

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA  
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

**Master en Ingeniería Acústica**

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Revisión histórica y actualización del  
mapa acústico del centro histórico de  
Gandia”**

***TRABAJO FINAL DE MASTER***

Autor:  
***D. Joaquín López Ibáñez***

Director:  
***D. Juan Antonio Martínez Mora***

***GANDIA, 03/09/2012***



# Revisión histórica y actualización del mapa acústico del centro histórico de Gandia

*Autor:* Joaquín López Ibáñez

*Director:* Juan Antonio Martínez Mora

*Resumen* —A partir de los datos estadísticos sabemos que aproximadamente el 90% de la contaminación acústica proviene del tráfico rodado en nuestras ciudades, se hace evidente que cualquier medida destinada a reducir el volumen de tránsito es, una medida que actúa sobre la principal fuente de ruido y por tanto provocará una disminución de los niveles sonoros que sufre la población.

Muchas y variadas son las iniciativas que pueden aplicarse para reducir el tránsito y, por ende, el ruido en la ciudad: Restricción del número de vehículos privados que se incorporan a la ciudad, promoción de modos de transporte alternativos, especialmente la bicicleta, instalación de pavimento poroso en la calzada, creación de islas acústicas, etc.

La peatonalización de calles o zonas de la ciudad genera superficies considerables de espacio (islas acústicas) donde los niveles de ruido se sitúan en niveles "más saludables". La gestión del tráfico vecinal y de servicios unido a la posibilidad de que en zonas peatonales se instalen ciertas actividades que pueden ser fuentes de ruido (comercios, bares, música callejera, etc.) son aspectos que hay que contemplar como posibles efectos secundarios.

En este trabajo estudiaremos el efecto acústico en el entorno urbano resultado de la peatonalización del centro histórico de Gandia; analizaremos los niveles actuales y los compararemos con los datos de los mapas acústicos del año 1985 y del más reciente del 2004.

*Abstract* — We know from the statistics data that approximately 90% of noise pollution comes from road traffic in our cities, it is evident that any measure taken to reduce traffic volume is a measure that acts on the main source noise and therefore cause a decrease in noise levels experienced by the population Many and varied are the initiatives that can be implemented to reduce traffic and therefore noise in town: Restricting the number of private vehicles that are incorporated into the city, promoting alternative modes of transport, especially cycling, installation porous pavement in the driveway, creating acoustic islands, etc..The pedestrianisation of streets or areas of the city generates considerable areas of space (islands noise) where noise levels are at levels "healthier". Neighbourhood traffic management and service and coupled with the possibility that in pedestrian zones are installed certain activities that may be sources of noise (shops, bars, street music, etc..) Are aspects to consider as potential side effects. In this paper we study the acoustic effect in the urban environment result of the pedestrianisation of the historic centre of Gandia, analyse current acoustic levels and compare them with data from noise maps of 1985 and the latest 2004.

*Autor:* Joaquín López Ibáñez, *email:* joaloib@upv.es

*Fecha de entrega:* 03-09-2012



**ÍNDICE**

<b>I. Antecedentes y Objetivos</b> .....	1
<b>II. Normativa y legislación relacionada con el ruido ambiental</b> .....	4
<b>III. El ámbito de estudio</b> .....	6
III.1. Descripción del Centro Histórico .....	6
III.2. Zona 1: La Vila y Vilanova .....	10
III.3. Zona 2: El Raval y El Prado .....	11
<b>IV. Metodología</b> .....	12
<b>V. Elaboración del Mapa de ruido</b> .....	13
V.1. Condiciones de las mediciones y adquisición de datos .....	14
V.2. Selección de los periodos y tiempo de medida .....	15
V.3. Equipos y recursos utilizados .....	15
V.4. Configuración del sonómetro .....	16
V5. Elaboración del modelo acústico .....	16
V5.1. Datos de entrada para realizar la simulación acústica .....	16
V.5.1.1. Datos relacionados con la fuente de ruido .....	16
V.5.1.2. Datos relacionados con la propagación del ruido .....	17
V.5.1.3. Datos relacionados con el receptor del ruido .....	17
V.6. El software de cálculo Predictor Type 7810 .....	17
V.7. Métodos de predicción de ruido de tráfico rodado .....	18
V.7.1. El método francés XP S 31.313 .....	19
V.8. Entrada de datos al modelo .....	19
V.8.1. Importación de archivos “CAD” .....	20
V.8.2. Importación de archivos “GIS” .....	20
V.9. Introducción de variables en el modelo .....	21
<b>VI. El modelo acústico del centro histórico</b> .....	24
VI.1. Resultados de la modelización .....	26
VI. 2. Validación del modelo acústico .....	28
VI. 2.1. Resultados de las mediciones .....	28
VI. 2.2. Validación de los resultados .....	31
VI. 3. Exportación de los resultados al SIG .....	34

<b>VII. Análisis de los resultados</b> .....	35
VII.1. Valores límites admisibles.....	35
VII.2. Análisis diurno.....	36
VII.3. Análisis nocturno.....	37
VII.4. Valoración de los resultados .....	38
<b>VIII. Revisión histórica de los niveles acústicos</b> .....	40
VIII.1. Mapa acústico de 1985.....	40
VIII.2. Mapa acústico de 2004.....	42
VIII.2.1. La zona de la Vila y Vilanova.....	43
VIII.2.1. La zona del Raval y Prado .....	43
VIII.3. Revisión de los niveles acústicos .....	45
<b>IX. Conclusiones</b> .....	49
<b>Bibliografía</b> .....	51
<b>Anexo I. Mapas acústicos</b> .....	54
<b>Anexo II. Descriptores e indicadores utilizados en acústica ambiental</b> .....	60
<b>Anexo III. Revisión de normativa, legislación y documentos</b> .....	68
<b>Anexo IV. Condiciones atmosféricas durante las medidas</b> .....	75
<b>Anexo V. Resultados de las mediciones</b> .....	77
<b>Anexo VI. Aforo del tráfico rodado</b> .....	84
<b>Anexo VII. Cálculo de la incertidumbre en las medidas</b> .....	88
<b>Anexo VIII. Reportaje fotográfico del entorno del Centro Histórico</b> .....	107

## **I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.**

El medio urbano corresponde al ámbito de convivencia en el cual se desenvuelve la vida de la mayor parte de la población. La calidad ambiental del mismo está supeditada a un gran número de factores que inciden sobre la confortabilidad y salud de las personas, es decir, sobre su bienestar/malestar. Al respecto, uno de los que posee una relevancia indiscutible en dicho entorno es el ruido urbano, cuya importancia se ha visto manifestada a través de crecientes protestas individuales, vecinales y de otros colectivos, y confirmada por estudios de diferentes instituciones y organismos. Está comprobado científicamente que el ruido produce afecciones sobre la salud, diferentes según las características del individuo y culturales, existiendo en cualquier caso una relación causal entre un elevado nivel sonoro y el grado de molestia en los sujetos perceptores.

El ruido se puede definir como cualquier sonido no deseado o aquel calificado como desagradable o molesto por quien lo percibe. De este modo, el ruido ambiental se compone de los diferentes ruidos que podemos encontrar en nuestras ciudades: vehículos, industrias, bocinas, gritos, música, etc.; ruidos que pueden provocar efectos acumulativos adversos, como daño auditivo, estrés, pérdida de la concentración, interferencia con el sueño, entre otros.

La contaminación acústica se define como la interferencia que el ruido provoca en las actividades que realizamos. Para tratar de disminuir sus efectos negativos, las administraciones públicas paulatinamente se van dotando de instrumentos normativos y técnicos orientados a conocer, medir, controlar y sancionar el ruido urbano.

La Comisión Europea lleva tiempo impulsando el desarrollo sostenible de las áreas urbanas, consciente de que es en ellas donde se concentra más población y los problemas ambientales afectan más a su salud y calidad de vida, puesto que se trata de los entornos en los que las personas desarrollan su vida laboral y actividades de ocio. En este contexto, la Campaña de Ciudades Europeas Sostenibles (Carta de Aalborg, 1994) hace una referencia expresa al ruido.

La transposición al ordenamiento nacional español de la normativa europea (Directiva 2002/49/CE, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental)[12], se ha materializado en el ámbito estatal en la Ley 37/2003, del Ruido [6] y a nivel C.A. Valenciana en la Ley 7/2002[9], las cuales permiten abordar los problemas del ruido urbano, ambas leyes introducen, la elaboración de mapas de ruido según métodos de evaluación comunes a los Estados miembros de la U.E., para determinar la exposición de la población al ruido ambiental, así como poner a libre disposición la información sobre éste y sus efectos.

Son las administraciones locales las que se enfrentan más directamente al problema. La existencia de un mayor grado de sensibilidad social hacia el ruido urbano (manifestada, por ejemplo, en que gran parte de las denuncias medioambientales que reciben los ayuntamientos tienen como causa: las molestias por contaminación acústica), han propiciado la aparición de

iniciativas municipales variadas como la promulgación de ordenanzas, la elaboración de mapas acústicos, redes de vigilancia e información, los planes estratégicos para la reducción de la contaminación acústica, programas de apantallamientos, campañas de concienciación, además de diversos eventos tales como seminarios, jornadas, congresos, encuentros y reuniones acerca de la contaminación acústica en las ciudades. Por otra parte, los Planes Generales de Ordenación Urbana (PGOU) ya incluyen criterios acústicos para el diseño urbanístico.

En el año 1981 coincidiendo con la elaboración de un nuevo PGOU, y ante la problemática que se planteaba en el Centre Històric, el Ayto. de Gandía inició la redacción del Pla Especial de Revitalització i Millora del Medi Urbà (PERIMMU)[3], que se aprobó definitivamente en el año 1984.

El objetivo genérico del PERIMMU (todavía vigente) es la protección del medio ambiente urbano y la conservación del conjunto urbano histórico artístico y como objetivos específicos plantea los siguientes:

- a) Evitar la pérdida de población del Centro Histórico.
- b) Conservar la trama urbana histórica y el patrimonio edificado.
- c) Mejorar las condiciones ambientales del medio urbano.

En el año 1989 como resultado de un convenio de colaboración entre la Generalitat Valenciana y el Ayto. de Gandía, se elabora el Programa de Renovación de la Ciudad Medieval de Gandía (PRU) [4] que incluía el barrio de la Vila y el de la Vila Nova. En el año 1990 se inicia la primera fase de las actuaciones del PRU ; en el año 1992 se aprueba la segunda fase y se declara de interés histórico-artístico y ambiental y en el año 1995 se amplía el ámbito de actuación del PRU[4], incluyendo acciones en El Raval y en L'Eixample.

A diferencia del PERIMMU, que tiene un carácter básicamente regulador, el PRU es un programa de actuaciones concretas y donde se habilitan instrumentos de financiación específicos.

Las actuaciones del PRU se han centrado, y se centran, en tres ámbitos concretos:

- a) Rehabilitación y adecuación de fachadas, cubiertas, viviendas y bajos comerciales.
- b) Adecuación y mejora de la infraestructura urbanística existente; tráfico rodado y aparcamientos; calles de uso preferentemente peatonal; actividades y usos permitidos.
- c) Rehabilitación de edificios monumentales y singulares y dotación de equipamientos sociales y comunitarios.

Desde hace años existe gran interés por valorar y reducir la contaminación acústica que afecta o puede afectar a la calidad de vida de las personas y su entorno, la ciudad de Gandía como entorno urbano de dimensión media tiene este problema y muestra de ello es la elaboración de su primer

mapa acústico que se realizó en el año 1985, siguiendo un método experimental y un segundo mapa acústico realizado en el año 2004. Desde esta fecha hasta ahora no ha habido más actuaciones directas para reducir los niveles acústicos a excepción de la reordenación del tráfico y la peatonalización del Centro Histórico (de forma abreviada C.H.).

Es evidente que en el entorno urbano, cualquier medida destinada a reducir el volumen de tránsito es, a la vez una medida que actúa sobre la principal fuente de ruido.

Muchas y variadas son las iniciativas que pueden aplicarse para reducir el tránsito y, por ende, el ruido en la ciudad: Restricción de vehículos privados que se incorporan a la ciudad, promoción de modos de transporte alternativos, especialmente la bicicleta, instalación de pavimento poroso en la calzada, creación de islas acústicas, etc.

La peatonalización de calles o zonas de la ciudad genera superficies considerables de espacio (islas acústicas) donde los niveles de ruido se sitúan en niveles “más saludables”. La gestión del tráfico vecinal y de servicios y la posibilidad de que en zonas peatonales se instalen ciertas actividades que pueden ser fuentes de ruido (comercios, bares, música callejera, etc.) son aspectos que hay que contemplar como posibles efectos secundarios no deseados.

Las consecuencias de la creación de este tipo de calles han sido analizadas en numerosos estudios, tanto desde el punto de vista de sus efectos positivos como de los negativos.

Entre los positivos se encuentran la disminución del ruido, la contaminación y el reforzamiento de ciertas actividades comerciales o turísticas y, sobre todo, la revitalización del centro y su recuperación para los peatones como elemento clave de la identidad urbana.

Las consecuencias no deseables también han sido largamente documentadas: las peatonalizaciones contribuyen a producir cambios en los usos del suelo, en particular pueden producir la expulsión de usos residenciales, la modificación y especialización de las tipologías comercial y residencial; y, en ausencia de políticas generales de tráfico, significan el desplazamiento de los conflictos hacia los bordes del área peatonalizada.

El objetivo de este trabajo es el estudio y valoración acústica de las actuaciones progresivas y en distintas fases en el ámbito del C.H. de Gandia tendentes a la recuperación de espacios para los ciudadanos en base a peatonalizaciones, que han supuesto claramente una reducción del tráfico rodado así como de la oferta de aparcamiento de superficie. Dada la relación directa entre los niveles de tráfico y los niveles de contaminación acústica en el ámbito urbano, es de esperar en principio una reducción significativa de los niveles de contaminación acústica, pero en contraposición, la peatonalización ha supuesto un incremento de la actividad comercial y de los locales de ocio, así como la incorporación de nuevos elementos de movilidad como las líneas de autobuses interurbanos, bicicletas, etc., incorporados para facilitar la movilidad urbana. Por otra parte la reducción del tráfico en el C.H. ha supuesto ineludiblemente un incremento de tráfico en

las vías perimetrales del mismo y consecuentemente una variación de los niveles acústicos ambientales.

Para obtener conclusiones, en una primera fase se elabora el modelo la zona de estudio y se simula con un software de predicción acústica *Predictor* (B&K)[38], en una segunda fase se realiza una campaña de medidas acústicas para validar el modelo, se elabora el mapa acústico del C.H., se analizan los resultados y finalmente se comparan los resultados obtenidos con los disponibles en el Mapa Acústico de Gandía del año 1985 [1] y del año 2004[2], dos periodos no solo distantes en el tiempo, sino también en costumbres y sobre todo en concienciación ante los problemas medioambientales y cambios significativos en el parque de automóviles, crecimiento urbano, movilidad del tránsito, etc.

## **II. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN RELACIONADA CON EL RUIDO AMBIENTAL**

Aunque es en la Directiva Europea de 2002 [12] donde se asientan las bases para la armonización, métodos de cálculo y evaluación y requisitos mínimos para la elaboración de los mapas de ruido, existen numerosos documentos normativos y legislativos relativos a la contaminación por ruido ambiental que preceden a dicha Directiva. Algunos de los documentos europeos más relevantes son:

- Libro Verde de la Comisión Europea de 1996 sobre la política futura de lucha contra el ruido [15].
- Normas ISO relacionadas con las mediciones y equipos acústicos.
- Normativas relacionadas con emisiones sonoras de diferentes fuentes de ruido.
- Documentos elaborados por Comités Técnicos y Grupos de Trabajo europeos.
- Documentos elaborados por la Organización Mundial de la Salud [34].

En el ámbito nacional y autonómico, también existen diversos documentos relacionados con la contaminación por ruido ambiental, tales como:

- Transposiciones a normas españolas de las normas europeas.
- Ley 37/2003 del Ruido.
- RD 1513/2005 sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental [7].
- RD 1367/2007, de Zonificación Acústica, Objetivos de Calidad y Emisiones Acústicas [8].
- Ley 7/2002, de protección contra la contaminación acústica [9].

- Decreto 266/2004, de la Conselleria de Territorio y Vivienda, Prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades... [10].
- Decreto 104/2006, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica [11].
- Ordenanzas Municipales.

Actualmente, además de la Directiva Europea , existen una serie de documentos clave sobre los mapas de ruido, tales como:

- Relativos al proyecto IMAGINE que tratan sobre la experiencia recogida en Europa sobre la realización de mapas de ruido.
- Relativos al proyecto HARMONOISE que tratan sobre la armonización de métodos predictivos de cálculo de ruido.
- Relativos al proyecto GIpSynoise que tratan sobre la cartografía y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) relacionados con mapas de ruido.
- De la Agencia Ambiental Europea (EEA).
- Del Grupo de Trabajo de Evaluación de la Exposición al Ruido (WG-AEN)[18].

Dicho Grupo ha desarrollado uno de los documentos más influyentes, llamado Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure (GPG) [18], además del informe relativo a la presentación de los mapas de ruido y la información al público [19].

### III. EL ÁMBITO DE ESTUDIO.

El municipio de Gandía se encuentra en el sureste de la provincia de Valencia, dentro de la comarca de la Safor (de la que es capital funcional).

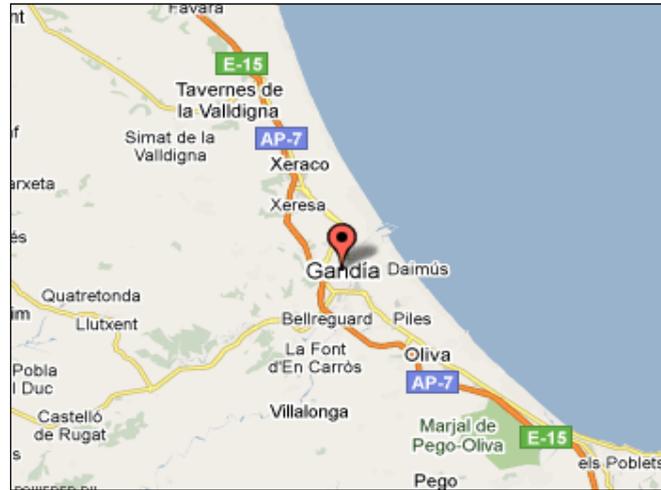


Fig.1. Mapa de situación de la ciudad de Gandía.

La ciudad de Valencia se sitúa al norte a unos 70 km, estando conectada con Gandía a través de la autopista AP-7 y la carretera N-332. Esta última atravesaba el núcleo principal de la ciudad en sentido norte-sur hasta la construcción de la circunvalación que permite desviar el tráfico de paso fuera del ámbito urbano. También es importante la conexión ferroviaria con Cercanías de RENFE, exactamente la línea C-1 de la red de Cercanías de Valencia.

El municipio de Gandía cuenta con una población residente total de 82.201 habitantes, según el padrón municipal del 2010. Sin embargo, es necesario destacar la acusada variación de población que sufre el municipio en función de la época del año ya que durante la época estival la población duplica a la población residente durante todo el año.

#### III.1 DESCRIPCIÓN DEL CENTRO HISTÓRICO.

La zona objeto de este estudio abarca el centro histórico de casco urbano de Gandía, está formado por cuatro zonas o barrios con características urbanísticas diferenciadas:

- a) **La Vila**, el barrio de origen medieval contenido en el primer recinto amurallado (s. XIII-XIV), con una superficie de 137.639 m<sup>2</sup>.
- b) **La Vila Nova**, el barrio renacentista ceñido en el segundo recinto amurallado (s. XVI), con una superficie de 78.691 m<sup>2</sup>.
- c) **El Raval**, el barrio medieval extramuros: la Morería i la Judería, coetáneo de la Vila y con una superficie de 83.680 m<sup>2</sup>.

d) *L'Eixample (Zona Prado)*, el ensanche urbano de finales del siglo XIX, superficie de 111.040 m<sup>2</sup>.

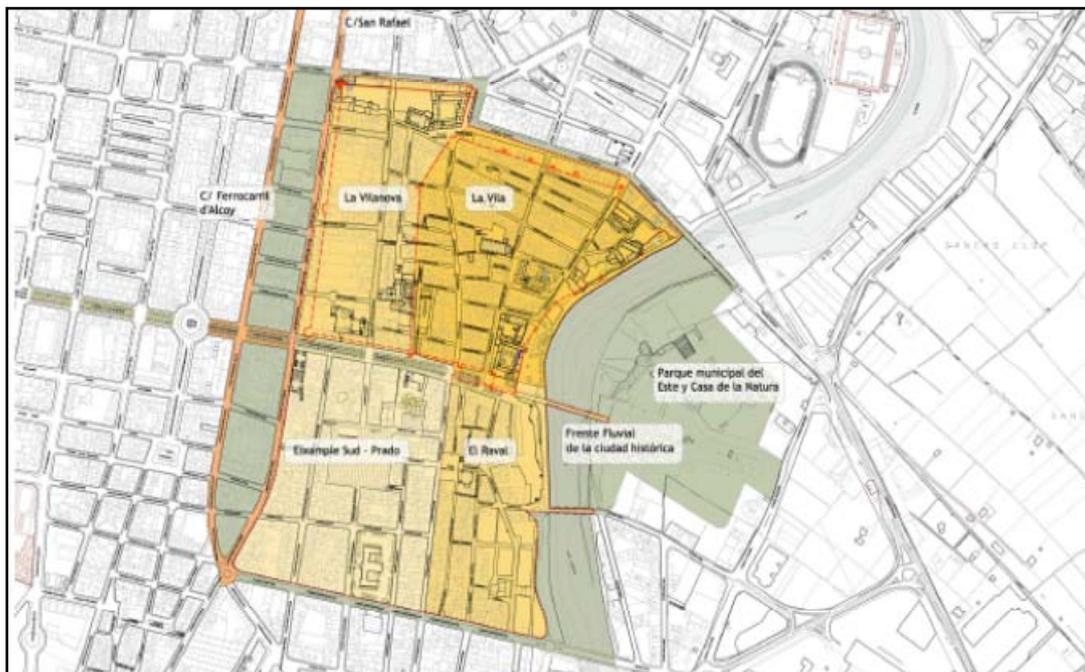


Fig. 2. Mapa del Centro Histórico de Gandía y su área de Influencia.

Cada uno de estas zonas posee un conjunto de ejes o áreas de concentración comercial, coincidentes con las principales vías de comunicación, que suelen ser, por lo general, los principales elementos configuradores de la trama urbana.

El C.H. constituye el área principal de servicios de la Ciudad, conviviendo el uso residencial con el comercial y de servicios, con una estructura urbanística densa.

Este ámbito tiene un **carácter claramente comercial** conviviendo con el residencial, siendo uno de los principales centros de atracción no solo de residentes en Gandía sino de los municipios cercanos. Además, en el mismo se sitúan edificios como son el Ayuntamiento, el Palacio Ducal así como varios colegios.

**La peatonalización** de la práctica totalidad de las calles C.H. ha logrado crear un continuo urbano peatonal accesible.

El firme de las calles peatonalizadas se han llevado a cabo mediante baldosas de piedra natural. En los casos de calles de coexistencia con tráfico rodado se han diferenciado las bandas de paso exclusivo de peatones, materializadas con piedra natural, de la banda central para tráfico rodado restringido, que es de adoquines de hormigón. Las calzadas de las calles no peatonalizadas es de asfalto.

Las calles son de dimensiones ajustadas en la trama histórica, no concebida originariamente para el paso de vehículos motorizados y mucho menos para albergar el estacionamiento de los mismos.

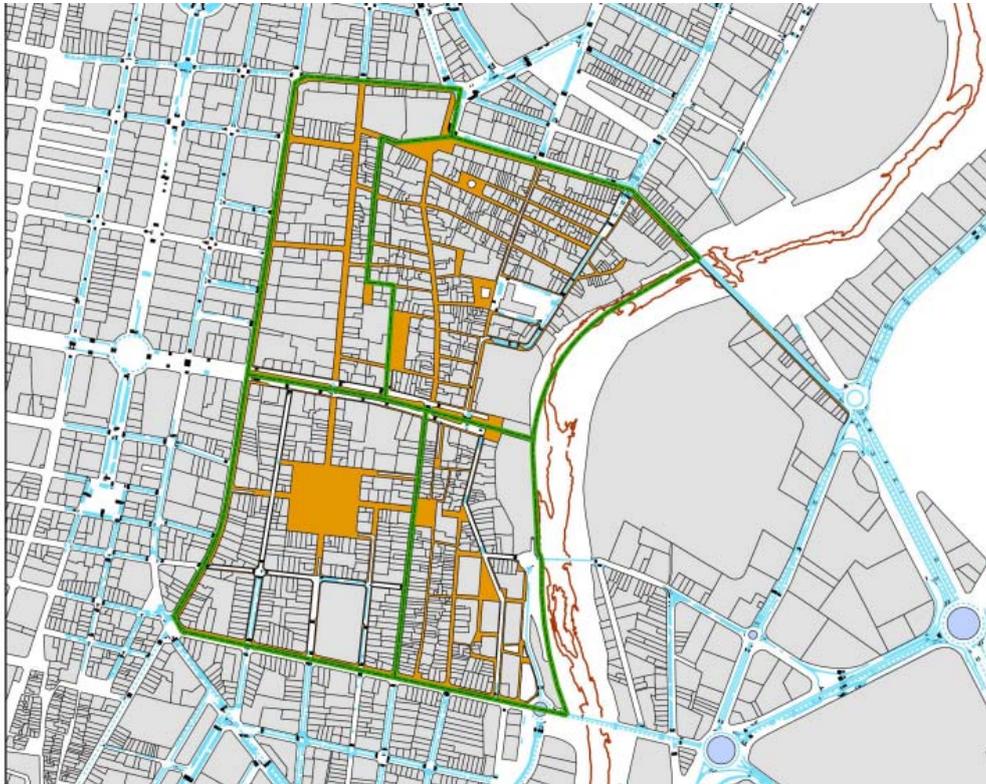


Fig.3. Plano de las calles Peatonales del Centro Histórico (color naranja).

En los barrios de ensanche la sección viaria es mayor, diseñadas teniendo en cuenta las necesidades de circulación y estacionamiento, pues los criterios higienistas que se aplicaron y la mayor altura de las edificaciones, implicaron una mayor anchura en las calles, aunque se dio prioridad a la movilidad motorizada. Esto supuso, a nivel general, una reducción del espacio para caminar, minando la presencia de arbolado y, en general, las condiciones de habitabilidad. Este tipo de calles poseen uno o dos carriles para circulación de vehículos, bandas de aparcamiento a ambos lados de la calzada y aceras de anchuras exiguas, aunque algo mayores a las del casco antiguo

La estructura del viario en el C.H. se desarrolla a través de las calles que rodean el área peatonal con la única excepción del Passeig de les Germanies que divide las dos zonas peatonales principales, la del C.H. y la que se extiende alrededor de la Plaza del Prado.

Los ejes viarios principales son:

- Por el norte la avenida d'Alacant de sentido único en dirección salida sureste.
- Al oeste del C.H. la C/ de Sant Rafael también de sentido único y dirección norte.
- Al este la C/ Carmelita Rita y Duc Alfons el Vell de sentido único y dirección sur.
- Al sur la Avda. del Raval, de sentido único y dirección oeste.



Fig. 4. Sentidos de circulación y área peatonal.

### III.2. ZONA 1: LA VILA Y VILANOVA.

El área peatonal principal del CH se sitúa en la zona de la Vila y la Vilanova y se desarrolla alrededor de la plaza del Ayuntamiento y la C/ Mayor. Dicha área peatonal está delimitada por C/ Sant Rafael al oeste, Passeig de les Germanies al sur, el río al este y la C/ Alzira y la carretera de Alicante al norte. Alrededor de la Plaza del Prado tras el Paseo de Germanies también se desarrolla otra importante área peatonal conectada con la anterior (Fig.4)

1.- Viario: Comprende un conjunto de calles dispuestas en torno a edificios antiguos, algunas de ellas con un ancho de sección reducido, y que sirven de nexo de unión entre 3 plazas importantes: Pl.de la Vila, Pl. Mayor y Pl. de Escuelas Pías. La mayoría han sido peatonalizadas, dejando un eje norte-sur con calles de uso mixto con segregación de usuarios, y de único sentido para el tráfico rodado.

2.- Accesibilidad. Las principales vías de acceso son:

- Por el norte, Pl. de Escuelas Pías, facilita el acceso peatonal desde Marqués de Campo. Es allí donde se establece el nexo de comunicación con otros itinerarios, principalmente, el de Pl. Parc de l'Estació , y el de Benissuai-Avda. Valencia .

