

**Análisis de la efectividad de las actuaciones sobre el tráfico viario en la ciudad de Granada en ejecución de su Plan de Acción contra el Ruido - LORCA****Autor:** Manuel Gutiérrez Roa<sup>(\*)</sup>**Coautores:** Carmen María López Jiménez<sup>(\*)</sup>, Jonathan Martínez Núñez<sup>(\*)</sup>, Antonio José García Martínez<sup>(\*\*)</sup>, Roberto Escobar Vedia<sup>(\*\*)</sup>, Arturo J. Olivares Olivares<sup>(\*\*)</sup> y Jerónimo Vida Manzano<sup>(\*)</sup>

(\*) Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada

(\*\*) Servicio Protección Ambiental, Área de Medio Ambiente, Ayuntamiento de Granada

**Resumen:**

A partir de las propuestas contenidas en el Plan de Acción contra el Ruido en la ciudad de Granada, denominado LORCA, se ha realizado un análisis de los resultados obtenidos en la ejecución de aquellas medidas que tienen que ver con el tráfico de vehículos por las calles de la ciudad. En el mencionado análisis se han empleado tanto medidas experimentales de niveles acústicos como la modelización del ruido ambiental del nuevo mapa estratégico de ruido de Granada. También se ha desarrollado un amplio sondeo de opinión pública para valorar los efectos del ruido ambiental sobre la población, con especial interés en la molestia generada como consecuencia de los cambios producidos en ejecución de las propuestas LORCA. El nuevo diagnóstico acústico obtenido a partir del actual mapa estratégico de ruido y las medidas experimentales realizadas, junto con los datos e información que ya se disponían procedentes de estudios anteriores de molestia, medidas experimentales históricas y anterior mapa estratégico de ruido de la ciudad, permiten valorar el alcance y efectividad de las medidas LORCA que han sido desarrolladas. Los resultados muestran un significativo avance en el control del ruido urbano y la prevención de nuevos episodios de contaminación acústica en Granada. Así por ejemplo, la población que manifiesta estar muy molesta por el ruido del tráfico rodado ha disminuido un 15% y la que manifiesta estar extremadamente molesta se ha reducido un 17% en relación a la situación anterior a la ejecución de estas medidas contra el ruido. En relación a los niveles de ruido ambiental, el análisis muestra que de 2008 a 2016 se ha producido un aumento de la superficie del territorio afectada por niveles ambientales en los rangos acústicos inferiores e intermedios y una disminución de la superficie afectada por los niveles más altos.

**Palabras CLAVE:**

Ruido ambiental, contaminación acústica, mapa estratégico de ruido, plan de acción, sostenibilidad urbana, movilidad, calidad ambiental y salud, calidad de vida,

## 1. ANTECEDENTES. ESTUDIOS ACÚSTICOS PREVIOS

En aplicación de la Directiva 2002/49/CE<sup>1</sup> y normativa acústica derivada en España, la ciudad de Granada ha realizado diversos estudios y trabajos para el diagnóstico y análisis de la contaminación acústica ambiental en la localidad y la valoración de la población expuesta a valores de ruido superiores a los objetivos de calidad recogidos en la normativa, incluyendo medidas de prevención y control del ruido urbano en la zona urbana de Granada. Así, se han ejecutado a día de hoy tres proyectos acústicos básicos por parte del Excmo. Ayuntamiento de Granada para la estimación y valoración del ruido global en la ciudad:

- Mapa Estratégico de Ruido 2008 (MER 2008<sup>2</sup>): Este proyecto fue la primera actuación concreta del Ayuntamiento de Granada para la valoración del ruido de la ciudad así como su distribución en las distintas zonas existentes. Realizado en colaboración con la Universidad de Granada, sirvió para georreferenciar los grandes focos de ruido y estimar los valores acústicos existentes en cada zona de la ciudad.
- Plan de Acción para la Prevención, Control y Minimización de la Contaminación Acústica de la Ciudad de Granada (LORCA 2013<sup>3</sup>): Ejecutado por la empresa UNISÓN S.L. para el Excmo. Ayuntamiento de Granada, LORCA 2013 se basa en el anterior mapa estratégico de ruido para analizar la situación acústica de Granada y presentar una serie de medidas concretas encaminadas a la reducción de los niveles de ruido de la ciudad.
- Mapa Estratégico de Ruido, Revisión 2016 (MER 2016): En aplicación de la normativa vigente, y una vez las obras del Metropolitano han avanzado lo suficiente en la ciudad de Granada, se acomete la revisión del anterior mapa estratégico de ruidos. Esta revisión ha terminado en septiembre de 2016, encontrándose actualmente en fase de tramitación administrativa, exposición pública y aprobación definitiva. Los resultados del MER 2016 permiten valorar el progreso de la ciudad de Granada en su lucha contra el ruido ambiental. Avance de resultados en Agenda 21 Local de Granada<sup>4</sup>.

Por tanto, este proyecto se presenta como un estudio acústico global de la ciudad de Granada tras la realización de algunas actuaciones que podrían tener como consecuencia una reducción de los niveles de ruido, tanto en determinadas zonas concretas como en la totalidad de la ciudad. Con la realización este mismo año del Mapa Estratégico de Ruido en su revisión 2016 encontramos una herramienta útil y necesaria para el análisis de la evolución del ruido en los últimos años. Además, gracias a la colaboración del Excmo. Ayuntamiento de Granada y de Agenda 21 Local se ha podido acceder a numerosos datos de gran utilidad para la evaluación de la tendencia acústica de la ciudad de Granada.

Así, el objetivo de este trabajo es determinar si las actuaciones llevadas a cabo por los organismos competentes en la lucha contra el ruido ambiental han logrado producir una evolución positiva en la ciudad y si, gracias a estos, los objetivos de calidad acústica se

<sup>1</sup> Directiva 2002/49/EU disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2002-81289>

<sup>2</sup> MER Granada 2008 en SICA: <http://sicaweb.cedex.es/ume-fase1.php?id=259>

<sup>3</sup> LORCA 2013 en SICA: [http://sicaweb.cedex.es/docs/planes/Fase2/Aglomeraciones/PAR\\_Granada.pdf](http://sicaweb.cedex.es/docs/planes/Fase2/Aglomeraciones/PAR_Granada.pdf)

<sup>4</sup> MER Granada 2016. Avance de resultados en Web Agenda 21 Local de Granada, Ayuntamiento de Granada. Disponible en: <http://www.granada.org/inet/agenda21.nsf/cff91acc5fede7f9c125727500305ef9/af25e08ca7736d07c1257f84002bfdf3/>

satisfacen actualmente en Granada. También se analiza la respuesta de la población ante las líneas de actuación ejecutadas en función de la evaluación de la molestia frente al ruido ambiental y se estudia la evolución acústica global de la ciudad a través del análisis de los datos registrados por la red de terminales fijos instalados en la ciudad y de campañas experimentales de medida de niveles acústicos realizadas en el contexto de los trabajos del nuevo MER 2016.

## 2. LORCA 2013. SELECCIÓN DE MEDIDAS CONTRA EL RUIDO

El Plan de Acción Contra el Ruido de Granada 2013 (LORCA 2013) es un requerimiento de la Ley 37/2003<sup>5</sup> y el Decreto 1315/2005<sup>6</sup> así como de la Ley 7/2007<sup>7</sup> y el Decreto 6/2012<sup>8</sup> de Andalucía. Este Plan completa el ciclo de obligaciones municipales adquiridas en ejecución de la normativa, iniciado con la realización del MER 2008, y en él se realiza un profundo diagnóstico acústico de la ciudad y otras cuestiones de interés técnico y social y se propone un catálogo de 26 de medidas para la mejora acústica de Granada. En este trabajo presentamos la evaluación del impacto acústico producido por algunas de estas propuestas, investigando su estado de ejecución y estudiando las zonas de implementación para comprobar si realmente se ha producido en ellas una mejora en la calidad acústica.

