tal y como se ha descrito anteriormente (p.19), se consideran dos grandes ventajas:

- por un lado, aquellos grupos de residentes que utilizan la M-30 soterrada, que son los que se benefician de la expansión de la capacidad de las carreteras
- por otro, de la población sin uso de la M-30 soterrada, que se beneficia de la reducción de barreras urbanas (con el parque de Madrid Río).

Sin embargo, la percepción de los/as habitantes cambia cuando nos acercamos a las salidas de los túneles y a los puntos de localización de los extractores de humo de la M-30 donde los habitantes no solo respiran, sino que incluso huelen las emisiones (p.ej. Arganzuela) (Empresa Municipal Madrid Calle 30, 2017).

En este contexto, la evaluación de impactos se centra en la estimación de beneficios y costes substancialmente para cuatro grupos de población:

1. Usuarios/as de la M-30
2. Beneficiarios/as del espacio verde y sin barrera de Madrid Río
3. Beneficiados/as por Madrid Río, pero no por el soterramiento de la M-30
4. Los no-usuarios/as de la M-30 o del Parque Madrid Río y afectados/as por las emisiones y el ruido.

La tabla siguiente evidencia cómo cada grupo de población se ve beneficiado, se mantiene neutral o se ve perjudicado por las consecuencias de ampliación de la M-30 y por su cubrimiento con la actuación del parque de Madrid Río.

Tabla 2. Beneficiarios/as de la ampliación de capacidad de la M-30, sus bypass y su cubrimiento

Tipo de proyecto	1. Usuarios de la infraestructura	2. Beneficiados del espacio verde y continuo (p.ej. habitantes colindantes lejos de los extractores de humo)	3. Beneficiados por Madrid Río, pero no por la infraestructura (p.ej. no utilizan en coche)	4. No-usuarios de la M-30 y afectados por las emisiones y el ruido
Ampliación de la vía M-30	<i>Beneficiados/as</i>	<i>Neutro/a</i>	<i>Perjudicados/as</i>	<i>Perjudicados/as</i>
Cubrimiento – Madrid Río	<i>Neutro/a</i>	<i>Beneficiados/as</i>	<i>Beneficiados/as</i>	<i>Neutro/a</i>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3 Enfoque de modelo de salud Trafico-Emisiones-Salud-TRES (*Health Impact Assessment*): contaminación, emisión e impacto en la calidad de vida

Los estudios que realizan la evaluación de la cadena completa Trafico, Emisiones y Salud son muy pocos (Kreis et al, 2016). A menudo, tales evaluaciones pueden ser problemáticas, ya que los modelos a los que se hace referencia necesitan muchos datos y

mano de obra y requieren de la experiencia de diferentes disciplinas para poderse desarrollar y estimar.

Para la ciudad de Madrid realizamos y adaptamos un tipo de modelo con la cadena completa de Tráfico-Emissiones-Salud y nos centramos en uno de los tipos de contaminantes producido por los automóviles: los **óxidos de nitrógeno** ( $\text{NO}_x$ ) que se producen durante la combustión como reacción directa entre el nitrógeno y el oxígeno del aire. Por una parte, el monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ), penetra fácilmente en las células humanas y causa edema pulmonar y efectos en la sangre debido a la formación de metahemoglobina. Por otro lado, el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) causa irritación en los ojos, de las membranas mucosas y los pulmones y produce enfermedades respiratorias como asma, alergias, irritaciones y bronquitis.

En este bloque se elaborarán indicadores de emisiones y sus efectos sobre la salud de los grupos de población más vulnerables y cerca de los puntos de emisiones del tráfico rodado de la M-30 soterrada. Esta combinación ambiental y territorial permitirá definir cuáles son las zonas y los grupos de población mayoritariamente afectados por el soterramiento de la M-30 (ver las desembocaduras de la Avenida de Portugal y el *bypass* este).

Se han seleccionado las **cuatro estaciones de medición de la contaminación atmosférica más cercanas al soterramiento de la M-30 y con datos continuos desde el 2003 hasta el 2017**. Se menciona que el 2009 se produjo una deslocalización o supresión de estaciones de medición de calidad del aire con lo que se han quitado dos estaciones relevantes para el perímetro de análisis considerado: la estación de Pontones y de Alto de Extremadura.

Concretamente, se utilizarán los datos de emisiones del flujo de tráfico circulante por la M-30. Un indicador propuesto por el Estudio sobre el Impacto Ambiental de Políticas Municipales (Alba Hidalgo et al, 2016) es: "Población expuesta a altas concentraciones de contaminantes". Se utiliza el modelo de Tráfico-Emissiones-Salud (TRES) estimado por cambiaMO (2018b) para determinar los efectos del potencial tráfico añadido por el incremento de capacidad de entrada de vehículos a Madrid después del soterramiento de la M-30.

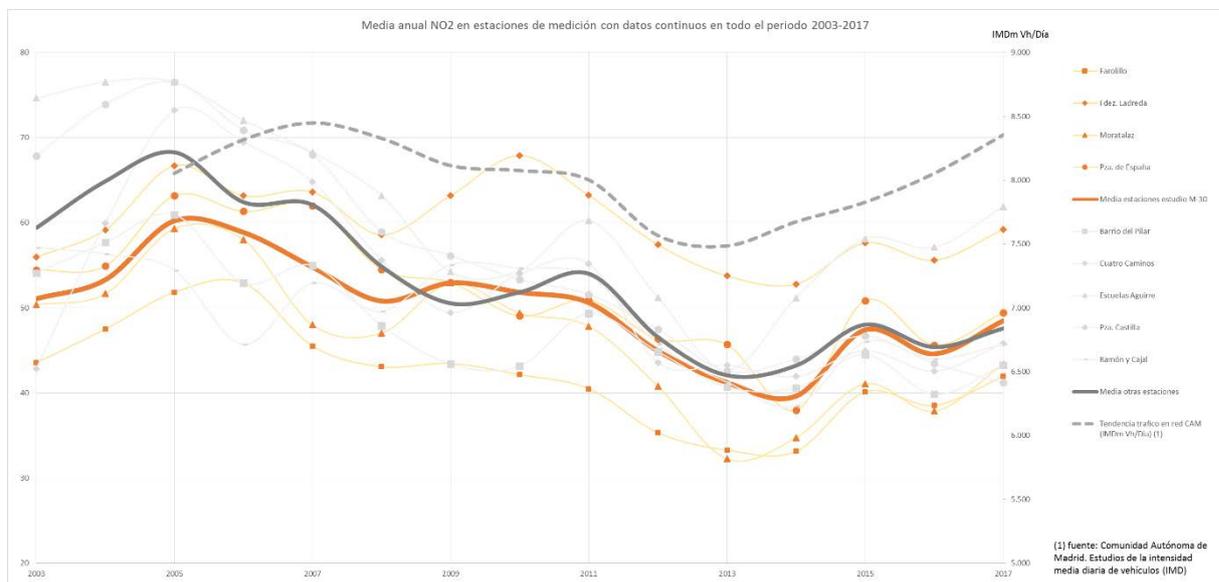
Los automóviles producen el 80% del  $\text{NO}_2$  y partículas, contaminantes atmosféricos con consecuencias muy perjudiciales para la salud humana (Sundvor et al, 2012). Según las estimaciones de *Cambridge Econometrics* llevadas a cabo en el marco del estudio "Fuelling Spain's Future", el parque automovilístico español emite anualmente unas 115.000 toneladas de  $\text{NO}_x$  y unas 3.600 toneladas de partículas. Debido a estas emisiones, se estiman el número de muertes prematuras en España causadas por  $\text{NO}_2$  en 6.740 en 2014.

El tráfico de automóviles también es responsable de la formación de micropartículas ( $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ ) al reaccionar en la atmósfera. Respecto a estas micropartículas ( $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ ), se estima que fueron responsables de 17.190 muertes prematuras en España.

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, en 2014 entre el 90 y el 95% de los europeos han estado expuestos a niveles de  $PM_{2,5}$  por encima de los niveles de referencia sugeridos por la Organización Mundial de la Salud mientras que alrededor del 80% han estado expuestos a niveles demasiado elevados de  $PM_{10}$ . Existen estudios que relacionan la exposición a micropartículas con enfermedades graves (asma, enfermedades cardiopulmonares e infartos cerebrales) (AEMA, 2017), relacionado también con la aparición de cáncer en caso de exposiciones prolongadas (WHO, 1999).

Las emisiones de  $NO_2$  a partir de la inauguración de la M-30 soterrada en 2007, muestran una tendencia parecida a la del tráfico de coches privados registrada en la Comunidad de Madrid. En concreto, a partir de 2013, cuando el tráfico de coches privados vuelve a crecer por la salida de la crisis económica, la tendencia de las emisiones registradas en las 4 estaciones consideradas en el estudio (líneas marrones) es parecida a la de las otras estaciones de medición de emisiones del resto de la ciudad (líneas grises), con un valor absoluto más bajo justo al 2014, cuando paulatinamente las dos líneas empiezan a alcanzarse. Por lo tanto, no se observa una mejora de las emisiones en otras zonas de la ciudad de Madrid de donde se haya podido desviar el tráfico hacia la M-30.

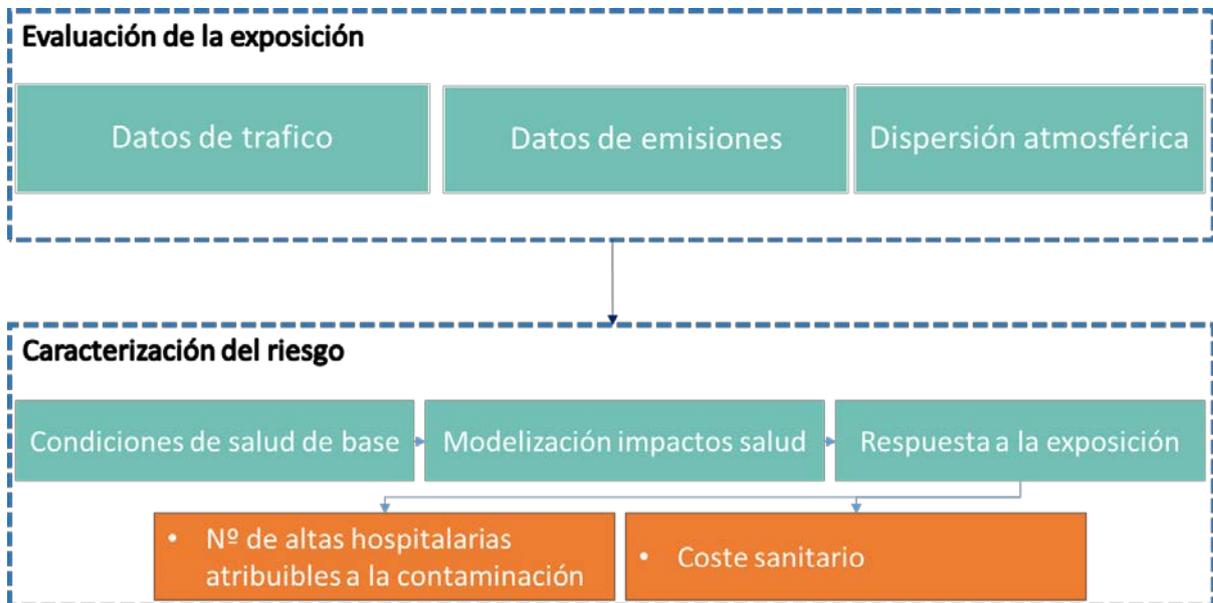
Gráfico 2. Tendencias de emisiones de  $NO_2$  en estaciones de estudio comparadas con el resto de estaciones de la ciudad y tendencia de datos de tráfico en la Comunidad de Madrid



Fuente datos de tráfico: Comunidad Autónoma de Madrid. Estudios de la intensidad media diaria de vehículos (IMD)

Por la gravedad de los impactos que las dos tipologías de contaminantes producen el modelo se centra en ellas y en la población residente, entre la cual su impacto es más elevado, en concreto alrededor del radio de acción del tráfico rodado de la M-30 en su parte soterrada. En este ámbito estimamos el coste sanitario relativo a los ingresos hospitalarios de las enfermedades correspondientes.

Figura 5. Descripción enfoque específico usado en el impacto sobre la salud (HIA)



Fuente: elaboración propia a partir de Informe "Fuelling Spain's Future" de Transport & Environment (cambiaMO 2018a; Stenning, J. et al. 2018)

En concreto, en este estudio se evalúa el impacto del soterramiento de la M-30 sobre la calidad del aire de las áreas a máx. 500 metros de los focos de contaminación en los que, constantemente, se están superando los límites de contaminación que afectan directamente a la salud, en particular los de NO<sub>2</sub>, establecidos tanto por la Unión Europea como por la Organización Mundial de la Salud en 40 µg/m<sup>3</sup> de media anual y en 200 µg/m<sup>3</sup> de media en durante una hora. Se trata de espacios metropolitanos vulnerables donde la comparación de distintos escenarios estimados en el estudio puede indicar las políticas necesarias a adoptar para aquella movilidad que no se puede asegurar andando, en bicicleta o en transporte público.

Los impactos ambientales del tráfico rodado (p.ej. automóviles) son de tres tipos: directos del transporte sobre el medio ambiente (p.ej. ruido, emisiones de monóxido de nitrógeno, y partículas), indirectos - efectos secundarios (p.ej. por combustión incompleta indirectamente ligado a problemas respiratorios y cardiovasculares), y acumulativos - la suma de los efectos dañinos (p.ej. el cambio climático causado por el impacto acumulativo de varios factores naturales).

La tabla puesta a continuación describe los distintos tipos de contaminantes y sus efectos.

Tabla 3. Resumen de varios tipos de emisiones contaminantes de vehículos motorizados y sus impactos

Emisión	Descripción	Fuentes	Efectos dañinos	Escala
<b>Oxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	Un producto de la combustión	Producción de combustible y tubos de escape.	Cambio climático	Global
<b>Monóxido de carbono (CO)</b>	Un gas tóxico causado por la combustión incompleta.	Tubos de escape	Salud humana, cambio climático.	Muy local
<b>CFC y HCFC</b>	Una clase de productos químicos duraderos.	Acondicionadores de aire y actividades industriales.	Agotamiento del ozono, cambio climático.	Global
<b>Partículas finas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>)</b>	Partículas inhalables compuestas de trozos de combustible y carbono.	Tubos de escape (diésel), forros de freno, polvo de carretera, etc.	Salud humana, estética.	Local y Regional
<b>Plomo</b>	Elemento utilizado en los antiguos aditivos de combustible.	Aditivos para combustibles y baterías.	Salud humana, daños ecológicos.	Local
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	Un gas inflamable.	Producción de combustible y tubos de escape.	Cambio climático	Global
<b>Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).</b>	Varios compuestos, algunos son tóxicos, todos contribuyen al ozono.	Tubos de escape.	Salud humana, precursor del ozono, daño ecológico.	Local y Regional
<b>Ozono (O<sub>2</sub>)</b>	Contaminante del aire urbano causado por NO <sub>x</sub> y COV combinados en la luz solar.	NO <sub>x</sub> y Compuestos orgánicos volátiles (VOC)	Salud humana, vegetación, estética.	Regional
<b>Polvo carreteras (partículas no del tubo de escape)</b>	Partículas de polvo creadas por el movimiento del vehículo.	Uso del vehículo, forros de freno, desgaste de neumáticos.	Salud humana, estética.	Local
<b>Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)</b>	Irritante del pulmón y lluvia ácida.	Tubos de escape de vehículos diésel.	Salud humana, daño ecológico.	Local y Regional
<b>Otras sustancias tóxicas (p.ej. benceno)</b>	Compuestos orgánicos volátiles (VOC) tóxicos y cancerígenos.	Producción de combustible y tubos de escape.	Riesgos para la salud humana	Muy local

Fuente: US EPA (2000), Indicators of the Environmental Impacts of Transportation, Updated Second Edition (nepis.epa.gov). Transportation Energy Data Book (TEDB, 2018) (cta.ornl.gov)

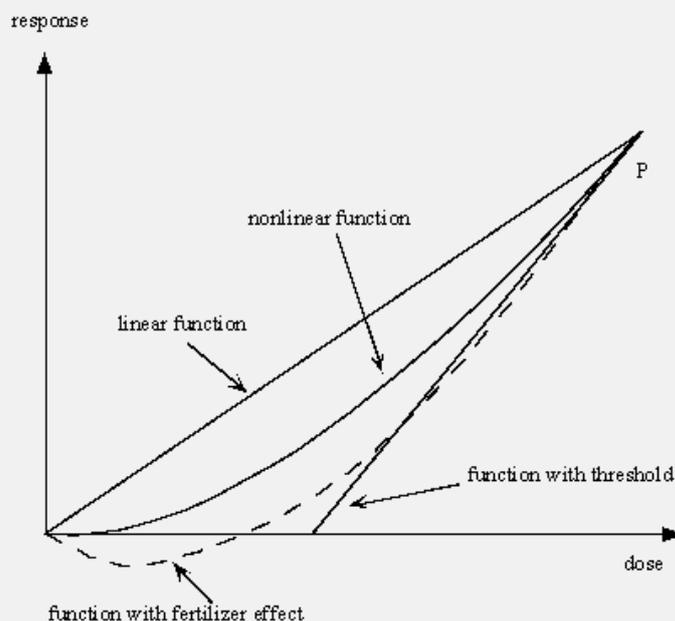
Cuadro 1. Descripción de los métodos dosis-respuesta para el análisis de impactos de salud

### Funciones dosis-respuesta

Las funciones dosis-respuesta, o relación exposición-respuesta, describen el cambio en el efecto sobre un organismo causado por diferentes niveles de exposición (o dosis) a un factor estresante (generalmente una sustancia química) después de un cierto tiempo de exposición. Esto puede aplicarse a *individuos* o a *poblaciones* (por ejemplo, cuántas personas u organismos se ven afectados a diferentes niveles de exposición).

El estudio de la respuesta a la dosis y el desarrollo de modelos de dosis-respuesta es fundamental para determinar los niveles y las dosis "seguras" o "peligrosas" de contaminantes y otras sustancias a las que están expuestos los seres humanos u otros organismos.

Las relaciones dosis-respuesta generalmente dependen del tiempo de exposición y la ruta de exposición (inhalación, ingesta dietética...). La cuantificación de la respuesta después de un tiempo de exposición diferente, o para una ruta distinta, conduce a una relación y posiblemente a conclusiones diferentes sobre los efectos en cuestión. Esta limitación está causada por la complejidad de los sistemas y los procesos biológicos a menudo desconocidos que operan entre la exposición externa y la respuesta celular adversa.

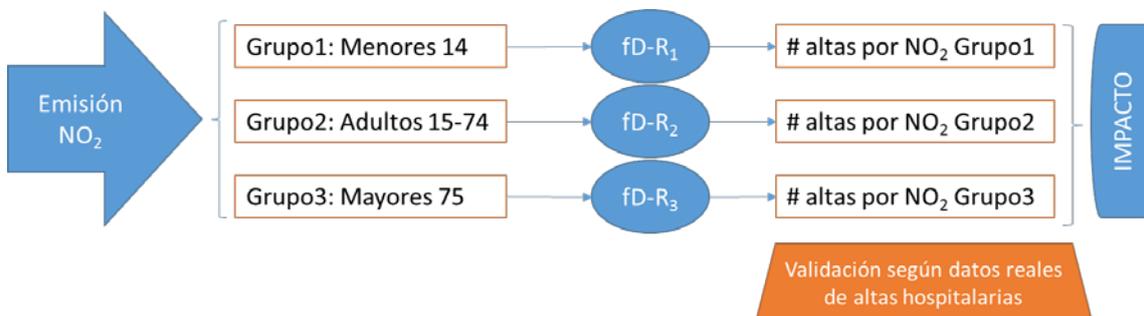


Existen distintas curvas posibles para evaluar los impactos en términos de salud de poblaciones expuestas a un determinado contaminante. Para los contaminantes emitidos por el tráfico urbano (principalmente  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_x$ ,  $\text{O}_3$  y  $\text{SO}_2$ ) en la literatura epidemiológica se suelen aplicar funciones dosis-respuesta lineales sin umbral mínimo porque son las más plausibles tras su validación con los ingresos hospitalarios reales.

Para este estudio se seleccionan los indicadores que revelan la morbilidad respiratoria de los que tenemos estimada la curva de dosis-respuesta. Tal como se describe en el cuadro anterior las funciones de dosis-respuesta expresan el cambio porcentual en el riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias en asociación con la unidad de exposición seleccionada para cada contaminante, en este caso el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). La función dosis-respuesta a la exposición a NO<sub>2</sub> se basa en la síntesis de 20 estudios, que da como resultado 1,03 personas afectadas, por la exposición a 4 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> (1,06 para menores de 14 años y 1,065 para mayores de 75).

En concreto, se estima el riesgo en cada sección censal y se calcula entonces la **fracción proporcional de población atribuible a la contaminación de NO<sub>2</sub>** (PAF, Population Attributable Fraction, en sus siglas en inglés). El PAF es una métrica cuantitativa estándar utilizada en el análisis de impacto sobre la salud. Define la reducción proporcional de la morbilidad que se produciría si la exposición a la contaminación atmosférica se redujera al escenario sin ninguna exposición. El PAF se calcula utilizando métodos estándar que utilizan la proporción de la población expuesta (100% en este caso, ya que toda la población considerada está expuesta a algún nivel de contaminación atmosférica) y la estimación del riesgo en cada área del censo.

Figura 6. Esquema metodológico del modelo de impacto de salud



Fuente: Elaboración propia a partir de Linares & Diaz (2010), Khreis et al. (2016), Nieuwenhuijsen et al. (2017).

Se obtienen así de estudios anteriores curvas dosis-respuesta por adultos, niños/niñas y mayores (Linares & Diaz, 2010, Khreis et al. 2016, Nieuwenhuijsen et al. 2017). Se pueden estimar los riesgos atribuibles a la contaminación también según grupos de edad de la población cerca de los focos de emisión de la M-30 en Madrid. En concreto, tenemos tres grupos demográficos por edad y uno por género: niñas/niños/adolescentes hasta 14 años (en consideración de la asignación pediátrica), adultos entre 14 y 74 y mayores de 75 años, y las mujeres cuya exposición es estimada ser marginalmente más alta a causa de su mayor tiempo de estancia en la calle (Di Ciommo et al. 2018).

#### 4.2.3.1 Datos de tráfico y emisiones

Las emisiones dependen fundamentalmente de las características del vehículo y que se resumen a continuación:

1. Tipo de vehículo (gasolina, diésel, GLP, eléctrico) donde más del 60% de los vehículos que transitan en la M-30 son diésel.
2. Factores que afectan al consumo (peso, desplazamiento, aerodinámica).
3. Presencia de dispositivos para reducir las emisiones.
4. Edad y estado de mantenimiento de los vehículos.
5. Tipo de conducción (especialmente para los vehículos a combustión interna).
6. Velocidad.
7. Aceleración.
8. Tipo de tráfico, con repetidas aceleraciones y frenadas.

A nivel urbano tenemos dos tipologías de modelos de emisiones: dinámico y estático. Los modelos dinámicos se identifican principalmente con los siguientes modelos y se caracterizan por basarse en la velocidad real de los automóviles:

- IMM (Intersection Midblock Model), EPA (Environment Protection Agency);
- MICRO2, Highways department Colorado
- CALINE4, DOT California.

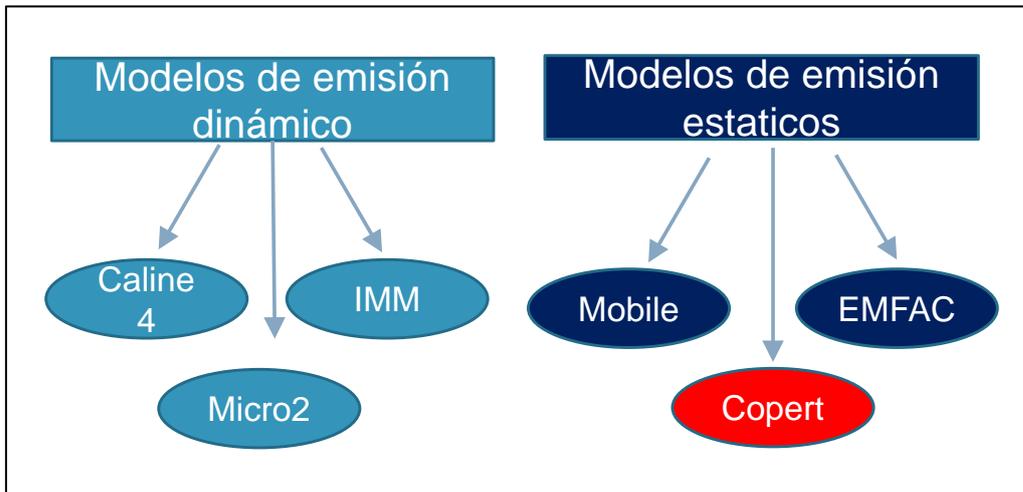
En los modelos de emisiones estáticos los factores de emisión están relacionados con la velocidad media (más velocidad produce más emisiones por vehículo):

$$e_i^k = e_i^k(v, a)$$

y se identifican con:

- COPERT
- MOBILE
- EMFAC

Figura 7. Tipología de modelos de emisiones



Fuente: Catania et al 2016

Para este estudio nos basamos en el modelo Copert, sensible al cambio del parque automovilístico (Catania et al., 2016). Por lo tanto, se adopta una metodología en la que se calculan los factores de emisión de los principales contaminantes partiendo de las siguientes variables:

- Tipo de combustible, cilindrada del motor, categoría Euro.
- Velocidad media.
- Longitud de las rutas.
- Tipo de recorrido.
- Temperatura ambiente.

Este modelo permite obtener los valores de emisión para cada categoría de vehículo y por lo tanto del parque móvil.

Después de la estimación de la exposición a dosis de contaminantes ambientales (por ejemplo, NO<sub>2</sub>) se estiman los riesgos de salud atribuibles a la contaminación a través de las curvas dosis-respuesta y se evalúa el impacto en la salud de la población.

En Madrid ciudad, cambiar a vehículos Eco de bajas emisiones reduciría paulatinamente las emisiones de NO<sub>x</sub> de los automóviles en un 1% en 2020 y en un 6% en 2025, y de partículas de tan solo un 3% en 2025.

#### 4.2.3.2 Metodología seguida para la definición de población afectada.

Suponemos que tanto el beneficio como el coste están inversamente relacionados con la distancia de la mejora, esto es, a medida que aumenta la distancia tanto el beneficio como el coste disminuyen. Por ejemplo, los usuarios que residen lejos de la M-30 soterrada y

de Madrid Rio obtienen un beneficio solo cuando utilizan una instalación. Por otro lado, es más probable que los residentes cercanos perciban una mejora de forma constante.

Nuestro enfoque para evaluar la distancia media a las mejoras medioambientales implica la creación de una superficie continua de población residente mediante la conversión de los conteos a nivel de población que utiliza la infraestructura donde cada punto representa un residente. Esta metodología se inspira en la metodología de evaluación de infraestructura de transporte de Karner et al. (2013). Específicamente, para cada zona, creamos un conjunto de puntos distribuidos aleatoriamente dentro de la zona para que el número total de puntos sea igual al número de población de acuerdo con los conteos de los datos del Ayuntamiento. Dentro del ArcGIS, la herramienta de geo-processing "Create Random Points" puede ser utilizada para este propósito. El QGIS de código abierto tiene una herramienta similar llamada "Random Points Inside Polygons".

El método propuesto se aplica más fácilmente con el apoyo de sistemas de información geográfica (SIG). Se necesitan datos sobre la ubicación espacial y los atributos (por ejemplo, el tipo de actuación) de las inversiones propuestas en la infraestructura de transporte o intervención medioambiental, así como datos sobre la concentración de los grupos de población que podrían beneficiarse de la infraestructura propuesta o verse perjudicados por ella. Los organismos de planificación del transporte tendrían que producir regularmente esos datos espaciales cuando preparan sus propuestas de inversión plurianuales. La información demográfica, incluidos los recuentos de los grupos de población resumidos a pequeña escala geográfica, es parte de las secciones censales. A continuación, se define la aplicación de nuestro método al área de intervención de la M-30 y de Madrid Rio.

### **Delimitación de la población afectada y de los focos de emisión principal seleccionados para el estudio del caso**

Se adoptan como focos de emisión principales las entradas y salidas de túnel del soterramiento de la M-30 (digitalizados sobre ortofoto/elaboración propia) así como los perímetros de ventilación del soterramiento, facilitados por la empresa Madrid Calle 30. Los perímetros de emisiones están determinados por los pozos de ventilación de la M-30 que se utilizan cuando se pone en marcha la ventilación forzada. A día de hoy la mitad de ellos tiene filtros capaces de mitigar la emisión de contaminantes. La ventilación forzada del túnel hacia fuera se pone en marcha principalmente durante los días laborables con mayor tráfico rodado y en general una vez al día, cuando los niveles de contaminantes al interior del túnel superan los niveles resumidos en la tabla siguiente:

Tabla 4. Niveles de contaminantes para el funcionamiento de pozos de ventilación

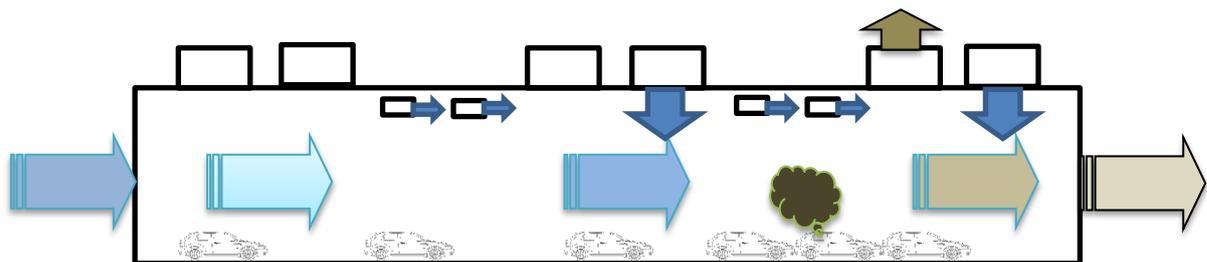
Modo funcionamiento	Condiciones de activación		
	CO (ppm=mg/m <sup>3</sup> )	NO (ppm= mg/m <sup>3</sup> )	Opacidad (10 <sup>-3</sup> m <sup>-1</sup> )
Nivel 1	< 20	< 1	< 2 . 10 <sup>-3</sup>
Nivel 2	40	2	4 . 10 <sup>-3</sup>
Nivel 3	80	4	7 . 10 <sup>-3</sup>
Nivel 4	150	10	12 . 10 <sup>-3</sup>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EMESA

La ventilación forzada remite la contaminación interna del túnel a la superficie mitigando las ventajas de tener una infraestructura viaria como la M-30 soterrada.

A continuación, la figura describe el funcionamiento de la ventilación en servicio sin rebasar el límite inferior de contaminación.

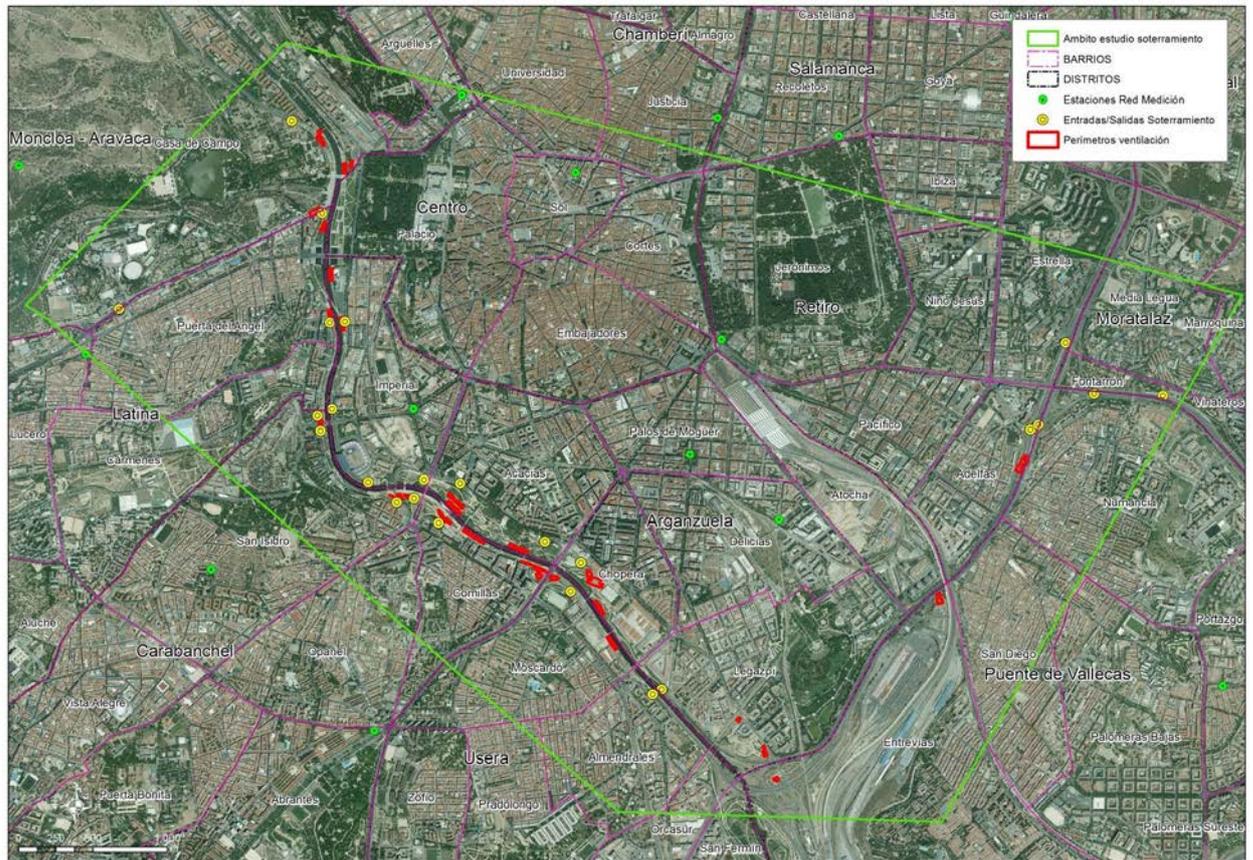
Figura 8. Funcionamiento pozos de ventilación en servicio sin rebasar el límite inferior de contaminación (NIVEL 5)



Fuente: EMESA

La figura siguiente muestra la ubicación de las principales entradas y salidas de túnel del soterramiento de la M-30 y sus perímetros de ventilación, así como las estaciones de medición de las emisiones consideradas en este estudio.

Figura 9. Ubicación de entradas y salidas del túnel soterrado de la M-30, perímetros de ventilación y estaciones de medición de las emisiones consideradas en este estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGN y del Ayuntamiento de Madrid.

A partir de la literatura sobre distancias a considerar para evaluar los impactos de los focos de emisión se realiza, alrededor de estos focos, un *buffer* (banda de distancia/radio variable) de 150, 300 y 500 m tomando el perímetro de los focos de emisión, ya sea el eje viario antes de su soterramiento o los perímetros de entradas/salidas y de los pozos de ventilación después. Estos polígonos generados - *buffer* multivariable - se intersectan con las secciones censales y se obtiene la superficie de la sección censal afectada por cada distancia al foco de emisión.

Para cada sección censal afectada se realiza el cálculo de la densidad de población por superficie unitaria para obtener la población proporcional de la superficie de corte de la sección censal afectada según distancias al foco de emisión. **Se realiza el cálculo de densidad (hab/m<sup>2</sup>) para población total, para población femenina, masculina, menores de 14 años, población comprendida entre 19-74 años, mayores de 74 años (rangos de**

corte marcados por criterios del modelo de salud y disponibilidad de datos en la fuente municipal).

Con las densidades para cada variable demográfica escogida y la superficie de sección censal afectada según la distancia de los focos de emisión se obtiene la población afectada para cada uno de los criterios demográficos y distancias definidas

Con respecto al caso concreto de soterramiento de la M-30, como las obras del soterramiento comienzan en 2004 y finalizan en 2007 (soterramiento) y 2011 (Madrid Río), se han realizado cortes de análisis temporal para los siguientes años:

- 2003. Antes de inicio de las obras.
- 2007. Fase de obras de soterramiento.
- 2011. Fase de obras de Madrid Río.
- 2015. Fin del periodo de análisis del Informe.
- 2017. Actualidad. Comprobación de tendencia.

Hemos empleado para ello, como datos de partida los datos de población por sección censal publicados en el [banco de datos del Ayuntamiento de Madrid](#) para cada uno de los barrios colindantes a la infraestructura.

La superficie de corte de las secciones censales varía, como es lógico, según se ha considerado antes del soterramiento (M-30 descubierta) y después del soterramiento al pasar de un *buffer* continuo a uno discontinuo. No obstante, para posibilitar el rigor de la comparación antes y después de la obra se han adoptado los mismos extremos de superficie de corte.

En las siguientes figuras se muestran las superficies de corte empleadas<sup>11</sup>:

- **Antes de las obras de soterramiento**, se ha digitalizado la calzada completa de la M-30 como foco de emisión, sobre la que se realiza un *buffer* (banda de distancia/radio variable) de 150, 300 y 500 m desde el borde de la calzada descubierta en toda la extensión que posteriormente fue soterrada e incluyendo áreas hasta las salidas de túnel que fueron construidas. Esta superficie ha sido empleada para los cortes de 2003 y 2007.
- **Después de las obras de soterramiento**. En este caso se adoptan como focos de emisión principales las entradas y salidas de túnel del soterramiento de la M-30 (digitalizados sobre ortofoto/elaboración propia) así como perímetros de ventilación del soterramiento, facilitados por Madrid Calle-30. Sobre estos focos de emisión se realiza igualmente un *buffer* de 150, 300 y 500 m tomando como centro los citados focos definidos. Esta superficie ha sido empleada para los cortes 2011, 2015 y 2017.

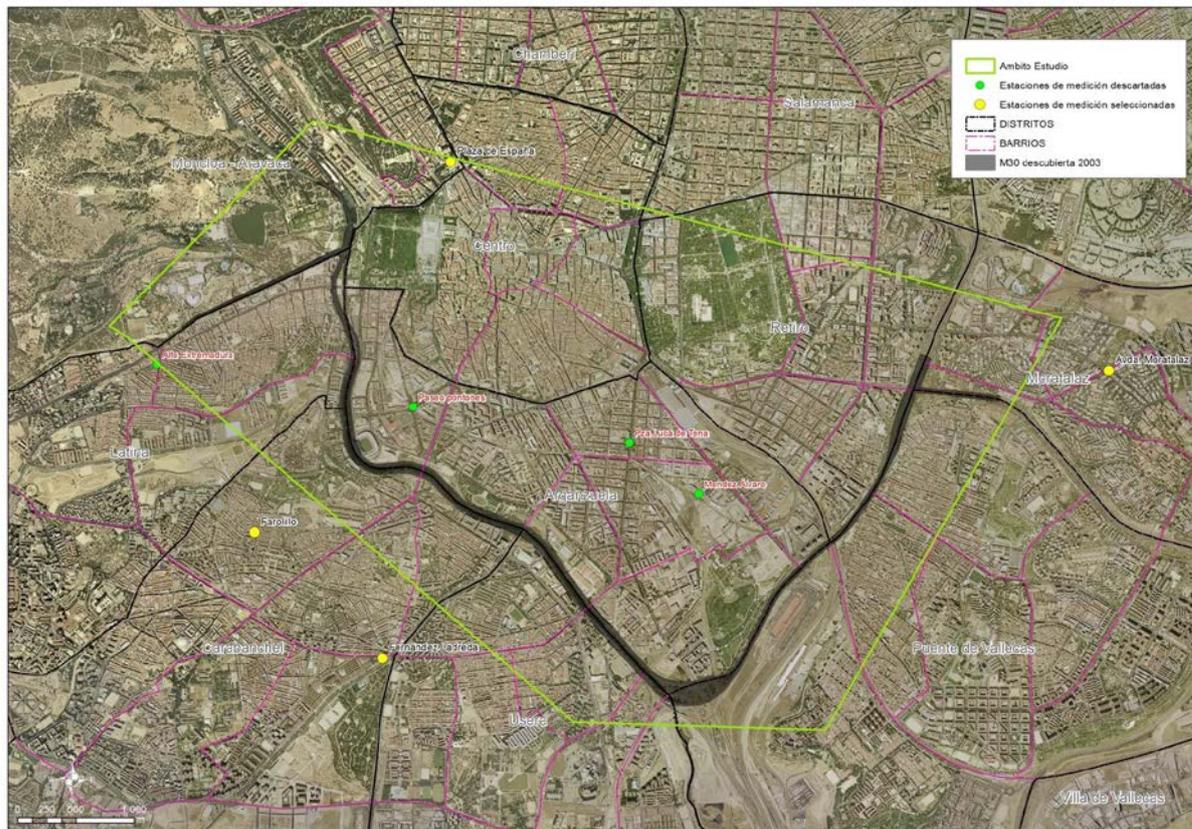
---

<sup>11</sup> Las fuentes de datos de todas las figuras son el IGN y el Ayuntamiento de Madrid. Elaboración propia

En ambos casos estos polígonos generados - *buffer* multivariable - se intersectan con las secciones censales y se obtiene la superficie de la sección censal afectada por cada distancia al foco de emisión. De allí se obtiene la población afectada para cada uno de los criterios demográficos y distancias definidas.