- Por el sur, Calle Mayor y Calle Duc Alons el Vell, compartida ésta última vía con el tráfico rodado, con lo que se dispone de una acera de 4m de ancho en el margen oeste. Por estas calles se conecta con otro itinerario peatonal importante: El Passeig Germanies.

3.- Peatonalización: Toda el área esta peatonalizada, a excepción de la C/ Carmelita Rita, Plaça de la Vila y C/ Dels Arcs. Las Calles Duc Alfons el Vell, Sant Pascual-Alcalá de Olmo son calles que comparten el tráfico rodado, con pavimento de adoquín de hormigón.

4. Tráfico: El tráfico de la zona presenta importantes flujos de vehículos atravesando el CH por la C/ Carmelita Rita-Duc Alfons el Vell y en el entorno del Centro Histórico por la C/Sant Rafael, C/Sant Vicente, C/Alzira y Avda. de Alacant.

Los flujos de tráfico principales que se producen en los viarios del centro urbano, en un gran porcentaje son provocados por los siguientes motivos:

- Tráficos de paso, que pretenden cruzar la ciudad.
- Tráficos internos cuya atracción es principalmente el centro histórico.

Esta zona es una de las que tiene una mayor densidad de zonas de carga y descarga de toda Gandia debido a su enorme peso comercial, sobretodo de pequeños y medianos comercios minoristas.

5.- Actividad: La presencia mayoritaria del pequeño comercio y la restauración.

6.- Transporte público: Las líneas 3 y 4 circulan por las calles no peatonalizadas en sentido sur y tienen parada en Carrer Germana Carmelita Rita.

7.- Parking próximo: El principal parking se encuentra al final de Passeig Germanies, junto el río Serpis, subterráneo y se accede desde el mismo a través de la C/ Duc Alfons el Vell, a 150 metros.

El Paseo de Germanías atraviesa el ámbito separando las dos áreas peatonales principales. Esta Avda. es de doble sentido con un importante bulevar central a todo lo largo de la Calle. En el fondo de esta Avda. y apoyado en el Río se encuentra el parking de Río Serpis con entrada y salida a esta Avda.

Las entradas del Paseo de Germanies son las calles:

- C/ Canonge Noguera rodea el área peatonal sur (El Raval). Esta calle es de sentido único de entrada al Paseo de Germanies desde la C/ Oliva y la circunvalación sur.
- Las calles Duc Alons el Vell y Carmelita Rita. ~~Estas dos calles~~ rodean por el borde del río al C.H. Son de único sentido conectando la Avda. de Alacant con el Passeig de les Germanies.

- En el ámbito sur (área de Plaza del Prado) son importantes la calle Morán Roda de único sentido y de entrada al Passeig de les Germanies y C/ dels Pellers pero en este caso de salida.

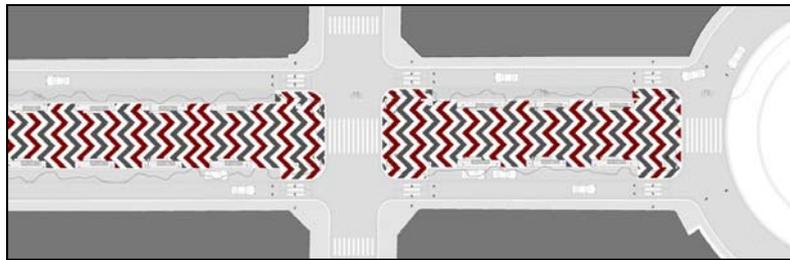


Fig. 5. Configuración viaria del Passeig de les Germanies

### III.3. ZONA 2: EL RAVAL Y EL PRADO.

El Raval se sitúa al sur del Paseo Germanías, limitando con el río Serpis al este y la calle Sant Vicent Ferrer al oeste.

El polo de centralidad de la zona lo constituye la Plaza del Prado, reurbanizada como consecuencia de la creación de un aparcamiento subterráneo bajo la misma.

Los principales ejes comerciales de esta zona son, además de la Avda. del Raval y la C/ Sant Vicent Ferrer, la C/ Vallier y la C/ Rausell, esta última de conexión entre el Paseo Germanías y la Plaza del Prado.

1.- Viario: Constituye un conglomerado más sencillo en torno a la Plaza del Prado con múltiples calles de acceso. Se ha peatonalizado recientemente gran parte del viario y se ha restringido considerablemente el acceso de tráfico rodado.

2.- Accesibilidad: El área está próxima al Passeig Germanies, que se sitúa al norte, y conecta fácilmente a través de Russell, Pellers y Canonge Noguera, con su itinerario peatonal.

3.- Peatonalización: El barrio del Raval está totalmente peatonalizado, se caracteriza por calles estrechas hasta el punto en que no constituye un obstáculo considerable para el tránsito rodado. El Eixample Sud (Prado), está peatonalizada la Plaza y las calles que convergen a ella. La calle Pellers comparte el tráfico peatonal con el tráfico rodado, el resto de calles no está peatonalizadas.

4. Tráfico: La C/ Pellers que atraviesa la zona de norte a sur, es de las calles interiores, la presenta una mayor densidad de tráfico rodado. La mayor densidad de tráfico El tráfico en el entorno: C/ Canonge Noguera, C/ Vora Riu, Avda del Raval y C/ de Sant Vicent Ferrer.

5.- Actividad: La presencia mayoritaria de la restauración, bares, pubs y pequeño comercio.

6.- Transporte público: Las líneas 3 y 4 tienen parada al final del Passeig Germanies, a 300 m de la Plaza del Prado.

6.- Parking próximo: El principal parking subterráneo se sitúa en la Plaza del Prado.

#### IV. METODOLOGÍA.

La realización de este trabajo se ha estructurado conforme a las siguientes tareas fundamentales:

- Obtención de cartografía digital (Servicio Cartográfico del Ayto. de Gandia) y pre proceso de la misma.
- Obtención del Ayto. de Gandia de los datos de niveles sonoros urbanos del municipio, basados en dos estudios: el primero, del año 1985, realizado por D. José Romero Faus denominado Investigación Sobre el Ruido Ambiental de Gandia (Medida de Niveles Acústicos y su Relación con el Tráfico y con la Respuesta Subjetiva) [1] y el segundo el Mapa Acústico de Gandia de 2004[2], realizado por la empresa Acusttel a petición del Ayto. ambos han constituido la fuente de información fundamental para la realización de este estudio.
- Transposición e integración de los datos procedentes de estos estudios a un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS)[14].
- Determinación de los puntos de medida en la zona del ámbito de estudio.
- Elaboración del modelo para la predicción acústica del ámbito de estudio.
- Modelización con el software de predicción acústica Predictor de la casa Brüel & Kjaer[38].
- Medidas de campo para la validar el modelo.
- Análisis de los datos de los parámetros acústico empleados en la acústica ambiental y cálculo de la incertidumbre de las medidas.
- Realización de representaciones gráficas y cartográficas para visualizar la información geográfica sonora por periodos relevantes.
- Aplicación de los procedimientos de manipulación y tratamiento de la información mediante SIG (ArcGIS)[14] y técnicas estadísticas (SPSS y Excel). Obtención de estadísticos descriptivos, para el centro histórico de Gandia con vistas a caracterizar y comparar el ambiente acústico y su evolución con el tiempo.
- Caracterización estadístico-cartográfica de los niveles de ruido ( $L_{Aeq}$ ), para el conjunto de la ciudad y sus distritos, por periodos temporales (día-noche).
- Estudio de los niveles sonoros más severos, por periodos día-noche, mediante indicadores estadísticos, cartografía y búsquedas temáticas con SIG.
- Comparación de los datos medidos con los mapas acústicos de los años 1985 y 2004.
- Obtención de conclusiones metodológicas y empíricas.

## V. EL MAPA DE RUIDO DEL CENTRO HISTÓRICO.

Los mapas de ruido son una fuente de información geográfica susceptible de representar la realidad sonora de un espacio determinado, por medio de algún indicador del ruido ambiental, éstos suelen consistir en el cálculo de una media de los distintos niveles sonoros registrados a lo largo del tiempo en un punto, para obtener un nivel sonoro continuo equivalente ( $L_{Aeq}$ ). Éste identifica el nivel de un hipotético sonido continuo que, en el mismo intervalo de tiempo de referencia, contiene idéntica energía sonora total que el sonido discontinuo o fluctuante que se ha medido en el punto. Es equivalente, pues, en términos de contenido energético, al ruido real; se mide la energía sonora total en un periodo de tiempo y se representa con un solo número. Su concordancia con la respuesta subjetiva humana al sonido es bastante alta y por tal motivo es el índice considerado en este estudio.

Partiendo de la proliferación de modelos matemáticos de predicción de ruido, a partir de los años 90 se dispara la utilización de programas de simulación de ruido en ambientes exteriores. Aunque la Directiva Europea de ruido ambiental establece que los mapas de ruido se realizarán mediante métodos de medición o métodos de cálculo, es muy común basar la realización de un mapa en técnicas de simulación, validando los resultados mediante medidas experimentales. De esta manera, la DE, establece los siguientes métodos de cálculo para las diferentes fuentes de ruido:

- Ruido Industrial: ISO 9613-2 [29]. De forma complementaria, recomienda la obtención de datos mediante otras recomendaciones internacionales.
- Ruido de aviones: ECAC.CEAC 1997.
- Ruido de tráfico rodado: método francés NMPB-Routes-96 [35].
- Ruido de trenes: método holandés RMR 1996, que posteriormente fue actualizado.

### V.1. *CONDICIONES DE LAS MEDICIONES Y ADQUISICIÓN DE DATOS.*

Todas las mediciones se han realizado de acuerdo a la norma ISO 1996/2 [26]. El micrófono se sitúa a 1,5 m de altura sobre el nivel del suelo, manteniendo una distancia mínima de 3,5 m. de una superficie reflectante distinta del suelo.

Antes de realizar las medidas el sonómetro fue revisado y calibrado. El micrófono se protegió en todas las mediciones con una pantalla antiviento para minimizar el efecto de los vientos suaves. También se registraron la temperatura y humedad relativa ambiente. No se realizaron mediciones en condiciones climáticas adversas como lluvia y viento.

Además de las mediciones, se registraron datos particulares de cada punto y cada medida, tales como: fuentes de ruido del entorno, características de la vía, número y tipo de vehículos, etc. Todos

estos datos se consideran fundamentales para comprender, valorar y predecir el ambiente sonoro de una zona determinada.

Los indicadores aplicados en la elaboración del mapa de ruido han sido  $L_{día}$  (indicador de ruido para el periodo diurno de 8 a 22 H ponderado A),  $L_{noche}$  (indicador de ruido para el periodo nocturno de 22 a 8 H ponderado A). Si bien la Directiva 2002/49/CE [12] establece que todos los indicadores han de evaluarse a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo, han sido evaluados a una altura de 1,5 m, para compararlos con las mediciones del año 1985 y 2004 realizadas a esta altura.

Los parámetros medidos en cada punto fueron:

Acústicos:

- $L_{Aeq}$ : Nivel de presión sonora equivalente.
- Percentiles:  $L_1$ ,  $L_5$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$  y  $L_{99}$ .
- $L_{max}$ : Nivel sonoro máximo.
- $L_{min}$ : Nivel sonoro mínimo

No acústicos:

- Número y porcentaje de vehículos ligeros
- Número y porcentaje de vehículos pesados
- Incidencias relevantes

Otros datos:

- Características de la vía: Tipo de vía, tipo de pavimento, pendiente de la calle, cercanía de semáforos, etc.
- Emplazamiento exacto del punto de medida (Coordenadas UTM)
- Otras descripciones relevantes de la zona.

## V.2. SELECCIÓN DE LOS PERIODOS Y TIEMPO DE MEDIDA

Los periodos de referencia considerados en el cálculo, van a marcar las horas para las cuales se calculan los indicadores de ruido ( $L_{día}$ ,  $L_{noche}$ ). De este modo, utilizando índices integrados sobre 24 horas, se podrán tener en cuenta las diferentes exigencias de calidad ambiental sonora en función de los diferentes periodos de actividad.

Los periodos temporales de evaluación utilizados en el estudio vienen definidos en el Anexo I del Ley 7/2002, de 3 de diciembre de la Generalitat Valenciana , siendo:

- Día: Periodo comprendido entre las 8:00 y las 22:00 H.
- Noche: Periodo comprendido entre las 22:00 y las 8:00 H.

El periodo de medida suele tener un valor que varía entre los 5 y 15 minutos y excepcionalmente 20 min. El periodo de duración de la muestra de cualquiera de los tres intervalos mencionados, no influye en forma apreciable en los valores obtenidos en los diferentes índices, pero el error aumenta cuando disminuye la densidad tráfico o si el tráfico se ve perturbado por el paso de vehículos pesados o motocicletas.

Por este motivo, y debido a la diversidad de densidad de tráfico y tipo de vehículos, tanto espacialmente como temporalmente, se ha optado por utilizar un tiempo de medida en cada periodo de medición diurno y nocturno de 10 minutos.

### V.3. EQUIPOS Y RECURSOS UTILIZADOS.

Un Sonómetro Integrador Clase 1, marca *Bruel & Kjaer* modelo 2260, número de serie 2305156, con micrófono marca *Bruel & Kjaer*, número de serie 2294165.

Un calibrador acústico marca *Bruel & Kjaer* modelo 2260, tipo 4231 número de serie 2309011.

Condiciones meteorológicas: Termo higrómetro digital KESTREL modelo K3000 y el anemómetro digital KESTREL modelo K3000

Software: Programa ARCGIS (Geographic Information System)[14], programa PREDICTOR TYPE 7810 de B&K [38]: software de simulación acústica, Programa EVALUATOR de B&K: software de evaluación del ruido ambiental, Programa de análisis estadístico STATGRAPHICS Centurión.

Medios Humanos: Las mediciones han sido realizadas por el que suscribe.

### V.4. CONFIGURACIÓN DEL SONÓMETRO.

- El tiempo de medida ha sido fijado en 10 minutos. Establece un compromiso entre medidas de tráfico con densidad media-alta de vehículos (5 minutos) y medidas de tráfico con baja densidad de vehículos (15 minutos). Estos límites vienen dados por la necesidad de promediar un número suficiente de muestras.
- Ponderación AC para banda ancha y C para picos.
- Corrección por pantalla anti-viento.
- Modo de respuesta Fast.
- Obtención de percentiles, para poder realizar el cálculo de incertidumbres posteriormente. En este caso se han obtenido los niveles percentiles  $L_1$ ,  $L_5$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$  y  $L_{99}$ ...

## *V.5. ELABORACION DEL MODELO ACÚSTICO.*

Para obtener un mapa de ruido fiable, es necesario elaborar un buen modelo para reducir los errores. A continuación se describe la metodología para elaborar el modelo, así como realizar la calibración del modelo acústico mediante mediciones de ruido.

### *V.5.1. DATOS DE ENTRADA PARA REALIZAR LA SIMULACIÓN ACÚSTICA*

En un intento por armonizar la elaboración de los mapas de ruido, se ha creado un Grupo de Trabajo Europeo que crea la guía **GPG** [18]. En dicha guía se establecen una serie de recomendaciones a seguir para la correcta elaboración de los mapas. Entre otras cosas, se establecen valores por defecto y soluciones alternativas para la obtención de los datos necesarios para la realización de los mapas.

Dichos datos, se pueden dividir en tres grandes grupos:

- Datos relacionados con la fuente de ruido.
- Datos relacionados con la propagación del sonido.
- Datos relacionados con el receptor de ruido.

#### *V.5.1.1. DATOS RELACIONADOS CON LA FUENTE DE RUIDO.*

En este apartado, se tienen en cuenta los datos relacionados con tráfico rodado, ferroviario e industrial:

- Flujo de tráfico para cada tramo horario.
- Velocidad media del tráfico para cada tramo horario.
- Composición del tráfico y de la velocidad para cada tramo horario.
- Tipo de superficie de la carretera.
- Fluctuaciones de velocidad en los cruces.
- Pendiente de la carretera.
- Potencia acústica de trenes, tranvías o trenes ligeros.
- Velocidad de los trenes o tranvías.
- Potencia acústica de las fuentes de ruido industriales.

#### *V.5.1.2. DATOS RELACIONADOS CON LA PROPAGACIÓN DEL SONIDO.*

Estos datos están relacionados con los obstáculos acústicos y las condiciones que influyen en la propagación del sonido:

- Elevación del terreno en las cercanías de la fuente.
- Zanjas, terraplenes y desniveles.
- Tipo de superficie del terreno.
- Altura de barreras en las cercanías de las carreteras.
- Altura de los edificios.
- Coeficiente de absorción sonora de edificios y barreras.
- Frecuencia de condiciones de propagación sonora favorables.
- Humedad relativa y temperatura.

#### V.5.1.3. DATOS RELACIONADOS CON EL RECEPTOR DEL RUIDO.

La finalidad de estos datos es cuantificar el número de población expuesta a determinados niveles de ruido:

- Asignación de la población en edificios residenciales.
- Determinación del número de viviendas por cada edificio residencial y del número de habitantes por cada vivienda.
- Asignación de los niveles de ruido a los residentes de edificios con varias localizaciones de viviendas.

#### V.6. *EL SOFTWARE DE CÁLCULO PREDICTOR TYPE 7810*

PREDICTOR [38] es un software de cálculo y presentación de niveles de exposición al ruido ambiental, calcula la propagación sonora en exteriores tomando en consideración los distintos objetos que pueden encontrarse en el camino de la propagación sonora, además de las características del terreno, como topografía, tipos de suelo y efectos meteorológicos. Incluye avanzada manipulación automatizada de datos, manejo de datos gráficos y permite al usuario realizar de manera eficiente y precisa cálculos de los niveles de ruido utilizando datos existentes, sin la necesidad de utilizar otro software, como los sistemas de información geográfica o programas de manejo de planos.

##### **Modelos de propagación y predicción:**

Dependiendo de la opción específica que es elegida, el algoritmo para el cálculo de la propagación sonora desde una fuente hacia un receptor en un modelo, es basada en distintas normas y estándares, las cuales se enumeran a continuación.

- ISO 9613-1 y 9613-2 Industrial. Método Internacional para propósitos generales (Octava y 1/3 octava)[28][29].

- ISO9613-1 y 9613-2 Carretera (Método Internacional para propósitos generales, incluyendo el modelo de emisión Holandés de carretera (Octava) [28] [29].
- DAL 32 Método Nórdico industrial (Octava)
- RMR/SRM2 Método de trenes Holandés (Octava)
- CRTN (Leq) Método de carretera del Reino Unido con L10 para la conversión Leq de acuerdo al TRL PR/SE/451/02
- XPS 31-133 Métodos Franceses de carretera y trenes basados en NMPB (Octava) [35].
- Harmonoise Método Europeo para propósitos generales para  $L_{Aeq}$ , incluyendo efectos meteorológicos (1/3 octava)

Puede ser usado para cumplimiento de directivas de la Comisión Europea como la Directiva Ambiental de Ruido [12].

La precisión de Predictor está definida por las características en los datos de entrada del modelo. El software utiliza el núcleo de cálculo del programa Lima, el cual facilita los cálculos.

#### *V.7.MÉTODOS DE PREDICCIÓN DE RUIDO DE TRÁFICO RODADO.*

De los diversos métodos para predecir el ruido de carretera, en general el software de predicción utiliza los siguientes métodos: método alemán RLS 90 y DIN 18005, método austriaco RVS 3.02, método francés XPS 31.133 (NMPB) [35], método inglés CRTN, método estadounidense FHWA, métodos nórdicos Nordic Traffic Noise Prediction y Nord 2000 Straße, métodos suizo StL 86, StL 95, StL 97 y el método japonés ASJ RTN.

El método de cálculo recomendado por la Directiva 2002/49/CE[12], para el caso del tráfico rodado, el cual ha sido el utilizado en la obtención de los mapas, es el establecido por la norma francesa XPS 31-133 (NMPB) que define el método de cálculo NMPB-Routes-96[35]. Por lo que se refiere a los datos de entrada sobre la emisión, esos documentos se remiten al “Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980” [23]

##### *V.7.1. EL MÉTODO FRANCÉS (XPS 31.133).*

Como primer paso, para poder emular una fuente lineal esta norma convierte el camino en una serie de fuentes puntuales. Esta segmentación depende principalmente la uniformidad de los factores que afectan la emisión y la propagación y el detalle que se busque.

Luego, determina el nivel de intensidad sonora por cada fuente elemental (en bandas de octava y niveles con ponderación A). Los niveles de emisión acústica se determinan de acuerdo a la “Guide du Bruit” (Guía de Ruido) y toma en cuenta la densidad de tránsito por cada categoría de vehículo, las características del tránsito (continuo, pulsado, pulsado acelerado y pulsado

desacelerado) y el gradiente del segmento en análisis. Se recomienda utilizar correcciones por tipo de pavimento.

Después de obtener todos los datos de emisión, se revisan todos los posibles caminos de propagación entre cada fuente y el receptor (camino directo, reflejado y difractado). Para cada uno de los caminos de propagación se determinan los parámetros de divergencia geométrica, absorción atmosférica, absorción de suelo, factor de difracción (para condiciones atmosféricas favorables y condiciones atmosféricas uniformes) y en otros objetos y finalmente reflexiones que influyen en el nivel final.

Este método determina el nivel a largo plazo de acuerdo a condiciones favorables y condiciones uniformes, y la posibilidad de ocurrencia para condiciones favorables.

Luego se combinan las contribuciones para los descriptores por cada uno de los caminos de propagación para calcular el descriptor en un punto receptor para cada banda de octava, para finalmente calcular el nivel final en el receptor en niveles con ponderación A.

Las limitaciones de este modelo consisten en que los resultados obtenidos por este modelo son significativos hasta 800 m desde la ruta a modelar, los cálculos llevados a cabo cerca de edificios debe ser a una distancia mínima de 2 m y la velocidad mínima de modelación es de 20 km/h.

## V.8. ENTRADA DE DATOS AL MODELO.

Al software de predicción se les puede introducir información por tres vías principales: digitación manual, importación de otros formatos digitales, o digitalización de planos mediante sistema Digitizer (traspaso directo de papel a digital).

La información necesaria para la elaboración del modelo acústico ha sido recopilada consultando con las autoridades competentes locales.

La información en formato SIG (Sistema de Información Geográfica) facilita todo el trabajo, ya que toda la información está geo-referenciada (ubicación espacial), de esta manera se tiene una visión precisa de los lugares donde existen mayores niveles de ruido. Una vez que el mapa de ruido se encuentra completo, sirve de herramienta para determinar el número de personas o viviendas expuestas a ciertos niveles de ruido por cada banda de frecuencia.

### V.8.1. IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS “CAD”.

Los campos importables desde un archivo de CAD, por ejemplo el formato DXF de Autodesk, son las coordenadas (x,y,z), es decir, la información de posición espacial. Esto significa que se puede importar la geometría de los elementos que componen el escenario a modelar y su altura, pero no se puede importar información adicional a la ya mencionada, como composición de flujo para el caso de las calles y características como altura o cantidad de habitantes en las edificaciones.

### V.8.2. IMPORTACION ARCHIVOS “GIS”.

Al igual que en la importación desde archivos DXF, se pueden importar geometrías desde los archivos en formato GIS, pero a diferencia de los formatos de dibujo gráfico, se pueden agregar en los campos de información que pueden ser asignados a cualquier característica del elemento a modelar. Por ejemplo, si se quiere importar una calle o carretera, se importa la información espacial del elemento (campos de datos XY) y si los campos de información de un elemento lo permiten, asignar cada uno de esos campos a las variables que se desean modelar, como por ejemplo la densidad del tráfico, el ancho de las calzadas, la cantidad de vías, la composición del pavimento, etc. En el caso de edificaciones, se importa la geometría de la edificación como tal, así como su altura, la cantidad de pisos, la altura de cada piso, la cantidad de gente que vive en tal edificio, dirección de la edificación, etc. Esta importación es posible en la medida que la información en GIS haya sido preparada para que los campos de información presentes en el archivo coincidan con la información necesaria para introducirla al modelo de predicción.

La información se obtiene de un plano digital en formato GIS donde se especifica la geometría de las edificaciones y la cantidad de pisos con la que cuenta dicha edificación. Una vez obtenida esta información, se fija una altura promedio de piso (3 metros) y luego se multiplica por un factor de altura dado por la distancia promedio entre pisos de edificaciones para obtener una altura aproximada de las edificaciones. Esta información de altura se incorpora a las propiedades del objeto como una columna agregada a la tabla de datos asociada al fichero SHAPE.

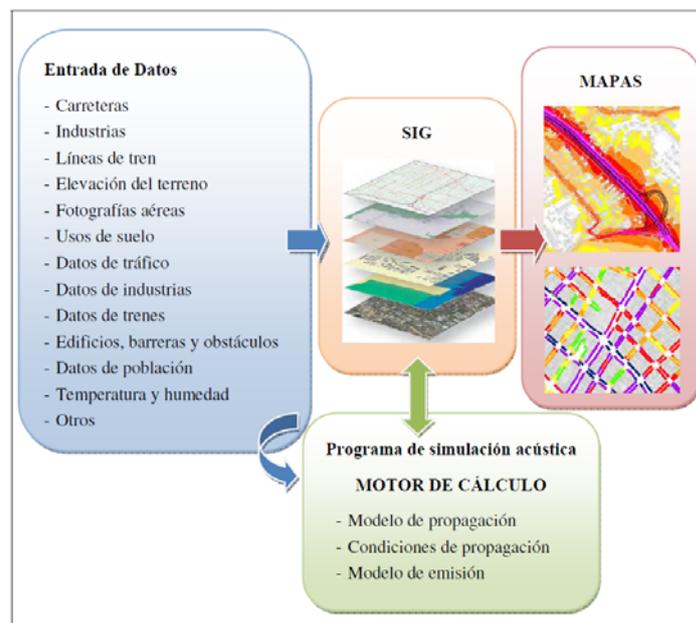


Fig. 6. Integración del SIG en la elaboración de los mapas de ruido.

Finalmente cabe mencionar que todas las formas de introducir los datos al software de modelación son compatibles entre sí, se pueden introducir elementos desde GIS mientras que se

pueden introducir elementos desde DXF y digitizer en el mismo escenario a modelar. Todos los elementos importados son editables en el software de modelación.

#### *V.9. INTRODUCCIÓN DE VARIABLES AL MODELO.*

Existen dos tipos de variables a introducir: las que tienen magnitudes preestablecidas y las de magnitudes introducidas por el usuario. En el caso de las variables con magnitudes preestablecidas, son variables propias de los modelos de predicción de ruido las cuales están tabuladas, como por ejemplo los tipos de pavimentos de las vías, las características de los trenes y las vías por donde ellos circulan en los modelos de predicción de ruido ferroviario y la mayoría de los datos de entrada para la predicción de ruido de aeronaves (a excepción de los datos del aeropuerto en sí). Asimismo se puede seleccionar el tipo de suelo por donde se propaga el sonido.

Por otra parte, se pueden introducir variables de los modelos de predicción como variables del escenario a modelar. Las variables de los modelos son datos necesarios para alimentar a los modelos de predicción. En el caso de la modelación de carreteras las variables mencionadas son:

- Las dimensiones de la calle o carretera (ancho).
- Las características de flujo de las calles modeladas (densidad, velocidad, composición, etc.).
- La pendiente de las calles, la cual es calculada por el software de modelación a partir de la topografía ingresada. Aún así existe la posibilidad de ingresar la pendiente de las calles manualmente.
- El tipo de pavimento y la distancia a fachadas que se encuentren en las cercanías del punto de emisión establecido (entre 10 a 30 m dependiendo de la norma que se utilice).

Las magnitudes de geometría y distancias se introducen en metros, mientras que las de velocidad se introducen en km/h y las gradientes en porcentaje de elevación. Los flujos vehículos generalmente se introducen en vehículos por hora mientras que su composición corresponde a la cantidad de vehículos ligeros y el porcentaje de vehículos pesados con respecto a los vehículos, o bien, diferenciados entre los vehículos ligeros y pesados.

Las variables del escenario introducidas por los usuarios es la información que tiene que ver con el medio donde se propaga el ruido, es decir, la topografía del sector estudiado (curvas de nivel, puntos de elevación, etc.), las áreas verdes, las edificaciones que comprenden el escenario que se desea modelar, es decir, las alturas, direcciones, cantidad de habitantes, zonas donde se encuentran, etc.

