



# MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE ALCOBENDAS

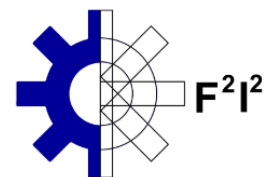
MEMORIA RESUMEN (Septiembre 2017)



## DESCRIPCIÓN

El presente documento contiene la Memoria Resumen correspondiente a la elaboración del Mapa Estratégico de Ruido en Alcobendas, en su tercera ronda. Los trabajos han sido realizados por el Grupo de Investigación en Instrumentación y Acústica Aplicada (I2A2) perteneciente a la ETS de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), a través de la Fundación para el Fomento de Innovación Industrial, conforme a las especificaciones de la licitación “Contrato de servicios para la actualización del Mapa Estratégico de Ruidos correspondiente a la 3ª Fase, en la aglomeración de Alcobendas”.

Ref. PV17LEA1542F01/1



FUNDACIÓN PARA EL FOMENTO  
DE LA INNOVACIÓN INDUSTRIAL

**LABENAC**  
LABORATORIO DE ENSAYOS ACÚSTICOS

www.i2a2.upm.es  
info@i2a2.upm.es  
+34 91 336 4696  
@i2a2\_upm



GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN  
INSTRUMENTACIÓN Y  
ACÚSTICA APLICADA  
POLITÉCNICA

# MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DE ALCOBENDAS

MEMORIA RESUMEN (JULIO 2017)

---

## DIRECCIÓN

Guillermo de Arcas Castro

---

## COORDINACIÓN

César Asensio Rivera

José Alberto Trujillo

---

## EQUIPO TÉCNICO

Josué Sánchez Vaquero

Carlos Escribano Rosillo

Eider Frades Gómez

## CONTENIDO

Introducción .....	5
Descripción de la aglomeración.....	7
Término municipal y área de estudio .....	7
División administrativa .....	7
Población.....	9
Focos de ruido.....	10
Autoridad responsable.....	15
Lucha contra el ruido en Alcobendas .....	16
Normativa municipal .....	16
Otras actuaciones.....	16
Ejecución del Mapa Estratégico de Ruido .....	18
Elaboración del mapa estratégico de ruido .....	18
Diagnóstico .....	22
Indicadores.....	22
Mapas de niveles sonoros.....	22
Análisis de los mapas de ruido .....	23
Población expuesta al ruido .....	26
Conclusiones.....	29

## INTRODUCCIÓN

El ruido ha sido un problema desde épocas inmemoriales. Actualmente, el desarrollo industrial, así como la creciente demanda de transporte y ocio, contribuyen a una potenciación del problema en una sociedad en la que los aspectos sanitarios y de protección medioambiental cada vez tienen mayor importancia.

En los años 90, la OMS puso el foco en los problemas derivados de la contaminación acústica con diversas publicaciones que analizaban el estado del arte en referencia a los efectos del ruido sobre la salud, y establecían una serie de parámetros y recomendaciones para una gestión adecuada del ruido comunitario. Estas publicaciones contribuyeron a acrecentar la preocupación por aspectos relacionados con el ruido ambiental, especialmente en Europa. La evaluación del impacto ambiental de las industrias y de las infraestructuras del transporte empezaron a incorporar aspectos relacionados con el ruido, y la gestión del ruido empezó a ganar importancia desde las fases iniciales del diseño de los planes urbanísticos. Se creó nueva legislación, y las principales ciudades asumieron la necesidad de realizar mapas de ruido como una herramienta fundamental para la gestión del problema. En 2002, la Unión Europea avanzó un nuevo paso con la aprobación de la Directiva Europea 49/2002 del Ruido, que establecía las bases para la gestión del ruido en los distintos Estados Miembros y fijaba la necesidad de elaboración de mapas estratégicos de ruido como la principal herramienta en la lucha contra el ruido ambiental. Esta Directiva pretendía uniformizar criterios y establecer las directrices generales para la realización de los mapas de ruido, incluyendo un calendario para su elaboración y presentación.

En la lucha contra la contaminación acústica, a menudo resulta difícil adoptar acciones que puedan tener efectos positivos en el corto plazo, dado que las administraciones deben conjugar criterios acústicos junto a muchos otros (industria, transporte y movilidad, creación de empleo, crecimiento económico, necesidad de ocio...). Por eso, resulta necesario adoptar políticas estratégicas que consigan involucrar a los diferentes agentes en dicha lucha, de manera que este contaminante no siga siendo considerado como un mal menor, y sea ponderado con la misma importancia que el resto de factores socioeconómicos y ambientales.

El objetivo es crear una tendencia que permita reducir los niveles de ruido ambiental en el largo plazo, involucrando para ello a los distintos niveles de la administración. En este objetivo a largo plazo, los mapas estratégicos de ruido juegan un papel fundamental, ya que son una herramienta de diagnóstico que permiten alertar a las autoridades competentes, informar al público y concienciar sobre el problema, de cara a la definición de Planes de Acción orientados a reducir la contaminación acústica y sus efectos.

Encuadrado en la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, así como en la Ley 37/2003 del Ruido, el objetivo de este documento es el de presentar el Mapa Estratégico de Ruido, que permite realizar un diagnóstico de la situación acústica actual existente en el término municipal de Alcobendas, como paso previo a la elaboración de un Plan de Acción orientado a la reducción de los niveles sonoros y la mejora de la calidad de vida, la calidad ambiental y la salud de los residentes en la ciudad.

Atendiendo de forma específica a la problemática existente en la ciudad, y a los requerimientos de la Directiva 2002/49, este estudio permite realizar una evaluación por separado del ruido producido por el tráfico rodado y del tráfico ferroviario existente en la ciudad, y aborda los siguientes contenidos:

- Diagnóstico del ruido, mediante una cartografía de los niveles sonoros que provoca el ruido de tráfico rodado y el ruido del tráfico ferroviario, así como un análisis conjunto de ambas fuentes.
- Análisis de población expuesta al ruido, obtenida a partir del cartografiado de los niveles sonoros en los edificios.
- Comparación de la situación actual (2017), con la recogida en el anterior Mapa Estratégico de Ruido ejecutado en el municipio en 2011.

Tras la aprobación de la DIRECTIVA (UE) 2015/996 DE LA COMISIÓN de 19 de mayo de 2015 por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, el presente Mapa Estratégico de Ruido se elaborará acorde a los requisitos del Método CNOSSOS-EU, con lo que Alcobendas se convertirá en pionero a nivel estatal y estará mejor preparado para afrontar las siguientes rondas, en las que la implantación de dicho método será obligatoria.

## DESCRIPCIÓN DE LA AGLOMERACIÓN

### TÉRMINO MUNICIPAL Y ÁREA DE ESTUDIO

Alcobendas es un municipio de España perteneciente a la Comunidad de Madrid. Se encuentra a 15 km al norte de la capital y a 669 metros de altitud. Limita con los municipios de San Sebastián de los Reyes, al norte; Madrid, al oeste y al sur; y Paracuellos de Jarama, al este. En 2016, año evaluado en este Mapa Estratégico de Ruido (MER), Alcobendas contaba con una población de 115896 habitantes.

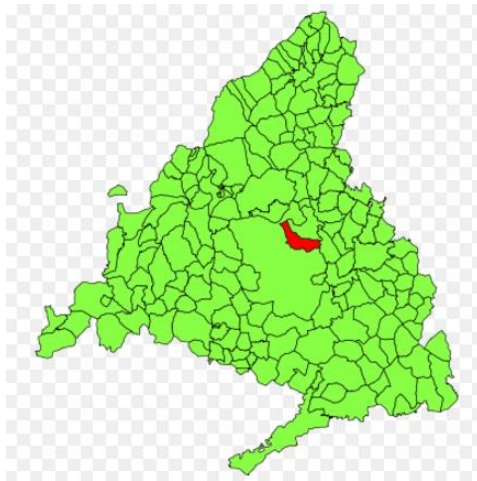


Figura 1. Comunidad de Madrid

Además del casco urbano, en su término municipal también se ubican las áreas residenciales Arroyo de la Vega, El Soto de La Moraleja, La Moraleja, y una parte del Encinar de los Reyes, ocupando una extensión total de 45 km<sup>2</sup>.

Tras el análisis efectuado, y tomando como referencia el área de estudio utilizado para la realización de la fase anterior del MER (2011), se propuso y acordó con el Ayuntamiento el ámbito de estudio, centrándolo en las zonas habitadas, y excluyendo aquellas zonas que, perteneciendo al término municipal, cuentan con una densidad de población prácticamente nula, o las que debido a los usos del suelo asentados, no resultan especialmente sensibles al ruido. La extensión del ámbito de estudio, junto al límite del término municipal, aparecen en la Figura 2.

### DIVISIÓN ADMINISTRATIVA

Situada al norte de Madrid (España), ejerce una notable influencia en el "corredor norte" de la región madrileña. Alcobendas se estructura en 4 distritos con diferentes morfologías y funciones urbanas: Centro, Norte, Empresarial y Urbanizaciones. Goza de 5 núcleos urbanos habitados, el propio casco histórico, separado del de San Sebastián solamente por una calle, y 4 urbanizaciones, "La Moraleja" situada a 15 Km de Madrid por la N-I ; "El Soto de la Moraleja" junto a la anterior, ocupando la zona Norte y Noreste del Monte de la Moraleja; "El Encinar de los Reyes" en la zona Este y Suroeste y "Fuente Hito" al Oeste de la carretera de Barajas. Además, comprende cinco áreas empresariales con importante presencia de sedes de empresas multinacionales.