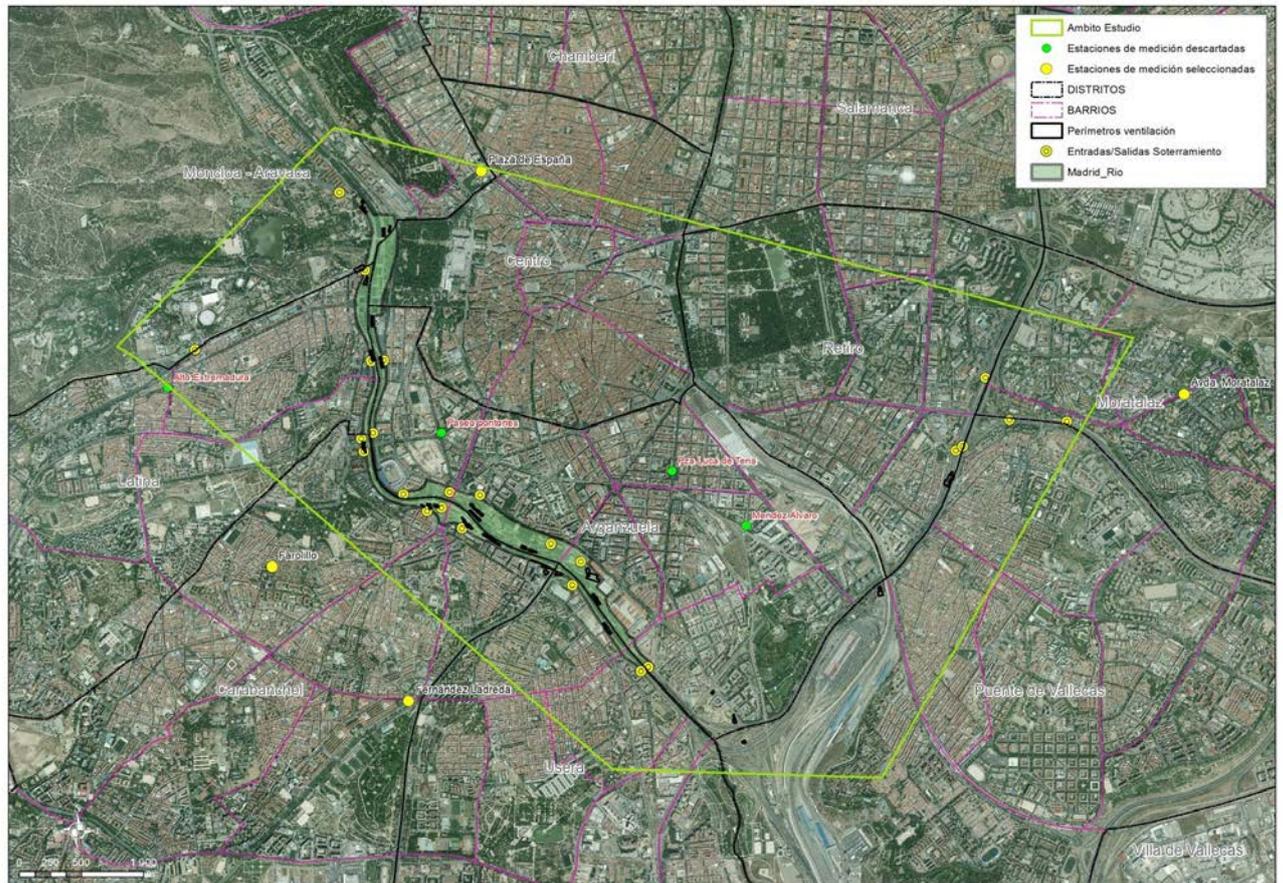
En las siguientes Figura 10 y Figura 11 se muestra, sobre la ortofoto histórica correspondiente, la superficie de corte de cada ámbito, respectivamente en el periodo 2003 -2007 y en 2011-2017.

Figura 10. Ámbito año 2003 -2007 - ortofoto 2003



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGN y del Ayuntamiento de Madrid.

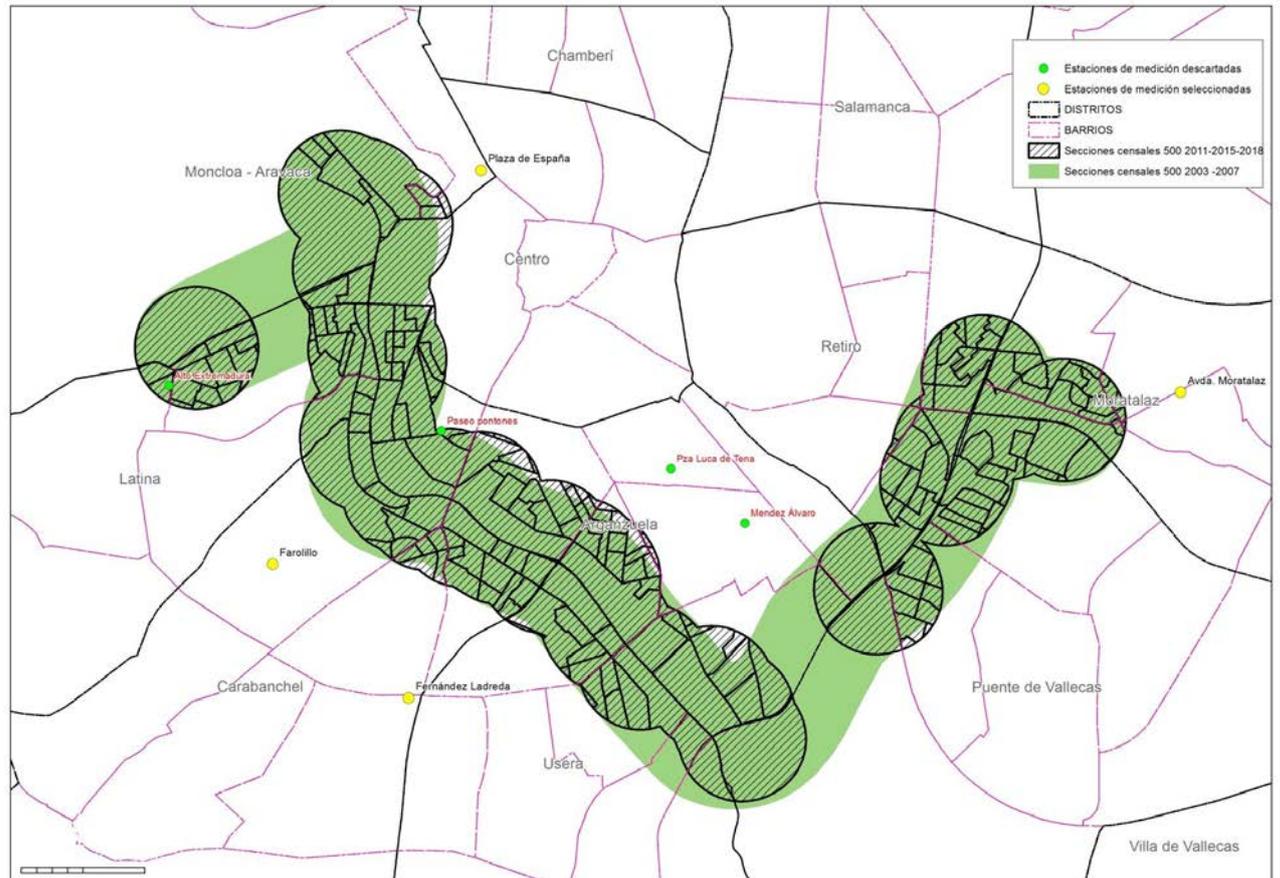
Figura 11. Ámbito año 2011-2015-2017 – ortofoto 2017



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGN y del Ayuntamiento de Madrid.

A continuación, se presenta otro mapa (Figura 12) con la intersección entre los dos ámbitos anteriores incluyendo las estaciones de medición que se han seleccionado y las que se han descartado por falta de continuidad en la provisión de datos a lo largo de los periodos de análisis.

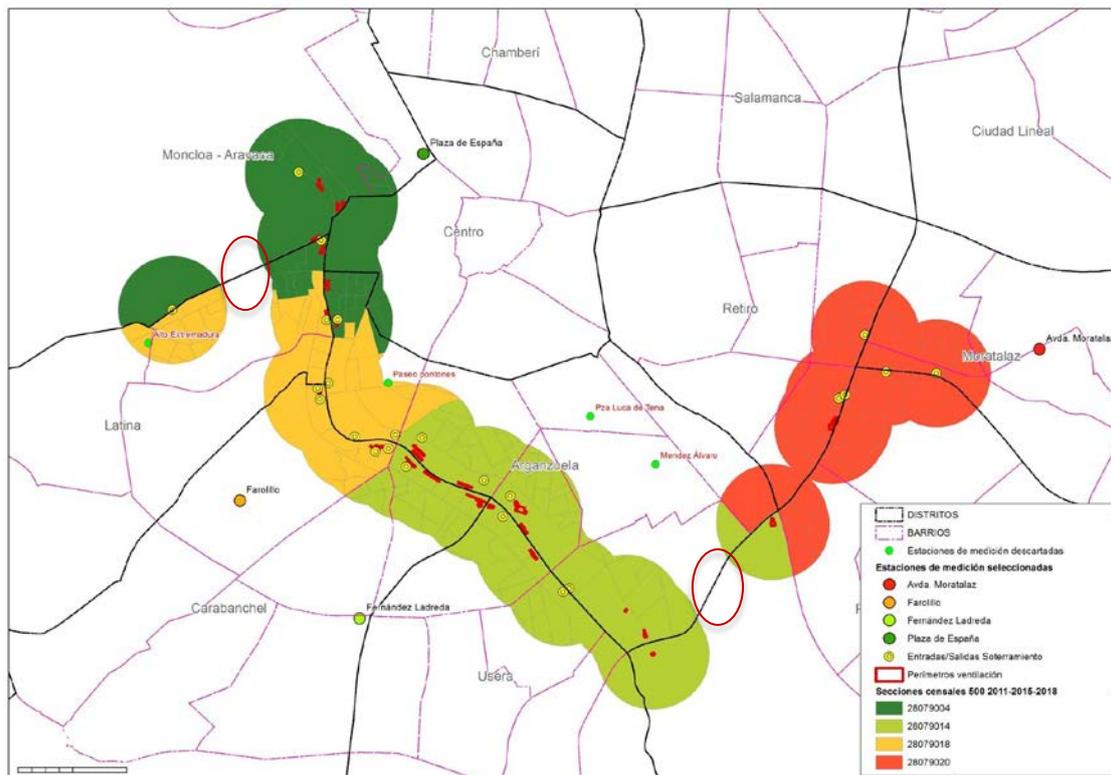
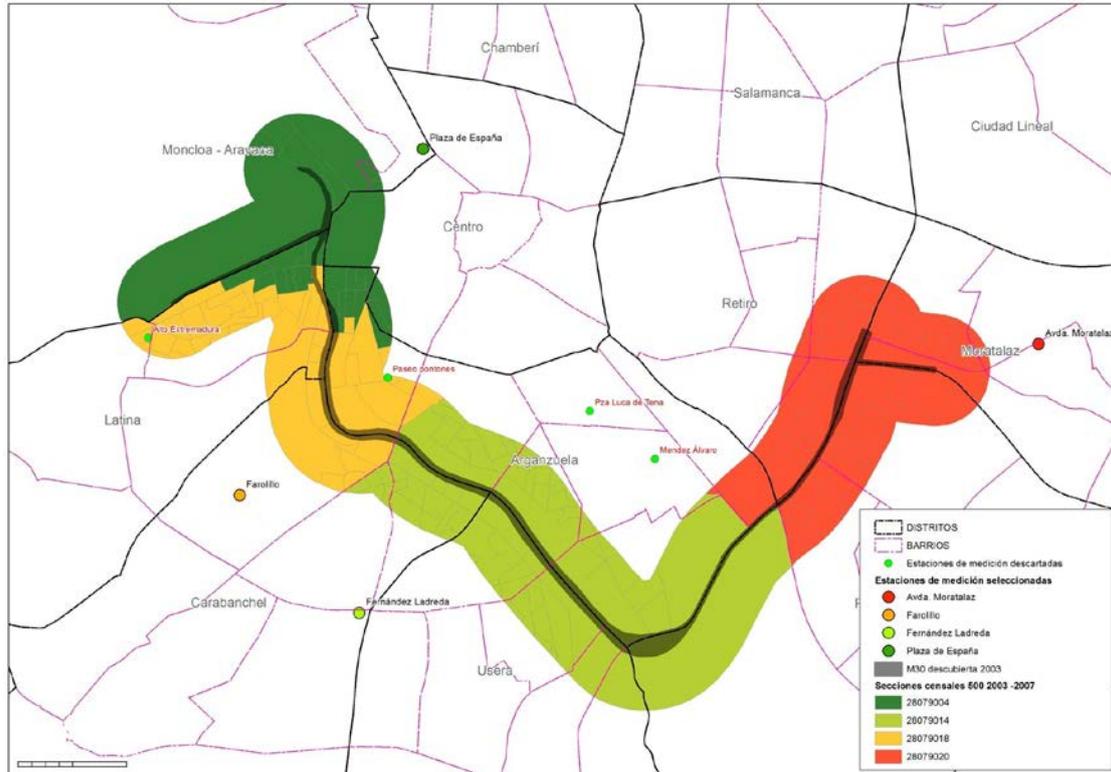
Figura 12. Superposición de las dos áreas de corte de las secciones censales, tomando como ejemplo el buffer de 500 m respecto a los focos de emisión



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGN y del Ayuntamiento de Madrid.

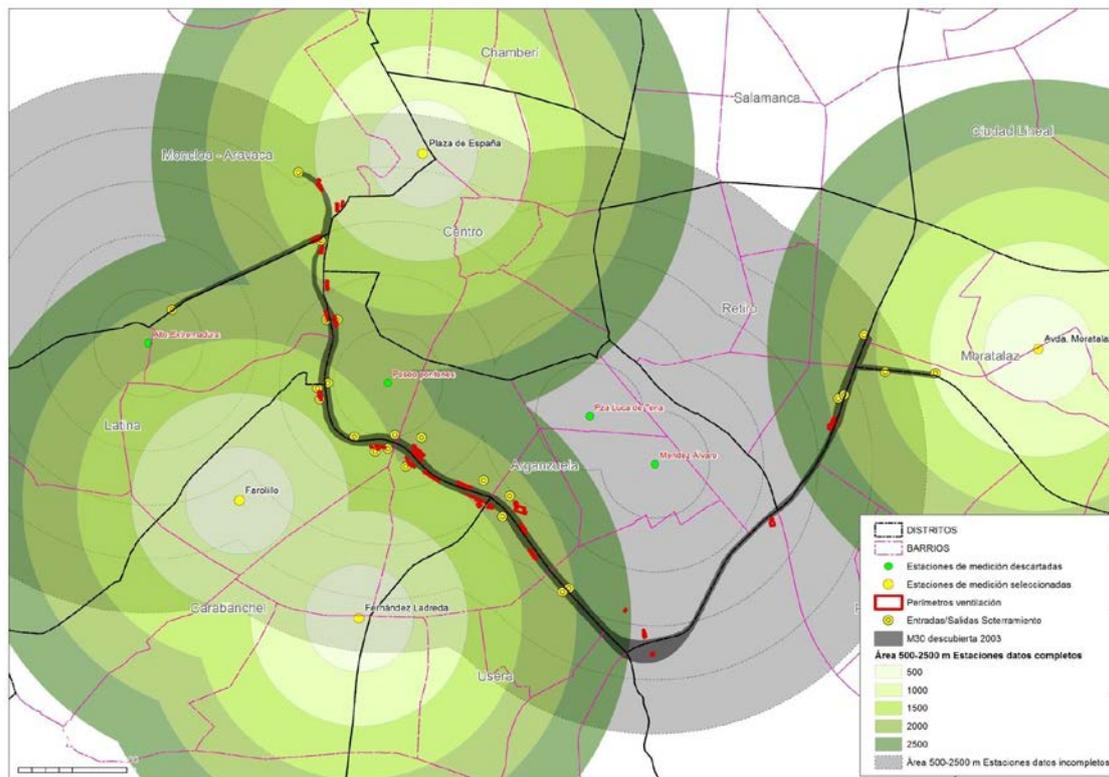
En la Figuras 13 se muestra la vinculación de las secciones censales de corte con las estaciones de medición seleccionadas. A este respecto se han tomado únicamente las estaciones que poseían datos en todo el periodo de estudio 2003-2017.

Figuras 13. Secciones censales vs Estaciones de referencia adoptadas (datos completos en todo el periodo). Ámbito 2003-2007 y Ámbito 2011-2015-2018



A continuación, se muestra otra figura con los radios de acción de las estaciones de medición, las consideradas (en verde) y las que no han podido ser empleadas porque desaparecieron o se incorporaron en mitad del periodo de estudio (en gris). En la figura se evidencia que la población afectada que vamos a considerar es más baja que la población realmente afectada porque están más lejos de las estaciones de medición que de los focos de contaminación (chimeneas de emisiones). Por ejemplo, respectivamente en las zonas de las estaciones eliminadas de Alto de Extremadura y de Méndez Álvaro en las que hay entradas y salidas del túnel y chimeneas de la M-30 soterrada no sabemos cómo medir sus emisiones.

Figura 14. Estaciones seleccionadas frente a descartadas por datos incompletos. Intersección de las áreas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGN y del Ayuntamiento de Madrid.

### Metodología para la distinción de población afectada cercana vs alejada a Madrid Río

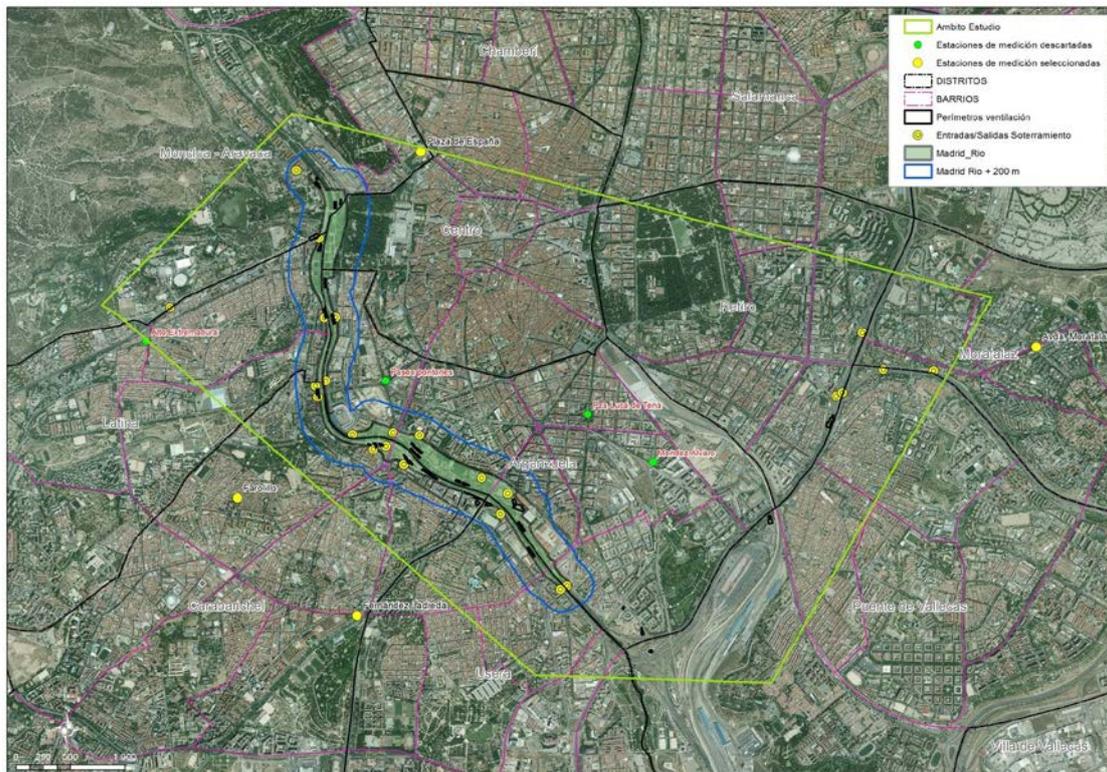
En primer lugar, se ha digitalizado la zona ajardinada de Madrid Río. Se realiza un *buffer* de 150, 300 y 500 m tomando como referencia dicho polígono de Madrid Río, límite que diferenciará la población afectada por contaminación que se encuentra cercana a Madrid Río frente a la población alejada de la misma. El *buffer* de la zona de disfrute es de 200 m.

Se trata de distancias ya experimentadas y adoptadas por otros estudios (Paez et. 2012, Environmental and European Agency).

Se realiza el corte del *buffer* afección/disfrute de Madrid Río con las secciones censales/población afectada según distancias (definidas en la metodología anterior).

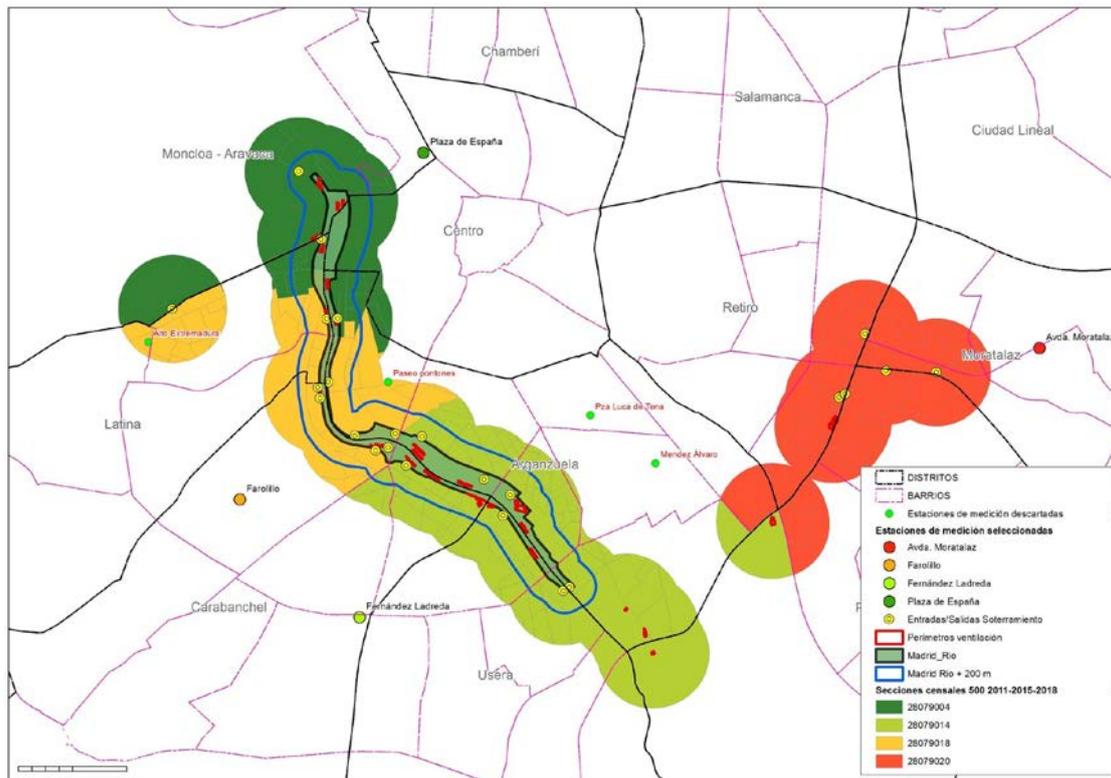
Finalmente se obtiene la población afectada por emisiones directas y cercana a Madrid Río y población afectada por emisiones directas y lejanas a Madrid Río. La población afectada se asigna a cada una de las cuatro estaciones de medición escogida según el criterio de la cercanía al foco de emisión y que presenten una cierta continuidad en el periodo de antes del soterramiento (antes del 2003), durante (2003-2007) y después (2007-2017). La población afectada por la contaminación después del soterramiento es menor con respecto a la que estaba afectada con anterioridad. Efectivamente, el soterramiento de la M-30 permite a 20.000 personas de salir de la exposición directa a las emisiones contaminantes por dos motivos concretos: en parte por estar alejada de los focos de emisiones, en parte por estar alejada de las estaciones de medición de la calidad del aire, pero no de los focos de emisiones (Figuras 13 Figura 14. Comparación de la población afectada y/o no considerada por falta de datos registrados de emisiones y la población que con el soterramiento sale de la zona de afectación de las emisiones).

Figura 15. Año 2017 - Buffer de 200 m sobre Madrid Río



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGN y del Ayuntamiento de Madrid.

Figura 16. Superposición del buffer de 200 m sobre Madrid Río y el ámbito de las secciones censales/estaciones de referencia adoptadas (con datos completos en todo el periodo). Ámbito 2011-2015-2017



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IGN y del Ayuntamiento de Madrid.

A continuación, en la siguiente tabla se observa el resumen de la población afectada por año:

Tabla 5. Población afectada/beneficiada según distancia a M-30 superficial y soterrada. 2003-2017

Población afectada/beneficiada							
	M-30 superficial		M-30 soterrada				
Buffer	2003	2007	2011	2015	2017		
					Total	Cerca de Mad Río (<200m)	Lejos de Mad Río (>200m)
150m	61.373	63.805	40.521	38.425	39.092	27.715	11.378
300m	131.772	134.681	116.989	110.939	113.734	56.138	57.618
500m	239.779	244.791	231.686	219.703	223.515	57.421	166.095

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid.

En su lectura y análisis se debe recordar la superficie de corte de las secciones censales afectadas varía según se ha considerado M-30 superficial o soterrada al variar los focos de emisión desde donde se realizan los *buffers*. A ello hay que añadir las variaciones demográficas (aumentos o descensos en los datos censales).

#### 4.2.4 Enfoque de análisis de impacto de género. Las ciudades desde la perspectiva de género

*“La ciudad se diseña según un patrón masculino implícito e inconsciente de usuario: personas independientes, motorizadas, sin ningún problema de discapacidad o salud, volcadas totalmente en el trabajo, sin responsabilidades de cuidado de criaturas o personas mayores, ajenos a los procesos de mantenimiento tanto de la propia ciudad como de su hogar”.*  
-- Velázquez I. y Justo A. <sup>12</sup>

##### 4.2.4.1 ¿Por qué analizar el impacto de género en el soterramiento de la M-30?

En primer lugar, porque se hace necesario poner en cuestión la supuesta neutralidad en el diseño y la construcción de los modelos de ciudad en los que habitamos. La configuración de una ciudad, cómo se desarrolla y cómo se programa tiene efectos en la vida de las personas que serán distintos en función del sujeto social del que estamos hablando, ya sea hombres, mujeres, niños o niñas o personas mayores. En nuestro caso de estudio, el soterramiento de la M-30 y el parque Madrid Río, nos centramos en el impacto de género de una obra pública en la que ni en el diseño, ni en su planteamiento

<sup>12</sup> [Propuestas para un nuevo urbanismo](#). Urbanismo, vivienda y medio ambiente. Emakunde. Instituto vasco de la mujer. Julio de 2003

urbanístico, ni en la ejecución posterior hubo obligatoriedad de realizar este tipo de análisis. Ahora, con la obra acabada, existe la necesidad de realizar esta aproximación de impacto, no solo por la obligatoriedad legal actual, sino que además se trata de una infraestructura pública que, como cualquier otra, se continúa mejorando y para la cual se diseñan nuevas actuaciones desde la administración local. Desde este prisma entendemos que las valoraciones y apreciaciones que podamos exponer a continuación pueden ser muy útiles tanto para reflexionar sobre aspectos de diseño y planificación urbanística del pasado que puedan no haberse tenido en cuenta suficientemente, así como para poder incorporar en la planificación de futuras actuaciones en esta zona la mirada de género. Una mirada a nuestra ciudad pensando no sólo en las diferentes necesidades a las que da respuesta, sino también quiénes son los colectivos más vulnerables y quiénes desarrollan principalmente qué tareas, dónde, cómo, con quién y por qué, y planificar desde ese enfoque para toda la ciudadanía.

#### 4.2.4.2 Contexto normativo

Mirar el urbanismo desde una perspectiva de género nos obliga a repensar los modelos sobre los que se ha construido los espacios urbanos en los que habitamos atendiendo tanto a la experiencia como a la planificación. Esta realidad fue considerada en nuestro ordenamiento jurídico con posterioridad al inicio de la decisión del soterramiento de la M-30, en el [Decreto legislativo 1/2005, de 26 de Julio](#), que aprueba el Texto refundido de la Ley de Urbanismo se afirma:

*“El departamento de Política territorial y obras públicas tiene que incorporar la perspectiva de género en el desarrollo de esta ley para garantizar la promoción de la representación paritaria en la composición de los órganos urbanísticos colegiados y de la evaluación del impacto de la acción urbanística en función del género”* (Disposición adicional decimoctava. Incorporación de la perspectiva de género)

Asimismo, la [Ley 30/2003, de 13 de octubre, sobre medidas para incorporar la valoración del impacto de género](#) en las disposiciones normativas que elabora el Gobierno dispone la siguiente modificación del artículo 24.1.b) de la Ley 50/1997, de 27 de noviembre:

*“En todo caso, los reglamentos deberán ir acompañados de un informe sobre el impacto por razón de género de las medidas que se establecen en el mismo.”*

La [Ley Orgánica 3/2007](#), de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres reafirmaba esta idea:

*“La prevención de estas conductas discriminatorias y en la previsión de políticas activas para hacer efectivo el principio de igualdad. Esta opción implica necesariamente una protección el principio de igualdad sobre los diversos ámbitos del ordenamiento de la realidad social, cultural y artística en que se pueda generar o perpetrar desigualdad. De aquí la consideración de la*

*dimensión transversal de la igualdad, seña de identidad del modelo de derecho antidiscriminatorio, como principio fundamental de este texto.” (Exposición de motivos. Título III).*

La misma ley de igualdad en su artículo 31, políticas urbanas, de ordenación territorial y vivienda, aterriza la transversalidad de género en la dimensión urbanística al señalar que las políticas y planes de las administraciones públicas, desde el acceso a la vivienda hasta las políticas urbanas y de ordenación del territorio tienen que considerar las diferentes necesidades tanto de los grupos sociales como de las estructuras familiares favoreciendo el acceso en condiciones de igualdad. Señala también la necesidad de atender las necesidades habitacionales de las mujeres víctimas de violencia de género y especialmente aquellas con menores a su cargo. Sin olvidar el mandato a las administraciones públicas:

*“Las Administraciones públicas tendrán en cuenta en el diseño de la ciudad, en las políticas urbanas, en la definición y ejecución del planeamiento urbanístico, la perspectiva de género, utilizando para ello, especialmente, mecanismos e instrumentos que fomenten y favorezcan la participación ciudadana y la transparencia”. (Artículo 31. Políticas urbanas, de ordenación territorial y vivienda),*

Por último, en el caso de la Comunidad de Madrid hay que referenciar que tras las sentencias del Tribunal Supremo en las que se basa la sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Madrid, de 19 de abril de 2017, se sostiene la exigibilidad del informe de impacto de género en cualquier actuación pública, tal y como se expone en el [Decreto 197/2015, de 4 de agosto, artículo 15.1:](#)

*“el impulso de la incorporación de la perspectiva de género en todas las normas, políticas, actuaciones, planes y estrategias de las instituciones de la Comunidad de Madrid, sin perjuicio de las competencias de la Viceconsejería, así como informar sobre el impacto de género de estas actuaciones cuando así esté previsto en la normativa vigente”.*

#### **4.2.4.3 (Re) pensar las ciudades desde la perspectiva de género**

Los espacios públicos dentro de las ciudades han sido contrapuestos a los espacios privados, como si el espacio público fuera un espacio independiente y desconectado de la realidad de los hogares y sin zonas donde los usos públicos y privados se puedan mezclar (p.ej. para las tareas de crianza). La artificialidad de las fronteras entre lo público y lo privado ya fue desvelada por Carole Pateman (1970) que afirmaba que resulta en una omisión nada inocente fruto de la invisibilización de las esferas privadas, en tanto en cuanto espacios feminizados, así como de las interconexiones entre las esferas públicas y privadas. Si trasladamos esta teoría al urbanismo encontraremos

ciudades que se construyen en torno a la satisfacción de las tareas productivas, aquellas monetizables, mientras que las tareas tradicionalmente desarrolladas en el espacio privado, el trabajo de cuidados, son obviadas. Esto resulta en una doble omisión:

- En primer lugar, las tareas de cuidados no se desarrollan exclusivamente en los hogares, sino que necesitan de transacciones e interrelaciones con el espacio público, algo tan sencillo como podría ser adquirir alimentos, acompañar a una persona mayor a una visita médica o llevar a un o una menor al parque.
- En segundo lugar, las tareas productivas no se desarrollan al margen de las tareas de cuidados. Como vienen señalando la economía feminista y autoras como Amaia Pérez Orozco, en su comunicación de las Jornadas Feministas Estatales, Granada (diciembre de 2009) afirmaba que no existe el “trabajador champiñón”, *“aquel que brota todos los días plenamente disponible para el mercado, sin necesidades de cuidados propias ni responsabilidades sobre cuidados ajenos, y desaparece una vez fuera de la empresa”*. Es decir que las tareas productivas son dependientes de las tareas reproductivas que se desarrollan en los hogares y tradicionalmente por las mujeres.

Un diseño de las ciudades “ciego a las tareas de cuidados” dificultará el desarrollo de las tareas de cuidados reduciendo la calidad de vida de sus habitantes en general y de las mujeres en particular.

¿Por qué unas ciudades ciegas a los cuidados tienen un impacto de género negativo? La actual crisis de los cuidados se ha resuelto reprivatizando la atención a las tareas de cuidados a través de los hogares y las redes familiares donde de forma invisible, gratuita y sin reconocimiento son atendidas estas tareas por parte principalmente de las madres, hermanas, abuelas...

Las mujeres, en base a los roles de género tradicionales, continúan siendo las principales proveedoras de las tareas de cuidados. Según datos de 2016 de la OIT, del Informe [\*“Care work and care jobs for the future of decent work”\*](#), las mujeres desarrollan el doble de horas de tareas del hogar que los varones. El diseño de las ciudades puede facilitar o dificultar la satisfacción de las necesidades de cuidados e incluso promover modelos más corresponsables que desprivaticen la provisión de cuidados. Los espacios urbanos tienen así que ser pensados para resultar multifuncionales, atendiendo a la diversidad de tareas a las que dan respuesta, para facilitar una utilización del uso del tiempo eficiente que no sobrecargue aún más las jornadas de las mujeres que los habiten.

Se debe considerar además que estas necesidades de cuidados deben ser satisfechas a diario y a lo largo de todas nuestras vidas. Hay dos momentos en los que estas necesidades se amplifican: en la infancia y la vejez, además de los casos de personas con diversidad funcional que requieran atención y cuidados específicos. Asegurar ciudades donde especialmente las personas mayores y las personas con diversidad funcional

puedan ver mejorada la calidad de la atención de sus necesidades, así como aumentada su autonomía no solo asegurará espacios urbanos más democráticos y el acceso al ejercicio de su derecho a la ciudad aumentando su calidad de vida, sino que de forma indirecta repercutirá positivamente en la vida de las mujeres en su papel de cuidadoras y por extensión al resto de la población.

#### 4.2.4.4 Variables de interés en el estudio de género y urbanismo

Siguiendo las recomendaciones del Col·lectiu Punt 6<sup>13</sup> apuntan 6 grandes variables que intervienen en la aplicación de la perspectiva de género en urbanismo:

1. **Espacio público de relación:** los espacios públicos pensados desde una perspectiva de género favorecen la socialización de hombres y mujeres ya que han considerado en su diseño las necesidades y tareas diferenciadas en función de su género, edad, clase social, procedencia...
2. **Equipamientos y servicios:** el espacio de los equipamientos y servicios y su distribución en el territorio en relación a los usos y a las redes de movilidad garantiza mayor calidad de vida porque los convierte en estrategias para fomentar redes sociales, generar intercambio de servicios y posibilitar diferentes tiempos de uso, acercando el funcionamiento de estos espacios a la complejidad de la vida cotidiana.
3. **Movilidad en el espacio y tiempo:** la movilidad ha de ofrecer la mayor variedad posible de opciones, privilegiando los recorridos peatonales que se apoyan en un tejido urbano funcionalmente diverso. Los transportes públicos tienen que dar respuesta a la variedad de horarios del mundo reproductivo, que genera recorridos no lineales y no uniformes. Tenemos que pensar la movilidad respondiendo a la diversidad y a la seguridad en todos sus aspectos, facilitando la planificación de todas las actividades de la vida cotidiana y haciendo posible la igualdad de oportunidades en el acceso a la ciudad.
4. **Vivienda y entorno** como espacios de relación entre vecinos, haciendo un uso compartido de servicios y construyendo espacios de tránsito entre lo privado y lo público.
5. **Seguridad y autonomía:** la percepción de seguridad está vinculada a la capacidad de las mujeres de apropiarse del espacio adquiriendo autonomía. Entre los factores espaciales que colaboran en la percepción de seguridad están la visibilidad, claridad y alternativa de recorridos, la variedad de usos y actividades, y la presencia de gente diversa. Para favorecer el sentimiento de pertenencia y seguridad en los espacios públicos se tiene que cuidar especialmente la

---

<sup>13</sup>Recomendaciones para la implementación de políticas de género al urbanismo. Folleto resumen. 2006-2007. Col·lectiu Punt 6

iluminación de los espacios peatonales y se han de evitar muretes, vallas y escaleras que generen rincones escondidos o de difícil acceso.

6. **Participación individual y colectiva.** La participación es imprescindible para comprender y visibilizar lo que ocurre en un espacio, para poner sobre el papel todo el conocimiento que acumula una comunidad sobre su propio territorio, concretamente la experiencia de las mujeres en su vida cotidiana.

#### 4.2.4.5 Enfoque metodológico para evaluar el impacto de género

Concretamente, en este estudio la valoración del impacto de género tanto de la M-30 como de Madrid Río se basa en la integración de tres enfoques metodológicos diversos: el modelo de la **movilidad del cuidado** para analizar más de cerca la movilidad de las mujeres, el modelo de salud TRES (CambiaMO, 2018b) que ya hemos mencionado anteriormente y que estima los efectos de la contaminación específicamente sobre la salud de la población femenina y una aproximación cualitativa a través de la técnica de grupo focal y vivencias para poder obtener información sobre **la seguridad percibida y las barreras al uso de Madrid Río**. De esta forma, la evaluación del impacto de género del soterramiento de la M-30 y del sucesivo desarrollo del Parque de Madrid Río, se centra en los distintos usos por parte de las mujeres y de su exposición a los efectos negativos del tráfico rodado y de las emisiones que este produce. Por lo tanto, el enfoque está relacionado con el comportamiento de viaje de la mujer (p.ej. número de viajes, motivos y modos de transporte adoptado, etc.) y sus hábitos de movilidad cotidianos, su mayor o menor exposición a la contaminación por tráfico rodado de la M-30, su condición inicial de salud (p.ej. en edad fértil o embarazadas), así como los diferentes usos del parque de los que se puedan beneficiar.

Este estudio se centra en:

1. El análisis de la movilidad de las mujeres relacionada con el soterramiento de la M-30 y ampliación del *bypass* del este (O'Donnell) y de la salida del oeste (Avenida del Portugal) a través de uno de los enfoques de género (p.ej. movilidad del cuidado).
2. La identificación del impacto de la exposición a las emisiones contaminante que produce el tráfico rodado.
3. El impacto sobre las mujeres del incremento de espacio verde con sus estructuras de ocio, deporte y cuidado de Madrid Río y su percepción de seguridad.