El análisis de las propuestas de LORCA2013 que dan lugar a una modificación notable del uso de la infraestructura urbana o que generan un impacto visual relativamente grande nos lleva a seleccionar cinco medidas aplicadas en distintas zonas de la ciudad y relacionadas directamente con la reducción del volumen de tráfico y reducción y limitación de los límites de velocidad en la ciudad. Estas medidas son, con la misma simbología que la empleada en el Plan LORCA (nivel estratégico, línea de actuación y nº de propuesta):

NE1-1-2: Empleo de pavimentos sono-reductores.

NE1-3-1: Reducción del volumen de tráfico.

NE1-4-1: Reducción y cumplimiento de los límites de velocidad.

NE2-1-4: Rediseño y mejoras del espacio para la circulación en la calle.

NE1-1-6: Mejora y recuperación del paisaje sonoro.

En el presente trabajo se muestra el análisis de situación y efectividad de las propuestas NE1-3-1 (*reducción volumen tráfico*) y NE1-4-1 (*reducción y cumplimiento límites de velocidad*) por ser las que se encuentran más avanzadas o totalmente ejecutadas.

<sup>5</sup> Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. BOE nº 279, pp 40494-40505, 2003. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-20976>

<sup>6</sup> Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003 en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2005/12/17/pdfs/A41356-41363.pdf>

<sup>7</sup> Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2007/143/d1.pdf>

<sup>8</sup> Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2012/24/4.html>

### 3. ESTADO DE EJECUCIÓN DE LAS MEDIDAS

Para poder llevar a cabo el estudio acústico comparativo en aquellas zonas en las que las medidas fueron puestas en marcha, fue necesario realizar una investigación previa detallada sobre los cambios realizados como consecuencia de su implantación y que, fuera o no su finalidad, pudieran haber implicado una mejora acústica ambiental. Así, tras dicho proceso de investigación se obtuvo la siguiente información:

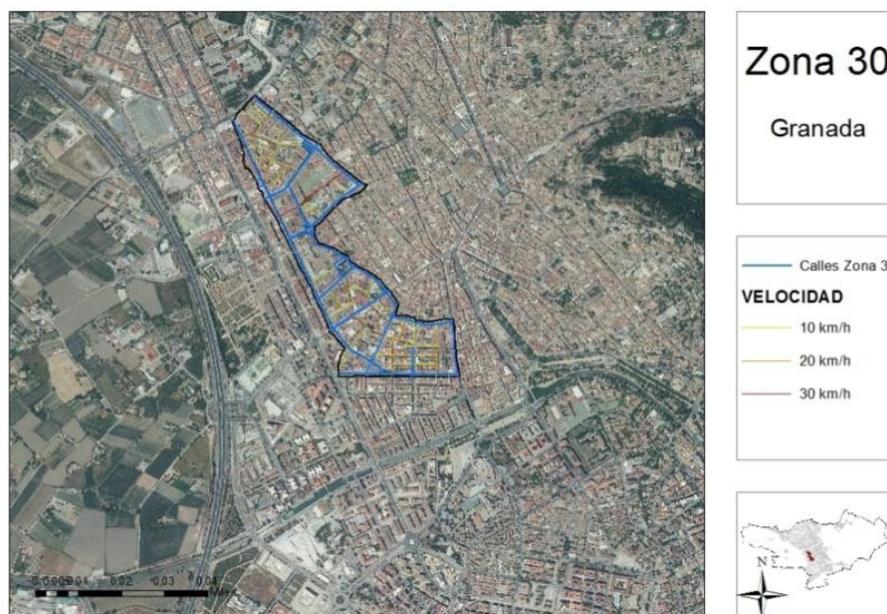
- **Reducción de volumen de tráfico:** Si bien la implantación de medidas con esta finalidad ha sido bastante recurrente en la ciudad de Granada durante los últimos años, en este estudio nos hemos centrado en tres zonas concretas que, por su interés social y ambiental, merecía la pena un análisis por separado:
  - *Zona Gran Vía/Realejo:* En esta zona de la ciudad se han instalado limitaciones de acceso a determinadas calles, disminuyendo así el caudal de tráfico existente, y reservado carriles protegidos para bus/taxi en una de las direcciones de Gran Vía y en ambas de la C/Reyes Católicos (Plaza Isabel la Católica dirección Plaza Nueva) con horario de 07:30 a 22:00. Los controles de accesos se realizan mediante cámaras de control en las calles San Matías y Gran Vía de Colón con horario de 07:30 a 22:00 durante toda la semana y en calle Elvira (altura de Cárcel Baja) y Reyes Católicos con horarios de 07:30 a 24:00 de lunes a jueves y durante todo el día los fines de semanas.
  - *Barrio de la Magdalena:* La remodelación completa del barrio de La Magdalena es uno de los puntos más interesantes respecto a la gestión ambiental sostenible del centro de la ciudad, debido a la reestructuración tan completa que ha supuesto la limitación de acceso a varias calles colindantes. Este proyecto, ejecutado en dos fases con presupuestos de 1.690.026€ y 1.463.961€, ha sido uno de los más ambiciosos de la ciudad en cuanto a limitación de tráfico se refiere. Respecto a la ejecución, se han peatonalizado 16 calles de Puentezuelas y su entorno. Las vías tienen la calzada a todo lo ancho y sin aceras haciendo una calzada completamente peatonal, buscando así la total preferencia para los peatones y un tráfico restringido a los residentes y al suministro de mercancías a los comercios. Tan sólo se ha mantenido el asfalto en algunas calles para dar salida al tráfico rodado de forma que quede un circuito para el paso de vehículos, formado por las calles Gracia y Buensuceso con una parte de Alhóndiga y la calle Párraga. Además, incluidas a estas remodelaciones, se ha limitado el acceso al barrio por ambos extremos, instalando control de accesos en calle Tablas los días laborales de 08:00 a 14:00 y de 16:00 a 20:00 y en calle Recogidas de 07:30 a 22:00 todos los días de la semana.
  - *Barrio de los Doctores:* En este proyecto, todavía en ejecución, se plantea la peatonalización de algunas calles pertenecientes al barrio de Los Doctores, situado en el distrito Beiro. Esta medida contempla la eliminación del tráfico progresiva en varias calles situadas entre Ribera del

Beiro y Avda. Doctor Oloriz. La peatonalización, similar a la llevada a cabo en el barrio de la Magdalena, plantea la sustracción de aceras igualando toda la calzada y permitiendo exclusivamente el acceso motorizado a residentes y vehículos de carga y descarga. Actualmente se encuentran peatonalizadas tres vías, C/Doctor Enrique Hernández con un presupuesto de 60.461,74 €, C/Doctor Fidel Fernández con un presupuesto de 76.190,11 € y C/Doctor Fleming con un presupuesto aproximado a los dos anteriores. Las tres calzadas mencionadas anteriormente no han sido remodeladas de forma completa, sino que solo se han modificado los tramos entre Ribera del Beiro y C/Doctor Castroviejo, siendo proyectada la peatonalización del resto de calles paralelas de forma progresiva, teniendo previsto de forma inicial, una calle por año.