En la Figura 3 se muestra la localización de los distritos que componen Alcobendas.

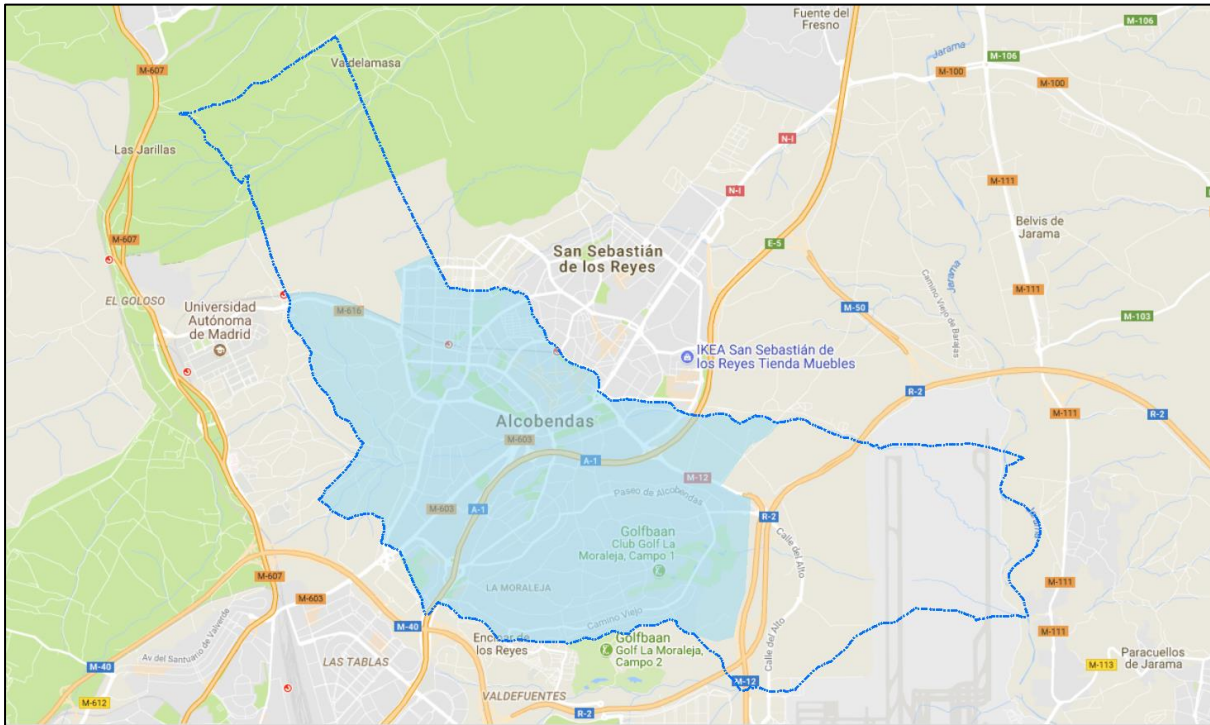


Figura 2. Término municipal y Área de estudio

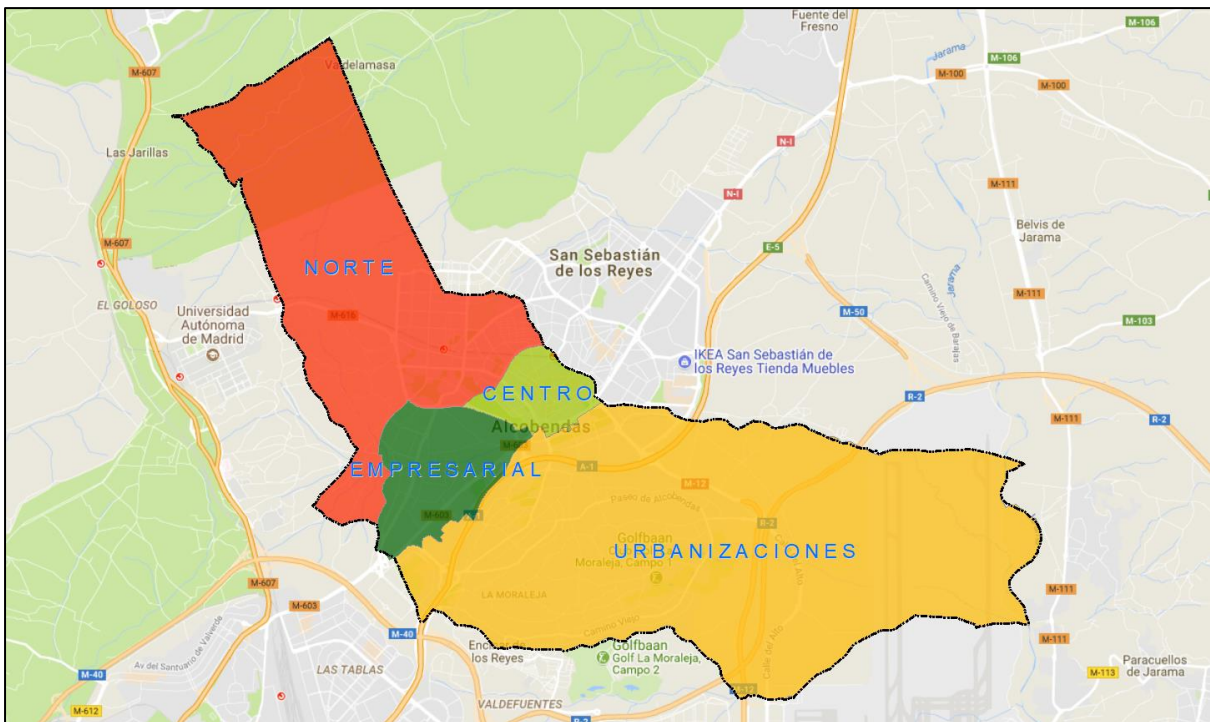


Figura 3 Distritos de Alcobendas

## POBLACIÓN<sup>1</sup>

Alcobendas tiene una extensión de 4.412 hectáreas y, a 31 de diciembre de 2016, contaba con una población de 115.896 habitantes. En un corto espacio de tiempo -desde los años 60-, Alcobendas ha pasado de "pueblo a ciudad" primero, y de ciudad a gran ciudad con una calidad de vida contrastada en el norte de Madrid, y unos equipamientos metropolitanos a la altura de las mejores ciudades europeas.

Durante los últimos 20 años la población ha experimentado un aumento en más de 20000 habitantes, pasando de tener apenas 83000 censados en 1996, a los casi 116000 en la actualidad.

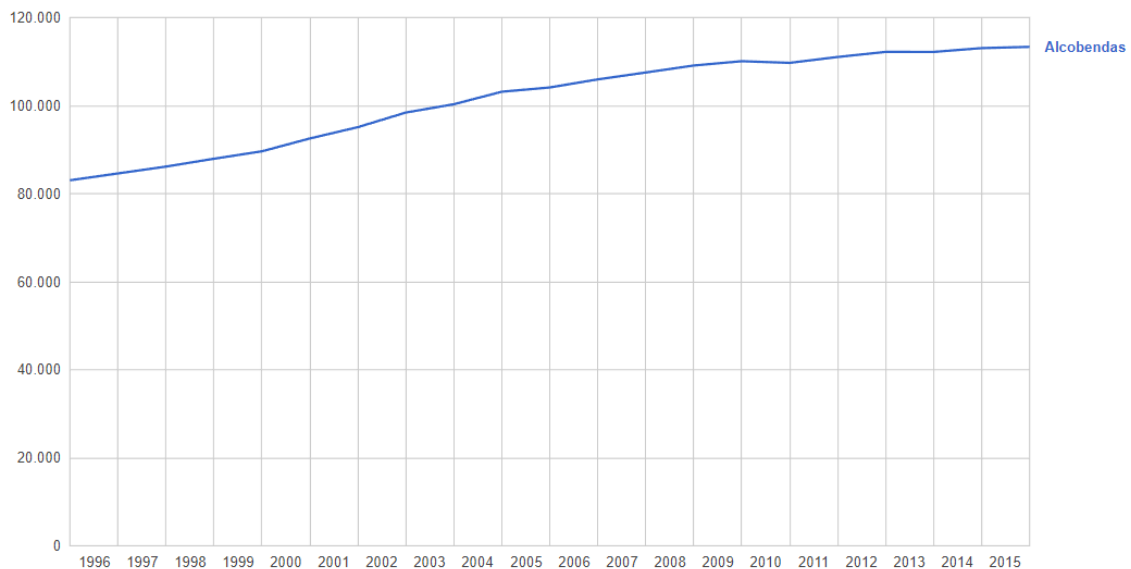


Figura 4 Evolución de la población de ALCOBENDAS desde el año 1996<sup>1</sup>

Su territorio humano está compuesto por una población joven, sociológicamente diversa, socialmente articulada y crecientemente preparada.

Como ya hemos comentado anteriormente Alcobendas se estructura en 4 distritos, aunque el núcleo urbano se establece en 3 de ellos, siendo el distrito empresarial donde se encuentra las sedes de empresas internacionales y demás fábricas, quedando lejos de aquí los núcleos urbanos donde reside la población.