El análisis tanto del punto uno como del dos se basan en la implementación del enfoque de movilidad del cuidado que se recoge en recientes investigaciones y que se fundamenta en reagrupar los motivos de viajes relacionados con las necesidades de cuidado. En los últimos años se ha desarrollado una línea de investigación sobre este enfoque culminado

en la presentación de estudios internacionales y la apertura del debate sobre los patrones de movilidad de mujeres y hombres durante el Transport Research Board de 2019<sup>14</sup>. La movilidad del cuidado se basa también en los saberes y la experiencia de las personas para proponer soluciones adaptadas a sus necesidades e intereses. (Di Ciommo et al. 2018).

El tercer aspecto, se basa en la incorporación de la técnica del grupo focal, que en la investigación y evaluación en cuestiones de movilidad es relativamente reciente (Di Ciommo et al, 2014, Di Ciommo and Lucas, 2014).

### 4.3 Limitaciones encontradas

Durante el trabajo realizado para la elaboración de este informe se han identificado las siguientes problemáticas:

- ✓ Falta de datos económicos integrados que hubieran facilitado el análisis coste-beneficio *ex-ante* de toda la infraestructura.
- ✓ Falta de datos e información sistematizada y pública del primer periodo de construcción de la M-30 (2003-2007) respecto al conjunto de la obra.
- ✓ Contaminación atmosférica: Se ha tenido dificultad para encontrar información elaborada previa al año 2007, en temas de contaminación atmosférica, existiendo datos poco detallados. La información existente en Memorias de Calidad de Aire (2007-2015) es en ocasiones poco precisa (por ejemplo, en la memoria del año 2009 el cambio de ubicación de estaciones no existe una descripción de cuáles son las afectadas, dificultando la comparación de datos). Sin embargo, se ha podido tener acceso a los datos primarios en abierto del Ayuntamiento para la estimación del modelo de salud.

A nivel de indicadores no existe continuidad de su cálculo en el periodo de estudio (diferencias entre los indicadores incluidos en la Memoria del Observatorio de la Ciudad de Madrid 2009 y realizada en 2015). La dificultad más relevante en este aspecto se ha encontrado en el **cambio de localización de las estaciones de medición de calidad del aire**, con la supresión de algunas (Luca de Tena, Paseo de Pontones y Alto de Extremadura-Huerta Castañeda), el alta de nuevas estaciones y el cambio de codificación de otras. Esto ha limitado el análisis de las tendencias a solo 4 estaciones, perdiendo así información relevante para el análisis del impacto medioambiental.

---

<sup>14</sup> Se trata del congreso anual de transporte que tiene lugar en Washington cada año

- ✓ Contaminación acústica: También en este caso, se ha tenido dificultad a raíz de la supresión de las estaciones que habrían podido registrar más fielmente el ruido relacionado con el tráfico generado por la M-30. La variación de estaciones, eliminando Paseo Pontones y añadiendo Méndez Álvaro en mitad del periodo, no ha permitido la evaluación previa y posterior del impacto acústico. Por ello, se ha tenido que restringir el análisis a las cinco estaciones que se han considerado más representativas de la contaminación acústica generada por la obra en cuestión y que perduran desde el 2003 hasta el 2017.

Una dificultad adicional ha sido el acceso a la información digital de áreas acústicas, así como datos de afección poblacional por barrios / distritos / áreas / tiempo. Los únicos datos encontrados están en los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) correspondientes, pero de modo general sin posibilidad de segregar por zonas para su análisis.

- ✓ Variaciones del total de la población afectada, según se ha considerado M-30 descubierta o soterrada, al variar los focos de emisiones desde donde se realizan los *buffers*. Además, las variaciones demográficas de disminución general de la población dentro del Ayuntamiento de Madrid (aumentos o descensos en los datos censales) han supuesto dificultades metodológicas adicionales.
- ✓ No hemos podido acceder a datos relevantes de la gestión de Madrid Río tales como el mapa de iluminación del parque, datos de uso, o registros de eventuales agresiones a las mujeres que hayan podido tener lugar.

No obstante las dificultades relativa a una cierta continuidad en los datos se han desglosado los datos primarios de las mediciones de contaminación atmosférica y acústica y se ha reconstruido, a partir de la elaboración de una metodología propia, la afección a la población por unidad censal del área de impacto de la M-30 antes, durante y después de su soterramiento y de la construcción de los respectivos *bypass* de entrada y de salida de la infraestructura con su ampliación de capacidad de tráfico.

## 5 Análisis del impacto medioambiental, social, económico y de género. Resultados

### 5.1 Análisis de impacto socioeconómico y medioambiental

#### 5.1.1 Impacto sociales y resultados del análisis coste-beneficio

Esta introducción ofrece un resumen de nuestros supuestos de modelado y los escenarios clave que han sido probados para este estudio. La explicación se divide en recordar:

- Metodología
- Escenarios principales
- Datos de partida y datos finales
- Hipótesis comunes

Nuestro enfoque de modelado consta de tres fases clave:

1. Desarrollamos tres escenarios básicos que reflejan la introducción de la nueva infraestructura de soterramiento y ampliación de capacidad de la M-30: partiendo del referente (REF, sin soterramiento), (1) según tasas de descuento homogéneas por tipo de actor: administración, empresas, sociedad y personas usuarias y no usuarias; (2) con tasas de descuento variables según *stakeholders* y según grupos de renta, pero con el peaje en la sombra optimizado en el escenario 1; (3) según tasas de descuento variables y peaje en la sombra optimizado.
2. Desarrollamos un modelo de análisis costes-beneficios para evaluar el impacto de cada escenario sobre el excedente del consumidor/a y más concretamente sobre el ahorro de tiempo.
3. Estos resultados se introducen en la comparación de ahorro de tiempo y costes per cápita, que se utiliza para evaluar los efectos socioeconómicos globales (progresivo, regresivo y neutro) de la implementación de una infraestructura tal cómo es el soterramiento y la ampliación de capacidad de la M-30.

En definitiva, utilizamos un modelo de análisis costes-beneficios y una comparación de ahorros de tiempo y costes para estudiar el impacto de los diferentes niveles de amortización de la infraestructura en el tiempo.

Cabe señalar que todos los escenarios son deterministas en el sentido de que modelamos el impacto de implementación de la infraestructura de soterramiento y ampliación de

capacidad de la M-30, asumiendo implícitamente que este cambio está provocado por el soterramiento mismo y uso o no uso de la infraestructura soterrada de la M-30.

### Datos de partida y datos finales

Para poder cuantificar los diferentes escenarios, necesitamos una gran cantidad de datos históricos para introducir en los modelos y configurar los impactos socio-económicos. Esto es lo que denominamos “datos de partida”. Algunos de los datos de partida están disponibles, otros son más difíciles de encontrar o están incompletos, y algunos tienen que ser calculados.

Los “datos finales” se refieren a los datos que se producen por el modelo de análisis coste-beneficios. Estas son las variables que examinamos para evaluar el impacto de un determinado escenario, y comparar los cambios entre los diferentes escenarios.

Tabla 6. Datos de partida y datos finales

Datos de partida	Datos finales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matriz origen-destino</li> <li>• Reparto modal</li> <li>• Coste estimado de construcción del soterramiento de la M-30</li> <li>• Tasas de descuento/preferencias intertemporales</li> <li>• Densidad de uso de la infraestructura</li> <li>• Perfil del/la usuario/a</li> <li>• Perfil demográfico de residentes en zona M-30</li> <li>• Emisiones totales</li> <li>• Datos de tráfico de vehículos privados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variación de demanda de transporte</li> <li>• Peaje en la sombra</li> <li>• Ahorro de tiempo</li> <li>• Impacto sobre la salud-Altas hospitalarias</li> <li>• Costes sanitarios para ingresos/altas hospitalarias</li> </ul>

La pregunta a contestar es si los beneficios en términos de ahorro de tiempo y de peaje en la sombra soportados por el usuario y el no usuario (p.ej. el usuario del transporte público) compensan los costes generados. Por lo tanto, presentamos las posibles mejoras del análisis coste-beneficio (ACB) para evaluar el soterramiento de la M-30 en términos de impactos socio-económicos.

Tradicionalmente, a la base de la teoría económica del bienestar está la estimación del Valor Actual Neto (VAN) que simplifica las preferencias intertemporales de los actores involucrados y las considera a través de una tasa de descuento homogénea. Sin embargo, esta forma de descontar las inversiones en el transporte parece poco acertada cuando se quieren estimar los impactos socio-económicos. Investigaciones recientes sugieren que la tasa de descuento puede no ser un valor homogéneo para todas las partes interesadas o *stakeholders* y especialmente para todos/as los/las usuarios/as y no, caracterizados/as por diferentes niveles de ingresos (Guzmán, Di Ciommo y de la Hoz, 2013).

Evidencias significativas sugieren que las personas tienen diferentes preferencias intertemporales en relación con su utilidad marginal del dinero: quien tiene poco dinero debería ser considerado con una tasa de descuento más alta, por ejemplo, en Frederick et al. (2002) y en Gollier (2002b). El Gobierno del Reino Unido ha reconocido rápidamente el poder de estos argumentos a favor de tasas de descuento variables en el tiempo, como lo ha hecho en su orientación oficial a los ministerios sobre la evaluación de las inversiones y políticas de transporte (Departamento de Transporte, 2018). En una situación en la que las tasas de crecimiento económico son similares a lo largo de diferentes períodos de tiempo, la lógica de la tasa de descuento social óptima que se utiliza en un ACB está definida por preferencias individuales caracterizadas por las diversas utilidades monetarias marginales, más que por las expectativas futuras de crecimiento (Gollier, 2002a).

La literatura reciente ha demostrado que es posible medir con mayor precisión el beneficio social utilizando diferentes tasas de descuento, incluyendo la tasa de preferencias intertemporales de los/las usuarios/as, la tasa de descuento de los inversores privados y la tasa de preferencias intertemporales de la administración. En realidad, el coste-oportunidad puede variar entre las personas, las empresas, las administraciones o la sociedad en general, al igual que el rendimiento del ahorro. En general, las empresas requieren una tasa de inversión vinculada al rendimiento actual del ahorro, mientras que la tasa de descuento de las personas consumidoras-usuarias depende de sus preferencias temporales con respecto al consumo actual y futuro (Martens, Golub y Robinson, 2012). En particular, las personas usuarias y la ciudadanía, caracterizada por diferentes niveles de ingresos, presentan diferentes preferencias intertemporales y, por lo tanto, diferentes tasas de descuento. Algunos autores han modificado las tasas de descuento de las personas usuarias utilizando una ponderación compensatoria que incluye la inversa del nivel de ingresos de los hogares (Wang, Monzon y Di Ciommo, 2015). Sin embargo, este estudio muestra, al mismo tiempo, que incluso cuando se da un mayor peso a las personas de bajos ingresos para descontar la función de bienestar de coste-beneficio, una inversión en política de transporte como la aplicación de una tarificación vial parece ser beneficiosa para todos, y no siempre es así. Dos factores diferentes determinan este resultado: 1) el indicador compuesto de costo-beneficio generalizado es positivo debido a la mayor ganancia de las personas de ingresos altos en términos de ahorro de tiempo, y 2) las personas de ingresos bajos se mueven mayoritariamente en transporte público y no parecen beneficiarse directamente de la ampliación de capacidad de una infraestructura viaria.

Este documento destaca que la tasa de descuento utilizada en un ACB para evaluar una inversión determinada en transporte debería adaptarse a los niveles de ingresos de las personas usuarias para estimar los beneficios sociales para toda la sociedad y generar indicadores transparentes (Miller, Witlox y Tribby, 2013).

El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto socio-económico del soterramiento de la M-30 cuando diferentes personas usuarias y no-usuarias tienen

diferentes preferencias monetarias intertemporales. La no inclusión de estas diferencias agravará los efectos regresivos de las medidas de transporte cuando no estén expresamente orientadas a un grupo de bajos ingresos.

Las dos hipótesis clave podrían ser agrupadas como:

1. Transparencia del Impacto socio-económico: la selección de la tasa de descuento adoptada en el ACB es crucial para detectar los impactos socio-económicos del soterramiento y ampliación de capacidad de la vía M-30.
2. Cuando el ACB mide de forma transparente los impactos socio-económicos el cálculo de la función de bienestar social determina el diseño óptimo de una inversión de transporte.

Por lo tanto, este estudio evalúa el peaje en la sombra de la inversión que ha sido necesaria para el soterramiento y la ampliación de la M-30. En concreto, se optimiza, la función de bienestar y se detectan los efectos progresivos o regresivos cuando se apliquen diferentes tasas de descuento para diferentes grupos de población de usuarios/as y no usuarios/as a la función de bienestar social.

El ACB incluye el VAN de las funciones de bienestar  $(1/1+r)$  donde  $r$  es la tasa de descuento y coste que se optimizarán para estimar el valor óptimo del precio que la gente pagará por la implementación de la medida de transporte. El proceso de optimización maximiza la Función de Bienestar Social (WF, *Welfare Function* en sus sigla ingles) a través de la estimación de los valores óptimos del peaje en la sombra, hasta alcanzar las condiciones óptimas finales a largo plazo (Guzmán, de la Hoz, & Circella, 2015). Por lo tanto, esta función de bienestar (WF) reúne las variables estratégicas que deben ser optimizadas, incluyendo la suma de las variaciones de todos los beneficios sociales a lo largo de todo el período de tiempo (Guzmán et al., 2013). En este caso 2012-2017.

Por lo tanto, el WF (ecuación #1 más abajo) mide el bienestar social basado en la variación del excedente del consumidor (es decir, de los/as usuarios/as y no usuarios/as) en comparación con un escenario de referencia en el que se pueden considerar diferentes tasas de descuento para cada tipología de partes interesadas.

$$WF = \sum_{t=0}^n \sum_{ijm} \left[ (1/(1+r_l)^t) \cdot \Delta CS_{ijm}^l(t) + (1/(1+r_a)^t) \cdot \Delta CS_{ijm}^a(t) + (1/(1+r_h)^t) \cdot \Delta CS_{ijm}^h(t) + (1/(1+r_o)^t) \cdot \Delta O_{ijm}(t) + (1/(1+r_g)^t) \cdot \Delta G_{ijm}(t) + (1/(1+r_s)^t) \cdot \Delta E_{ijm}(t) \right] \quad (1)$$

La WF está formulada con los siguientes componentes:

- Cambios en el excedente del **consumidor** [ $\Delta CS_{ijm}(t)$ ] en el año  $t$  (este término incluye los costes/ahorros monetarios y el ahorro de tiempo, o retrasos, para los usuarios/as del transporte, por modo);

- Variación de los costes/beneficios para las **empresas** [ $\Delta O_{ijm}(t)$ ] en el año  $t$  (este término incluye los ingresos por modo de transporte procedentes del peaje en la sombra);
- Variación de los costes-beneficios para las **administraciones** locales [ $\Delta G_{ijm}(t)$ ] en el año  $t$  (este término incluye los ingresos procedentes de los costes de mantenimiento del soterramiento de la M-30);
- Cambios en las **externalidades sociales y medioambientales** [ $\Delta S_{ijm}(t)$ ] en el año  $t$  (este término incluye los costes-beneficios de la reducción de accidentes, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y calidad del aire que se mide por las emisiones de  $NO_x$  y  $PM_{10}$ ).
- $r_l, r_a, r_h, r_o, r_g, r_s$ , son las diferentes tasas de descuento según los agentes sociales considerados: nivel de renta de los usuarios (renta baja, media, alta), operadores, gobierno y sociedad.
- $t$  representa el período de tiempo.
- $m$  es el modo de transporte.
- Los subíndices  $i$  y  $j$  se refieren a las zonas de origen y destino, respectivamente.

Los resultados de la función de bienestar social muestran un bienestar social positivo general que es suficiente para cubrir los costes generados. El ahorro de tiempo es significativo después de la implementación del soterramiento de la M-30, sin embargo, el agente perdedor es el usuario/a del automóvil y la ciudadanía de a pie, para quien el aumento del tiempo de ahorro no es suficiente para cubrir el coste monetario.

El cambio en el excedente total del/la consumidor/a ( $\Delta CS$ ) es una estimación para las personas usuarias a través de la "regla de la mitad". El excedente del consumidor derivado de un cambio en los tiempos de viaje y/o en los costes de viaje debe calcularse al nivel del par origen-destino.

Al analizar las variaciones del excedente del consumidor (excedente del usuario y no usuario) en todos los escenarios (Tabla 7), es posible concluir que el grupo de ingresos medios, al igual que la mayoría de la población de Madrid (72%), es el grupo con mayores ganancias y pérdidas en valor absoluto.

Tabla 7. Excedente del consumidor: escenarios alternativos frente a escenario de referencia según el esquema de peaje sombra por el soterramiento de la M-30. Madrid [VAN M €]

Escenario		1			2			3		
Bienestar social (M€)		74.85			79.04			80.98		
Valor optimo del peaje sombra	Año	$t_A$	$t_L$	$t_A$	$t_L$	$t_A$	$t_L$	$t_A$	$t_L$	
		2012	2017	2012	2017	2012	2017	2012	2017	
	Valor (€)	$X(t_A)$	$X(t_L)$	$X(t_A)$	$X(t_L)$	$X(t_A)$	$X(t_L)$	$X(t_A)$	$X(t_L)$	
		1.5	2.5	1.5	2.5	2.3	0.2			
Excedente del consumidor (M€)		Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Beneficio (Ahorro de tiempo monetizado <sup>15</sup> )										
Usuarios coche		4.4	75.2	44.9	2.9	54.7	38.3	2.9	52.5	35.1
Usuario tte. público		10.6	72.6	9.5	6.7	52.5	8.0	6.4	49.6	7.2
Usuarios modos activos		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coste (Peaje en la sombra)										
Usuarios coche		-5,4	-108,7	-47,3	-3,8	-84,8	-42,2	-3,4	-74,5	-35,6
Usuario tte. público		-5,4	-108,7	-47,3	-3,8	-84,8	-42,2	-3,4	-74,5	-35,6
Usuarios modos activos		-5,4	-108,7	-47,3	-3,8	-84,8	-42,2	-3,4	-74,5	-35,6
ACB / usuario		-1.3	-178.5	-87.6	-1.8	-147.4	-80.3	-1.0	-121.3	-64.5

Fuente: reelaboración a partir de Di Ciommo et al (2014b)

En el caso del soterramiento de la M-30 los usuarios de transporte público y de modos activos pagan tanto cuanto los usuarios de coche (p.ej. 5,4 M€ para el grupo de renta baja, etc.), obteniendo una ganancia parcial o nula con respecto al desarrollo de la nueva infraestructura.

Sin embargo, para estudiar y comparar qué grupo es el más afectado por la política de gasto en una intervención medioambiental como es el soterramiento de la M-30 es necesario analizar en términos relativos, por ejemplo, la variación de los costes / beneficios per cápita.

Si analizamos un poco más en cada uno de los componentes, y si se toma la ratio entre el ahorro de tiempo per cápita entre el grupo socioeconómico de renta alta y el de renta baja o entre el grupo de renta alta y el de renta media (Tabla 8), se observa que:

- A mayor nivel de ingresos corresponden mayores beneficios por ahorro de tiempo.

<sup>15</sup> Se considera el ahorro de tiempo asignando el valor de 10€ / hora ahorrada (DFT, 2018)

- Los resultados obtenidos (escenario 1) muestran que el grupo social de ingresos altos se beneficiará más del ahorro de tiempo. El ahorro de tiempo beneficia principalmente a los usuarios de automóviles que aún pueden usar la infraestructura después de la intervención y que soportan el coste por el peaje en la sombra.
- Si se implementan tasas de descuento diferenciadas por segmentos de ingresos (escenario 2) resulta que se acentúa la regresividad de la intervención y por tanto existe una regresividad “latente” que se escondería en el método de evaluación si solo se considera una tasa de descuento para todas personas usuarias y no usuarias.
- Cuando se realiza una optimización con diferentes tasas de descuento (escenario 3) el modelo óptimo de peaje en la sombra se modifica de forma relevante pero la regresividad resultante, aun siendo mejor que en el escenario 2, sigue persistiendo. De esta forma se demuestra que una intervención cómo el soterramiento de la M-30 es tendencialmente regresiva.

Tabla 8. Relación entre el ahorro de tiempo per cápita del grupo de usuarios de ingresos altos frente al de ingresos bajos y medios

Indicador	Ratio	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Ahorro de tiempo per cápita	$X_{\text{renta alta}} / X_{\text{renta baja}}$	1.69	2.24	2.11
	$X_{\text{renta alta}} / X_{\text{renta media}}$	1.31	1.54	1.48

Fuente: reelaboración a partir de Di Ciommo et al (2014b)

Si analizamos la relación entre el coste per cápita del grupo de usuarios y no usuarios de ingresos altos frente al de ingresos bajos y medios (Tabla 9), podemos extraer que:

- Aunque las personas de altos ingresos pagan más por el uso de sus automóviles el coste relativo por hogar es más bajo en comparación con los grupos de media y baja renta.
- Las personas de ingresos altos están dedicando un porcentaje más bajo de sus ingresos al aumento del peaje en la sombra. El porcentaje de coste sobre la renta de los hogares de ingresos altos son del orden de la mitad que en hogares de ingresos medios y bajos. Es decir, que los ingresos medios y bajos tienen que hacer el doble de esfuerzo económico y dedicar más recursos para poderse permitir una intervención cómo el soterramiento de la M-30. En el caso de introducir tasas de descuento diferenciadas según la renta en el proceso de evaluación del bienestar (Escenario 2) la visibilidad de la regresividad se acentúa.
- La optimización de la repartición del coste del soterramiento de la M-30 (p.ej. peaje en la sombra con una función objetivo que considera las tasas de descuento diferenciadas) no logra mejorar la situación de desigualdad social.

Tabla 9. Relación entre el coste per cápita del grupo de usuarios de ingresos altos frente al de ingresos bajos y medios

Indicador	Ratio	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Coste per cápita / renta	X renta alta / X renta baja	0.61	0.55	0.51
	X renta alta / X renta media	0.62	0.53	0.51

Fuente: reelaboración a partir de Di Ciommo et al (2014b)

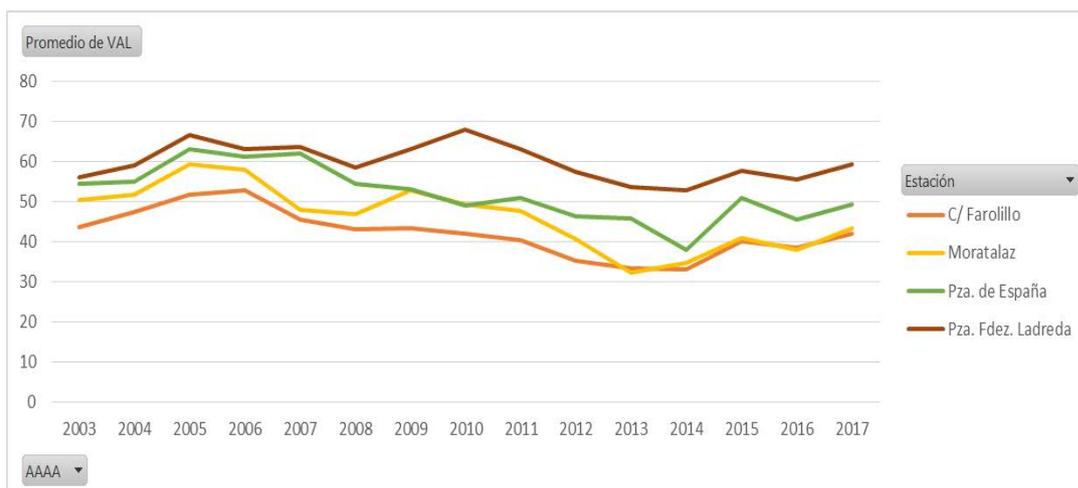
Al comparar ambos indicadores de ahorro de tiempo y coste per cápita, las ventajas parecen ser menores para las personas usuarias de bajos ingresos. La tendencia se amplifica cuando la optimización se realiza utilizando diferentes tasas de descuento según el grupo de ingresos.

## 5.1.2 Impactos medioambientales y sociales: Modelo de salud

### 5.1.2.1 Contaminación atmosférica

A continuación, se muestra la evolución de las emisiones registradas en las cuatro estaciones de medición cerca de los focos de contaminación de la M-30. Se destaca que a lo largo del periodo considerado hay un descenso de las emisiones de NO<sub>2</sub> que tienen que ver con el soterramiento del tráfico rodado y con los años de crisis económica y que, a partir del 2014, se revela un repunte de las emisiones por incremento del tráfico.

Gráfico 3. Evolución emisiones NO<sub>2</sub>



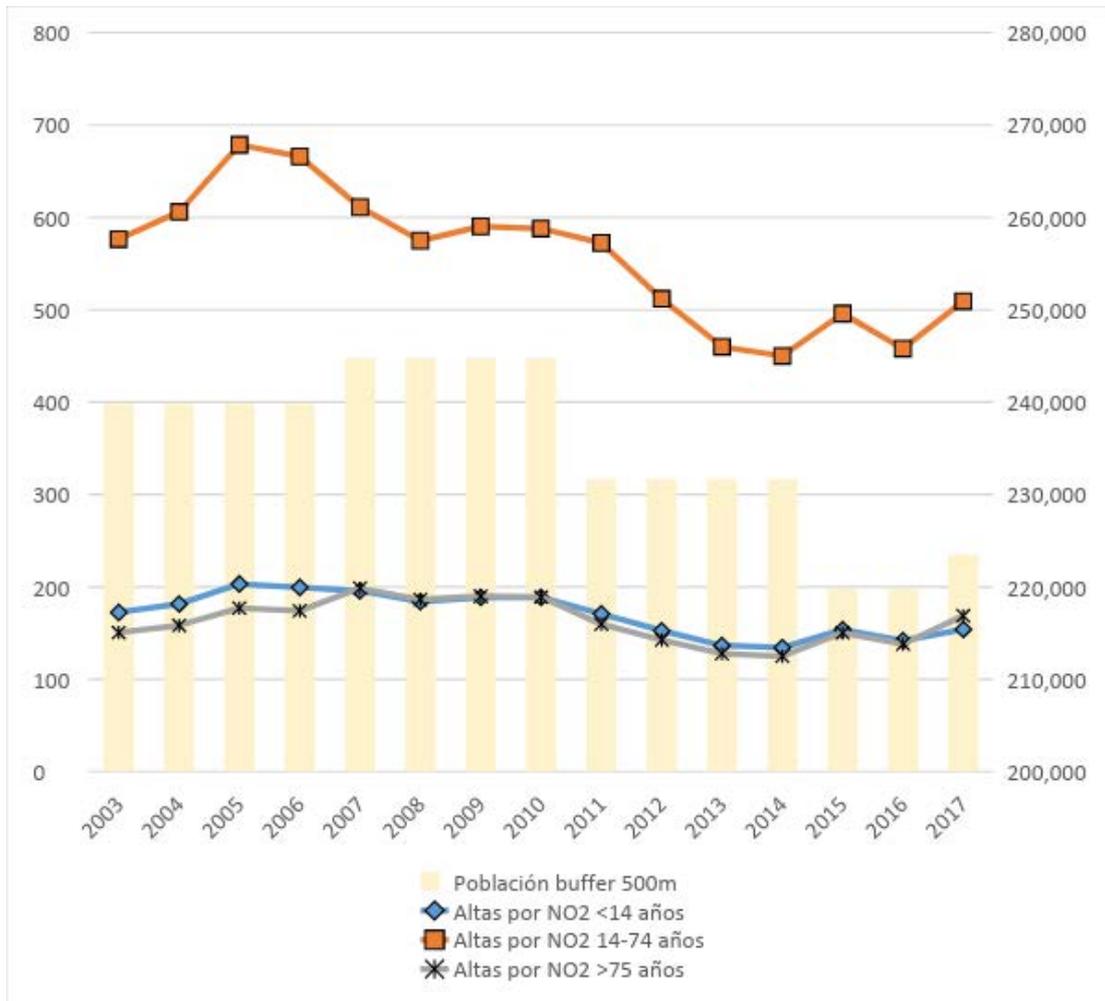
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones del Ayuntamiento de Madrid

Como se detalló en el apartado de metodología (4.2.3), para este estudio se han seleccionado los indicadores que revelan la morbilidad respiratoria que aparece estimada en la curva de dosis-respuesta.

Usando las funciones de dosis-respuesta detalladas (ver p. 35), la contaminación por tráfico rodado y NO<sub>2</sub> según edad (3% para adultos, 6% por niños/as y 6,4% para mayores) y a través de la estimación del modelo de salud la morbilidad respiratoria por NO<sub>2</sub> de la población en las áreas colindantes los focos de emisión de la M-30 soterrada se eleva a 890 casos en valor absoluto al año sobre una población de 239.779. Estos casos representan el 7,4% de los casos de afectados por NO<sub>2</sub> en Madrid (11.979 casos) y contribuyen de las urgencias hospitalarias durante los picos de contaminación por NO<sub>2</sub> con un coste adicional sanitario hasta 46.900.049 euros (BOCAM, 2017 y Alfageme Michavila et al. 2018).

Se estiman que adoptando el *buffer* de 500m, la población total del área colindante varía entre 239.779 residentes y 223.000 entre el 2003 y el 2017 debido a que desde 2003 hasta 2010 tenemos un *buffer* único de población afectada y a partir de la entrada en funcionamiento del tramo soterrado de la M-30 y Madrid Río tenemos varios *buffers* alrededor de los focos de contaminación donde pequeñas áreas intersticiales se quedan excluidas del cómputo de población afectada, por quedar alejadas de los focos de contaminación y de las estaciones de mediciones (ver Figuras 13 y 16).

Gráfico 4. N.º altas/año en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO<sub>2</sub> por grupos de edad (Todas las 4 estaciones con datos 2003-17)



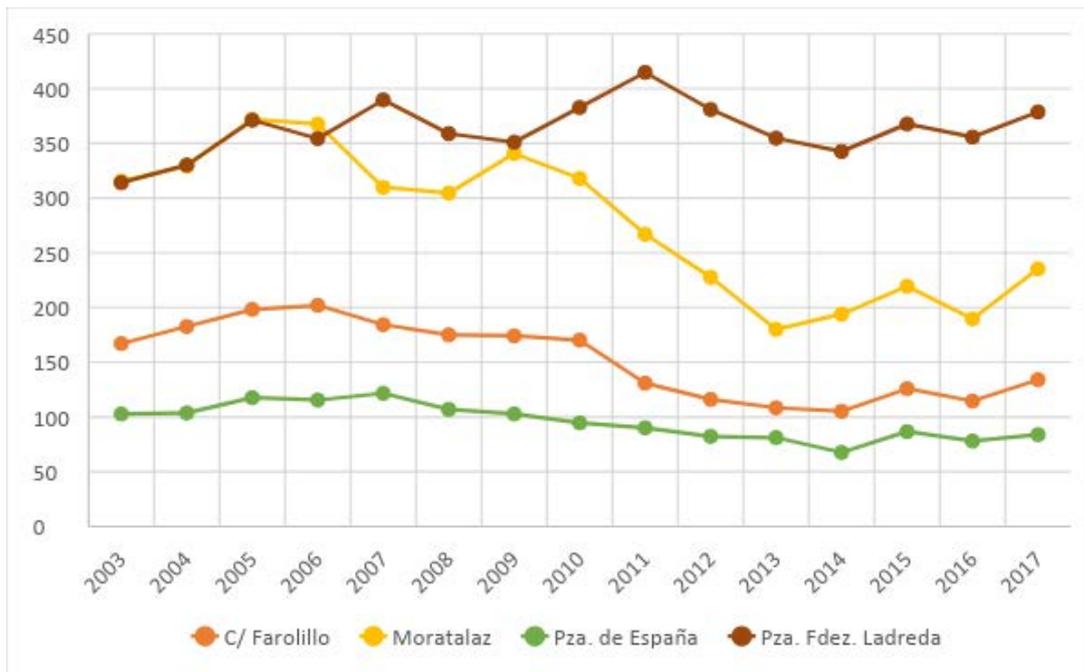
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones del Ayuntamiento de Madrid.

Las diferencias entre zonas de alta contaminación cerca de la M-30 se aprecian cuando se estima el número de altas hospitalarias según la estación de medición, así que la estación de medición más cercana a los focos de emisión, como es la de la plaza Fdez. Ladreda, incrementa el número de altas hospitalaria por NO<sub>2</sub>, mientras que la estación de Moratalaz muestra un descenso importante debido a la disminución de la población afectada por el hecho de estar fuera de las zonas de medición más que por un descenso real de la contaminación per cápita.

Es preciso decir que en 2009 se cambió la localización de 8 estaciones sobre 12, dentro de las cuales las dos estaciones más cercanas a la M-30, que nos habrían ayudado a medir los efectos de la contaminación por NO<sub>2</sub> sobre la salud: la de Pontones y la de Alto de Extremadura. La de Alto de Extremadura se mantuvo solo para la medición de las

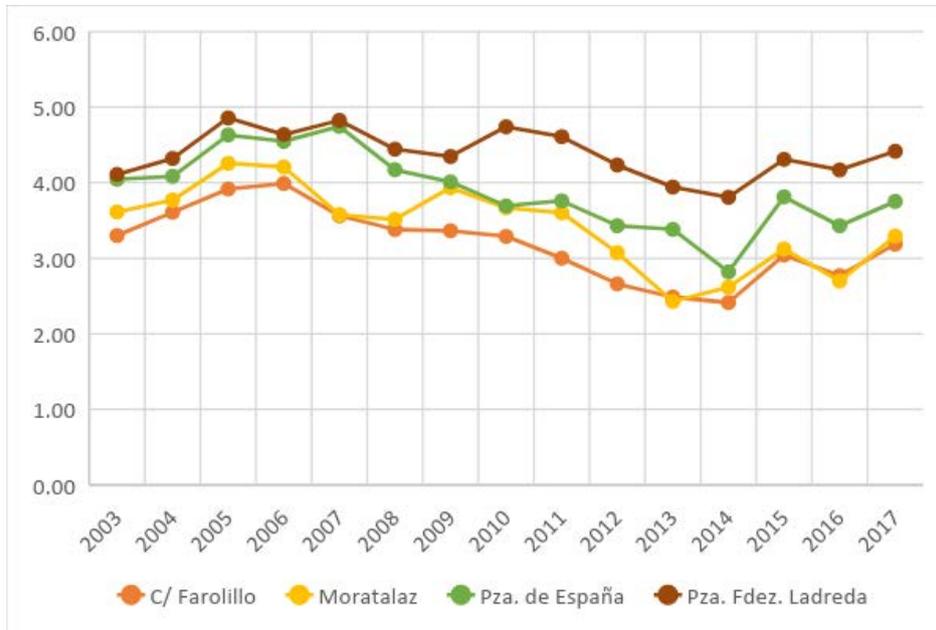
emisiones de contaminación acústica. Por lo tanto, el análisis se ha realizado con las cuatro estaciones de medición más cercanas a la M-30. La comparación entre las dos figuras siguientes muestra cómo el impacto de la contaminación per-cápita es similar, sin embargo, en valor absoluto se diferencia bastante según la zona donde se mida la contaminación.

Gráfico 5. N.º altas en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO<sub>2</sub>- (Total población)



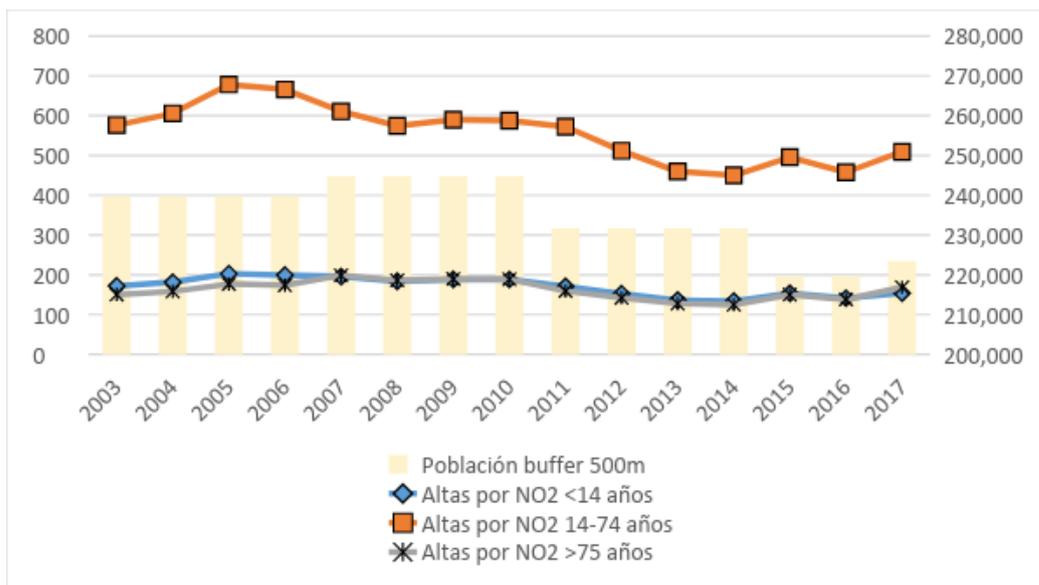
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones del Ayuntamiento de Madrid.

Gráfico 6. N.º altas por 1000 habitantes atribuibles a contaminación de NO2



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones del Ayuntamiento de Madrid.

Gráfico 7. N.º altas/año en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO2 por grupos de edad (Todas las 4 estaciones con datos 2003-2017)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones del Ayuntamiento de Madrid.

Por otro lado, tradicionalmente la **contaminación por micropartículas** que, dado su pequeño tamaño, al inhalarse, producen enfermedades graves (asma, enfermedades cardiopulmonares y una reducción de la función pulmonar) y también relacionadas con procesos cancerígenos en caso de exposiciones prolongadas, han sido el principal problema de Barcelona dada su geografía y meteorología. En este caso las estimaciones indican que la morbilidad causada por la contaminación para el sistema sanitario se reduce del 36% (32.700 casos por año) cuando se consigue respetar los límites europeos de 40 mg/m<sup>3</sup> (AMB, 2016).

El análisis por edad de población afectada muestra una incidencia de la contaminación mayor sobre niños/niñas y mayores con descensos muy reducidos durante el periodo 2003-2017. A continuación, el Gráfico 8 muestra las altas por contaminación dentro de la población adulta, niños/niñas y mayores.

Gráfico 8. N.º altas/año por 1000 habitantes atribuibles a contaminación de NO<sub>2</sub> por grupos de edad (Todas las 4 estaciones con datos 2003-17)



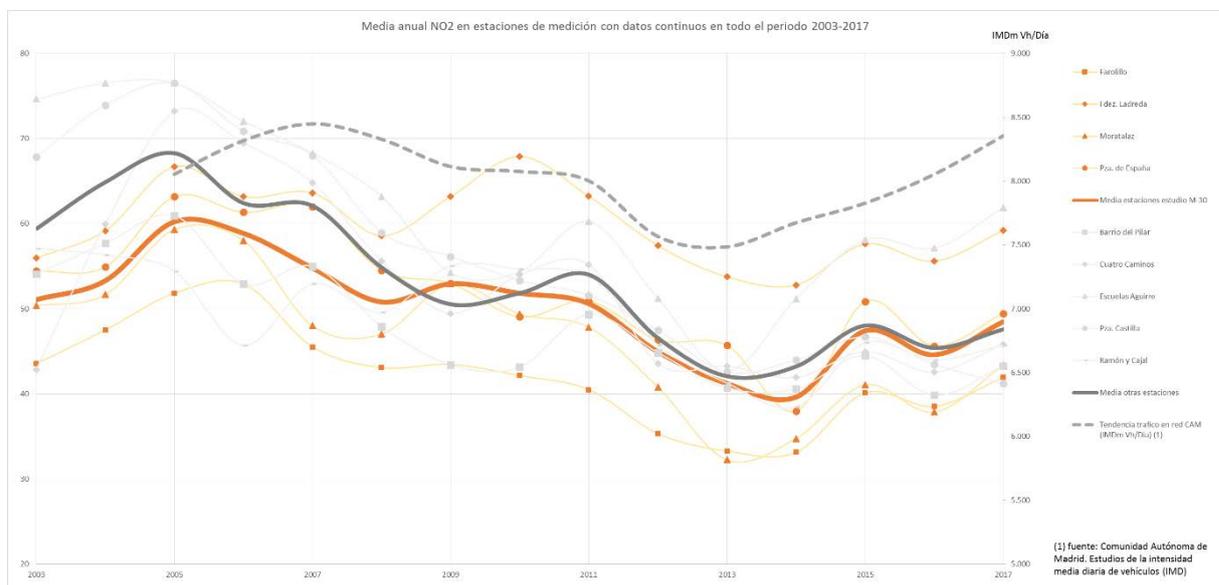
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones del Ayuntamiento de Madrid.

Se observa que los ingresos hospitalarios de menores y mayores son más altos a causa de su respuesta más fuerte a la exposición al contaminante NO<sub>2</sub>, como subrayado en el apartado metodológico.