- **Reducción y cumplimiento de los límites de velocidad (Zona 30):** A través de las recomendaciones de la Comisión Europea para la implementación de áreas de tráfico calmado en las ciudades y de la Ley 6/2014<sup>9</sup> de Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, se establecen modificaciones de límites de la velocidad en el medio urbano asignando máximos de 30km/h en viarios de un solo sentido, previendo así la moderación y reducción de la congestión automovilística y los conflictos que genera el tráfico urbano. Puesto que la velocidad repercute directamente tanto en los niveles de contaminación ambiental como en la seguridad vial y en el consumo de espacio requerido para la circulación, se considera una medida efectiva la reducción de los niveles de velocidad permitidos en vías urbanas; considerando así las calles con restricción a velocidades menores de 20km/h como espacios disponibles para ser compartidos entre peatones y vehículos. Así, la conocida como Zona 30 de las ciudades es aquella en las que se produce una limitación de la velocidad máxima y un reconocimiento de dos tipos de vías existentes, calles 30 (vías distribuidoras) y calles 10 y 20 (vías residenciales), en función de la velocidad permitida en sus calzadas.

En Granada se han implantado, durante los últimos años, medidas tanto de reducción de velocidad como de limitación a 30 km/h en calles distribuidoras además de una reducción de límites generalizada en toda la ciudad, siendo más extensiva su ejecución en el centro. Debido a esto, dentro del objetivo de este estudio, se realizó el análisis del impacto acústico de esta medida en la zona de la ciudad comprendida entre C/Pedro Antonio de Alarcón, C/Recogidas, Avda. Fuente Nueva y la zona colindante con el barrio de la Magdalena.

<sup>9</sup> Ley 6/2014 disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2014/04/08/pdfs/BOE-A-2014-3715.pdf>



**Figura 1:** Área y calles seleccionadas en la zona de velocidad catalogada Zona 30.

#### 4. MODELIZACIÓN Y MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL EN GRANADA

Una de las principales bases de este trabajo son tanto los resultados de los dos mapas estratégicos de ruido realizados para la aglomeración urbana de Granada como las medidas acústicas experimentales llevadas a cabo en distintas zonas de la ciudad y mediante diversas formas de monitoreo.

En Granada se han realizado, a través de la colaboración entre Excmo. Ayuntamiento de Granada y la Universidad de Granada, dos mapas estratégicos de ruido que representan un buen diagnóstico acústico global de la ciudad y permiten analizar la evolución de la misma en el período comprendido entre uno y otro. Estos trabajos incluyen la determinación de la población expuesta a los diferentes intervalos acústicos establecidos en la normativa y el análisis de la superación de los objetivos de calidad establecidos en esa normativa en función de la zonificación acústica de Granada (mapas de conflicto). Información que ha sido empleada para realizar la comparación acústica de las zonas estudiadas y la verificación y análisis de la efectividad de las medidas propuestas en el Plan de Acción contra el Ruido de 2013.

Adicionalmente, y en el contexto de los trabajos de revisión para la elaboración del nuevo mapa estratégico de ruido de Granada MER 2016, se han realizado en Granada diversas campañas de medida experimental de niveles sonoros ambientales para la comparación

y verificación de los niveles estimados por el software de cartografiado acústico. Estas medidas experimentales se realizaron de tres formas distintas:

- **Red de monitoreo permanente (NMT):** Esta red, instalada por el Ayuntamiento en distintas zonas de la ciudad, consiste en ocho sonómetros fijos NMT (Noise Monitoring Terminal) que toman valores de forma ininterrumpida durante todo el año.
- **Medidas realizadas mediante remolque (Unidad Móvil):** Estas medidas, llevadas a cabo por el Servicio de Protección Ambiental del Ayuntamiento de Granada, son realizadas a través un sonómetro instalado en un remolque (Unidad Móvil) desplazable mediante un vehículo, lo que permite tomar medidas durante un cierto intervalo de tiempo (una o dos semanas) y desplazar el sonómetro a otra ubicación.
- **Medidas de verificación puntual:** Son medidas realizadas puntualmente en una zona concreta de la ciudad. Son tomadas de forma continua durante media hora en los días sin lluvia, a 1,5 metros de altura aproximadamente y a una distancia de entre un metro y un metro y medio de la calzada. Son siempre tomadas en la franja horaria de las 11:00 a las 12:00 de la mañana, al haberse comprobado que los datos obtenidos en este período son los más representativos del nivel acústico generado por el tráfico diario en la ciudad (principal fuente de ruido urbano en Granada) según el indicador acústico anual obtenido para el período de la mañana, de 7:00 a 19:00, a partir del análisis de los datos obtenidos de los ocho terminales NMT existentes en la ciudad de Granada en serie temporal larga (años).

## 5. ANÁLISIS DEL EFECTO DE ALGUNAS MEDIDAS CONTRA EL RUIDO

Como se ha comentado antes, se han seleccionado 2 de las 5 propuestas del Plan de Acción LORCA 2013 más relacionadas con el tráfico viario, por encontrarse en un estado de ejecución total o parcial y, por ello, permitir fácilmente el estudio de su impacto acústico en la ciudad en virtud de las diferencias observadas en el período comprendido entre la realización de los dos mapas estratégicos de ruido de Granada (2008 y 2016). Así, mediante el uso de ambos mapas de ruido se ha podido analizar las variaciones de los niveles de ruido existentes en cada caso y valorar el alcance de las propuestas contra el ruido. Para ello se ha comparado la diferencia de niveles utilizando el siguiente criterio:

- En las zonas en las que los niveles del Mapa de Ruido de 2016 son mayores de 3 decibelios (dBA) en comparación con los de su homónimo de 2008, se ha considerado que los niveles de ruido de la ciudad en esa zona han experimentado un aumento. Se muestra en ROJO en los gráficos que siguen.

- Si los niveles del MER 2016 en alguna zona concreta de la ciudad han disminuido en más de 3 dBA con respecto a los mismos resultados de 2008, se ha considerado que los niveles acústicos de esas zonas han sufrido una mejora en los últimos años. Se muestra en VERDE en los gráficos que siguen.
- Si los niveles de ambos MER muestran una diferencia contenida en el rango  $\pm 3$  dBA, se ha considerado que los niveles de ruido en la zona son aproximadamente iguales, que los resultados entre ambos mapas de ruido no muestran diferencias notables entre los años 2008 y 2016 al estar dentro del margen de error experimental en la medida de niveles acústicos. Se muestra en AMARILLO en los gráficos que siguen.

Si la diferencia entre los niveles acústicos es mayor de 10 dBA, ya sea en aumento o en disminución, se han considerado que los resultados de ruido entre ambos proyectos no podían compararse por no ser razonable una diferencia tan alta de niveles en una ciudad como Granada en ese período. Estos casos, salvo errores detectados, se corresponden con áreas de la ciudad en la que actualmente (2016) se tiene una mejor y mayor definición de la información cartográfica empleada en la modelización o con zonas urbanas en las que se ha contemplado algún factor urbano (fuente) que no existía o no se había incluido en 2008, imposibilitando la comparación de escenarios.

