

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE
TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



Proyecto Fin de Carrera

Estudio Primera Fase del Mapa de Ruido de Cartagena



AUTOR: Carlos Alberto Martínez Moreno
DIRECTOR: Francesc Burrull i Mestres
Febrero / 2015



Autor	Carlos Alberto Martínez Moreno
E-mail del Autor	carlos@dreamtech5.com
Director (es)	Francesc Burrull i Mestres
E-mail del Director	Francesc.Burrull@upct.es
Codirector (es)	
Título del PFC	Estudio Primera Fase del Mapa de Ruido de Cartagena
Descriptores	
Resumen	<p>El proyecto de la Primera Fase del Mapa de Ruido de Cartagena, está contemplado como el primer estudio de tráfico rodado del municipio en la zona delimitada de Aglomeración, que conjunto con los diversos estudios y fases realizadas posteriormente, darán como resultado el mapa de ruido del Municipio global, así como los porcentajes de población afectada. En esta primera Fase nos hemos centrado en el estudio del ruido producido por el tráfico rodado en la zona delimitada.</p>
Titulación	Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, Especialidad Telemática
Intensificación	
Departamento	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Fecha de Presentación	Febrero 2015

Índice General

1.- Memoria Descriptiva

1.1.- Antecedentes

2.- Descripción de la aglomeración

2.1.- Término Municipal

2.2.- Área de Estudio

2.3.- Fuentes de Ruido

2.3.1.- Tráfico Rodado

3.- Autoridad Responsable

4.- Programas de lucha contra el Ruido ejecutados en el pasado y medidas vigentes.

4.1.- Gestión Municipal

4.2.- Movilidad

4.3.- Urbanismo y Edificación

4.4.- Actividades

4.4.1.- Estación Base

5.- Definiciones

6.- Metodología de la Delimitación de Zonas Acústicas

6.1.- Delimitación de Zonas Acústicas

6.2.- Objetivos de Calidad

6.3.- Criterios para determinar los principales usos asociados a las Áreas Acústicas

6.4.- Zonas de Servidumbre Acústica

7.- Métodos de medición y Cálculo Empleados

7.1.- Material

7.2.- Zonas de Riesgo

7.3.- Métodos de Medición

7.3.1.- Medidas de Corta Duración

7.3.1.1.- Muestreo y Codificación: Medidas de Corta Duración

7.3.2.- Medidas de Larga Duración

7.3.2.1.- Muestreo y Codificación: Medidas de Larga Duración

7.4.- Métodos de Cálculo

7.5.- Elaboración de Modelos Predictivos

8.- Resultados obtenidos

9.- Conclusio

1.- Memoria Descriptiva

Existen dos formas básicas de abordar la elaboración de un mapa de ruido:

1. **Por muestreo.** A través de la técnica acústimétrica de digitalización espacial mediante el uso de sonómetros. Es la técnica que se ha venido utilizando habitualmente a la hora de estudiar la contaminación por ruidos de grandes áreas o núcleos urbanos. La metodología se basa en una campaña de mediciones directas del ruido de no menos de un año de duración en retículas de determinados tamaños mediante un procedimiento de plata

2. **Por simulación.** Actualmente, se utilizan técnicas de simulación basadas en el cálculo, que acortan la duración del proceso de obtención de datos y abaratan su coste, además de introducir como ventaja fundamental la posibilidad de valorar qué parte del sonido captado procede directamente de la fuente y qué parte procede de las diferentes reflexiones acústicas del entorno. Estas nuevas técnicas de simulación son posibles gracias al aumento de la capacidad de los sistemas computacionales, a la comprensión y normalización internacional de las diferentes formas que una fuente puede generar un sonido, al entendimiento de los efectos de la propagación del sonido por los diferentes medios y materiales, y a la estandarización de los modelos de cálculo. A través del uso de estos simuladores, podemos llegar a predecir los niveles de ruido que se dan en un cualquier escenario acústico imaginable presente o futuro.

La aplicación de metodologías de cálculo permite diferenciar las fuentes de ruido y conocer en qué medida cada una de ellas contribuye al nivel sonoro en cada zona de un núcleo urbano. De esta forma es posible comparar la relevancia de cada fuente en la contaminación acústica de la ciudad e identificar las variables sobre las que se puede actuar para reducir el impacto de cada una de ellas.

El ruido ambiental está considerado un agente contaminante de primer orden. Las primeras estrategias de lucha contra el ruido de la Comisión Europea estuvieron basadas en la limitación de las emisiones acústicas de distintas fuentes de ruido, a través de Directivas Comunitarias que establecen niveles máximos de emisión para vehículos, motocicletas, aeronaves, maquinaria de uso al aire libre o aparatos domésticos. Sin embargo, esta estrategia se ha mostrado claramente insuficiente, habida cuenta de que el ruido al que se encuentra expuesta diariamente la población tiene su origen en fuentes diversas. Por esta razón, se ha realizado un nuevo enfoque de la estrategia comunitaria de lucha contra el ruido que ahora tiene como objetivos la prevención, reducción y eliminación de los efectos nocivos de la exposición al ruido ambiental, incluyendo las molestias generadas por éste.

Con este fin, se aprobó la Directiva Europea 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental, la cual ha sido transpuesta a nuestro derecho interno a través de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, y los Reales Decretos 1513/2005, de 16 de diciembre, y 1367/2007, de 19 de octubre, que la desarrollan.

1.1.- Antecedentes

Esta normativa establece la obligación de elaborar, según criterios de evaluación comunes a todos los Estados miembros, mapas de ruido de aquellas aglomeraciones urbanas de más de 250.000 habitantes, en una primera fase (2.007) y de las de más de 100.000 habitantes en una segunda fase (2.012), así como de los grandes ejes viarios, ferroviarios y grandes aeropuertos. Su finalidad es conocer la exposición de la población a los diferentes niveles de ruido con criterios europeos unificados, así como establecer las líneas necesarias para desarrollar Planes de Acción que permitan la mejora acústica en aquellas zonas en las que se superen los niveles fijados por la normativa.

El municipio de Cartagena se encuentra incluido dentro del grupo de aglomeraciones de más de 100.000 habitantes, por lo que debe elaborar y aprobar el Mapa Estratégico de Ruidos de la aglomeración urbana en la segunda fase de aplicación de la Directiva (2.012).

El presente documento recoge una síntesis de los trabajos que se han realizado para la confección del Mapa Estratégico de Ruidos de la Aglomeración Urbana de Cartagena, en base a lo establecido en la Ley 37/2003 de Ruido (artículo 14.1) y en el Real Decreto 1513/2005 que desarrolla la Ley del Ruido en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental y la información que debe comunicarse al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (artículos. 8, 9 y 10, así como Anexo VI).

El presente estudio se centra exclusivamente en la aglomeración de la ciudad de Cartagena, habiéndose excluido otros núcleos de población del municipio en los que no se cumplen los criterios de proximidad y/o densidad de población que se establecen en la normativa de referencia para poder considerarlos como parte integrante de la aglomeración urbana principal.

Por otro lado, el marco normativo de referencia establece que los mapas de ruido se centrarán en los siguientes focos emisores:

- o El tráfico rodado.
- o El tráfico ferroviario.
- o Los aeropuertos.
- o La actividad industrial.

Así pues, en la elaboración de La Primera Fase del Mapa Estratégico de Ruido de Cartagena no se han contemplado otros emisores acústicos presentes en la ciudad, como son las actividades de ocio, el ruido de vecindad, el ruido generado por maquinas y aparatos, etc.

En este primer estudio nos hemos centrado principalmente en el Trafico rodado, dejando los otros emisores para el estudio global del Mapa de Ruido.

2.- Descripción de la Aglomeración

2.1.- Término municipal

El municipio de Cartagena se encuentra situado en el sureste de la Península Ibérica, en el extremo suroriental de la Región de Murcia. Ocupa una superficie de 558,08 Km² y, a fecha de 1 de enero de 2.012, posee una población de 217.998 habitantes.

El municipio de Cartagena se encuentra limitado por el norte por los municipios de Torre Pacheco, Murcia, San Javier y Los Alcázares; por el oeste, por los municipios de Fuente Álamo y Mazarrón; por el sur, por el municipio de La Unión y el Mar Mediterráneo; y por el este, por el Mar Menor.

El núcleo principal de población se encuentra localizado en la zona central del término municipal, está constituido por la ciudad y un conjunto de barrios periféricos que se encuentran en contacto con aquella y concentra una población aproximada de 122.796 habitantes (el 56% del total de la población del término municipal). El resto de habitantes del municipio se reparten entre diferentes núcleos de población de pequeño y mediano tamaño distribuidos por el término municipal.

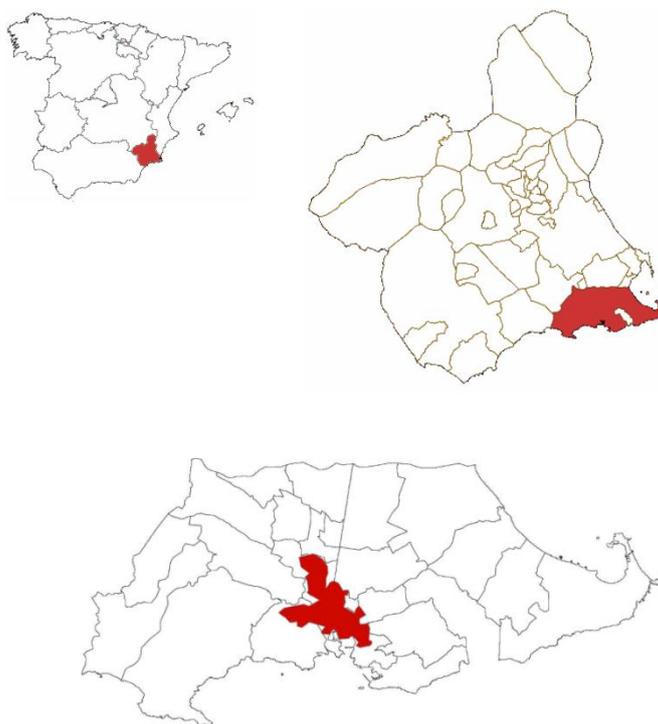


Figura 1. Localización Geográfica Región de Murcia / Término Municipal / Aglomeración

2.2.- Área de Estudio

El área de estudio se corresponde con la aglomeración urbana principal del municipio de Cartagena. El artículo 3 del R.D. 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental define las aglomeraciones como “la porción de un territorio, con más de 100.000 habitantes, delimitada por la administración competente, aplicando los criterios básicos del Anexo VII, que es considerada zona urbanizada por dicha administración”.

El Anexo VII “Criterios para la delimitación de una aglomeración” del Real Decreto 1513/2005, establece los criterios a considerar para la delimitación de la aglomeración.

El punto 1 “Determinación de la aglomeración” de dicho anexo establece que la entidad territorial básica sobre la que se definirá una aglomeración será el municipio. No obstante, el ámbito territorial de la aglomeración podrá ser inferior al del municipio, por aplicación de los criterios que se describen en el apartado d) del anexo, el cual establece que para determinar los sectores del territorio que constituyen una aglomeración se aplicarán, al menos, los criterios de densidad de población y proximidad siguientes:

- Se considerarán todos aquellos sectores del territorio cuya densidad de población sea igual o superior a 3.000 personas por Km².
- Para la estimación de la densidad de población se utilizará preferentemente los datos de población y extensión territorial de las correspondientes secciones censales.
- Si existen dos o más sectores del territorio en los que, además de verificarse la condición del punto anterior, se verifica que la distancia horizontal entre sus dos puntos más próximos sea igual o inferior a 500 metros.
- Si la suma de los habitantes comprendidos en los sectores del territorio que cumplen con los requisitos de los puntos anteriores es mayor de 100.000, estos sectores del territorio constituyen una aglomeración.

El punto 2 “Delimitación del ámbito territorial de la aglomeración” establece que el ámbito territorial de la aglomeración se delimitará trazando la línea poligonal cerrada que comprende a todos los sectores del territorio que conforman la aglomeración en función de su densidad de población.

El Ayuntamiento de Cartagena, atendiendo a los criterios de densidad de población y proximidad que establece el Anexo VII del R.D. 1513/2005, ha realizado la delimitación geográfica de la aglomeración urbana principal que constituirá el ámbito geográfico del presente estudio.

De este modo, la aglomeración urbana de Cartagena ha quedado definida por una línea que encierra un polígono de forma irregular.