La tendencia de las distintas curvas es similar y recuerda el de las emisiones donde se observa una disminución durante las obras de soterramiento y la crisis económica,

momentos en los que disminuye el tráfico rodado en entrada, con un repunte a partir de 2014. Tanto las emisiones como el número de altas suben no obstante el soterramiento de la M-30 porque al mismo tiempo que se produce el soterramiento se amplía la capacidad de las vías de entradas a la M-30 a través del *bypass* este de entrada de O'Donnell. Sin embargo, pese al incremento de la capacidad, la vía no va a tardar muchos años antes de congestionarse nuevamente (ver Gráfico 9) tal y como se demuestra en el análisis de coste-beneficio basado en el ahorro de tiempo y costes presentado en el apartado de impactos económicos.

Gráfico 9. Tendencias de emisiones de NO<sub>2</sub> en estaciones de estudio comparadas con el resto de estaciones de la ciudad y tendencia de datos de tráfico en la Comunidad de Madrid



Fuente datos de tráfico: Comunidad Autónoma de Madrid. Estudios de la intensidad media diaria de vehículos (IMD)

A nivel general de Madrid se observa que el número de altas por problemas respiratorios en Madrid ciudad es de 64.967 /año, que corresponde a 178 altas al día, con una tasa de 0,55 altas /día por cada 10.000 habitantes.

### 5.1.2.2 Contaminación acústica

Otro contaminante producido por el tráfico urbano es el **ruido**, relacionado con cardiopatías y aumento de estrés, se calcula que podría producir más de 1.000 muertes prematuras al año en España (AEMA, 2017b). En un primer momento el soterramiento de la M-30 disminuye la producción de ruido, sin embargo, la atracción de coches a causa del incremento de la capacidad vial por los *bypass* tiene sus efectos también sobre el ruido.

#### a) Análisis por estaciones de medición acústica

Para la evaluación del impacto acústico del soterramiento de la M-30 se han analizado en primer lugar los datos de las estaciones de medición existentes en el entorno cercano de la infraestructura construida.

Se ha analizado el periodo 2003-2017, periodo de análisis del resto de contaminantes, que además aporta datos de análisis para la situación anterior a la construcción de la infraestructura, durante las obras, así como de la situación posterior y de funcionamiento de la nueva infraestructura.

A este respecto hay que realizar las siguientes consideraciones:

- La obra de construcción comienza en septiembre de 2004, terminando el soterramiento en mayo de 2007. Por otro lado, las obras de construcción de Madrid Río se dan por finalizadas en abril de 2011.
- Durante el periodo 2003-2015 se producen cambios en las estaciones de medición. Se eliminan algunas y se ubican otras nuevas, de modo general se puede indicar que es en el año 2009 cuando se produce el mayor número de cambios.
- En el análisis del ámbito afectado por el soterramiento se incluye además de la superficie soterrada bajo Madrid Río las zonas afectadas por las salidas de túnel del *bypass* del este (O'Donnell) y de la salida del oeste (Avenida del Portugal).

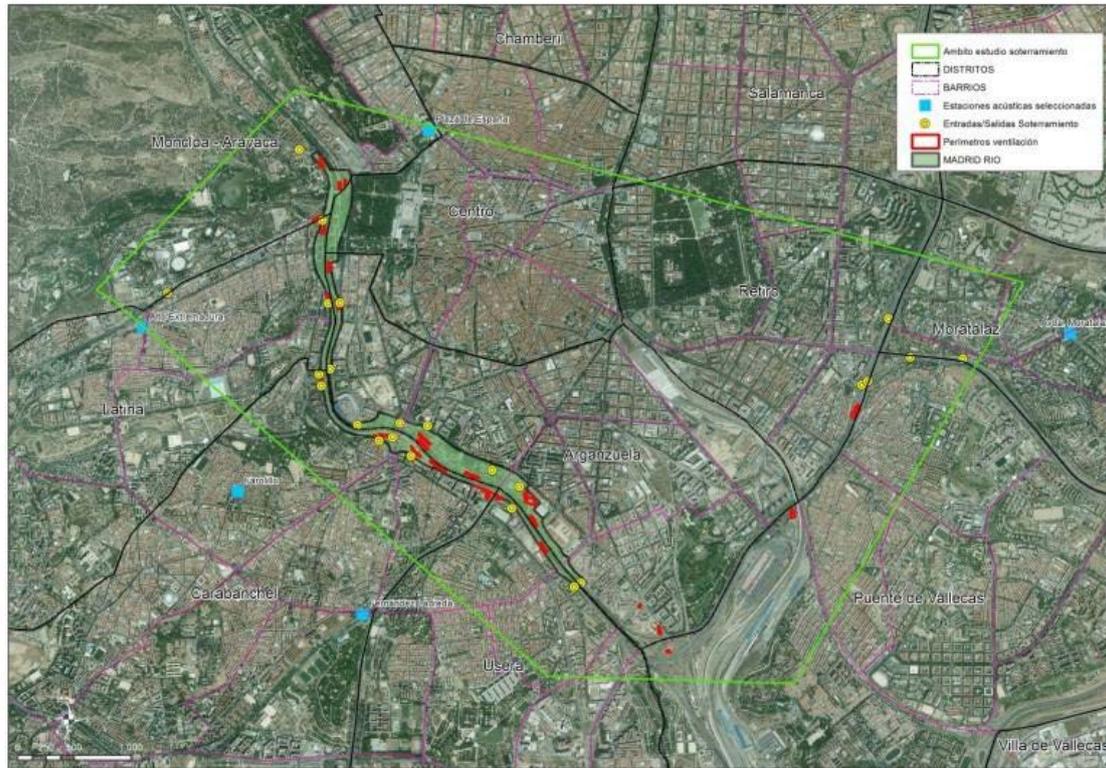
En las siguientes figuras se presenta la ubicación de las estaciones de medición en 2003 (sobre ortofoto de 2003) y de las estaciones en 2015 (sobre ortofoto 2016):

Figura 17. Ubicación de las estaciones de medición acústica en 2003 (sobre ortofoto de 2003)



Fuente: Elaboración propia a partir de IGN, MAPAMA y Ayuntamiento de Madrid.

Figura 18. Ubicación de las estaciones de medición en 2015 (sobre ortofoto 2016)



Fuente: Elaboración propia a partir de IGN, MAPAMA y Ayuntamiento de Madrid.

Las estaciones seleccionadas por encontrarse en el entorno del proyecto del soterramiento, los datos promedio anual de la emisión acústica LAeq de cada una de ellas y la distancia aproximada al foco emisor (M-30) se presenta a continuación en la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 10. LAeq<sup>16</sup> medio de las estaciones de medición del entorno del tramo soterrado de Calle 30

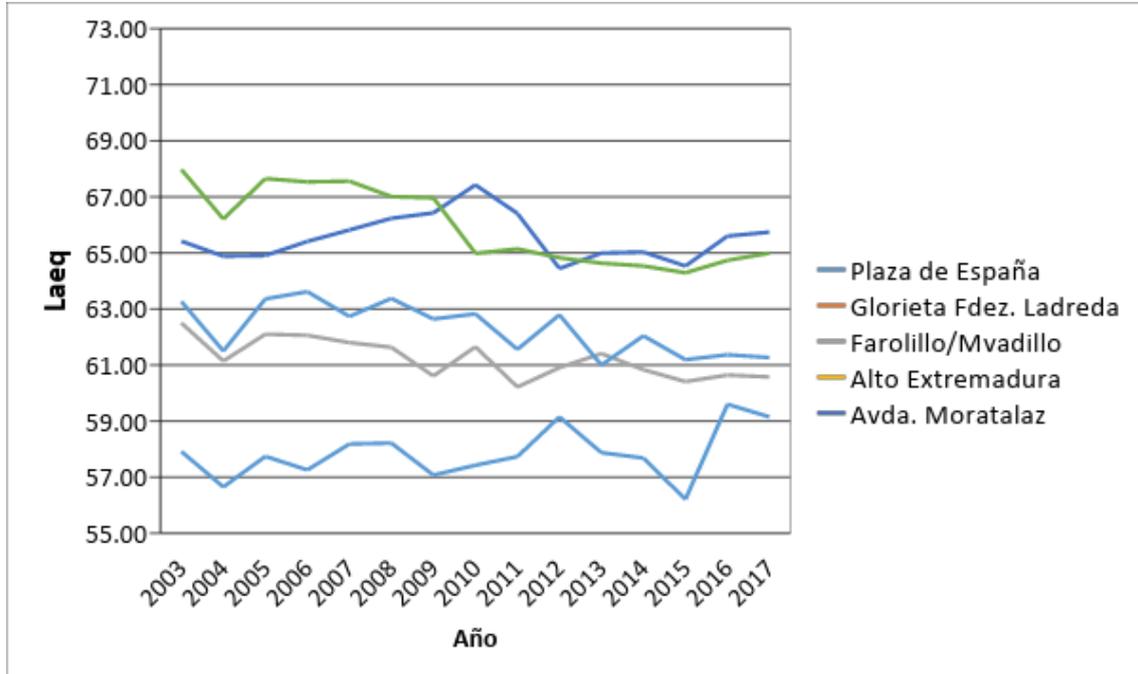
**Laeq MEDIO /  
AÑO**

NMT	Estación Acústica	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	distancia a eje soterramiento M-30 (m)
4	Plaza de España	65,4	64,9	64,9	65,4	65,8	66,2	66,4	67,4	66,4	64,4	65,0	65,0	64,5	65,6	65,7	980
14	Glorieta Fdez. Ladreda	68,0	66,2	67,7	67,5	67,6	67,0	67,0	65,0	65,1	64,8	64,6	64,5	64,3	64,7	65,0	1500
18	Farolillo/Mvadillo	57,9	56,7	57,7	57,3	58,2	58,2	57,1	57,4	57,7	59,2	57,9	57,7	56,2	59,6	59,2	1100
19	Alto Extremadura	62,5	61,1	62,1	62,1	61,8	61,6	60,6	61,7	60,2	60,9	61,4	60,8	60,4	60,6	60,6	380
20	Avda. Moratalaz	63,3	61,5	63,4	63,6	62,7	63,4	62,6	62,8	61,6	62,8	61,0	62,0	61,2	61,4	61,3	900
Promedio Ámbito Estudio		63,4	62,1	63,2	63,2	63,2	63,3	62,7	62,9	62,2	62,4	62,0	62,0	61,3	62,4	62,3	

Fuente: Datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid (<https://datos.madrid.es>)

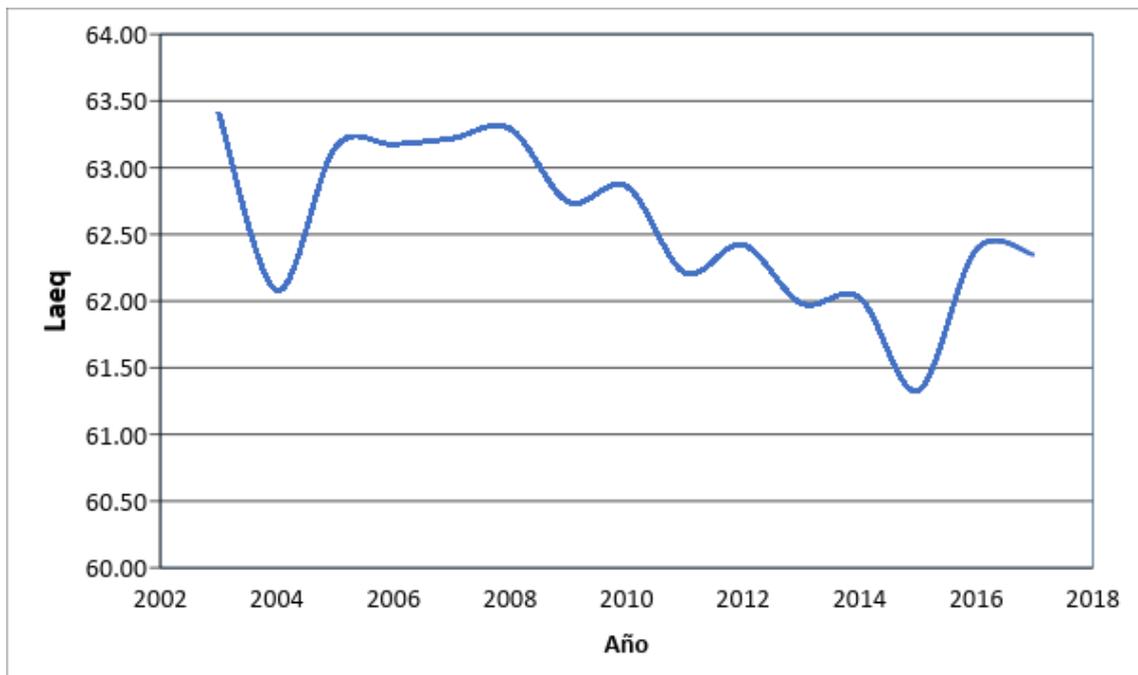
<sup>16</sup>LAeq: Índice de ruido continuo equivalente, en decibelios, es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado sobre un intervalo temporal, definido en la norma ISO 1996-1: 1987.

Gráfico 10. LAeq medio por año en estaciones de medición acústica del entorno del tramo soterrado de Calle 30



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ruido del Ayuntamiento de Madrid.

Gráfico 11. LAeq medio por año en estaciones de medición acústica del entorno del tramo soterrado de Calle 30



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ruido del Ayuntamiento de Madrid.

Un primer análisis indica que se han quitado las estaciones que habrían podido registrar más fielmente el ruido relacionado con el tráfico generado por la M-30. Sin embargo, la literatura confirma que incluso estaciones situadas a una distancia en torno al kilómetro respecto al foco emisor resultan todavía representativas del dato obtenido en la medición de la estación en relación a la contaminación acústica producida por el tráfico rodado de la infraestructura (Nieuwenhuijsen et al. 2017).

El cambio en la red de estaciones de medición, eliminando Paseo Pontones y añadiendo Méndez Álvaro en mitad del periodo, no permite la evaluación previa y posterior del impacto acústico.

Por ello se va a restringir el análisis con estos datos a las cinco estaciones que se han considerado más representativas de la contaminación acústica generada por la obra en cuestión y que perduran desde el 2003 hasta el 2017.

Con estas premisas se extrae una primera conclusión que evidencia una ligera mejora desde el 2003 a 2015 (entre 1 y 2 dbA) en las cinco estaciones finalmente seleccionadas (ver Gráfico 11). Sin embargo, al igual que ocurre con la contaminación del aire, a partir de 2015 se nota un repunte de la contaminación acústica a causa del incremento del tráfico rodado.

También se aprecia que no descienden apenas los valores durante el periodo de duración de las obras (2003-2007). En este caso, se asiste a un fenómeno distinto: la disminución del ruido por la disminución del tráfico se sustituye con el ruido de las obras de excavación, llegando estas incluso a producir protestas vecinales.

Es preciso indicar que dichos valores de índice de ruido continuo equivalente diario (L<sub>Aeq</sub> 24 h) se encuentran en el límite de los valores medios exigidos por normativa para las áreas acústicas presentes en el entorno de la obra estudiada, y una vez analizados los datos específicos para cada periodo del día se producen superaciones puntuales de esos valores medios sobre los datos exigidos por normativa para valores diurnos (L<sub>d</sub>), vespertinos (L<sub>e</sub>) y nocturnos (L<sub>n</sub>).

La mayor parte del entorno del soterramiento de la M-30 se encuentra incluida en el sector con predominio de uso residencial.

Figura 19. Objetivos de calidad acústica en áreas urbanizables. Normativa

<b>ANEXO II</b>				
<b>Objetivos de calidad acústica</b>				
<b>Tabla A. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes</b>				
	Tipo de área acústica	Índices de ruido		
		L <sub>d</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>n</sub>
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	(2)	(2)	(2)

Fuente: Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Mapa de las Áreas Acústicas del Municipio de Madrid. Ayuntamiento de Madrid 2018.

## b) Mapas estratégicos de ruido

Dadas las consideraciones hechas en el análisis de los datos resultantes de las estaciones de medición y, más concretamente, el carácter limitado de su representatividad de la contaminación acústica producida por la infraestructura se opta por continuar y profundizar el análisis de impacto tomando los datos reflejados en los Mapas Estratégicos de Ruido MER (2006, 2011 y 2016) y PERCA – Plan Estratégico de Reducción de la Contaminación Acústica 2001-2003<sup>17</sup> (en Madrid se elaboró primer MER en 2006). En dichos documentos se concretan más los datos de contaminación acústica en áreas más cercanas a la nueva infraestructura que constituye nuestro caso de estudio.

El análisis se ha desglosado en tres periodos:

- Previo al inicio de la construcción de la infraestructura, periodo 2001-2003, empleando como fuente el artículo “*El ruido ambiental urbano de Madrid: caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectable.*” (Moreno & Martínez, 2005). Se empleó este artículo porque tomaba como referencia el citado PERCA 2001-2003, documento que no se encontró accesible

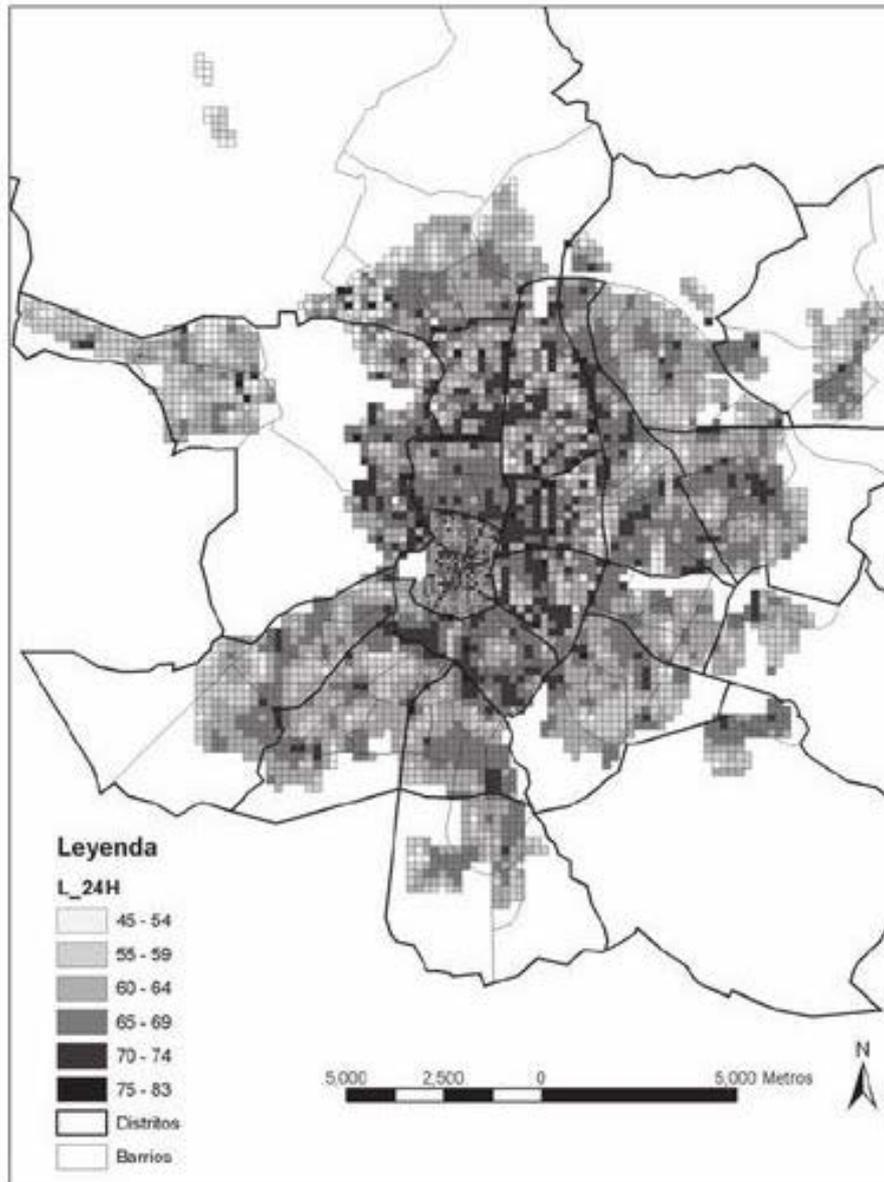
<sup>17</sup> MER cada 5 años, conforme a la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y los Reales Decretos 1513/2005, 1367/2007 y 1038/2012 que la desarrollan.

en datos abiertos del ayuntamiento. También se analiza el MER 2006 dado que se realiza una evaluación del periodo anterior.

- Periodo de obras 2004-2007, para el que se emplea el MER 2006
- Periodo de funcionamiento de la infraestructura, para lo que tienen en cuenta los MER 2011 y 2016.

A continuación, se muestran los resultados tal como se aprecian en las siguientes ilustraciones en el periodo previo, durante y después de las obras de construcción del soterramiento de la M-30 los valores de contaminación acústica del entorno superaban los 70 dbA.

Figura 20. LAeq 24 h por cuadrículas según el Plano Acústico de Madrid 2001-2002, del entorno del soterramiento de la M-30.



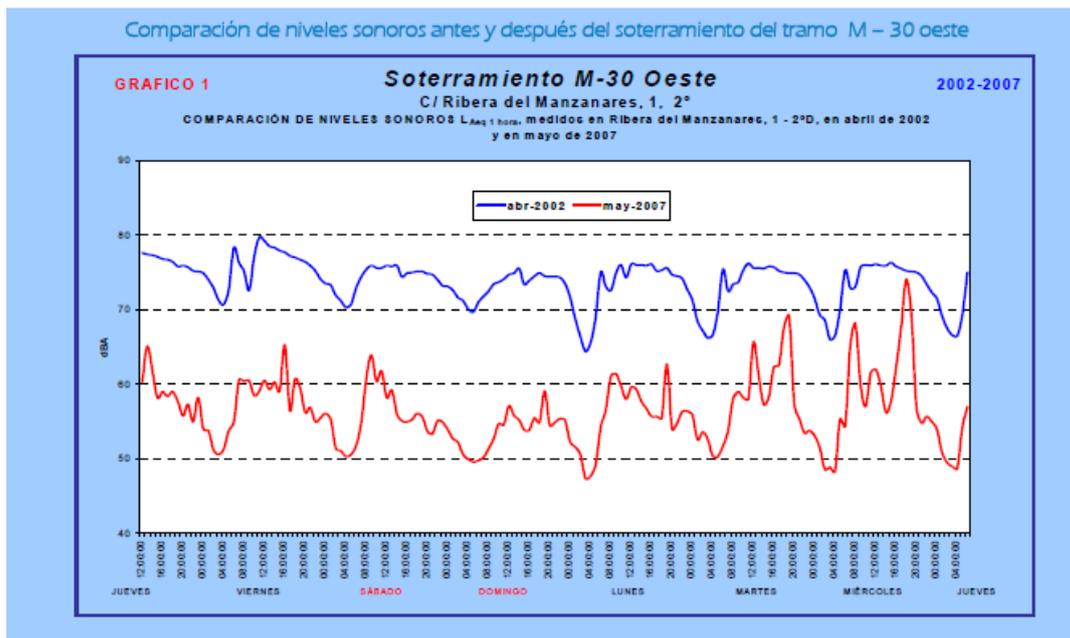
Fuente: El ruido ambiental urbano de Madrid: caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectable

### Periodo 2004-2007. Periodo de Obras de soterramiento.

Del MER 2006 se extrae la conclusión de la existencia de valores superiores a los 70 dbA en horario nocturno y 80 dbA en horario diurno (en viviendas muy próximas a la vía), datos que superan con creces los valores admisibles para zonas residenciales.

En el citado MER 2006 se presenta una comparación de medición 2002 y 2007, en fachada de una vivienda situada en la zona oeste del soterramiento (calle Ribera de Manzanares) que aunque indica una clara mejora de niveles acústicos en esa zona concreta en el periodo final de las obras no es suficientemente representativa de toda la zona de afección de las obras durante su construcción.

Figura 21. Comparativa 2002 -2007 en un punto cercano a la M-30 oeste



Fuente: MER 2006. Google Earth. Elaboración propia

En las ilustraciones en anexos se puede apreciar que, a fecha de 2006, durante las obras, se alcanzaban valores medios de LAeq diario superiores a 70 dbA en numerosos tramos de los distritos de Arganzuela, Latina, Carabanchel, Usera, Puente de Vallecas, y Moratalaz.

### Periodo 2007-2011- 2015-2018. Periodo de funcionamiento del soterramiento

En este caso, para analizar el periodo de funcionamiento del soterramiento 2007-2015 y de la puesta en marcha de Madrid Río (2011-2015) se han tenido en cuenta dos Mapas Estratégicos de Ruido I municipio de Madrid: MER 2011 y MER 2016.

En estas dos fuentes se aprecia una disminución clara en las emisiones acústicas en el entorno de Madrid Río (distritos Arganzuela, Latina y Usera fundamentalmente) descendiendo a valores entre 60 y 70 dbA, en consecuencia, lógica tras el soterramiento de la vía.

No obstante, siguen siendo valores elevados, por encima de 70 dbA en los entornos de las salidas del soterramiento (Moncloa-Aravaca, Puente de Vallecas y Moratalaz). Estos se han destacado en las ilustraciones siguientes.

Figura 22. MER 2011. Niveles LAeq día-tarde-noche



En el MER 2011 se realiza un ejemplo concreto de comparativa de emisiones acústicas en el entorno del caso de estudio, que se presenta a continuación. Se observa una evidente disminución de la contaminación acústica cercana a la infraestructura.

Figura 23. MER 2011. Niveles de ruido diurno en el entorno de la M-30 en el distrito de Arganzuela

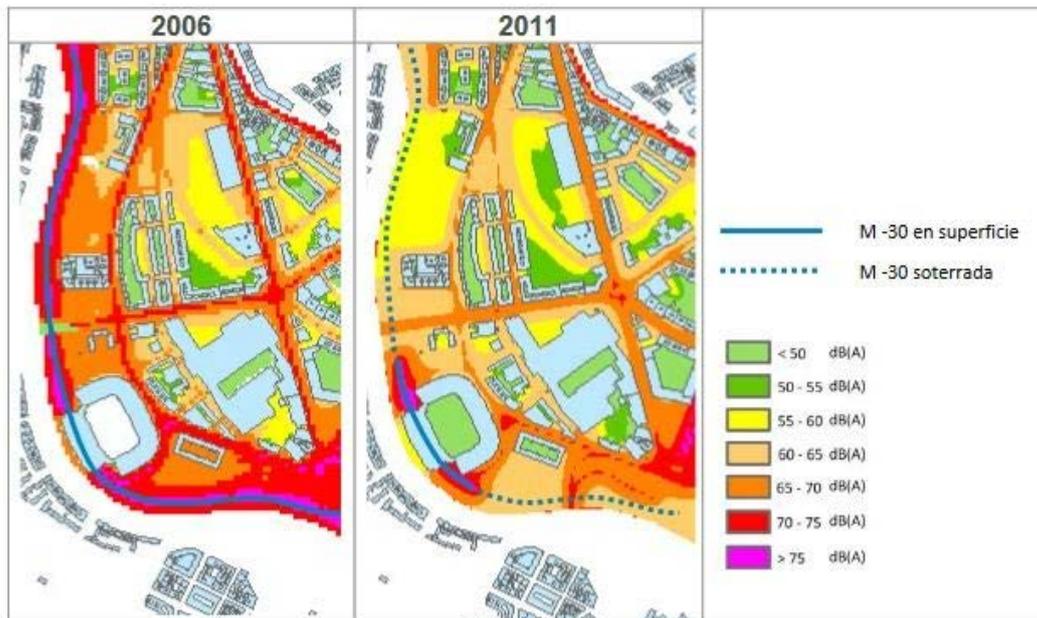
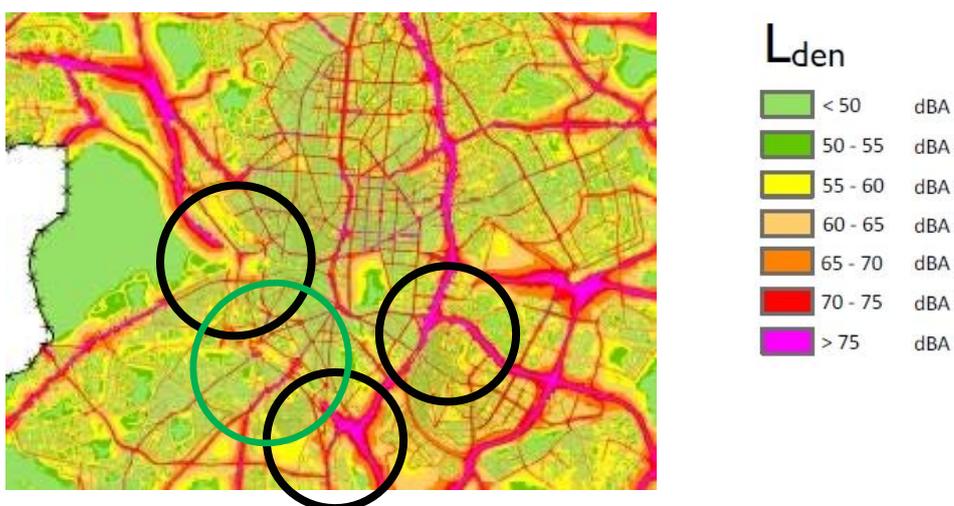


Ilustración 22. Niveles de ruido en el entorno de la M-30 a su paso por el Distrito de Arganzuela, durante el período diurno antes y después del soterramiento de la vía

En el MER 2016 siguen apreciándose los mismos focos emisores relevantes (entrada/salida de túnel y nudo sur en Puente de Vallecas) y la misma reducción en el entorno de Madrid Río (verde).

Figura 24. MER 2016. Niveles LAeq día-tarde-noche



En anexo se presenta un ejemplo de entorno de Madrid Río, en el distrito de Arganzuela, y otros dos ejemplos de salidas de túnel (Usera y Puente de Vallecas) que muestra la situación de reducción expuesta.

## 5.2 Análisis del impacto económico

En el presente apartado desarrollamos el análisis del potencial impacto económico tanto del soterramiento como de Madrid Río en los siguientes términos: por un lado, el impacto en la economía local, evolución y crecimiento económico en los distritos limítrofes, el incremento de la renta de las familias residentes, así como el análisis del comportamiento del mercado de la vivienda en los barrios limítrofes. De forma complementaria se comparan los impactos de la infraestructura considerando el tradicional ahorro del tiempo y las ganancias de accesibilidad como variable sustitutiva del ahorro de tiempo. Concretamente, a partir del ahorro de tiempo estimado por la Guzmán et al. (2013) se estimará la variación de la accesibilidad a actividades vitales.

Esta aproximación al potencial impacto económico de la infraestructura nos permite poder determinar si ha existido una mejora en el entorno y, por ende, de la calidad de vida de los vecinos/as y de si además este tipo de obra pública ha conllevado la atracción de negocios e inversiones a nivel local con un efecto positivo a la ciudadanía madrileña.

### 5.2.1 Actividad económica, empleo y mercado de la vivienda local

Para el análisis de la evolución de la actividad económica en la zona de la M-30 se han considerado aquellos distritos limítrofes con la infraestructura y dentro de estos distritos, cuando ha sido posible disponer de información estadística, de los barrios fronterizos a toda la infraestructura. Por tanto, se han considerado las siguientes zonas: del distrito de Arganzuela los barrios de Imperial, Acacias, La Chopera y Legazpi, del distrito de Moncloa-Aravaca los barrios de Casa de Campo y Argüelles, del distrito de Latina los barrios de Los Cármenes y Puerta del Ángel, del distrito de Carabanchel los barrios de Comillas, Opañel y San Isidro y por último del distrito de Usera los barrios de Almendrales y Moscardó.<sup>18</sup>

En la tabla a continuación se puede observar la **evolución de la actividad económica** en la zona. Teniendo en cuenta que en los años de inicio, construcción y finalización de la obra se produjo de forma paralela la crisis económica a escala global los datos de crecimiento empresarial en los barrios limítrofes a la infraestructura muestran un ligero descenso en los años en los que se acentúa la crisis económica en toda la región.

---

<sup>18</sup> Se ha desestimado en el análisis los distritos de Puente de Vallecas y los barrios de San Diego y Numancia, así como el distrito de Moratalaz los barrios de Estrella, Fontarrón y Medialegua por considerar que en su dinámica empresarial local intervienen otros factores ajenos al posible impacto económico del soterramiento de la M-30.

El año 2004, en plena construcción de la obra, la actividad económica desciende en todos los barrios limítrofes respecto al año anterior, pero a partir de la finalización de la obra y de la salida de la crisis vuelve de forma paulatina a recuperar las cifras alcanzadas en 2003. Esta tendencia se explica porque, tal y como indica el Informe de análisis socioeconómico elaborado por el propio Ayuntamiento de Madrid (2015), ya en 2014 se observa que la economía de la Ciudad de Madrid sufre la crisis con una intensidad algo menor (a pesar de las dificultades en sectores como la industria y la construcción hubo una menor incidencia de la crisis en el sector servicios) en términos comparados con la evolución nacional.

Tabla 11. Evolución absoluta de la actividad económica (unidades locales<sup>19</sup>) de los distritos y barrios colindantes a Calle 30 y Madrid Río (2003-2010)

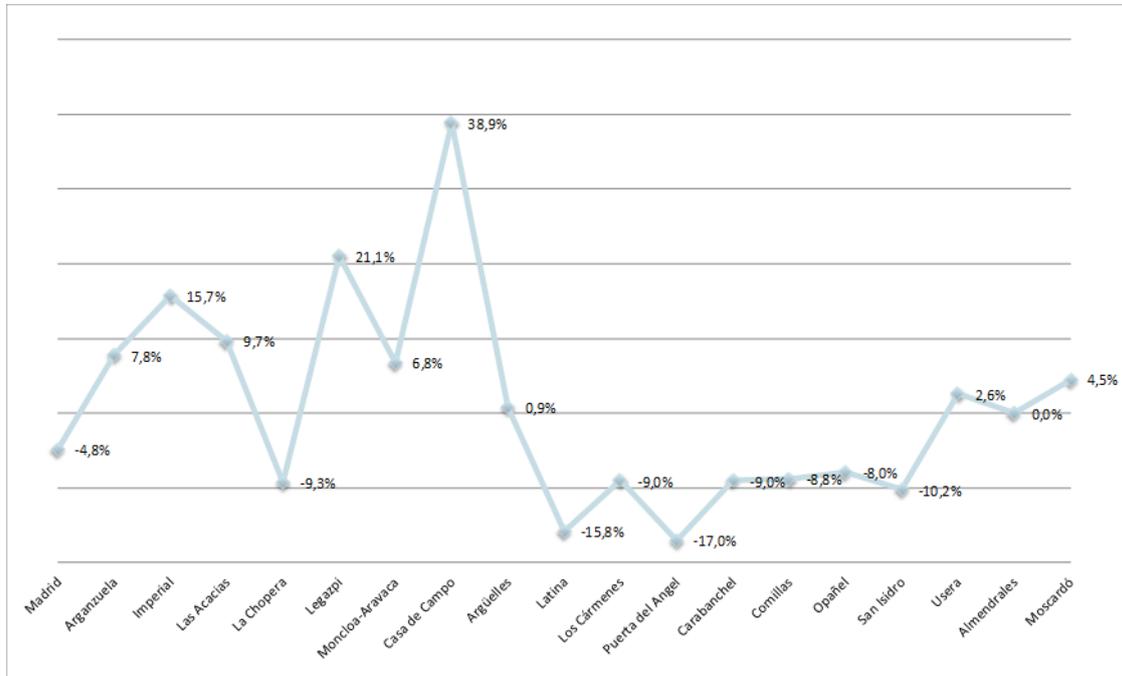
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Madrid</b>	<b>164.712</b>	<b>162.445</b>	<b>160.136</b>	<b>158.580</b>	<b>160.462</b>	<b>158.262</b>	<b>159.522</b>	<b>156.793</b>
<b>Arganzuela</b>	3.032	2.830	2.970	3.080	3.084	3.113	3.261	3.267
<b>Imperial</b>	718	684	735	768	799	795	830	831
<b>Las Acacias</b>	1.176	1.103	1.157	1.205	1.246	1.247	1.287	1.290
<b>La Chopera</b>	763	701	731	734	653	666	691	692
<b>Legazpi</b>	375	342	347	373	386	405	453	454
<b>Moncloa-Aravaca</b>	3.003	3.030	2.925	3.069	3.134	3.095	3.228	3.207
<b>Casa de Campo</b>	468	471	657	687	651	637	655	650
<b>Argüelles</b>	2.535	2.559	2.268	2.382	2.483	2.458	2.573	2.557
<b>Latina</b>	2.118	2.075	2.136	2.203	2.179	2.172	1.783	1.783
<b>Los Cármenes</b>	322	331	365	394	381	385	294	293
<b>Puerta del Ángel</b>	1.796	1.744	1.771	1.809	1.798	1.787	1.489	1.490
<b>Carabanchel</b>	3.953	3.907	3.958	4.016	4.009	3.948	3.628	3.597
<b>Comillas</b>	1.049	1.043	1.061	1.077	1.075	1.060	966	957
<b>Opañel</b>	1.458	1.420	1.457	1.482	1.501	1.469	1.356	1.342
<b>San Isidro</b>	1.446	1.444	1.440	1.457	1.433	1.419	1.306	1.298
<b>Usera</b>	1.758	1.620	1.710	1.744	1.780	1.777	1.815	1.804
<b>Almendrales</b>	739	667	711	727	736	729	744	739
<b>Moscardó</b>	1.019	953	999	1.017	1.044	1.048	1.071	1.065

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Directorio de unidades de actividad económica del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Si nos fijamos en el incremento porcentual entre 2003 y 2010 de las unidades productivas de cada distrito y barrio, tal y como se refleja en el siguiente gráfico, es en Arganzuela, y concretamente en los barrios de Legazpi y las Acacias con un incremento del 21% y 15,7% respectivamente y el barrio de Casa de Campo del distrito de Moncloa-Aravaca, con una diferencia de casi el 39%, las zonas con mayor crecimiento económico a pesar de la crisis. De todas formas, todos los barrios limítrofes, excepto aquellos situados en Carabanchel y Latina, cuentan con un incremento entre 2003 y 2010 superior a las cifras del resto de la ciudad.

<sup>19</sup> Unidad local: La Unidad local se corresponde con una empresa o parte de una empresa (taller, fábrica, almacén, mina, depósitos, etc.) sita en un lugar delimitado topográficamente. Se incluyen las unidades locales "con local", es decir, aquellas unidades que ejercen su actividad en un lugar delimitado topográficamente, con un carácter más o menos fijo. Notas metodológicas Directorio de Unidades de Actividad Económica. 2010

Gráfico 12. Evolución porcentual de la actividad económica (unidades locales de los barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2003-2010)<sup>20</sup>

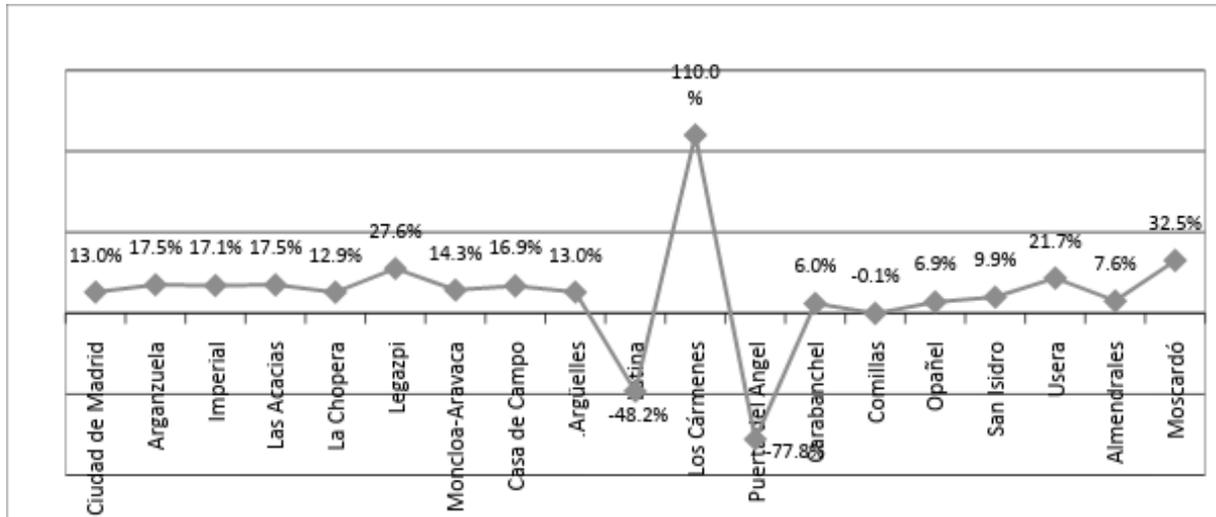


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Directorio de unidades de actividad económica del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid.