A continuación, se muestra una gráfica donde se expresa la evolución de la población por los diferentes distritos de Alcobendas. Se observa claramente qué distrito norte es el que ha sufrido un mayor aumento de la población en los últimos años, ya que esta zona es donde se han alzado los nuevos proyectos urbanísticos del municipio.

<sup>1</sup> FUENTES: INE y AYUNTAMIENTO DE ALCOBENDAS



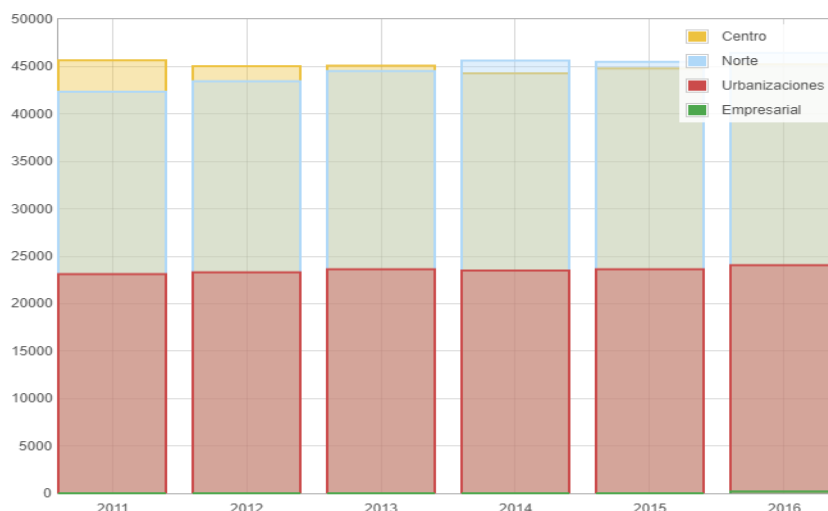


Figura 5 Evolución de la población de ALCOBENDAS por DISTRITOS<sup>1</sup>

## FOCOS DE RUIDO

Entre los principales focos sonoros que contempla la Directiva 2002/49, y ante la ausencia de zonas industriales de relevancia en el término municipal de Alcobendas, son las infraestructuras del transporte las principales fuentes de ruido que se incluyen en este Mapa Estratégico de Ruido. En concreto, en las siguientes secciones se presenta una breve introducción relativa a dichas infraestructuras. La Figura 6 muestra la localización de las principales vías de tráfico rodado y tráfico ferroviario del municipio.

Debe indicarse que, a pesar de que en este apartado se mencionan otras fuentes de ruido, el Mapa Estratégico de Ruido únicamente contempla el tráfico rodado y el tráfico ferroviario, quedando excluido el tráfico aéreo (cuyo mapa estratégico es elaborado por Aena).

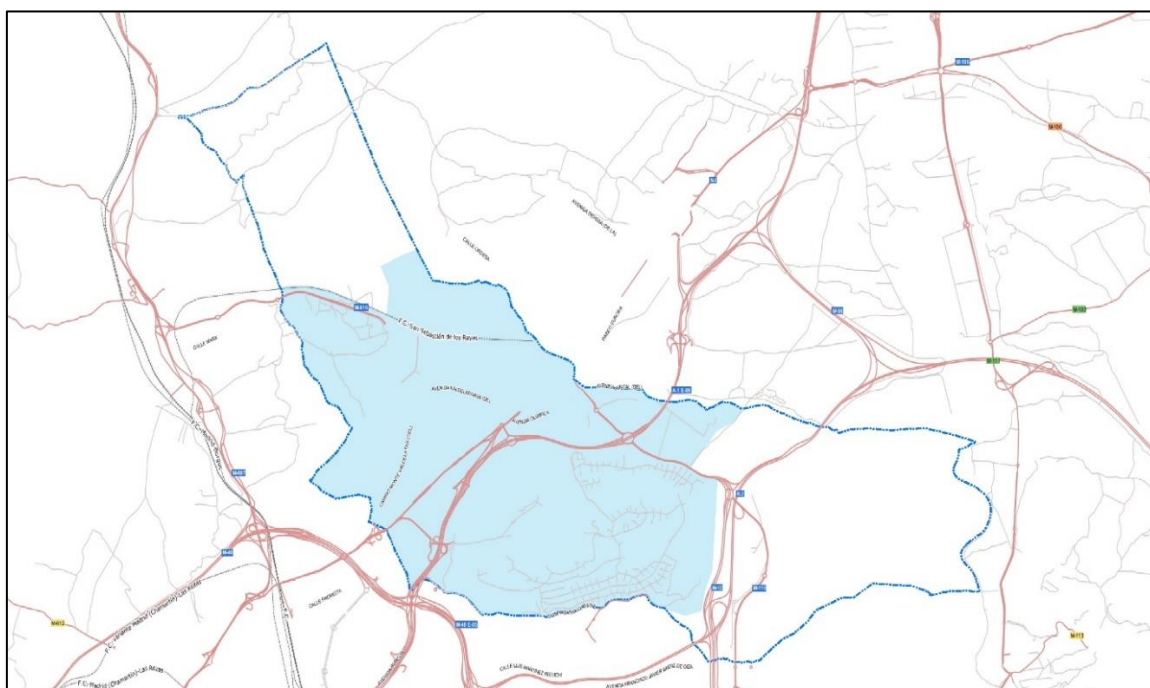


Figura 6 Principales infraestructuras del transporte

---

## TRÁFICO RODADO<sup>2</sup>

La red viaria a considerar en el proyecto se puede dividir en dos tipos bien diferenciados. Por un lado la red interurbana, que rodea y da acceso a Alcobendas, y por otro el viario interno del propio municipio.

La siguiente jerarquización viaria permite la división de las vías en varias categorías, de manera que el estudio posterior de ellas se hará en función de esta división:

- Vías interurbanas: Vías de carácter interurbano que permiten el acceso al municipio desde las localidades o zonas próximas. Estas vías conectan con las vías distribuidoras, permitiendo en algunos casos crear itinerarios de paso a través del municipio. Dentro de esta categoría estarán se enmarcan las siguientes vías: A-1, M-12, M-616, M-603, R2. También se ha considerado la M-40, dada su proximidad al municipio. Entre estas vías, han sido catalogadas como grandes ejes viarios las carreteras: A-1, M-40, M-616 y M-603.
- Arterias: vías urbanas, con gran capacidad, en general, que canalizan el tráfico que proviene de las vías interurbanas y permiten la distribución por el municipio hasta acceder a las vías locales. Dentro de esta categoría estarán están las siguientes vías: Calle Marqués de la Valdivia, Avenida de España, Paseo de la Chopera, Avenida de Valdelaparra, Calle Manuel de Falla, Severo Ochoa, Calle de la Granja, Avenida de la Industria, Avenida del Monte de Valdelatas, Bulevar Salvador Allende, Avenida de Bruselas, Avenida de la Vega, Paseo del Conde de los Gaitanes, Paseo de Alcobendas, Calle Azalea, Calle Begonia y Calle Caléndula.
- Colectoras: vías urbanas, con capacidad inferior a las arterias que canalizan el tráfico local hacia estas.
- Vías locales: vías urbanas de pequeña capacidad que dan acceso desde las vías distribuidoras y colectoras a las zonas adyacentes.

---

## TRÁFICO FERROVIARIO

---

### CERCANÍAS

La línea C-4 es la que comunica el municipio de Alcobendas con el resto de la red de Cercanías. Cercanías Madrid es el servicio ferroviario explotado por Renfe Operadora sobre una infraestructura de Adif, que comunica la ciudad de Madrid con su área metropolitana y las principales poblaciones de la Comunidad de Madrid. La línea C-4 de Cercanías Madrid recorre 62,2 km entre Parla y Alcobendas o Colmenar Viejo, con dos ramales al norte, dando servicio a los municipios de Parla (1 estación), Getafe (3 estaciones), Madrid (9 estaciones), Tres Cantos (1 estación), Colmenar Viejo (1 estación), **Alcobendas (2 estaciones)** y San Sebastián de los Reyes (1 estación, compartida con Alcobendas).

En cuanto al paso por el municipio de Alcobendas, la línea comienza el recorrido en la estación de Alcobendas-San Sebastián de los Reyes, bajo la Avenida de España, calle común a Alcobendas y San Sebastián de los Reyes, desde donde se dirige soterrada hacia el noroeste de Alcobendas dando servicio al distrito norte con la estación de Valdeasfuentes. A continuación sale a superficie y abandona el casco urbano de Alcobendas internándose en el distrito de Fuencarral-El

---

<sup>2</sup> FUENTE: PLAN DE MOVILIDAD. AYUNTAMIENTO DE ALCOBENDAS.

Pardo de Madrid, donde tiene 1 estación, Universidad Pontificia Comillas, que da servicio a dicha universidad, después llega al campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid, donde se une con el otro ramal en la estación de Cantoblanco Universidad.