El estudio de la FASE I, del mapa de ruido de la ciudad de Cartagena comprende la zona marcada del mapa del municipio como se detalla en la imagen:



Figura 2. Ámbito de estudio – Delimitación de la Aglomeración FASE I

El estudio de población se ha realizado integrando el polígono que define la aglomeración urbana principal, los polígonos correspondientes a las distintas secciones censales existentes en su interior y la población asociada a cada uno de ellos, utilizando la información obtenida del portal www.cartociudad.es del Ministerio de Fomento y los datos de población proporcionados por el Servicio Municipal de Estadística.

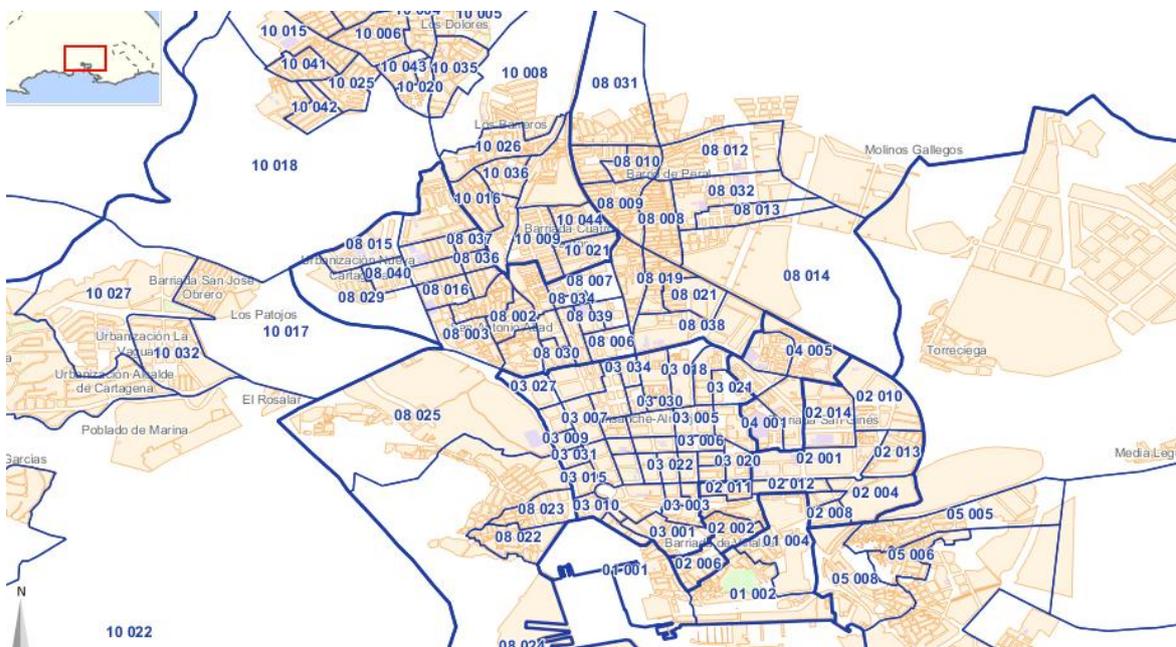


Figura 3. Ámbito de estudio – Distribución de Área Censal

2.3.- Fuentes de Ruido

Según establece el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, el objetivo final del Mapa Estratégico de Ruidos de la Aglomeración Urbana de Cartagena es ofrecer una información de carácter público en el que se cuantifique el número de personas expuestas a ruido, diferenciando el generado por el tráfico rodado, el tráfico ferroviario, el tráfico aéreo y las fuentes industriales. Así pues, estos cuatro focos de ruido son los que han sido comprendidos en este estudio.

2.3.1.- Tráfico Rodado

El tráfico rodado constituye la fuente de ruido más importante y extendida en el municipio de Cartagena y la que mayores molestias genera en la población. Los estudios de movilidad y tráfico realizados por el Ayuntamiento de Cartagena revelan una tendencia creciente, durante los últimos diez años, en cuanto a los desplazamientos realizados por los ciudadanos con vehículos privados, en el número de matriculaciones, en los índices de motoriza-

ción municipal y en la intensidad media de tráfico en las carreteras y viales del municipio (Sistema de Indicadores de Sostenibilidad en el Municipio de Cartagena, ICSA).

Desde 2.010 a esta parte, el ritmo de crecimiento del tráfico rodado en el municipio ha experimentado una notable desaceleración y una tendencia a la estabilización, aunque simultáneamente se está produciendo un envejecimiento del parque automovilístico que también tiene una incidencia directa en el incremento de los niveles de ruido asociados al tráfico rodado.

El crecimiento experimentado por el tráfico rodado en el municipio durante dicho periodo ha llevado emparejado un incremento en los niveles de ruido ambiente asociados al mismo, aunque actuaciones como la peatonalización del casco histórico, las medidas de pacificación del tráfico llevadas a cabo en algunas calles y plazas y la construcción de nuevas infraestructuras viarias han llevado emparejadas una sustancial reducción de los niveles de ruido en determinadas zonas.

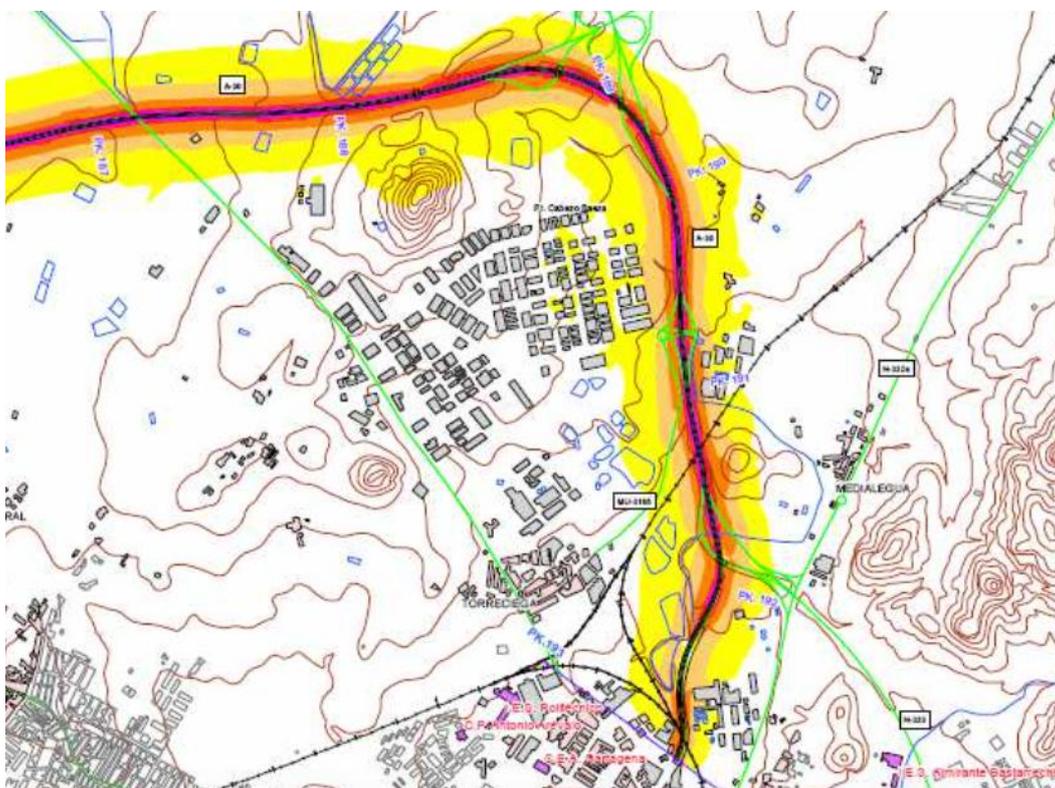


Figura 4. Mapa Isófonas – Ld - Gran Eje – A30 – Elaborado por el Ministerio de Fomento

La aglomeración urbana de Cartagena posee una extensa red viaria en la que destacan un conjunto de viales de primer orden que son los que soportan una mayor intensidad de tráfico y que se encuentran conexonados entre sí formando varios polígonos yuxtapuestos. Estos viales se corresponden con las grandes avenidas (Paseo Alfonso XIII, Alameda San Antón, Jorge Juan, Capitanes Ripoll, Ronda Ciudad de La Unión, Paseo Alfonso XII, Real,

2-. Descripción de la Aglomeración

Cuesta del Batel, Reina Victoria, Ángel Bruna, etc.), los accesos a la ciudad (A-30, Ciudad de Oran, Sebastián Feringan, Víctor Beltrí, Avenida San Juan Bosco, Cabo de Aguas, Carretera N-332, etc.), las vías que conectan entre si los distintos barrios existentes dentro de la aglomeración urbana (Avenida Juan Carlos I, Avenida de Colón, Juan Fernández, Submarino, Vereda de San Félix, Floridablanca, Peroniño, etc.) y la Ronda Transversal que atraviesa la aglomeración urbana.

Dentro de los polígonos que conforman los viales de primer orden aparece una densa red de viales de menor entidad, jerarquizados y conectados con los anteriores, que son los encargados de repartir el tráfico rodado en el interior de cada barrio de la ciudad y que soportan una intensidad de tráfico menor que los primeros.

La red viaria de la aglomeración urbana presenta una morfología mixta, alternándose en ella zonas que posee una distribución regular de viales (Ensanche, Urbanización Nueva Santa Ana, Cuatro Santos, etc.) con otras en las que el trazado viario es enormemente irregular (Casco Histórico, San Antón, Santa Lucía, etc.).

La red viaria del Casco Histórico de Cartagena, situado junto al puerto, en el extremo sur de la aglomeración urbana, ha sufrido una profunda remodelación durante el periodo 2.005-2.010, encontrándose actualmente peatonalizada casi en su totalidad.

Dentro del ámbito del presente estudio, únicamente la A-30 (Autovía Murcia-Cartagena) y la RM- F36 (enlace de la A30 con Glorieta Los Barreros) responden a la definición de gran eje viario, según lo que se establece en el artículo 3 de la Ley 37/2.003, de 17 de noviembre, del Ruido.

Estas vías, dependientes respectivamente del Ministerio de Fomento y de la Dirección General de Carreteras de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, disponen de sus correspondientes Mapas Estratégico de Ruidos aprobados.

En el caso de la A-30, los mapas de esta infraestructura han sido considerados en la elaboración del Mapa Estratégico de Ruidos de la Aglomeración Urbana de Cartagena, ya que un pequeño tramo de la misma se encuentra dentro de la aglomeración. Debido a ello, se elaboraron los correspondientes mapas de ruido a fin de valorar la población afectada. Cabe destacar en este punto que se comprobó como existía una correspondencia prácticamente total entre los mapas arrojados por ambas entidades en la zona de la ciudad que pudiera verse afectada por esta vía.

En el caso de la F-36, esta vía termina en el límite norte de la aglomeración, sin que exista tramo alguno que se introduzca en el interior del ámbito de estudio por lo que no se ha realizado el estudio acústico de la misma.

3.- Autoridad Responsable

El Mapa Estratégico de Ruidos de la Aglomeración Urbana de Cartagena ha sido elaborado por el Ayuntamiento de Cartagena, de acuerdo con lo que establece el artículo 4 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre del Ruido.

El ámbito territorial de la aglomeración urbana principal corresponde íntegramente al término municipal de Cartagena, no existiendo ninguna zona dentro del área de estudio que supere el ámbito geográfico de éste.

Así pues, el Ayuntamiento de Cartagena es el responsable de la elaboración del Mapa Estratégico de Ruidos de la Aglomeración Urbana de Cartagena, de su aprobación y de su presentación ante las administraciones competentes (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y Comisión Europea).

El proceso de aprobación del Mapa Estratégico de Ruidos comprenderá su aprobación por parte de la Junta de Gobierno Local del Ayuntamiento de Cartagena, un periodo de exposición pública durante un periodo de un mes que se dará a conocer a través de un anuncio en el Boletín Oficial de la Región de Murcia y la aprobación final del documento elaborado.

El servicio municipal que se encargará de coordinar las tareas de elaboración del Mapa Estratégico de Ruidos es la Concejalía de Medio Ambiente, que es la que ostenta las competencias municipales en materia de protección y conservación del medio ambiente.

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido también otorga estas otras responsabilidades al Ayuntamiento de Cartagena:

- Poner a disposición de los ciudadanos toda la información relativa al Mapa Estratégico de Ruidos de la Aglomeración Urbana de Cartagena y los niveles de ruido a los que están expuestos.
- Elaborar los Planes de Acción necesarios para minimizar los niveles de ruido en la aglomeración urbana, con especial atención a aquellas zonas de conflicto en las que los niveles de ruido existentes superen los objetivos de calidad acústica establecidos en función de los usos del suelo predominantes.

4.- Programas de lucha contra el Ruido ejecutados en el pasado y medidas vigentes

La lucha contra la contaminación acústica ha constituido, durante los últimos años, uno de los pilares básicos de la política municipal de protección del medio ambiente del Ayuntamiento de Cartagena.