Con las obras de soterramiento y de Madrid Río finalizadas la actividad económica local continua su crecimiento positivo con un dinamismo superior al resto de la ciudad excepto el barrio de Puerta del Ángel, único barrio que disminuye considerablemente la actividad.

<sup>20</sup> Unidades locales clasificadas por municipio (distritos y barrios en el municipio de Madrid) según la actividad principal (CNAE-93 a 1 dígito). [Directorio de Unidades de Actividad Económica de la Comunidad de Madrid](#). Instituto de estadística de la Comunidad de Madrid.

Gráfico 13. Evolución porcentual de actividades económicas (locales) de los distritos y barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2013-2018)

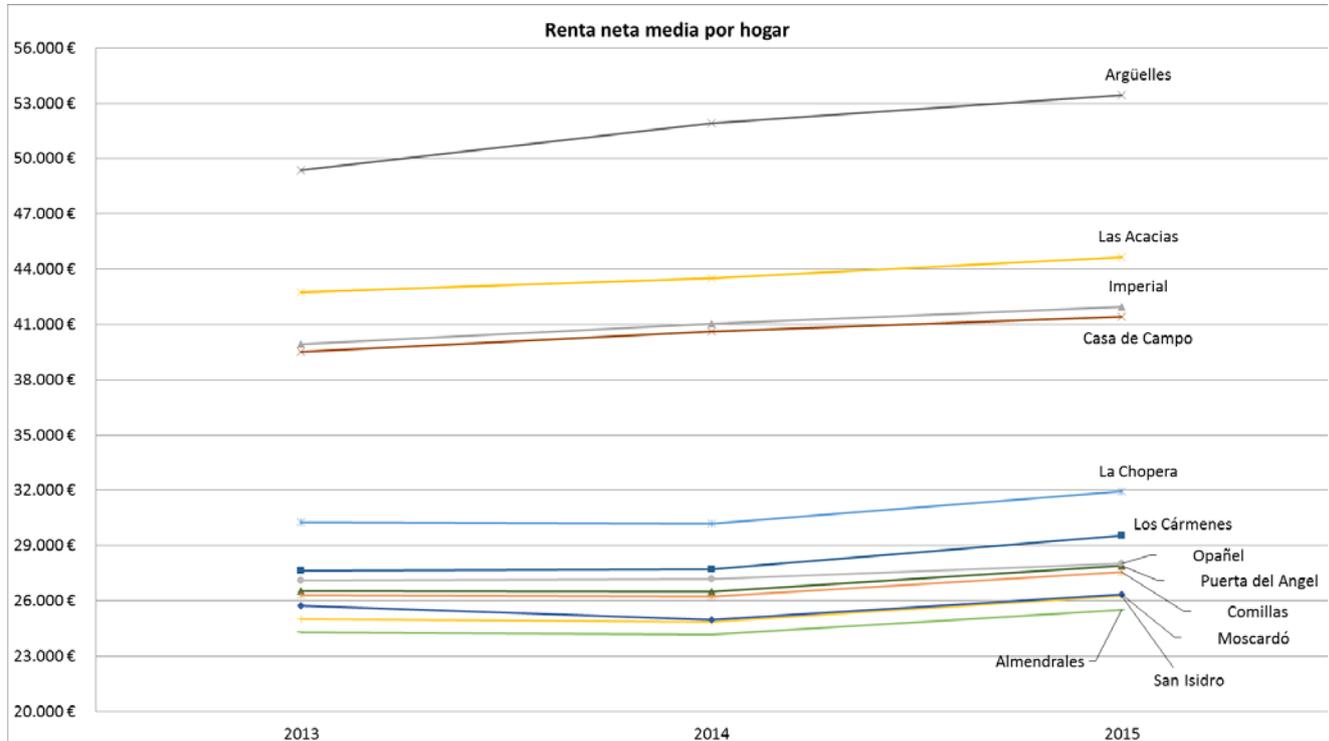


Fuente Elaboración propia a partir de datos del Área de Gobierno de Economía y Hacienda. S.G. Estadística. Censo de locales y actividades. 2013-2018

De nuevo el barrio de Legazpi lidera junto a Los Cármenes y Moscardó los mayores incrementos de actividad económica (muy superiores al crecimiento de toda la ciudad de Madrid) mientras que Puerta del Ángel y el barrio de Comillas con decrecimiento de actividad económica, parecen no beneficiarse del cierto impacto económico positivo que se observa en el resto de los barrios cercanos a la infraestructura.

Por último, veamos brevemente una radiografía del nivel socioeconómico de la ciudadanía residente en los barrios limítrofes a la infraestructura. En el siguiente gráfico se muestra la **evolución de la renta media anual** desde el 2013 al 2015. En todas las zonas de estudio la renta se incrementa de año en año, pero es el barrio de Argüelles donde se registra una renta media anual muy superior al resto de zonas en todos los años. Los distritos localizados al sur de la infraestructura cuentan con una renta muy por debajo de la media de toda la ciudad de Madrid: el barrio Almendrales cuenta con casi 13.000 euros de diferencia de renta anual respecto a la media de la ciudad.

Gráfico 14. Evolución de la renta neta media anual en los distritos y barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2013-2015)



Fuente Elaboración propia a partir de datos del Ayto. ["Nuestra ciudad en cifras"](#). Instituto Nacional de Estadística. Indicadores urbanos. Subdirección General de Estadística.

Respecto a los efectos sobre el empleo en los distritos asociados a las inversiones en infraestructuras realizadas por el Ayuntamiento de Madrid 2003-2012, y siguiendo el análisis realizado por el Observatorio Económico del Ayuntamiento de Madrid del "Impacto económico de las infraestructuras viarias de la Ciudad de Madrid" (2007c), señalar los resultados que obtienen de su análisis del impacto de las inversiones<sup>21</sup> en el empleo en la ciudad de Madrid: "Con respecto a los efectos sobre el empleo, en términos generales, estas inversiones generarían un nivel de empleo de más de 60.000 puestos de trabajo, supone un aumento del 3,3% del empleo existente en el inicio de las inversiones." (..) Respecto a una importancia media del empleo asociado a estas infraestructuras, para el conjunto del municipio de Madrid se obtiene un valor de 0,3%. Por zonas existen un buen número de distritos donde la importancia del fenómeno, en términos de empleo medio anual, supera el 1% del registrado en el año 2005, tal es el caso de Usera, Puente de Vallecas, Moratalaz, Vicálvaro, Latina y Hortaleza".

Descendiendo a los distritos limítrofes a la obra de soterramiento de la M-30 este informe apunta a un incremento absoluto de 3.838 empleos más en el distrito de Arganzuela, lo

<sup>21</sup> En su gran parte se refieren a inversiones viarias del Proyecto M-30 que estiman en un total de 3.083.569 (miles de euros) del total de la inversión desde 2003 hasta 2012.

que representa casi un 8% respecto de total del impacto de empleo estimado, de 2.934 en Moncloa Aravaca (6%), y Latina (2.542 empleos más), Carabanchel (2.598) y Usera (2.462) que representa cada uno el 5% sobre el total de empleo creado como efecto de la inversión respecto a toda la ciudad de Madrid.

Veamos a continuación el comportamiento del **mercado de la vivienda** en la zona de estudio. Cualquier tipo de obra o inversión en un medio urbano produce un incremento variable de valor en las zonas limítrofe. En el caso tanto del soterramiento de la M-30 como de Madrid Río el impacto que ha producido en términos de revalorización de la vivienda (tanto de obra nueva como del mercado de alquiler y venta de viviendas de segunda mano) es indiscutible si se observa los datos estadísticos oficiales disponibles sobre la evolución del incremento del precio de vivienda en los distritos colindantes a dicha infraestructura.

El primer aspecto a destacar es que tanto en los barrios de estudio como en el conjunto de la ciudad se vivieron claramente las dos etapas del ciclo inmobiliario: la etapa expansiva, correspondiente al período 1997-2007 y la etapa recesiva, entre 2008 y 2012. Los análisis del mercado inmobiliario existentes previos al 2008 no tuvieron en cuenta la crisis económica y sus efectos en el sector que se avecinaba en toda la ciudad, por lo que sus resultados fueron más optimistas en términos de revalorización de la vivienda de la región. Por ese motivo tomamos como referencia estudios posteriores a la crisis y que han obtenido información concluyente, a pesar del estallido de la burbuja inmobiliaria y sus consecuencias, como es el análisis realizado por el autor Ignacio Ortiz de Andrés del Colegio de Ingenieros de Caminos (Ortiz. 2006), que estudió el impacto en el mercado inmobiliario en los barrios limítrofes a la M-30. En dicho estudio se hace una aproximación en el cálculo de las viviendas posiblemente beneficiadas gracias a la nueva infraestructura en un perímetro de 500 metros de ancho con eje el río que alcanza un total de 21.624 viviendas. Según este estudio los datos más actuales del precio unitario en los distritos limítrofes *“es prácticamente 900<sup>22</sup> euros superiores por metro cuadrado (alrededor de un 60 % más. (...)) siendo el incremento de valor más alto en las inmediaciones del Río. Esto se traduce para la franja estudiada, teniendo en cuenta los más de 2 millones de m<sup>2</sup> residenciales, en 1.000 millones de euros de incremento de valor del parque inmobiliario de los vecinos”*.

Observando los datos estadísticos disponibles sobre el mercado de vivienda en la zona de estudio podemos ver cómo, al igual que en otras zonas de Madrid, el periodo de soterramiento de la M-30, así como la crisis inmobiliaria acontecida de forma paralela a la finalización las obras, parece haber influido directamente en la disminución del precio de la vivienda, sobre todo desde el periodo de 2009 al 2015.

---

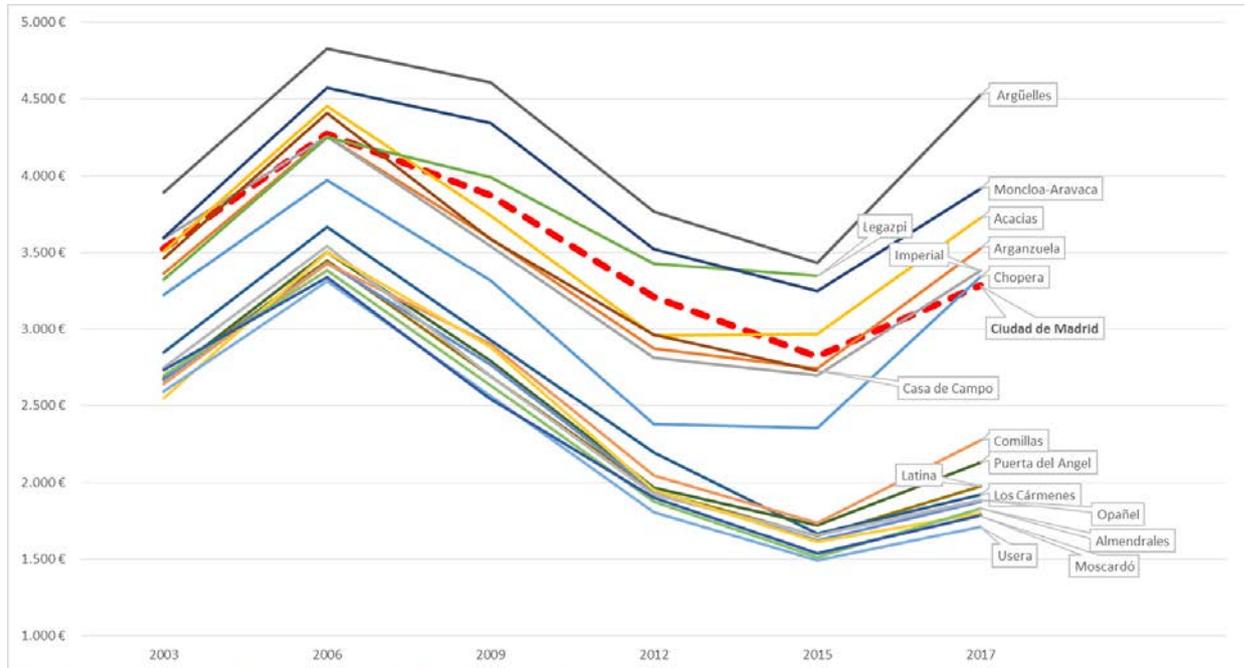
<sup>22</sup> Toman como referencia valores de un precio absoluto medio de 242.727 € y un precio unitario medio de 2.473 €/m<sup>2</sup>.

Tabla 12. Evolución porcentual del precio de la vivienda de segunda mano (euros/m<sup>2</sup>) en los distritos y barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2003-2017).

Años	2003	2006	2009	2012	2015	2017	evolución % del 2003 al 2017
<b>Ciudad de Madrid</b>	3.524 €	4.274 €	3.875 €	3.209 €	2.820 €	3.285 €	-7,28%
<b>Arganzuela</b>	3.363 €	4.257 €	3.590 €	2.876 €	2.746 €	3.529 €	4,70%
<b>Imperial</b>	3.591 €	4.254 €	3.541 €	2.816 €	2.697 €	3.382 €	-6,18%
<b>Acacias</b>	3.506 €	4.453 €	3.743 €	2.957 €	2.966 €	3.724 €	5,85%
<b>Chopera</b>	3.222 €	3.972 €	3.316 €	2.379 €	2.355 €	3.340 €	3,53%
<b>Legazpi</b>	3.320 €	4.251 €	3.988 €	3.428 €	3.349 €	-	-
<b>Moncloa-Aravaca</b>	3.595 €	4.572 €	4.345 €	3.524 €	3.247 €	3.915 €	8,17%
<b>Casa de Campo</b>	3.461 €	4.408 €	3.587 €	2.962 €	2.729 €	-	-
<b>Argüelles</b>	3.889 €	4.826 €	4.610 €	3.767 €	3.433 €	4.528 €	14,11%
<b>Latina</b>	2.674 €	3.447 €	2.692 €	1.948 €	1.653 €	1.977 €	-35,26%
<b>Los Cármenes</b>	2.850 €	3.665 €	2.930 €	2.193 €	1.668 €	1.920 €	-48,44%
<b>Puerta del Angel</b>	2.681 €	3.501 €	2.792 €	1.967 €	1.721 €	2.130 €	-25,87%
<b>Carabanchel</b>	2.670 €	3.433 €	2.770 €	1.947 €	1.622 €	1.874 €	-42,48%
<b>Comillas</b>	2.643 €	3.429 €	2.904 €	2.046 €	1.739 €	2.273 €	-16,28%
<b>Opañel</b>	2.749 €	3.542 €	2.695 €	1.921 €	1.659 €	1.887 €	-45,68%
<b>San Isidro</b>	2.549 €	3.502 €	2.885 €	1.949 €	1.611 €	1.801 €	-41,53%
<b>Usera</b>	2.592 €	3.311 €	2.566 €	1.806 €	1.494 €	1.710 €	-51,58%
<b>Almendrales</b>	2.699 €	3.381 €	2.636 €	1.875 €	1.512 €	1.829 €	-47,57%
<b>Moscardó</b>	2.734 €	3.338 €	2.544 €	1.901 €	1.539 €	1.788 €	-52,91%

Fuente Elaboración propia a partir del banco de datos del Ayto. de Madrid

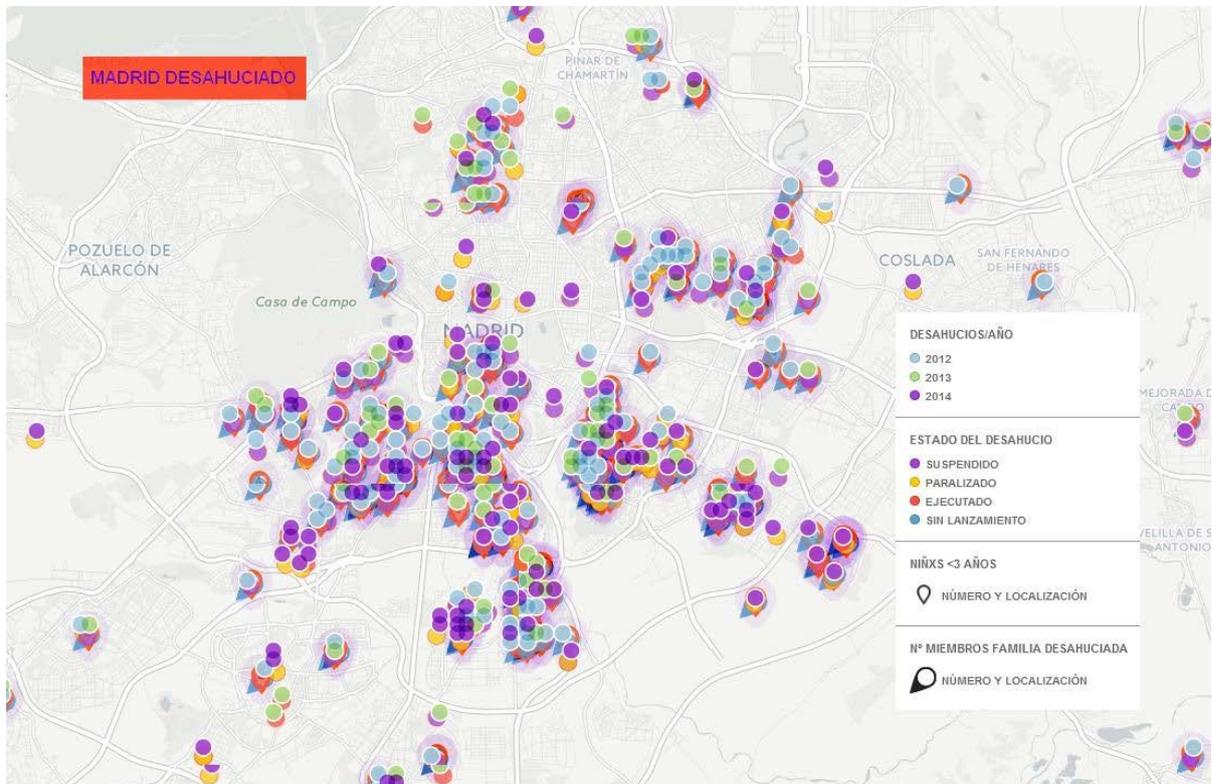
Gráfico 15. Evolución porcentual del precio de la vivienda de segunda mano (euros/m<sup>2</sup>) en los distritos y barrios colindantes a la Calle 30 y Madrid Río (2003-2017).



Fuente Elaboración propia a partir del banco de datos del Ayto. de Madrid

En los años más actuales se observa el paulatino incremento del precio de la vivienda en casi todos los barrios limítrofes, destacando la diferencia más significativa de precio en el barrio de Argüelles y Chopera (ver Tabla 12 y Gráfico 15).

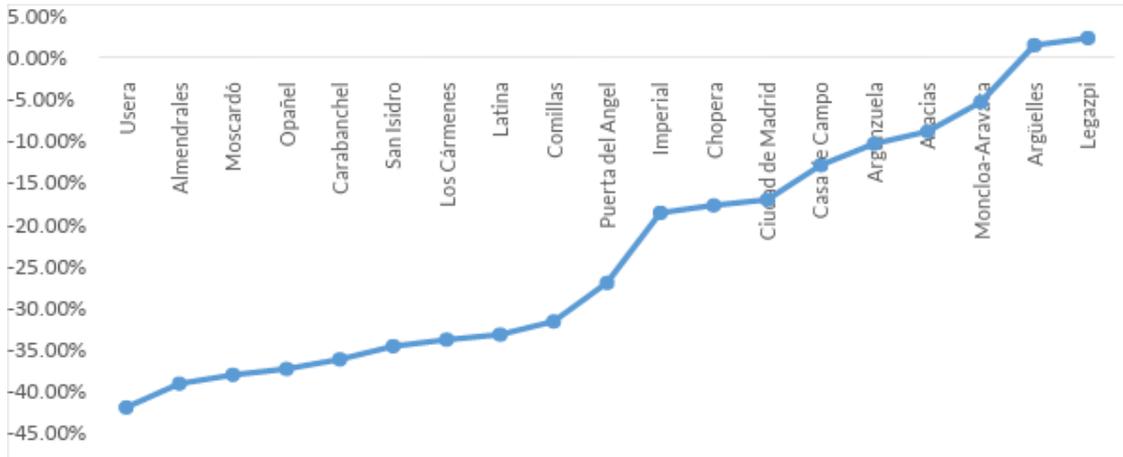
Figura 25. La otra cara del incremento del precio de la vivienda



Fuente: Madrid desahuciado, VIC, 2016.

La tendencia del incremento de precio de la vivienda no está clara y no es lineal. A veces se realiza un descenso debido a la crisis y en concreto a la burbuja inmobiliaria. Por otra parte un estudio y análisis de los desahucios en Madrid a partir del 2012, un año después la inauguración de Madrid Río, destacan que el Sur de Madrid y las áreas colindantes la M-30 soterrada y Madrid Río padecen de un incremento de los desahucios por hipotecas e impago de alquiler, subrayando el hecho de que se trata de barrios en transformación urbana con un riesgo de gentrificación alto: el desahucio de familias da pie a la entrada de nueva población de renta más alta que busca una calidad de vida más alta con acceso fácil a las infraestructuras viarias y a más espacios verdes (p.ej. Madrid Río) (Feinstein 2010)

Gráfico 16. Diferencia porcentual de precio de la vivienda de segunda mano (euros/m<sup>2</sup>) en los distritos colindantes a Calle 30 y Madrid Río desde 2003 a 2016



Fuente Elaboración propia a partir del banco de datos del Ayto. de Madrid

Hay que apuntar que justo el distrito de Arganzuela no solo experimenta cambios urbanísticos por el impacto de la obra, sino que se trataba de un antiguo distrito industrial y ferroviario sometido a un intenso proceso de renovación urbana. Tanto en el Pasillo Verde Ferroviario, la zona del Matadero, así como en el viejo polígono del final de la calle Embajadores (Barómetro de Economía de la ciudad de Madrid 37. 3º Trimestre 2013).

En los últimos años el resto de barrios pertenecientes a los distritos de Usera, Carabanchel y Latina incrementan el precio medio de la vivienda, pero todavía no alcanza la cifra de precios que se registró en 2003 debido a que la crisis económica fue más acuciante en estos distritos y que además estos barrios quedan algo más alejados del soterramiento y del propio Madrid Río.

Teniendo en cuenta los datos estadísticos municipales sobre la evolución del alquiler desde el 2010 hasta el 2017 en los distritos podemos ver el incremento paulatino de la renta tras la finalización de la crisis y de Madrid Río.

Tabla 13. Evolución de la renta mensual de la vivienda en alquiler (euro/m<sup>2</sup> construido) en los distritos colindantes a Calle 30 y Madrid Río (2010-2017) \* Cuarto trimestre anual

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Ciudad de Madrid</b>	11,95	11,80	11,10	10,80	11,40	12,40	14,40	15,53
<b>Arganzuela</b>	11,39	10,92	10,55	10	11	12	13,50	14,62
<b>Moncloa-Aravaca</b>	11,85	11,56	11,13	10,70	12	12,30	14,40	14,80
<b>Latina</b>	9,33	9,33	8,71	8,10	8,50	9,30	10,40	11,32
<b>Carabanchel</b>	9,64	9,21	8,63	8,10	8,30	9,20	10,40	11,42
<b>Usera</b>	9,01	8,74	7,96	7,80	8,40	9,90	9,80	11,29

Fuente Elaboración propia a partir del banco de datos del Ayto. de Madrid

Es interesante recordar que los/as madrileños/as que residían allí antes de las obras soportaban la contaminación acústica y visual de la vía urbana. Sus viviendas han experimentado un incremento sustancial de su valor, incentivando las reformas y rehabilitaciones de edificios. Como hemos visto este impacto directo ha sido más beneficioso para aquellos/as que residen en esa primera franja de viviendas paralelas al parque Madrid Río, que indubitablemente ha mejorado su calidad de vida, siendo más visible en los barrios limítrofes de la zona norte, es decir, en Arganzuela (según informe Engel & Völkers Madrid 2017). En el año 2016 los barrios de Imperial, Legazpi y Acacias alcanzaron precios máximos superiores a los 5.000 euros/m<sup>2</sup> así como el barrio de Arguelles perteneciente al distrito de Moncloa-Aravaca.

Pero no solo ha habido un cambio sustancial para los antiguos vecinos/as de los barrios, sino que también existen nuevas promociones de vivienda residencial que están cambiando la configuración urbana, por ejemplo, la promoción Residencial Puente de la Princesa. Asimismo, también hay que destacar la rehabilitación del Mercado Central de Frutas y Verduras ubicado junto a la Plaza de Legazpi y la apertura del Centro comercial Plaza Río 2 junto a la ribera del parque, enfrente del Matadero. De este último complejo de 40.000 metros cuadrados y con más de 160 puntos de venta se estimó por parte de los promotores que generaría aproximadamente 2.000 puestos de trabajo en obra y, tras su apertura, 1.800 en continuidad. Sin tener datos oficiales que puedan contrastar esta estimación podemos afirmar que el impacto económico de una superficie comercial de este tipo parece indiscutible. Ahora bien, es necesario también señalar otras consecuencias colaterales a estas nuevas dinámicas económicas y urbanistas locales como puede ser los efectos en el pequeño comercio, la transformación de la forma de relación vecinal o del fenómeno de la gentrificación y la evidencia de cómo una inversión pública activa este proceso, en este caso, en la zona limítrofe de la obra.

Claramente existe una diferencia socioeconómica importante entre los distintos barrios limítrofes de la M-30 y parece que esta brecha socioeconómica se ha acentuado aún más en los años posteriores a la infraestructura. Los barrios fronterizos de los distritos de Arganzuela y Moncloa-Aravaca han visto incrementada sustancialmente su actividad económica, el nivel adquisitivo de los/as vecinos/as así como la revalorización del mercado de viviendas, mientras que sobre todo los barrios de Almendrales y Moscardó del distrito de Usera no parece haber seguido esta tendencia creciente de los barrios más al oeste y norte de la obra.

## 5.3 Análisis de impacto de género.

La valoración del impacto de género de las intervenciones realizadas en torno al soterramiento de la M-30 y a la construcción de Madrid Río se apoya sobre los tres aspectos claves del impacto de género: **movilidad en el espacio y consumo de tiempo, efectos de la contaminación sobre la salud y por tanto sobre la calidad de vida y la seguridad percibida y las barreras al uso de Madrid Río.** A raíz de este enfoque destacan los resultados en términos de impacto de género desarrollados a continuación.

### 5.3.1 Movilidad/accesibilidad: infraestructura orientada al transporte privado

Parece no ser necesario poner en duda que existe aceptación y satisfacción por el conjunto de la ciudadanía con el soterramiento y con el parque. Parece interesante además identificar y evaluar los posibles márgenes de mejora, incorporando una perspectiva de género, en relación con el mantenimiento y gestión de este tipo de infraestructuras. Por otra parte, parece relevante dar pautas para planificar infraestructuras y espacios verdes y de ocio más inclusivos.

La literatura sobre el transporte se orienta, en gran parte, al análisis de la accesibilidad al empleo argumentando que es el gran problema para los sistemas de transporte y considera por separado algunos de los diferentes motivos de viaje relacionados con la movilidad del cuidado, por ejemplo, el acompañar a las niñas/niños al colegio, a las personas mayores al centro de salud, ir a hacer la compra cotidiana o a la farmacia, etc. (Lucas et al. 2016; Neutens, 2015). Sin embargo, hay estudios que determinan que los viajes relacionados con tareas de cuidado representan más del 40% de la totalidad de los desplazamientos y, en la mayoría de los casos, se realizan por parte de las mujeres (tablas a continuación). Se destaca que los viajes de cuidado son, en su mayoría, interdependientes en términos de horario, es decir, la hora de inicio de un desplazamiento depende de la hora de finalización del otro y viceversa (por ejemplo, generalmente no se puede ir a trabajar antes de llevar a sus hijos a la escuela). Por lo tanto, **las cadenas de viaje** son esenciales para la movilidad en lo referido a las tareas de cuidado y pueden reducir la disponibilidad de tiempo de las personas cuando no son fluidas.

Existen evidencias que muestran las diferencias entre el comportamiento de viaje por trabajo o por cuidado (Di Ciommo, 2017). Sin embargo, estas evidencias escasas veces se tienen en cuenta cuando se planifican los sistemas de transporte. A través del análisis comparativo de las encuestas de movilidad europeas y americanas<sup>23</sup> (Mister et al., 2019, Rebekah Straub Anderson, 2019 Krishnan Viswanathan, 2019) se señala que el porcentaje de viajes para cuidar (alrededor del 40%) es constante, incluso en continentes, países y regiones diferentes (ver Tabla 14 y Tabla 15).

---

<sup>23</sup> No existe una encuesta de movilidad reciente referida a la ciudad de Madrid por lo tanto es difícil definir los porcentajes exactos entre viajes de cuidados, de trabajo y de ocio.

Tabla 14. Análisis por motivo de viaje en el área Metropolitana de Barcelona

Motivo del viaje (ida)	Genero		Total
	Mujer	Hombre	
Trabajo	9,5%	12.1%	21,6%
Estudio	5,2%	5,2%	10,5%
Cuidados	26,6%	14.7%	41,3%
Ocio	8,6%	10.4%	19,0%
Otros motivos	4,0%	3,7%	7,7%
<b>Total</b>	<b>53,9%</b>	<b>46,1%</b>	<b>100.0%</b>

Fuente Di Ciommo et al. 2018.

Tabla 15. Análisis por motivo de viaje en la región de Ohio, EEUU

Motivo del viaje (ida)	Género		Total
	Mujer	Hombre	
Trabajo	9.3%	12.6%	21.9%
Estudio	1.8%	1.5%	3.3%
Cuidados	23.3%	18.0%	41.3%
Ocio	11.8%	11.3%	23.1%
Otros motivos	5.5%	4.9%	10.4%
<b>Total</b>	<b>51.7%</b>	<b>48.3%</b>	<b>100.0%</b>

Fuente Di Ciommo et al. 2018.

Por ejemplo, es bien sabido que las personas que más movilidad por tareas de cuidado realizan, las mujeres, utilizan más el transporte público, aunque viajan distancias más cortas. Realizan cadenas de viaje más complejas, a menudo viajan acompañadas (especialmente con personas dependientes) y hacen compras diarias. También experimentan mayores obstáculos y limitaciones en términos de accesibilidad física, seguridad y protección en comparación con los hombres y, debido a sus roles tradicionales de cuidado y reproducción, son también más pobres en tiempo (Silveira Neto et al. 2015). Por lo tanto, hablar de movilidad sostenible remite automáticamente a la *movilidad del cuidado* como punto estratégico de la agenda política a la hora de planificar los sistemas de transporte. En este marco, el soterramiento de la M-30 se queda lejos de poder ser cualificado como una actuación de movilidad sostenible y que facilite la movilidad de las mujeres, como principales responsables del cuidado.

Los estudios de medición de la accesibilidad con perspectiva de género al espacio verde son también muy escasos. Dentro de ellos destaca el estudio de Rojas et al. (2015) sobre la accesibilidad al espacio verde en dos ciudades chilenas en los que se señala que el género y la edad son dos variables mucho más significativas que los ingresos para explicar los diferentes niveles de accesibilidad que existe entre hombres y mujeres al espacio verde tal y como se destaca en el mapa puesto a continuación (figura a continuación). La

accesibilidad a espacios verdes se ha calculado a partir de los recorridos más frecuentes de las personas diferenciando cómo se realiza por parte de hombres y mujeres. Como resultado se expone que los parques y las zonas verdes no son zonas particularmente frecuentadas por las mujeres y no forman parte de sus recorridos cotidianos, realizados a pie o en bicicleta. Las motivaciones de este comportamiento pueden ser diversas, pero todas parecen apuntar a que el escaso uso de los espacios verdes por parte de las mujeres se relaciona con el escaso tiempo que tienen para dedicarle al ocio, la reducida práctica del deporte y, sobre todo, debido a la percepción de inseguridad alrededor del espacio verde, esto es, el parque, *per se*, se evita, realizando un camino diferente antes que atravesar el espacio, especialmente durante las horas nocturnas.

Figura 26. Mapa del diferencial de accesibilidad al espacio verde de hombres y mujeres, calculada a partir de los recorridos más frecuentes

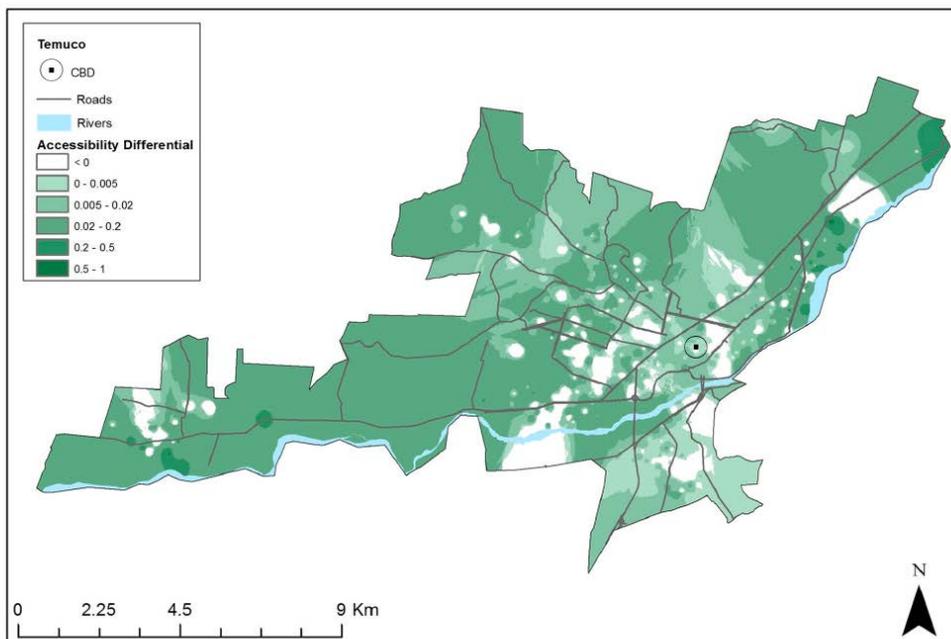
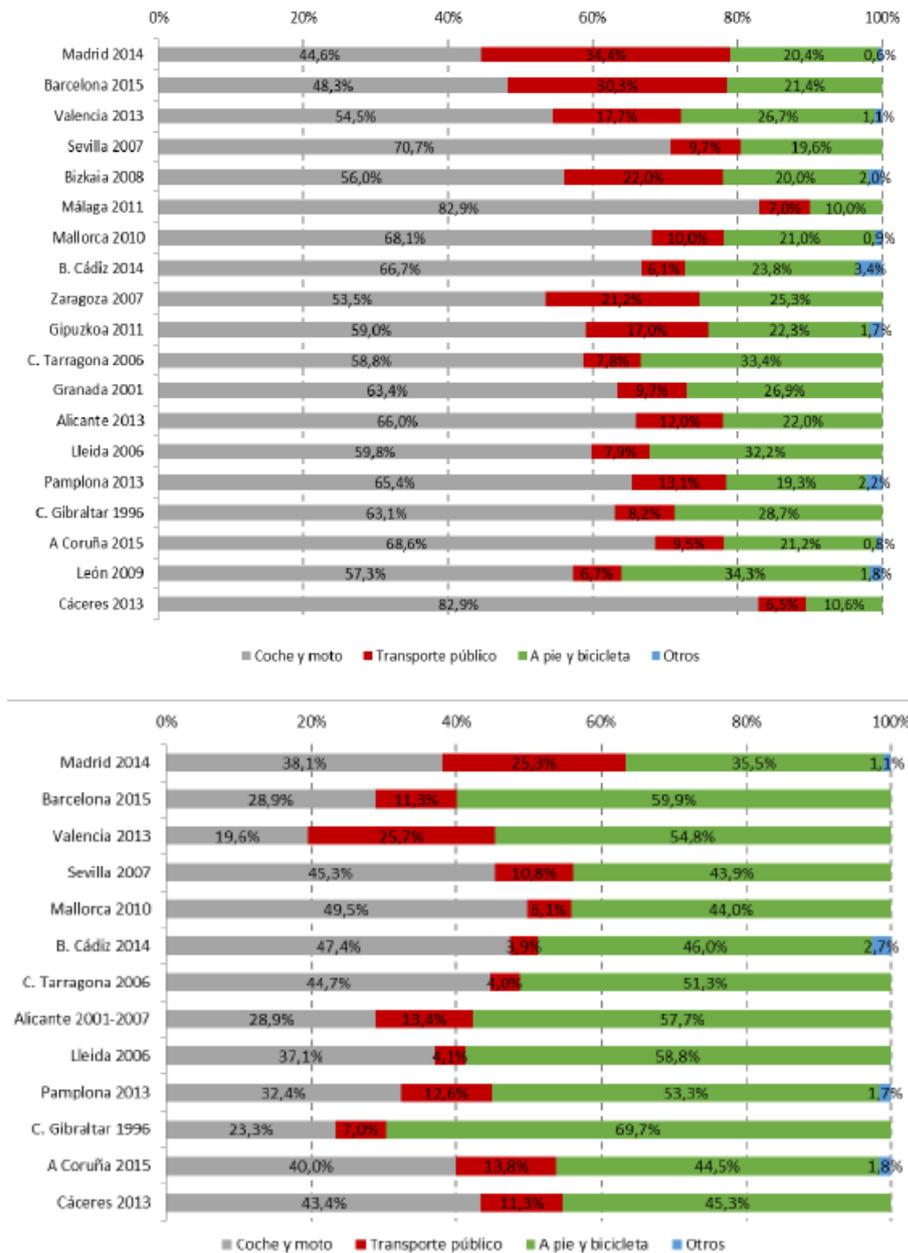


Fig. 9. Accessibility differences male and female (estimated accessibility male - estimated accessibility female). Prepared by the author based on results of expansion method reported in

Fuente: Rojas et al. (2016)

Madrid presenta las mismas tendencias europeas y americanas en temas de movilidad del cuidado: los desplazamientos realizados para cubrir las necesidades en tareas de cuidado se realizan andando y entran en la categoría de *otros motivos de viaje*. En cambio, en desplazamientos realizados por motivos de trabajo (remunerado) y estudio la movilidad a pie representa en Madrid el 20% de los desplazamientos, en cambio, el porcentaje supera el 35% para *otros viajes* en todo el término municipal.

Figuras 27. Comparación de repartos modales entre viajes para trabajo y estudio (arriba) y para otros motivos (abajo)

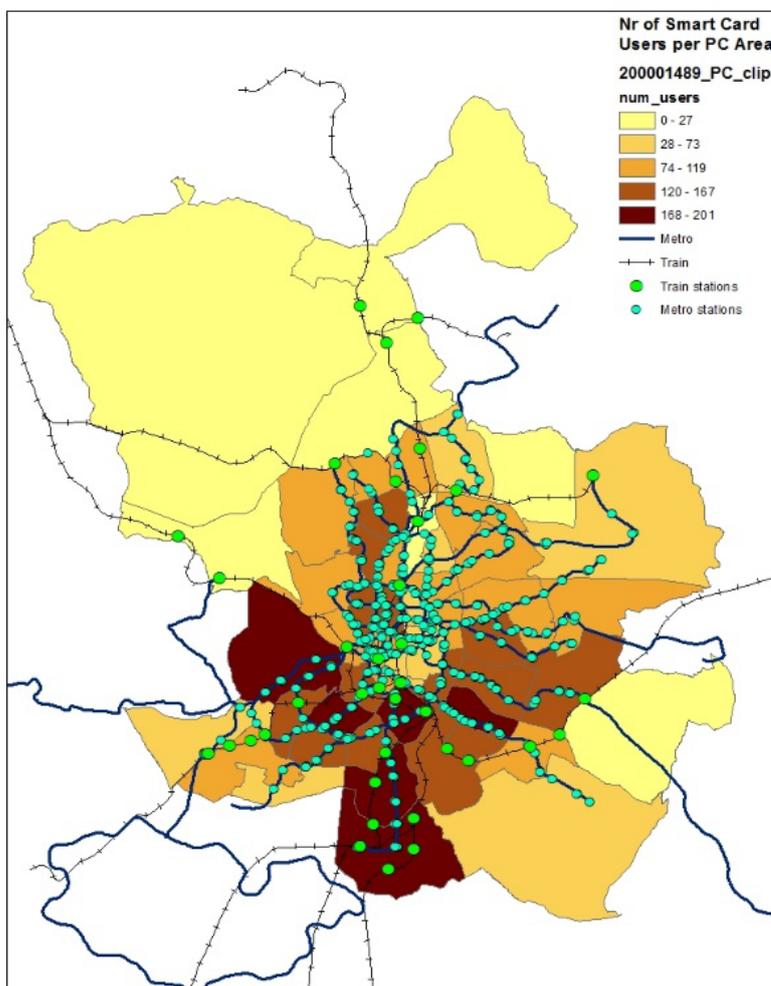


Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana, 2015

Estos viajes, realizados fundamentalmente por mujeres y vinculados en su mayoría a los cuidados, y que, como vemos, en buena parte requieren de desplazamientos a pie, incrementan la exposición de las mujeres a factores de riesgo asociados a la salud, sobre todo en lo referido a la contaminación. Así como hemos subrayado en el apartado de resultados del modelo de salud, cuanto más alta es la exposición a la contaminación, más alta es la respuesta a la contaminación. El área soterrada de la M-30 atraviesa los distritos con más población usuaria de transporte público, tal y como se ve en la ilustración que

presentamos a continuación. Si a eso se añade el hecho de que el 55% de las personas usuarias de transporte público son mujeres, frente al 45% que suponen los hombres (Di Ciommo 2017, Hernández et al. 2015), y que, del total de personas usuarias de la M-30 tan sólo el 30% son mujeres (Simple Lógica y Calle 30, 2015), podemos llegar a plantear que el soterramiento de la M-30 ha sido una actuación poco orientada a las necesidades de las mujeres que, en los barrios colindantes de la M-30, utilizan mayoritariamente el transporte público.