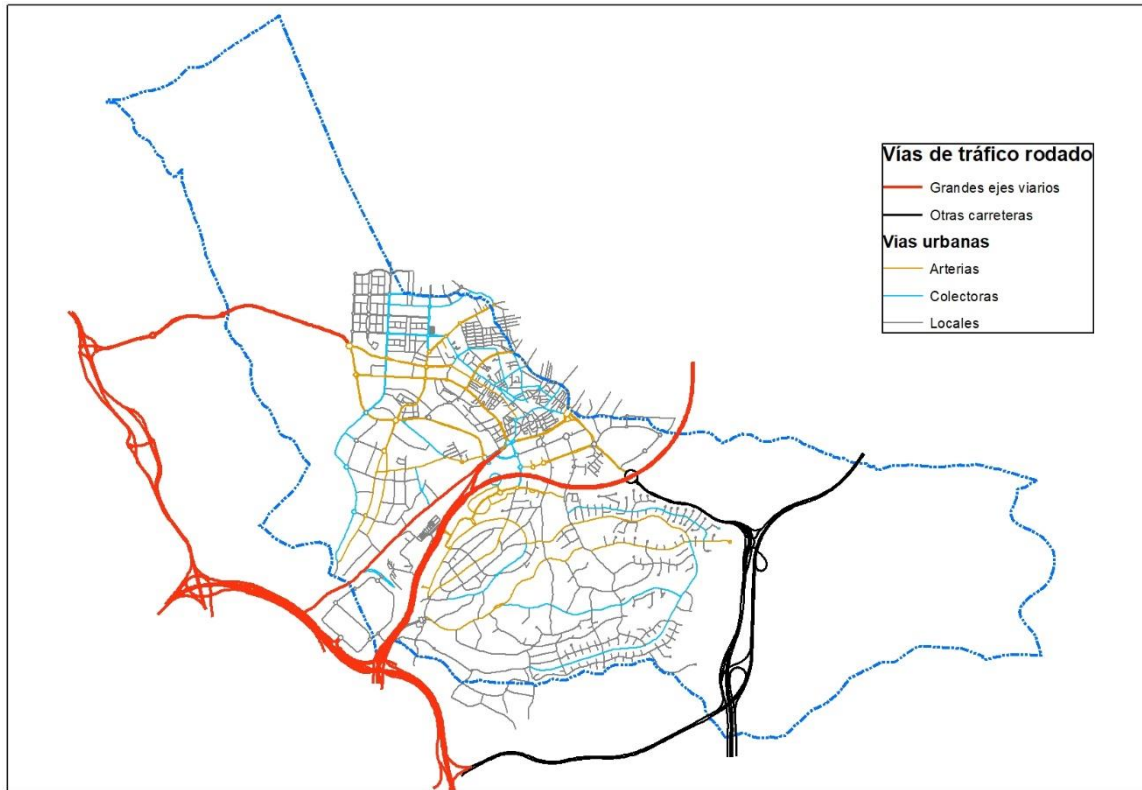


Figura 7 Clasificación viaria

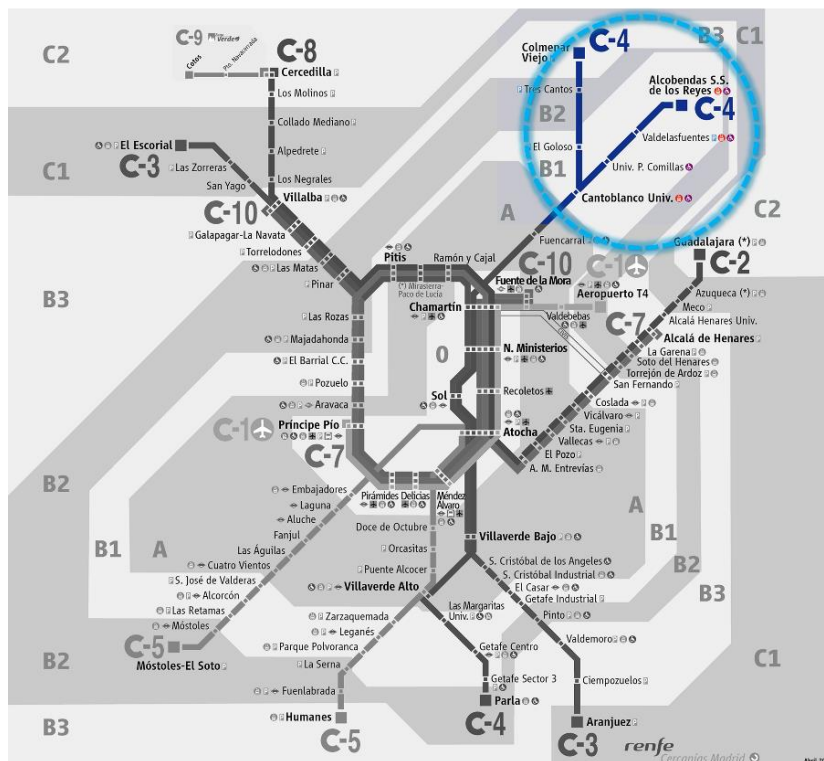


Figura 8 Red de Cercanías Madrid

METRO

La línea 10 del Metro de Madrid recorre su área metropolitana de norte (San Sebastián de los Reyes) a suroeste (Alcorcón), siendo la única que tiene ambas cabeceras fuera del término municipal de la capital.

Metro de Madrid es una red de ferrocarril metropolitano que da servicio a la ciudad española de Madrid y a su área metropolitana. Fue inaugurado el 17 de octubre de 1919 por el rey Alfonso XIII y actualmente es la red de metro más extensa de España, con una longitud de 293 kilómetros.

En cuanto al paso por la población de Alcobendas, la línea de metro discurre soterrada por todo el municipio, por lo que no afecta a la elaboración del Mapa Estratégico de Ruido. Las estaciones de la línea 10 ubicadas en el municipio de Alcobendas son las siguientes: La Granja, La Moraleja, Marques de la Valdivia y Manuel de Falla.

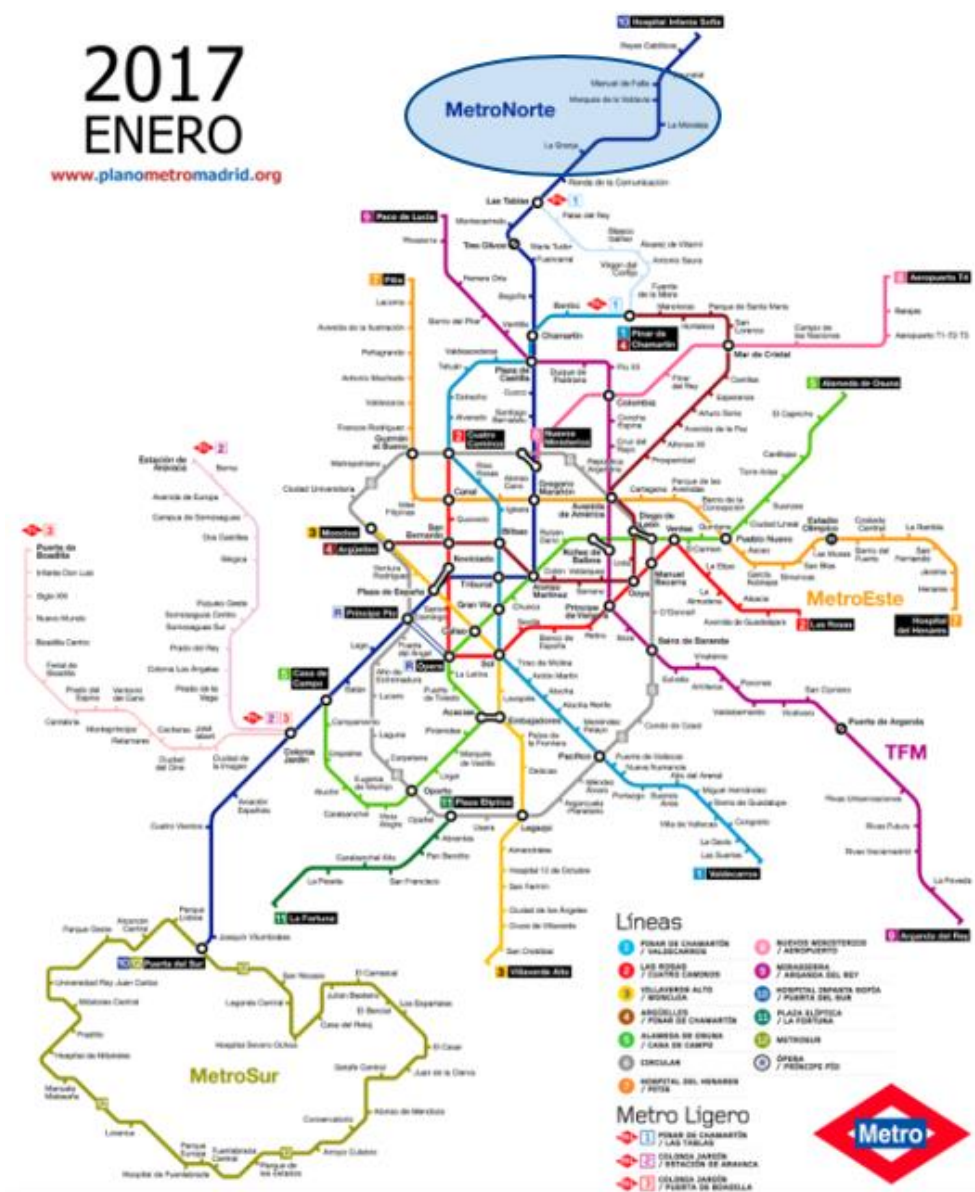


Figura 9 Plano de Metro Madrid

### TRÁFICO AEROPORTUARIO<sup>3</sup>

El aeropuerto de Madrid - Barajas se encuentra en el centro geográfico de la Península Ibérica, en la Comunidad Autónoma de Madrid. Se encuentra a una distancia de 12 km al noreste de la capital y ocupa una superficie aproximada de 1925 hectáreas distribuidas entre los municipios de Alcobendas, Madrid y Paracuellos de Jarama. En terminos globales, el aeropuerto de Madrid-Barajas es el de mayor volumen de tráfico en España. Durante el año 2011 se superaron las 429.000 operaciones y pasaron por él más de 49 millones de pasajeros.