En los últimos veinte años, se han desarrollado numerosas actuaciones que han contribuido a mejorar el conocimiento y el control de la contaminación acústica en el municipio, a corregir determinadas situaciones de conflicto existentes y a prevenir la aparición de nuevos problemas asociados al ruido ambiental. Entre las actuaciones desarrolladas en los diferentes ámbitos, cabe destacar las siguientes:

4.1.- Gestión Municipal

a) Aprobación de la Ordenanza Municipal de Protección del Medio Ambiente frente a los Ruidos y Vibraciones (2.003).

b) Elaboración de un estudio de diagnóstico de la situación acústica del municipio de Cartagena, enmarcado en el proceso de implantación de la Agenda Local 21. Dicho estudio llevó asociada la elaboración de una cartografía del ruido en todos los núcleos de población del municipio, tanto en horario diurno como nocturno, y la identificación de los principales puntos negros existentes (2.005-2.006).

c) Incremento de la dotación de medios instrumentales, tanto por parte de los servicios técnicos municipales de medio ambiente como por parte de policía local. Actualmente, el Ayuntamiento de Cartagena dispone de un total de tres sonómetros, un calibrador, un equipo para producción de ruido rosa, una maleta para medición en intemperie, un medidor de revoluciones para motocicletas y diversos software asociados a la gestión y control del ruido. Asimismo, se han adquirido varios aforadores automáticos para el conteo de vehículos en las vías circulatorias que constituyen la trama urbana.

d) Mejora de la formación en materia de contaminación acústica de los técnicos municipales y policías locales, mediante la participación de los mismos en diversas actividades formativas organizadas por otras administraciones e instituciones (Escuela de Administración Local, Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos, Ministerio de Medio Ambiente, etc.) y por empresas especializadas del sector (Brüel & Kjaer, Cesva, etc.)

e) Desarrollo de programas de educación, información y sensibilización en materia de contaminación acústica. En este sentido, se han realizado talleres en centros educativos, campañas a través de los medios de comunicación, se han elaborado materiales divulgativos y se han organizado charlas dirigidas a determinados grupos o colectivos. Asimismo, se ha incluido información relativa a este tema en la web municipal.

f) Puesta en marcha de varios instrumentos de participación ciudadana, como son una mesa de trabajo en la que están representados los principales actores locales vinculados con el tema de la contaminación acústica, y la realización de varias consultas ciudadanas en relación al ruido, la movilidad y otros aspectos medioambientales.

4.2.- Movilidad

a) Desvío de la línea de ferrocarril Cartagena-Chinchilla con el objeto de eliminar el tramo de la misma que atravesaba el Barrio Peral (1.998), el cual constituía el principal foco de ruido asociado al tráfico ferroviario en el municipio. El nuevo trazado circunvala dicho barrio y discurre parcialmente en trinchera, con lo que se reduce sustancialmente el impacto acústico asociado al paso de trenes. El espacio que ocupaba el antiguo trazado se ha transformado en una vía verde de uso exclusivo peatonal y ciclista (2.011).

b) Peatonalización del casco histórico de la ciudad de Cartagena (2.003-2.011) que era una de las zonas del municipio expuesta a unos mayores niveles de ruido como consecuencia del intenso tráfico rodado que soportaba y las singulares características urbanísticas y arquitectónicas de esta zona. Esta zona comprende tanto vías exclusivamente peatonales como calles de uso compartido para peatones, bicicletas y ciclistas.

c) Pacificación del tráfico en diversas calles y plazas de la ciudad (Calle Luis Calandre, Calle Real, Calle del Aire, etc.), utilizando distintas estrategias para conseguir la reducción de velocidad de circulación de los vehículos (señalización vertical, pavimentos diferenciados, modificación del trazado, instalación de mobiliario urbano y jardinería, resaltes, etc.).

d) Mejora de la red viaria de la ciudad de Cartagena. Entre las actuaciones llevadas a cabo, destacan la construcción de los nuevos accesos a la ciudad y la ronda transversal; la sustitución de semáforos por rotondas para imprimir mayor agilidad a la circulación rodada; la reurbanización de la Calle Real, alejando el tráfico rodado de la fachada de los edificios y mejorando los accesos al Arsenal Militar; y la mejora de asfaltado de buena parte del viario urbano.

e) Puesta en marcha de varios aparcamientos disuasorios de vehículos en la zona perimetral del casco histórico de la ciudad, con el objeto de disminuir la circulación de vehículos por el interior de dicha zona. Los aparcamientos se encuentran situados en el Paseo de Alfonso XII, Plaza del Rey, Plaza del Par, Plaza de España y Plaza de la Lonja. Actualmente, se encuentra en construcción otro aparcamiento en Avenida de América.

f) Promoción de la movilidad ciclista en la ciudad con el objeto de reducir los desplazamientos urbanos en vehículos privados, como son la puesta en marcha de un servicio de préstamo de bicicletas, la construcción de varios carriles-bici, la instalación de aparcamientos para bicicletas, la incorporación de la bicicleta a la flota municipal de vehículos y la organización de diversas campañas de información y sensibilización dirigidas a los ciudadanos.

g) Elaboración de diversos estudios de movilidad sostenible, tanto de la ciudad como de los grandes centros de actividad, con el objeto de tratar de corregir los déficits asociados al actual modelo de movilidad (Plan de Movilidad Sostenible del Polígono Industrial Cabezo Beaza, 2.007; Estudio de Movilidad del Casco Urbano de Cartagena, 2.005; y Estrategia Local para la Movilidad Sostenible de Cartagena, 2.009). Además, el Ayuntamiento de Cartagena ha participado en la elaboración de los planes de movilidad promovidos por las empresas del Valle de Escombreras y Navantia.

h) Elaboración de un estudio sobre vibraciones en la edificación producidas por el tráfico rodado (Laboratorios Cavendish, 2.010).

4.- Programas de lucha contra el ruido

- i) Mejora de la red de transporte público en el municipio (modernización de la flota, ampliación de rutas, incremento de la frecuencia, mejora de la información a los usuarios, instalación de sistemas de apertura automática de apertura de semáforos, etc.).
- j) Puesta en marcha de servicios destinados a la promoción de sistemas alternativos de movilidad sostenible, como son “Compartir coche” y “Compartir parking”, destinados respectivamente a fomentar el uso compartido de los vehículos privados y de las plazas de aparcamiento existentes en la ciudad.
- k) Organización de campañas periódicas de control del ruido de vehículos, mediante mediciones realizadas en la vía pública por la patrulla de medio ambiente de la policía local de Cartagena. Esta actuación se ha visto complementada con la organización de una campaña informativa sobre el ruido, en colaboración con la Asociación Regional de Venta y Reparación de Motocicletas y Ciclomotores de Murcia (AVREMOTO), a través de los talleres y tiendas de motos del municipio de Cartagena.
- l) Organización de varios cursos teórico-prácticos de conducción de turismos, a través de un centro de formación especializado (Autoescuela San Nicolás), con los que se pretende dar a conocer unas pautas generales para reducir los diferentes impactos ambientales asociados a la circulación de vehículos, incluido el ruido.

4.3.- Urbanismo y Edificación

- a) Traslado de actividades industriales implantadas en la ciudad a polígonos industriales. La creación de varias bolsas de suelo industrial en el exterior de la ciudad ha permitido trasladar a ellos numerosas actividades que eran importantes fuentes de ruido, tanto por los procesos propios de cada una de ellas como por la intensa circulación de vehículos pesados que generaban. Los polígonos industriales que han absorbido la mayor parte de estas industrias son los de Cabezo Beaza, Los Camachos, el Valle de Escombreras y La Palma.
- b) Control de las condiciones de aislamiento acústico en la edificación, de acuerdo con lo que establece el Documento Básico HR del Código Técnico de la Edificación, a través de las correspondientes licencias de obras.
- c) Elaboración y aprobación de la zonificación acústica del municipio, a la que se refiere el Real Decreto 1513/2005, dentro del proceso de revisión del Plan General de Ordenación Urbana de Cartagena (2.012).
- d) Control del ruido asociado a los instrumentos de desarrollo del planeamiento urbanístico (planes parciales, planes especiales, etc.), mediante estudios acústicos específicos
- e) Control de las medidas correctoras y preventivas de la contaminación acústica asociadas a los proyectos de obras de urbanización, a través de la licencia municipal, mediante estudios específicos en materia de movilidad y de ruido ambiental, de acuerdo con lo que establecen las normas urbanísticas del Texto Refundido del Plan General de Ordenación Urbana de Cartagena.

4.4.- Actividades

a) Control del ruido generado por actividades potencialmente ruidosas, a través del estudio acústico aportado junto con la documentación técnica requerida para la obtención de la licencia de actividad. Entre los contenidos de este estudio, se incluye el análisis de las molestias por el ruido generado por el tráfico inducido por estas actividades.

b) Instalación de limitadores-registradores acústicos en establecimientos de ocio con equipos de reproducción sonora, con el objeto de limitar la emisión acústica de dichos equipos a los niveles establecidos por la normativa. Entre los establecimientos controlados mediante estos equipos también se encuentran los instalados temporalmente en el recinto de las fiestas de los cartagineses y romanos. Actualmente, se está desarrollando un sistema de control telemático de los limitadores instalados en dichos establecimientos a través de internet.

c) Estudio sobre los niveles de ruido en la zona de ocio del Barrio Peral, para ser utilizado en la toma de decisiones respecto a la declaración de este espacio urbano como zona acústicamente saturada.

4.4.1.- Estación Base

En la primera fase del estudio del mapa de ruido se colocó una Estación Base para controlar el tráfico rodado en la circunvalación principal de la zona de estudio y poder predecir mediante cálculos de simulación a qué condiciones de tráfico íbamos a enfrentarnos, la estación estaba formada por un sonómetro y dos aforadores a modo de calcular la densidad de tráfico.

La estación estaba controlada telemáticamente desde la central, conectada a la red principal de electricidad y totalmente autónoma estaba programada para enviar información periódicamente cada hora de los valores medios de ruido y de tráfico rodado.

Los datos recibidos de la estación a modo de base de datos en formato excel nos dieron los primeros datos del tráfico y niveles de ruido para poder ajustar el modo de realizar la partición de las diferentes zonas a medir.

Las zonificación acústica de una ciudad irá en función de aquellas superficies o ámbito territorial donde se pretenda que exista una calidad acústica homogénea.

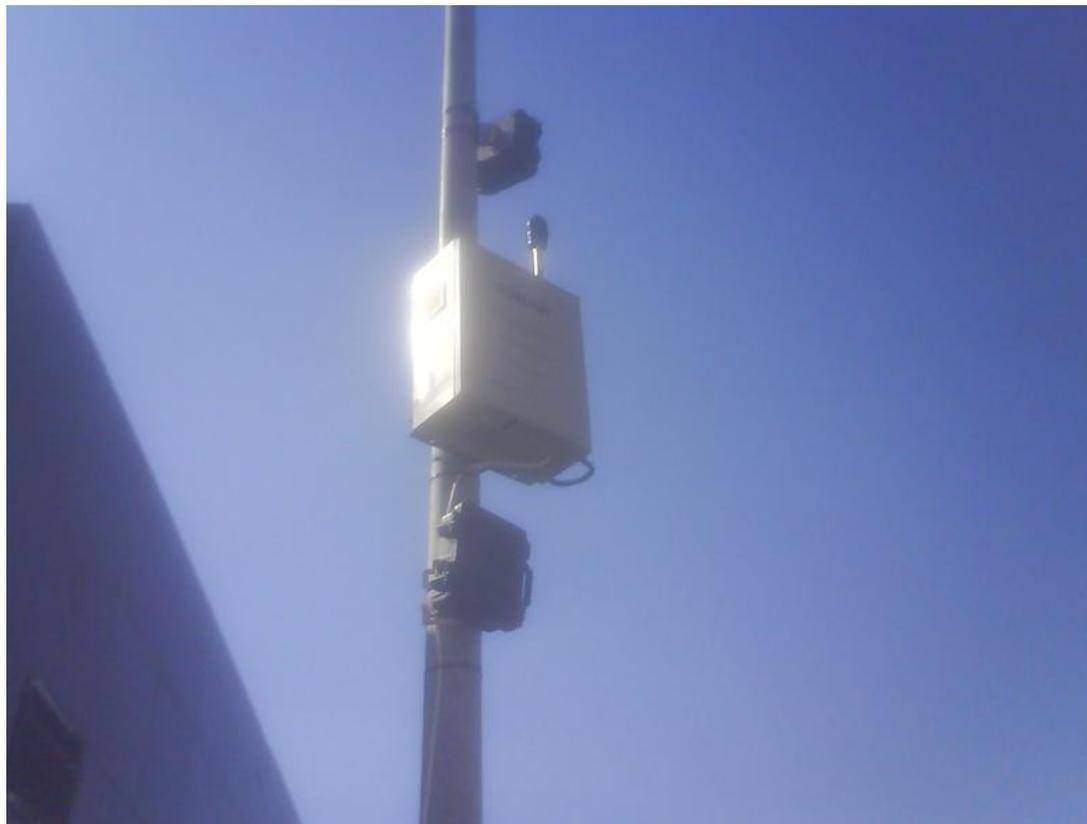


Figura 5. Estación Base

5.- Definiciones

Zonificación Acústica:

Las áreas acústicas se clasificarán, en atención al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas, las cuales habrán de prever, al menos, los siguientes:

- a) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- b) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- c) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.
- d) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en el párrafo anterior.
- e) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.
- f) Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.
- g) Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

Al proceder a la zonificación acústica de un territorio, en áreas acústicas, se deberá tener en cuenta la existencia en el mismo de zonas de servidumbre acústica y de reservas de sonido de origen natural establecidas de acuerdo con las previsiones de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, y del Real Decreto 1367/2007.