Figura 28. Ubicación de usuarios/as de las tarjetas inteligentes<sup>24</sup> de transporte público por distrito con el 55% de mujeres como usuarias



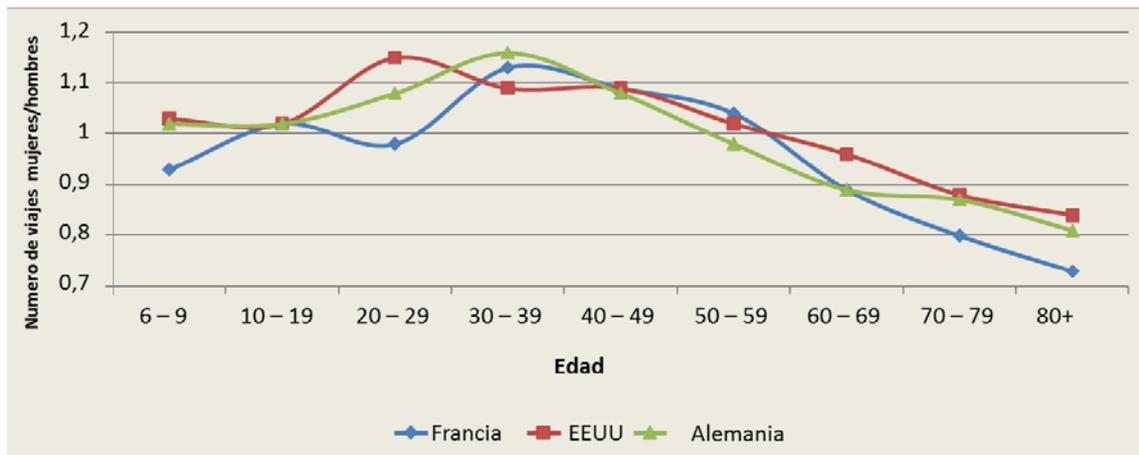
Fuente: Di Ciommo 2017.

Las mujeres son el grupo de población que presenta la mayor tasa de movilidad, en términos generales, en desplazamientos para el cuidado de niños/as y de las personas dependientes. La movilidad del cuidado realizada por parte de las mujeres se evidencia

<sup>24</sup> Tarjeta de abono de transporte público en funcionamiento desde el 2014.

también en otro estudio internacional (Minster et al, 2018), donde destaca la mayoría neta de viajes de mujeres entre los 30 y 49 años.

Figura 29. Diferencias en el número de viajes entre hombres y mujeres en Francia, EEUU y Alemania



Fuente: French National Travel Survey 2007-2008, US National Household Travel Survey 2017, German Mobility Panel 2001-2016

Si la planificación del transporte siguiera el reparto de modos de transporte y su distribución por género (un reparto donde la mayoría de los viajes de la población activa lo hacen las mujeres, como se ve en la figura anterior), probablemente debería centrarse en la planificación de las infraestructuras para desplazarse a pie más que en coche. Este enfoque respondería a un doble objetivo: posibilitar la reducción del tráfico rodado y, consecuentemente, una disminución en los niveles de contaminación del aire a la que, actualmente, las mujeres están más expuestas. Cuando la estrategia de las políticas de transporte se basa en la sostenibilidad, la salud y el bienestar de la ciudadanía con perspectiva de género, según el análisis de la movilidad del cuidado, se apunta a una mejora de la accesibilidad universal al transporte público y a la satisfacción de las necesidades de la movilidad.

El sistema tradicional de transporte público se ha orientado a resolver las necesidades de desplazamiento hacia el trabajo (remunerado), con sistemas de metro y líneas de autobús diseñadas para llegar al lugar de trabajo (Geurs & Van Wee, 2004). Este motivo de desplazamiento representa tan sólo el 21% de los desplazamientos (tanto en ciudades europeas como en ciudades americanas, tal y como se ha puesto de manifiesto anteriormente). Si a esta realidad le sumamos el hecho que el reparto modal en coche privado en Madrid (ver Gráfico 1 en p.26) representa el 25,5%, de los que las mujeres realizan tan solo el 30%, el impacto positivo del soterramiento de la M-30 sobre la movilidad de las mujeres es definitivamente reducido.

El análisis de la movilidad del cuidado proporciona información adicional sobre la comprensión de la movilidad de las personas, desde la diversidad, y apoya el desarrollo de nuevas directrices para el diseño de un sistema de transporte que prime los modos de

transporte público y activo sobre la construcción o potenciamiento de una infraestructura viaria como la M-30. Es necesario, además, que tenga en cuenta los motivos de viaje relacionados con las tareas de cuidados, y los grupos de población que los realizan, el por qué y el para qué.

### 5.3.2 Contaminación-salud de las mujeres

El segundo aspecto que analizamos cómo elemento clave del impacto de género está relacionado con el impacto de la contaminación sobre la salud con una mirada de género.

Los estudios específicos sobre el impacto de la contaminación sobre la salud de las mujeres son escasos y se centran esencialmente sobre los grupos más vulnerables por condición física o étnica (p.ej. mujeres en edad fértil, embarazadas o afroamericanas) (Cogan 2012, Griffin et al. 2013a y Nieuwenhuijsen et al. 2014). Sin embargo, **ningún estudio ha estimado una función dosis-respuesta específica para las mujeres**. Por lo tanto, en este estudio no ha sido posible aplicar una función específica de dosis respuesta para las mujeres (tal y como se han realizado para otros grupos de población) y hemos considerado oportuno destacar los elementos de los hábitos de las mujeres relacionado con su movilidad y uso del espacio público para añadir un elemento de análisis a la evaluación de la exposición de las mujeres a las emisiones contaminantes.

Como ya se viene apuntando, las mujeres son quienes, en su rol de cuidadoras, más viajes realizan; también se observa que estos desplazamientos se hacen de forma sostenible, con transporte público y andando, y este hecho hace que sea un grupo social también más expuesto a la contaminación en la ciudad. Por esto, la evaluación del impacto de género del soterramiento de la M-30 y de construcción de Madrid Río pasa por un análisis específico del impacto de la contaminación sobre la salud de las mujeres.

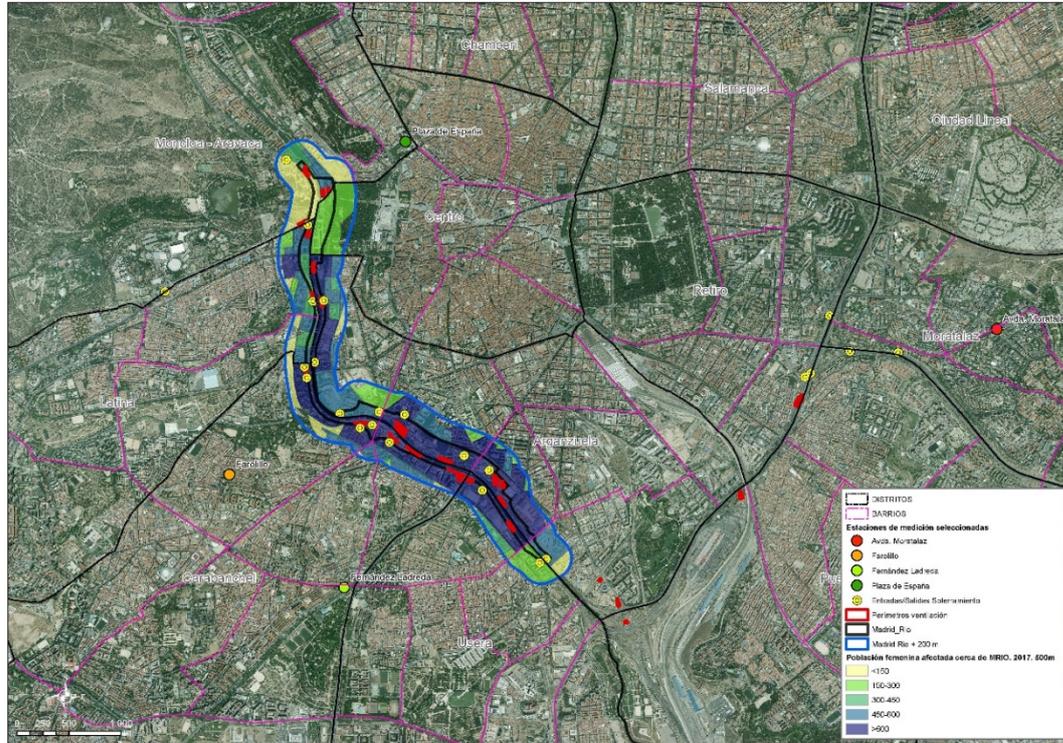
Nuestro estudio presenta la estimación del riesgo de contraer enfermedades pulmonares por exposición a la contaminación y parte de que existe una mayor exposición de las mujeres a esta contaminación ya que realizan en media más viajes en términos absolutos a pie y al aire libre. Su tiempo de exposición a las emisiones incrementa su riesgo de contraer enfermedades pulmonares durante su edad más activa en términos de movilidad, que se sitúa entre los 30 y 49 años. Por otra parte, otro estudio de Griffin (2013b) ha encontrado que las mujeres entre 50 y 79 años que viven en áreas urbanas compactas tienen menos probabilidad de contraer enfermedades de tipo cardiovascular. Esto viene a plantear que, cuando su exposición a las emisiones contaminantes del aire o de ruido son menores, por la disminución de viajes, su riesgo de enfermedad disminuye. Otro estudio explora la asociación entre tráfico rodado, la contaminación del aire por partículas y NO/NO<sub>2</sub> y la tasa de fertilidad a través de una metodología similar a la que hemos aplicado para el presente estudio en los apartados anteriores (Modelo TRES). El resultado de este estudio pone de manifiesto que se encontró una reducción estadísticamente

significativa de las tasas de fertilidad con un aumento en los niveles de contaminación del aire relacionada con el tráfico (Nieuwenhuijsen et al. 2014).

En este marco definimos cuáles son los impactos sobre la salud del soterramiento de la M-30 desde una perspectiva de género.

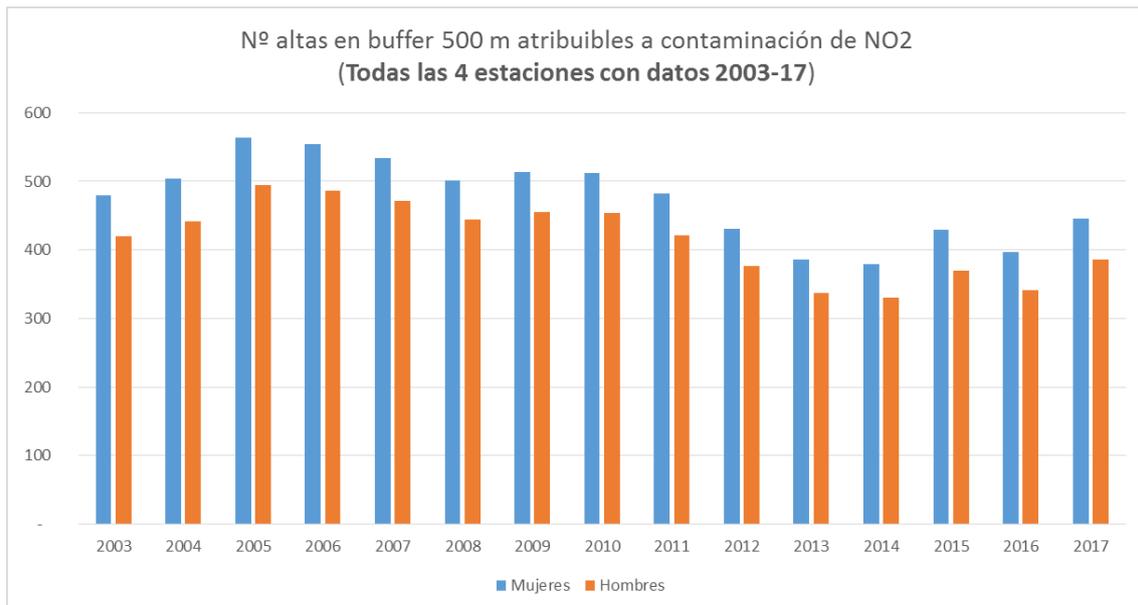
A partir de las estimaciones del modelo TRES, se observa que las mujeres se ven más afectadas por la contaminación y se registra un número de altas hospitalarias más elevado. La tendencia general de las altas hospitalarias asociadas a la contaminación registrada en cada estación sigue la de las emisiones: baja sensiblemente desde la inauguración del soterramiento de la M-30 (2007) hasta el año 2015, momento en el que se invierte esta tendencia decreciente y se asiste a un incremento de las altas hospitalarias para las mujeres. A esta dinámica hacen excepción las altas hospitalarias de mujeres asociadas a la contaminación registrada en la estación de Fernández Ladreda, donde la tendencia es constante y el número de altas hospitalarias es siempre mayor. A tal propósito se destaca la posición particular de la estación de medición de emisiones de Fernández Ladreda, asociada a un área densa de carreteras urbanas, a alto tráfico rodado no exclusivamente asociado a la proximidad de la M-30. En las figuras siguientes se reportan los resultados gráficos del número de altas por contaminación de  $\text{NO}_2$ , según sexo, en el *buffer* de 500 m considerado sabiendo que el total de la población afectada varía según se ha considerado M-30 descubierta o soterrada al variar los focos de emisión desde donde se realizan dichos *buffers*. A ello hay que añadir las variaciones demográficas de disminución general de la población dentro del municipio de Madrid (aumentos o descensos en los datos censales).

Figura 30. Población femenina afectada por la contaminación y beneficiaria de la cercanía de Madrid Río



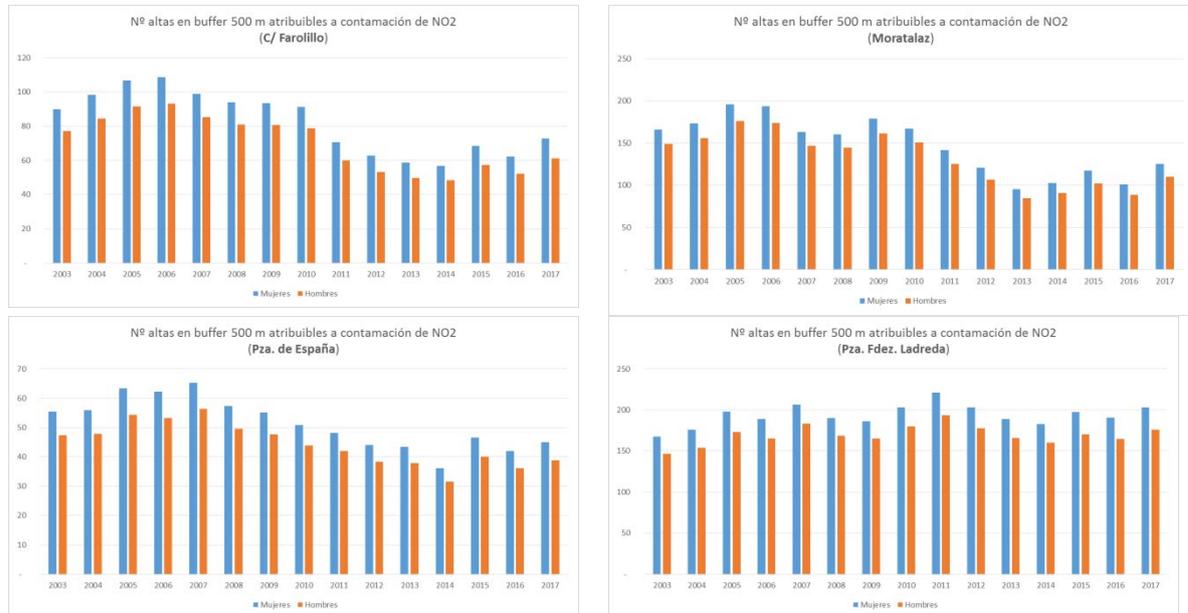
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento y del IGN.

Gráfico 17. N.º altas en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO<sub>2</sub> (Todas las 4 estaciones con datos 2003-17)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones del Ayuntamiento de Madrid

Gráficos 18. N.º altas en buffer 500 m atribuibles a contaminación de NO<sub>2</sub> (por estación con datos 2003-17)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de emisiones del Ayuntamiento de Madrid

### 5.3.3 Seguridad y barreras

Como bien explica la urbanista Isabela Velázquez en *El mapa de la ciudad prohibida* (2009) la vinculación entre seguridad y diseño urbano está poco reconocida y considerada en el planeamiento y en las políticas urbanas. Tampoco es frecuente escuchar la voz de las mujeres en este ámbito, ni ellas tienen *experiencia* ni *tradición* de análisis y reflexión sobre temas como el urbanismo. Así que analizar los efectos en términos de seguridad de una intervención como el soterramiento de M-30 desde la perspectiva de género comporta algunos desafíos metodológicos que en este estudio se han tratado de afrontar.

Como se expone en la publicación *Entornos habitables. Auditoría de seguridad urbana con perspectiva de género en la vivienda y el entorno*<sup>25</sup> (...) son pocas las ciudades que han incorporado la perspectiva de género en sus políticas de seguridad. La seguridad urbana en las ciudades continúa enfocándose sobre todo en los crímenes, excluyendo de su análisis la violencia machista (Wekerle y Whitzma 1995) y sin tener en cuenta que la percepción de seguridad también es diferente entre mujeres y hombres.

<sup>25</sup> Entornos habitables auditoría de seguridad urbana con perspectiva de género en la vivienda y el entorno. Col·lectiu Punt 6.

De esta forma, bajo la aparente neutralidad con que se concibe la construcción del espacio y su ordenación se esconden grandes desequilibrios, si atendemos al género. La diferente socialización de las niñas y las adolescentes sigue estando claramente dirigida a no asumir “riesgos”, a buscar la protección del entorno y a entender el espacio público como una potencial “fuente de riesgo”. Esto se traduce, en muchos casos, en sensaciones de miedo a la hora de ir libremente por la calle, a tener que pensar en la hora de vuelta a casa o en la zona por la que se pasa, percepciones de limitación y de desconfianza y la necesidad de buscar seguridad más allá de una misma. La diferenciación de la seguridad/inseguridad en base a la distinta socialización en función del género, y a la mirada urbana de las mujeres, exige un reconocimiento y un abordaje integral de la violencia contra las mujeres en el espacio público como un tema de seguridad.

También en la movilidad urbana el género es un diferenciador importante. Se ha demostrado que las mujeres presentan patrones de movilidad más complejos, que típicamente incluyen más intermodalidad y, en particular, más transporte público y a pie en varios momentos del día (Col·lectiu Punt 6, 2016, Di Ciommo 2018 y 2019). La percepción del miedo y la seguridad dependen a su vez de factores como la hora del día o de la noche, la iluminación adecuada, la limpieza, la agresividad en la calle para las mujeres que van a pie o en bici...

En el marco de la Cumbre del Foro Internacional del Transporte 2018 – OECD y la Iniciativa de Transformación de la Movilidad Urbana, se firmó la declaración mujeres en movimiento, cuyo objetivo es incluir la perspectiva de género en las políticas de movilidad, de energía y medioambientales y empoderar a las mujeres en la agenda del transporte, la movilidad, la energía y el medio ambiente. En esta ocasión Laura Ballesteros, excongresista y ex titular del Nuevo Modelo de Movilidad de la Ciudad de México, comentó que las mujeres están *“irrumpiendo en la escena del transporte y no vamos a dar un solo paso atrás, por eso nuestro empoderamiento en el ámbito político y de tomas de decisiones es fundamental”*.

La evidencia apoya las asociaciones positivas de los espacios verdes con la violencia y el crimen, especialmente de género, lo que indica la necesidad de evaluar los espacios verdes según el enfoque de género (Lohmus and Balbus, 2015 and Bogar and Beyer 2015). Sin embargo, así como se ha mencionado anteriormente, los estudios de evaluación de espacios verdes según su impacto sobre las mujeres son escasos, así como reducida es la recogida de datos cuantitativos sobre la frecuencia de los espacios verdes y parques por parte de mujeres y la presencia o el registro de acosos y agresiones de género en zonas verdes. El parque lineal del Manzanares-Madrid Río sufre de ambas limitaciones de datos para poder llevar a cabo un análisis cuantitativo del impacto de género en la construcción de Madrid Río.

Por lo tanto, la evaluación de la seguridad en Madrid Río se ha realizado con una metodología cualitativa ad hoc: grupos focales en el espacio verde y su área colindante donde se testan percepciones y se reviven experiencias previas.

El público objetivo incluye mujeres que se enfrentan a una percepción de miedo en sus desplazamientos por la ciudad durante la noche ya sea por motivos de trabajo, de cuidados o de ocio. Este taller (grupo focal sobre la movilidad nocturna de las mujeres) intenta responder a las siguientes cuestiones: ¿Cómo moverse por la ciudad sin miedo y sin limitaciones de horario y de espacio? En concreto intenta abordar con preguntas generales y cuestionarios los siguientes puntos:

- Se proveen instrumentos de respuesta a los micromachismos y de empoderamiento entre mujeres y personas no binarias en su movilidad a pie.
- Se elaboran propuestas sobre cómo pensar las ciudades en femenino.
- Se realiza una parte práctica vivencial en las calles colindantes de Madrid Río, donde se ha experimentado lo que perciben las mujeres durante su movilidad nocturna dentro o cerca de un parque.

El grupo focal fue orientado a captar las percepciones de las mujeres sobre diversos aspectos de la movilidad personal (por ejemplo, cuántos de sus trayectos tenían que ver con el trabajo, el cuidado y el ocio) y cuáles eran sus percepciones con respecto a seguridad, confort durante los viajes realizados en la tarde-noche, en lugares poco frecuentados y cerca o dentro de zonas verdes.

Con respecto a la evaluación de la accesibilidad y las barreras para las mujeres para los diversos usos del parque de Madrid Río, no hemos podido consultar datos cuantitativos relevantes de la gestión del Parque de Madrid Río tales como el mapa de iluminación del Parque, datos de uso/frecuencias por parte de las mujeres o registros de eventuales agresiones que hayan podido ser realizadas con daño a mujeres.

A testigo de lo que las mujeres puedan resentir cuando se desplazan por la calle traemos la citación de Tax Meredith, 1970, *The Woman and Her Mind*, que evoca la percepción de una joven que se desplaza por la ciudad:

*“Una joven camina por la ciudad. Es muy consciente de su apariencia y de la reacción (supuesta o real) que provoca en las personas con las que se encuentra. Ella camina a través de un grupo de trabajadores de la construcción comiendo sus comidas, en fila en la acera. Su estómago se revuelve de terror; su cara se aprieta bajo el autocontrol y la falta de atención; su forma de andar y de cargar se vuelve rígida y deshumanizada. No importa lo que le digan, será insoportable. Sabe que no la van a agredir físicamente ni a lastimarla. Sólo lo harán metafóricamente. Lo que van a hacer es invadirla. Van a usar su cuerpo con los ojos. Evaluarán su precio de mercado. Comentarán sus defectos o los compararán con los de otros transeúntes. La involucrarán en sus fantasías sin preguntarle si está dispuesta a hacerlo. Van a hacer que se sienta ridícula, o grotescamente sexual, o horriblemente fea. Sobre todo, van a hacer que se sienta como una cosa.”*

La aproximación a través del grupo focal para poder valorar la inseguridad percibida por parte de las mujeres a la hora de utilizar el parque arroja los resultados que a continuación se presentan y que se consideran no concluyentes con respecto al tema de la seguridad. Sin

embargo, refuerzan lo que la literatura viene diciendo desde tiempo (Col·lectiu Punt 6, 2016): se confirma que las mujeres, durante sus desplazamientos cotidianos en horas nocturnas, adoptaban estrategias para evitar problemas de seguridad. Por ejemplo, nunca entran en el parque Madrid Río, especialmente en zonas poco iluminadas. En segundo lugar, frecuentan a menudo el parque durante el verano y practican alguna actividad deportiva como correr también de noche, pero siempre acompañadas por otra persona. En tercer lugar, deciden sus recorridos por las calles que se encuentran alrededor del parque de Madrid Río, escogiendo las menos residenciales y más comerciales donde hay más gente y más luz.

## 6 Conclusiones del análisis de impacto del soterramiento de la M-30

El estudio presentado con los datos a los que hemos tenido acceso ha sido analizado con un foco especial en el ahorro de tiempo, dentro de un marco de análisis de coste/beneficio, para lo cual se han utilizado las mediciones de tráfico (Ayuntamiento de Madrid, 2018). Los resultados revelan ahorros de tiempo significativos a lo largo de los primeros 5 años de vida de la infraestructura. Sin embargo, a partir del 2013 con la salida de la crisis económica, la fluidez del tráfico argumentada como ventaja principal de la remodelación de la M-30 se ha convertido en un efecto llamada para coches privados adicionales que han anulado a lo largo del tiempo (especialmente entre 2012 y 2015) las ventajas en términos de ahorro de tiempo del soterramiento y ampliación de la capacidad viaria de la M-30 (por ejemplo, el *bypass* de O'Donnell). La anulación de los ahorros de tiempo es aún más evidente para la población de renta baja tal y como se ha puesto de manifiesto en el análisis de coste-beneficio realizado. La evolución decreciente del ahorro de tiempo tras el soterramiento de la M-30 confirma resultados ya puestos en evidencia en otros países como el Reino Unido, donde el 80% de las infraestructuras de transporte privado se hacen en base a los ahorros de tiempo estimados *ex-ante*, cuando a posteriori se demuestra que el tiempo de viaje (por cualquier motivo de viaje) no ha hecho más que aumentar.

Este estudio se centra además en las consecuencias del soterramiento de la M-30 sobre el nivel de contaminación ambiental de la ciudad. Entre 2003 y 2017 las emisiones registradas en tres de las cuatro estaciones de medición de la calidad del aire más cercanas a los perímetros de emisión de sustancias contaminantes de la M-30 muestran una tendencia constante o decreciente durante la obra de soterramiento. Una vez finalizada la obra la tendencia sigue constante hasta el año 2015, momento en el que se revierte y las emisiones vuelven a crecer hasta alcanzar, en algunos casos, los valores anteriores al soterramiento de la M-30.

Siguiendo la metodología de medición de las emisiones a través de la metodología de los *buffers* alrededor de los focos de emisiones/contaminación (chimeneas y entradas y salidas de los túneles), se observa que la población afectada es más baja. En concreto, la población residentes en dos zonas cerca de la M-30 situadas entre Alto de Extremadura y Moncloa-Aravaca y al sur de Menéndez Álvaro, resulta no ser más afectada por las emisiones contaminantes. Se trata de 21.276 personas que mejoran de manera permanente su calidad del aire. Sin embargo, más de 223.515 personas se quedan afectadas de igual manera también después del soterramiento. De hecho las emisiones de NO<sub>2</sub> medidas por el conjunto de las estaciones de mediciones, las que están cerca de los focos de emisiones de la M-30, así como las otras a partir de la inauguración de la M-

30 soterrada en 2007, muestran una tendencia parecida a la del tráfico de coches privados registrada en la Comunidad de Madrid con una disminución consistente entre 2011 y 2014. En concreto, a partir de 2014, cuando el tráfico de coches privados vuelve a crecer supuestamente por la salida de la crisis económica, la tendencia de las emisiones registradas en las 4 estaciones consideradas en el estudio es parecida a la de las otras estaciones de medición de emisiones del resto de la ciudad, con un valor absoluto más bajo justo en 2014, cuando paulatinamente las dos tendencias empiezan a alcanzarse. Por lo tanto, no se observa una mejora de las emisiones en otras zonas de la ciudad de Madrid de donde se haya podido desviar el tráfico hacia la M-30.

Los resultados en términos de repercusiones de la contaminación sobre la salud están circunscritos a la evaluación de la incidencia de un solo contaminante, NO<sub>2</sub>, y de una única tipología de enfermedades, las pulmonares. Las estimaciones de altas hospitalarias calculadas a través del modelo TRES muestran cómo la contaminación sigue existiendo, generando un coste sanitario elevado y afectando a las vecinas y vecinos de la M-30, a pesar de su soterramiento, de las mejoras en términos perceptivos y de contaminación acústica para las personas más próximas y del resultado positivo de una disminución de 20.000 personas que se ven menos afectadas por la contaminación de NO<sub>2</sub>.

En concreto, usando las funciones de dosis-respuesta detalladas, la contaminación por tráfico rodado de NO<sub>2</sub> según edad (3% para adultos, 6% por niños/as y 6,4% para mayores) y, a través de la estimación del modelo de salud, la morbilidad respiratoria de la población en las áreas colindantes los focos de emisión de la M-30 soterrada se eleva a 890 casos en valor absoluto al año sobre una población de 223.515. Estos casos representan el 7,4% de los casos de afectados por NO<sub>2</sub> en Madrid y contribuyen de las urgencias hospitalarias durante los picos de contaminación por NO<sub>2</sub> con un coste adicional sanitario hasta 46.900.049 euros.

El análisis por edad de población afectada muestra una incidencia de la contaminación mayor sobre niños/niñas y mayores con descensos muy reducidos durante el periodo 2003-2017. Se observa que los ingresos hospitalarios de menores y mayores son más altos a causa de su respuesta más fuerte a la exposición al contaminante NO<sub>2</sub>. En concreto, cada 1000 habitantes, en las zona colindantes la M30 se enferman en media tres niños/niñas y cuatro mayores más con respecto a los adultos.

Por lo tanto, se recomienda una gestión de la actual infraestructura de la M-30 más atenta al mantenimiento de los pozos de extracción de humos, dotándolos de filtros de contaminantes lo más adecuados posible, y de un sistema inteligente de extracción forzada de humo que tenga que ver con la calidad del aire dentro y fuera de los túneles. Además, se aconseja regular los tiempos de extracción según los ritmos de vida de fuera del túnel. En concreto, se recomienda evitar poner en funcionamiento la extracción forzada durante las entradas y salidas de colegios.

A diferencia de la contaminación del aire, en la contaminación acústica se asiste a un fenómeno distinto: durante la obra de soterramiento la disminución del ruido por la disminución del tráfico se sustituye con el ruido de las obras de excavación. Se extrae una primera conclusión que evidencia una ligera mejora desde el 2003 a 2015 (entre 1 y 2 dbA) en las cinco estaciones consideradas porque más cerca de la M-30. Sin embargo, al igual que ocurre con la contaminación del aire, a partir de 2015 se nota un repunte de la contaminación acústica a causa del incremento del tráfico rodado.

Es preciso indicar que dichos valores de índice de ruido continuo equivalente diario (L<sub>Aeq</sub> 24 h) se encuentran en el límite de los valores medios exigidos por normativa para las áreas acústicas presentes en el entorno de la obra estudiada, y una vez analizados los datos específicos para cada periodo del día se producen superaciones puntuales de esos valores medios sobre los datos exigidos por normativa para valores diurnos (L<sub>d</sub>), vespertinos (L<sub>e</sub>) y nocturnos (L<sub>n</sub>).

Este resultado nos lleva a recomendar que una intervención como el soterramiento de la M-30 y la ampliación de capacidad a través los *bypass* sea controlada y acompañada de medidas de reducción de tráfico capaces de mantener tráfico y emisiones en los niveles más bajos posibles.

A la luz de los resultados del análisis coste-beneficios y de las repercusiones sobre la salud, recomendamos ampliar el análisis *ex-ante* a otras variables, como las variables sociales, a la hora de decidir sobre intervenciones similares al soterramiento de la M-30 y la ampliación de capacidad de las vías de acceso. Sugerimos incluir consideraciones como la distribución del coste de la infraestructura a lo largo del tiempo entre distintas capas de población con distintos niveles de uso de la infraestructura y anticipando los efectos perversos del aumento de la capacidad viaria.

Eso nos lleva a una segunda conclusión: la ratio entre los beneficios estimados en el tiempo (2004-2017) en términos monetarios de los grupos de población de ingresos más elevados y los que se estiman para los grupos de población de ingresos más bajos es superior a 1, lo que implica que el peso económico de la infraestructura recae más en el grupo de renta más baja (las ventajas de los primeros son superiores a las de los segundos). Se trata, de este modo, de una infraestructura regresiva como también se ha demostrado para el sistema de transporte por carretera del Reino Unido en el caso de remodelación de autopistas urbanas (Banister, 2008).

En este marco, se recomienda analizar *ex-ante* las variables socioeconómicas y una análisis de impacto sobre la salud para poder decidir sobre la oportunidad o no de realizar la infraestructura: un país en crisis o con unas desigualdades económicas importantes y con un reparto modal en favor de transporte público y a pie debe ser estricto a la hora de invertir dinero en infraestructuras viarias costosas. Por lo tanto, la decisión de una intervención de este calibre tendría que ser acompañada al menos por medidas compensatorias en favor de los estratos de población menos pudientes, como podría ser

la puesta en marcha de un Bus VAO (Vía de Alta Ocupación) reservado al transporte público con una red de estaciones que permitan utilizar de la manera más eficiente la infraestructura creada.

Este estudio también ha analizado el comportamiento del mercado de la vivienda en la zona. La revalorización de la vivienda (tanto de obra nueva como del mercado de alquiler y venta de viviendas de segunda mano) es indiscutible si se observan los datos estadísticos oficiales disponibles sobre la evolución del incremento del precio de vivienda en los distritos colindantes a dicha infraestructura. Este análisis sugiere vigilar que una regeneración urbana debida a nuevas intervenciones medioambientales, como el soterramiento de la M-30 o la construcción de Madrid Río, no produzcan una expulsión importante de población de renta media-baja de los barrios colindantes.

Los resultados más relevantes en términos de impacto de género tienen que ver con la movilidad del cuidado que representa el 40% y se realiza mayoritariamente por parte de las mujeres. Además, este tipo de movilidad es fundamentalmente sostenible y utiliza el modo peatonal más que otros modos mecanizados y, por lo tanto, aumenta la exposición de las mujeres a contaminantes con un incremento de sus enfermedades durante los años de movilidad más activa, entre 30 y 49 años. Con respecto a la seguridad en el uso de Madrid Río la aproximación del grupo focal confirma que las mujeres durante sus desplazamientos cotidianos, especialmente en horas nocturnas, adoptan estrategias para evitar problemas de seguridad.

En este marco se recomienda reequilibrar las inversiones viarias en favor de la movilidad a pie, y al mismo tiempo adoptar medidas útiles de reducción de tráfico. Además, para incrementar los diversos usos del parque por parte de las mujeres se recomienda una gestión adecuada de la red de iluminación previo análisis de zonas percibidas como seguras e inseguras para la ciudadanía.

Estas recomendaciones e indicaciones podrían ser recogidas para medir a través de un análisis coste-beneficio y un análisis multicriterio *ex-ante* que anticipase las consecuencias del desarrollo de proyectos de movilidad urbana y medioambiental. De esta forma se podría disponer de una herramienta útil para la toma de decisiones y para valorar las consecuencias que las actuaciones municipales tienen sobre su ciudadanía.

## 7 Referencias

- AEMA - Agencia Europea del Medio Ambiente (2017). La calidad del aire en Europa - Informe 2017.
- Ayuntamiento de Madrid (2018). Datos abiertos. <https://datos.madrid.es>
- Ayuntamiento de Madrid (2015) Situación y perspectivas de la ciudad de Madrid nº19. 2015. Área de Gobierno de Economía y Hacienda, Ayuntamiento de Madrid.
- Ayuntamiento de Madrid (2007a). Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda Memoria de Gestión 2007.
- Ayuntamiento de Madrid (2007b). Informes de Sugerencias y reclamaciones ciudadanía. Madrid Calle 30. Año 2014-2015-2016
- Ayuntamiento de Madrid (2007c). Observatorio Económico. Coordinación General de Economía. Área de Gobierno de Economía y Participación Ciudadana. Impacto económico de las infraestructuras viarias de la Ciudad de Madrid.
- Alba Hidalgo, D, Suárez Casado, M, Barrios Montenegro, JC, Cerezal Pérez, J (2016) Estudio sobre el Impacto Ambiental de Políticas Municipales del Ayuntamiento del Madrid en el periodo 2003-2015. Expediente 145/2016/04433. Subdirección General de Auditoría de la Deuda y las Políticas Públicas. Área de Gobierno de Economía y Hacienda. Ayuntamiento del Madrid
- Alfageme Michavila, I., Villar, A. F., & Soriano, J. B. (2018). Las enfermedades respiratorias en España a la luz del CMBD de RECALAR. *Monografías de Archivos de Bronconeumología*, 5.
- AMB - Area Metropolitana de Barcelona (AMB) (2016). Contaminació atmosfèrica i acústica a les proximitats de la xarxa viària metropolitana: Incidència sobre la població resident.
- Banister, D (2002). The Integration of Road Pricing with Land Use Planning, *ImprintEurope (2001-2004)*, 17p.
- Banister, D (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport policy*, 15(2), 73-80.
- Barómetro de Economía de la ciudad de Madrid. 2013. Informe "Análisis del mercado Inmobiliario residencial de Madrid: un repaso al ciclo Inmobiliario 1997-2013 y al Desarrollo del Plan General de 1997". Nº 37. (3º Trimestre 2013). Ayto. de Madrid.

- Becker, G S (1965). A Theory of the Allocation of Time. *The economic journal*, 493-517.
- BOCAM, ORDEN 727/2017. Coste estimado a partir de lo que reembolsa la Comunidad Autónoma de Madrid a los hospitales por ingresos por asma y bronquiolitis (2600€ y 7200€), del Consejero de Sanidad, por la que se fijan los precios públicos por la prestación de los servicios y actividades de naturaleza sanitaria de la red de centros de la Comunidad de Madrid.
- Bogar, S., & Beyer, K. M. (2016). Green space, violence, and crime: A systematic review. *Trauma, Violence, & Abuse*, 17(2), 160-171.
- Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. ISSN 0212-9426, N°. 40, 2005, pags. 153-180. Antonio, Moreno-Jiménez & Martínez Suárez, Pedro. (2005)
- Browne, D, Ryan, L (2011) Comparative analysis of evaluation techniques for transport policies. *Environmental Impact Assessment Review* 31(3): 226-233.
- Burgos F, Garrido G. y Porras-Ysla F. (2014) Paisajes en La Ciudad. Madrid Río. Geografía, Infraestructura y Espacio Público”). Turner Publicaciones; Edición: 1 nov 2014.
- CambiaMO S. Coop. Mad (2018a) Impacto sobre la salud de la calidad del aire. Estudio realizado para Transport & Environment
- CambiaMO S. Coop. Mad (2018b) Modelo TRES (Tráfico, Emisiones/Salud)
- Catania, R., Di Ciommo, F., Diana, M., (2016). Politica tariffaria dei parcheggi, riduzione delle emissioni inquinanti e benefici sulla salute: il caso di Barcellona, Thesis de Master, Politecnico Torino.
- Coogan, P.F., White, L.F., Jerrett, M., Brook, R.D., Su, J.G., Seto, E., Burnett, R., Palmer, J.R., Rosenberg, L., 2012. Air pollution and incidence of hypertension and diabetes mellitus in black women living in Los Angeles. *Circulation* 125 (6), 767-772.
- CRTM 2004. Encuesta Domiciliaria de Movilidad en la Comunidad de Madrid. EDM04. Consorcio Regional de Transportes de Madrid.
- CRTM 2014. Encuesta Sintética de Movilidad en la Comunidad de Madrid. ESM14. Consorcio Regional de Transportes de Madrid.
- DfT, Department for Transport UK (2018). TAG Transport Appraisal Process, <https://www.gov.uk/government/publications/webtag-transport-appraisal-process-may-2018>
- Di Ciommo, F., Comendador, J., López-Lambas, M. E., Cherchi, E., & de Dios Ortúzar, J. (2014a). Exploring the role of social capital influence variables on travel behaviour. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 68, 46-55.