Las comparaciones de niveles de ruido ambiental se han realizado en las cuatro franjas horarias:

- Día: 07:00 - 19:00 (indicador acústico Ld)
- Tarde: 19:00 - 23:00 (indicador acústico Le)
- Noche: 23:00 - 07:00 (indicador acústico Ln)
- 24h, indicador acústico Lden

aunque sólo se muestran gráficos para los períodos día y noche por ser los más representativos

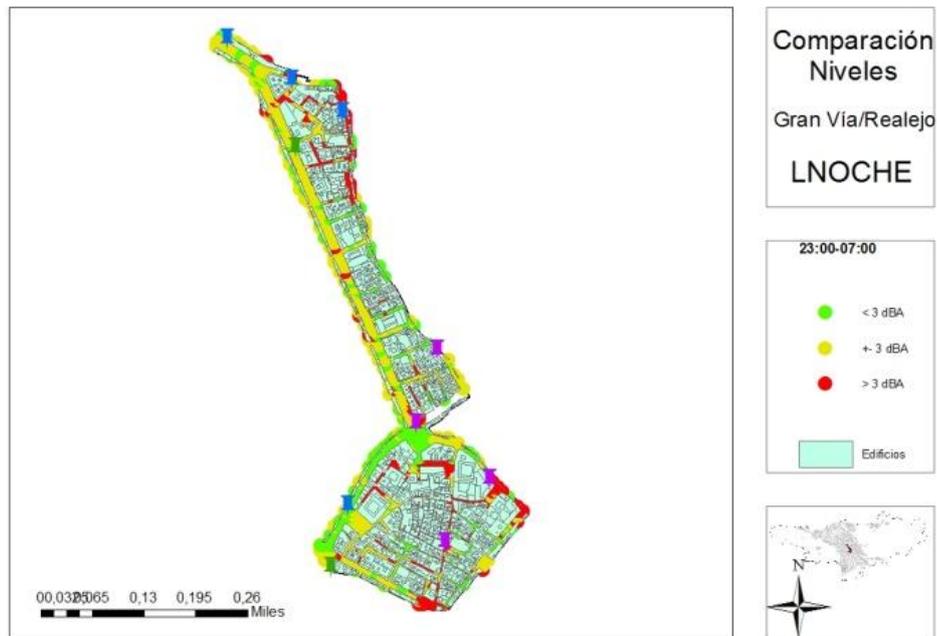
## 5.1 Reducción del volumen de tráfico (NE1-3-1)

### 5.1.1 Zona Gran Vía/Realejo

Comparando los niveles de ruido entre los años 2008 y 2016 obtenemos:



**Figura 2:** Diferencias 2008-2016 en Gran Vía/Realejo. Indicador Ld (dBA)



**Figura 3:** Diferencias 2008-2016 en Gran Vía/Realejo. Indicador Ln (dBA)

Como se puede observar, la reducción de los niveles de tráfico tanto en las calles Gran Vía como Reyes Católicos produce una disminución real de los niveles de ruido, lo que permite concluir que, efectivamente, una medida principalmente aplicada por motivos no acústicos, como la mejora de la movilidad o de la calidad del aire, produce también un importante resultado de mejora acústica en la zona.

Además, se puede observar que la prohibición de acceso a Gran Vía (de 7:30 a 22:00) no da lugar a una disminución de los niveles durante la noche sino que mantiene la situación previa (de 2008) pues realmente la disminución de caudal no se produce en la franja horaria del período noche. Otro análisis interesante de los resultados expuestos anteriormente sería el aumento del ruido en la calle Elvira. Esta calle, paralela a Gran Vía, sí tiene el acceso permitido a vehículos, lo que implica que muchos conductores accedan por esa calle a esta zona de la ciudad, suponiendo así un aumento de los indicadores acústicos y, por tanto, una traslación de parte de los focos de ruido ambiental.

## **5.1.2 Barrio de la Magdalena**

Comparando los niveles de ruido entre los años 2008 y 2016 en el conocido como Barrio de la Magdalena de la capital, se observa un descenso acústico generalizado en toda la superficie de estudio. Ni siquiera en las calzadas en las cuales se ha permitido el tránsito de vehículos se mantienen los niveles de ruido de 2008. Se puede concluir, por tanto, que la reducción de tráfico generalizada en esta zona provoca una reducción de los niveles acústicos ambientales ya que, al ser mucho más difícil la opción de una ruta alternativa, los vehículos evitan introducirse en este barrio con la consecuente mejora acústica para ciudadanos y habitantes.



**Figura 4:** Diferencias 2008-2016 en Barrio de la Magdalena. Indicador Ld (dBA)



**Figura 5:** Diferencias 2008-2016 en Barrio de la Magdalena. Indicador Ln (dBA)

### 5.1.3 Barrio de los Doctores

La peatonalización parcial del barrio de los Doctores permite analizar el efecto de un menor caudal de tráfico de vehículos circulando por sus calles como en los casos anteriores, obteniendo los siguientes resultados.



**Figura 6:** Diferencias 2008-2016 en Barrio de los Doctores. Indicador Ld (dBA)



**Figura 7:** Diferencias 2008-2016 en Barrio de los Doctores. Indicador Ln (dBA)

En este caso se observa que, al igual que en otras zonas de la ciudad, la peatonalización conlleva un cambio de flujos de tráfico con probable aumento de éste en calles adyacentes a las peatonalizaas. Las reformas en las calzadas y la restricción de accesos en tres calles del barrio no suponen, ni siquiera en estas vías, una mejora de los niveles

de ruido existentes, siendo la comparación de ruido entre los dos MER en estas zonas casi idéntica a la de las calles que aún no han sido remodeladas.

También se puede apreciar que tanto en la plaza de San Pantaleón como en las calles Doctor Fermín Garrido y Doctor Castroviejo los niveles de ruido han aumentado respecto a la situación existente en el año 2008, lo que puede ser debido a lo ya sucedido en el caso de calle Elvira, pues el tráfico existente en las calles con acceso restringido podría estar siendo desviado hacia vías sin limitaciones de flujo.

El resultado que sí parece concluyente es que la peatonalización de sólo una sección pequeña del barrio no produce un decaimiento destacable de los niveles acústicos y que, para una disminución más significativa de los niveles de ruido, haría falta proseguir la peatonalización por más vías.

## 5.2 Reducción y cumplimiento de los límites de velocidad. Zona 30 (NE1-4-1)

Además de una mejora en la seguridad vial o un mayor uso compartido de la vía, la reducción de la velocidad permitida en determinadas calles puede tener un impacto ambiental en forma de disminución del ruido en la zona. Analizando la denominada Zona 30 de Granada encontramos lo siguiente:



**Figura 8:** Diferencias 2008-2016 en Zona 30. Indicador Ld (dBA)



**Figura 9:** Diferencias 2008-2016 en Zona 30. Indicador Ln (dBA)

Los niveles ambientales en el recorte de Zona 30 se han reducido de forma generalizada en los últimos 8 años. Si bien los resultados durante la noche son más favorables que durante el día, por un posible efecto combinado de reducción de tráfico y limitación de velocidad en esta franja horaria, la realidad es que en todas las franjas encontramos reducción de niveles de ruido. Esta nueva situación debe ser atribuida principalmente a la reducción de los límites de velocidad puesto que el caudal de vehículos en esta zona durante los últimos años no ha sufrido grandes alteraciones.

Aun así, encontramos pequeñas ubicaciones con aumento de niveles acústicos que pueden deberse, principalmente, a alteraciones del flujo de vehículos en determinados puntos tanto por aumento de caudal de tráfico debido al cambio de dirección de las vías como por peatonalización de barrios periféricos (Barrio de la Magdalena).

## 6. VALORACIÓN DEL GRADO DE MOLESTIA POR RUIDO AMBIENTAL

Como complemento a lo anterior, otro enfoque buscado en la realización de este estudio fue la valoración de la molestia frente al ruido ambiental percibida por la población de las zonas estudiadas. Se realizó para ello un sondeo de opinión pública junto con Agenda 21 Local de Granada, solicitando de la ciudadanía su percepción en relación a diversas cuestiones ambientales además de la propia valoración del entorno o la molestia causada por el ruido. Los estudios sobre molestia se realizan en Granada de forma sistemática

desde hace más de 10 años. Como en otras ocasiones, los sondeos de opinión se han llevado a cabo mediante la metodología y cuestionario empleado por Agenda 21 Local en otras ocasiones<sup>10, 11</sup>. Además de relacionar los niveles de ruido ambiental que soporta la población con la molestia, los resultados de estas encuestas también permiten la búsqueda de una posible relación de proporcionalidad (relación dosis-efecto) si se combinan con los datos del MER.