La delimitación territorial de las áreas acústicas y su clasificación se basará en los usos actuales o previstos del suelo. Por tanto, la zonificación acústica de un término municipal únicamente afectará, excepto en lo referente a las áreas acústicas de los tipos f) y g), a las áreas urbanizadas y a los nuevos desarrollos urbanísticos.

Índices de ruido:

A la hora de realizar los cálculos para hallar los índices descritos en la normativa internacional, nacional y autonómica, se toman como intervalos Horarios los siguientes:

- Lday (día), Indicador de ruido diurno: de 07:00h. a 19:00 h.
- Levening (tarde), Indicador de ruido en periodo vespertino: de 19:00 h. a 23:00 h.
- Lnight (noche), Indicador de ruido en periodo nocturno: de 23:00 h. a 07:00 h.
- LAeqD (día-tarde), Indicador de ruido diurno: de 07:00h. a 23:00h
- LAeq24h, Indicador de ruido de día completo, 24 horas.
- Lden (día-tarde-noche), Indicador de ruido día-tarde-noche, ponderando cada intervalo

- teniendo en cuenta un aumento de + 5dB para Levening y + 10dB para Lnight.

Formulación utilizada para el cálculo de Lden:

$$L_{den} = 10 \log \left[\frac{\left(12 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} \right) + \left(4 \times 10^{\frac{Levening+5}{10}} \right) + \left(8 \times 10^{\frac{Lnight+10}{10}} \right)}{24} \right]$$

Figura 7. Fórmula Lden

Es de destacar, que para todos los indicadores anteriores, tanto niveles de predicción sonora como niveles sonoros medidos, el parámetro acústico utilizado es el Nivel Continuo Equivalente, Leq. Todos los niveles expresados son ponderados de acuerdo a la red de ponderación A, por tanto, se expresan en dBA.

Zonas de Servidumbre Acústica:

Se consideran servidumbres acústicas las destinadas a conseguir la compatibilidad del funcionamiento o desarrollo de las infraestructuras de transporte viario, ferroviario, aéreo y portuario, con los usos del suelo, actividades, instalaciones o edificaciones implantadas, o que puedan implantarse, en la zona de afección por el ruido originado en dichas infraestructuras.

Podrán quedar gravados por servidumbres acústicas los sectores del territorio afectados al funcionamiento o desarrollo de las infraestructuras de transporte viario, ferroviario, aéreo, y portuario, así como los sectores de territorio situados en el entorno de tales infraestructuras, existentes o proyectadas.

En los sectores del territorio gravados por servidumbres acústicas las inmisiones podrán superar los objetivos de calidad acústica aplicables a las correspondientes áreas acústicas. También se podrán establecer limitaciones para determinados usos del suelo, actividades, instalaciones o edificaciones, con la finalidad de, al menos, cumplir los valores límites de inmisión establecidos para aquéllos.

La delimitación de los sectores del territorio gravados por servidumbres acústicas y la determinación de las limitaciones aplicables en los mismos, estará orientada a compatibilizar, en lo posible, las actividades existentes o futuras en esos sectores del territorio con las propias de las infraestructuras, y tendrán en cuenta los objetivos de calidad acústica correspondientes a las zonas afectadas.

Área urbanizada:

Superficie del territorio que reúna los requisitos establecidos en la legislación urbanística aplicable para ser clasificada como suelo urbano o urbanizado y siempre que se encuentre ya integrada, de manera legal y efectiva, en la red de dotaciones y servicios propios de los núcleos de población. Se entenderá que así ocurre cuando las parcelas, estando o no edificadas, cuenten con las dotaciones y los servicios requeridos por la legislación urbanística o puedan llegar a contar con ellos sin otras obras que las de conexión a las instalaciones en funcionamiento.

Área urbanizada existente:

La superficie del territorio que sea área urbanizada antes de la entrada en vigor del Real Decreto 1367/2007 relativo a Zonificación Acústica.

Nuevo desarrollo urbanístico:

Superficie del territorio en situación de suelo rural para la que los instrumentos de ordenación territorial y urbanística prevén o permiten su paso a la situación de suelo urbanizado, mediante las correspondientes actuaciones de urbanización, así como la de suelo ya urbanizado que esté sometido a actuaciones de reforma o renovación de la urbanización.

Objetivo de calidad acústica:

Conjunto de requisitos que, en relación con la contaminación acústica, deben cumplirse en un momento dado en un espacio determinado, incluyendo los valores límite de inmisión o de emisión.

6.- Metodología de la Delimitación de Zonas Acústicas

6.1.- Delimitación de Zonas Acústicas

La Ley 37 de noviembre de 2003, del Ruido, incorporó parcialmente al derecho estatal las previsiones de la Directiva 2002/49/CE, aunque su alcance y contenido es más amplio que el de la propia Directiva, ya que no solo abarca el ruido ambiental. Posteriormente el RD 1513/2005 de 16 de diciembre de 2005 completó la transposición de dicha normativa comunitaria y supuso un desarrollo parcial de la Ley 37/2003, que se ha completado con el RD 1367/2007 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.

La Ley 37/2003 define un área acústica como “... un ámbito territorial, delimitado por la administración competente que presenta el mismo objetivo de calidad acústica...”; y entendiendo por calidad acústica “...la adecuación de las características acústicas de un espacio a las actividades que se realizan en su ámbito”.

Por lo tanto, las áreas acústicas son el resultado de una delimitación territorial teniendo en cuenta las actividades y usos predominantes que se desarrollan en el suelo y pretenden adecuar un nivel permisivo teórico acorde al tipo de actividad, para poder evaluar más eficazmente la contaminación acústica.

El RD 1367/2007 establece los niveles a alcanzar o mantener, para cada tipo de área acústica, por la actuación de las administraciones, de ahí que se denominen objetivos de calidad acústica. Por tanto, la delimitación de áreas acústicas es una cartografía que representa la distribución de los objetivos de calidad acústica en todo el espacio. Asimismo, en cada área deberán respetarse los valores límite, establecidos para cada emisor acústico, que hagan posible el cumplimiento de los correspondientes objetivos de calidad acústica.

La evaluación del ruido ambiental se completa con los mapas estratégicos de ruido, el cruce de los datos del Mapa Estratégico de Ruido con los de las áreas acústicas, servirá para detectar las zonas de conflicto, entendiendo como tal aquellas en la que se superan los objetivos de calidad acústica establecidos en el RD 1367/2007. En estas zonas se deberán iniciar las actuaciones previstas en ley 37/2003 y su desarrollo reglamentario.

Las áreas acústicas se clasificarán, en atención al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas, las cuales habrán de prever, al menos, los siguientes:

- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.
- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en el párrafo anterior.
- Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.

6.- Metodología de la Delimitación de Zonas Acústicas

- Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.
- Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

Al proceder a la zonificación acústica de un territorio, en áreas acústicas, se deberá tener en cuenta la existencia en el mismo de zonas de servidumbre acústica y de reservas de sonido de origen natural establecidas de acuerdo con las previsiones de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, y del Real Decreto 1367/2007.

La delimitación territorial de las áreas acústicas y su clasificación se basará en los usos actuales o previstos del suelo. Por tanto, la zonificación acústica de un término municipal únicamente afectará, excepto en lo referente a las áreas acústicas de los tipos f) y g), a las áreas urbanizadas y a los nuevos desarrollos urbanísticos.

6.2.- Objetivos de Calidad

Siendo los objetivos de calidad acústica aplicables a áreas urbanizadas los siguientes:

Objetivos de calidad acústica para ruido aplicable a áreas urbanizadas existentes				
Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		Ld	Le	Ln
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.	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

Figura 8. Tabla Objetivos Calidad

6.3.- Los Criterios para determinar los Principales usos Asociados a las Áreas Acústicas

A los efectos de determinar los principales usos asociados a las correspondientes áreas acústicas se aplicarán los criterios siguientes:

6.- Metodología de la Delimitación de Zonas Acústicas

- Áreas acústicas de tipo a. - Sectores del territorio de uso residencial:

Se incluirán tanto los sectores del territorio que se destinan de forma prioritaria a este tipo de uso, espacios edificados y zonas privadas ajardinadas, como las que son complemento de su habitabilidad tales como parques urbanos, jardines, zonas verdes destinadas a estancia, áreas para la práctica de deportes individuales, etc..

Las zonas verdes que se dispongan para obtener distancia entre las fuentes sonoras y las áreas residenciales propiamente dichas no se asignaran a esta categoría acústica, se considerarán como zonas de transición y no podrán considerarse de estancia.

- Áreas acústicas de tipo b. Sectores de territorio de uso industrial:

Se incluirán todos los sectores del territorio destinados o susceptibles de ser utilizados para los usos relacionados con las actividades industrial y portuaria incluyendo; los procesos de producción, los parques de acopio de materiales, los almacenes y las actividades de tipo logístico, estén o no afectas a una explotación en concreto, los espacios auxiliares de la actividad industrial como subestaciones de transformación eléctrica etc.

- Áreas acústicas de tipo c.- Sectores del territorio con predominio de uso recreativo y de espectáculos:

Se incluirán los espacios destinados a recintos feriales con atracciones temporales o permanentes, parques temáticos o de atracciones así como los lugares de reunión al aire libre, salas de concierto en auditorios abiertos, espectáculos y exhibiciones de todo tipo con especial mención de las actividades deportivas de competición con asistencia de público, etc.

- Áreas acústicas de tipo d. Actividades terciarias no incluidas en el epígrafe c:

Se incluirán los espacios destinados preferentemente a actividades comerciales y de oficinas, tanto públicas como privadas, espacios destinados a la hostelería, alojamiento, restauración y otros, parques tecnológicos con exclusión de las actividades masivamente productivas, incluyendo las áreas de estacionamiento de automóviles que les son propias etc.

- Áreas acústicas de tipo e: Zonas del territorio destinadas a usos sanitario, docente y cultural que requieran especial protección contra la contaminación acústica:

Se incluirán las zonas del territorio destinadas a usos sanitario, docente y cultural que requieran, en el exterior, una especial protección contra la contaminación acústica, tales como las zonas residenciales de reposo o geriatría, las grandes zonas hospitalarias con pacientes ingresados, las zonas docentes tales como campus universitarios, zonas de estudio y bibliotecas, centros de investigación, museos al aire libre, zonas museísticas y de manifestación cultural etc.

- Áreas acústicas de tipo f.: Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte y otros equipamientos públicos que los reclamen.

Se incluirán en este apartado las zonas del territorio de dominio público en el que se ubican los sistemas generales de las infraestructuras de transporte viario, ferroviario y aeroportuario.

6.- Metodología de la Delimitación de Zonas Acústicas

Cuando en una zona coexistan o vayan a coexistir varios usos que sean urbanísticamente compatibles, a los solos efectos de lo dispuesto en el Real Decreto se determinará el uso predominante con arreglo a los siguientes criterios:

- Porcentaje de la superficie del suelo ocupada o a utilizar en usos diferenciados con carácter excluyente.
- Cuando coexistan sobre el mismo suelo, bien por yuxtaposición en altura bien por la ocupación en planta en superficies muy mezcladas, se evaluará el porcentaje de superficie.
- Si el criterio de asignación no está claro se tendrá en cuenta el principio de protección a los receptores más sensibles.
- En un área acústica determinada se podrán admitir usos que requieran mayor exigencia de protección acústica, cuando se garantice en los receptores el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica previstos para ellos, en el real decreto.
- La asignación de una zona a un tipo determinado de área acústica no podrá en ningún caso venir determinada por el establecimiento de la correspondencia entre los niveles de ruido que existan o se prevean en la zona y los aplicables al tipo de área acústica.