- Di Ciommo, F., Hoz Sánchez, D. D. L., & Guzman, L. A. (2014b). Exploring users inter-temporal preferences for measuring transport social equity effects. Paper al PANAM Conference, June 11–13, Santander, Spain.
- Di Ciommo, F., & Lucas, K. (2014). Evaluating the equity effects of road-pricing in the European urban context–The Madrid Metropolitan Area. *Applied Geography*, 54, 74-82.
- Di Ciommo, F. (2017). Derecho a la ciudad, necesidades de movilidad: un nuevo enfoque para la evaluación de las políticas de transporte. *Papers: Regió Metropolitana de Barcelona: Territori, estratègies, planejament*, (59), 46-56.
- Di Ciommo, F, Rondinella, G, Piñeiro, C. (2018). Repensar el vínculo entre planificación del transporte y movilidad del bienestar. Ponencia en el CONAMA 2018
- Empresa Municipal Madrid Calle 30 (2017). *Dictamen*. Comisión no Permanente de Investigación sobre la situación económico-financiera de la empresa Madrid Calle 30 y su incidencia sobre las cuentas del Ayuntamiento de Madrid
- Empresa Municipal Madrid Calle 30 (2018). Modelo de costes 2005-2007
- EMTA, European Metropolitan Transport Authorities. Encuestas del Barómetro EMTA. Años: 2009, 2011, 2014, 2015, 2016
- Estudio de la Accesibilidad del Parque Urbano Madrid Río en el tramo comprendido entre el Puente de la Princesa y el Puente de Toledo. *La Ciudad Accesible. Revista Científica sobre Accesibilidad Universal*, VI: 107-162
- Fainstein, S. S. (2010). *The just city*. Cornell University Press.
- Feinstein, B. D., & Allen, A. (2011). Community Benefits Agreements with Transit Agencies: Neighborhood Change along Boston's Rail Lines and a Legal Strategy for Addressing Gentrification. *Transp. LJ*, 38, 85.
- Geurs, K. T., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport geography*, 12(2), 127-140.
- Griffin, B. A. et al. (2013) The relationship between urban sprawl and coronary heart disease in women. *Health Place* 20, 51–61
- Guzmán, L. A. (2011). *Optimización dinámica de estrategias de movilidad sostenible en áreas metropolitanas*. Universidad Politécnica de Madrid. Retrieved from <http://oa.upm.es/8822/>

- Guzmán, L. A., Ciommo, F. D., & la Hoz, D. de. (2013). Integration of Congestion Pricing and Intertemporal Preference Rate in Social Welfare Function. *Transportation Research Record*, 2346(1), 1–12. <https://doi.org/10.3141/2346-01>
- Hernandez, S, Monzon, A., de Oña, R, 2016. "Urban transport interchanges: A methodology for evaluating perceived quality" *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, vol. 84(C), pages 31-43.
- Highway Capacity Manual (2000). "Highway capacity manual." *Washington, DC*. Disponible en: [www.trb.org](http://www.trb.org)
- Karner, A. and D. Niemeier (2013). "Civil rights guidance and equity analysis methods for regional transportation plans: a critical review of literature and practice." *Journal of Transport Geography* 33: 126-134.
- Khreis, H., Warsow, K.M., Verlinghieri, E., Guzman, A., Pellecuer, L., Ferreira, A., Jones, I., Heinen, E., Rojas-Rueda, D., Mueller, N. and Schepers, P. et al., 2016. The health impacts of traffic-related exposures in urban areas: understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions. *Journal of Transport & Health*, 3(3), pp.249-267.
- Lefèvre, C., & Jouve, B. (2002). *Métropoles ingouvernables: Les villes européennes entre globalisation et décentralisation* (p. 203). Elsevier.
- Linares J.L. (2010). *Calle 30 - Madrid Rio*", documental
- Linares, C., & Diaz, J. (2010). Short-term effect of concentrations of fine particulate matter on hospital admissions due to cardiovascular and respiratory causes among the over-75 age group in Madrid, Spain. *Public health*, 124(1), 28-36.
- Löhmus, M., & Balbus, J. (2015). Making green infrastructure healthier infrastructure. *Infection ecology & epidemiology*, 5(1), 30082.
- Lucas, K. (2013), *Qualitative Methods in Transport Research: The 'Action Research' Approach*, in Johanna Zmud , Martin Lee-Gosselin , Marcela Munizaga , Juan Antonio Carrasco (ed.) *Transport Survey Methods: Best Practice for Decision Making*, pp. 427 – 440
- Lucas, K, Philips, I, Nellthorp, J, Reardon, L, Laird, J, & Verlinghieri, E. (2016a). *Social Assessment of Section 3 of the A465 Heads of the Valleys Road: Brynmawr to Tredegar*. Informe para el Gobierno de Gales, Reino Unido.
- Lucas, K., Van Wee, B., & Maat, K. (2016b). A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. *Transportation*, 43(3), 473-490.

- Medialdea García, B, 2017. Selección justificada de casos con indicios de posible impacto negativo susceptibles de ser sometidos a la Auditoría Ciudadana Municipal de la Deuda y las Políticas Públicas (ACMDPP) del Ayuntamiento de Madrid. Informe para el Área de Gobierno de Economía y Hacienda. Ayuntamiento de Madrid.
- Mejía Dorantes, L. (2011). *Transportation infrastructure impacts on house prices and firms location: the effect of a new metro line in suburbs of Madrid* (Doctoral dissertation, Escuela de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid).
- Minster, C, Armoogum J, Bricka, S, 2018. Travel Behaviour Of Men And Women In France, Germany And The USA: An International Comparison. Paper al Tranportation Research Board.
- Mitra-Sarkar, S, Di Ciommo, F, (2019). Mind the Gap: Can Inclusive Cities Bridge Social Equity Disparities. Workshop al Tranportation Research Board, enero 2019
- Monzón, A, Otero, I, Vega, LA, Pardeiro, AM (2004). Estudio del Beneficio Social del Proyecto de Remodelación y Gestión Integral del Viario M-30 y para la Modelización del Tráfico Resultante en Madrid. Informe para el Auntamiento de Madrid
- Monzón, Pardillo, Vega, de Vicente, y Perez, (2005). El programa de mejoras de la M-30 en el contexto de una estrategia de movilidad sostenible para Madrid. *Revista de Obras Públicas*, (3.454), 7.
- Neutens, T. (2015). Accessibility, equity and health care: review and research directions for transport geographers. *Journal of Transport Geography*, 43, 14-27.
- Nieuwenhuijsen, M. J., Basagaña, X., Dadvand, P., Martinez, D., Cirach, M., Beelen, R., & Jacquemin, B. (2014). Air pollution and human fertility rates. *Environment international*, 70, 9-14.
- Nieuwenhuijsen, M. J., Khreis, H., Verlinghieri, E., Mueller, N., & Rojas-Rueda, D. (2017). Participatory quantitative health impact assessment of urban and transport planning in cities: a review and research needs. *Environment international*, 103, 61-72.
- Ortiz de Andrés, Ignacio. *Revista de Obras Públicas*, editada por el Colegio de Ingenieros de Caminos. Efecto de ondas concéntricas en la ciudad. El impacto de los túneles de la M-30 medido en el mercado inmobiliario limítrofe., N°. 3576, 2016, págs. 63-68. mayo 2006.
- Páez, A., Scott, D., Morency, C. (2012). Measuring accessibility: positive and nor-mative implementations of various accessibility indicators. *Journal of Transport Geography* 25, 141–153.

- Pateman Carole. Participación y teoría democrática (1970)
- PSRC (2016). Environmental justice and social equity analysis for the draft 2017-2020 regional transportation improvement program. Seattle, WA, Puget Sound Regional Council.
- Rey Legidos, B, Prado Mascuñan, J, (2007). Impacto económico de las infraestructuras viarias en la ciudad de Madrid. Informe para el Observatorio Económico - Coordinación General de Economía Área de Gobierno de Economía y Participación Ciudadana. Ayuntamiento de Madrid
- Rojas, C., Paez, A., Barbosa, O., & Carrasco, J. (2016). Accessibility to urban green spaces in Chilean cities using adaptive thresholds. *Journal of transport geography*, 57, 227-240.
- Silveira Neto, R., Duarte, G. & Páez, A., 2015. Gender and commuting time in São Paulo Metropolitan Region. *Urban Studies*, 52(2).
- Simple Lógica y Calle 30 (2015). Encuesta de satisfacción del usuario de la M-30
- Stanners, D., Bourdeau, P., 1995. The urban environment. In: Stanners, D., Bourdeau, P. (Eds.), *Europe's Environment: The Dobris Assessment*. Copenhagen, European Environment Agency Online. <http://www.eea.europa.eu/publications/92-826-5409-5>
- Sundvor, I., Castell Balaguer, N., Viana, M., Querol, X., Reche, C., Amato, F., Mellios, G., Guerreiro, C., (2012). Road traffic's contribution to air quality in European cities. ETC/ACM technical paper 2012/14 November 2012. The European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM) (a Consortium of European Institutes under Contract of the European Environment Agency).
- Stenning, J. et al. (2018). *Repostando hacia el futuro. Cómo propulsar la economía dejando atrás el carbono*. Informe para Transport & Environment. Disponible en: <https://www.camecon.com/how/our-work/fuelling-spains-future>
- Tax, M. (1970) *WOMAN AND HER MIND The Story of Daily Life, Bread and Roses* / New England Free Press
- Wekerle, G. R., & Whitzman, C. (1995). *Safe cities: Guidelines for planning, design, and management* (p. 206). New York: Van Nostrand Reinhold.
- WHO - World Health Organization (1999). Health Impact Assessment. Main concepts and suggested approach. Gothenburg Consensus Paper. Copenhagen: WHO European Centre for Health Policy, WHO Regional Office for Europe.

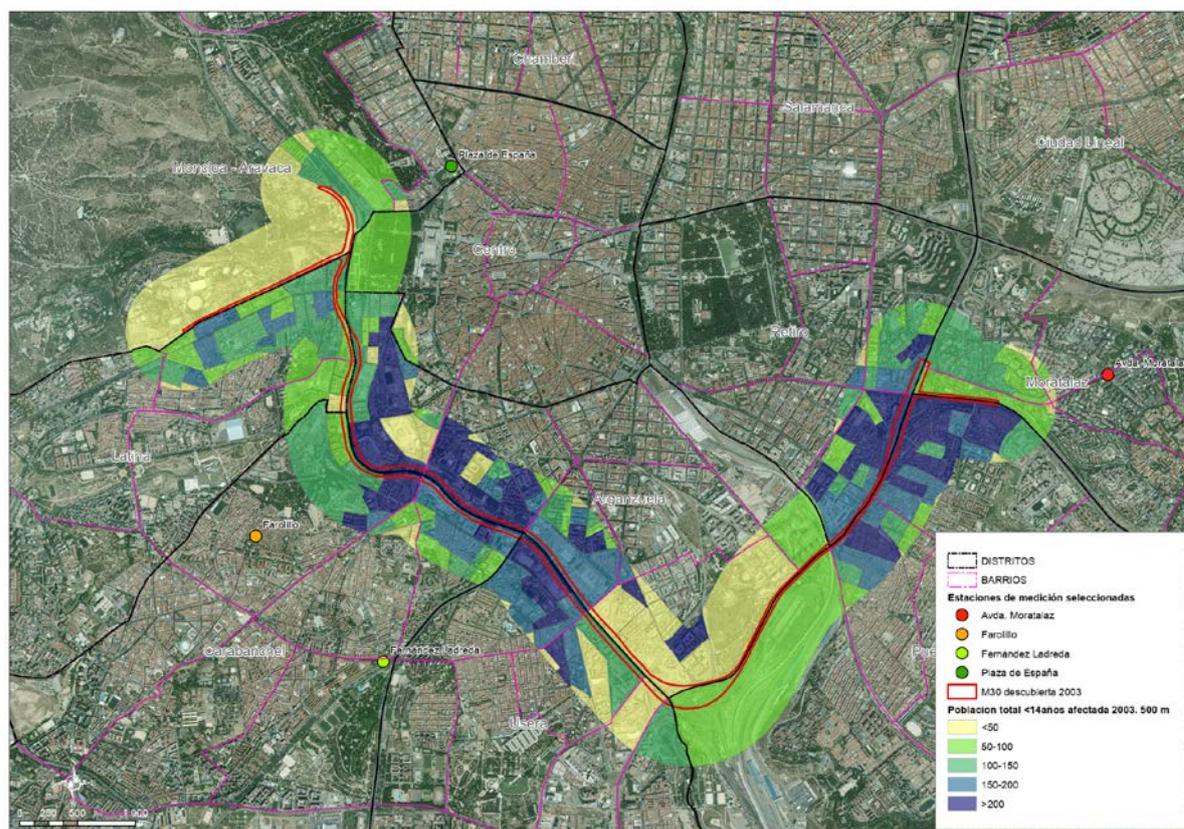
## Cartografía

- Elaboración propia a partir de IGN, MAPAMA y Ayuntamiento de Madrid

## 8 Anexos

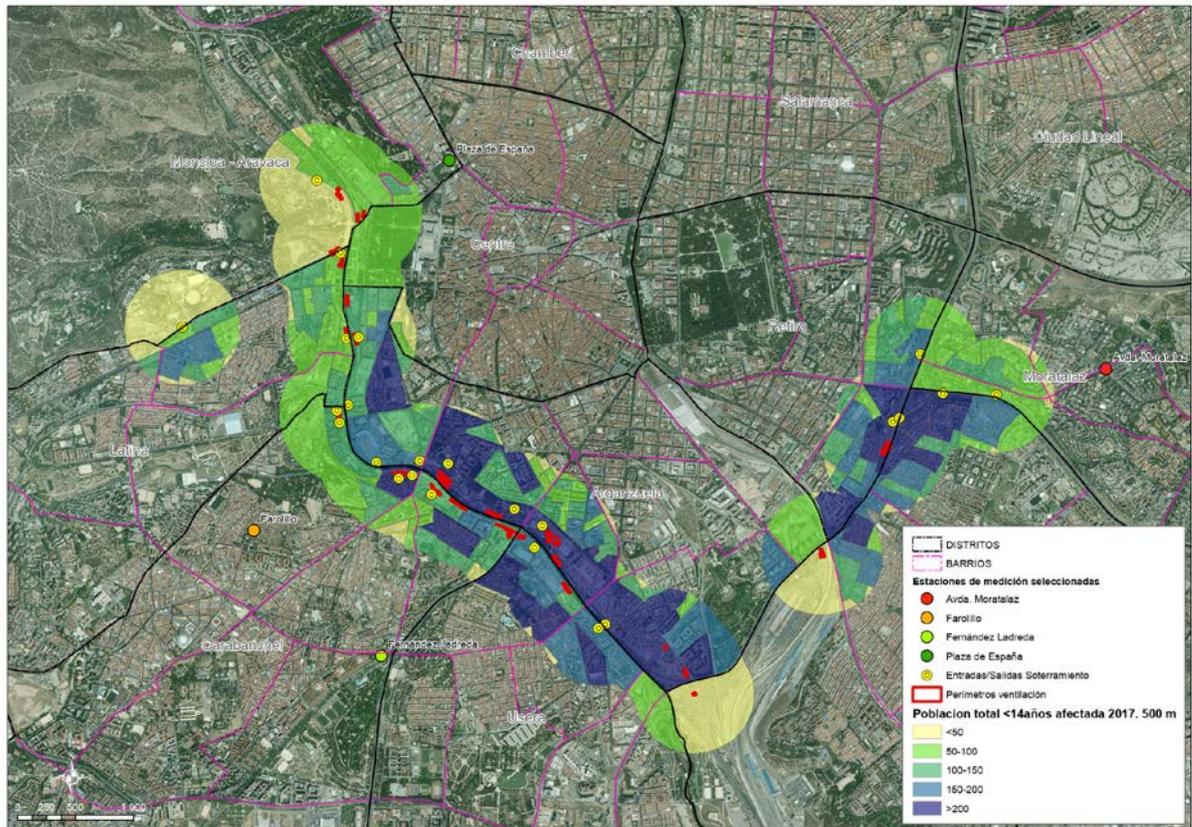
## 8.1 Mapas de población de barrios colindantes M-30 y Madrid Río

Figura 31. Población total <14 años 2003. Buffer 500m



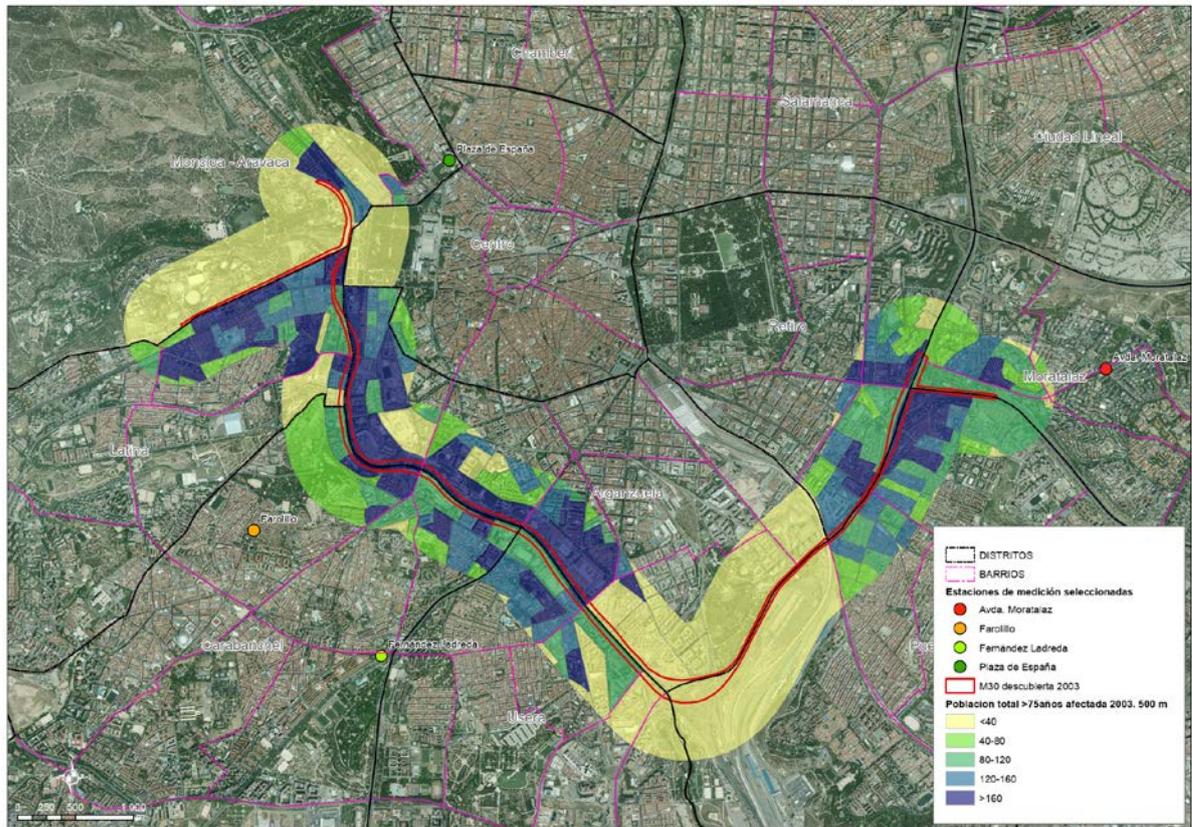
Fuente: elaboración propia

Figura 32. Población total <14 años 2017. Buffer 500m



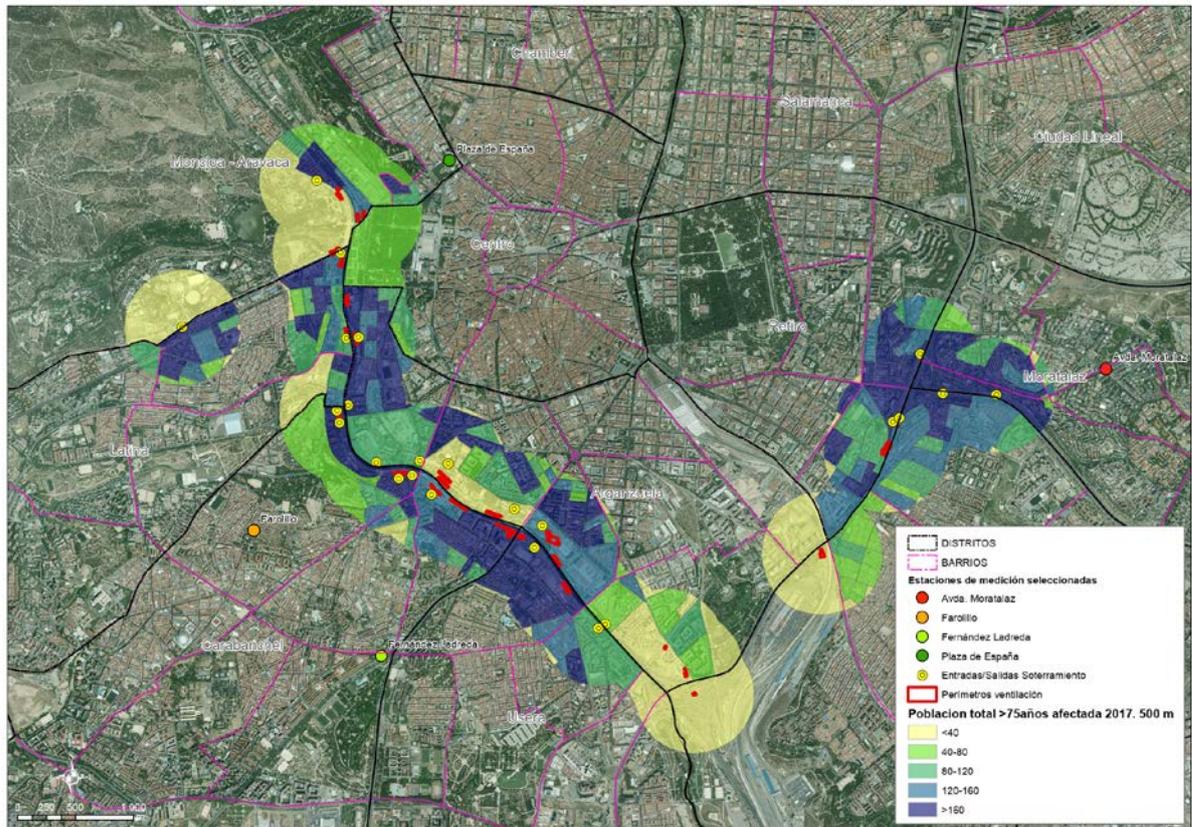
Fuente: elaboración propia

Figura 33. Población total >75 años 2003. Buffer 500m



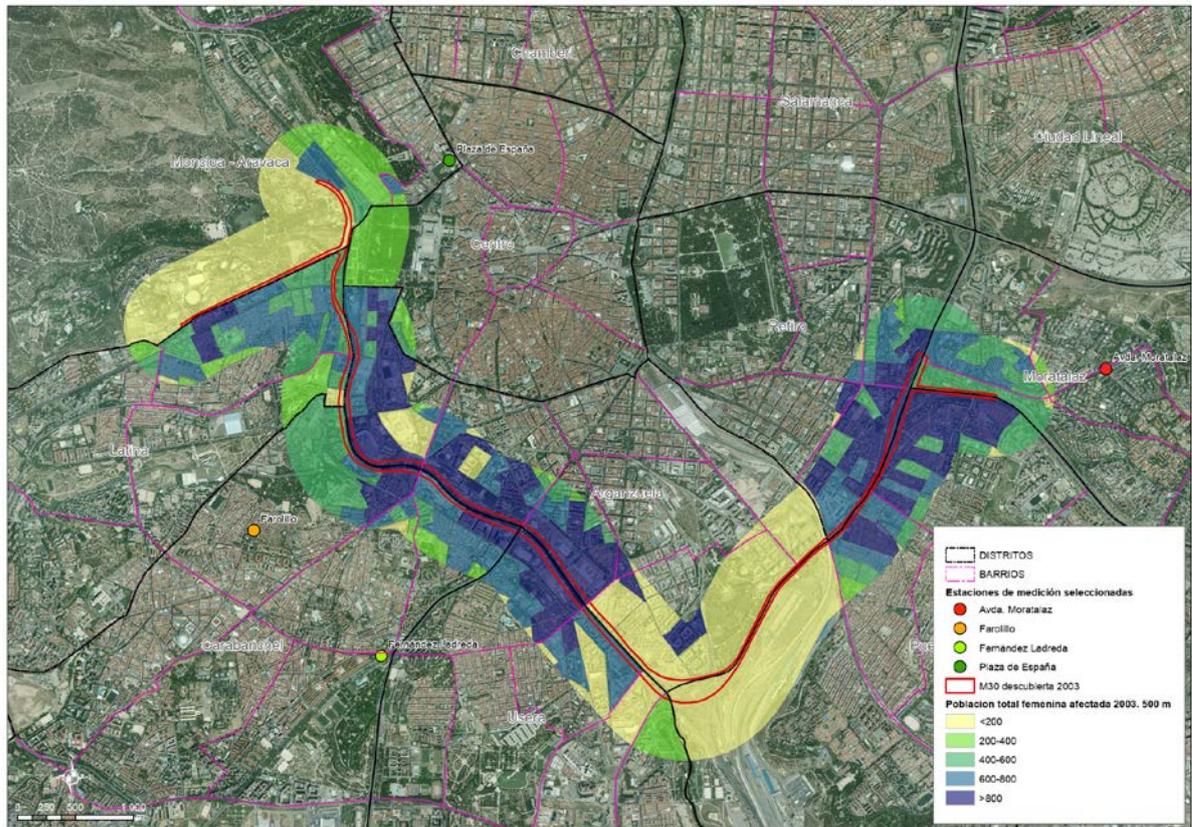
Fuente: elaboración propia

Figura 34. Población total >75 años 2017. Buffer 500m



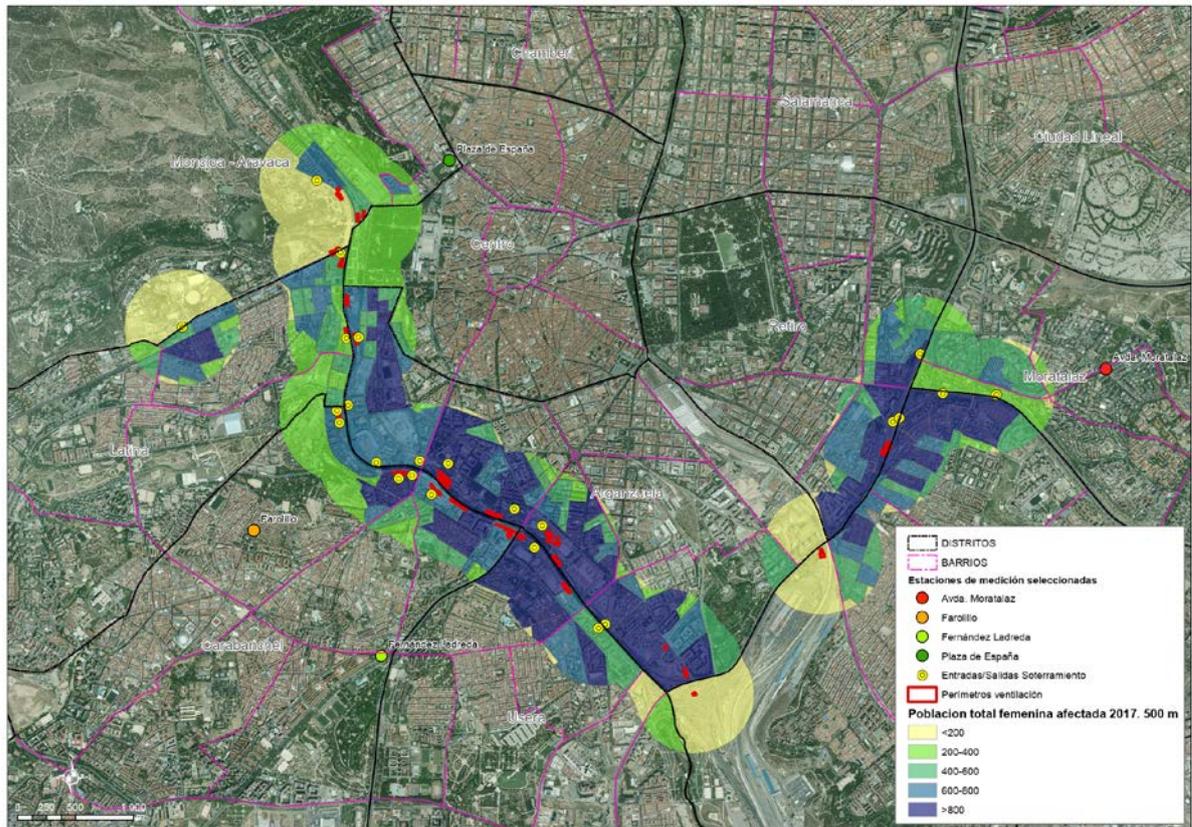
Fuente: elaboración propia

Figura 35. Población total femenina 2003. Buffer 500m



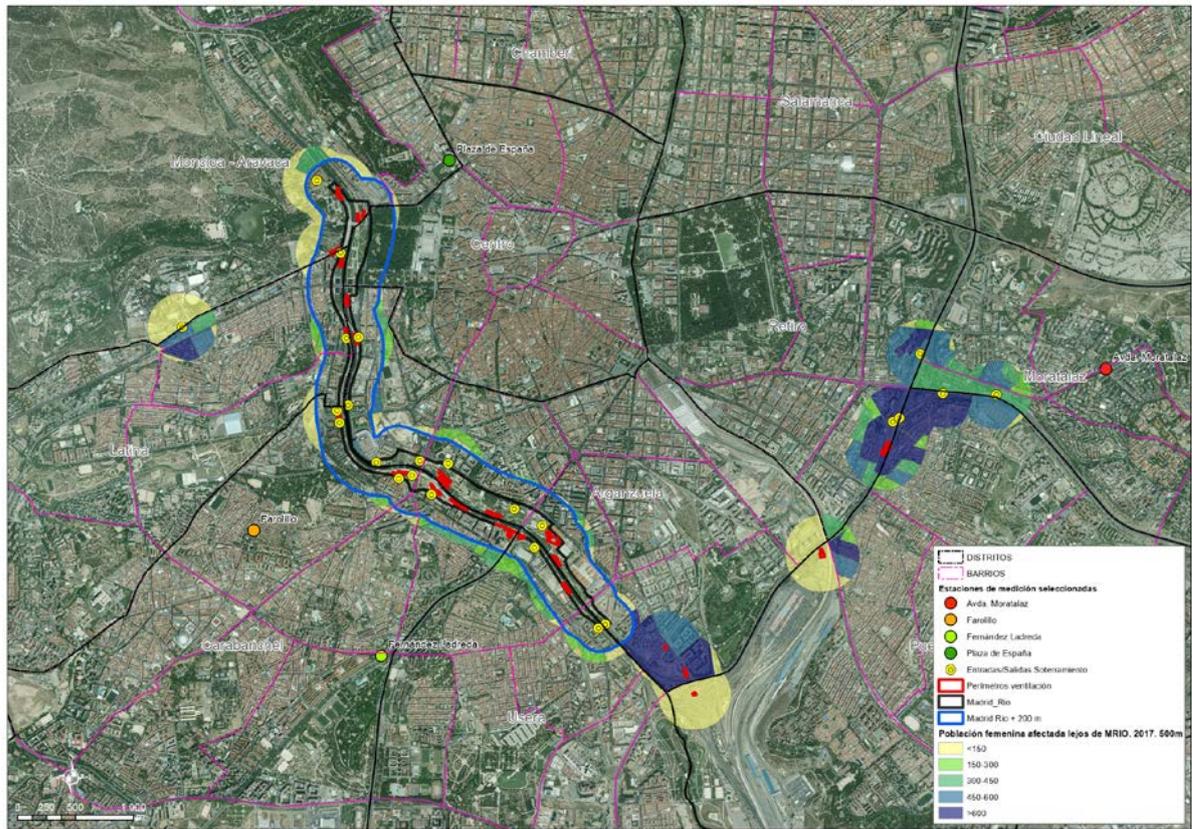
Fuente: elaboración propia

Figura 36. Población total femenina 2017. Buffer 500m



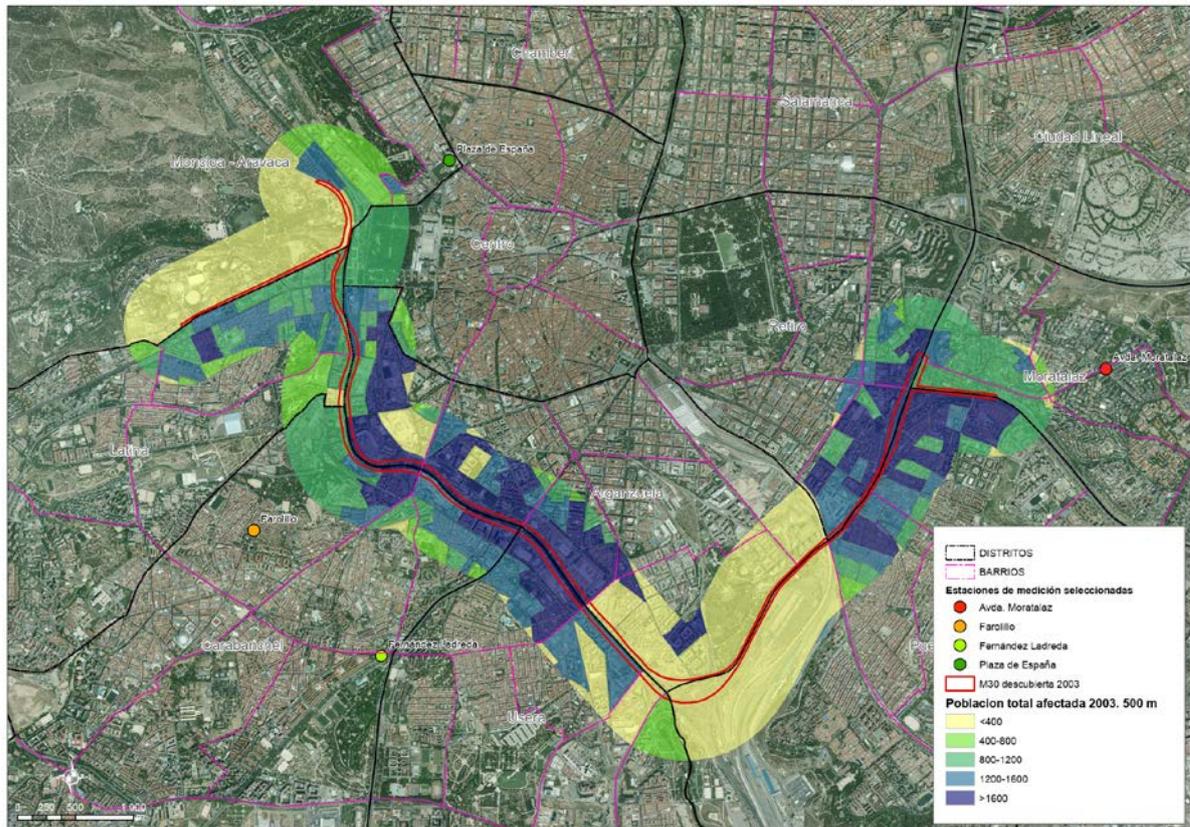
Fuente: elaboración propia

Figura 37. Población total femenina 2017 lejos de Madrid Río



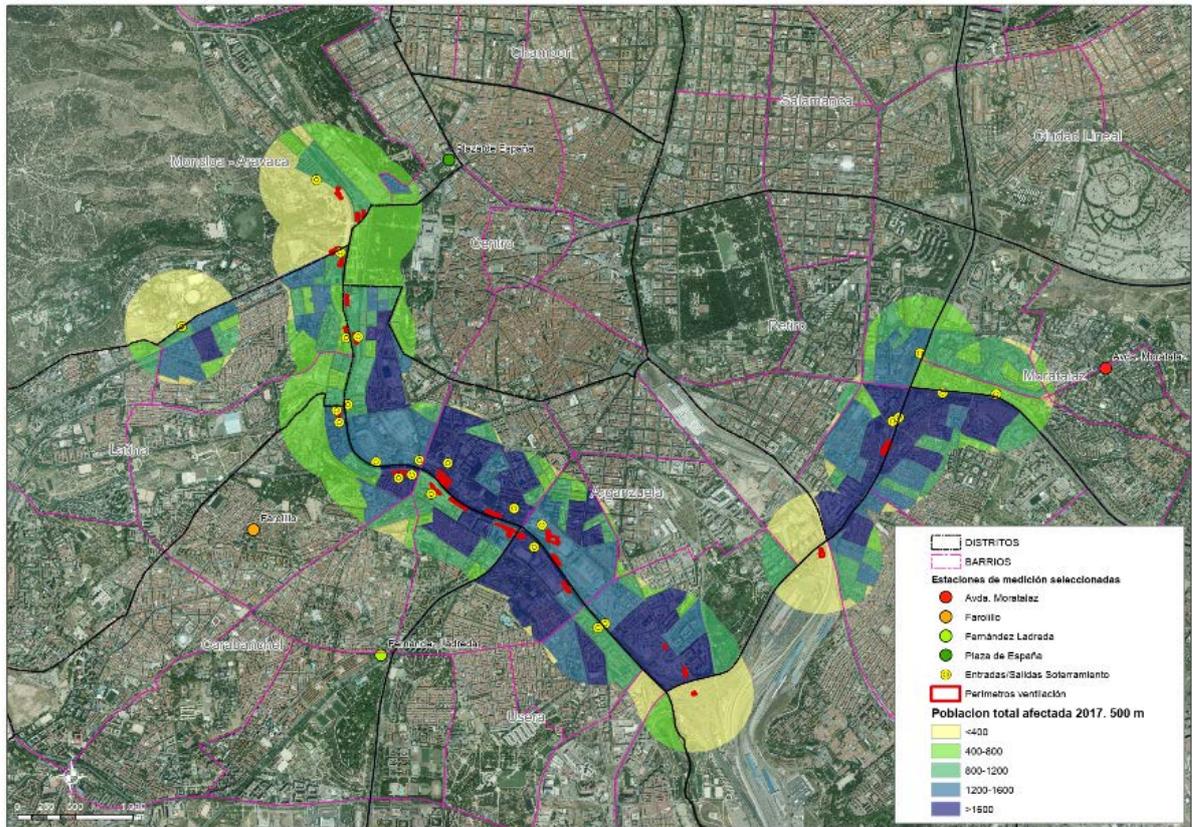
Fuente: elaboración propia

Figura 38. Población total 2003. Buffer 500m



Fuente: elaboración propia

Figura 39. Población total femenina 2017. Buffer 500m



Fuente: elaboración propia

## 8.2 Tablas de evolución de actividades económicas

Tabla 16. Evolución del número de actividades económicas de los distritos y barrios colindantes a Calle 30 y Madrid Río (2013-2018) \*Datos a 1 de enero de cada año

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Ciudad de Madrid</b>	<b>92.708</b>	<b>92.873</b>	<b>93.328</b>	<b>95.678</b>	<b>101.734</b>	<b>104.770</b>
<b>Arganzuela</b>	<b>2.331</b>	<b>2.376</b>	<b>2.431</b>	<b>2.665</b>	<b>2.688</b>	<b>2.740</b>
<b>Imperial</b>	557	566	580	629	635	652
<b>Las Acacias</b>	890	916	928	1.013	1.025	1.046
<b>La Chopera</b>	583	584	600	658	652	658
<b>Legazpi</b>	301	310	323	365	376	384
<b>Moncloa-Aravaca</b>	<b>1.516</b>	<b>1.479</b>	<b>1.513</b>	<b>1.698</b>	<b>1.706</b>	<b>1.733</b>
<b>Casa de Campo</b>	510	488	500	576	584	596
<b>Argüelles</b>	1.006	991	1.013	1.122	1.122	1.137
<b>Latina</b>	<b>1.640</b>	<b>1.655</b>	<b>1.602</b>	<b>1.733</b>	<b>1.737</b>	<b>850</b>
<b>Los Cármenes</b>	259	247	264	291	295	544
<b>Puerta del Ángel</b>	1.381	1.408	1.338	1.442	1.442	306
<b>Carabanchel</b>	<b>2.869</b>	<b>2.772</b>	<b>2.756</b>	<b>2.977</b>	<b>3.002</b>	<b>3.041</b>
<b>Comillas</b>	793	771	735	780	788	792
<b>Opañel</b>	1.100	1.033	1.059	1.149	1.158	1.176
<b>San Isidro</b>	976	968	962	1.048	1.056	1.073
<b>Usera</b>	<b>1.434</b>	<b>1.467</b>	<b>1.425</b>	<b>1.568</b>	<b>1.574</b>	<b>1.745</b>
<b>Almendrales</b>	621	633	586	653	654	668
<b>Moscardó</b>	813	834	839	915	920	1.077

Fuente Elaboración propia a partir de datos del Área de Gobierno de Economía y Hacienda. S.G. Estadística. Censo de Locales y Actividades.2013-2018.