Por esta razón, gracias a la extensa base de datos sobre percepción frente al ruido que ya posee el Excmo. Ayuntamiento de Granada, junto a las encuestas realizadas para este estudio se analizaron también las encuestas realizadas en 2010 por parte de Agenda 21 Local de Granada para la determinación del grado de molestia por ruido de la ciudadanía. Como la metodología y cuestionario no han variado entre sondeos, se ha podido realizar una comparación cuantitativa de los resultados y valorar si las posibles mejoras acústicas en el viario tenían una repercusión en los niveles de molestia en la población.

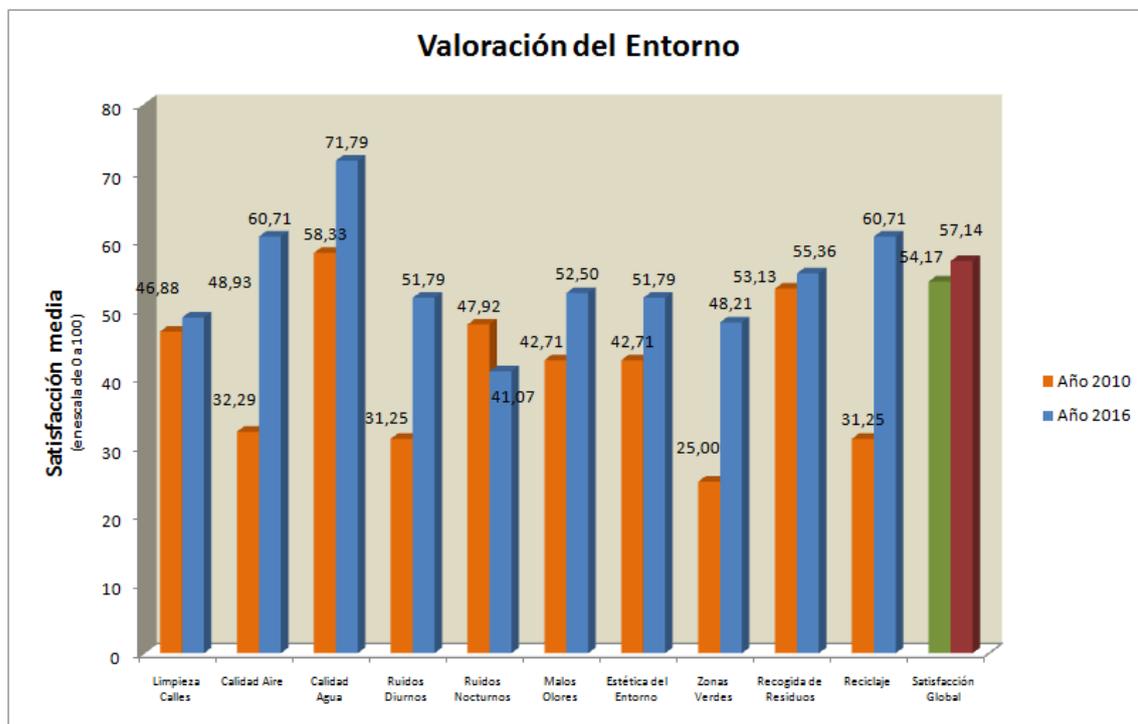
Los ciudadanos que formaron parte de este estudio fueron todos aquellos que, viviendo en los barrios de la Magdalena y Doctores o en la denominada Zona 30, quisieron colaborar realizando una encuesta, siendo finalmente la muestra de 77 habitantes de Granada de distinto sexo y edades. Nos gustaría agradecer a todas aquellas personas que, invirtiendo parte de su tiempo, colaboraron en la realización de cuestionarios, algunas de ellas ayudando incluso a su difusión.

## 6.1 Barrio de la Magdalena

Realizando una comparación entre los resultados arrojados por las encuestas antes y después de la peatonalización de gran parte de la superficie de este barrio, se pueden observar claras diferencias en la **valoración del entorno** por parte de la ciudadanía.

<sup>10</sup> Empleo de una encuesta estandarizada para la valoración de la molestia por ruido ambiental. proyecto piloto en la ciudad de granada, Tecniacústica 2007. Disponible en [http://www.sea-acustica.es/WEB\\_ICA\\_07/fchrs/papers/tna-07-008.pdf](http://www.sea-acustica.es/WEB_ICA_07/fchrs/papers/tna-07-008.pdf)

<sup>11</sup> CONAMA10, Grupo de Trabajo GT-15, Planes Locales de Acción contra el Ruido (Anexo I), 2010. Disponible en [http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/GTs%202010/15\\_final.pdf](http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/GTs%202010/15_final.pdf)



**Figura 10:** Valoración del ENTORNO (de 0 a 100). Barrio de la Magdalena

Especialmente fuertes son las subidas en la valoración de la “calidad del aire”, las “zonas verdes” y los “contenedores de reciclaje” lo que, unido al aumento de la valoración en el ruido diurno (es decir, se percibe menos ruido diurno) nos hace concluir que la valoración del entorno por los habitantes del barrio de la Magdalena ha mejorado desde la eliminación del tráfico en esta zona, ascendiendo la **valoración global** desde **54,17** en 2010 a **57,14** puntos en 2016 (en escala de 1 a 100).

Aún así, se observa que la satisfacción con el ruido nocturno es menor que hace seis años (es decir, se percibe más ruido nocturno), lo que podría ser debido al aumento de la actividad de ocio nocturno en estas calles por la comodidad que aporta a los clientes la no existencia de vehículos.

Comparando ahora la **molestia** de los habitantes por el **ruido producido por el tráfico rodado**, obtenemos los siguientes resultados:

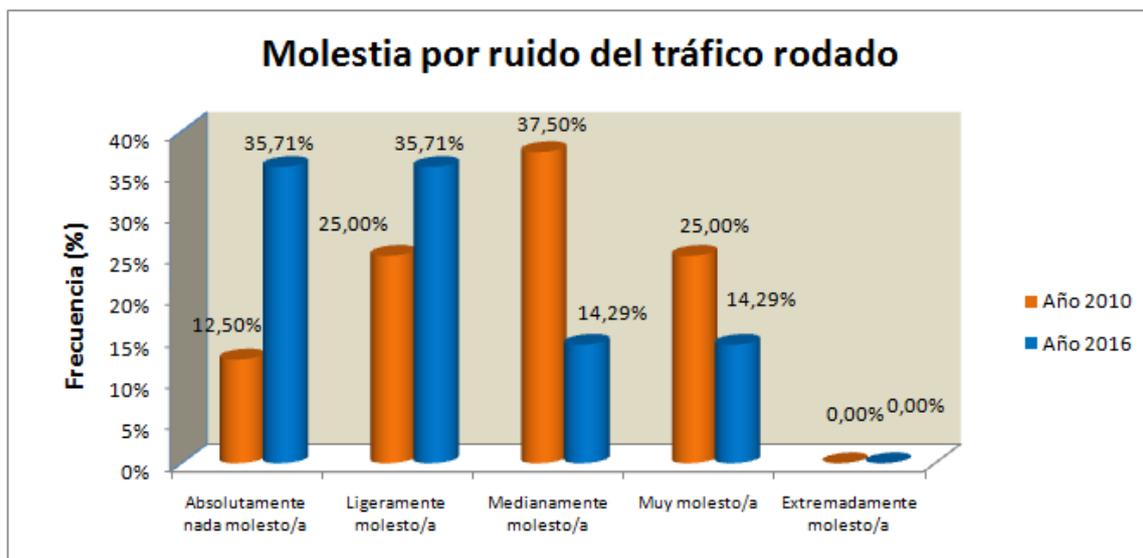


Figura 11: Grado de molestia (%) por tráfico rodado. Barrio de la Magdalena

En este caso se puede concluir que molestia vecinal por motivos de tráfico rodado ha disminuido notablemente pasando de ser ‘medianamente molesto’ en 2010 para la mayoría de habitantes a ser ligeramente o nada molesto en 2016, lo que concuerda con la disminución de decibelios que se ha producido en todo el barrio.