Adicionalmente, la geometría de cada fuente de ruido se considera como variable del escenario, luego, sus propiedades se asignan como parámetro de las variables de modelo. Con respecto a esto último se debe ingresar al modelo de escenario el emplazamiento de las vías de circulación; su

segmentación para efectos de poder establecer cambios en las propiedades de la vía a lo largo de su trayectoria; altura y ancho de la vía. En cuanto a las fuentes fijas, se debe ingresar al menos su emplazamiento, geometría y altura en cada caso.



Fig.7. Geometría 3D de los edificios en Gandia y Playa.



Fig.8. Detalle Geometría 3D de Gandia creada con *Predictor*.

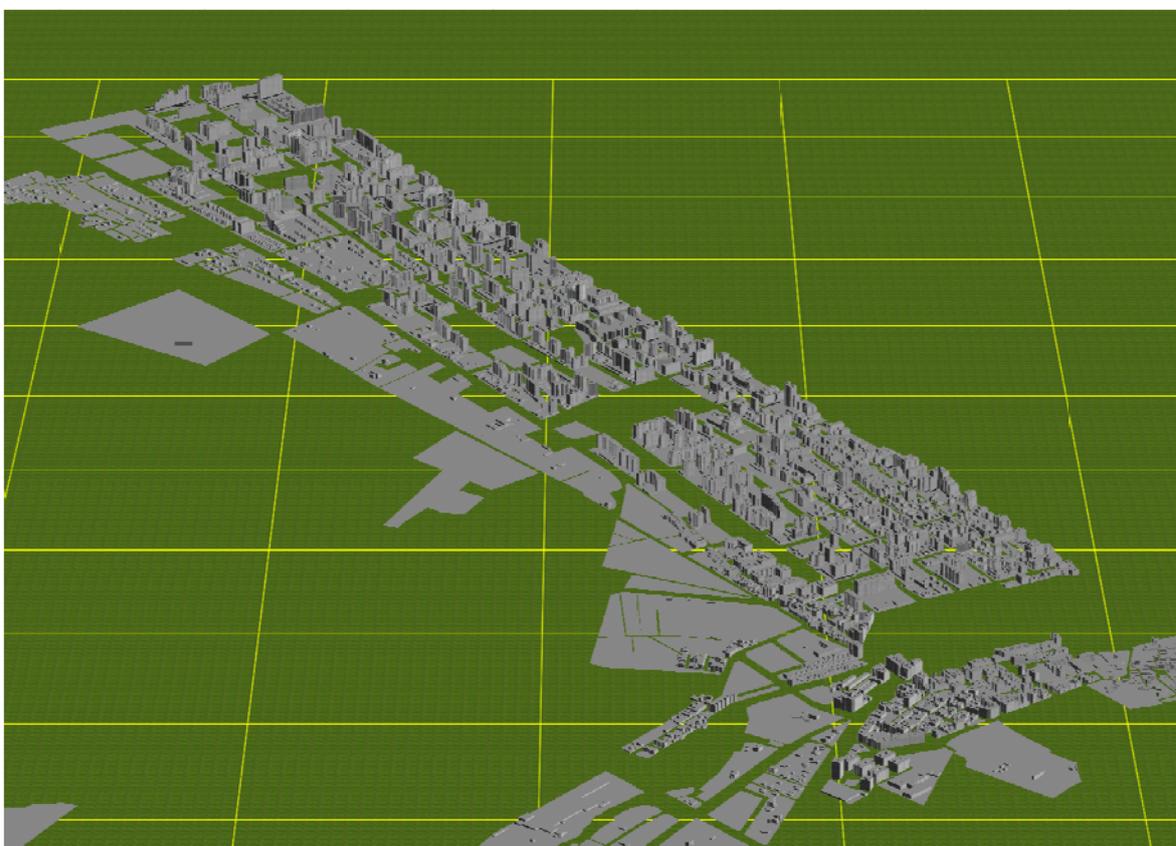


Fig.9. Detalle Geometría 3D de la Playa creada con *Predictor*.

## VI. EL MODELO ACÚSTICO DEL CENTRO HISTÓRICO.

El modelo se ha elaborado de acuerdo al procedimiento definido, la interpolación de la malla de cómputo es de  $10 \times 10 \text{ m}^2$ , 5988 puntos, altura de la malla 1,5 m., el orden de reflexión es de 1 y en virtud de optimizar los tiempos de cálculo, pues las reflexiones de orden superior no presentan diferencias significativas en el resultado final, pero si en los tiempos de cálculo), la absorción del suelo corresponde a  $G=0$  para suelo duro,  $G= 1$  para suelo muy absorbente y el coeficiente de absorción de edificios corresponde a 0.4.

Periodos: día (de 8 a 22 horas) y noche (de 22 a 8 horas)

El tiempo de cálculo: 2 horas 30 minutos.

**Puntos receptores:** Puntos que coinciden con los puntos donde se ha realizado las medidas (PM) y otros puntos (RM) donde se quiere que se realicen los cálculos de ruido situados a una altura de 1,5 m. y malla horizontal a una altura de 1,5 m., formada por puntos separados por una distancia igual entre sí (10 m.) “Fig.11”.

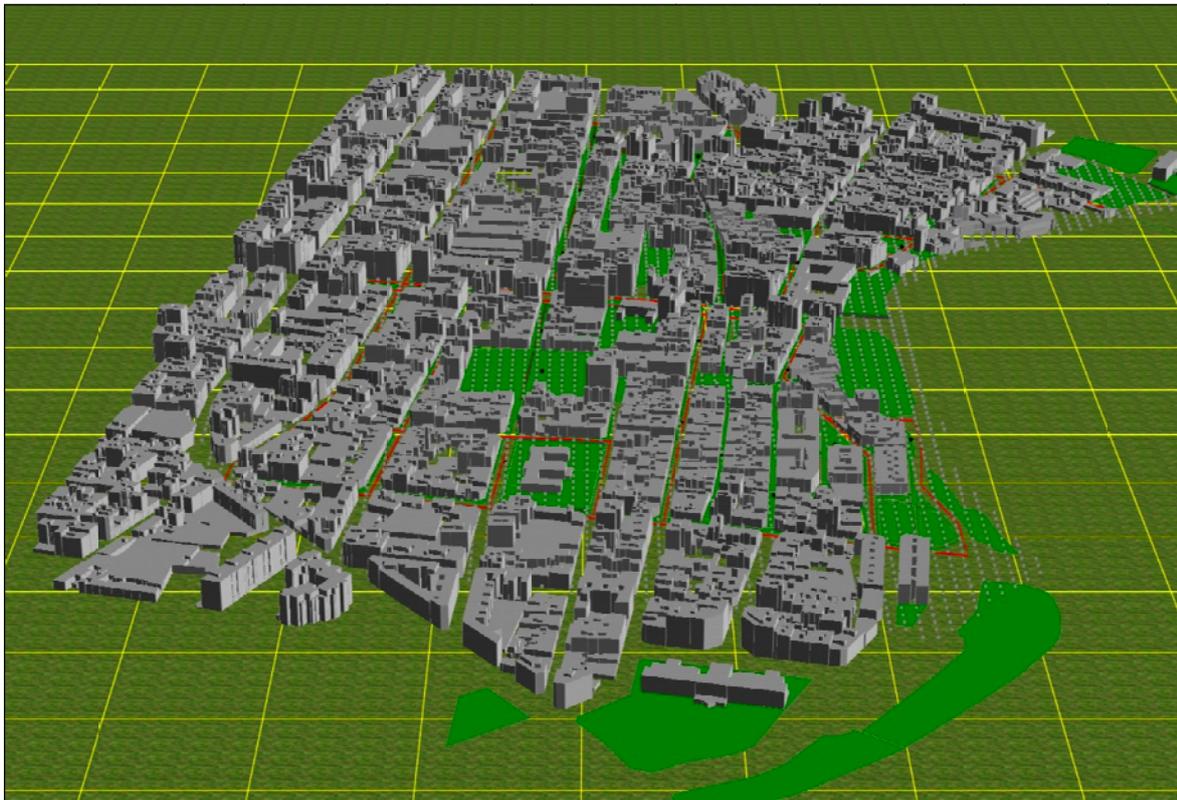


Fig.10. Modelo en 3D del Centro Histórico.



Fig.11. Modelo 2D del Centro Histórico creado con *Predictor*.

### VI.1. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos con PREDICTOR[38], en cada uno de los puntos receptores. Los puntos con identificación PM se corresponden con los puntos en donde se han efectuado medidas de campo, los puntos con identificación RM son puntos receptores en los cuales no se han efectuado medidas pero interesa conocer su valor, X e Y corresponden a las coordenadas UTM en metros de cada uno de los puntos, los valores del nivel equivalente en dBA para cada periodo corresponden a las columnas  $L_{\text{día}}$ ,  $L_{\text{noche}}$ .

ID	SITUACIÓN	X(m)	Y(m)	$L_{\text{día}}$ (dBA)	$L_{\text{noche}}$ (dBA)
PM1	Plaça Major	744304,1	4316849,0	62,6	54,3
PM2	Duc Alfons el Vell	744301,7	4316797,7	66,8	61,6
PM3	Carmelites	744454,8	4316928,1	68,1	57,2
PM4	Avda. Alacant 51	744526,5	4317004,9	72,6	68,5
PM5	Pascual-Alcalá d Olmo	744352,0	4316977,5	68,5	59,5
PM6	Escoles Pies	744224,4	4317071,5	66,1	56,8
PM7	C/ Major	744230,8	4316849,1	70,2	51,2
PM8	Passeig Germanies,10	744214,5	4316709,1	71,0	64,8
PM9	Passeig Germanies, 40	743986,0	4316730,7	71,6	66,8
PM3	St Francesc de Borja, 3	744098,7	4316822,1	63,9	55,9
PM10	9 d'Octubre	744082,1	4317078,9	60,3	50,1
PM11	St Francesc de Borja, 73	744126,8	4317127,9	61,6	53,3
PM12	St Francesc de Borja,35	744112,6	4316978,4	64,6	53,1
PM14	Sant Rafael, 27	744008,1	4317063,4	72,1	67,4
PM15	Sant Rafael,8	743976,5	4316810,1	72,6	68,6
PM16	C/ Rausell,11	744084,0	4316660,3	61,3	54,0
PM17	Plaça Prado	744084,2	4316567,7	60,5	48,2
PM18	Sant Vicent Ferrer,20	743941,8	4316633,9	72,3	59,9
PM19	Plaça Moli	744307,1	4316456,8	58,5	47,9
PM20	Vora Riu,1	744362,8	4316440,9	63,5	53,9
PM21	C/ Pellers	744191,2	4316471,4	67,5	57,3
PM22	Avda Raval 16	744270,0	4316288,3	70,9	65,9
PM23	Avda Raval 45	744090,8	4316319,2	73,7	67,9
PM24	Avda Raval 60	743903,7	4316368,5	70,5	65,2
RM1	Calle Alzira 26	744083,9	4317175,8	71,3	63,0
RM2	Calle Alzira, 5	744205,1	4317160,2	69,1	60,8
RM3	Avda Alacant,29	744404,5	4317053,1	73,1	67,5
RM4	C/ Carmelites,12	744395,3	4316836,1	67,6	57,8
RM5	Plaça Rei en Jaume I	744175,9	4316782,2	52,4	47,5
RM6	Sant Bernat,16	744430,3	4316995,1	50,7	45,3
RM7	Delicada de Gandia, 12	744178,2	4316927,6	49,4	44,6
RM8	Duc Alfons el Vell,7	744285,4	4316712,9	67,1	62,6
RM9	Pare Carles Ferris, 41	743972,8	4316399,3	66,4	57,1
RM10	Moran Roda, 10	744010,4	4316636,7	69,4	56,5
RM11	Legionario Bernabeu,11	744059,5	4316401,1	69,5	54,8
RM12	C/ Vallier, 11	744210,0	4316627,1	70,3	58,3
RM13	Calle Sant Salvador,38	744220,1	4316414,1	48,0	45,2
RM14	Calle Algepseria, 52	744254,6	4316347,2	50,2	46,4
RM15	Calle Muetzi,30	744315,2	4316286,2	66,0	60,8
RM16	Canonge Noguera. 26	744278,9	4316570,2	77,9	65,4

Tabla 1: Resultados de la simulación.

Un mapa de ruido ofrece información en forma visual del comportamiento acústico de un área geográfica (barrio, ciudad) y sus causas, en un momento determinado. Lo cierto es que

dependiendo de la metodología a emplear, la información que se extrae de este tipo de estudios puede tener una gran utilidad y proyección. Habitualmente los niveles de ruido son representados por medio de colores a modo de las curvas topográficas en un mapa.

La norma ISO 1996-2 [26] establece los criterios para la realización de medidas y confección de mapas de ruido. Según esta norma, el mapa de ruido ha de representar niveles de presión sonora en tramos de 5 dB. Cada uno de esos intervalos de nivel sonoro se representa en el mapa mediante un color. A continuación en la tabla 1 se muestran los intervalos de nivel sonoro con el color y trama asociado a éste.

Nivel Sonoro (dB)	Nombre del Color	Color	Trama
< 35	Verde claro		Puntos pequeños, densidad baja.
35-40	Verde		Puntos medianos, densidad media.
40-45	Verde oscuro		Puntos grandes, densidad alta.
45-50	Amarillo		Líneas verticales, densidad baja.
50-55	Ocre		Líneas verticales, densidad media.
55-60	Naranja		Líneas verticales, densidad alta.
60-65	Cinabrio		Entramado de cruces, densidad baja.
65-70	Carmin		Entramado de cruces, densidad media.
70-75	Rojo lila		Entramado de cruces, densidad alta.
75-80	Azul		Rayas verticales anchas.
80-85	Azul oscuro		Totalmente negro.

Tabla 2: Nivel sonoro con su respectivo color y trama. Fuente [ISO 1996-2].

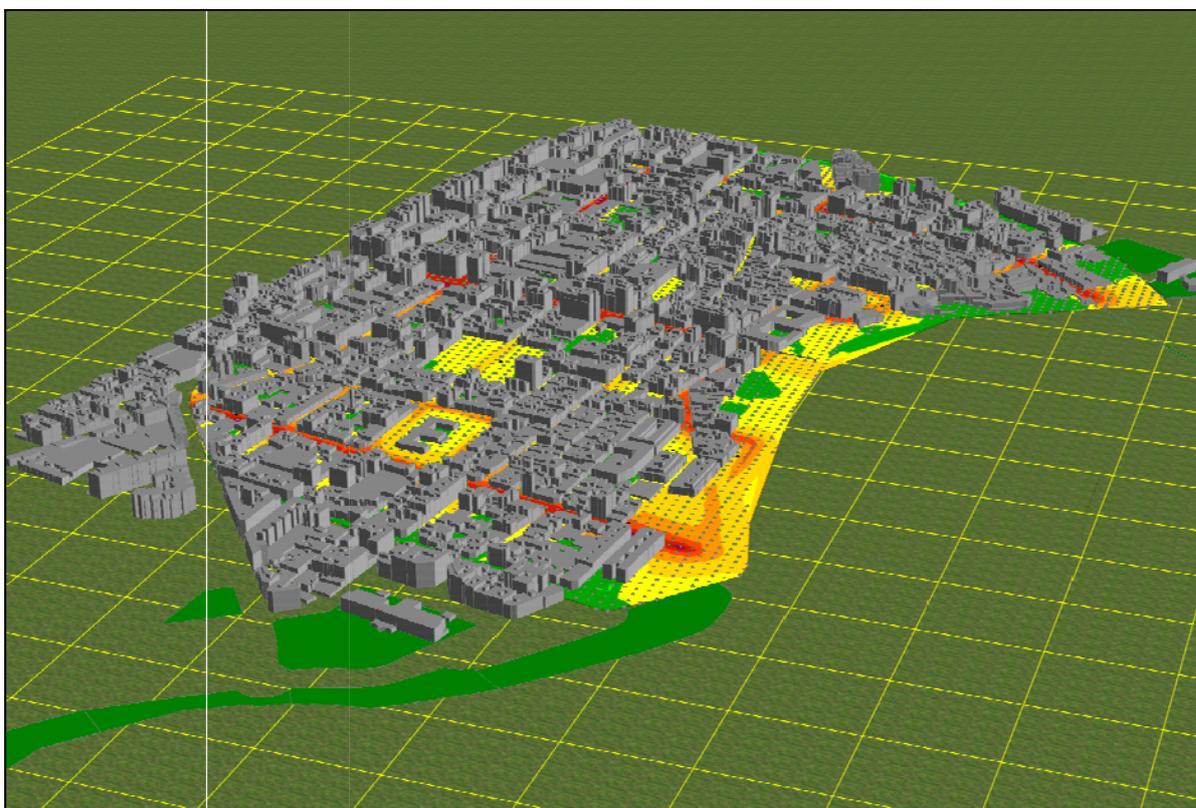


Fig.12. Simulación 3D del Centro Histórico creado con *Predictor*.

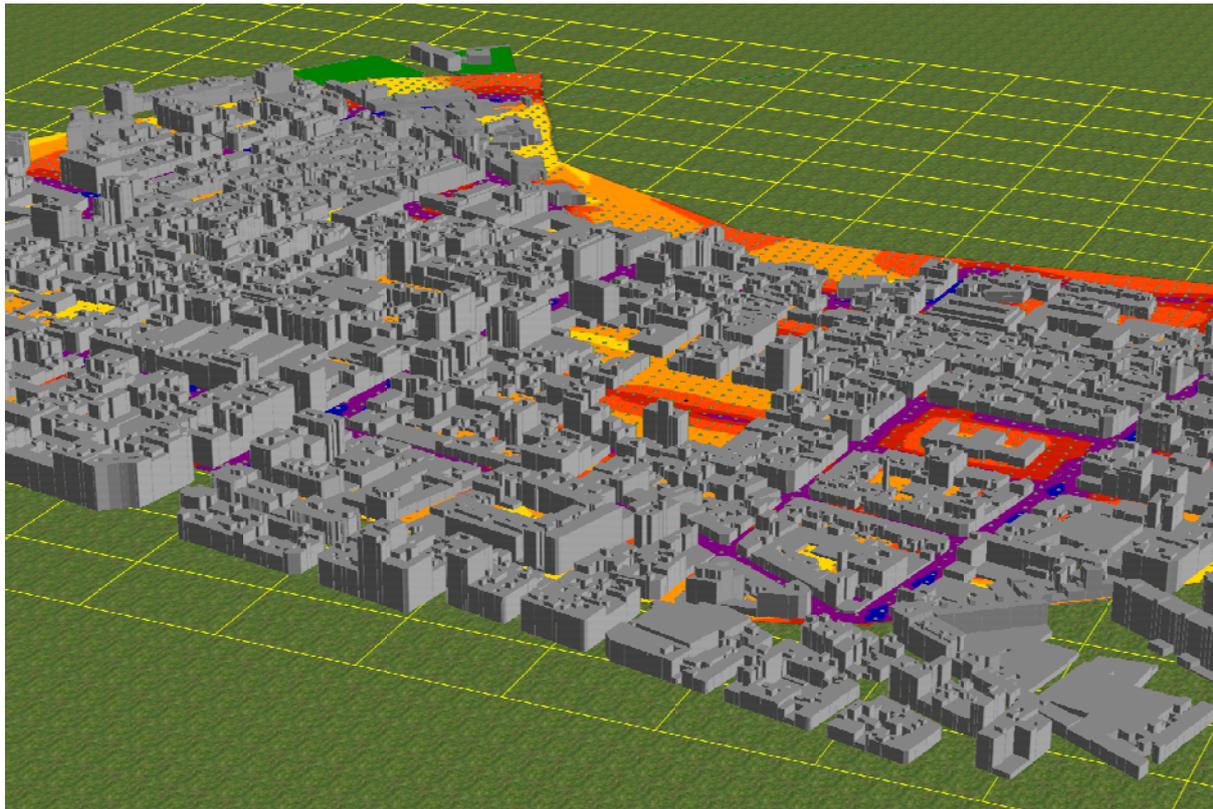


Fig.13. Simulación 3D del Centro Histórico creado con *Predictor*.

## VI.2. VALIDACIÓN DEL MODELO ACÚSTICO.

El método de simulación consiste en determinar el nivel de ruido mediante cálculo a partir de datos de una serie de datos de entrada de geometría, de características de tráfico, vías etc., que definirán la exactitud del resultado. Este método requiere de una posterior validación mediante comparación con medidas directas de ruido.

### VI.2.1. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES.

Durante el desarrollo de la Fase II de este trabajo se realizaron mediciones de ruido que permiten validar el modelo computacional. Las campañas se llevaron a cabo entre el 14 de julio y 31 de agosto de 2011.

La definición de cada punto de medición definitivo se realizó en terreno, donde se verificó que efectivamente se cumplía con los criterios planteados y que el punto de medición no se viera afectado por otras fuentes de ruido distintas a la que se desea evaluar.

Tomando en cuenta que el objetivo de las mediciones es realizar comparaciones que permitan validar el modelo computacional, que el conteo de vehículos de la Fase I se realizó en períodos de 10 minutos, se decidió utilizar este intervalo para las mediciones.

Se consideraron los siguientes descriptores para cada medición de ruido:  $L_{Aeq}$  dBA (nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A),  $L_{max}$  y  $L_{min}$  (nivel máximo y nivel mínimo), y

los niveles percentiles  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  y  $L_{95}$ . Además, durante cada medición se realizó un conteo de vehículos diferenciado vehículos ligeros y pesados, con el objetivo de cuantificar y descartar el efecto de la variable flujo vehicular sobre la relación entre valor de  $L_{Aeq}$  medido y simulado.

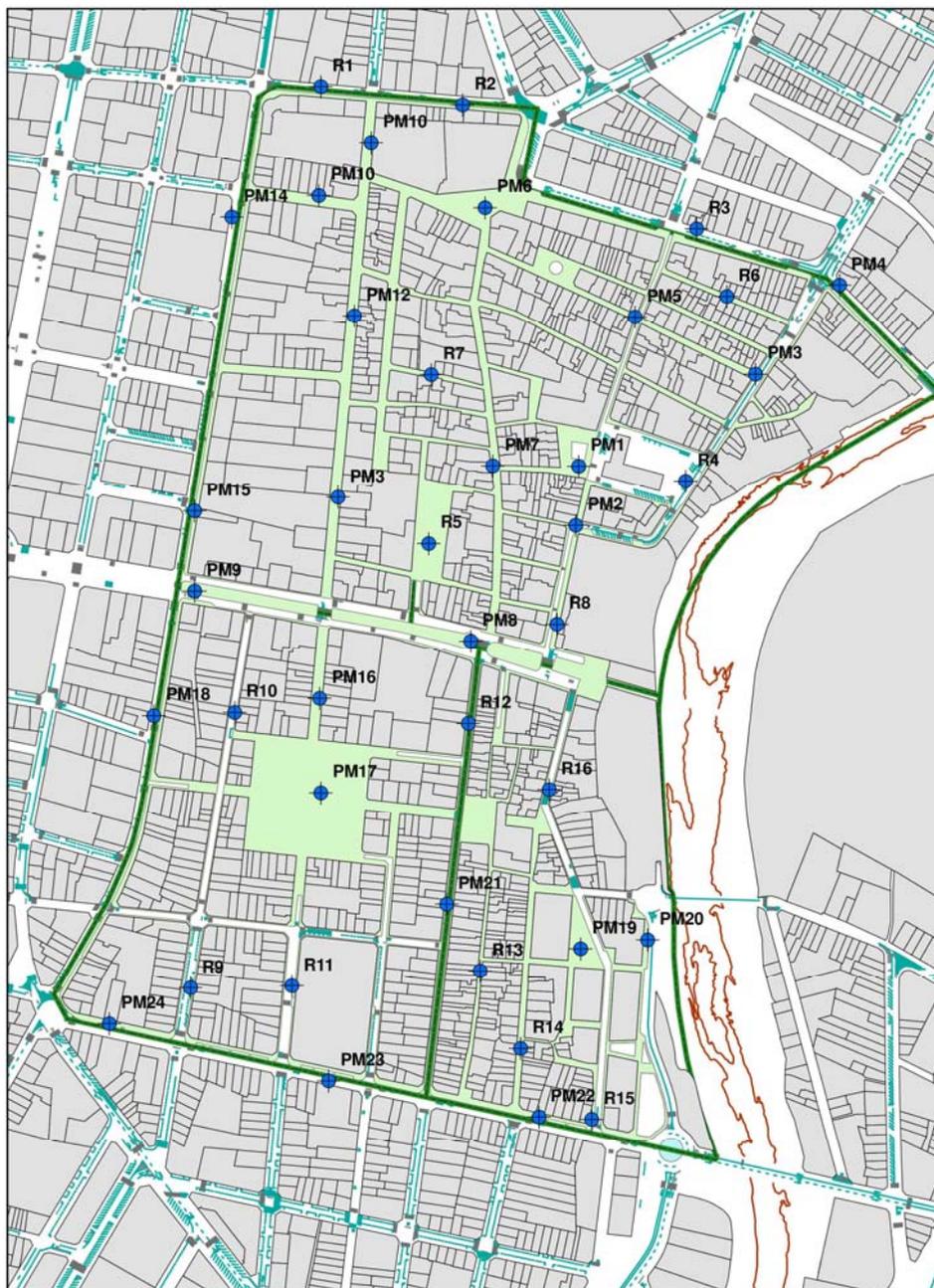


Fig.14. Mapa de situación de puntos de medida y receptores.

El plano de la figura 14 se muestra la ubicación de los 24 puntos de medida y en la tabla 3 los valores medidos del nivel sonoro continuo equivalente con una ponderación del tipo A ( $L_{Aeq}$ ), correspondiente al periodo diurno y nocturno expresado en decibelios (dBA), y en la tabla 4 se muestran los resultados de las medidas con sus incertidumbres asociadas.

<b>Id</b>	<b>Dirección</b>	<b>Ref.</b>	<b>UTMX(m)</b>	<b>UTMY(m)</b>	<b>L<sub>Aeq,D</sub>(dBA)</b>	<b>L<sub>Aeq,N</sub>(dBA)</b>
1	Plaça Major	PM1	744304,1	4316849,0	59,8	59,9
2	C\ Duc Alfons el Vell,1	PM2	744301,7	4316797,7	64,8	57,0
3	C\ de les Carmelites,16	PM3	744454,8	4316928,1	66,7	57,0
4	Avda. d'Alacant,51	PM4	744526,5	4317004,9	70,4	64,9
5	C\ Santa Pascual	PM5	744352,0	4316977,5	67,8	57,3
6	Plaça Escola Pia	PM6	744224,4	4317071,5	63,3	57,5
7	C\ Major, 34	PM7	744230,8	4316849,1	68,3	55,7
8	Passeig Germanies. 10	PM8	744214,5	4316709,1	66,3	62,3
9	Passeig Germanies. 40	PM9	743986,0	4316730,7	67,3	61,7
10	C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	744098,7	4316822,1	61,5	57,3
11	C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	744082,1	4317078,9	59,7	50,8
12	C\ Snt Francesc de Borja. 35	PM12	744126,8	4317127,9	59,6	48,3
13	C\ Sant Francesc de Borja. 3	PM13	744112,6	4316978,4	61,8	53,4
14	C\ Sant Rafael, 27	PM14	744008,1	4317063,4	72,0	67,9
15	C\ Sant Rafael, 8	PM15	743976,5	4316810,1	72,8	71,4
16	C\ Rausell, 11	PM16	744084,0	4316660,3	58,4	53,3
17	Plaça del Prado	PM17	744084,2	4316567,7	62,9	47,5
18	C\ Sant Vcte. Ferrer, 20	PM18	743941,8	4316633,9	69,9	60,4
19	Plaça del Molí	PM19	744307,1	4316456,8	56,3	47,4
20	C\ Vora Riu, 1	PM20	744362,8	4316440,9	62,9	51,9
21	C\ Pellers, 20	PM21	744191,2	4316471,4	64,9	57,4
22	Avda. del Raval 1	PM22	744270,0	4316288,3	72,8	64,0
23	Avda. del Raval 2	PM23	744090,8	4316319,2	71,5	64,0
24	Avda. del Raval 3	PM24	743903,7	4316368,5	69,7	66,2

Tabla 3: Resultado de las medidas..