Queda excluido de este estudio el impacto sonoro generado por las actividades aeroportuarias, ya que estas fuentes son evaluadas de manera independiente por la entidad competente en la gestión de estas actividades: AENA.

A fecha de realización de este informe, no se tiene constancia de que AENA haya elaborado la Tercera Fase de Mapa Estratégico de Ruido en el Aeropuerto de Madrid. En lo que se refiere a los resultados de la Fase anterior, es necesario matizar que el municipio de Alcobendas, no presentó población expuesta, tanto en los rangos acústicos como en ninguno de los indicadores que el analizados.

---

<sup>3</sup> FUENTES: AENA AEROPUERTOS. MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO AEROPUERTO MADRID-BARAJAS. MAYO 2013

## AUTORIDAD RESPONSABLE

El Ayuntamiento de Alcobendas, con personalidad jurídica propia y plena capacidad para el cumplimiento de sus fines, es la autoridad responsable de la elaboración, revisión e información pública del Mapa Estratégico de Ruido de Alcobendas.

## LUCHA CONTRA EL RUIDO EN ALCOBENDAS

En este apartado se realiza una breve descripción de las principales acciones y proyectos que el Ayuntamiento ha emprendido con el objetivo de reducir la contaminación acústica del municipio.

### NORMATIVA MUNICIPAL

**2006** *Ordenanza de protección contra la contaminación acústica del Ayuntamiento de Alcobendas (Madrid) del 14 de Junio de 2006*, cuyo objetivo era dar respuesta a la inquietud de los vecinos, que en una sociedad participativa y en un ámbito de progresiva concienciación ambiental, piden la intervención de los Ayuntamientos en esta materia.

**2014** *Ordenanza de protección contra la contaminación acústica y térmica de Alcobendas del 27 de Noviembre de 2014*. Actualizando y mejorando algunos de los aspectos ya contemplados en la legislación anterior, tiene por objeto, dentro de las competencias del Ayuntamiento de Alcobendas, regular las medidas y los instrumentos necesarios para prevenir y corregir la contaminación acústica en el término municipal, a fin de evitar y reducir los daños que pueda ocasionar a las personas, los bienes o el medio ambiente.

Esta nueva Ordenanza tiene por objeto regular el ejercicio de las competencias que en materia de protección del medio ambiente y la salud pública corresponden al Ayuntamiento en orden a la protección de las personas, frente a los perjuicios causados por la contaminación acústica y térmica. En el ámbito de aplicación quedan obligados a cumplir la presente Ordenanza en todo el territorio del término municipal de Alcobendas las actividades, instalaciones, establecimientos, edificaciones, maquinaria, obras, construcciones, vehículos y en general cualquier otra actividad, acto y comportamiento individual o colectivo, que en su funcionamiento, uso o realización, produzcan ruidos y vibraciones que puedan, ocasionalmente, o de manera continua, perjudicar al medio ambiente o ser causa de molestia para las personas o provoquen riesgos para su salud o bienestar.

### OTRAS ACTUACIONES

**2012** *Mapa Estratégico de Ruido, correspondiente a la segunda fase*. Cumpliendo con los requisitos derivados de la Directiva 2002/49 y de la Ley 37 del Ruido, el mapa permitió efectuar una primera diagnosis del ruido existente en la ciudad y apuntaba la necesidad de planificar y ejecutar actuaciones en zonas completas de la ciudad. En la memoria de dicho Mapa, se apuntaba la necesidad de realizar una reducción del 5% de la población afectada por encima del objetivo de calidad acústica, a través de las siguientes actuaciones:

- Potenciar el transporte público y transporte no motorizado
- Controles de velocidad
- Creación de zonas con limitación de velocidad de 30 km/h
- Potenciar la concesión de subvenciones aislamiento de fachadas en zonas de difícil solución

**2011** *Plan de Acción para la Mejora del Ambiente Sonoro en Alcobendas.* Con este Plan de Acción se pretende mejorar la calidad ambiental en materia de ruido en la ciudad de Alcobendas, y de esta forma reducir al máximo posible el impacto acústico del municipio; teniendo en cuenta que las dos fuentes principales de ruido son el tráfico urbano y el tráfico de carreteras, en especial, el de la autovía A-1.

Algunas de estas actuaciones fueron:

- Contactar con el Ministerio de Fomento para instar al estudio y colocación de pantallas acústicas en la N-1
- Impulsar planes de colaboración con otras administraciones.
- Adaptar la ordenanza Municipal a las exigencias de la normativa sobre ruido ambiental: la Ley 37/2003 del Ruido y a los Reales Decretos que la desarrollan, 1513/2005 y 1367/2007.
- Formación y concienciación a nivel interno.



## EJECUCIÓN DEL MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO

Debido a las dificultades y costes derivados de la ejecución de mapas estratégicos de ruido mediante la ejecución de mediciones acústicas, y siguiendo las tendencias internacionales para la elaboración de mapas estratégicos de ruido, se ha optado por la utilización de un modelo informático para la determinación de los niveles sonoros existentes. Este modelo acústico consiste en una representación digital en tres dimensiones de aquellos aspectos del mundo real que son relevantes en lo que respecta a la emisión, propagación y recepción del sonido en el medio exterior. Una vez incluidos en el modelo estos elementos, se aplican algoritmos de cálculo que permiten predecir los niveles de ruido en las diferentes localizaciones bajo estudio.

En relación a estos métodos de simulación, en 2008, la Comisión Europea comenzó a desarrollar un marco metodológico para la evaluación común del ruido a través del proyecto «Métodos comunes de evaluación del ruido en Europa» («CNOSSOS-EU») dirigido por el Centro Común de Investigación. El proyecto se llevó a cabo en estrecha consulta con el Comité establecido en virtud del artículo 18 de la Directiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre (DO L 162 de 3.7.2000, p. 1)., y con otros expertos de los Estados miembros. Como culminación a este proceso, en 2015 se publicó la DIRECTIVA (UE) 2015/996 DE LA COMISIÓN de 19 de mayo de 2015 por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. En ella, se publicó el nuevo método armonizado para la realización de mapas estratégicos de ruido, que será de aplicación obligatoria a partir de 2019. Tras la propuesta como mejora a la Oferta Técnica por parte del consultor, se acordó con el ayuntamiento que este método CNOSSOS-EU sea el empleado para la ejecución del MER en Alcobendas de 2017. Para la ejecución de las simulaciones, se decidió emplear el software comercial CadnaA desarrollado por Datakustik, que permite implementar este método y ejecutar todos los procesos relacionados con la elaboración de los mapas estratégicos de ruido.

## ELABORACIÓN DEL MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO

Para crear un modelo acústico, es necesario conocer y describir adecuadamente los principales elementos que intervienen en la generación y propagación del sonido. Para poder incorporar todos los elementos, la información debe estructurarse adecuadamente, en forma de capas de información geográfica. Cada uno de los distintos elementos, o capas, que intervienen en la generación del modelo deben contener la información mínima imprescindible, de manera que no se comprometa la exactitud de los resultados, a la vez que se minimizan los costes computacionales. El manejo y optimización de estas capas de información, se ha gestionado mediante herramientas GIS.

### ÁMBITO DE SIMULACIÓN

Una vez determinada el área de estudio por el Ayuntamiento de Alcobendas, como se recoge en la Figura 2, es necesario obtener la información relativa a las fuentes de ruido y los elementos que determinan la inmisión del sonido dentro de dicho ámbito. Además, con el objetivo de diagnosticar de forma adecuada los niveles sonoros existentes en las áreas más próximas a los límites de dicho ámbito, el modelo acústico generado debe recrear elementos que se hallan más allá de sus límites. Por este motivo, el modelo de simulación abarca un ámbito ampliado en 200 m sobre el área de

interés acordada con el Ayuntamiento, e incorpora carreteras que, encontrándose más alejadas, son susceptible de generar emisiones acústicas que afecten a la población ubicada dentro del ámbito de estudio.

---

## EL TERRENO

El modelo digital del terreno necesario para implementar el modelo acústico quedó definido a partir de la información suministrada por el Ayuntamiento Alcobendas, complementada con información procedente del Catastro y del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Básicamente esta información constaba de los siguientes elementos:

- Líneas de nivel fuera del casco urbano
- Puntos de cota en el interior del casco urbano

A partir de estos elementos, se compuso un modelo tridimensional del terreno.

---

## EDIFICIOS

Además de los edificios correspondientes a viviendas, se incluyeron en este apartado los edificios públicos, los lugares de culto, los depósitos y otros obstáculos como construcciones monumentales, plaza de toros, estadios y otras instalaciones deportivas. La información proporcionada por el ayuntamiento no se ajustaba plenamente a los requisitos que exige la creación del modelo acústico, por lo que fue necesario realizar una limpieza y simplificación de los datos. Este proceso, se aplicó con criterios técnicos para encontrar un equilibrio adecuado entre la precisión de los datos existentes, y los requisitos del software de simulación acústica.