Este análisis permite concluir que en el barrio de la Magdalena la remodelación de sus calzadas y la peatonalización han supuesto una mejora global en la percepción de la ciudadanía ante el ruido ambiental, mejorando su valoración del entorno y disminuyendo la molestia frente al ruido ambiental que produce el tráfico de vehículos.

## 6.2 Barrio de los Doctores

Para el Barrio de los Doctores se procedió a realizar el mismo análisis que en el apartado anterior pero con una salvedad, todas las encuestas son de 2016. En este caso, ante la falta de opiniones anteriores, el análisis comparativo se realizó empleando los resultados de las encuestas realizadas en las calzadas peatonalizadas y en las que no lo están. Se obtiene así una comparación contemporánea que nos indicará diferencias de valoración sin componente temporal.

En las figuras siguientes se puede observar que la valoración ciudadana en las calles peatonalizadas es mayor en todos los aspectos a la que expresa la ciudadanía que habita en calles no peatonalizadas. Los vecinos de las calles reformadas valoran de forma más positiva la limpieza de las calles, la calidad del aire y las zonas verdes entre otros puntos, existiendo una gran diferencia en la estética del entorno, mucho más valorada por los vecinos a los cuales se les ha reformado su calle recientemente.

Además, se observa una mayor satisfacción con los niveles de ruido tanto en el día como en la noche lo que se podría considerar como una consecuencia subconsciente de la población, dado que se ha determinado que los niveles de ruido no han disminuido notablemente tras la limitación del acceso a vehículos. Esto respaldaría el hecho de que la valoración global del barrio sea similar en ambos casos.

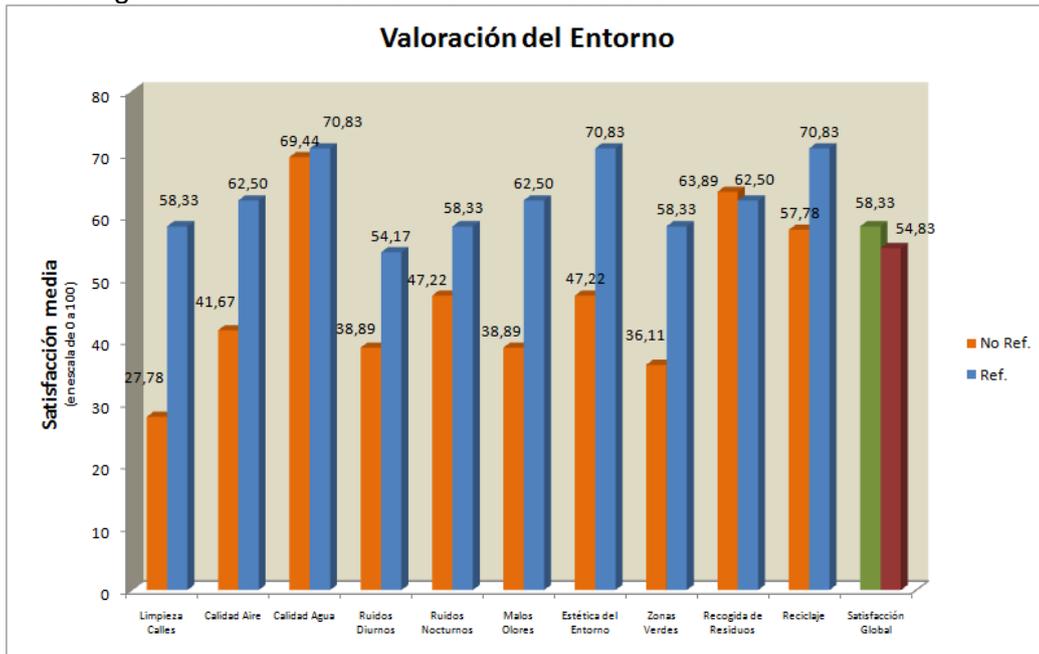
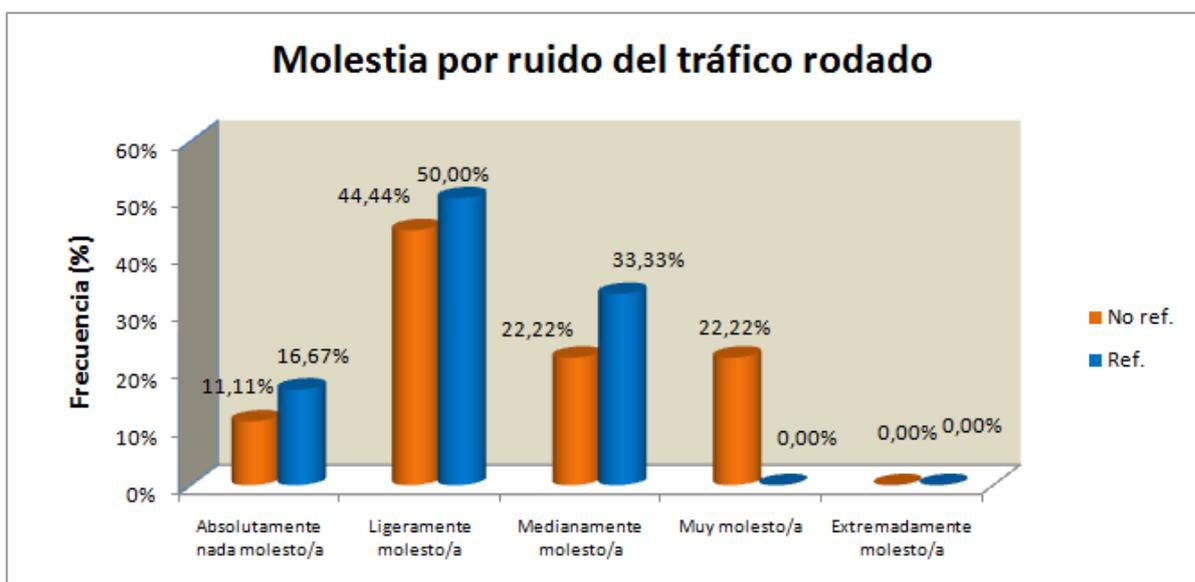