<b>Id</b>	<b>Dirección</b>	<b>Ref.</b>	<b>UTMX(m)</b>	<b>UTMY(m)</b>	<b>L<sub>Aeq,D</sub>(dBA)</b>	<b>L<sub>Aeq,N</sub>(dBA)</b>
1	Plaça Major	PM1	744304,1	4316849,0	59,8±2,4	59,9±3,4
2	C\ Duc Alfons el Vell,1	PM2	744301,7	4316797,7	64,8±2,1	57,0±4,0
3	C\ de les Carmelites,16	PM3	744454,8	4316928,1	66,7±1,7	57,0±3,8
4	Avda. d'Alacant,51	PM4	744526,5	4317004,9	70,4±1,3	64,9±1,8
5	C\ Santa Pascual	PM5	744352,0	4316977,5	67,8±2,0	57,3±2,5
6	Plaça Escola Pia	PM6	744224,4	4317071,5	63,3±3,8	57,5±9,2
7	C\ Major, 34	PM7	744230,8	4316849,1	68,3±3,7	55,7±6,3
8	Passeig Germanies. 10	PM8	744214,5	4316709,1	66,3±1,5	62,3±1,8
9	Passeig Germanies. 40	PM9	743986,0	4316730,7	67,3±1,6	61,7±2,0
10	C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	744098,7	4316822,1	61,5±3,6	57,3±5,1
11	C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	744082,1	4317078,9	59,7±3,6	50,8±9,1
12	C\ Sant Francesc de Borja.35	PM12	744126,8	4317127,9	59,6±4,7	48,3±8,4
13	C\ Sant Francesc de Borja. 3	PM13	744112,6	4316978,4	61,8±3,2	53,4±5,1
14	C\ Sant Rafael, 27	PM14	744008,1	4317063,4	72,0±1,5	67,9±1,9
15	C\ Sant Rafael, 8	PM15	743976,5	4316810,1	72,8±1,5	71,4±1,9
16	C\ Rausell, 11	PM16	744084,0	4316660,3	58,4±3,3	53,3±5,6
17	Plaça del Prado	PM17	744084,2	4316567,7	62,9±4,2	47,5±5,0
18	C\ Sant Vcte. Ferrer, 20	PM18	743941,8	4316633,9	69,9±1,4	60,4±2,6
19	Plaça del Molí	PM19	744307,1	4316456,8	56,3±2,9	47,4±5,8
20	C\ Vora Riu, 1	PM20	744362,8	4316440,9	62,9±1,9	51,9±3,8
21	C\ Pellers, 20	PM21	744191,2	4316471,4	64,9±2,3	57,4±5,0
22	Avda. del Raval 1	PM22	744270,0	4316288,3	72,8±1,4	64,0±1,9
23	Avda. del Raval 2	PM23	744090,8	4316319,2	71,5±1,5	64,0±2,1
24	Avda. del Raval 3	PM24	743903,7	4316368,5	69,7±1,4	66,2±2,0

Tabla.4. Resultado de las medidas con su incertidumbre asociada.

## *VI.2.2. VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS.*

La validación del modelo ruido, se ha realizado basándose en los periodos horarios descritos con anterioridad.

Dado que existen variables aleatorias que no han sido lo suficientemente muestreadas, puede existir una desviación ,además las medidas de ruido tienen como fuente principal pero no exclusiva el ruido de tráfico, sin embargo, el modelo simulado contempla como fuente de ruido exclusivamente el ruido de tráfico.

Respecto a la validación de los mapas de ruido en base a comparaciones entre valores simulados y medidos en los puntos de calibración, se ha seguido las recomendaciones de la guía de buenas prácticas (Good Practice, Pág.59, 61 y 67) [18], que entrega una guía con la información necesaria para ingresar al modelo. Dependiendo a su precisión, tiene asociado un cierto grado de incertidumbre.

En esta guía se indican valores de inexactitud asociados a cada parámetro de entrada que se ingresa al modelo predictivo (flujos, velocidades, topografía, edificaciones, etc.). Dado que la validación se realiza principalmente en base a mediciones en puntos ubicados junto a las vías modeladas, la exactitud de los niveles obtenidos mediante la modelación estarán determinados fundamentalmente por los parámetros Flujo de Vehículos, Velocidad y Tipo de Pavimento.

En el caso del flujo vehículos la categoría de mayor exactitud corresponde al caso en que los flujos se han obtenido realizando conteos de vehículos en todos los períodos del día (día, tarde y noche). El siguiente intervalo de exactitud corresponde al caso en que se realizan conteos en algunas calles y se extrapolan a las calles similares, a cuya condición se le asocia una inexactitud de 2 dB. Se ha considerado que el conteo de solo 10 minutos en el periodo diurno y nocturno, a este último nivel de precisión. Es decir, se asocia una inexactitud de 2 dB en el nivel modelado debido a la imprecisión en los flujos vehiculares establecidos.

Respecto a la velocidad, se emplean los valores máximos establecidos para cada calle o valores estimados con muy baja precisión (estimaciones realizadas en la inspección visual durante las mediciones). A este grado de precisión se le asocia una inexactitud de 2 dB.

La inexactitud asociada a imprecisiones en el establecimiento del tipo de pavimento es menor, y en el caso de la inspección visual se le asocia una inexactitud de 1 dB.

Finalmente, considerando que en los niveles obtenidos mediante modelación se mezclan el efecto de inexactitud de los tres parámetros mencionados anteriormente (Flujo, Velocidad, Tipo de Pavimento), se ha establecido como criterio de validación que la desviación entre los resultados simulados y los esperados (medidos en este caso) serán de  $\pm 5$ dB, debido a la calidad de la información de entrada al modelo.

Observando la Tabla 5, se puede apreciar que las desviaciones entre las medidas y la simulación son perfectamente asumibles, obteniendo sólo dos valores con una desviación próxima ( $4 \text{ dBA} \leq x \leq 5 \text{ dBA}$ ) en periodo diurno y 1 valor en periodo nocturno mayor que 5 dBA, diferencia debida a otras fuentes de ruido distinta del tráfico rodado.

Puntos	MEDIDAS (dBA)		SIMULACIÓN (dBA)		DESVIACIONES (dBA)	
	L <sub>Aeq,día</sub>	L <sub>Aeq,noche</sub>	L <sub>Aeq,día</sub>	L <sub>Aeq,noche</sub>	Día	Noche
PM1	59,8	59,9	62,6	54,3	2,8	-5,6
PM2	64,8	57,0	66,8	61,6	2,0	4,6
PM3	66,7	57,0	68,1	57,2	1,4	0,2
PM4	70,4	64,9	72,6	68,5	2,2	3,6
PM5	67,8	57,3	68,5	59,5	0,7	2,2
PM6	63,3	57,5	66,1	56,8	2,8	-0,8
PM7	68,3	55,7	70,2	51,2	1,8	-4,5
PM8	66,3	62,3	71,0	64,8	4,7	2,5
PM9	67,3	61,7	71,6	66,8	4,3	5,1
PM10	61,5	57,3	63,9	55,9	2,5	-1,4
PM11	59,7	50,8	60,3	50,1	0,6	-0,7
PM12	59,6	48,3	61,6	53,3	2,2	4,9
PM13	61,8	53,4	64,6	53,1	2,7	-0,4
PM14	72,0	67,9	72,1	67,4	0,1	-0,5
PM15	72,8	71,4	72,6	68,6	-0,2	-2,8
PM16	58,4	53,3	61,3	54,0	3,0	0,7
PM17	62,9	47,5	60,5	48,2	-2,5	0,7
PM18	69,9	60,4	72,3	59,9	2,4	-0,6
PM19	56,3	47,4	58,5	47,9	2,2	0,5
PM20	62,9	51,9	63,5	53,9	0,6	2,0
PM21	64,9	57,4	67,5	57,3	2,6	-0,1
PM22	72,8	64,0	70,9	65,9	-1,9	1,9
PM23	71,5	64,0	73,7	67,9	2,2	3,9
PM24	69,7	66,2	70,5	65,2	0,8	-1,0

Tabla.5. Comparación entre los valores medidos y simulados.

En la tabla 6 se muestra el resultado del análisis estadístico de las desviaciones en periodo diurno y nocturno.

<i>Resumen Estadístico para Desviaciones Día</i>		<i>Resumen Estadístico para Desviaciones Noche</i>	
<b>Recuento</b>	24	<b>Recuento</b>	24
<b>Promedio</b>	2,04	<b>Promedio</b>	2,12
<b>Desviación Estándar</b>	1,15	<b>Desviación Estándar</b>	1,80
<b>Coefficiente de Variación</b>	56,43%	<b>Coefficiente de Variación</b>	84,92%
<b>Mínimo</b>	0,14	<b>Mínimo</b>	0,06
<b>Máximo</b>	4,73	<b>Máximo</b>	5,57
<b>Rango</b>	4,59	<b>Rango</b>	5,51
<b>Sesgo Estandarizado</b>	0,59	<b>Sesgo Estandarizado</b>	1,30
<b>Curtosis Estandarizada</b>	0,38	<b>Curtosis Estandarizada</b>	-1,06

Tabla.6. Resumen estadístico de las desviaciones.

La desviación estándar de la diferencia entre los valores simulados y los medidos, teniendo en cuenta los valores absolutos, es de 1,2 dBA para el periodo diurno y de 1,8 dBA para el periodo nocturno.

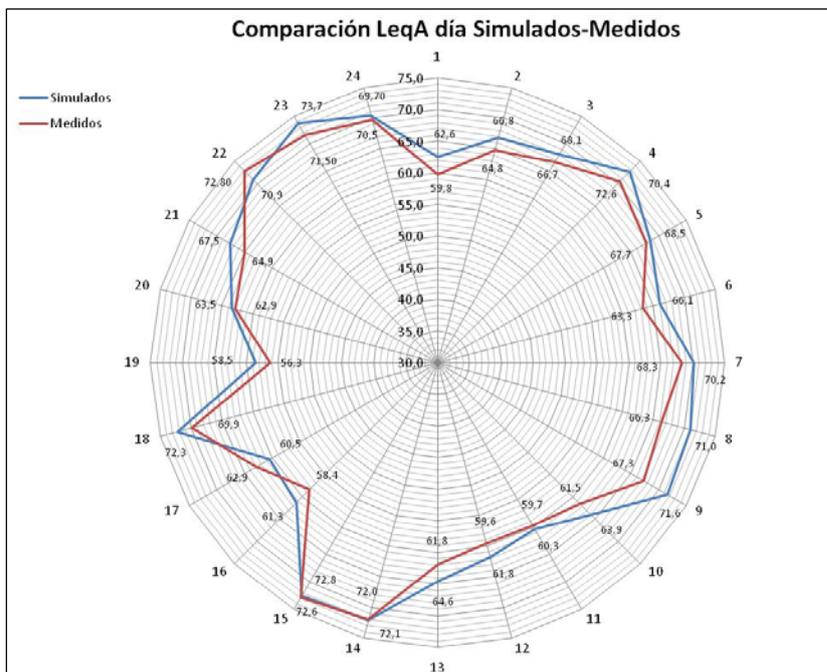


Fig.15. Gráfico comparativo  $L_{Aeq}$  (dBA) día Simulados y Medidos.

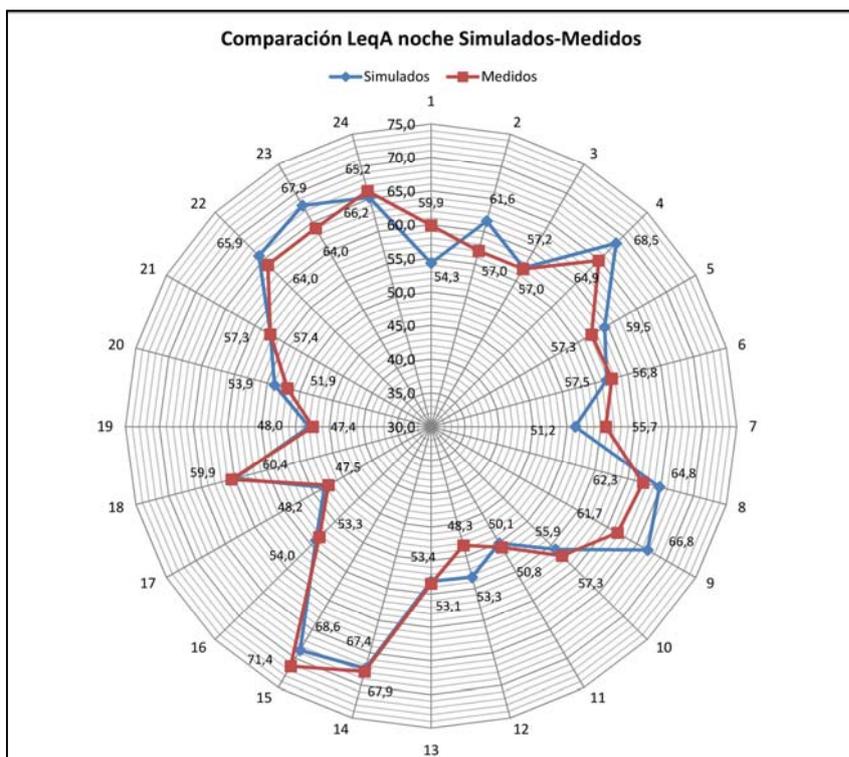


Fig.16. Gráfico comparativo  $L_{Aeq}$  (dBA) noche Simulados y Medidos.

Existe una correlación lineal muy alta ( $R^2=0.9397$  (diurno) y  $R^2=0.9151$  (nocturno)) entre los valores medidos y los simulados. Dado que el 90% de los valores simulados se desvían menos de 3 dBA de los valores medidos, y teniendo en cuenta que los valores simulados son ligeramente superiores a los medidos (hipótesis conservadora), se considera que la simulación es válida “Fig.15” y “Fig.16”.

### VI.3. EXPORTACIÓN DE LOS RESULTADOS AL SIG.

Un SIG es un sistema para la gestión, análisis y representación de una realidad geográfica que se representa mediante un conjunto de datos. Los sistemas SIG incluyen modelos geográficos, mapas, metadatos asociados, procesamiento geográfico, metodologías y flujos de trabajo [14].

Los SIG son una herramienta muy útil para la creación de modelos acústicos ya que facilitan labores de post-procesado de la geometría de los datos, como:

- Adecuación de geometrías adecuadas para ser tratadas posteriormente por los programas de simulación acústica.
- Reconstrucción de la topografía.
- Conversión de modelos de dos dimensiones (2D) en tres dimensiones (3D).
- Comprobación de la integridad de la geometría (elementos duplicados o erróneos).
- Combinación de elementos de diferentes atributos.
- Tareas de simplificación.

Los SIG son el centro de gestión de los datos de entrada. En ellos se crea el modelo acústico que, posteriormente, se exportará al motor de cálculo. Es crucial que los SIG y los motores de cálculo, tengan formatos compatibles y no presenten problemas a la hora de importación/exportación de datos. De igual manera, es recomendable que los SIG puedan manejar datos provenientes de diversas aplicaciones y plataformas, ya que agruparán datos de índole muy diferente.

La utilización de los SIG en la fase final, también facilitará labores de agrupación, maquetación y edición de los mapas, ajustándose a recomendaciones, normas o documentos legislativos sobre la representación de los mapas de ruido

A partir de los mapas calculados se ha creado el mapa general en el formato SIG en el cual ha sido necesaria la introducción de todos los datos utilizados por el programa de cálculo. El contorno de la curva isofónica generado en el programa de simulación ha sido exportado al SIG. El resultado del montaje se puede ver en la “Fig. 5” del Anexo I.

## VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En los mapas acústicos obtenidos, resultado de la simulación, se puede apreciar los diferentes ambientes sonoros presentes en el C.H. de Gandia, en los cuales se identifica zonas con altos niveles de ruido, que principalmente son las vías perimetrales con alto caudal de tráfico rodado, y zonas con menos niveles de ruido, que principalmente corresponden a las zonas residenciales-comerciales peatonales con poco tráfico rodado.

La zona de estudio se puede asemejar a dos anillos de circulación unidos por el Passeig de les Germanies, y en el centro de cada uno de estos anillos un área residencial-comercial. El primer anillo (en sentido horario) lo constituye la C/ de Sant Rafael, C/ Alzira, Avd. D'Alacant, C/ Carmelita Rita, C/ Duc Alons y finalmente el Passeig de les Germanies. El segundo anillo lo configura la C/ Canonge Noguera, C/ Vora Riu, Avda. del Raval, C/ de Sant Vicent Ferrer y el Passeig de les Germanies.

### VII.1. VALORES LÍMITES ADMISIBLES.

Los valores límites admisibles están determinados por la Ley 37/2003, del Ruido, de ámbito estatal y por la Ley 7/2002 de Protección contra la Contaminación Acústica, de ámbito autonómico, está última más exigente por cuanto establece para zonas residenciales un Nivel día de 55 dBA y un nivel para el periodo nocturno  $L_n$  de 45 dBA., mientras la Ley 37/2003 en concordancia con las recomendaciones europeas e internacionales establece un nivel para el periodo diurno de  $L_d$  de 65 dBA y un nivel nocturno  $L_n$  de 55 dBA.

Conveniente también considerar los criterios de evaluación internacionales establecidos por Organisation for Economic Co-operation and Development OECD y la Unión Europea UE [12], y afectos de información los establecidos por la Organización Mundial de la Salud OMS [36], ya que la OMS realiza recomendaciones para ambientes específicos, y no recomendaciones generales para zonas urbanas. Sin perjuicio de ello, es la misma Comunidad Europea en el Proyecto SILENCE quien hace referencia a valores generales de la OMS como valores objetivos.

El criterio de la OMS indica que sobre un  $L_n$  de 55dB (exteriores), la situación se considera cada vez más peligrosa, los efectos adversos en la salud se producen con frecuencia, una parte considerable de la población se manifiesta muy molesta y con perturbación en el sueño. También existen pruebas de que aumentan las enfermedades cardiovasculares.

El nivel de 65 dBA es considerado por la OCDE como un nivel que pueden atentar seriamente contra la salud. Vale mencionar que según bibliografía el criterio de 65 dB  $L_{dn}$  sería equivalente con 65 dB  $L_d$  y 55  $L_n$  para efectos de recomendaciones.

## VII.2. ANÁLISIS DIURNO.

Del Mapa de Ruido es posible observar que C.H. en el periodo diurno “Fig.1” del Anexo I, presenta altos niveles de ruido. Los mayores niveles se concentran sobre las vías de tráfico perimetral que tienen por función distribuir al flujo el transporte público y privado en la zona.

Por otra parte, la condición de Centro Urbano, con la concentración de actividades de servicio, comercio, oficina y equipamiento (cultural, educacional, ocio, etc.), presenta la misma condición de altos niveles de ruido, por la consiguiente aglomeración de personas y el constante cruce de la trama vial, presentando gran presencia de transporte público y privado sobre las vías principales y secundarias.

Contaminación sonora muy elevada ( $L_{Aeq} > 70$  dBA). Se produce en:

Principales vías de tráfico rodado, todas ellas perimetrales al Centro Histórico:

- ***Passeig de les Germanies***: Avda. con un bulevar central que separa Centro Histórico en dos zonas, presenta altos niveles de ruido, debido al gran flujo vehículos, conecta con todas las calles (Norte-Sur, S-N) del centro, con entrada y salida a aparcamiento público.
- ***Calle de Sant Rafael***: Vía perimetral del centro histórico y que forma parte de una arteria de circulación que atraviesa la ciudad de sur a norte, con dos carriles y un único sentido de circulación y de elevado flujo de vehículos
- ***Avda. d’Alacant***: Vía que recoge el tráfico que procede del norte de la ciudad, dos carriles y dirección única, elevado flujo de vehículos.
- ***Calle Alzira***: Calle de un único sentido, con dos carriles y dirección este-oeste.
- ***Calle de Sant Vicent Ferrer***: Vía que recoge parte del tráfico de la Avda del Raval y el que proviene de la Calle Lector Romero con elevado flujo de vehículos.
- ***Avda. del Raval***: Dirección este-oeste, dos carriles y dirección única, une la ronda exterior con la ciudad conectando con la C/ Sant Vicent Ferrer.

Contaminación sonora elevada ( $L_{Aeq}$  entre 65 y 70 dBA). Se produce en:

- ***C/ Carmelita Rita-C/ Duc Alfons el Vell***: calle de acceso al centro desde el norte, estrecha en comparación con las anteriores, con un único carril de circulación sentido este- oeste.
- ***C/Sant Pascual-Alcalá de Olmo***: Calles peatonales de coexistencia con tráfico rodado
- ***Plaza Escolles Pies, C/ Major, C/ Sant Francesc de Borja***: calles peatonales, pero sin restricción al tráfico rodado, con presencia continua de automóviles, furgonetas y pequeños camiones de reparto.
- ***C/ Vallier-C/ dels Pellers.***: Calle que une el paseo Germanias con la Avda. del Raval, con nivel de tráfico moderado.
- ***C/ Pare Carles Ferris, C/Moran Roda, C/Legionario Bernabeu, C/ Muetzí***:

Contaminación sonora apreciable ( $L_{Aeq}$  entre 60 y 65 dBA). Se produce en:

- *Plaça Major, C/ 9 d'Octubre, C/ de Sant Francesc de Borja*: Calles peatonales, dentro del ámbito de la Vila y Vilanova
- *C/ Rausell, Plaça Prado*: Calles peatonales, dentro del ámbito de la zona Prado.
- *C/ Vora Riu*: Calle no peatonal, dentro del ámbito del Raval.

Contaminación sonora moderada ( $L_{Aeq}$  entre 55 y 60 dBA). Se produce en:

- *Plaça del Molí*: Dentro del ámbito del Raval.
- *Calles secundarias como:*

Contaminación sonora baja ( $L_{Aeq}$  entre 50 y 55 dBA). Se produce en:

- *Plaça Rei Jaume I*
- *C/ Sant Bernat y calles secundarias como:* Santa Clara, Algepseria, Pare Gomar, Carmesina.etc..

Contaminación sonora muy baja ( $L_{Aeq}$  <50 dBA). Se produce en:

- *Calles secundarias como:* C/ Delicada de Gandia, C/ Sant Salvador, etc...

### VII.3. ANÁLISIS PERIODO NOCTURNO.

Podemos destacar el evidente descenso de niveles de ruido, que se muestra en el mapa correspondiente al periodo nocturno "Fig.2" del Anexo I, debido a que la actividad urbana de la ciudad decae notoriamente, no obstante en las vías de reparto de tráfico perimetrales por la presencia constante de tráfico presenta altos niveles de ruido.

**Contaminación sonora muy elevada ( $L_{Aeq} > 60$  dBA).** Se produce en las principales vías de tráfico perimetrales al centro histórico, *Passeig de les Germanies, calle de Sant Rafael, Avda. d'Alacant, Avda. del Raval, calle Alzira, la calle Duc Alfon el Vell* y como excepción tenemos la Calle de Sant Vicent Ferrer que presenta un nivel de 59,89 dBA.

**Contaminación sonora elevada ( $L_{Aeq}$  entre 55 y 60 dBA).** Se produce en calles de tráfico secundario como la *C/ Carmelites, C/ Sant Pascual, C/dels pellers, C/ del P. Carles Ferris y C/Vallier*. En calles peatonales como *Plaça Escoles Pies y en la C/ Sant Francesc de Borja, 3* influenciada por el tráfico del Passeig de les Germanies, así como en la *C/ Sant Vicent Ferrer*.

**Contaminación sonora apreciable ( $L_{Aeq}$  entre 50 y 55 dBA).** Se produce en: *Plaça Major, calle Major, Calle 9 d'Octubre, calle Rausell, Calle Vora Riu y calle Legionario Bernabeu*.

**Contaminación sonora moderada ( $L_{Aeq} < 50$  dBA).** Se produce en: *Plaça Prado, plaça Molí, plaça Rei Jaume I, calle Delicada de Gandia, calle Sant Salvador y calle Algepseria*.

#### VII.4. VALORACION DE LOS RESULTADOS.

Después analizar los niveles simulados de acuerdo a valores límite de exposición al ruido, cabe destacar que se presentan niveles no recomendados por la OECD, UE, OMS, etc. y se superan los límites máximos de la Ley del Ruido y la Ley 7/2002 de Protección contra la Contaminación Acústica, tanto en periodo diurno como nocturno. Los niveles más altos, se asocian a las vías perimetrales de circulación, es decir las vías con mayor tráfico rodado.

También se aprecia sectores con niveles más bajos de ruido ambiental, estos corresponden a sectores, principalmente, residenciales, compuestos de calles secundarias peatonales, con tráfico ocasional y restringido a residentes, debido a la poca actividad urbana (comercial y de servicios) que generalmente se produce en estas zonas del centro histórico.

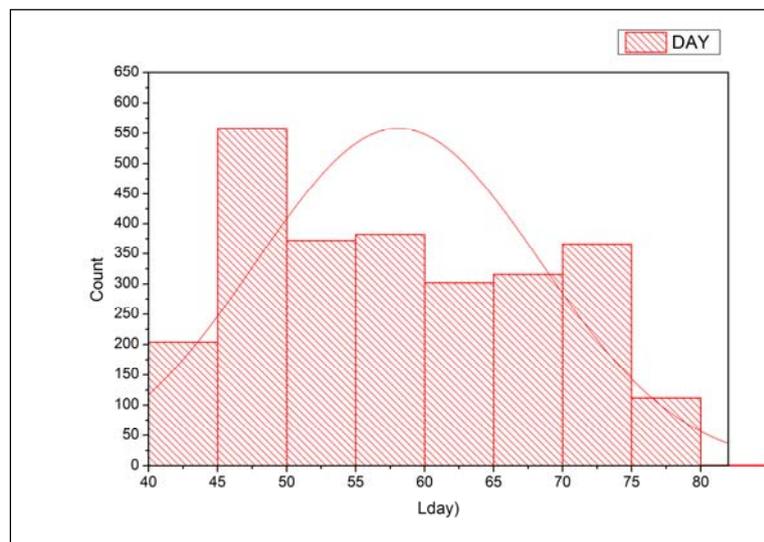


Fig.17. Histograma nivel  $L_{Aeq}$  día.

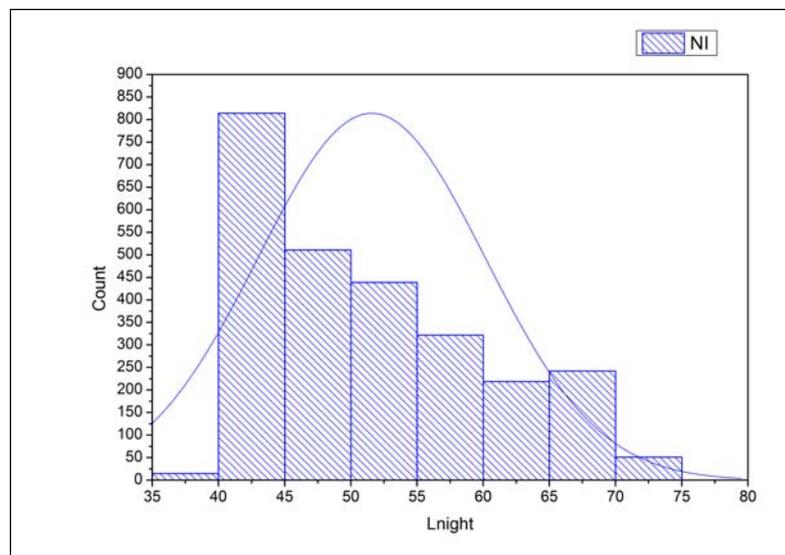


Fig.18. Histograma nivel  $L_{Aeq}$  noche.

En las figuras 17 y 18, se representa el histograma en periodo diurno y nocturno (número de puntos de la malla de cálculo en los intervalos de 5 dBA del nivel equivalente).

Según estas referencias y los datos obtenidos, el C.H. tiene un 30,4 % de puntos (superficie) con valores superiores a los 65 dBA durante el día y un 31,9 % de puntos (superficie) con niveles superiores a 55 dBA por la noche. Un 56,5 % de puntos (superficie) con valores superiores a los 55 dBA durante el día y un 68,3 % de puntos (superficie) con niveles superiores a 45 dBA por la noche.

En un 32% de puntos, los niveles diurnos son inferiores 55 dBA y los nocturnos a 45 dBA.