El modelo acústico incorpora más de 10000 polígonos dispuestos sobre plano, cuya tercera dimensión se recompone a partir de la altura relativa de cada uno de ellos.

---

## PANTALLAS ACÚSTICAS

Además de los edificios, pueden existir otro tipo de obstáculos que atenúan el sonido a lo largo de su camino de propagación. Es el caso de las pantallas acústicas. Las pantallas acústicas son simuladas mediante elementos lineales ubicados sobre el terreno, siendo los parámetros que determinan su comportamiento el trazado, la altura y la absorción sonora. Al no disponerse de información explícita sobre este tipo de elementos, se ha realizado una inspección visual, que ha permitido incorporar las pantallas acústicas existentes en las principales carreteras que discurren por el municipio.

---

## CALLES Y CARRETERAS

El Ayuntamiento facilitó datos de una araña de tráfico empleada para la ejecución del mapa de ruido de 2011. Dicha araña ha sido adaptada y actualizada, para incorporar nuevas calles y ajustarla a los requisitos del software de simulación.

A partir del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Alcobendas de 2011, y otros estudios facilitados por el Ayuntamiento, así como mediante campañas de medición en campo, conteos efectuados sobre las cámaras de vigilancia de tráfico, y análisis estadístico de los registros efectuados por las cámaras

de control de acceso que se ubican en el distrito Urbanizaciones, se han obtenido datos que han permitido completar la araña con información referida a la velocidad de los vehículos, porcentaje de vehículos ligeros, pesados y motocicletas. Así mismo, dicha información ha permitido actualizar los datos de IMD, frente a los empleados en 2011, de manera independiente para cada distrito.

El modelo acústico contempla los ejes viarios más relevantes de la ciudad. Cada tramo de calle lleva asociada la siguiente información, necesaria para la definición de las emisiones acústicas producidas:

- Trazado del tramo.
- Intensidad de tráfico (vehículos/hora).
- Velocidad de los vehículos (kilómetros/hora).
- Porcentaje de vehículos pesados (%).
- Porcentaje de vehículos pesados de tres ejes o más (%).
- Porcentaje de motos o motocicletas (%).

Dicha información debe estar disponible para cada uno de los períodos de estudio, día (07 a 19 h), tarde (19 a 23 h) y noche (23 a 07), y debe ser representativa del tráfico promedio anual.

Las arterias principales del municipio, las vías de mayor amplitud, y aquellas vías con calzadas separadas, han sido simuladas mediante una fuente de ruido lineal por calzada y sentido de circulación, mientras que el resto de calles se han modelado mediante un único eje central.

---

## TRÁFICO FERROVIARIO

La descripción del tramo de vía que se encuentra dentro del ámbito de estudio se ha realizado basándose en información cartográfica disponible y las fotografías existentes, así como la información facilitada por ADIF. Se ha definido la línea de tren mediante los siguientes parámetros:

- Trazado y longitud de la vía.
- Tipo de vía.
- Velocidad media de los trenes que circulan por la vía, en cada tramo.
- Número de trenes en cada horario.

---

## POBLACIÓN

El Ayuntamiento facilitó un listado con la dirección de cada uno de los residentes del municipio. De forma agregada, dicha información fue distribuida por los edificios que componen el modelo acústico. El proceso automático de enlace de la base de datos a estos edificios, fue revisado manualmente, para evitar errores de asignación, o incongruencias derivadas del uso particular que se realiza de estos datos durante la elaboración del MER.

---

## CÁLCULOS DE NIVEL SONORO

Mediante un software comercial (CadnaA, en este caso) se efectúan los cálculos de los niveles sonoros conforme a los modelos de cálculo ya mencionados.

Para obtener los mapas sonoros, se ha establecido una rejilla rectangular cuyo tamaño ha sido ajustado en función de la densidad de edificaciones. Los niveles sonoros son calculados a una altura de 4 metros sobre el suelo, considerando reflexiones hasta un primero orden. Una vez calculados los niveles existentes en todos los receptores de esta rejilla, se efectúa una interpolación espacial que permite representar el nivel sonoro en todo el territorio, mediante mapas de contornos.

El cálculo de la población expuesta al ruido, se realiza de manera diferente. En este caso los receptores se sitúan alrededor de cada uno de los edificios, y se excluye de los cálculos la reflexión del sonido en el propio edificio que se está evaluando. A los edificios que cuentan con una vivienda por planta, se les asigna el nivel sonoro de la fachada más expuesta al ruido. En el resto de edificaciones, el número de residentes se asigna proporcionalmente la longitud de fachada que cada uno de los receptores representa.

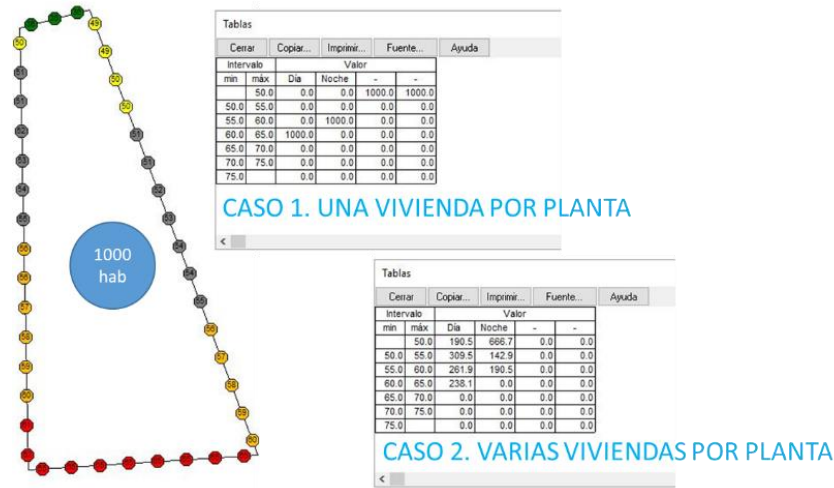


Figura 10 Cálculo de la población expuesta en un edificio

## DIAGNÓISIS

### INDICADORES

En lo que se refiere a la elaboración de Mapas Estratégicos de Ruido, la directiva 2002/49 del ruido establece que deben utilizarse los indicadores  $L_n$  y  $L_{den}$ . Además de estos indicadores, se mencionan los indicadores  $L_d$  y  $L_e$ . Estos mismos cuatro indicadores son a los que se refiere el Real Decreto 1513/2005, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Los indicadores  $L_d$ ,  $L_e$  y  $L_n$  se basan en el indicador nivel sonoro continuo equivalente, tal y como lo define la norma internacional ISO 1996. Cada uno de ellos emplea un período de referencia (día, tarde y noche, respectivamente), que permite estandarizar la determinación del nivel sonoro continuo equivalente.

- *$L_d$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos día (07 a 19 h) de un año.*
- *$L_e$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde (19 a 23 h) de un año.*
- *$L_n$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos noche (23 a 07 h) de un año.*

Por su parte, el  $L_{den}$  es un indicador definido para evaluar conjuntamente los tres períodos, incluyendo una ponderación derivada de la mayor molestia que produce el ruido en los períodos de tarde y noche.

- *El índice de ruido día-tarde-noche,  $L_{den}$ , se expresa en decibelios (dB), y se determina mediante la expresión siguiente:*

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left[ \left( 12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} \right) + \left( 4 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} \right) + \left( 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right]$$

Empleando estos indicadores, los resultados que muestra un mapa de ruido describen, mediante una foto fija, la situación acústica del municipio a lo largo del último año, y por lo tanto, no permite analizar con detalle las fluctuaciones del nivel sonoro a lo largo de ese año. Es necesario aclarar estos términos, ya que los niveles sonoros que se presentan no son representativos de una temporada concreta a lo largo del año, sino que lo son de la totalidad del año, lo que permite abordar los objetivos estratégicos del municipio, o comparar la evolución a lo largo del tiempo de la contaminación acústica existente.

### MAPAS DE NIVELES SONOROS

Los mapas de niveles sonoros facilitan el análisis espacial de los resultados. De forma gráfica, permiten identificar de una rápida e intuitivamente aquellas zonas del territorio que destacan por sus elevados niveles de ruido. De esta manera resulta factible identificar puntos calientes, y establecer criterios para la priorización de los planes de acción.

En el caso de la aglomeración de Alcobendas, los mapas que deben elaborarse son los siguientes:

	Ld	Le	Ln	Lden
Tráfico viario	x	x	x	x
Tráfico ferroviario	x	x	x	x
Tráfico aéreo	No aplica (elaborado por AENA)	No aplica (elaborado por AENA)	No aplica (elaborado por AENA)	No aplica (elaborado por AENA)
Industrial	No aplica (fuera casco urbano)	No aplica (fuera casco urbano)	No aplica (fuera casco urbano)	No aplica (fuera casco urbano)
Total	x	x	x	x

Junto a la distribución espacial de los niveles sonoros, cada mapa debe incluir información referente al número de personas expuestas al ruido (en cada período).