Tabla 17. Evolución de la renta media anual en los distritos y barrios colindantes a Calle 30 y Madrid Río (2013-2015)

Barrios limítrofes M-30	2013	2014	2015
<b>Ciudad de Madrid</b>	<b>36.591€</b>	<b>37.231 €</b>	<b>38.534 €</b>
<b>Arganzuela</b>	<b>37.920 €</b>	<b>38.308 €</b>	<b>40.201 €</b>
<b>Imperial</b>	39.920 €	41.022 €	41.951 €
<b>Las Acacias</b>	42.749 €	43.512 €	44.669 €
<b>La Chopera</b>	30.280 €	30.205 €	31.934 €
<b>Legazpi</b>	45.691 €	46.590 €	48.935 €
<b>Moncloa-Aravaca</b>	<b>51.880 €</b>	<b>69.916 €</b>	<b>56.444 €</b>
<b>Casa de Campo</b>	39.511 €	40.609 €	41.436 €
<b>Argüelles</b>	49.355 €	51.926 €	53.461 €
<b>Latina</b>	<b>29.115 €</b>	<b>29.818 €</b>	<b>30.156 €</b>
<b>Los Cármenes</b>	27.624 €	27.725 €	29.541 €
<b>Puerta del Angel</b>	26.532 €	26.497 €	27.914 €
<b>Carabanchel</b>	<b>26.806 €</b>	<b>26.626 €</b>	<b>27.936 €</b>
<b>Comillas</b>	26.321 €	26.236 €	27.579 €
<b>Opañel</b>	27.100 €	27.181 €	28.031 €
<b>San Isidro</b>	25.021 €	24.847 €	26.283 €
<b>Usera</b>	<b>24.482 €</b>	<b>24.060 €</b>	<b>25.569 €</b>
<b>Almendrales</b>	24.291 €	24.167 €	25.506 €
<b>Moscardó</b>	25.745 €	24.962 €	26.358 €

Fuente Elaboración propia a partir de datos del Ayto. ["Nuestra ciudad en cifras"](#). Instituto Nacional de Estadística. Indicadores urbanos. Subdirección General de Estadística.

## 8.3 Mapas de ruido

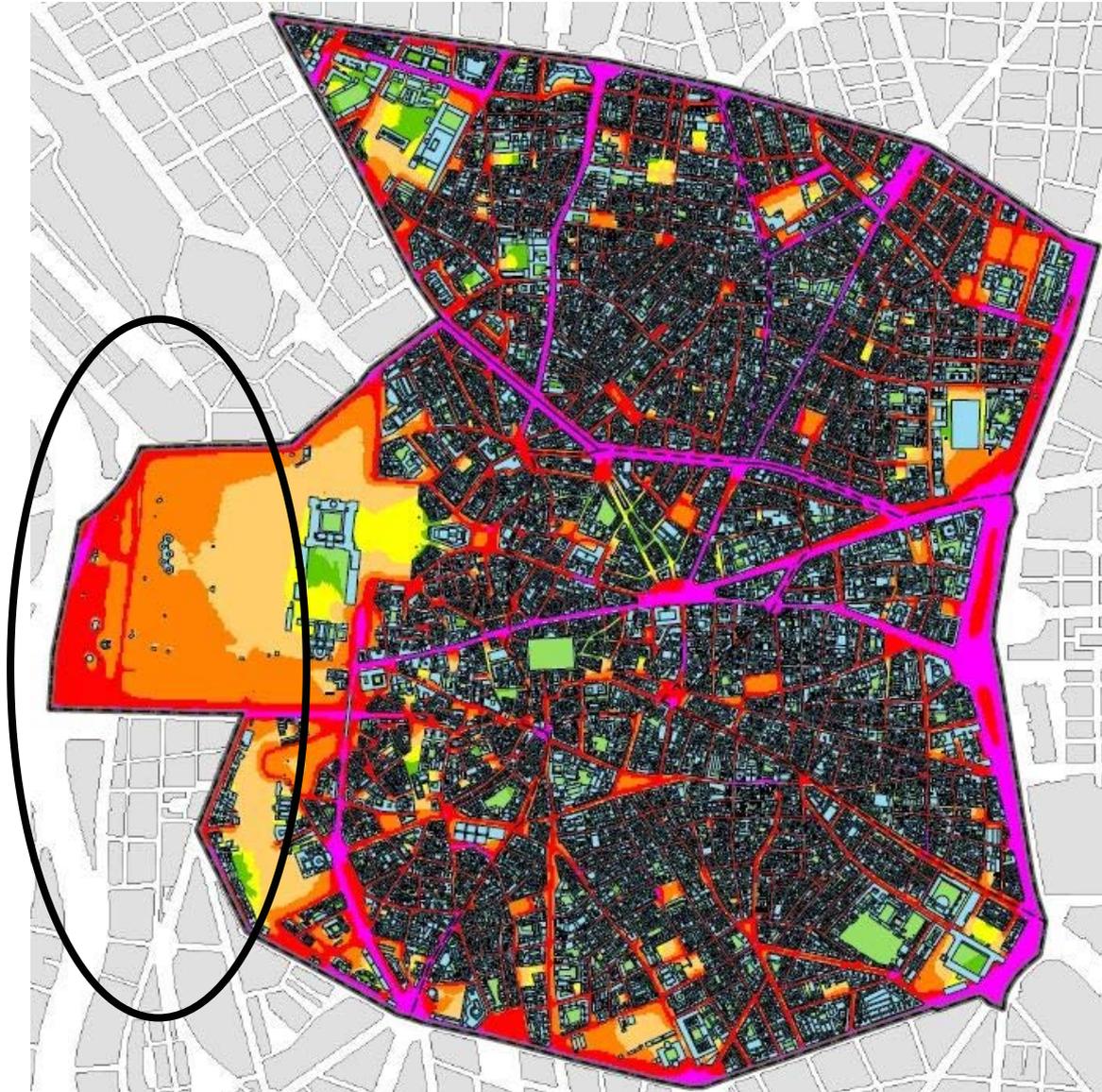
La leyenda común a todas las figuras para Niveles LAeq día-tarde-noche es:



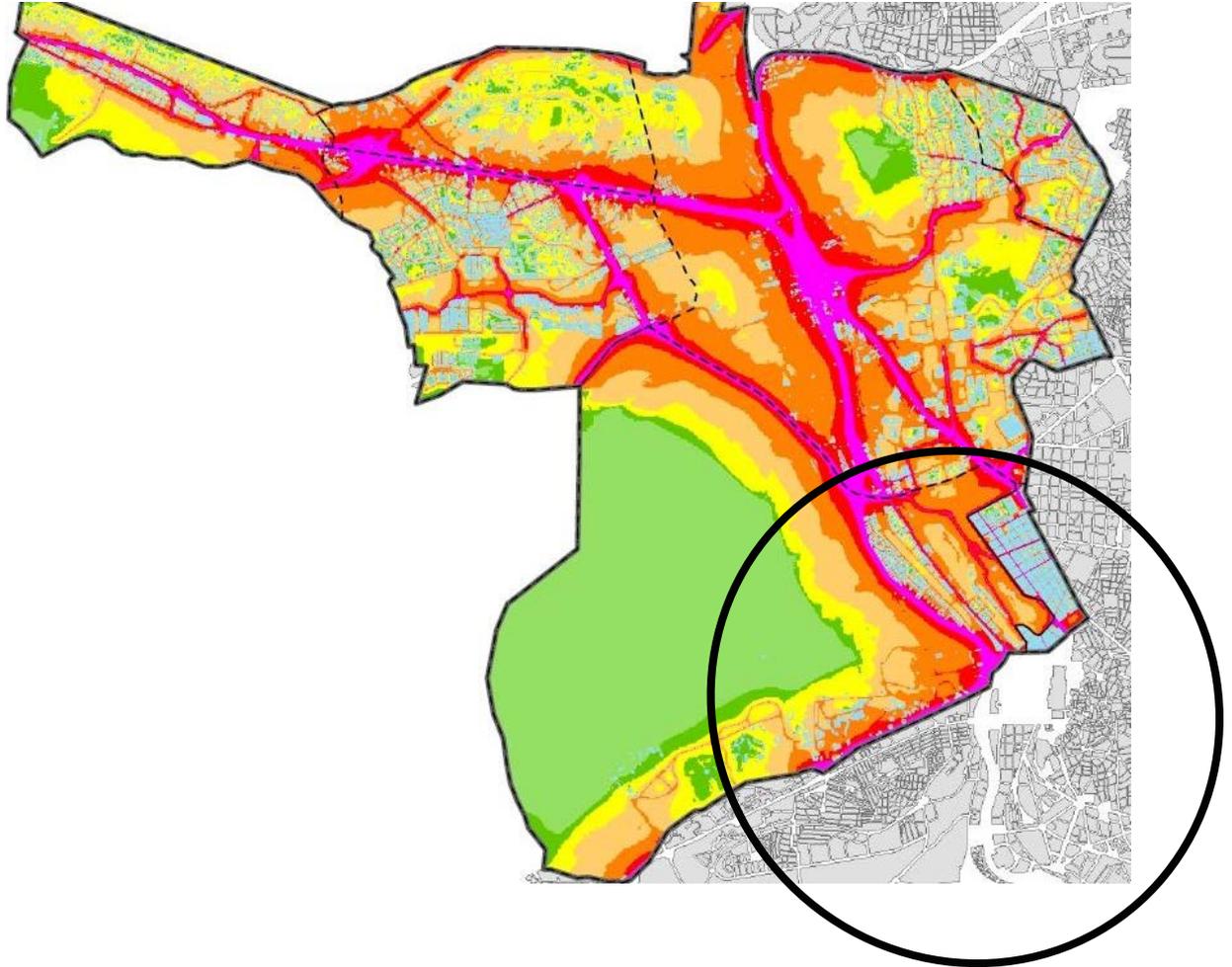
### Periodo 2004-2007. Periodo de Obras de soterramiento.

Se han considerado los datos de emisiones acústicas de los mapas estratégicos por distrito afectado por las obras de soterramiento incluidos en el MER 2006. Se destacan las zonas del soterramiento de cada distrito para su mejor localización.

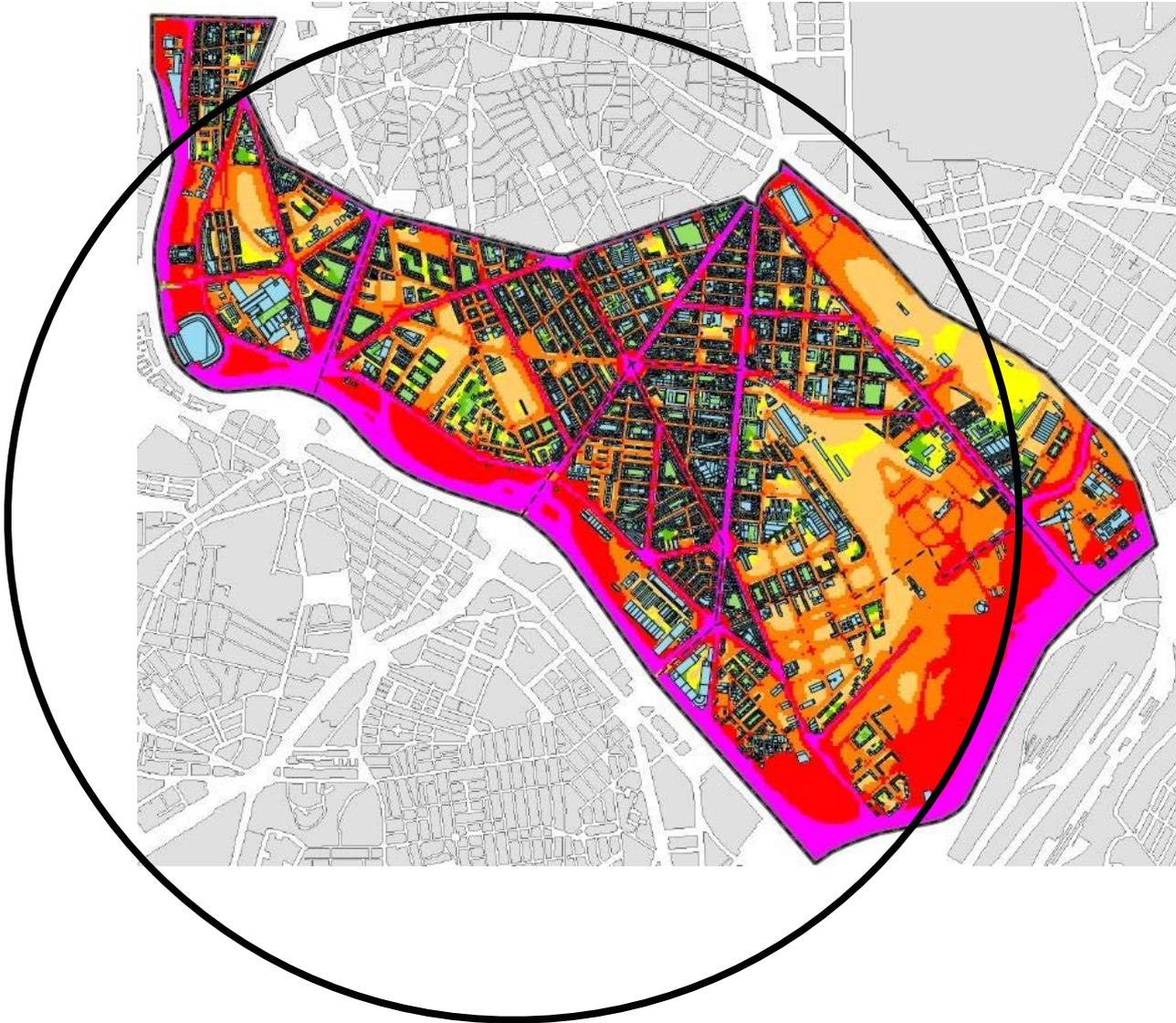
## DISTRITO CENTRO



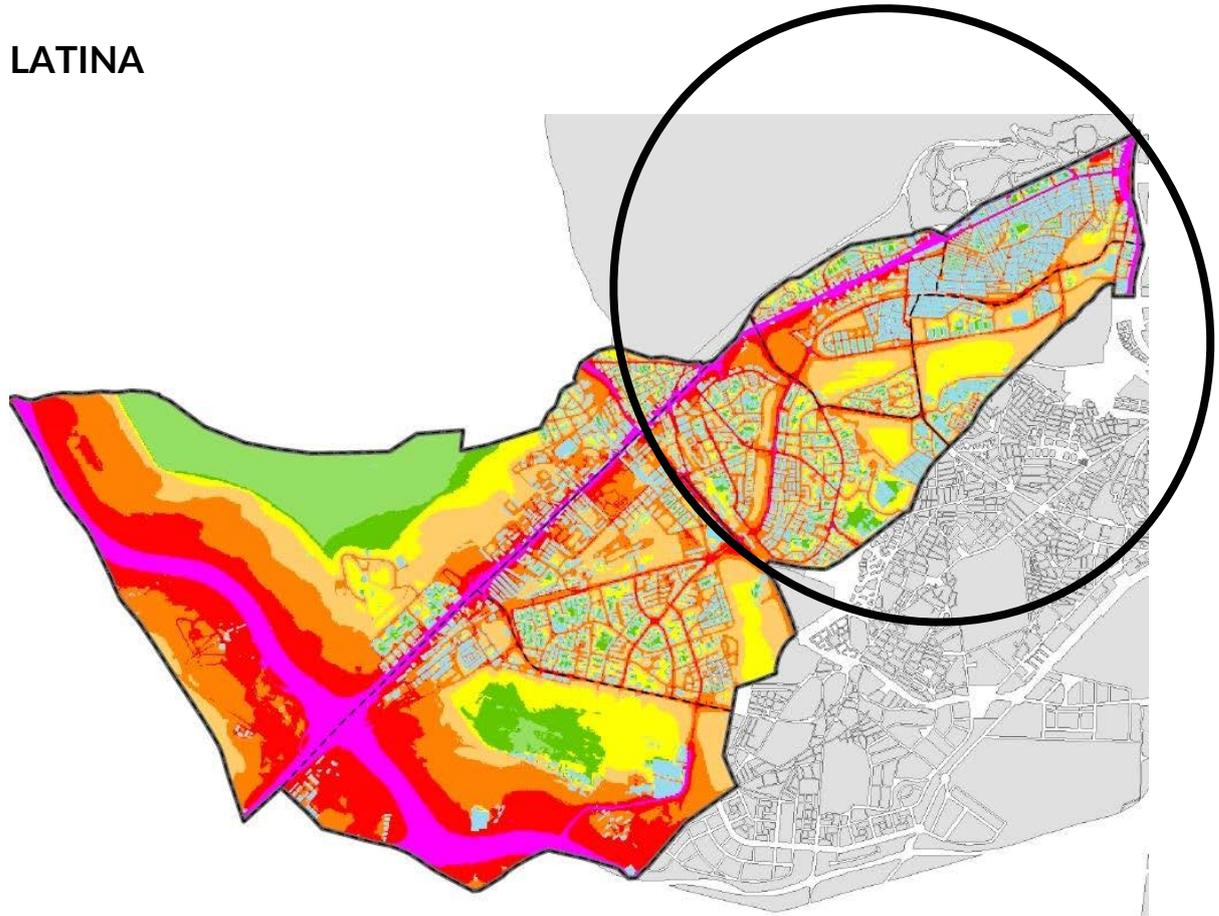
## MONCLOA-ARAVACA



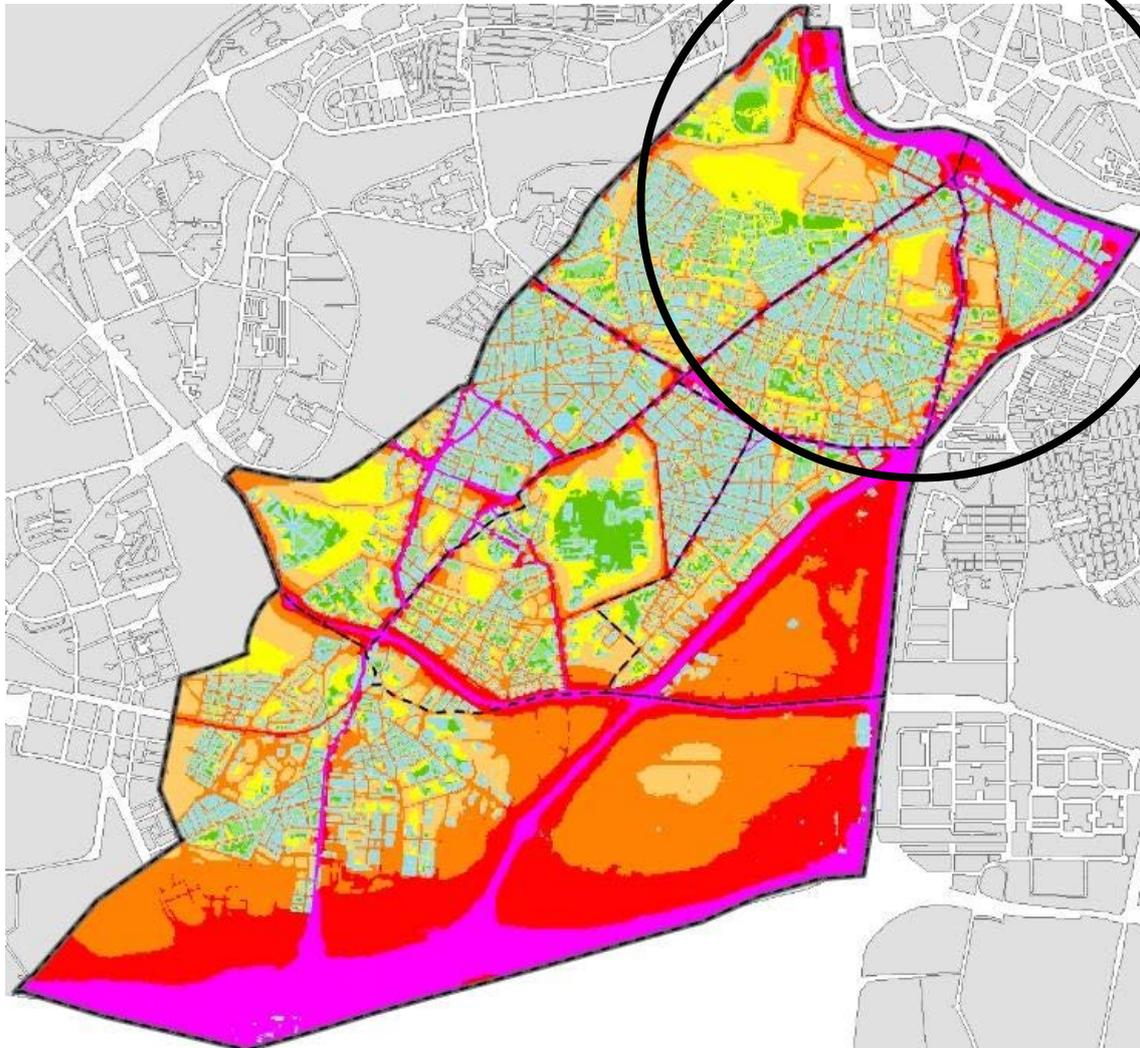
## ARGANZUELA



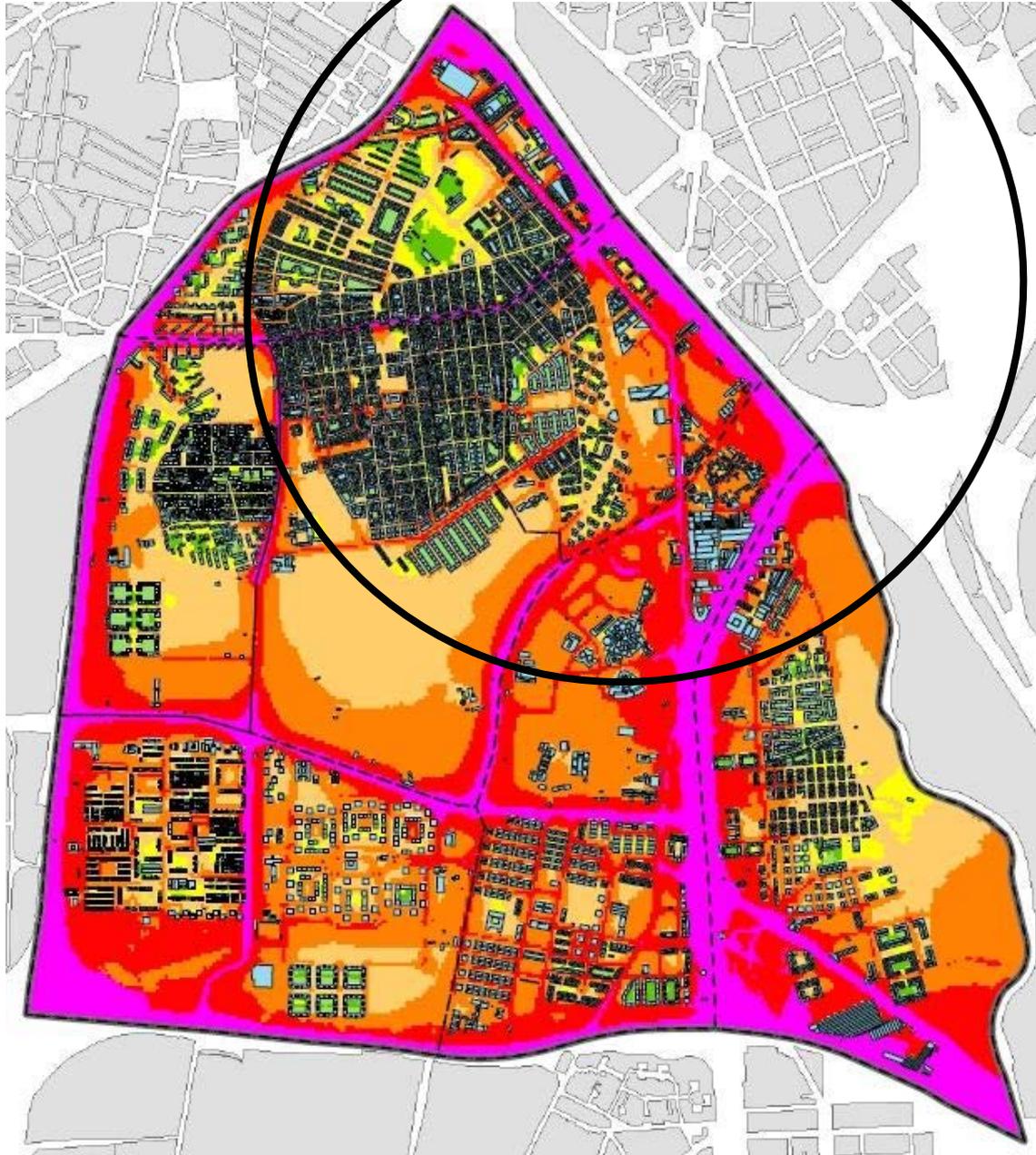
# LATINA



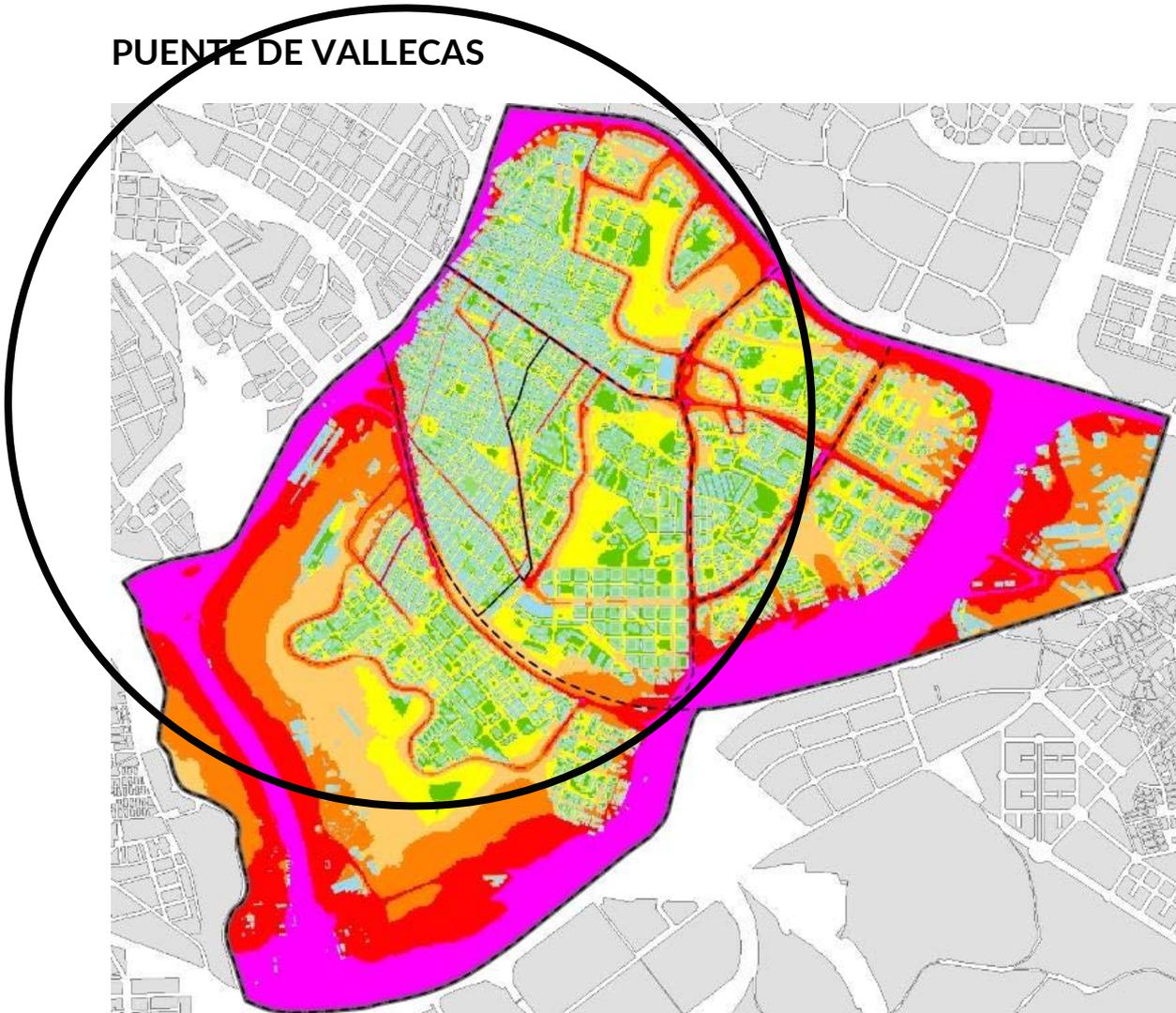
## CARABANCHEL



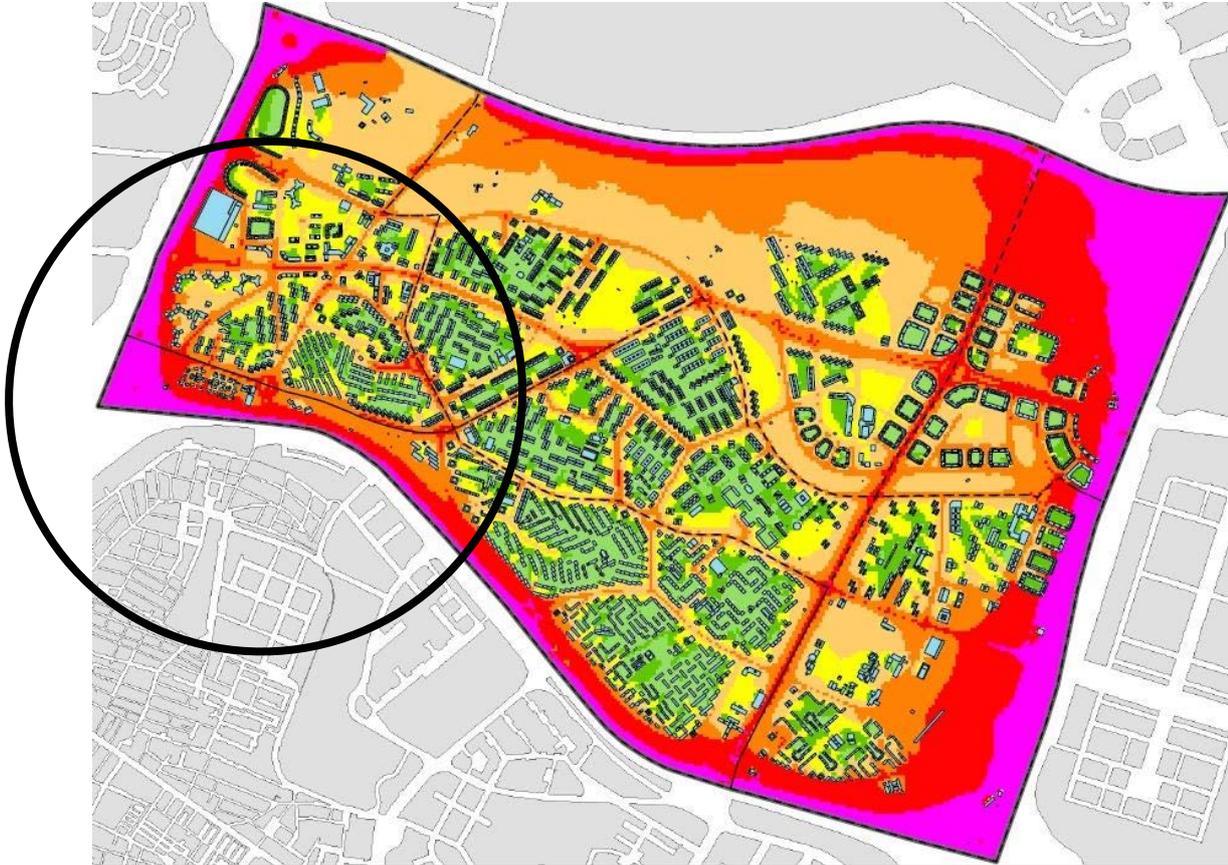
## USERA



## PUENTE DE VALLECAS

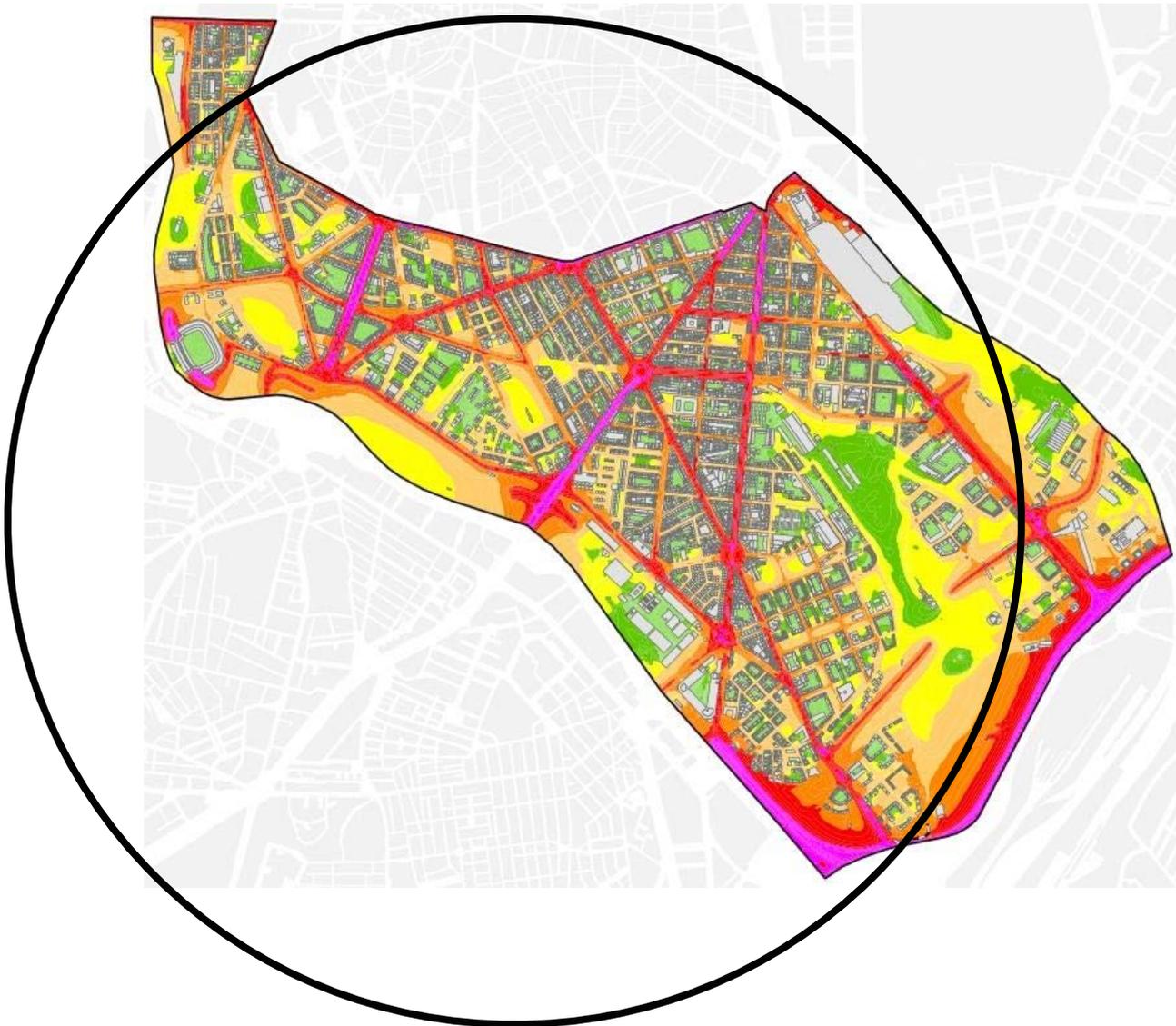


## MORATALAZ

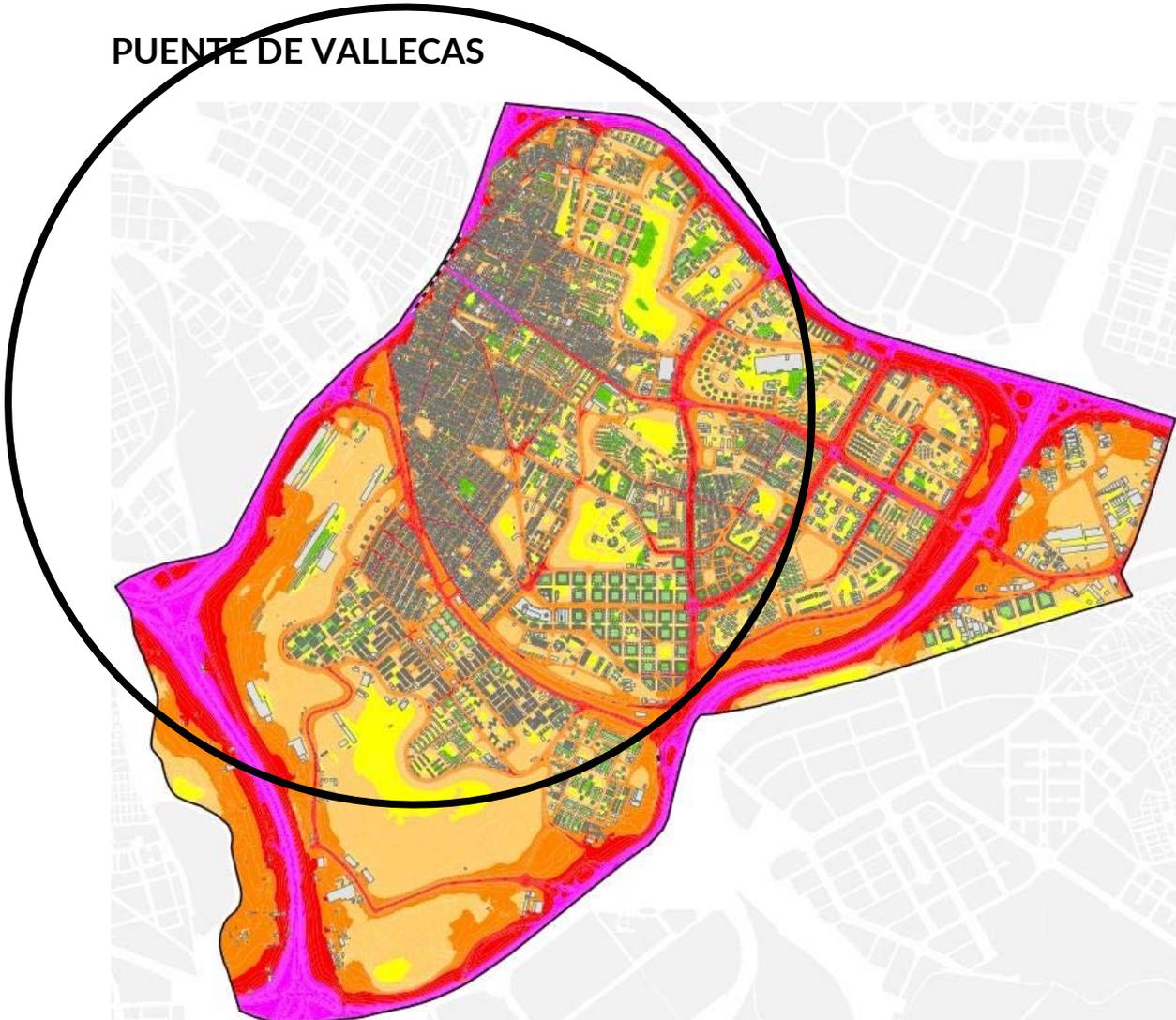


Periodo 2007-2011- 2015-2018. Periodo de funcionamiento del soterramiento

## ARGANZUELA



## PUENTE DE VALLECAS



## USERA