En un 68 % de puntos, los niveles diurnos son inferiores 65 dBA y los nocturnos a 55 dBA

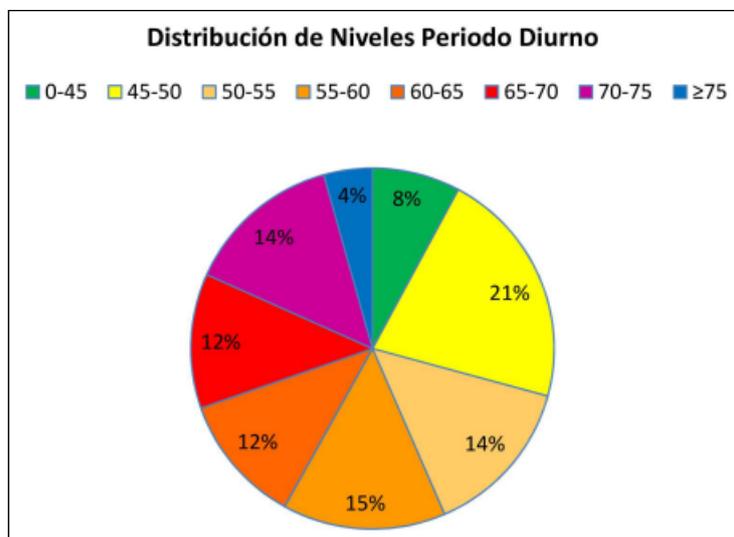


Fig.19. Distribución percentil  $L_{Aeq}$  día

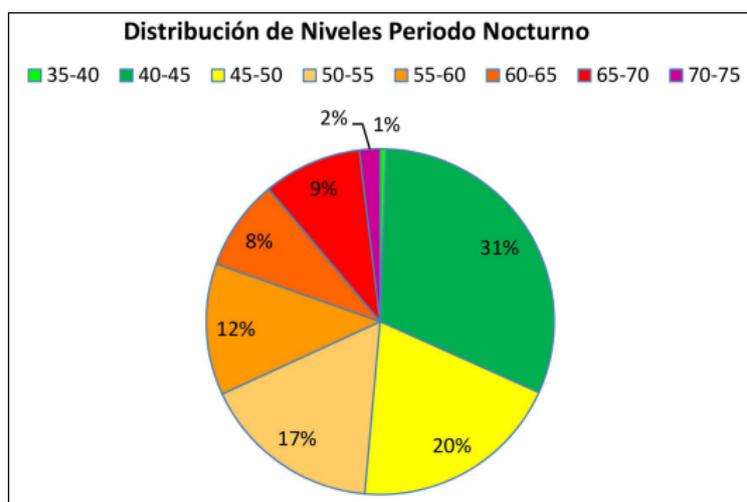


Fig.20. Distribución percentil  $L_{Aeq}$  noche

La zona interior al primer anillo (La Vila y Vila Nova) zona totalmente peatonalizada presenta niveles de ruido demasiado elevados para ser una zona peatonal, debido a que no existe actualmente ningún sistema ni control que limite el acceso de vehículos privados y pequeños camiones de reparto a la zona, si bien la reducción de tráfico es significativa por su propia condición de zona peatonal.

Aprovechando el modelo acústico, se ha realizado una simulación considerando la ausencia de tráfico rodado en calles peatonales como la C/ Major, C/ Sant Francesc de Borja, etc..., obteniendo como resultado un ambiente sonoro más saludable “Fig.4.y Fig.5” del Anexo I. ***Cabe destacar que esta simulación no tiene en cuenta los efectos de la actividad comercial, servicios y ocio que pueden presentar este tipo de zonas, que en ausencia de tráfico rodado deberán estimarse a partir de medidas directas de ruido, de corta o larga duración,*** a fin de determinar el nivel sonoro ocasionado y el periodo horario de exposición.

## VIII. REVISION HISTÓRICA DE LOS NIVELES ACÚSTICOS.

Reducir los niveles de ruido en el entorno urbano, a sabiendas que la principal fuente de ruido es tráfico rodado, no es sencillo ni inmediato, porque depende de diversos factores muchos de ellos indirectos, de los que cabe destacar: La concienciación ciudadana, implicación y prioridad de los gobernantes por el problema de la contaminación acústica, la ordenación urbanística y la regulación de los usos y sobre todo de las medidas de regulación y ordenación del tráfico.

Disponer de información temporal de los niveles acústicos, nos va a permitir realizar una valoración de la evolución temporal de la contaminación acústica del entorno urbano.

### VIII.1. MAPA ACÚSTICO DE 1985.

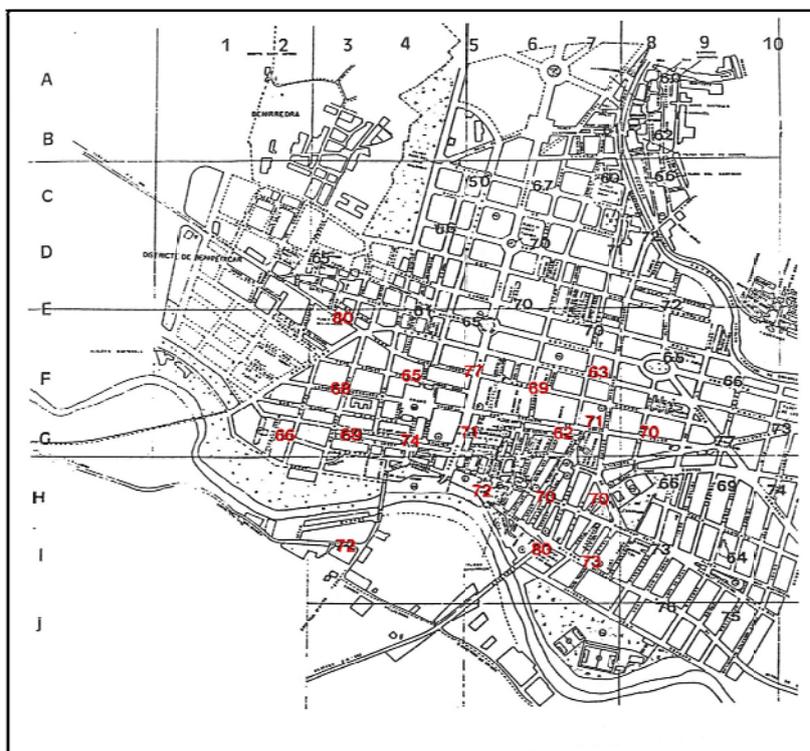
El primer mapa acústico de Gandia se realizó en el año 1985[1], siguiendo un método experimental, utilizando una retícula de 200 x 200 m<sup>2</sup>, en total 47 puntos de medida. Las medidas se realizaron en días laborables (de lunes a viernes), entre las 10 y las 20 H desde el mes de marzo al mes de junio. Los valores del nivel sonoro equivalente obtenidos en estas medidas variaban entre 50 y 80 dBA, con un valor medio de 68,5 dBA. Tan solo en 9 de los 47 emplazamientos los valores se mantenía por debajo de los 65 dBA; en 20 emplazamientos se superaban los 75 dBA.

Los niveles de ruido se evaluaron en base a una serie de lecturas instantáneas tomadas a intervalos de tiempo regular de 5 s, siendo el tiempo total de medida 20 minutos. Se calcularon los valores de los índices L<sub>1</sub>, L<sub>10</sub>, L<sub>50</sub>, L<sub>90</sub>, L<sub>99</sub> y Leq.. En la tabla.7. se muestran los resultados de las medidas en los puntos coincidentes en el entorno del C.H.

También se realizaron medidas continuas de ruido ambiental a lo largo de 24 horas (1984 y 1985) en 22 puntos de la ciudad, lo que permitió conocer la variación temporal del mismo y tener información del valor L<sub>eq</sub> nocturno

Ref Plano	Emplazamiento Actual	L1 dB(A)	L10 dB(A)	L50 dB(A)	L90 dB(A)	L99 dB(A)	Leq dB(A)	Qv/h
F-3	Legionario Bernabeu - Avda. raval	77,0	70,0	64,1	58,3	52,2	63,2	273
F-4	C\ Sant Vcte. Ferrer, 20	70,5	69,8	61,4	55,0	50,0	65,2	65
F-5	Passeig Germanies. 40	84,4	80,3	73,8	67,0	62,8	76,5	1252
F-6	San Rafael	79,8	71,5	64,7	60,3	59,5	68,7	287
G-3	C\ Pellers, 20	79,0	70,5	55,3	51,0	50,1	69,3	15
G-4	Pellers - Mesquita del Raval	83,7	77,8	80,3	65,0	60,0	74,4	454
G-5	Passeig Germanies. 10	79,5	74,3	69,8	64,5	59,7	71,2	777
G-6	Duc Carles de Borja	70,3	66,5	56,4	50,0	49,5	62,4	166
G-7	C\ Sant Francesc de Borja. 3	80,1	75,5	56,4	50,5	59,6	71,2	299
H-5	C\ Duc Alfons el Vell,1	80,4	76,1	69,7	60,2	59,5	71,4	329
H-6	Alcalá Olmo	90,2	72,5	65,0	59,3	56,6	71,1	215
I-6	Avda. d' Alacant, 51	89,5	81,7	74,3	54,7	60,7	79,5	1004

Tabla 7. Valores medidas mapa 1985.Periodo diurno.

Fig.21. Mapa de niveles sonoros  $L_{Aeq}$  día, año 1985

Se dispone información de la densidad de tráfico en los 47 puntos de medida.

Cabe destacar el valor de la densidad de tráfico que discurría por la carretera CN-332 (Alicante-Valencia), esta carretera que atravesaba el centro de la ciudad tenía un intensidad media diaria del orden de 23.000 vehículos/día (valor medio durante el periodo 1977-1985). La densidad de tráfico era especialmente elevada durante los meses de julio, agosto y diciembre, con un porcentaje de vehículos pesados del 16 %.

Con respecto a la carretera comarcal CC-320 que cruza Gandia en dirección este-oeste, los niveles de intensidad de tráfico, niveles sonoros e índices de molestia son similares a los de la carretera de Valencia.

Población de la ciudad año 1983: 51.000 habitantes

En Gandia existían 21.000 vehículos censados y además del tráfico intercomarcal, soporta un tráfico norte sur importante (CN-332) con variaciones estacionales muy agudas, además de CC-320 de Gandia a Albaida.

En el momento en el que se realizó este estudio, no existía en nuestro país normativa que regulase niveles de contaminación acústica ambientales. El trabajo se realizó siguiendo las recomendaciones internacionales vigentes en esta materia.

Como conclusión más determinante de este trabajo es que el ruido del tráfico rodado era la fuente de ruido predominante en Gandia.

#### VIII.2. MAPA ACÚSTICO DE 2004.

El Ayuntamiento de Gandía dispone de un estudio detallado de los niveles de ruido en la ciudad llevado a cabo en el año 2004 y encargado a la empresa Acusttel, la cual elaboró unos mapas de ruido a partir de una serie de mediciones para poder así realizar un diagnóstico de los niveles de contaminación acústica de la ciudad [2].

En el proceso se pretendió evaluar la distribución espacio temporal de los niveles de ruido y las variaciones diurnas y nocturnas.

También se tuvieron en cuenta en el análisis usos urbanos especialmente sensibles al ruido: tales como hospitales, centros médicos, centros docentes y zonas verdes.

Como cabía esperar se obtuvo que la principal fuente de ruido en Gandía es el tráfico rodado. Las vías que presentan mayores niveles de ruido eran la Gran Vía de Castell de Bairén, Avda. de Valencia, Avda. d'Alacant, Avinguda del Grau, Carretera Nazareth-Oliva, Circunvalación de la N-332 y el Passeig de Les Germanies.

Otras fuentes de ruido que se consideraron:

- Ocio nocturno
- Polígonos industriales
- Fuentes puntuales de corta duración: Recogida de basuras en horario nocturno, operaciones de limpieza y obras de mejora en la ciudad.

Para la obtención del mapa de ruido de Gandia se realizaron 155 medidas puntuales en el término de Gandia, repartiendo dichos puntos entre la ciudad, Grau y Platja de Gandia.

Para tener un seguimiento de la evolución del ruido en cada punto, se realizaron medidas en 6 tramos horarios diferentes, 3 diurnos y 3 nocturnos. ( entre las 8:00 y las 13:00h; las 13:00h y las 17:30h; las 17:30h y las 22:00; las 22:00h y la 1:00h; la 1:00h y las 5:00h y las 5:00h y las 8:00h).

Las medidas puntuales se realizaron desde Abril del 2004 hasta Agosto del 2004.

Dada la extensión de este trabajo solo se transcriben los resultados obtenidos dentro del ámbito de la zona objeto de este estudio. Está zona se estudio diferenciando el área de la Vila - Vilanova y el área del Raval-Prado.

#### VIII.2.1. ÁREA DE LA VILA Y VILANOVA.

En esta zona el nivel medio sonoro diurno en el año 2004 se encuentra en 68,0 dBA. Los niveles a lo largo de toda la superficie del distrito fluctúan entre 58,9 dBA, siendo éste el nivel más bajo y 73,6 dBA siendo el nivel más alto. El nivel más bajo corresponde a la Plaça Major y el más ruidoso a la Avinguda d'Alacant.

Durante la noche el nivel medio se sitúa en 60,8 dBA. El nivel más bajo es 55,1 dBA correspondiente a la C/ 9 d'Octubre y el más alto es 68,2 dBA localizado en la Avda. d' Alacant.

Sin hacer distinciones día-noche, es decir, teniendo en cuenta las 24 horas del día, el nivel medio del distrito se sitúa en 65.9 dBA. Existiendo un máximo de 71,7 dBA en la Avda. d' Alacant y un mínimo de 58,1 dB(A) en la Plaça Major.

#### VIII.2.2. ÁREA DEL RAVAL Y PRADO.

Durante el horario diurno el nivel medio es de 63,5 dBA. El punto de mayor nivel se encuentra en la Avda. del Raval y tiene un valor de 72,1 dBA. El punto de menor nivel es el Parque de Ausiàs March con un nivel sonoro de 49,5 dBA.

El nivel medio nocturno es de 56,8 dBA para el distrito del Raval, teniendo un máximo en la Avda. del Raval con 65,9 dB(A) y un mínimo de 46,0 dBA en el parque de Ausiàs March.

El nivel medio para las 24 horas del día es de 61,5 dBA. El máximo es de 70,0 dBA y se encuentra en la Avda. del Raval y el mínimo es de 48,4 dBA en el parque de Ausiàs March.



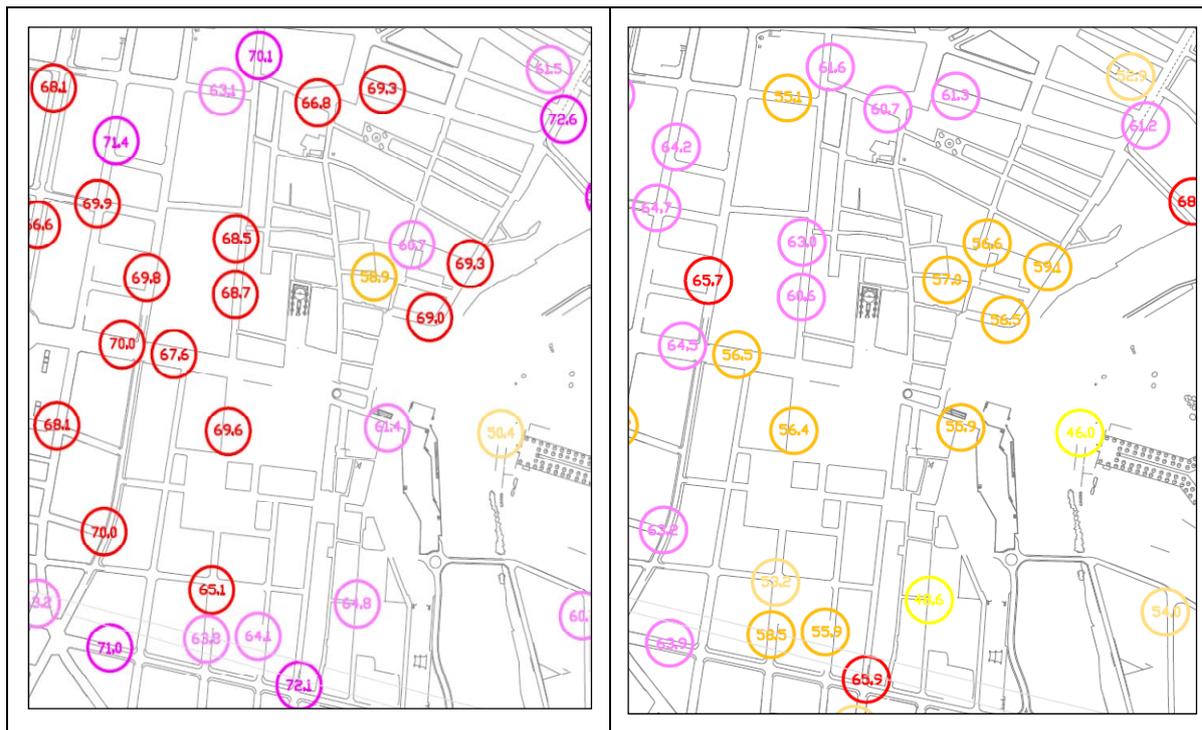


Fig.23. Mapa de botones niveles sonoros 2004. Izquierda Ldía , Derecha Lnoche.

### VIII.3. REVISIÓN DE LOS NIVELES ACÚSTICOS.

Antes de comparar los valores de los niveles acústicos ( $L_{eqA}$ ) de los mapas acústicos del 2011, 2004 y 1985, es importante recordar ciertos datos básicos sobre la reducción del ruido:

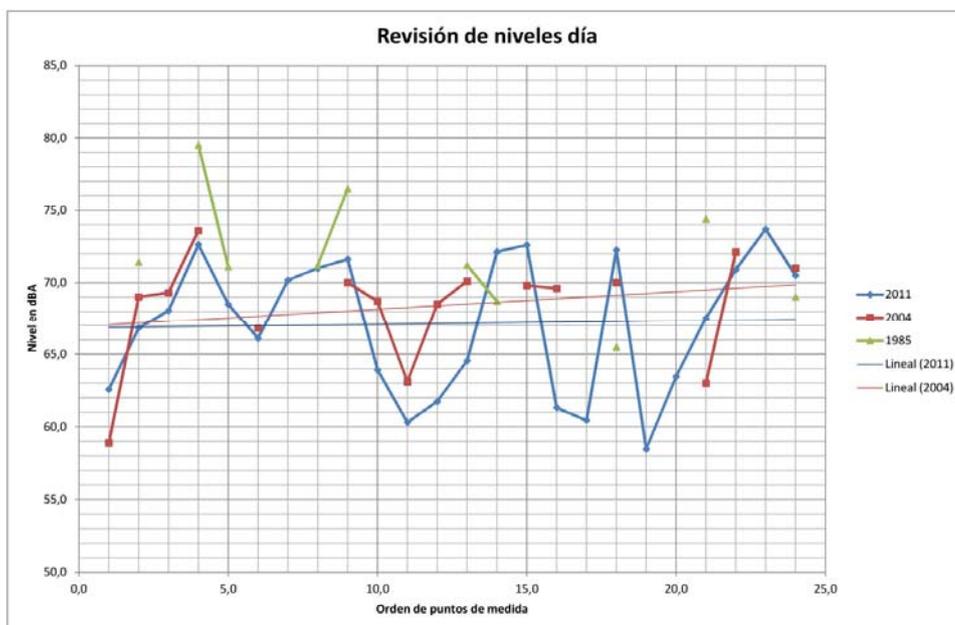
- Un cambio en el nivel de presión acústica de 1dB(A) apenas es audible.
- Una reducción de 3 dB(A) implicaría reducir a la mitad el número de vehículos.
- Es necesaria una reducción de 10 dB(A) para percibir una reducción del ruido a la mitad. Esto significaría reducir el número de vehículos al 10% del número original.

En la Tabla 9 se muestra el resultado de comparar los valores en el periodo diurno. Los valores del mapa acústico de 2011, son los simulados. Para obtener la diferencia respecto a los valores medidos bastaría con sumarle las desviaciones calculadas en la Tabla 5.

Se puede observar tanto en la tabla 9 con en la figura 30, que los niveles diurnos actuales en el CH, con respecto al mapa del año 2004 y con carácter general presentan un tendencia a niveles más bajos, no obstante hay puntos donde no se sigue esta tendencia decreciente, como el punto PM15 (C/ Sant Rafael), PM18 (C/Sant Vicent Ferrer), PM21 (C/ Dels Pellers) , esto es debido a que las obras más recientes de peatonalización ejecutadas en la C/ Sant Francisco de Borja , Passeig de Germanies, etc. Han supuesto un el desplazamiento del tráfico hacia los bordes del área peatonalizada.

Ref.	LeqA dBA Diurno			Desviaciones		
	2011	2004	1985	2011 2004	2011 1985	2004 1985
PM1	62,6	58,9	----	3,7	----	----
PM2	66,8	69,0	71,4	-2,2	-4,6	-2,4
PM3	68,1	69,3	----	-1,3	----	----
PM4	72,6	73,6	79,5	-1,0	-6,9	-5,9
PM5	68,5	----	71,1	----	-2,6	----
PM6	66,1	66,8	----	-0,7	----	----
PM7	70,2	----	----	----	----	----
PM8	71,0	----	71,2	----	-0,2	----
PM9	71,6	70,0	76,5	1,6	-4,9	-6,5
PM10	63,9	68,7	----	-4,8	----	----
PM11	60,3	63,1	----	-2,8	----	----
PM12	61,8	68,5	----	-6,8	----	----
PM13	64,6	70,1	71,2	-5,6	-6,7	-1,1
PM14	72,1	----	68,7	----	3,4	----
PM15	72,6	69,8	----	2,8	----	----
PM16	61,3	69,6	----	-8,3	----	----
PM17	60,5	----	----	----	----	----
PM18	72,3	70,0	65,5	2,3	6,8	4,5
PM19	58,5	----	----	----	----	----
PM20	63,5	----	----	----	----	----
PM21	67,5	63,0	74,4	4,5	-6,9	-11,4
PM22	70,9	72,1	----	-1,2	----	----
PM23	73,7	----	63,2	----	10,5	----
PM24	70,5	71,0	69,0	-0,5	1,5	2,0

Tabla 9. Revisión histórica de niveles periodo diurno

Fig.24. Representación gráfica comparación histórica de niveles día ( $L_{Aeq}$  dBA).

Cabe destacar los puntos PM12 y PM13 (C/ Sant Francesc de Borja 35) con una disminución media de 6 dBA y el PM16 (C/ Rausell) con de 8 dBA, ambos corresponden a zonas peatonales con obras ejecutadas con posterioridad al 2004.

Respecto al año 1985, y respecto de los puntos en que se disponen valores de medidas la disminución de niveles es más significativa, excepto en el punto PM18 (C/ Sant Vicent Ferrer) donde hay un incremento de 4,5 dBA. Este punto corresponde a una de las vías perimetrales o ronda interior del CH. aunque no se dispone de medidas en la C/ Sant Rafael, es de suponer que en esta vía ha habido un incremento ya que es la prolongación de la vía anterior (C/ Sant Vicent), esto es debido al efecto que la peatonalización ejerce sobre el tráfico en los bordes del área peatonal.

Ref	Dirección	LeqA dB Nocturno		Desviaciones
		2011	2004	2011-2004
PM1	Plaça Major	54,3	57	-2,7
PM2	C\ Duc Alfons el Vell,1	61,6	56,5	5,1
PM3	C\ de les Carmelites,16	57,2	59,1	-1,9
PM4	Avda. d'Alacant,51	68,5	68,2	0,3
PM5	C\ Santa Pascual	59,5	-----	-----
PM6	Plaça Escola Pia	56,8	-----	-----
PM7	C\ Major, 34	51,2	-----	-----
PM8	Passeig Germanies. 10	64,8	-----	-----
PM9	Passeig Germanies. 40	66,8	64,5	2,3
PM10	C\ Sant Francesc de Borja.73	55,9	60,6	-4,7
PM11	C\ 9 d'Octubre, 6	50,1	55,1	-5,0
PM12	C\ Sant Francesc de Borja.35	53,3	63,0	-9,7
PM13	C\ Sant Francesc de Borja. 3	53,1	61,6	-8,5
PM14	C\ Sant Rafael, 27	67,4	-----	-----
PM15	C\ Sant Rafael, 8	68,6	65,7	2,9
PM16	C\ Rausell, 11	54,0	56,4	-2,4
PM17	Plaça del Prado	48,2	-----	-----
PM18	C\ Sant Vte. Ferrer, 20	59,9	63,2	-3,3
PM19	Plaça del Moli	47,9	-----	-----
PM20	C\ Vora Riu, 1	53,9	-----	-----
PM21	C\ Pellers, 20	57,3	53,3	4,0
PM22	Avda. del Raval 1	65,9	65,9	-----
PM23	Avda. del Raval 2	67,9	-----	-----
PM24	Avda. del Raval 3	65,2	63,9	1,3

Tabla 10. Revisión histórica de niveles periodo nocturno

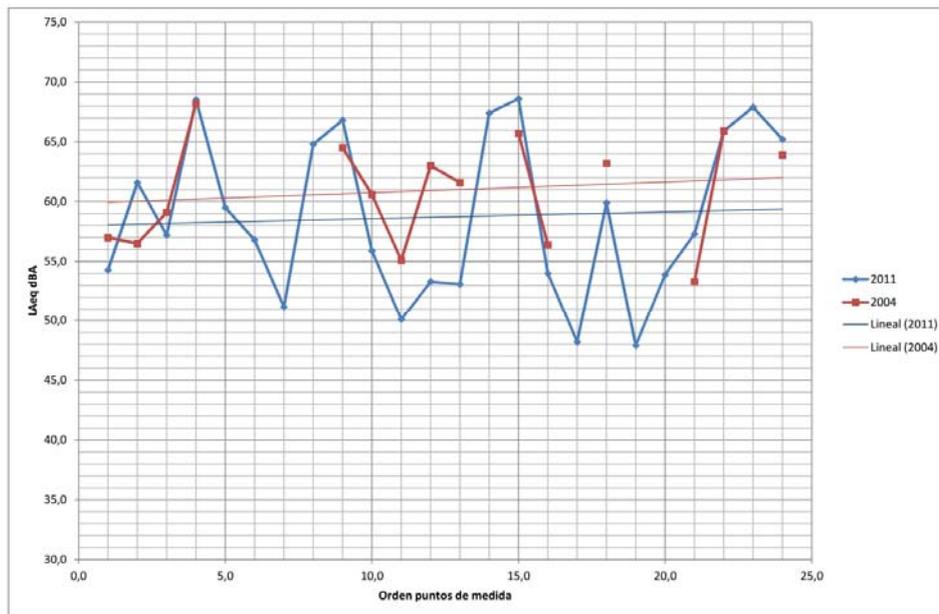


Fig.25. Representación gráfica comparación histórica de niveles noche ( $L_{Aeq}$  dBA)

No se dispone de información de los niveles nocturnos en el C.H. en el mapa acústico de 1985, solo podemos comparar los valores actuales con los de 2004. Con carácter general podemos afirmar que los valores actuales son inferiores a los de 2004, destacando la disminución en la C/ Sant Francesc de Borja, de reciente peatonalización, donde se puede observar que la peatonalización de una calle disminuye significativamente los niveles de ruido. Como cabía esperar la disminución no están significativas como en el periodo diurno. En otros puntos no se sigue la tendencia decreciente, hay incrementos significativos en la C/ Sant Rafael, C/ Pellers, Passeig Germanies 40 (influenciado por la C/ Sant Rafael), en la C/ Duc Alfons el Vell, C/ Pellers y en menor medida en la Avda Raval, todos estos puntos forman parte de la ronda interior y su incremento es debido tal y como se ha comentado anteriormente al efecto negativo de la peatonalización de desplazar el conflicto al borde del área peatonalizada.

## IX. CONCLUSIONES

En la presente Trabajo Final de Máster se han analizado los niveles acústicos actuales en el Centro Histórico (C.H.), mediante el método de simulación, validando el modelo con medidas experimentales con sus correspondientes incertidumbres asociadas y finalmente, se han comparado los resultados con los mapas acústicos de 1985 y 2004 obteniéndose las siguientes conclusiones:

**Conclusión 1:** El ruido en el C.H. de Gandia sigue presentando actualmente unos valores distribuidos pero no genéricos, por encima de los objetivos marcados en el Anexo II en la Ley 7/2002, de Protección contra la Contaminación Acústica, y en menor medida por encima de los valores establecidos en la Ley 37/2003 y en los recomendados internacionalmente.

**Conclusión 2:** Con la peatonalización se ha reducido el nivel de ruido en el C.H., pero no en la cantidad que era de esperar, el motivo principal es que actualmente no hay control para limitar el acceso de vehículos privados o de reparto en las calles peatonales.

Por parte de las Autoridades se debería hacer cumplir el plan de tráfico del C.H.; la movilidad y las condiciones de accesibilidad al mismo; la gestión de las actividades y de las zonas de carga y descarga, etc. materializados en la Ordenanza Reguladora del Tránsito Urbano a la ciudad de Gandia (en vigor desde el 8 de julio de 2000 y el Plan de Ordenación del Tráfico Urbano que consagran el C.H. como una zona de uso preferentemente peatonal, permitiendo el acceso motorizado a residentes, comerciantes y repartidores en unas condiciones y en un horario determinados mediante la gestión de una serie de pivotes hidráulicos u otro sistema que impida o permita, según sea el caso, el paso de vehículos.