Figura 12: Valoración del ENTORNO (de 0 a 100). Barrio de los Doctores

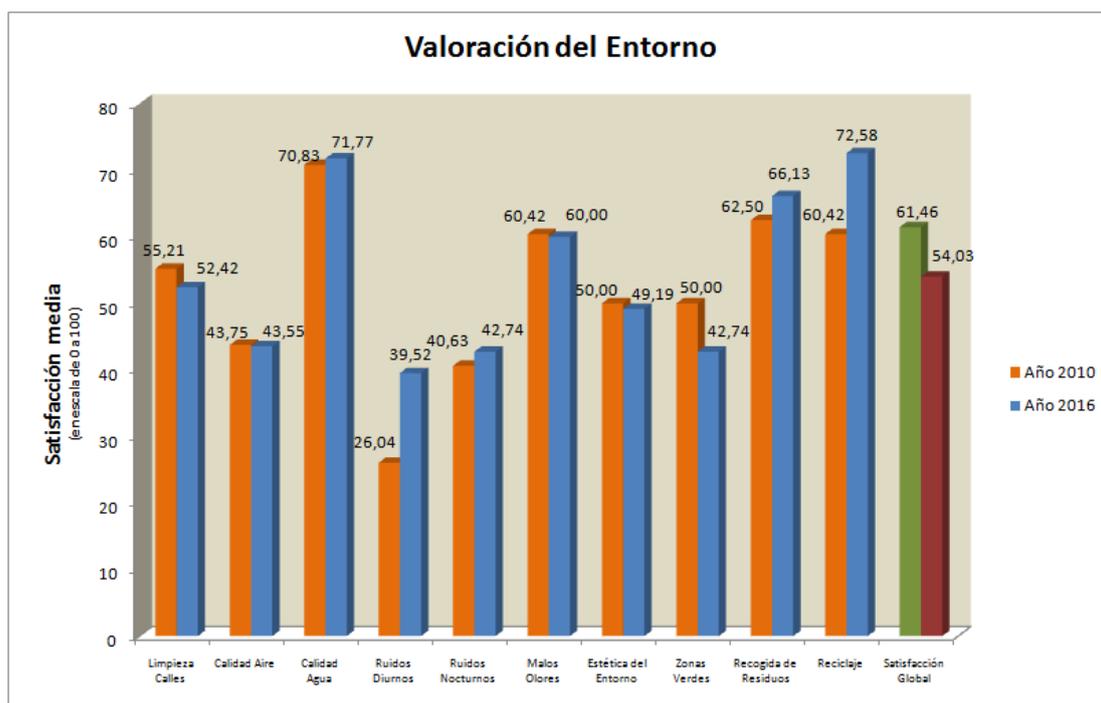


**Figura 13:** Grado de molestia (%) por tráfico rodado. Barrio de los Doctores

Respecto a la molestia ocasionada por el ruido proveniente del tráfico rodado encontramos que los habitantes de las calles con limitación de tráfico valoran positivamente este cambio al considerar que la molestia que les produce el ruido de los vehículos es menor que la molestia valorada por los habitantes de las calles no restringidas. Los resultados del análisis de las encuestas en este barrio adquiere una especial importancia al demostrar que, con la reforma de ciertas calles, no se han reducido los niveles de ruido existentes en gran parte pero la población si ha respondido positivamente a este cambio afirmando que consideran que la molestia es menor.

**6.3 Zona 30**

Para completar el estudio de los niveles acústicos de la Zona 30, se realizó un análisis comparativo homólogo al realizado en el barrio de la Magdalena, dónde se compararon los resultados de las encuestas realizadas durante el año 2008 y durante el año 2016. Así, siguiendo el mismo patrón que para anteriores casos, la valoración del entorno por parte de la población resulta ser:



**Figura 14:** Valoración del ENTORNO Zona 30.

En ambos casos vemos como, en esta zona de la ciudad, no existen grandes diferencias de opinión entre la población encuestada en el año 2010 y la encuestada en el año 2016. En la gran mayoría de factores analizados, la valoración de los habitantes ha sido muy parecida, incluida la limpieza de las calles, la calidad del aire y la estética del entorno, fácilmente justificable debido a que las medidas acústicas llevadas a cabo en esta zona

no han implicado una modificación del entorno o del flujo de tráfico. Aún así, se puede observar un aumento del grado de satisfacción entre la población con respecto al ruido diurno y nocturno que soportan, lo que nos lleva a concluir que realmente la molestia por percepción de ruido ambiental ha disminuido a causa de los nuevos límites de velocidad establecidos.

Analizando la molestia por tráfico rodado, figura 15, se puede afirmar que, si bien antes era bastante uniforme con un 20,83% de personas encuestas que consideraban el ruido ambiental extremadamente molesto, ahora los porcentajes de molestia han sido reducidos, concentrándose en los tres opciones que menos molestia ocasionan y reduciéndose el anterior valor de extrema molestia a solo el 3,45% de la población.

Por tanto, en este caso volvemos a notar la tendencia ya encontrada en el caso del Barrio de la Magdalena, en el que la introducción de mejoras que producen una disminución empírica de los valores de ruido conlleva una mejora en la percepción del entorno y una disminución de la molestia ocasionada en la ciudadanía por el ruido del tráfico rodado.

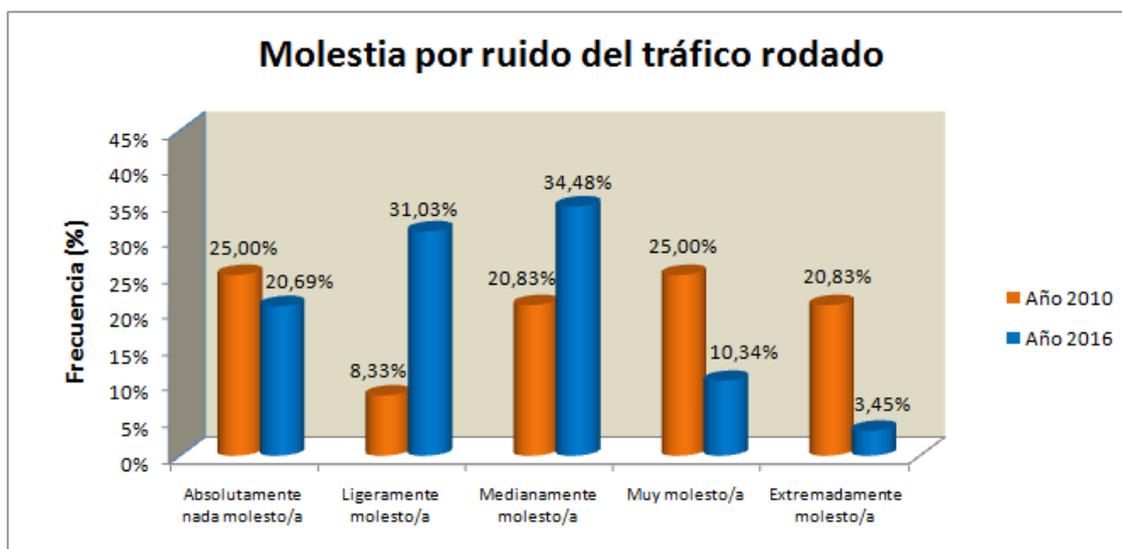


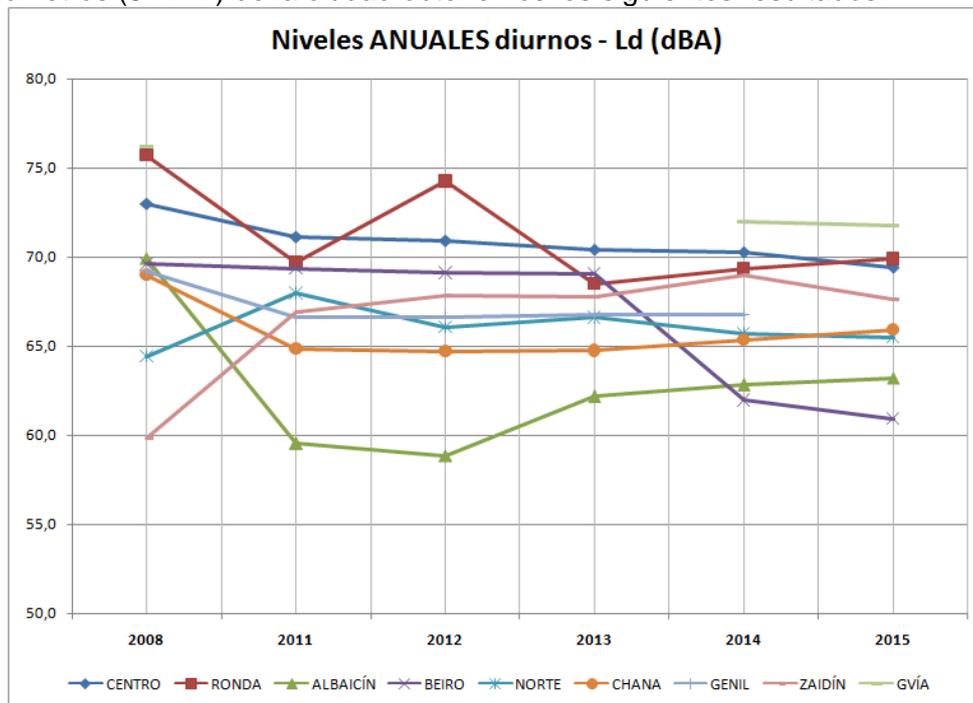
Figura 15: Grado de molestia (%) por tráfico rodado. Zona 30.