6.4.- Zonas de Servidumbre Acústica

El artículo 7 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, define las servidumbres acústicas como "las destinadas a conseguir la compatibilidad del funcionamiento o desarrollo de las infraestructuras de transporte viario, ferroviario, aéreo y portuario, con los usos del suelo, actividades, instalaciones o edificaciones implantadas, o que puedan implantarse, en la zona de afección por el ruido originado en dichas infraestructuras".

Por tanto, podrán quedar gravados por servidumbres acústicas los sectores del territorio afectados al funcionamiento o desarrollo de las infraestructuras de transporte viario, ferroviario, aéreo, y portuario, así como los sectores de territorio situados en el entorno de tales infraestructuras, existentes o proyectadas.

A efectos del Real Decreto, en las zonas delimitadas en la zonificación acústica y respecto a las servidumbres acústicas, se tendrá en cuenta,:

- En los sectores del territorio gravados por servidumbres acústicas las inmisiones podrán superar los objetivos de calidad acústica aplicables a las correspondientes áreas acústicas.
- En los sectores del territorio gravados por servidumbres acústicas se podrán establecer limitaciones para determinados usos del suelo, actividades, instalaciones o edificaciones, con la finalidad de, al menos, cumplir los valores límites de inmisión establecidos para aquellos.
- La delimitación de los sectores del territorio gravados por servidumbres acústicas y la determinación de las limitaciones aplicables en los mismos, estará orientada a compatibilizar, en lo posible, las actividades existentes o futuras en esos sectores del territorio con las propias de las infraestructuras, y tendrán en cuenta los objetivos de calidad acústica correspondientes a las zonas afectadas.

6.- Metodología de la Delimitación de Zonas Acústicas

Las zonas de servidumbre acústica se delimitarán por la administración competente para la aprobación de mapas de ruido de infraestructuras, mediante la aplicación de los criterios técnicos recogidos en el artículo 8 del Real Decreto 1367/2007 de 19 de octubre.

En el proceso de la delimitación de una zona de servidumbre, existen básicamente dos pasos, por un lado y en primer lugar, es necesaria la elaboración de un mapa de ruidos de la infraestructura.

En segundo lugar la zona de servidumbre acústica comprenderá el territorio incluido en el entorno de la infraestructura delimitado por la curva de nivel del índice acústico que, representando el nivel sonoro generado por esta, esté más alejada de la infraestructura, correspondiente al valor límite del área acústica del tipo a), "sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial".

Ahora bien en tanto que no se apruebe el mapa estratégico o las servidumbres acústicas procedentes de cada una de las infraestructuras de competencia de la Administración General del Estado, se entenderá por zona de servidumbre acústica de las mismas el territorio incluido en el entorno de la infraestructura delimitado por los puntos del territorio, o curva isófona en los que se midan los objetivos de calidad acústica que sean de aplicación a las áreas acústicas correspondientes.

Una vez las zonas de Servidumbre se hayan delimitado en el mapa estratégico de ruidos, se incluirán en los instrumentos en el PGMO de Cartagena.

Las infraestructuras que cuentan con mapa estratégico de ruidos son.:

- A-30, (Enlace N-344- Acceso a Cartagena).
- RM-F36,(Enlace AP-7- Glorieta de los Barreros).
- CT-32, (Enlace AP-7 – Enlace A-30).
- RM-12, (Enlace AP-7- Acceso a Cabo de Palos).
- AP-7, (Enlace de Los Beatos a Enlace Los Camachos)

7.- Métodos de Medición y Cálculo Empleados

Las mediciones de ruido ambiental disponibles en el Ayuntamiento de Cartagena y los datos de tráfico urbano e interurbano aportados por la red de aforadores de la Policía Local han resultado insuficientes para la elaboración del mapa estratégico de ruidos de la aglomeración urbana de Cartagena, ya que los primeros son muy antiguos (año 2.005) y los segundos escasos y poco representativos.

Por esta razón, se han realizado nuevas mediciones de ruido en los distintos intervalos del día y simultáneamente muestreos de tráfico rodado para determinar el número de vehículos/hora que circulan por las distintas calles de la ciudad, así como la proporción de vehículos ligeros y vehículos pesados.

Las mediciones de ruido que se han efectuado son de dos tipos:

- Mediciones de corta duración.
- Mediciones de larga duración (Períodos de 24 h).

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

7.1.- Material

El material adoptado para la realización de las medidas, ha sido 3 equipos de sonómetro RION NL 22 - NL 32.



Figura 9. Equipos de Medidas

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

Para la realización de los puntos de 24 horas, se han utilizado trípodes y pértigas para ampliar la distancia.



Figura 10. Equipos de Medidas

Para la realización de las medidas se ha optado por cuadricular la zona de muestreo, hemos dividido la zona de muestreo en 60 secciones, y en cada sección se han realizado 3 medidas diurnas, 2 nocturnas y una medida de 24 horas.

Quedando especificada la zona para cada muestro como indicamos en los siguientes mapas:

Mediante la herramienta Autocad, se han parametrizado las cuadrículas de manera que podemos tener en un solo archivo el mapa de mediciones:

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

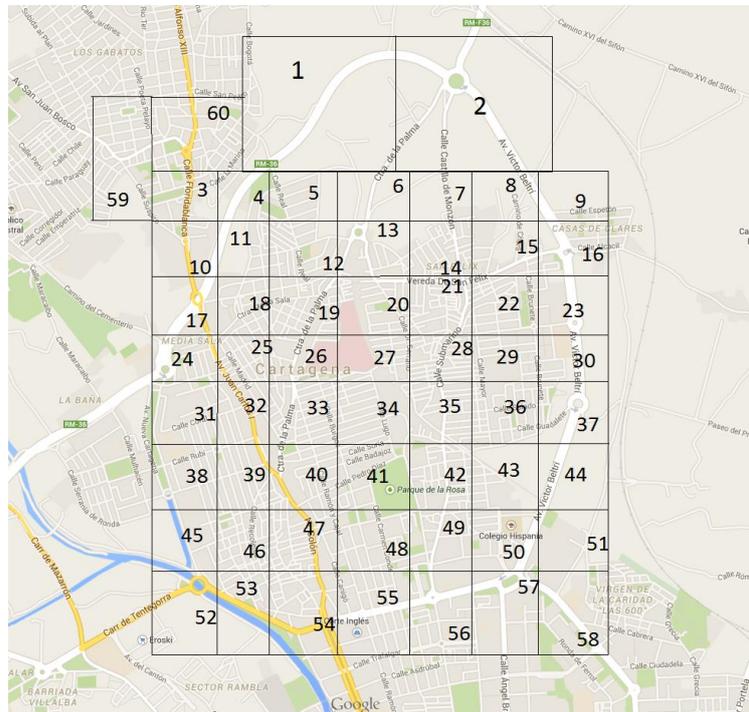
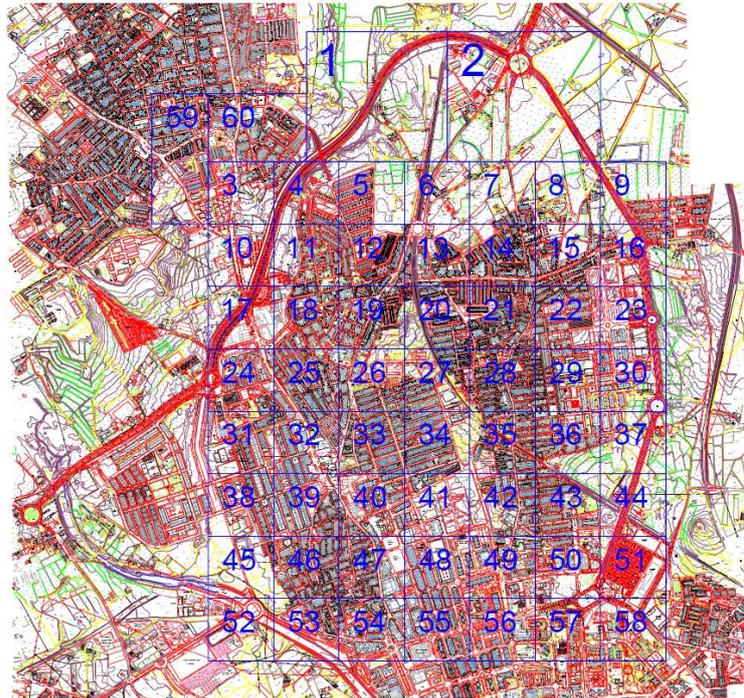


Figura 11. Zonas de muestreo

7.2.- Zonas de Riesgo

Se han considerado zonas de riesgo en el mapa de estudio aquellos enclaves de escolarización para centros de educación infantil y primaria del municipio. Haciendo especial hincapié las mediciones por la aglomeración de tráfico en las horas puntas del día.

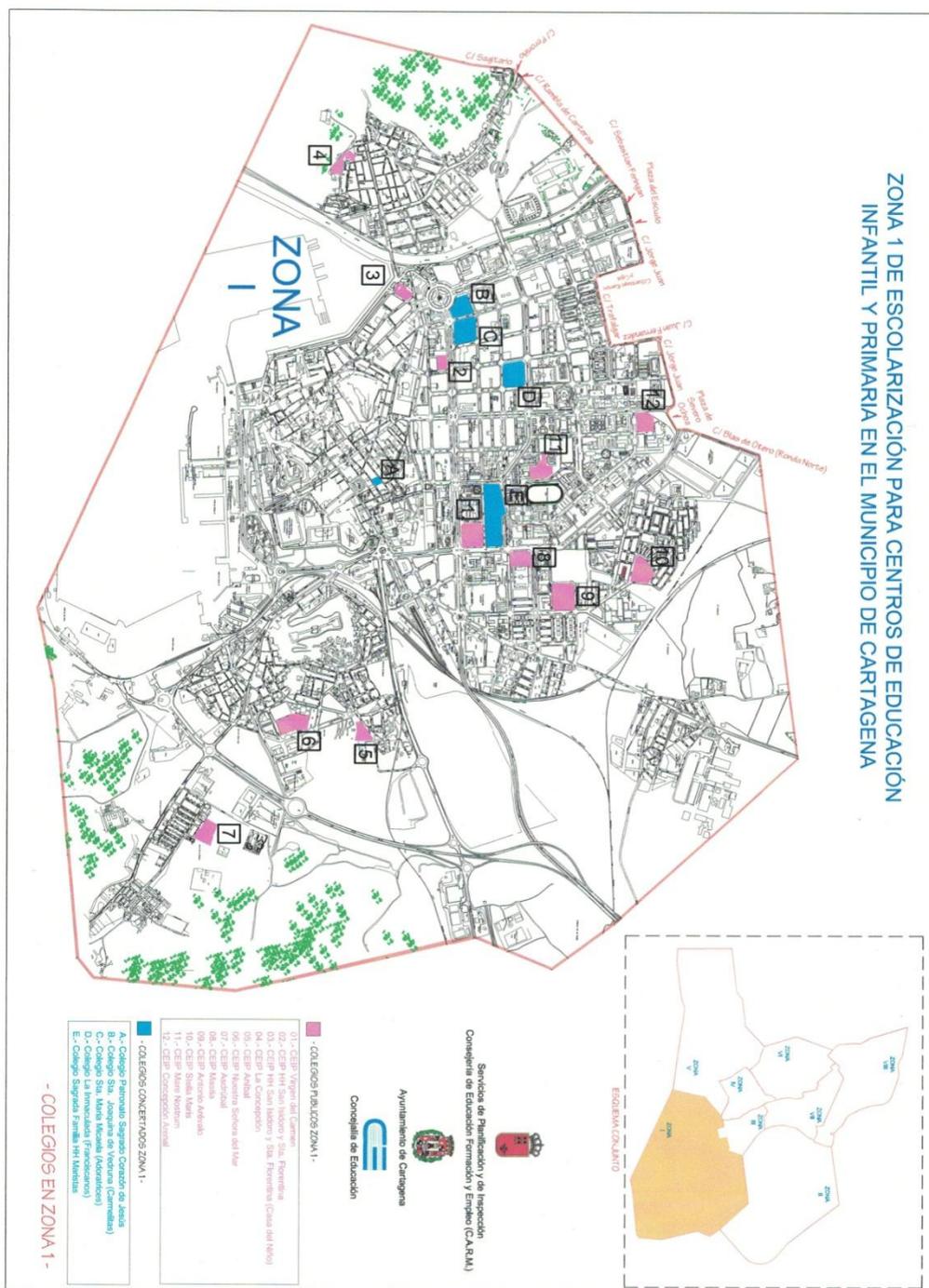


Figura 12. Zonas de escolarización

7.3.- Métodos de Medición

7.3.1.- Medidas de Corta Duración

Se han efectuado mediciones de ruido “in situ” durante días laborables y en franja diurna y nocturna, manejando valores promedio a lo largo del día, lo cual exceptúa en todo momento valores ruidosos "pico" algo superiores a los reflejados, y que se concentrarían en aquellos momentos de tráfico denso y en hora punta. Asimismo, no se han considerado aquellos tramos horarios valle, donde los niveles sonoros son prácticamente despreciables debido a la mínima densidad de tráfico existente en la zona. Estas mediciones son las que se han utilizado para la validación y comprobación del modelo elaborado.