Tanto en lo relacionado con el análisis de datos por parte de técnicos, como en lo que tiene que ver con la comunicación a la ciudadanía, es necesario encontrar un balance entre la precisión que ofrecen las herramientas de cálculo, y la simplicidad de las representaciones. Es por esto que la representación de los mapas se realiza en intervalos de 5 dB, empleando una escala de colores estandarizada que permite comparar diferentes mapas de ruido realizados en diferentes aglomeraciones o infraestructuras del transporte.

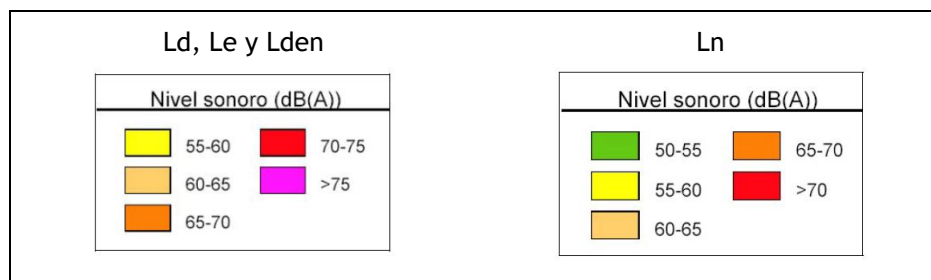


Figura 11 Escala de colores en los mapas de niveles sonoros

## ANÁLISIS DE LOS MAPAS DE RUIDO

En este apartado se expone los principales resultados del análisis efectuado a los mapas sonoros que han sido elaborados, con el objetivo de sentar las bases que podrán ser concretadas en un Plan de Acción para la reducción de los niveles sonoros en la ciudad.

En primer lugar, cabe destacar que el ruido de tráfico predomina en el interior de la ciudad frente al resto de fuentes de ruido. La intensidad del tráfico y su distribución por la práctica totalidad del casco urbano de Alcobendas, sitúan esta fuente como predominante, en lo que se refiere a los niveles sonoros existentes, así como en lo que se refiere al número de personas expuestas al ruido.

## RUIDO FERROVIARIO

El ruido producido por la actividad ferroviaria en Alcobendas es marginal, quedando limitado a las zonas más próximas a la vía, lejos del casco urbano u otras zonas sensibles. Esto se debe a que las principales líneas de transporte público discurren soterradas en gran parte de su recorrido a lo largo

del casco urbano. Por este motivo, en el municipio no se contabiliza población expuesta a esta fuente de ruido.

### RUIDO INDUSTRIAL

Las zonas industriales quedan lejos de los núcleos urbanos por lo que esta actividad no afecta significativamente a la población. Además, el ruido producido por la actividad industrial en Alcobendas es irrelevante en comparación al ruido de tráfico rodado en la zona donde se ubican los polígonos industriales. Por este motivo, en el municipio no se contabiliza población expuesta a esta fuente de ruido.

### RUIDO DEL TRÁFICO RODADO

El ruido producido por el tráfico rodado en Alcobendas es predominante sobre el resto de focos ruidos existentes. Mientras que en el distrito centro y norte el ruido de tráfico rodado es el debido a las calles y vías de circunvalación del interior de la ciudad, en el distrito Urbanizaciones el principal foco emisor de ruido es la carretera de Burgos A-1.

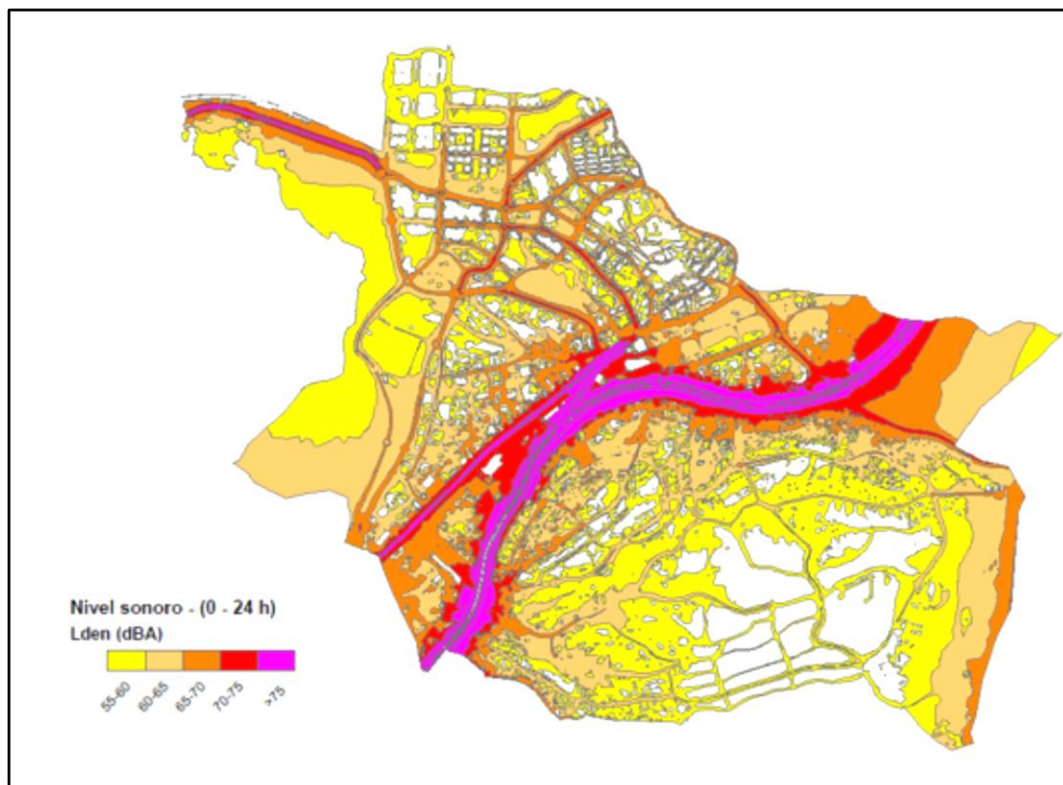


Figura 12 Nivel sonoro - periodo Lden

En el distrito centro, el ruido se concentra principalmente de las calles y avenidas que distribuyen el tráfico de la ciudad tanto interno como de entrada/salida de la misma. Arterias como el Paseo de la Chopera, Avenida de España ó el Bulevar Salvador Allende atesoran gran parte del tráfico interno del municipio siendo los edificios más próximos a estas vías los principales afectados por ruido en los periodos día y tarde.

Con un aumento considerable de la población en los últimos años, el distrito norte es la zona de Alcobendas donde más población se concentra. Las avenidas Manuel de Falla, Paseo de la Chopera y Valdelaparra son las arterias principales sobre las que se accede a la zona norte de Alcobendas registrando un importante aumento de tráfico en los últimos 5 años, y en las que se presentan los niveles sonoros más elevados de este distrito.

El distrito urbanizaciones se concentra en los alrededores de la Carretera de Burgos A-1. Los edificios residenciales más cercanos a este eje son los más afectados por el tráfico rodado derivado de esta vía y los que presenta una mayor población de persona expuestas con niveles superiores a 55 dBA en el periodo nocturno.

En el distrito empresarial, también predomina el ruido de tráfico rodado sobre otras fuentes. Los mayores niveles de ruido se producen en el periodo día, intervalo donde se concentra la actividad de la mayor parte de las empresas y fábricas, y predominando los horarios de entrada/salida de estas como los momentos del día con una mayor intensidad de tráfico.

Cabe hacer mención especial del ruido originado por los grandes ejes viarios, como son A-1, M-40, M-616, M-603. Sin duda la carretera que provoca una mayor aportación de ruido ambiental y a su vez una mayor población expuesta al ruido es la autovía de la carretera a Burgos “A-1”. El abundante tráfico diario durante prácticamente las 24 horas provoca que este sea el mayor emisor de ruido dentro del Municipio de Alcobendas, teniendo, además una afección sobre el Distrito Urbanizaciones.