**Conclusión 3:** La revisión de niveles con el mapa acústico del año 1985 y el más reciente de 2004, indica que ha habido una mejora general y progresiva de la contaminación acústica en el C.H., no obstante hay que matizar, que esta reducción no está distribuida uniformemente en todo el entorno, y que hay puntos en los que lamentablemente la reducción ha sido poco significativa y otros el nivel de ruido ha aumentado, pero en general, el balance es positivo.

Para mejorar la situación y seguir con la tendencia de disminución de ruido se proponen las siguientes medidas:

- Proteger a la población del ruido urbano y considerarlo como parte integral de la política de protección ambiental.
- Incluir el ruido como un tema de salud pública en la evaluación ambiental del entorno urbano.
- Realizar campañas de concienciación, continuas y constantes.
- Aplicar la legislación existente.
- Implementar planes de acción con objetivos de corto, mediano y largo plazo para reducir los niveles de ruido.

- Elaborar planes de reducción de ruidos con carácter general y especialmente para zonas con características singulares como el C.H., que permita compatibilizar el ocio con el uso residencial, y que establezca criterios como:
  - No permitir la instalación de estos establecimientos en calles estrechas.
  - Evitar la concentración en plazas.
  - No permitir la implantación de actividades que por su horario de cierre (discotecas o salas de fiestas, etc.) van a perturbar necesariamente durante la noche el ambiente sonoro en las calles donde se ubican.
  - Reducir ligeramente el horario de cierre, Pubs y establecimientos similares.
  - Instalar estaciones de monitorización de ruido en puntos conflictivos.

## Bibliografía

- [1] AYTO. DE GANDIA. *Investigación sobre el ruido ambiental de Gandia. Medida de niveles Acústicos y su relación con el tráfico y con la respuesta subjetiva*. José Romero y Amando García. Departamento de Física Aplicada. Universidad de Valencia, 1987.
- [2] AYTO. DE GANDIA. *Mapa Acústico de la Ciudad de Gandia*. Acusttel, 2004.
- [3] AYTO. DE GANDIA. *Pla Especial de Revitalització i Millora del Medi Urbà (PERIMMU)*. 1989-1995.
- [4] AYTO. DE GANDIA *Programa de Renovación de la Ciudad Medieval de Gandia (PRU)*.,1995.
- [5] AYTO. DE GANDIA *Plan de movilidad urbana sostenible de Gandia*. Gandia, 2008.
- [6] BOE, 276. *Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido*. España, 2003.
- [7] BOE, 301. *Real Decreto 1513/2005, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, , del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental*. España, 2005.
- [8] BOE, 254. *Real Decreto 1367/2007, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas*. España, 2007.
- [9] DOGV. *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de protección contra la contaminación acústica*. Valencia, 2002.
- [10] DOGV, 4901. *Decreto 266/2004, de la Conselleria de Territorio y Vivienda, Prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios*. Valencia.2004.
- [11] DOGV, 5305. *Decreto 104/2006, De planificación y gestión en materia de contaminación acústica*. Valencia.2006.
- [12] DIRECTIVA 2002/49/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de Junio de 2002 sobre *evaluación y gestión del ruido ambiental*. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002.
- [13] ESPADA RECAREY, Luis, et al. *Planes Locales De Acción Contra El Ruido, Documento Del Grupo De Trabajo De Conama 10*. . VIDA MANZANO, Jerónimo ed., Documento Preliminar ed., 2010. Disponible desde [http://www.conama10.es/conama10/download/files/GTs%202010/15\\_final.pdf](http://www.conama10.es/conama10/download/files/GTs%202010/15_final.pdf).
- [14] ESRI. *ArcGIS 9. ArcMap Tutorial*. United States of America, 2006.
- [15] EUROPEAN COMMISSION. *The Green Paper on Future Noise Policy*. COM (96), 540, November, 1996. Disponible desde [http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/com\\_96\\_540.pdf](http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/com_96_540.pdf)
- [16] EUROPEAN COMMISSION, DG Environment. *Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping*. ADRINTERIM-CM, 2003.
- [17] EUROPEAN COMMISSION SILENCE PROJECT. *Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans - The SILENCE tool for noise abatement*. AVL List GmbH, Austria, 2009.
- [18] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*. 2007.
- [19] European Commission Working Group. *Noise Mapping Information to the Public*. March, 2008.
- [20] FERNÁNDEZ, P.; VÁZQUEZ, M. CIFRA: Sistema integral de consulta, información y gestión de focos de ruido ambiental. 36º Congreso Nacional de Acústica (TECNIACUSTICA 05). Terrassa, 2005.
- [21] GARCIA. *La Contaminación Acústica. Fuentes, Evaluación, Efectos y Control*. Ed. Sociedad Española de Acústica (SEA). Madrid, 2006.
- [22] GARCÍA SANZ, Benjamín; and GARRIDO, Francisco J. *La Contaminació Acústica a Les Nostres Ciutats*. Barcelona: Fundació "La Caixa", 2003.

- [23] *Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores*, CETUR 1980.
- [24] HARRIS C. *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. Ed. Mc Graw Hill, 1995.
- [25] HIDALGO, A et al. Metodología para la realización de mapas de ruido. *Acústica 2008*, Coimbra, 2008.
- [26] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) *Acoustics - Description and measurement of environmental noise. Part 2: Acquisition of data pertinent to land use. ISO 1996-2:1987*. Ginebra: ISO. 1987.
- [27] ISO *Acoustics - Description and measurement of environmental noise. Part 3: Application to noise limits. ISO 1996-3:1987*. Ginebra: ISO. 1987.
- [28] ISO. *Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors, Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere. ISO 9613-1:1993(E)*. Ginebra: ISO. 1993.
- [29] ISO. *Acoustics - Attenuation of Sound During Propagation Outdoors, Part 2: General Method of Calculation. ISO 9613-2:1996(E)*. Ginebra: ISO. 1993.
- [30] ISO. *Acoustics - Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment. ISO 9612-1:1997*. Ginebra: ISO. 1997.
- [31] ISO. *Acoustics- Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basic quantities and assessment procedures. ISO 1996-1:2003*. Ginebra: ISO. 2003.
- [32] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA – AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA. Valores climatológicos normales de Gandia. Versión Online: <http://www.aemet.es/>.
- [33] JIAN KANG. *Urban Sound Environment*. Ed. Taylor & Francis, 2007.
- [34] Night Noise Guidelines for Europe. WHO, 2009. Disponible desde [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0017/43316/E92845.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf).
- [35] NMPB 1996. *Nouvelle Méthode de Prevision du Bruit - Routes-96*. SETRA-CERTULCPC-CSTB.
- [36] OMS “Guidelines for Community Noise”, *Organización Mundial de la Salud*, Ginebra, 1999.
- [37] PÉREZ, C. *Técnicas de Análisis Multivariante de Datos*. Ed. Pearson Educación, S.A. Madrid, 2004.
- [38] PREDICTOR TYPE 7810. *Manual de usuario*. Brüel & Kjaer, Dinamarca, 2008.
- [39] R. BARTI DOMINGO. *Acústica medioambiental. Vol. I y II*. Ed. Club Universitario. Alicante, 2010.
- [40] SEGUÉS, F. *Estrategia de elaboración de un mapa de ruido. I Congreso sobre ruido urbano*. Vitoria-Gasteiz, 2005
- [41] SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA (S.E.A). *Acústica Ambiental: análisis, legislación y soluciones*. Ed. Madrid, 2009.
- [42] VIDAL SÁNCHEZ, Alfredo G., et al. *Estudio Comparativo De Diferentes Metodologías Para La Confeción De Mapas Acústicos*. Coimbra, Portugal: *Acústica 2008*, Disponible desde <http://www.sea-acustica.es/Coimbra08/id256.pdf>.

## **ANEXOS**

**Anexo I. Mapas Acústicos.**

**Anexo II. Descriptores e indicadores utilizados en acústica ambiental**

**Anexo III. Revisión de normativa, legislación y documentos**

**Anexo IV. Condiciones atmosféricas de las medidas**

**Anexo V. Resultados de las mediciones**

**Anexo VI. Aforo del tráfico rodado**

**Anexo VII. Cálculo de la incertidumbre en las medidas**

**Anexo VIII. Reportaje fotográfico del entorno del Centro Histórico**



### ANEXO I

### MAPAS ACUSTICOS

initial model  
21 jul 2012, 12:41

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

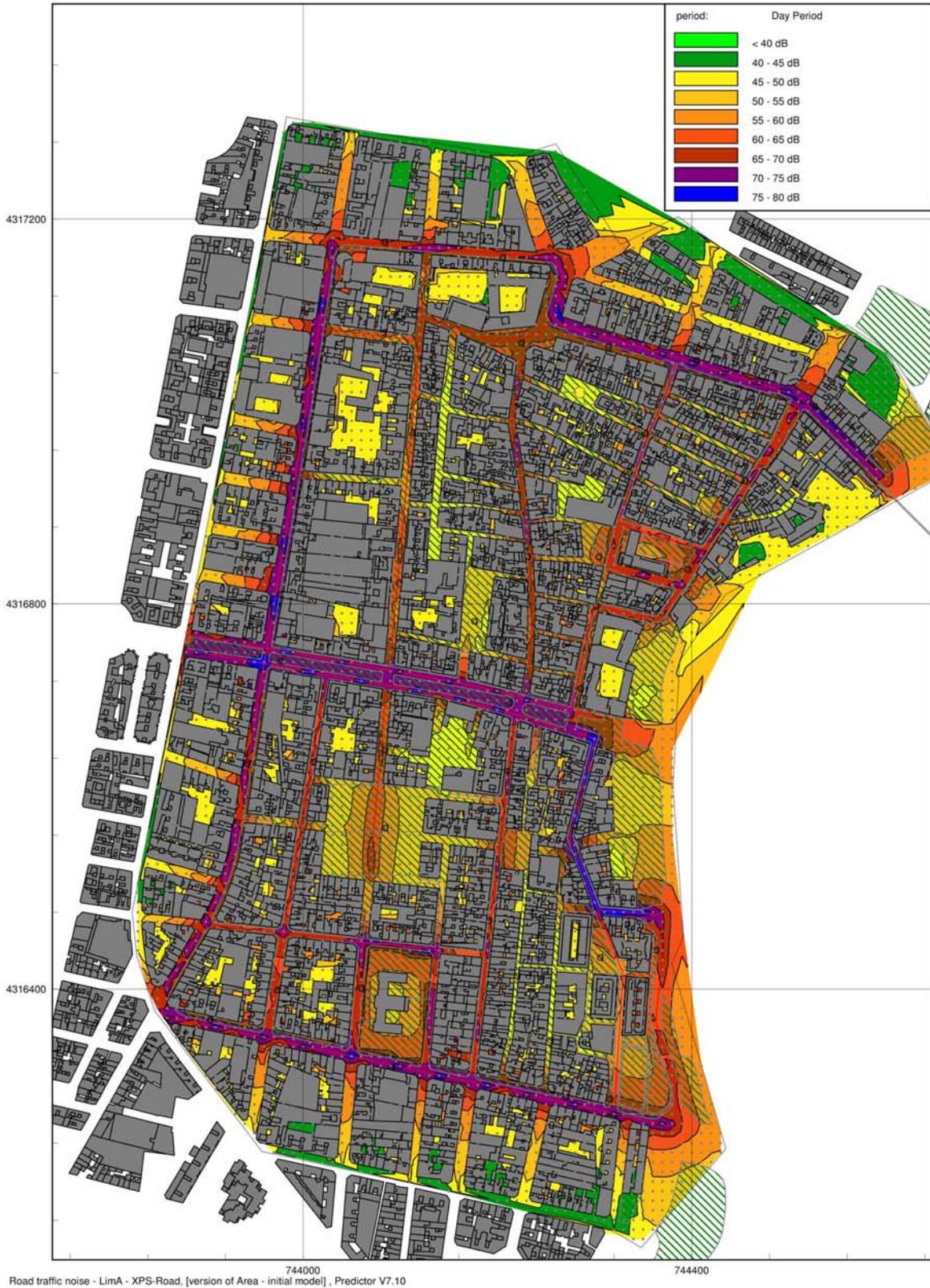


Fig.1. Mapa de niveles sonoros nivel Ldía.

initial model  
21 jul 2012, 12:47

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA



Fig.2. Mapa de niveles sonoros Lnoche.

initial model  
24 jul 2012, 20:16

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

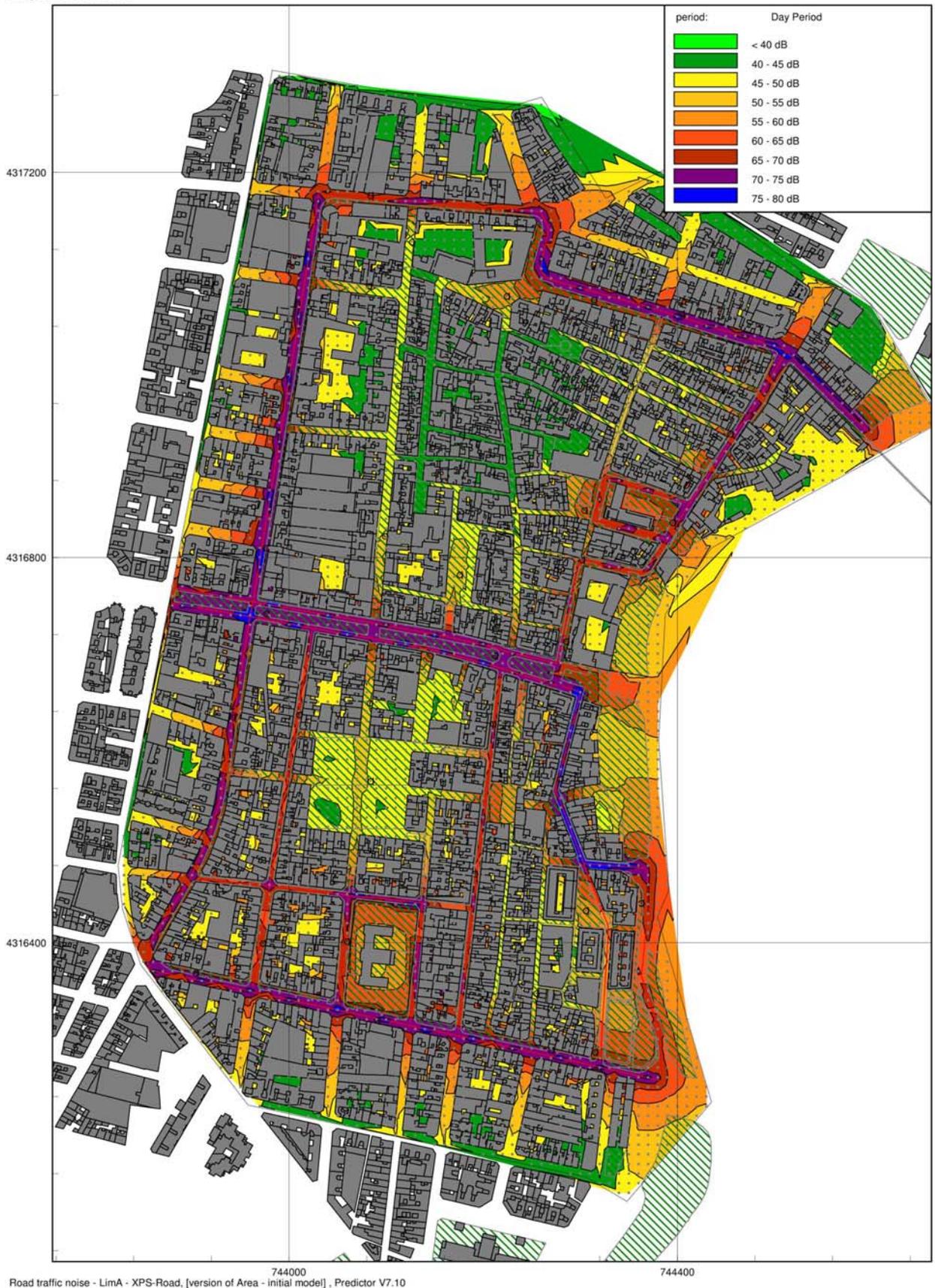
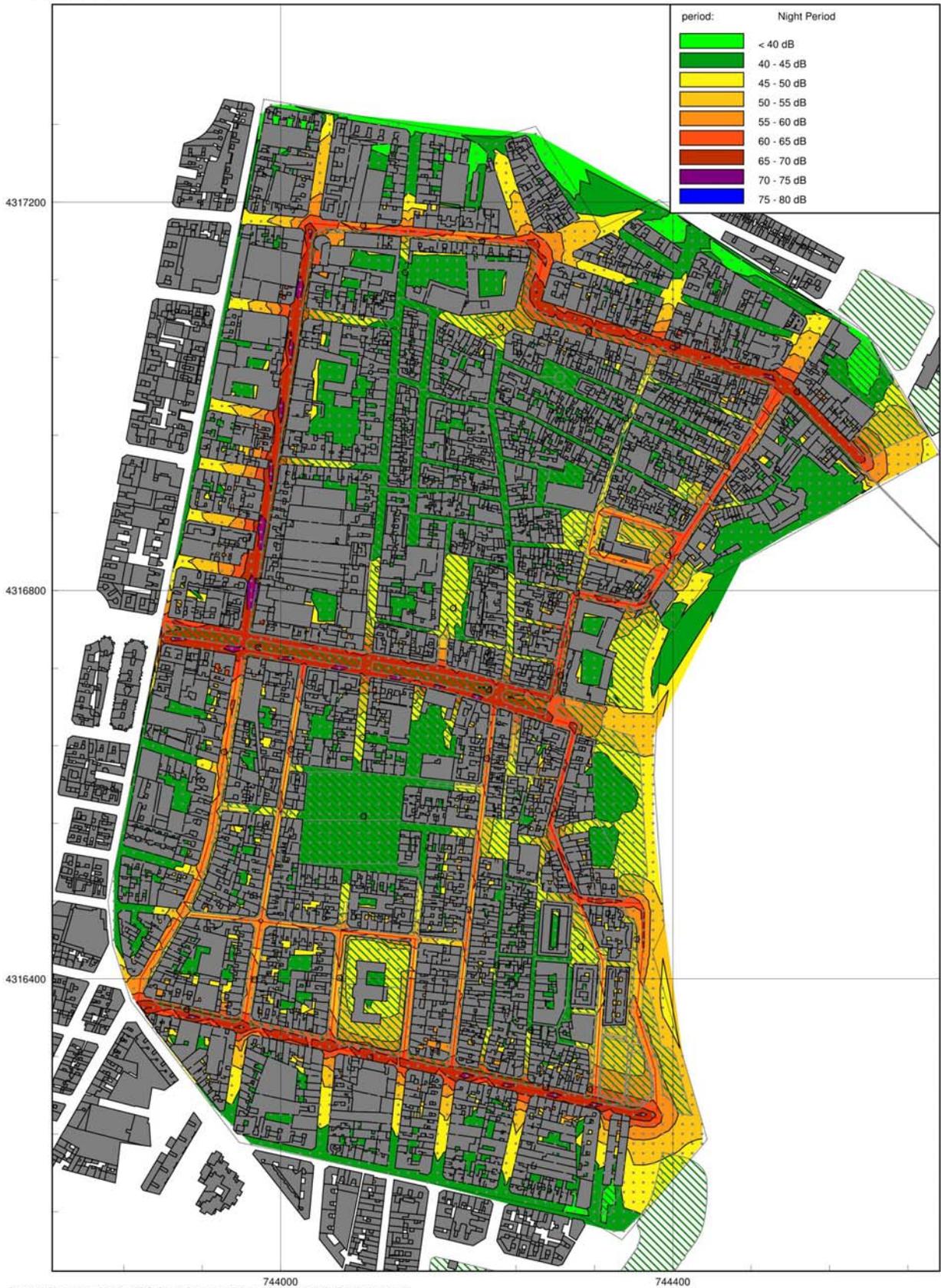


Fig.3. Mapa de niveles sonoros diurno sin tráfico en calles peatonales

initial model  
24 jul 2012, 20:13

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA



Road traffic noise - LimA - XPS-Road, [version of Area - initial model], Predictor V7.10

Fig.4. Mapa de niveles sonoros nocturno sin tráfico en calles peatonales

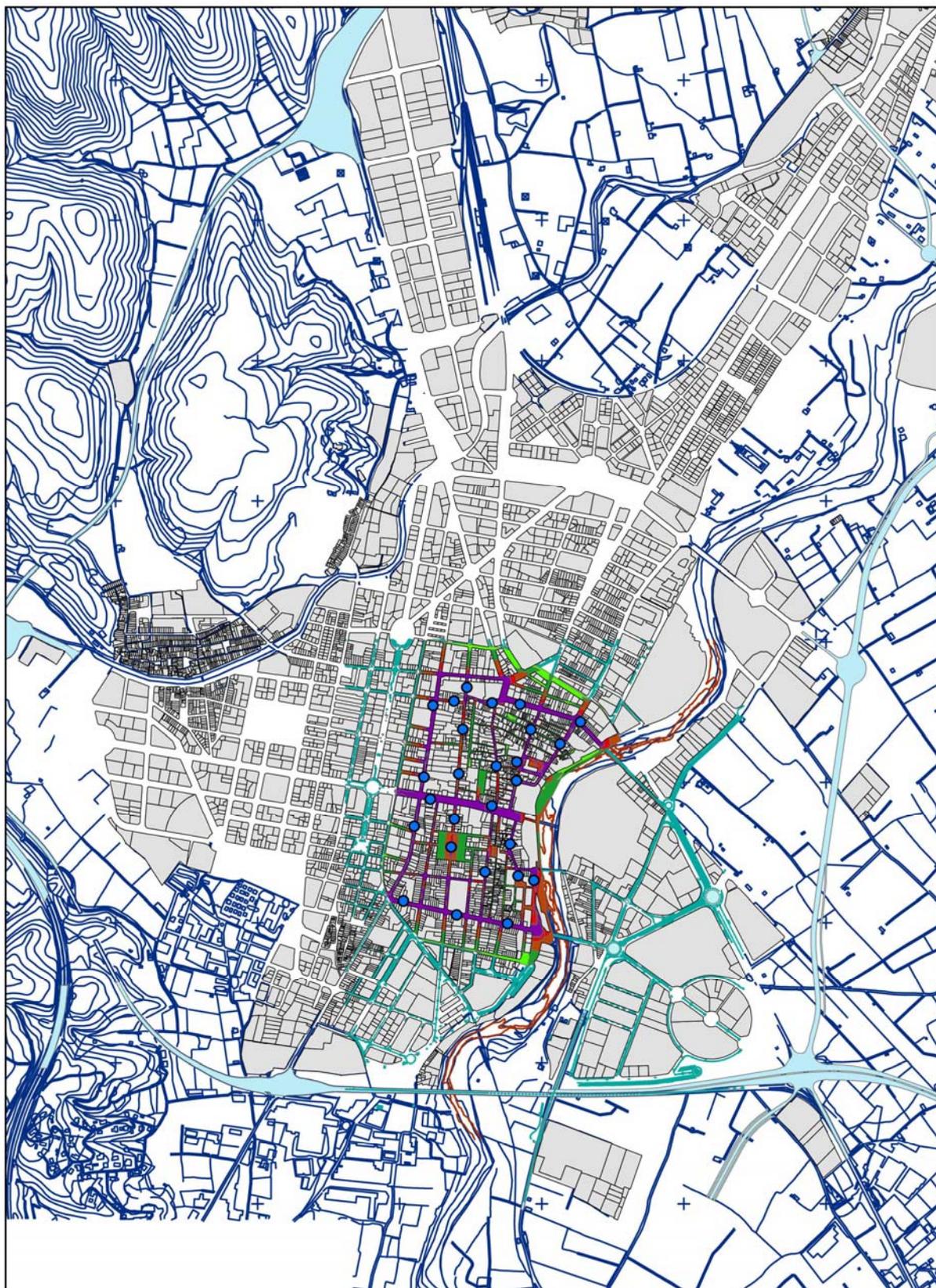


Fig.5. Integración de la simulación en el SIG.

## ANEXO II

### DESCRIPTORES E INDICADORES UTILIZADOS EN ACÚSTICA AMBIENTAL

La relación entre las complejas características del ruido ambiente y su efecto sobre las personas no es nada simple, por lo que efectuar un análisis de la exposición al ruido de una población implicaría un volumen de información enorme, poco práctico de administrar y de comparar. La finalidad de un descriptor o indicador es reducir este complejo escenario de ruido a una magnitud que siga siendo significativa, pero que sea más escueta y simple de manejar.

Por supuesto, se perderán detalles puntuales del evento global, ya que, necesariamente, estos parámetros simplificados constituyen una representación incompleta de la realidad. Pero este es un compromiso aceptable. Los indicadores no se usan solamente en Acústica; su utilización también es común en otras actividades.

A continuación se describen de forma resumida los parámetros más representativos en Acústica Ambiental.

#### A.II.1. *EL NIVEL DE RUIDO EQUIVALENTE*

Como sabemos, el nivel sonoro es variable en el tiempo. Debido a esto, es muy común que se utilice el concepto de nivel equivalente para mediciones a lo largo de ciertos períodos (no instantáneas).

Durante el intervalo de tiempo que dura una medición, tenemos un nivel sonoro instantáneo que varía con el tiempo. Es posible calcular la energía total proporcionada por el mismo durante el tiempo de medición T. Luego, para determinar el nivel equivalente, se calcula el nivel de sonido continuo que aporta la misma dosis de energía que el sonido variable, ponderado A, durante el intervalo de tiempo dado. El nivel equivalente viene entonces dado por la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A(t)^2}{P_0^2} dt \right) dB(A) \quad (1)$$

Donde T = (t<sub>1</sub> - t<sub>0</sub>) es el período de medición, P<sub>A</sub>(t) es la presión sonora instantánea ponderada según la curva A, y P<sub>0</sub> es la presión de referencia, 20μPa. Visto de otra forma, también podemos decir que el nivel equivalente es la energía media del nivel sonoro instantáneo a lo largo de un período de tiempo determinado.

Cuando se tiene una serie de valores discretos, producto de haber realizado n mediciones de nivel sonoro con un determinado período de muestreo fijo, y asumiendo que el nivel sonoro se mantiene constante dentro de cada período, la integral de la ecuación anterior se reduce a una sumatorio:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i}{10}} \cdot t_i \right) \quad (2)$$

donde  $N = \frac{t_1 - t_2}{\Delta t}$  es el número de muestras

$$T = \sum_{i=1}^N t_i$$

$t_i$  es el porcentaje de tiempo en el que se realizan las muestras

En la figura 1 vemos un ejemplo en el cual se representa el nivel sonoro instantáneo (trazo continuo), el nivel equivalente progresivo (trazo segmentado), y el nivel continuo equivalente para todo el período (trazo punteado).

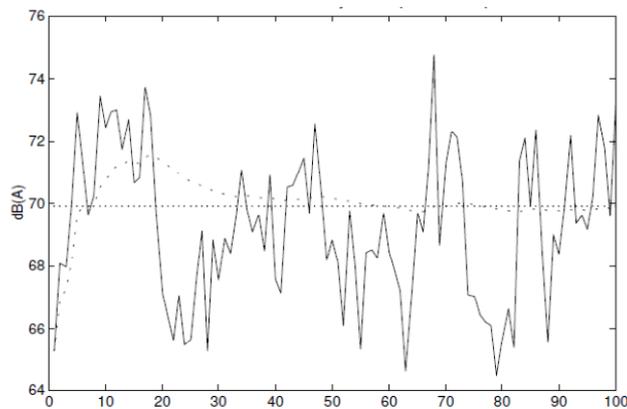


Figura .1. Nivel sonoro instantáneo y nivel equivalente.

### A.II.2. DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS

Para poder analizar convenientemente un fenómeno complejo y variable como el ruido, se hace necesario el empleo de herramientas estadísticas, más específicamente, de descriptores estadísticos de ruido. Los dos tipos de análisis de este tipo más utilizados son el distributivo y el acumulativo.

El análisis distributivo indica por cuánto tiempo el nivel sonoro ha estado dentro de un dado intervalo, como podría ser entre 67.0 y 68.0dB(A). En la figura 2 podemos ver un ejemplo de análisis distributivo, realizado en base a valores ficticios, tomados al sólo efecto de ilustrar el concepto.