Durante una primera fase, se han seleccionado 180 puntos de medición y, en cada uno de ellos, se han efectuado mediciones de 15 minutos en distintos intervalos del día (mañana, tarde o noche) con las que se ha obtenido una relación adecuada de las variables de tráfico, fuentes identificadas, etc.

En estos puntos, las medidas se han realizado siguiendo el proceso descrito en el Artículo 18 del Capítulo IV (“Medidas y Calificación de los Niveles Sonoros como resultado de Inspecciones o Estudios”) del Decreto 48/1998, de 30 de julio, de Protección del Medio Ambiente frente al Ruido, el cual se ajusta a las especificaciones establecidas en el 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, para la evaluación por medición de los índices de ruido. Dicho artículo especifica que para expresar el Nivel Equivalente Leq de un periodo debe medirse en continuo durante todo el período de estudio o bien realizar un muestreo atendiendo a los siguientes criterios:

- Durante el día, se han dos mediciones de entre 10 y 15 minutos, cada 5 horas.
- Durante la noche, se deben realizar medidas de 10 minutos, cada 2 horas.

El Decreto 48/1998 establece que la franja horaria diurna es la comprendida entre las 07:00 y las 22:00 horas y la franja nocturna la comprendida entre las 22:00 y las 07:00 horas del día siguiente. El Real Decreto 1367/2007, por su parte, establece como franja horaria diurna el periodo comprendido entre las 07:00 y las 19:00, la franja horaria tarde la comprendida entre las 19:00 y las 23:00 y la franja horaria nocturna el periodo desde las 23:00 hasta las 07:00 del día siguiente.

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

Con el fin de compatibilizar ambas normativas se optó por efectuar 2 mediciones en horario diurno y 1 en horario de tarde. De este modo, en cada punto seleccionado se han realizado las siguientes medidas:

FRANJA	Nº DE MEDICIONES
DIA	2
TARDE	1
NOCHE	2

Figura 12. Tabla Mediciones corta duración.

Las mediciones nocturnas únicamente se han efectuado en aquellos puntos considerados representativos en base a los niveles registrados durante las franjas horarias día/tarde o bien por su importancia a la hora de parametrizar y validar el modelo predictivo.

Debido a que ambas normativas (Decreto 48/1998 y R.D. 1367/2007) difieren en el periodo horario asignado para la noche, se optó por efectuar las mediciones nocturnas atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 1367/2007 por ser una normativa de mayor rango y más actual.

Finalmente, en base a esos criterios, en cada uno de los puntos definidos, se han efectuado las siguientes medidas:

FRANJA	Nº DE MEDICIONES	Nº PUNTOS	TOTAL MEDICIONES
DIA	2	120	240
TARDE	1	60	60
NOCHE	2	60	120

Figura 13. Tabla Mediciones Totales.

Así pues, considerando las mediciones efectuadas durante la primera fase de este estudio, se ha contado con un total de 420 mediciones de ruido realizadas para la validación de los modelos predictivos.

La distribución de los puntos de medida se muestra en el plano:

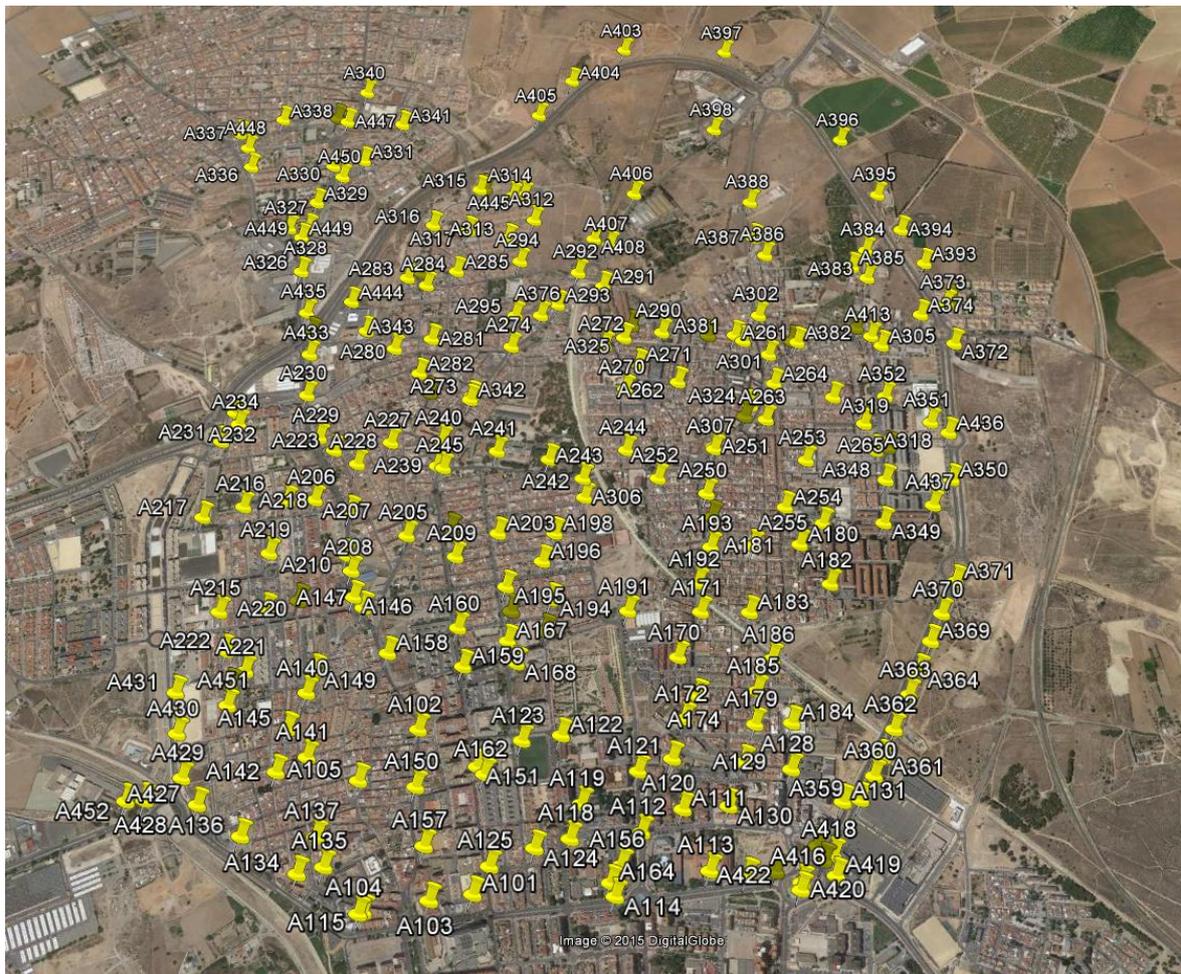


Figura 14. Distribución puntos de muestreo.

7.3.1.1.- Muestreo y Codificación: Medidas de Corta Duración

La sistemática utilizada a la hora de codificar los puntos de muestreo donde se han llevado a cabo las mediciones de los niveles sonoros ambientales en periodos cortos de duración “short time”, se describe a continuación mediante un ejemplo:

El fichero de medición llamado “Z01-C06-0320-F110-SH01” equivale a:

Medición realizada en la Zona **Z01**, cuadrícula **C06**, en el mes **03** (marzo), el día **20**, anotado en la hoja de campo **F110** y el sufijo **SH01** indica que corresponde a la medición de niveles sonoros short time nº1. Por tanto:

Zona - Cuadrícula - Mes - Día - Ficha de campo - Tipo de niveles sonoros

Z01 - C06 - 03 - 20 - F110 - SH01

Para todas las mediciones, haremos una calibración inicial y final.

Para las correspondientes calibraciones:

Zona - Cuadrícula - Mes - Día - Ficha de campo - Tipo de niveles sonoros

Z01 - C06 - 03 - 20 - F110 - SH0I (Calibración Inicial)

Z01 - C06 - 03 - 20 - F110 - SH0F (Calibración Final)

Para la organización de la información en la base de datos, se ha dispuesto que para cada medición halla una carpeta con la siguiente información

- Imagen del punto obtenida de Google Earth y archivo “.kmz” (Figura.15).
- Fotografía real del punto de medida (Figura.16).
- Carpeta con las 3 mediciones, SH0I (Calibración Inicial), SH0F (Calibración Final), y SH01 (Medición real). En esta carpeta se adjuntarán los volcados del sonómetro: AU2_0000.RND y AU2_0001.RNH.

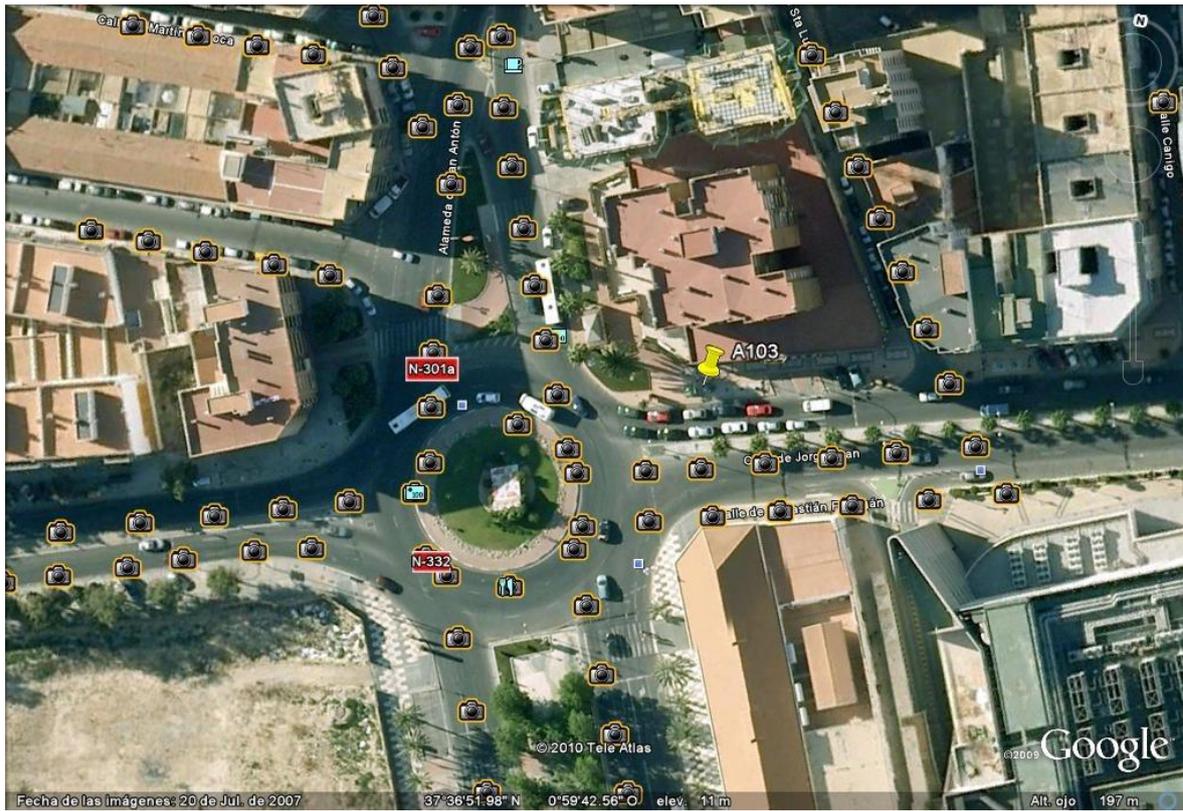


Figura 15. Imagen Punto Medición (Google Earth).

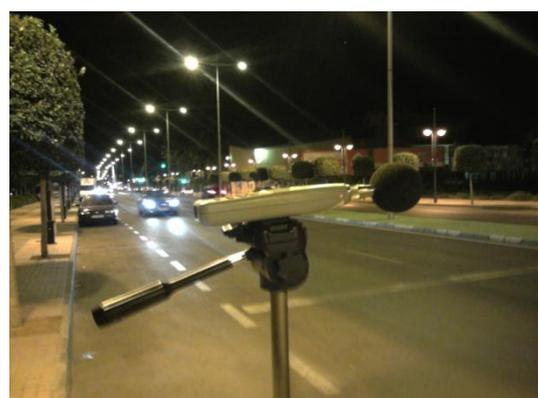
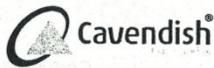


Figura 16. Imagen Punto Medición (Sonómetro).