## 7. ANÁLISIS DE MEDIDAS ACÚSTICAS DE LARGO PERÍODO. TENDENCIAS

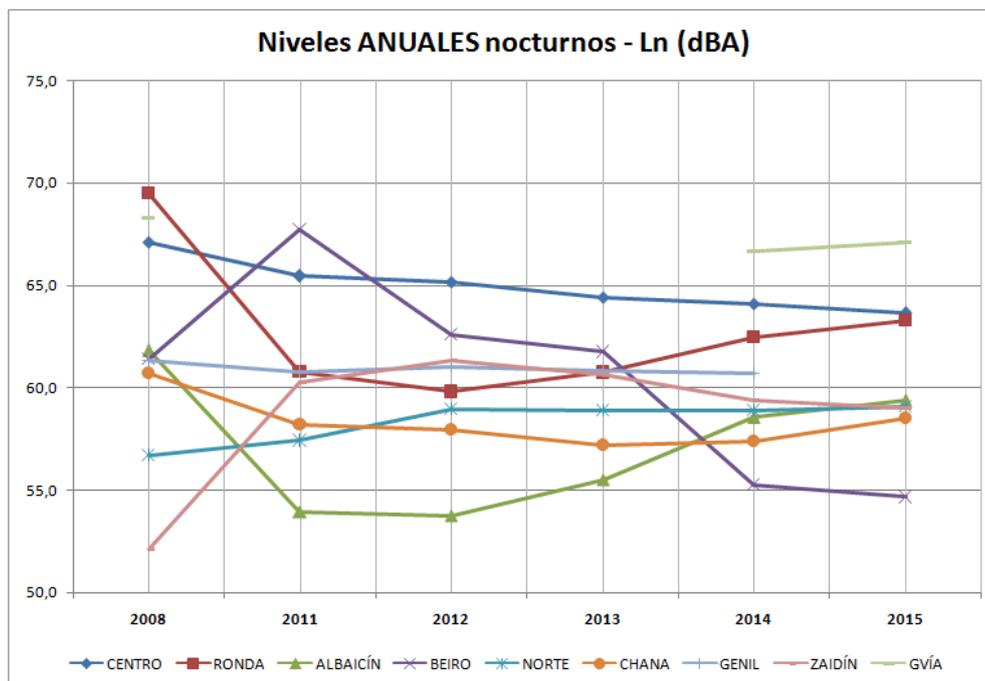
Como se ha comentado anteriormente, en los últimos años se han llevado a cabo en la ciudad de Granada una serie de actuaciones que, ya sea con objetivo de mejora acústica o ya sea con ésta como consecuencia, han producido una variación en los niveles de ruido de distintas zonas, tanto en subida como en bajada.

La intención de Granada y de todas las ciudades de Europa es la reducción de sus niveles de ruido hasta verificar el objetivo recogido en legislación vigente o incluso mejorar esos límites. Gracias a la red de monitoreo permanente (NMT) instalada por el Ayuntamiento de Granada en toda la ciudad, se dispone de una extensa base de datos de niveles sonoros ambientales para el estudio detallado de la evolución y análisis de tendencias del ruido en la ciudad y la determinación del grado de cumplimiento a largo plazo de los objetivos de calidad acústica recogidos en el Artículo 10 del Decreto Andaluz 6/2012.

Representado los niveles medios anuales en las franjas horarias día y noche para todos los sonómetros (8 NMT) de la ciudad obtenemos los siguientes resultados:



**Figura 16:** Evolución del nivel medio anual. Red NMT Granada. Indicador Ld (dBA)



**Figura 17:** Evolución del nivel medio anual. Red NMT Granada. Indicador Ln (dBA)

En las figuras 16 y 17 se puede observar una tendencia general de disminución de los valores experimentales de ruido ambiental de tal modo que observamos, para el conjunto de la ciudad, una evolución lenta y sostenible hacia los valores de cumplimiento de los objetivos de calidad acústica. Esto indica, respaldando los resultados anteriores, que la implantación de medidas en distintas zonas de la ciudad produce una reducción global en los indicadores acústicos y conlleva, a medio plazo, una tendencia positiva hacia el cumplimiento de los objetivos demandados por la legislación.

## 8. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los resultados de evaluación de la evolución acústica de la ciudad de Granada durante los últimos años. En primer lugar se ha investigado la actuación frente al ruido a través de medidas concretas propuestas en el Plan de Acción contra el ruido, denominado LORCA 2013, realizándose una comparación de la situación acústica a través de los dos mapas estratégicos de ruido realizados en la ciudad de Granada en 2008 y en 2016. Posteriormente se ha analizado la molestia frente al ruido ambiental de la población habitante de las zonas reformadas y, por último, se ha procedido a un análisis global de la ciudad en el camino hacia el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica.

Las actuaciones encaminadas al control de accesos de vehículos, peatonalización y reducción de los límites de velocidad producen una disminución real de los niveles de

ruido en las zonas implantadas por lo que se podría concluir que la puesta en marcha de medidas de este tipo es exitosa en cuanto a su dimensión de mecanismo de control y limitación del ruido. No obstante, se ha percibido a lo largo de este estudio que los cambios son más fructíferos cuanto más globalmente se ejecutan, pues la tendencia de la ciudadanía frente a la limitación del uso del vehículo es el cambio de ruta o recorrido, lo que implica una traslación de los altos niveles de ruido de unas calles a otras. Por tanto, se puede concluir que la forma más efectiva de ejecutar reformas con finalidad acústica es llevarlas a cabo de la forma más extensiva posible (como en el caso de la peatonalización del barrio de la Magdalena o la instalación de la Zona 30) pues esto conllevará una menor tendencia al cambio de hábitos de la ciudadanía.

En relación a la valoración de la molestia frente al ruido ambiental que sufre la población de zonas de la ciudad en las cuales que se ha introducido alguna medida para la mejora acústica, se observa que la población tiende a valorar positivamente cualquier reforma que modifique claramente su entorno, lo que implica también una mejora en la valoración del ruido ambiental. Se ha demostrado que la modificación global de calles para su peatonalización provoca una respuesta positiva y global por parte de la población y una disminución de la molestia frente al ruido producido por el tráfico, si bien puede provocar un aumento del ocio nocturno en las calles peatonalizadas que cause molestia al vecindario. Respecto a la instalación de la Zona 30, la valoración de los vecinos indica que existe una menor molestia por parte del tráfico rodado que conlleva una mejor valoración del ruido ambiental en estas zonas si bien la satisfacción global del entorno no ha mejorado.

Aunque las medidas contra el ruido sean implantadas en zonas concretas de la ciudad, la reducción de los niveles de ruido en todas estas zonas contribuye a la tendencia positiva y sostenible hacia el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica que actualmente se verifica en la ciudad de Granada.