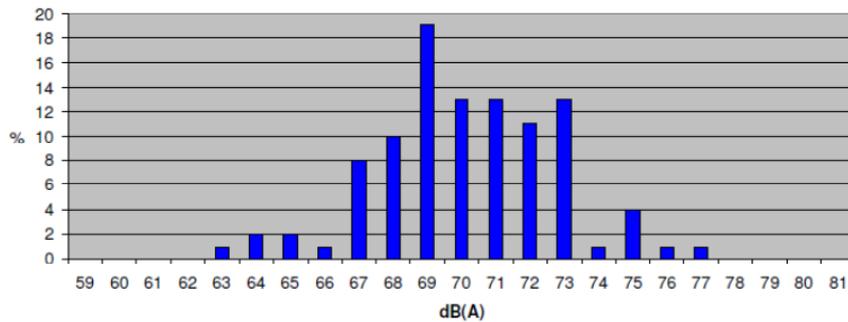


Fig.2. Análisis distributivo de niveles de una señal de ruido

El análisis acumulativo, en cambio, brinda indicación de por cuánto tiempo un determinado nivel sonoro ha sido superado. En la figura 3 podemos ver el gráfico correspondiente a este tipo de análisis.

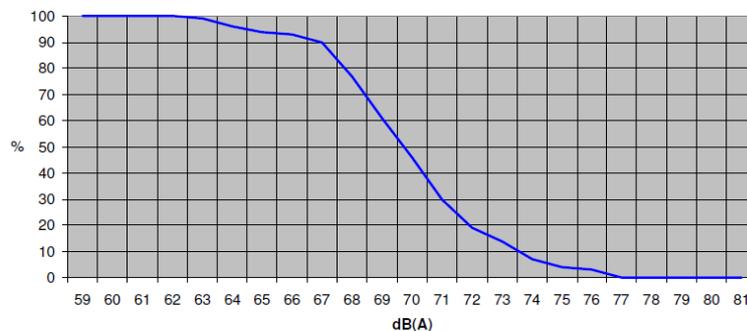


Fig.3. Niveles acumulativo de niveles de una señal de ruido

En la curva podemos apreciar que niveles relativamente bajos de sonoridad, como 60 dB(A), fueron superados durante todo el tiempo de esta hipotética medición. Es decir, todos los valores obtenidos en la medición fueron superiores a 60 dB(A), mientras que nunca se alcanzaron valores tan altos como 80 dB(A). Este último tipo de análisis es más utilizado, y en base al mismo se definen los descriptores estadísticos de ruido comúnmente conocidos como "percentiles", los cuales sirven para dar información acerca de cómo varía o fluctúa el nivel sonoro durante el período de medición.

El nivel percentil  $L_x$  representa el valor de  $L_p(A)$  que fue superado durante el  $x$  porcentaje del tiempo de medición. Los percentiles más utilizados son el  $L_1$ ,  $L_5$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$ , y  $L_{99}$ .

$L_{90}$ ,  $L_{95}$  y  $L_{99}$  se suelen utilizar para indicar lo que se conoce como ruido de fondo, ya que es el nivel de presión sonora mínimo o de base, que está presente casi todo el tiempo.

$L_1$ ,  $L_5$  y  $L_{10}$  se suelen utilizar para indicar lo que se conoce como "pico de ruido". Nótese que, por ejemplo, un  $L_{10} = 80$  dB(A) indica que solamente durante un 10% del tiempo que duró la medición el nivel sonoro estuvo por encima de esa marca, sin hacer referencia al valor máximo obtenido durante ese período, por lo que posibles picos esporádicos de niveles de sonoridad

excepcionalmente elevados quedan encubiertos, no siendo reflejados en este descriptor. Por este motivo, los percentiles son considerados más representativos que los valores máximos y mínimos absolutos, y, particularmente,  $L_{10}$  y  $L_{90}$  son dos de los más utilizados. En particular, a la diferencia entre estos dos últimos ( $L_{10} - L_{90}$ ) se la suele denominar clima de ruido.

$L_{50}$  indica el valor que fue superado durante el 50% del tiempo de medición. Dicho de otra forma, representa la mediana de los valores medidos. Recordando el concepto de mediana, si ordenáramos de mayor a menor todas las muestras obtenidas, ésta equivale al valor central, o al promedio de los dos valores centrales en caso que la cantidad de muestras sea par, de modo que existe igual cantidad de muestras mayores y menores que  $L_{50}$ . Notemos que este parámetro es diferente al promedio de los valores. Si, por ejemplo, dentro de los valores obtenidos hubiera un valor anormalmente elevado, podríamos suponer que quizás esa muestra fuera debida a otros factores, y no fuera representativa del fenómeno que estamos analizando. En ese caso, la mediana arrojaría un resultado mucho más representativo que el promedio de las muestras.

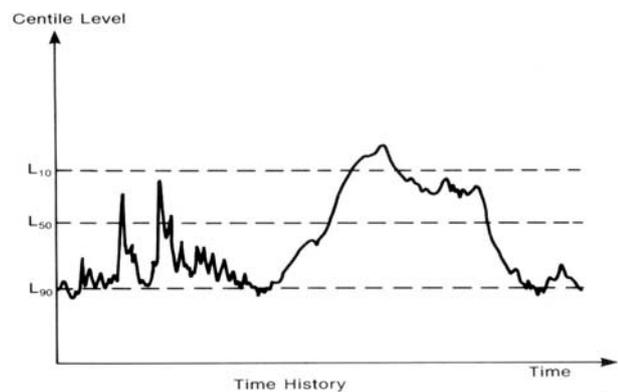


Fig.4. Niveles de percentiles de una señal de ruido

### A.I.3 INDICADORES DE RUIDO

Existen varios indicadores de ruido. Estos parámetros, basándose en los descriptores vistos anteriormente, pretenden dar una indicación del nivel de ruido que logre acercarse más al nivel de molestia percibido por las personas expuestas.

#### **Traffic Noise Index (TNI):**

Griffith y Langdon detectaron, mediante encuestas realizadas en Londres, que las molestias percibidas guardaban cierta relación con el clima de ruido. Desarrollaron entonces un indicador que tuviera en cuenta aquellos parámetros. El TNI, o Índice de Ruido de Tránsito, está dado por la siguiente fórmula:

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad (3)$$

**Noise Pollution Level (NPL):**

Se trata de un índice que tiene en cuenta el hecho de que a mayores fluctuaciones en el nivel sonoro, mayor es la molestia percibida por las personas, para lo cual tiene en cuenta el percentil L50 y la diferencia de los percentiles L10 y L90, tal y como se muestra en la siguiente expresión:

$$LPN = L_{Aeq,T} + (L_{10} - L_{90}) \quad (4)$$

También se puede expresar relacionando el nivel sonoro equivalente con el incremento de molestia causado por las fluctuaciones en el nivel, obteniendo la siguiente expresión:

$$NPLL = L_{eq} + K\sigma \quad (5)$$

Es un indicador de ruido que está conformado por una combinación de dos factores: el nivel equivalente y la desviación estándar de las muestras en el mismo período.

Donde  $L_{eq}$  es la energía media del nivel sonoro dentro de un período de tiempo dado, pudiendo también emplearse  $L_{eq}(A)$ ,  $\sigma$  es la desviación estándar, y  $K$  es una constante que se estableció de valor igual a 2,56, debido a que ese valor, aparentemente, concordaba mejor con los estudios realizados en la población. Por ese motivo, es común hallar referencias al NPL directamente expresadas de la siguiente forma:

$$NPLL = L_{eq} + 2,56 \cdot \sigma \quad (6)$$

**Sound Exposure Level (SEL):**

También conocido como Single Event Level, el SEL intenta valorar más acertadamente ruidos de eventos únicos, como el pasaje de un avión o un tren. Está basado en la integración de todo el evento sonoro, teniendo en cuenta la cantidad total de energía del evento.

El valor SEL se define como el nivel de sonido continuo durante un período de 1s que contiene la misma energía que el evento sonoro individual completo. De las tres constantes de tiempo, Impulse, Fast y Slow, la más empleada internacionalmente para este tipo de mediciones es la rápida (Fast). En particular, el SEL que se obtiene empleando la constante de tiempo impulsiva se denomina. Para un evento sonoro ocurriendo durante un intervalo de tiempo  $T$ , la relación entre el SEL y  $L_{eq}(A)$  es:

$$L_{AE} = SEL = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{T_0} \int_0^T 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right) = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{T_0} \int_0^T \frac{P_A(t)^2}{P_0^2} dt \right) \quad (7)$$

donde  $T_0$  es el tiempo de referencia (1 segundo),  $P_0$  es la presión acústica de referencia ( $2 \cdot 10^{-5}$  Pa) y  $P_A(t)$  es la presión sonora instantánea.

La relación entre  $L_{eq}$  y el SEL para un suceso de ruido es:

$$SEL = L_{eq}(A) + 10 \cdot \log \left( \frac{T}{1s} \right) \quad (8)$$

La figura 5 nos muestra la representación gráfica del  $L_{eq}$ , el SEL y el Nivel de Presión Sonora SPL, donde observamos el nivel de presión sonora de una señal acústica durante el tiempo de medida y, sobre ella, la media energética correspondiente al  $L_{eq}$  y la energía concentrada en un segundo o SEL.

Habitualmente se trabaja con el filtro de ponderación A, pero para sonidos impulsivos, como disparos de armas de fuego, el análisis con la curva C se correlaciona mejor con la sensación de sonoridad percibida.

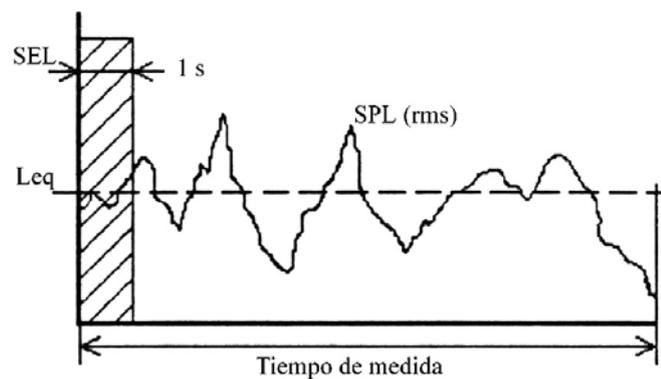


Fig.5. Representación gráfica de  $L_{eq}$ , SEL y SPL.

#### Nivel Equivalente Máximo:

Cuando hablamos de eventos sonoros individuales, el valor instantáneo máximo del mismo es un parámetro importante. El valor  $L_{max}(A)$  debe medirse con la constante de tiempo rápida (Fast), ya que así se obtendrá una buena correlación con la sensación de sonoridad percibida por el oído. Para sonidos impulsivos de duración extremadamente corta, puede emplearse la constante de tiempo impulsiva, y comúnmente, en estos casos se emplea el filtro de ponderación C.

#### Nivel Equivalente Día-Noche:

Este indicador se denomina  $L_{dn}$ , y pretende dar una idea del nivel de ruido a lo largo de las 24 horas del día, teniendo en consideración el hecho de que durante la noche la población se vuelve más sensible al ruido, y, si bien habitualmente los niveles sonoros disminuyen en cierta medida durante ese período, su importancia relativa aumenta.

Se trata del  $L_{eq}(A)$  para un período de 24 horas, con una penalización de 10dB para los niveles equivalentes medidos durante la noche. Las horas que comprenden el período nocturno varían de acuerdo a las costumbres y cultura de cada pueblo, siendo necesario relevar información acerca del comportamiento promedio de la población en cada caso; pero en general se trata de un período de 8 horas, comprendido entre las 22:00 y las 08:00, ó entre las 23:00 y las 07:00. Si bien el tiempo promedio de sueño suele ser menor que 8 horas, la duración de este período se estableció a los efectos de proteger tanto a los que se acuestan temprano como a aquellos que lo hacen un poco más

tarde. De esta manera, para calcular  $L_{dn}$ , se obtiene un nivel equivalente para el período de 16 horas del día ( $L_d$ ), y un nivel equivalente para la noche ( $L_n$ ). A este último se le suma 10dB, y luego, se promedia con el  $L_{eq}(A)$  del día, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L_{dn} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{24} \left( 16 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \quad (9)$$

Como ejemplo, si durante el día medimos un nivel equivalente de 60dB(A), y durante la noche, 50dB(A), el  $L_{dn}$  será igual a 60dB(A).

### **Nivel Equivalente Día-Tarde-Noche:**

En algunos países se agrega el concepto de "evening" (atardecer o anochecer), que a los efectos del presente trabajo será traducido simplemente como tarde, en concordancia con el término empleado en la versión en español de la Directiva del Parlamento Europeo [12].

Este concepto comprende el período vespertino que antecede a la noche (período de sueño), en el cual generalmente la población goza de su tiempo libre, fuera del horario típico de trabajo.

Esta definición puede abarcar también el período de la siesta, si fuera conveniente. Por estos motivos, se entiende que en este período del día hay un cierto aumento en la sensibilidad al ruido.

El concepto es muy similar al anterior. En este caso, a los valores medidos durante el período vespertino ( $L_e$ ) se penalizan con 5dB. La Unión Europea ha decidido emplear este indicador, pero deja a criterio de los distintos Estados miembros decidir a qué hora empiezan el día, la tarde y la noche. Sin embargo, fija los valores por defecto, que son: día: de 07:00 a 19:00 H; tarde: de 19:00 a 23:00; noche: de 23:00 a 07:00 H [12]. El nivel  $L_{den}$  se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{24} \left( 12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \quad (10)$$

### **Nivel Equivalente Noche:**

Este indicador también es utilizado en la Unión Europea. Se simboliza como  $L_n$ , y consiste simplemente en el valor  $L_{eq}(A)$  medido durante las horas de la noche (sin el incremento de 10dB).

### **Nivel Equivalente de Fin de Semana:**

En muchos casos puede ser aconsejable identificar los datos obtenidos los sábados, domingos y festivos, ya sea  $L_{dn}$ ,  $L_{den}$  o cualquier otro indicador de 24 horas.

En teoría, se podrían llegar a definir infinitos indicadores y descriptores, y de hecho, un gran número de éstos ha sido propuesto oportunamente. Sin embargo, a los efectos del presente trabajo, nos limitaremos a estudiar los más significativos y comúnmente empleados.

#### A.II.4 CORRELACIÓN CON LAS MOLESTIAS PERCIBIDAS

Inicialmente, cabe destacar que los ruidos con fuertes componentes de baja frecuencia resultan especialmente molestos, aún a bajos niveles de presión sonora. La curva de ponderación A no refleja este hecho con la exactitud necesaria, ya que presenta una importante atenuación a frecuencias bajas. Muchos son los que proponen la utilización de la curva C, defendiendo la posición de que se ajusta mejor a la percepción de las personas expuestas.

Otro factor que influye en la reacción de los individuos ante el ruido es la época del año, ya que de eso depende si las ventanas se encuentran normalmente abiertas o cerradas, y con eso, la aislación acústica de la edificación.

El nivel continuo equivalente es el más utilizado internacionalmente en mediciones a largo plazo de exposición al ruido ambiental. El  $L_{eq}$  ha sido utilizado por mucho tiempo, y ha demostrado ser un buen indicador de la molestia percibida ante ruidos aproximadamente continuos, como el de tráfico rodado. Además, un gran número de indicadores de ruido están definidos en base al  $L_{eq}$ .

Aún es motivo de discusión si el nivel continuo equivalente es un indicador adecuado para la noche. Algunos sostienen que se correlaciona bastante bien con la calidad general del sueño, como la Unión Europea, pero dado que eventos sonoros aislados de elevada amplitud pueden interrumpir el sueño, otros sostienen que sería más adecuada una combinación de  $L_{eq}$  y  $L_{max}$ .

El nivel continuo equivalente Día-Noche  $L_{dn}$  es un indicador razonablemente bueno del grado de exposición promedio al ruido en una cierta área geográfica durante períodos de 24 horas o superiores. En términos generales, las penalizaciones de 5dB y 10dB a los valores equivalentes medidos durante la tarde y la noche han dado resultados bastante satisfactorios.

Para ruidos que se caracterizan por poseer eventos sonoros aislados, como el de tráfico ferroviario o aéreo, otros indicadores que consideren el número de eventos y el nivel de los mismos, como el  $L_{max}$  o el SEL, resultan más apropiados para describir la molestia percibida, y se correlacionan mejor con el grado de perturbación del sueño. Como  $L_{max}$  ignora la duración del evento, es esperable que el SEL dé una descripción más exacta del hecho.

### ANEXO III

#### REVISION DE NORMATIVA, LEGISLACION Y DOCUMENTOS.

##### A.III.1 NORMATIVA COMUNITARIA

###### *Directiva 2002/49/CE*

En el marco de la política comunitaria, la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (DOCE 18/7/2002)[12], tiene como principal objetivo establecer un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos de la exposición al ruido, aplicando las siguientes medidas:

- Determinación de la exposición al ruido ambiental mediante la elaboración de los mapas de ruido según métodos de evaluación comunes.
- Informar a la población sobre el ruido ambiental y sus efectos.
- Adoptar, por parte de los estados miembros, planes de acción para prevenir y reducir el ruido ambiental.
- Fijar bases que permitan elaborar medidas comunitarias de reducción de los ruidos emitidos por las principales fuentes, en particular, vehículos e infraestructuras de ferrocarril y carretera, aeronaves, equipamiento industrial y de uso al aire libre y máquinas móviles.

En cuanto a la aplicación y responsabilidades, se establece que los estados miembros deberán definir las autoridades competentes para:

- La elaboración y aprobación de los mapas de ruido y planes de acción para aglomeraciones urbanas (más de 100.000 habitantes), grandes ejes viarios (más de 3.000.000 vehículos / año), grandes ejes ferroviarios (más de 30.000 trenes / año) y grandes aeropuertos (más de 50.000 movimientos / año)
- La recopilación de los mapas de ruido y planes de acción.

Los métodos recomendados, para los Estados miembros que no cuentan con métodos nacionales de cálculo o para los que quieren cambiar a otro método de cálculo, son los siguientes:

###### **Recomendación de la Comisión de 6 de agosto de 2003**

Esta recomendación es relativa a las orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, de tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisiones correspondientes (DOCE 22/8/2003).

Se recomiendan aquí los métodos de cálculo señalados a continuación, en aquellos países donde no cuenten con métodos nacionales:

**Ruido Industrial:** ISO 9613-2: «Acoustics -Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation» [27].

Para este método pueden obtenerse datos adecuados sobre emisión de ruido (datos de entrada) mediante mediciones realizadas según alguno de los siguientes métodos:

- ISO 8297/1994 «Acoustics-Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment-Engineering method»
- ISO 3744/1995 «Acústica -Determinación de los niveles de potencia sonora de fuentes de ruido utilizando presión sonora. Método de ingeniería para condiciones de campo libre sobre un plano reflectante»
- ISO 3746/1995 «Acústica-Determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido a partir de presión sonora. Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante»

**Ruido de Tráfico Rodado:** El método recomendado calcular los niveles sonoros para el ruido de tráfico rodado, es el método nacional de cálculo francés “NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)”, mencionado en el “Arrere du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routiéres, Journal du 10 mai 1995, article 6”, y en la norma francesa “XPS 31-133” [33]. Por lo que se refiere a los datos de entrada sobre la emisión, esos documentos se remiten al «Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980».

**Ruido de trenes:** Método nacional de cálculo de los Países Bajos, publicado en “Reken – en Meetvoorschrift Railverkeerslawai 96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Orrdening en Milieubeheer, 20 November 1996”.

**Ruido de Aeronaves:** ECAC.CEAC Doc. 29 «Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports» 1997. Entre los distintos métodos para modelar trayectorias de vuelo, se utilizará la técnica de segmentación mencionada en la sección 7.5 del documento 29 de ECAC.CEAC.

### **Documento de la OCDE**

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) es una organización internacional intergubernamental que reúne a los países más industrializados de economía de mercado mundial. En la OCDE, los representantes de los 30 países miembros se reúnen para intercambiar información y armonizar políticas con el objetivo de maximizar su crecimiento económico y ayudar a su desarrollo y al de los países no miembros.

Sin embargo la OCDE, de manera general, ha fijado niveles de ruido aceptables e informan sobre las consecuencias de diversos niveles de ruido.

Niveles de ruido aceptables según la OCDE	
≥ 55 dBA	Falta de confort. Sueño alterado con ventanas abiertas.
≥ 60 dBA	Sueño y conversación alteradas con ventanas abiertas.
≥ 65 dBA	Nivel de aceptabilidad. Sueño y conversación alteradas con ventanas cerradas.
≥ 70 dBA	Protestas. Perturbación del sueño y conversación.
≥ 75 dBA	Posible pérdida de agudeza auditiva a largo plazo.

## Documento de la OMS

Desde 1980, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha abordado el problema del ruido urbano. Las guías para el ruido urbano relacionadas con la salud pueden servir de base para preparar normas teniendo como referencia la gestión del ruido. Los aspectos claves de la gestión del ruido incluyen las opciones para reducirlo, modelos de predicción y evaluación del control en la fuente, normas de emisión de ruidos para fuentes existentes y planificadas, evaluación de la exposición al ruido y las pruebas de cumplimiento de la exposición al ruido con las normas de emisión. En 1992, la Oficina Regional de la OMS para Europa convocó a una reunión del grupo de trabajo que estableció guías para el ruido urbano. En 1995, el Karolinska Institute de Estocolmo emitió una publicación preliminar, a solicitud de la OMS.

La OMS convocó a una reunión del grupo de trabajo de expertos para concluir las guías en marzo de 1999 en Londres, Reino Unido. Las Guías para el ruido urbano se prepararon como una respuesta práctica a la necesidad de tomar acción frente al ruido urbano así como a la necesidad de mejorar la legislación, gestión y orientación en el nivel nacional y regional.

### Valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos, fuente OMS.

Ambiente Específico	Efecto(s) crítico(s) sobre la salud	L <sub>Aeq</sub> [dB(A)]	Tiempo [horas]	L <sub>msi fast</sub> [dB]
Exteriores	Molestia grave en el día y al anochecer Molestia moderada en el día y al anochecer	55 50	16 16	-
Interior de la vivienda, dormitorios	Interferencia en la comunicación oral y molestia moderada en el día y al anochecer Trastorno del sueño durante la noche	35 30	16 8	45
Fuera de los dormitorios	Trastorno del sueño, ventana abierta (valores en exteriores)	45	8	60
Salas de clase e interior de centros preescolares	Interferencia en la comunicación oral, disturbio en el análisis de información y comunicación del mensaje	35	Durante clases	-
Dormitorios de centros preescolares, interiores	Trastorno del sueño	30	Durante el descanso	45
Escuelas, áreas exteriores de juego	Molestia (fuente externa)	55	Durante el juego	-
Hospitales, pabellones, interiores	Trastorno del sueño durante la noche Trastorno del sueño durante el día y al anochecer	30 30	8 16	40 -
Hospitales, salas de tratamiento, interiores	Interferencia en el descanso y la recuperación	#1		
Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	70	24	110
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento	Deficiencia auditiva (patrones: < 5 veces/año)	100	4	110
Discursos públicos, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	85	1	110
Música y otros sonidos a través de audífonos o parlantes	Deficiencia auditiva (valor de campo libre)	85 #4	1	110
Sonidos de impulso de juguetes, fuegos artificiales y armas	Deficiencia auditiva (adultos) Deficiencia auditiva (niños)	- -	- -	140 #2 120 #2
Exteriores de parques de diversión y áreas de conservación	Interrupción de la tranquilidad	#3		

#1: Lo más bajo posible.

#2: Presión sonora máxima (no LAF, máx) medida a 100 mm del oído.

#3: Se debe preservar la tranquilidad de los parques y áreas de conservación y se debe mantener baja la relación entre el ruido intruso y el sonido natural de fondo.

#4: Con audífonos, adaptado a valores de campo libre.

### A.III.2. *NORMATIVA ESTATAL*

#### **Ley 37/2003, de 17 de noviembre de Ruido**

La norma que resulta de aplicación en el territorio nacional es la Ley 37/2003 del Ruido , que es la que regula la realización de los mapas de ruido.

Esta ley, así como los posteriores decretos que la desarrollan, son de aplicación para infraestructuras de competencia estatal.

Los tipos de áreas acústicas que define la Ley del Ruido, sin establecer valores límite u objetivos de calidad acústica para cada una de ellas, son los siguientes:

<b>Áreas acústicas</b>	
Clase	Usos principales
‘a’	Predominio residencial
‘b’	Industrial
‘c’	Recreativo y espectáculos
‘d’	Terciario (salvo anterior)
‘e’	Sanitario, docente, cultural
‘f’	SG Infraestructuras de transportes, equipamientos públicos
‘g’	Espacios Naturales que requieran protección

Cabe destacar el hecho de que, de acuerdo a lo expuesto en la citada Ley, las administraciones competentes para delimitar estas áreas acústicas, así como los valores límite y objetivos de calidad acústica en cada área definida, son las Comunidades Autónomas.

#### **Real Decreto 1513/2005**

Este Real Decreto tiene por objeto desarrollar la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, con el fin de establecer un marco básico destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos del Ruido.

En este decreto se definen los índices de ruido a evaluar, así como los métodos de evaluación de los mismos y de los efectos nocivos asociados al ruido. Además se especifican los requisitos mínimos para los planes de acción y el cartografiado estratégico de ruido.

#### **Real Decreto 1367/2007**

Este Real Decreto establece las normas necesarias para el desarrollo y ejecución de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas [8].

En este decreto se define la clasificación mínima en áreas acústicas del territorio que deberán tener en cuenta las comunidades autónomas, estableciendo además los criterios a seguir para la delimitación de las mismas.

Por último, se definen los valores límites para cumplir con los objetivos de calidad acústica así como los límites de inmisión.

<b>Objetivos de calidad acústica para ruido aplicable a áreas urbanizadas existentes</b>				
<b>Tipo de área acústica</b>		<b>L<sub>d</sub></b>	<b>L<sub>e</sub></b>	<b>L<sub>n</sub></b>
a.	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
b.	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
c.	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
d.	Sectores del territorio con predominio de suelo recreativo y de espectáculos.	73	73	63
e.	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 que los reclamen.	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

<b>Límites de inmisión de ruidos aplicables a nuevas infraestructuras viarias, ferroviarias y aeroportuarias</b>				
<b>Tipo de área acústica</b>		<b>L<sub>d</sub></b>	<b>L<sub>e</sub></b>	<b>L<sub>n</sub></b>
a.	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	55	55	45
b.	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial.	60	60	50
c.	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	65	65	55
d.	Sectores del territorio con predominio de suelo recreativo y de espectáculos.	68	68	58
e.	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	70	70	60

<b>Valores límites de inmisión máximos de ruidos aplicables a nuevas infraestructuras, ferroviarias y aeroportuarias</b>		<b>Índice de ruido: L<sub>Amax</sub></b>
<b>Tipo de área acústica</b>		
a.	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	80
b.	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial.	85
c.	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	88
d.	Sectores del territorio con predominio de suelo recreativo y de espectáculos.	90
e.	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	90

### A.III.3 *NORMATIVA AUTONÓMICA*

#### **Ley 7/2002 de 3 de diciembre de la Generalitat Valenciana**

La Comunidad Valenciana cuenta con normativa legal específica relativa a la zonificación acústica del territorio, de acuerdo con la Ley 7/2002, en la que se clasifica distintas áreas de sensibilidad acústica en función de la tipología de usos del suelo, fijando unos valores objetivo para suelos urbanísticamente consolidados, que resultan de aplicación para este estudio.

El objetivo es prevenir, vigilar y corregir la contaminación acústica en el ámbito de la Comunidad Valenciana, para proteger la salud de las personas y mejorar la calidad del medio ambiente.

El ámbito de aplicación se corresponde con las actividades, comportamientos, instalaciones, medios de transporte y máquinas que produzcan ruido y vibraciones.

En la siguiente tabla aparecen los valores correspondientes al objetivo de calidad acústica para el uso dominante correspondiente:

<b>Límites de inmisión de ruidos según la legislación autonómica</b>		
<b>Uso dominante</b>	<b>Día</b>	<b>Noche</b>
Sanitario y docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

#### **Normativa Municipal**

El Ayuntamiento de Gandía dispone desde 1998 de una ordenanza municipal reguladora de la emisión y recepción de ruidos y vibraciones. Esta ordenanza tiene por objeto regular la actuación municipal en orden a la protección de las personas contra las agresiones producidas por la energía acústica en sus manifestaciones más representativas: ruido y vibraciones.

A efectos de esta Ordenanza se considera dividido el día en dos periodos denominados diurno y nocturno. El primero de ellos ocupa el espacio de tiempo comprendido entre las 8 y las 22 horas, correspondiendo al segundo espacio de tiempo comprendido entre las 22 y las 8 horas. Los ruidos y vibraciones emitidos o transmitidos tendrán la consideración de diurnos o nocturnos según se produzca en uno u otro periodo de tiempo.