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

Cada punto de medición se acompaña de una ficha de campo. De ésta se obtiene la información, donde se recopilará la información para los modelos predictivos:

 Código Ficha: A150

Fecha inicio	Hora inicio	Hora fin	Fecha fin	Técnico		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Cód. Punto	Distrito	Laborable <input type="checkbox"/>	Festivo <input type="checkbox"/>	Fin Semana <input type="checkbox"/>		
Lab. y Fin Semana <input type="checkbox"/>						
Dirección <input type="text"/>						
Contacto <input type="text"/>				Teléf. <input type="text"/>		
Observaciones						
Anchura vía:	Tipo vía:	Sección vía	Tráfico	Ligeros/hora	Tipo suelo:	Activ. predominante
<input type="checkbox"/> < 6m.	<input type="checkbox"/> Calle	<input type="checkbox"/> Abierta	<input type="checkbox"/> Peatonal	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Asfalto	<input type="checkbox"/> Sanitario
<input type="checkbox"/> 6-12m.	<input type="checkbox"/> Avenida	<input type="checkbox"/> Cerrada	<input type="checkbox"/> Con tráfico	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Adoquin	<input type="checkbox"/> Residencial
<input type="checkbox"/> 12-24m.	<input type="checkbox"/> Plaza	<input type="checkbox"/> Abierta-Cerrada	<input type="checkbox"/> Restringido	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Acerado	<input type="checkbox"/> Comercial
<input type="checkbox"/> > 24m.	<input type="checkbox"/> Rotonda		Horario de _____ a _____	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Industrial
<input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Otros					Ocio: Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Equipos	Desv. dBA	Ficheros:	Tipo de Ensayo:			
<input type="text"/>	Verif. Inicial <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> +24h <input type="checkbox"/> Z.A.S. <input type="checkbox"/> S. Time			
	Verif. Final <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Contraste			
	Medición <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Otro _____			
Dist. a Fachada: <input type="text"/>	Planta piso: <input type="text"/>	Altura micro: <input type="text"/>	Veloc. viento: <input type="text"/>			
Temp. Máx <input type="text"/>	Temp. Min <input type="text"/>	Presión Máx <input type="text"/>	Presión Min <input type="text"/>	HR% Máx <input type="text"/>	HR% Min <input type="text"/>	
Observaciones:						
Vivienda		Técnico actuante		Operador gabinete		
Fdo. _____		Fdo. _____		Fdo. _____		

Mapa de ruidos de Cartagena Z01

Marzo 2010

Figura 17. Ficha de campo

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

Para las mediciones nocturnas, se hace una correspondencia con las medidas diurnas, repitiendo así dos enclaves geográficos. De esta forma tenemos dos enclaves con correspondencia geográfica. Ejemplo de la tabla excel:

Nº MEDIDA / DIURNO	CORRESPONDENCIA / NOCTURNO
A103	A107
A104	A106
A105	

Figura 18. Correspondencia Diurno - Nocturno.

Para la recopilación de la información de las fichas de campo, hemos creado una excel a modo de base de datos donde introduciremos los datos mas relevantes para el modelo predictivo:

ZONA	CUADRICULA	FECHA	HOJA DE CAMPO	CODIGO	CÓDIGO MEDICIÓN	Time	Measurement Time	LAeq	LAE	LAmx	LAmín	LA05	LA10	LA50	LA90	LA95
Z01	C54	316	A103	SHCI	Z01-C54-0316-A103-SHCI	3/16/10 18:07	0:00:12	93,6	104,4	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6
Z01	C54	316	A103	SH01	Z01-C54-0316-A103-SH01	3/16/10 18:11	0:15:00	70,8	100,4	91,9	57,8	72	69,7	65,8	62	61
Z01	C54	316	A104	SH02	Z01-C54-0316-A104-SH02	3/16/10 18:39	0:15:00	68,7	98,3	91	59,5	71,2	70	66,4	63,5	62,6
Z01	C47	316	A105	SH03	Z01-C47-0316-A105-SH03	3/16/10 19:20	0:15:00	60,7	90,3	78,9	43,9	66,3	64	54,3	48,1	47,2
Z01	C54	316	A106	SH04	Z01-C54-0316-A106-SH04	3/16/10 23:04	0:15:00	66,1	95,7	89,8	43	73,4	69,5	57,6	48,4	47,3
Z01	C54	316	A107	SH05	Z01-C54-0316-A107-SH05	3/16/10 23:24	0:15:00	62,6	92,2	83,1	46,1	66,5	64,9	59,4	52,4	51,1
Z01	C54	316	A107	SHCF	Z01-C54-0316-A107-SHCF	3/16/10 23:41	0:00:11	93,6	104	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6
Z01	C49	317	A111	SHCI	Z01-C49-0317-A111-SHCI	3/17/10 11:45	0:00:09	93,6	103,2	93,7	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6
Z01	C49	317	A111	SH06	Z01-C49-0317-A111-SH06	3/17/10 11:47	0:15:00	63	92,6	86	47,9	69,4	66,8	56,4	51,3	50,4
Z01	C49	317	A112	SH07	Z01-C49-0317-A112-SH07	3/17/10 12:11	0:15:00	66,6	96,2	77,1	55,6	70	69,1	66	61,7	60,5

Punto	Dirección	Uso Predominante	Anchura Vía	Tipo Calle	Sección Vía	Tipo de Pavimento	Tipo de Tráfico	Imd		Tiempo
		1.- Sanitario 2.- Comercial 3.- Residencial 4.- Industrial 5.- Ocio 6.- Otros	1.- <6m. 2.- de 6 a 12m. 3.- de 12 a 24m. 4.- > de 24m. 5.- Otros	1.- Calle 2.- Avenida 3.- Plaza 4.- Rotonda 5.- Otros	1.- Abierta 2.- Cerrada 3.- Abierta/Cerrada 4.- Pendiente <2% 5.- Pendiente >2%	1.- Asfalto liso 2.- Asfalto Rugoso 3.- Adoquinado Liso 4.- Adoquinado Poroso 5.- Acerado 6.- Cemento 7.- Poroso 8.- Otros	1.- Peatonal 2.- Continuo 3.- Pulsating 4.- Vel Cte 5.- Acelerado 6.- Decelerado 7.- Restringido	Imd Ligeros	Im pesados	
Z01-C54-0316-A103-SH01	C/ JORGE JUAN	Residencial/Ocio	de 12 a 24m	Avenida	Cerrada	Asfalto liso	Continuo	205	4	15min
Z01-C54-0316-A104-SH02	C/ SEBASTIAN FERIGAN	Residencial/Sanitario	de 12 a 24m	Avenida	Abierta/Cerrada	Asfalto liso	Continuo	225	2	15min
Z01-C47-0316-A105-SH03	PLAZA DE LA IGLESIA	Residencial	de 6 a 12m	Calle	Cerrada	Asfalto liso	Continuo	41	0	15min
Z01-C54-0316-A106-SH04	C/ SEBASTIAN FERIGAN	Residencial	de 12 a 24m	Avenida	Abierta/Cerrada	Asfalto liso	Continuo	55	0	15min
Z01-C54-0316-A107-SH05	C/ JORGE JUAN	Residencial/Ocio	de 12 a 24m	Avenida	Cerrada	Asfalto liso	Continuo	60	0	15min
Z01-C49-0317-A111-SH06	C/ JORGE JUAN	Residencial	de 12 a 24m	Avenida	Cerrada	Asfalto liso	Continuo	389	10	15min
Z01-C49-0317-A112-SH07	C/ JUAN FERNANDEZ	Residencial	de 6 a 12m	Avenida	Abierta/Cerrada	Asfalto liso	Continuo	350	1	15min
Z01-C56-0317-A113-SH08	C/ JORGE JUAN	Residencial	de 12 a 24m	Avenida	Abierta	Asfalto liso	Continuo	600	10	15min
Z01-C49-0317-A116-SH09	C/ ANTONIO LAURET NAVARRO	Residencial	de 6 a 12m	Calle	Abierta/Cerrada	Asfalto liso	Continuo	7	0	15min
Z01-C49-0317-A117-SH10	C/ JUAN FERNADEZ	Residencial	de 12 a 24m	Avenida	Abierta	Asfalto liso	Continuo	43	2	15min
Z01-C55-0317-A118-SH11	C/ CARMEN CONDE	Residencial	de 6 a 12m	Calle	Cerrada	Asfalto liso	Continuo	16	0	15min
Z01-C48-0317-A119-SH12	C/ POETA MIGUEL HERNADEZ	Residencial	de 6 a 12m	Calle	Cerrada	Asfalto liso	Continuo	8	0	15min
Z01-C49-0323-A121-SH13	C/ JUAN FERNADEZ	Residencial	de 6 a 12m	Calle	Abierta/Cerrada	Asfalto liso	Continuo	120	8	15min
Z01-C48-0323-A122-SH14	C/ CARMEN CONDE	Residencial	de 6 a 12m	Calle	Abierta/Cerrada	Asfalto liso	Continuo	60	3	15min
Z01-C48-0323-A123-SH15	C/ FELIX MARTI ALPERA	Residencial	de 6 a 12m	Calle	Cerrada	Asfalto liso	Continuo	12	0	15min
Z01-C55-0323-A124-SH16	C/ FELIX MARTI ALPERA	Residencial	de 6 a 12m	Calle	Cerrada	Asfalto liso	Continuo	28	0	15min

Figura 19. Imágenes Base de Datos.

7.3.2.- Medidas de Larga Duración

Se han realizado mediciones con una duración superior a 24 horas en un total de 60 puntos distribuidos por toda el área de estudio. Estos puntos han sido seleccionados atendiendo a los siguientes criterios:

1.- Criterio de homogeneidad superficial.- Se han seleccionado puntos de medición de forma homogénea y regular, atendiendo exclusivamente a criterios espaciales (división del área de estudio en cuadrículas). De esta manera, se obtienen datos bajo criterios de uniformidad espacial.

2.- Criterio por interés zonal.- Se han seleccionado puntos de medición en función de las distintas tipologías de calles identificadas y de las zonas de especial interés.

Los puntos también se han seleccionado haciendo especial hincapié en aquellas zonas de mayor interés de protección contra la contaminación acústica, esto es, zonas hospitalarias, zonas docentes, zonas residenciales y zonas de especial interés. Es de destacar, que todos los puntos de medición de 24 horas en continuo, se han realizado siguiendo las prescripciones de la serie normativa UNE ISO 1996 (1 y 2), a una altura $4,0 \pm 0,2$ m. y a una distancia entre 1 y 2 m. de las fachadas.

Se han instalado los equipos junto con sus kits de intemperie y mástiles contando con la colaboración desinteresada de más de 60 familias.

7.3.2.1.- Muestreo y Codificación: Medidas de Larga Duración

La sistemática utilizada a la hora de codificar los puntos de muestreo donde se han llevado a cabo las mediciones de los niveles sonoros ambientales en periodos cortos superiores a 24 horas, se describe a continuación mediante un ejemplo:

El fichero de medición llamado “Z01-C06-0320-F110-MED” equivale a:

Medición realizada en la Zona **Z01**, cuadrícula **C06**, en el mes **03** (marzo), el día **20**, anotado en la hoja de campo **F110** y el sufijo **SH01** indica que corresponde a la medición de niveles sonoros short time nº1. Por tanto:

Zona - Cuadrícula - Mes - Día - Ficha de campo - Tipo de niveles sonoros

Z01 - C06 - 03 - 20 - F110 - MED

Para todas las mediciones, haremos una calibración inicial y final.

Para las correspondientes calibraciones:

Zona - Cuadrícula - Mes - Día - Ficha de campo - Tipo de niveles sonoros

Z01 - C06 - 03 - 20 - F110 - MEDCI (Calibración Inicial)

Z01 - C06 - 03 - 20 - F110 - MEDCF (Calibración Final)

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

Para la organización de la información en la base de datos, se ha dispuesto que para cada medición halla una carpeta con la siguiente información

- Imagen del punto obtenida de Google Earth y archivo “.kmz”.
- Fotografía real del punto de medida (Figura.20).
- Carpeta con las 3 mediciones, MEDCI (Calibración Inicial), MEDCF (Calibración Final), y MED (Medición real). En esta carpeta se adjuntarán los volcados del sonómetro: AU2_0000.RND y AU2_0001.RNH.

Cada punto de medición de 24 h. se acompaña de una ficha de campo igual que en el apartado anterior.



Figura 20. Imagen Punto 24 horas.