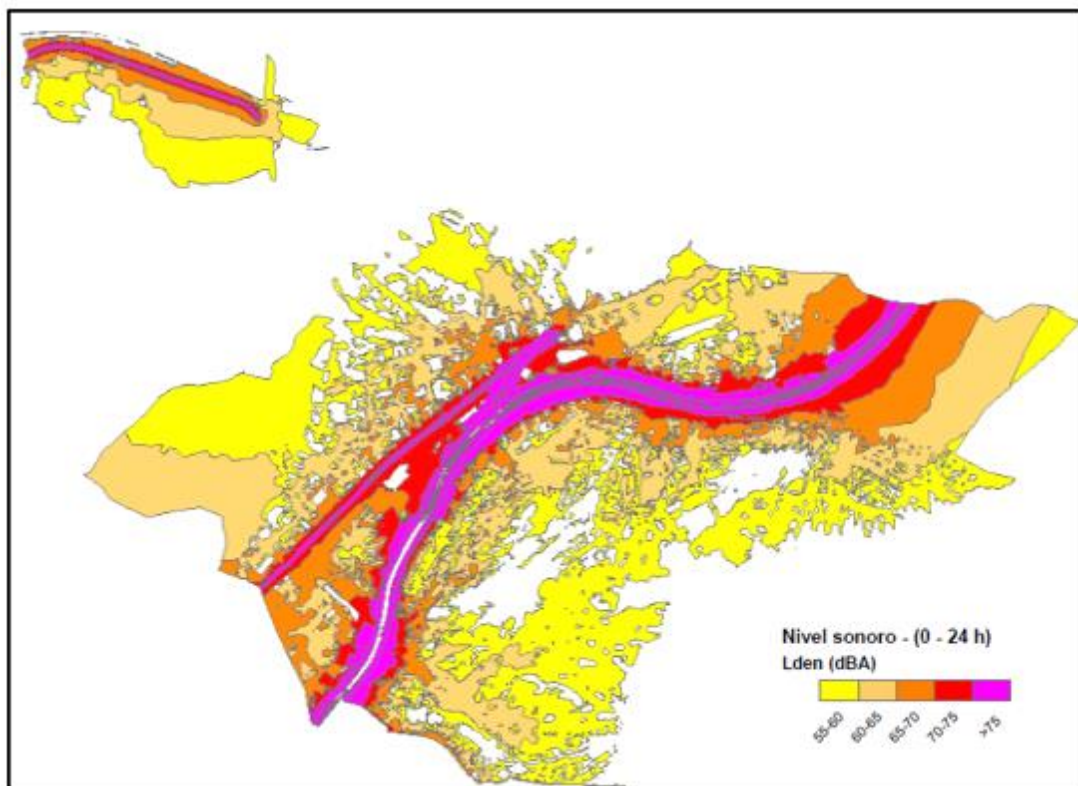


Figura 13 Nivel sonoro grandes ejes - período Lden



## POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO

En este apartado se presenta la información correspondiente al número de personas que está expuesta al ruido en la ciudad. A partir del análisis de los niveles sonoros en las fachadas de los edificios, y de los datos referentes al número de residentes en cada edificio, se ha calculado el número de personas expuestas al ruido, para los diferentes indicadores y rangos que requiere la normativa. Atendiendo a este indicador, también se puede concluir que el tráfico viario es el principal foco de ruido que afecta a la población.

En primer lugar debe destacarse que el número de personas expuesta al ruido, según figura en las tablas, es bastante bajo, ya que, solamente el 5% de la población que se incluye en el ámbito de estudio (115.896 habitantes) está expuesta en sus viviendas a niveles superiores a los 55 dBA durante el período nocturno (Ln), y solamente un 1% de estas personas residen en viviendas expuestas a niveles superiores a los 60 dBA, para ese mismo período.

En lo que se refiere a los períodos de mañana (Ld) y tarde (Le), únicamente el 1% de los habitantes incluidos en el ámbito de estudio residen en viviendas expuestas a niveles superiores a 65 dBA.

Si entramos más en detalle, observamos que en el período diurno los grandes ejes tienen un gran peso, siendo responsables del mayor porcentaje de población expuesta a niveles superiores a 55 dBA. Sin embargo, en los períodos de mañana y tarde, son el resto de carreteras y el viario interior los que determinan el mayor porcentaje de población expuesta al ruido.

Tabla 1. Población expuesta al ruido de tráfico rodado

Ld (dBA)	Día (07 – 19 H)		Le (dBA)	Tarde (19 – 23 H)		Ln (dBA)	Noche (23 – 07 H)	
	Población expuesta x100 hab.	%		Población expuesta x100 hab.	%		Población expuesta x100 hab.	%
< 55	706	61%	< 55	783	68%	<50	909	78%
55 – 60	303	26%	55 – 60	274	24%	50-55	195	17%
60 – 65	134	12%	60 – 65	93	8%	55-60	44	4%
65 – 70	15	1%	65 – 70	9	1%	60-65	9	1%
70 – 75	1	0%	70 – 75	1	0%	65-70	2	0%
> 75	0	0%	> 75	0	0%	>70	0	0%

Completo (0 - 24 h)		
Lden (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%
< 55	619	53%
55 – 60	310	27%
60 – 65	192	17%
65 – 70	33	3%
70 – 75	5	0%
> 75	1	0%

Tabla 2. Población expuesta al ruido de tráfico ferroviario

Ld (dBA)	Día (07 – 19 H)		Le (dBA)	Tarde (19 – 23 H)		Ln (dBA)	Noche (23 – 07 H)	
	Población expuesta x100 hab.	%		Población expuesta x100 hab.	%		Población expuesta x100 hab.	%
< 55	1160	100	< 55	1160	100	<50	1160	100
55 – 60	0	0	55 – 60	0	0	50-55	0	0
60 – 65	0	0	60 – 65	0	0	55-60	0	0
65 – 70	0	0	65 – 70	0	0	60-65	0	0
70 – 75	0	0	70 – 75	0	0	65-70	0	0
> 75	0	0	> 75	0	0	>70	0	0

Completo (0 – 24 H)		
Lden (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab	%
< 55	1160	100
55 – 60	0	0
60 – 65	0	0
65 – 70	0	0
70 – 75	0	0
> 75	0	0

Tabla 3. Población expuesta al ruido de grandes ejes viarios

Ld (dBA)	Día (07 – 19 H)		Tarde (19 – 23 H)		Noche (23 – 07 H)			
	Población expuesta		Le (dBA)	Población expuesta		Ln (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%		x100 hab.	%		x100 hab.	%
< 55	1085	94%	< 55	1078	93%	<50	1047	90%
55 – 60	54	5%	55 – 60	60	5%	50-55	72	6%
60 – 65	14	1%	60 – 65	15	1%	55-60	30	3%
65 – 70	5	0%	65 – 70	6	0%	60-65	9	1%
70 – 75	1	0%	70 – 75	1	0%	65-70	1	0%
> 75	0	0%	> 75	0	0%	>70	0	0%

Completo (0 – 24 H)		
Lden (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%
< 55	1004	87%
55 – 60	87	8%
60 – 65	51	4%
65 – 70	12	1%
70 – 75	5	0%
> 75	0	0%

Tabla 4. Población expuesta al ruido total

Ld (dBA)	Día (07 – 19 H)		Tarde (19 – 23 H)		Noche (23 – 07 H)			
	Población expuesta		Le (dBA)	Población expuesta		Ln (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%		x100 hab.	%		x100 hab.	%
< 55	706	61%	< 55	783	68%	<50	909	78%
55 – 60	303	26%	55 – 60	274	24%	50-55	195	17%
60 – 65	134	12%	60 – 65	93	8%	55-60	44	4%
65 – 70	15	1%	65 – 70	9	1%	60-65	9	1%
70 – 75	1	0%	70 – 75	1	0%	65-70	2	0%
> 75	0	0%	> 75	0	0%	>70	0	0%

Completo (0 – 24 H)		
Lden (dBA)	Población expuesta	
	x100 hab.	%
< 55	619	53%
55 – 60	310	27%
60 – 65	192	17%
65 – 70	33	3%
70 – 75	5	0%
> 75	1	0%

## CONCLUSIONES

A continuación se analizan de forma conjunta y resumida los resultados de las simulaciones llevadas a cabo para la aglomeración de Alcobendas. A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir que el tráfico rodado es la única fuente de ruido importante en todo el municipio. El ruido industrial y ferroviario tiene un papel irrelevante en los niveles sonoros medios anuales en la población afectada.

La población total afectada, calculada mediante el método CNOSSOS-EU, con niveles acústicos por encima de los objetivos de calidad acústica que se establecen en el RD13676/2007 atendiendo al periodo día-tarde (>65 dBA) y noche (>55 dBA), separada por diferentes fuentes de ruido se presenta en la tabla siguiente:

POBLACIÓN EXPUESTA (%)					
	VIARIO	FERROVIARIO	INDUSTRIAL	GRANDES EJES	TOTAL
DÍA	1%	0%	0%	0%	1%
TARDE	1%	0%	0%	0%	1%
NOCHE	5%	0%	0%	4%	5%

Los principales comentarios y conclusiones son los que siguen:

- La población expuesta al ruido en Alcobendas por encima de los niveles objetivos de calidad acústica en Alcobendas es escasa.
- El 1% de la población expuesta al ruido en los periodos día-tarde es debido exclusivamente al tráfico viario de la ciudad, sin prácticamente ningún tipo de aportación de los grandes ejes viarios.
- Sin embargo, en el periodo nocturno, periodo más desfavorable en cuanto a personas expuesta a niveles de ruido por encima de los objetivos de calidad, la fuente de ruido predominante son los grandes ejes y concretamente la carretera A-1, lo que provoca que un 4% de la población que reside mayoritariamente cercana a esta vía quede expuesta a niveles por encima de los 55 dBA.
- El porcentaje de población expuesta al ruido obtenido en el MER de 2011, por encima de los objetivos de calidad acústica que determina el RD1367/2007, era de un 15% tanto para los periodos día-tarde como para el periodo noche, muy lejos del 1% y 5% obtenidos respectivamente en el estudio actual, lo que ha motivado un análisis exhaustivo de las causas:
  - a) Alcobendas es una de las primeras ciudades españolas en implementar el nuevo método de cálculo armonizado para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido, CNOSSOS-EU, que quedó definido oficialmente en la DIRECTIVA (UE) 2015/996 DE LA COMISIÓN de 19 de mayo de 2015 por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
  - b) El MER de 2011 fue elaborado aplicando los métodos provisionales que la UE recomendaba aplicar en aquel momento, durante la elaboración del método armonizado.
  - c) El Equipo Técnico responsable de la elaboración de este mapa ha podido comprobar que existen importantes diferencias entre los métodos de cálculo, que en el caso de Alcobendas origina una importante reducción de los niveles sonoros calculados, así como del número de personas expuestas al ruido.