7.4.- Métodos de Cálculo

Todos los trabajos realizados para la obtención de los mapas de ruido estratégicos se han basado en las definiciones y especificaciones de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental; la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido; los Reales Decretos que la desarrollan; y las Instrucciones para la entrega de los datos asociados a los Mapas Estratégicos de Ruido de aglomeraciones elaboradas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

Uno de los objetivos de la Directiva es el uso de métodos comunes de evaluación en todos los estados miembros. Por ello, en la elaboración de los mapas de ruido se emplea un software predictivo (PREDICTOR) que contempla los métodos recomendados por la Directiva Europea para la determinación de ruido originado por el tráfico de carreteras, el ferrocarril y las fuentes de ruido industrial.

Los métodos recomendados para los Estados miembros, a falta de disponer de un método común europeo para el cálculo de niveles de ruido ambiental actualmente en desarrollo (CNOSSOSS-EU), son los siguientes:

- Ruido de tráfico rodado: método francés, NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB), mencionado en el “Arreté du mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6” y en la norma francesa “XPS 31-133”.

La metodología empleada en la elaboración del Mapa Estratégico de Ruidos es acorde a las directrices de la Ley 37/2003 del Ruido y el Real Decreto 1513/2005 que la desarrolla en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental; la Recomendación de la Comisión de 6 de Agosto de 2003 relativa a las Orientaciones sobre modelos de cálculo de ruido provisionales revisados y el documento Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated on Noise Exposure elaborados por el grupo de trabajo de la Comisión Europea sobre evaluación de la exposición al ruido (WG-AEN).

Dada las características del núcleo urbano, se ha procedido a la simulación del principal foco de contaminación acústica de la ciudad, el tráfico rodado, combinando estos resultados con registros sonoros reales que incluyen la influencia acústica del resto de fuentes ruidosas existentes.

En el Mapa Estratégico se ha empleado una metodología que combina estos métodos de predicción sonora con la realización de medidas in situ, utilizadas en las fases previas del mapa de ruidos, que permiten además de completar la información, validar la representatividad del modelo y comprobar su exactitud.

Otras Observaciones:

El sonido que se ha tenido en cuenta es el sonido incidente, es decir, no se considera el sonido reflejado en la fachada de una determinada vivienda (en general ello supone una corrección de 3 dB en caso de medición).

La altura del punto de evaluación de los índices de ruido se ha fijado en 4m.

Se realiza el cálculo creando una cuadrícula/rejilla de 5x5 metros, cuyo perímetro coincide con el límite de la zona de estudio considerada.

El Método de Corrección Meteorológica utilizado es el indicado por defecto por Predictor: Interim default (Day-50%, Evening-75%, Nigth-100%).

Para el “Ground Factor”, se ha tomado un valor medio de 0,3, excepto en zonas muy absorbentes, en las que se han generado las correspondientes “Ground Regions”; con su GF específico.

El resto de parámetros no se han modificado, dejando los que propone el programa por defecto para cada método.

7.5.- Elaboración de Modelos Predictivos

Consideraciones Previas:

El software utilizado para la elaboración del mapa estratégico de Cartagena ha sido PREDICTOR PLUS 7810-A VERSIÓN 7 de la firma Brüel & Kjær. Este software permite seleccionar entre distintos métodos de cálculo, entre los que se encuentra el método de cálculo francés para ruido de tráfico rodado y el método de cálculo de los Países Bajos para el ruido de tráfico ferroviario. Por otro lado, se ha utilizado la herramienta PREDICTOR ANALYST V3.22, también de la firma Brüel & Kjær, que realiza la suma logarítmica de isófonas procedentes de distintas fuentes, para la obtención de modelos totales.

El programa utilizado para el cálculo de población afectada ha sido gvSIG 1.9. Se trata de un Sistema de Información Geográfica de libre disposición que cuenta con un amplio número de herramientas para trabajar con información de naturaleza geográfica (herramientas de consulta, creación de mapas, geoprocésamiento, redes, etc.).

No siempre ha sido posible obtener datos exactos y en estas ocasiones se ha seguido en todo momento las indicaciones aportadas en la “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure” elaborada por la “European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise”.

La obtención de los datos de entrada a los modelos ha sido el mayor inconveniente para la realización del mapa de ruidos de la ciudad. Muchos de los datos que se encontraban disponibles no se adecuaban a las exigencias de los modelos empleados, por lo que ha sido necesario realizar un exhaustivo trabajo de campo para obtener los datos necesarios para la elaboración del mapa de ruidos.

En la modelización del ruido ambiental es de especial relevancia el tráfico rodado. La escasez de datos relativos a esta fuente, como la intensidad, el tipo y velocidad de los vehículos, etc., se ha suplido con muestreos en distintas vías de la ciudad. Por criterios de longitud, número de sentidos y ubicación de la vía, los valores de las muestras se han hecho extensibles al resto de las vías de la ciudad. Posteriormente, ha sido necesario un filtrado de los datos y la obtención de nuevas muestras para aumentar la exactitud de los datos de origen y por lo tanto la exactitud de la predicción.

El tráfico ferroviario se ha modelado a partir de los atributos correspondientes a los distintos tipos de trenes y a los correspondientes a las vías del tren. Esta información junto con el número de movimientos ha sido aportada por ADIF y FEVE e implementada en el cálculo.

Podemos dividir el para la elaboración de los modelos predictivos en la siguientes fases :

- FASE 1: Recopilación de Información.
- FASE 2: Trabajo de Campo

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

- FASE 3: Adaptación de la documentación existente al formato necesario.
- FASE 4: Alimentación del Software de Preedición Sonora.
- FASE 5: Cálculo de los Modelos Predictivos y validación de resultados.
- FASE 6: Obtención de los niveles totales (suma de fuentes).

A continuación se realiza una descripción que pretende resumir los trabajos realizados en cada una de las fases.

FASE 1: Recopilación de Información.

La documentación de partida con la que se contaba para la implementación de los modelos predictivos era la cartografía vectorial del municipio de Murcia (edificios y ejes de carreteras), datos de censo de población del año 2011, valores de aforo en algunas de las principales vías de la ciudad y valores de tráfico ferroviario proporcionados por ADIF.

FASE 2: Trabajo de Campo

Se seleccionan puntos representativos del ámbito de estudio en los que se efectuaron mediciones de ruido “in situ” conforme a las metodologías descritas en apartados anteriores y se tomaron valores de aforo de tráfico rodado.

FASE 3: Adaptación de la documentación existente al formato necesario.

Las cartografías existentes se encontraban desfasadas y en formatos no reconocibles por la herramienta de simulación y cálculo predictivo. Por tanto, se realizó la ardua tarea de actualizar y modificar las mismas para adaptarla a los requerimientos del software predictivo. Estos trabajos consistieron principalmente en transformar los vectores que delimitan los edificios en polilíneas cerradas, dotar a esas polilíneas de altura en base a la altura de cada edificio así como generar nuevos edificios no incluidos en la cartografía.

Dado que la información relativa a la orografía del terreno era deficiente se obtuvieron coberturas gráficas (formato ECW) de la web <http://www.murcianatural.carm.es/geocatalogo> que fueron procesadas con GVSIG para obtener coberturas vectoriales (formato SHP) que permitieron obtener las curvas de nivel de la zona y realizar el levantamiento topográfico.

FASE 4: Alimentación del Software de Preedición Sonora.

Para el desarrollo del modelo de tráfico rodado se utiliza el método de cálculo francés basado en la norma <<XPS 31-133>>. Los datos introducidos son los siguientes:

- Aforos de vehículos: se introducen los valores de flujo de vehículos para cada periodo definido (día, tarde, noche) discriminando entre vehículos ligeros y pesados.
- Velocidades de vehículos: se introducen valores de velocidad por periodo. El método distingue entre vl (velocidad ligeros) y vh (velocidad pesados).
- Tipo de superficie del vial: el software propone varias posibilidades desde superficie porosa hasta adoquinada. En caso de seleccionar “definida por el usuario”, el programa per-

mite la introducción de coeficientes de absorción independientes para distintos rangos de velocidad y tipología de vehículos.

- Pendiente: permite variar entre ascendente / horizontal / descendente.

Una vez introducidos todos los viales en los que se dispone de datos, se pone de manifiesto la necesidad de alimentar el programa con la información de aquellos viales de los que no se poseen marcadores de tráfico, a fin de parametrizar con mayor precisión el ruido producido. Para solucionar esta deficiencia se emplea el método recomendado por el WG-AEN (European Commission's Working Group Assessment of Exposure to Noise) extraído de la guía "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure". Dicho método consiste en establecer diferentes categorías de calles y asignar una categoría a las calles que no disponen de datos en función de la similitud de las características de dicha calle con otros viales parametrizados durante el trabajo de campo.

De este modo obtenemos una parametrización de la totalidad de los viales existentes bien de forma directa con datos conocidos, bien por similitud con éstas cuando no se dispone de los datos necesarios.

Así pues, se establecieron seis categorías de calles según el aforo:

	< 15 vehiculos / hora
	< 15 veh / h - 60 veh / h
	60 veh / h - 180 veh / h
	180 veh / h - 600 veh / h
	600 veh / h - 1200 veh / h
	> 1200 veh / h

Figura 21. Categorías de calles para asignación de datos por similitud.

Posteriormente se determinaron las características de las calles cuyos datos se desconocían, se les asignó una categoría por similitud con calles de datos conocidos, y se introdujeron los datos correspondientes a la asociación. De esta forma, una vez introducidas las calles por asignación de categoría, se consideró que existían suficientes datos para simular con precisión la evolución del ruido provocado por el tráfico rodado a lo largo de los tres periodos del día.

Las zonas con mayor densidad de tráfico y población han necesitado de una mayor densidad de calles, mientras que en las zonas con menos tráfico y población se ha precisado un menor número de calles para simular el ruido producido y la población afectada por el mismo.

FASE 5: Cálculo de los Modelos Predictivos y validación de resultados.

7.- Métodos de Medición y Cálculos empleados

Una vez introducidas las fuentes de ruido y demás parámetros requeridos por el programa, se llevó a cabo una simulación inicial con el fin de hacer una primera aproximación al modelo definitivo. Para ello, el software requiere la definición de un recinto o “grid” que delimite la zona a modelizar, y en el cual hay que definir una resolución de malla. Inicialmente se ha tomado una malla de 25m x 25m (lo que equivaldría a colocar un sonómetro en cada nodo de esta malla), dejando para el modelo final la resolución de 5m x 5m, que requiere mucho más tiempo de cálculo.

El hecho de haber realizado conteos de vehículos simultáneamente a las mediciones de ruido permitirá posteriormente validar los modelos predictivos comparando los valores devueltos por el software en los mismos puntos en los que se tienen valores de dBA medidos (receptores).

La introducción en el modelo de receptores o puntos de validación en los cuales se han hecho mediciones en campo, ha permitido poder comparar el nivel de presión sonora calculado respecto del medido en cada uno de los puntos de muestreo. Se introdujeron un total de 150 puntos de validación en los distintos viales, los cuales se consideraron suficientes para validar el mapa de ruido, ya que cubren la zona de mayor densidad de tráfico y poblacional así como los viales principales y otros puntos significativos.

Los modelos fueron corregidos en aquellas zonas con un notable desfase entre los valores calculados por el software en los 150 puntos (receptores) y los niveles medidos “in situ”.



Figura 22. Parametrización de la zona de estudio.

8.- Resultados Obtenidos

Planos:

1. Tráfico viario-Día
2. Tráfico viario-Tarde
3. Tráfico viario-Noche
4. Tráfico viario-Total.



Figura 22. Tráfico viario-Día



Figura 23. Tráfico viario-Tarde

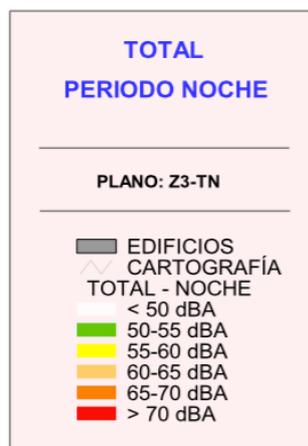


Figura 24. Tráfico viario-Noche



Figura 25. Tráfico viario-Total.

9.- Conclusiones

A la vista de los resultados expuestos, la primera conclusión es que la principal fuente de ruido existente en la aglomeración urbana es el tráfico rodado.

Los niveles sonoros más importantes aparecen en las grandes avenidas. Quedando afectada una gran parte de la población.

Terminada la Fase II del mapa de Ruido del Municipio, se calcularán las estadísticas de la población afectada y mediante modelos predictivos los porcentajes de población expuestos a niveles superiores.

Se hace necesario afrontar esta problemática y ofrecer planes de acción que mitiguen esta situación.