En su artículo II aparecen niveles de ruido admisibles en el exterior de una edificación:

<b>Límites admisibles en el exterior de edificaciones</b>		
<b>Zonificación</b>	<b>Nivel de Recepción Exterior</b>	
	Día	Noche
Zona urbana residencial	55	50
Zona urbana industrial	70	70

## ANEXO IV

### CONDICIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS MEDIDAS.

En este anexo se muestran los valores medios de las temperaturas en grados Celsius y presión atmosférica de cada uno de los días en los que se llevaron a cabo las mediciones acústicas.

El micrófono se protegió en todas las mediciones con una pantalla anti viento para minimizar el efecto de los vientos suaves o brisas. También se registraron la temperatura y presión atmosférica y humedad ambiente. No se realizaron mediciones en condiciones climáticas adversas como lluvia y viento.

Para no extendernos se muestran los valores medios de las temperaturas en grados Celsius y presión atmosférica de cada una de las mediciones acústicas en cada punto de medida.

Punto	Dirección	Temperaturas Medias Diurnas °C				Patm
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Media	(mbar) Valor medio
1	Plaça Major	24,2	24,2	27,0	25,1	1013,3
2	C\ Duc Alfons el Vell,1	24,2	24,2	27,0	25,1	1013,3
3	C\ de les Carmelites,16	24,2	24,2	27,0	25,1	1013,3
4	Avda. d´Alacant,51	24,2	24,6	27,0	25,3	1013,3
5	C\ Sant Pasqual - Alcalá de Olmo	24,2	24,6	27,0	25,3	1013,3
6	Plaça Escola Pia	24,2	24,6	27,0	25,3	1013,3
7	C\ Major, 34	24,2	24,6	27,0	25,3	1013,3
8	Passeig Germanies. 10	24,2	24,6	24,3	24,4	1013,3
9	Passeig Germanies. 40	23,6	23,6	26,8	24,7	1013,3
10	C\ Sant Francesc de Borja.73	23,6	23,6	24,3	23,8	1013,3
11	C\ 9 d´Octubre, 6	23,6	24,6	26,8	25,0	1013,3
12	C\ Sant Francesc de Borja. 35	23,6	23,6	24,3	23,8	1013,3
13	C\ Sant Francesc de Borja. 3	23,6	24,6	26,8	25,0	1011,7
14	C\ Sant Rafael, 27	23,6	24,6	26,8	25,0	1011,7
15	C\ Sant Rafael, 8	23,6	24,6	26,8	25,0	1011,7
16	C\ Rausell, 11	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7
17	Plaça del Prado	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7
18	C\ Sant Vcte. Ferrer, 20	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7
19	Plaça del Molí	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7
20	C\ Vora Riu, 1	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7
21	C\ Pellers, 20	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7
22	Avda. Raval,16	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7
23	Avda. Raval,45	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7
24	Avda. Raval,60	26,6	26,6	28,8	27,3	1011,7

Tabla.1. Temperaturas y presiones medias diurnas.

Punto	Dirección	Temperaturas Medias Nocturnas °C				Patm
		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Media	(mbar) Valor medio
1	Plaça Major	27,0	25,7	26,7	26,5	1013,3
2	C\ Duc Alfons el Vell,1	27,0	25,7	25,2	26,0	1013,3
3	C\ de les Carmelites,16	27,0	25,7	25,2	26,0	1013,3
4	Avda. d'Alacant,51	27,0	25,7	25,2	26,0	1013,3
5	C\ Santa Paqual Alcalá de Olmo	27,0	25,7	25,2	26,0	1013,3
6	Plaça Escola Pia	27,0	25,7	25,2	26,0	1013,3
7	C\ Major, 34	27,0	25,7	25,2	26,0	1013,3
8	Passeig Germanies. 10	26,8	26,8	26,7	26,8	1013,3
9	Passeig Germanies. 40	26,8	26,8	26,7	26,8	1013,3
10	C\ Sant Francesc de Borja. 73	26,2	26,8	26,7	26,6	1013,3
11	C\ 9 d'Octubre, 6	26,2	26,8	26,7	26,6	1013,3
12	C\ Sant Francesc de Borja. 35	26,2	26,8	26,7	26,6	1013,3
13	C\ Sant Francesc de Borja. 3	26,2	26,8	26,7	26,6	1011,7
14	C\ Sant Rafael, 27	26,2	26,8	26,7	26,6	1011,7
15	C\ Sant Rafael, 8	26,2	26,8	26,7	26,6	1011,7
16	C\ Rausell, 11	27,6	27,2	26,6	27,1	1011,7
17	Plaça del Prado	27,6	27,2	26,6	27,1	1011,7
18	C\ Sant Vcte. Ferrer, 20	27,6	27,2	26,6	27,1	1011,7
19	Plaça del Molí	27,6	27,2	26,6	27,1	1011,7
20	C\ Vora Riu, 1	27,6	27,2	26,6	27,1	1011,7
21	C\ Pellers, 20	27,6	27,2	26,6	27,1	1011,7
22	Avda. Raval,16	27,6	27,6	28,8	28,0	1013,3
23	Avda. Raval,45	27,6	27,6	28,8	28,0	1011,7
24	Avda. Raval,60	27,6	27,6	28,8	28,0	1011,7

Tabla.2. Temperaturas y presiones medias nocturnas

**ANEXO V****RESULTADOS DE LAS MEDICIONES.****A.V.1. SITUACION GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE MEDIDA.**

<b>Situación</b>	<b>Id</b>	<b>Referencia</b>	<b>UTMX(m)</b>	<b>UTMY(m)</b>
Plaça Major,1	1	PM1	744304,1	4316849,0
C/ Duc Alfons el Vell	2	PM2	744301,7	4316797,7
C/ Carmelites,16	3	PM3	744454,8	4316928,1
Avda. d'Alacant,51	4	PM4	744526,5	4317004,9
Sant Pascual - Alcalá de Olmo	5	PM5	744352,0	4316977,5
Plaça Escoles Pies	6	PM6	744224,4	4317071,5
C\ Major, 34	7	PM7	744230,8	4316849,1
Passeig Germanies. 10	8	PM8	744214,5	4316709,1
Passeig Germanies. 40	9	PM9	743986,0	4316730,7
C\ Sant Francesc de Borja.73	10	PM10	744098,7	4316822,1
C\ 9 d'Octubre, 6	11	PM11	744082,1	4317078,9
C\ Sant Francesc de Borja. 35	12	PM12	744126,8	4317127,9
C\ Sant Francesc de Borja 3	13	PM13	744112,6	4316978,4
C\ Sant Rafael, 27	14	PM14	744008,1	4317063,4
C\ Sant Rafael, 8	15	PM15	743976,5	4316810,1
C\Rausell,11	16	PM16	744084,0	4316660,3
Plaça Prado	17	PM17	744084,2	4316567,7
C\Sant Vicent Ferrer,20	18	PM18	743941,8	4316633,9
Plaça del Moli	19	PM19	744307,1	4316456,8
C\Vora Riu,1	20	PM20	744362,8	4316440,9
C\Pellers,20	21	PM21	744191,2	4316471,4
Avda. del Raval 16	22	PM22	744270,0	4316288,3
Avda. del Raval 45	23	PM23	744090,8	4316319,2
Avda. del Raval 60	24	PM24	743903,7	4316368,5

Tabla.1. Situación geográfica de los puntos de medida.

**A.V.2.- MEDIDAS EN EL PERIODO DIURNO (08:00 a 22:00)**

<b>Ref</b>	<b>Tiempo de inicio</b>	<b>Tiempo de finalización</b>	<b>L<sub>Aeq</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AFmáx</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AFmín</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AF10</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AF50</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AF90</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AF95</sub> [dBA]</b>
<b>PM1</b>	14/07/2011 11:18:21	14/07/2011 11:28:21	60,3	84,2	46,6	62,2	54,2	50,2	49,4
<b>PM1</b>	14/07/2011 12:09:35	14/07/2011 11:59:35	62,7	84,2	52,6	64,5	59,9	56,8	56,1
<b>PM1</b>	26/07/2011 18:24:15	26/07/2011 18:34:15	56,1	78,2	48,0	57,4	53,8	50,6	49,9
<b>PM2</b>	14/07/2011 09:27:50	14/07/2011 09:37:50	61,3	82,5	49,5	63,9	56,3	51,5	51,0
<b>PM2</b>	14/07/2011 12:21:18	14/07/2011 12:31:18	63,2	77,1	49,9	67,2	58,1	52,8	52,0
<b>PM2</b>	26/07/2011 18:37:03	26/07/2011 18:47:03	60,5	76,3	44,6	64,5	53,9	48,6	47,5
<b>PM3</b>	14/07/2011 09:39:20	14/07/2011 09:49:20	66,1	84,2	42,4	68,5	57,1	48,8	47,2
<b>PM3</b>	14/07/2011 12:33:37	14/07/2011 12:43:37	66,3	82,2	48,2	69,2	60,2	52,5	51,3
<b>PM3</b>	26/07/2011 18:49:47	26/07/2011 18:59:47	67,5	94,2	42,3	65,7	54,4	46,2	45,2
<b>PM4</b>	14/07/2011 09:52:56	14/07/2011 10:02:56	69,8	88,4	56,2	71,9	67,1	59,8	58,6
<b>PM4</b>	15/07/2011 12:46:28	15/07/2011 12:56:28	71,6	96,7	55,9	73,1	68,2	60,4	59,1
<b>PM4</b>	26/07/2011 19:04:10	26/07/2011 19:14:10	69,6	85,1	53,8	72,6	66,2	57,5	56,6
<b>PM5</b>	14/07/2011 10:05:44	14/07/2011 10:15:44	69,1	95,9	50,5	70,9	65,2	59,5	58,1
<b>PM5</b>	15/07/2011 13:03:32	15/07/2011 13:13:32	69,2	80,8	60,2	71,3	68,3	66	65,5
<b>PM5</b>	26/07/2011 19:18:13	26/07/2011 19:28:13	67,6	83,1	56,0	70,4	64,7	60,1	59,0
<b>PM6</b>	14/07/2011 10:18:44	14/07/2011 10:28:44	61,8	73,3	56,0	64,4	60,4	58,1	57,7
<b>PM6</b>	15/07/2011 13:17:21	15/07/2011 13:27:21	62,0	77,9	55,9	63,7	61,0	58,4	57,7
<b>PM6</b>	26/07/2011 19:32:32	26/07/2011 19:42:32	67,6	94,3	57,9	67,4	64,1	61,4	60,8
<b>PM7</b>	14/07/2011 11:18:21	14/07/2011 11:28:21	72,1	97,8	59,8	72,1	66,1	62,7	62,1
<b>PM7</b>	15/07/2011 13:31:37	15/07/2011 13:41:37	63,5	76,1	55,4	66,6	61,7	58,6	57,9
<b>PM7</b>	26/07/2011 19:46:37	26/07/2011 19:56:37	67,8	87,7	60,3	70,1	66,3	63,2	62,6
<b>PM8</b>	14/07/2011 11:31:31	14/07/2011 11:41:31	67,8	83,0	59,4	70,7	66,5	62,8	61,9
<b>PM8</b>	15/07/2011 13:44:32	15/07/2011 13:54:32	65,3	77,0	54,6	68,2	64,0	59,1	57,7
<b>PM8</b>	28/07/2011 18:26:35	28/07/2011 18:36:35	68,0	87,7	56,2	69,3	63,9	60,3	59,6

<b>PM9</b>	18/07/2011 10:02:39	18/07/2011 10:12:39	68,1	89,1	55,0	70,1	64,8	59,3	58,2
<b>PM9</b>	18/07/2011 12:09:02	18/07/2011 12:19:02	67,3	86,3	55,7	70,0	65,3	62,0	61,1
<b>PM9</b>	01/08/2011 19:45:40	01/08/2011 19:55:40	68,7	86,6	56,3	71,2	66,3	62,3	60,8
<b>PM10</b>	18/07/2011 10:19:25	18/07/2011 10:29:25	63,7	83,2	54,2	66,1	60,1	57	56,4
<b>PM10</b>	18/07/2011 12:28:38	18/07/2011 12:38:38	60,7	78,0	52,9	62,4	58	55,8	55,3
<b>PM10</b>	28/07/2011 18:42:33	28/07/2011 18:52:33	62,7	79,2	53,7	65,0	59,6	56,5	56,0
<b>PM11</b>	18/07/2011 10:40:15	18/07/2011 10:50:15	61,0	77,1	53,7	63,5	58,4	55,5	55,0
<b>PM11</b>	20/07/2011 12:19:12	20/07/2011 12:29:12	61,5	80,1	52,6	63,0	58,1	54,9	54,5
<b>PM11</b>	01/08/2011 18:53:15	01/08/2011 19:03:15	59,6	74,4	51,3	62,2	56,6	53,4	52,8
<b>PM12</b>	18/07/2011 10:53:25	18/07/2011 11:03:25	61,1	76,5	52,5	64,0	58,6	55,1	54,5
<b>PM12</b>	18/07/2011 12:43:01	18/07/2011 12:53:01	60,1	77,6	54,1	62,3	57,1	55,4	55,2
<b>PM12</b>	28/07/2011 18:57:12	28/07/2011 19:07:12	61,6	78,4	54,5	63,7	59,5	56,8	56,2
<b>PM13</b>	18/07/2011 11:07:30	18/07/2011 11:17:30	63,7	88,8	48,4	63,8	55,5	51,9	51,2
<b>PM13</b>	20/07/2011 12:45:49	20/07/2011 12:55:49	59,6	82,7	49,2	61,6	55,3	52,0	51,3
<b>PM13</b>	01/08/2011 19:05:49	01/08/2011 19:15:49	62,2	79,5	49,3	65,5	58,3	54,1	52,9
<b>PM14</b>	18/07/2011 11:41:40	18/07/2011 11:51:40	70,2	85,8	59,2	73,1	67,5	64,3	62,3
<b>PM14</b>	20/07/2011 12:32:45	20/07/2011 12:42:45	73,9	93,3	59,8	76,2	69,4	65,2	63,9
<b>PM14</b>	01/08/2011 19:18:38	01/08/2011 19:28:38	71,5	87,7	57,5	74,9	68,1	62,9	61,3
<b>PM15</b>	18/07/2011 11:56:37	18/07/2011 12:06:37	74,9	97,7	55,6	75,3	67,5	60,1	58,9
<b>PM15</b>	20/07/2011 13:04:35	20/07/2011 13:14:35	71,9	86,9	56,3	75,7	67,8	60,7	58,8
<b>PM15</b>	01/08/2011 19:33:20	01/08/2011 19:43:20	70,4	83,1	53,0	74,1	66,7	57,5	56,2
<b>PM16</b>	23/08/2011 10:01:54	23/08/2011 10:11:54	59,5	86,0	47,8	61,6	54,7	50,7	50,0
<b>PM16</b>	23/08/2011 19:13:09	23/08/2011 19:23:09	60,1	88,6	47,7	61,5	55,4	52,0	51,3
<b>PM16</b>	29/08/2011 19:21:34	29/08/2011 19:31:34	56,8	73,5	48,4	59,1	53,8	51,3	50,8

<b>PM17</b>	23/08/2011 10:13:25	23/08/2011 10:23:25	56,0	78,3	45,2	57,0	51,9	48,4	47,6
<b>PM17</b>	23/08/2011 19:26:38	23/08/2011 19:36:38	61,2	79,3	51,2	63,7	58,8	55,1	54,3
<b>PM17</b>	29/08/2011 19:33:14	29/08/2011 19:43:14	66,5	96,3	52,2	65,8	59,5	55,7	55,0
<b>PM18</b>	23/08/2011 10:26:36	23/08/2011 10:36:36	69,6	82,9	50,6	72,8	67,0	58,0	54,5
<b>PM18</b>	23/08/2011 10:26:36	23/08/2011 10:36:36	70,7	83,1	53,0	73,1	66,7	57,5	54,3
<b>PM18</b>	29/08/2011 19:46:51	29/08/2011 19:56:51	69,7	85,3	56,1	72,9	67,0	61,0	59,8
<b>PM19</b>	23/08/2011 10:57:49	23/08/2011 11:07:49	53,4	68,3	38,5	56,7	48,9	42,8	41,8
<b>PM19</b>	23/08/2011 20:08:22	23/08/2011 20:18:22	51,7	67,6	34,2	54,3	41,9	37,0	36,3
<b>PM19</b>	29/08/2011 20:17:28	29/08/2011 20:27:28	51,6	67,1	38,4	54,8	45,1	41,2	40,5
<b>PM20</b>	23/08/2011 11:10:09	23/08/2011 11:20:09	64,0	91,9	43,4	65,4	54,7	46,8	45,2
<b>PM20</b>	23/08/2011 20:20:15	23/08/2011 20:30:15	61,3	82,1	39,9	65,3	53,1	44,8	43,5
<b>PM20</b>	29/08/2011 20:30:30	29/08/2011 20:40:30	63,0	82,9	40,2	65,0	52,0	42,8	42,1
<b>PM21</b>	23/08/2011 19:54:59	23/08/2011 20:04:59	65,3	77,1	43,3	67,9	55,8	57,1	45,8
<b>PM21</b>	23/08/2011 19:54:59	23/08/2011 20:04:59	65,5	82,5	43,0	69,9	56,4	47,3	45,9
<b>PM21</b>	29/08/2011 20:02:22	29/08/2011 20:12:22	63,8	79,4	43,2	68,0	52,0	46,6	45,8
<b>PM22</b>	23/08/2011 19:54:59	23/08/2011 20:04:59	67,9	89,8	49,4	63,8	58,5	53,9	52,7
<b>PM22</b>	29/08/2011 20:02:22	29/08/2011 20:12:22	76,1	87,7	49,2	61,6	55,3	52,0	54,4
<b>PM22</b>	29/08/2011 20:02:22	29/08/2011 20:12:22	70,7	86,6	49,3	65,5	58,3	54,1	54,4
<b>PM23</b>	23/08/2011 19:54:59	23/08/2011 20:04:59	69,4	85,9	51,7	72,8	67,3	58,2	53,6
<b>PM23</b>	29/08/2011 20:02:22	29/08/2011 20:12:22	71,8	82,9	50,6	72,8	67,0	57,3	52,7
<b>PM23</b>	29/08/2011 20:02:22	29/08/2011 20:12:22	70,0	82,9	50,6	72,8	67,0	58	49,1
<b>PM24</b>	23/08/2011 19:54:59	23/08/2011 20:04:59	70,4	81,8	51,2	71,4	66,5	58,4	53,7
<b>PM24</b>	29/08/2011 20:02:22	29/08/2011 20:12:22	70,2	84,2	51,4	64,5	58,6	54,3	54,7
<b>PM24</b>	29/08/2011 20:02:22	29/08/2011 20:12:22	68,0	87,7	56,2	69,3	63,9	60,3	55,2

**A.V.3.- MEDIDAS EN EL PERIODO NOCTURNO (22:00 a 08:00)**

<b>Ref.</b>	<b>Tiempo de inicio</b>	<b>Tiempo de finalización</b>	<b>L<sub>Aeq</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AFmáx</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AFmín</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AF10</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AF50</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AF90</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>AF95</sub> [dBA]</b>
<b>PM1</b>	26/07/2011 23:43:54	26/07/2011 23:53:54	61,5	80,1	45,9	64,4	55,5	50,5	49,4
<b>PM1</b>	01/08/2011 22:33:38	01/08/2011 22:43:38	63,0	77,5	54,6	65,2	61,8	59,0	58,3
<b>PM1</b>	17/08/2011 01:39:27	17/08/2011 01:49:27	52,6	80,2	39,5	47,9	42	40,7	40,5
<b>PM2</b>	26/07/2011 23:56:00	27/07/2011 00:06:00	51,5	72,7	38	50,5	43,6	40,4	39,9
<b>PM2</b>	01/08/2011 22:46:03	01/08/2011 22:56:03	57,3	73,3	39,2	60,7	46	41,8	41,1
<b>PM2</b>	09/08/2011 22:35:22	09/08/2011 22:45:22	59,2	78,4	39,7	60,6	44,6	41,5	41,0
<b>PM3</b>	27/07/2011 00:07:11	27/07/2011 00:17:11	56,7	79,4	36,0	56,5	45,3	39,4	38,4
<b>PM3</b>	01/08/2011 22:58:05	01/08/2011 23:08:05	55,9	80,0	38,2	54,7	43,4	40,5	40,1
<b>PM3</b>	09/08/2011 22:47:33	09/08/2011 22:57:33	58,2	79,8	41,1	61,2	47,0	43,0	42,5
<b>PM4</b>	27/07/2011 00:18:45	27/07/2011 00:28:45	62,6	77,3	41,3	66,7	56,6	48,3	46,8
<b>PM4</b>	01/08/2011 23:12:49	01/08/2011 23:22:49	64,7	79,8	42,3	68,3	60,5	51,7	47,7
<b>PM4</b>	09/08/2011 23:00:42	09/08/2011 23:10:42	66,5	88,7	40,2	66,2	57,5	50,4	47,3
<b>PM5</b>	27/07/2011 00:29:30	27/07/2011 00:39:30	56,6	74,5	34,2	59,6	49,1	41,2	39,5
<b>PM5</b>	01/08/2011 23:25:39	01/08/2011 23:35:39	58,0	71,4	40,5	61,6	54,1	46,3	44,5
<b>PM5</b>	09/08/2011 23:14:40	09/08/2011 23:24:40	57,1	72,1	40,0	60,5	54,4	46,1	44,0
<b>PM6</b>	27/07/2011 00:40:29	27/07/2011 00:50:29	53,4	75,5	36,2	52,3	45,1	39,8	39,2
<b>PM6</b>	01/08/2011 23:39:12	01/08/2011 23:49:12	60,2	71,8	42,5	65	55,2	46,3	44,8
<b>PM6</b>	09/08/2011 23:26:35	09/08/2011 23:36:35	57,4	73,8	43,6	59,5	56,1	52,6	50,6
<b>PM7</b>	27/07/2011 00:51:29	27/07/2011 01:01:29	48,0	70,3	35,9	46,4	40,4	37,7	37,3
<b>PM7</b>	01/08/2011 23:54:24	02/08/2011 00:04:24	58,7	77,1	37,4	61,2	48,9	40,9	39,9
<b>PM7</b>	09/08/2011 23:37:47	09/08/2011 23:47:47	55,0	77,3	41	55,8	47,4	43,5	42,8
<b>PM8</b>	04/08/2011 22:41:06	04/08/2011 22:51:06	66,2	83,5	58,1	68,6	65,1	61,8	61,1
<b>PM8</b>	05/08/2011 00:44:38	05/08/2011 00:54:38	63,0	77,9	52,3	65,5	60,1	57,0	56,4
<b>PM8</b>	17/08/2011 01:25:13	17/08/2011 01:35:13	57,0	71,7	45,4	60,6	50,3	47,1	46,7

<b>PM9</b>	04/08/2011 22:54:52	04/08/2011 23:04:52	62,6	85,0	49,4	65,5	59,2	53,8	52,9
<b>PM9</b>	05/08/2011 00:28:56	05/08/2011 00:38:56	62,8	84,7	43,0	64,0	54,4	47,6	46,3
<b>PM9</b>	17/08/2011 00:40:41	17/08/2011 00:50:41	59,5	80,2	41,9	63,4	53,8	46,1	45,1
<b>PM10</b>	03/08/2011 22:31:52	03/08/2011 22:41:52	56,1	85,0	46,0	54,1	49,1	47,0	46,8
<b>PM10</b>	05/08/2011 00:15:38	05/08/2011 00:25:38	50,5	71,6	35,0	52,0	42,3	38,0	37,4
<b>PM10</b>	17/08/2011 01:12:45	17/08/2011 01:22:45	60,5	82,5	33,8	56,4	44,0	37,4	36,1
<b>PM11</b>	03/08/2011 23:29:08	03/08/2011 23:39:08	51,3	69,3	39,8	56,2	46	42,3	41,5
<b>PM11</b>	04/08/2011 23:37:21	04/08/2011 23:47:21	52,0	68,3	39,3	54,8	47,7	43,2	42,2
<b>PM11</b>	16/08/2011 23:57:34	17/08/2011 00:07:34	49,9	69,0	34,9	52,8	44,9	39,1	37,6
<b>PM12</b>	03/08/2011 22:57:51	03/08/2011 23:07:51	43,0	61,1	34,6	45,7	39,8	37	36,5
<b>PM12</b>	05/08/2011 00:02:39	05/08/2011 00:12:39	50,5	72,4	35,5	50,8	42,5	38,2	37,3
<b>PM12</b>	16/08/2011 23:33:08	16/08/2011 23:43:08	49,5	72,7	36,0	48,8	43,1	40,2	39,4
<b>PM13</b>	03/08/2011 23:10:25	03/08/2011 23:20:25	54,0	73,1	36,7	56,1	46,6	41,5	40
<b>PM13</b>	04/08/2011 23:48:52	04/08/2011 23:58:52	54,7	75,6	36,8	56,1	46,4	41,5	40,4
<b>PM13</b>	16/08/2011 23:45:49	16/08/2011 23:55:49	50,6	69,5	35,1	52,6	42,7	38,0	37,4
<b>PM14</b>	03/08/2011 23:41:04	03/08/2011 23:51:04	66,2	85,4	39,2	68,6	58,6	45,6	43,7
<b>PM14</b>	04/08/2011 23:20:42	04/08/2011 23:30:42	67,5	82,8	45,5	71,6	61,5	53,1	51,4
<b>PM14</b>	17/08/2011 00:14:04	17/08/2011 00:24:04	69,4	97,4	39,8	70,2	54,1	46,6	44,7
<b>PM15</b>	03/08/2011 23:56:29	04/08/2011 00:06:29	72,9	97,1	44,3	72,8	61	51,5	48,8
<b>PM15</b>	04/08/2011 23:06:49	04/08/2011 23:16:49	71,6	94,0	46,6	73,8	59,8	51,4	50,4
<b>PM15</b>	17/08/2011 00:29:24	17/08/2011 00:39:24	68,5	92,2	43,7	69,5	57,2	49,4	48,2
<b>PM16</b>	24/08/2011 00:22:37	24/08/2011 00:32:37	54,0	71,6	40,2	57,5	51,1	46,4	45,4
<b>PM16</b>	30/08/2011 01:40:12	30/08/2011 01:50:12	47,8	69,0	37,9	46,0	40,5	39,3	39,1
<b>PM16</b>	01/09/2011 00:32:06	01/09/2011 00:42:06	55,7	77,8	39,6	56,0	46,8	42,8	41,6

<b>PM17</b>	30/08/2011 01:52:27	30/08/2011 02:02:27	50,4	57,6	40,6	51,6	50,0	48,2	46,5
<b>PM17</b>	30/08/2011 01:52:27	30/08/2011 02:02:27	51,2	58,1	41,4	52,9	51,0	49,0	48,3
<b>PM17</b>	01/09/2011 00:06:25	01/09/2011 00:16:25	48,6	67,2	42,9	50,5	47,4	45,8	45,4
<b>PM18</b>	24/08/2011 00:58:02	24/08/2011 01:08:02	64,0	84,5	43,2	67,0	52,5	46,4	45,6
<b>PM18</b>	30/08/2011 02:04:46	30/08/2011 02:14:46	61,0	80,7	42,0	61,5	48,4	44,3	43,7
<b>PM18</b>	01/09/2011 00:18:52	01/09/2011 00:28:52	64,2	82,8	43,0	68,0	52,2	45,3	44,7
<b>PM19</b>	24/08/2011 01:38:07	24/08/2011 01:48:07	32,5	48,7	26,8	34,9	30,6	28,8	28,4
<b>PM19</b>	31/08/2011 23:31:39	31/08/2011 23:41:39	55,5	74,6	33,1	58,3	52,5	43,3	40
<b>PM19</b>	31/08/2011 23:41:54	31/08/2011 23:51:54	55,8	79,1	31,7	56,3	46,2	37,1	35,9
<b>PM20</b>	24/08/2011 01:51:00	24/08/2011 02:01:00	45,0	63,5	29,3	45,5	36,9	33	32
<b>PM20</b>	31/08/2011 23:10:00	31/08/2011 23:20:00	54,1	72,9	33,1	56,5	39,9	35,9	35,3
<b>PM20</b>	31/08/2011 23:20:07	31/08/2011 23:30:07	52,5	71,5	32,5	53,1	38,7	35,2	34,5
<b>PM21</b>	24/08/2011 01:13:55	24/08/2011 01:23:55	59,9	82,0	35,9	55,5	40,1	37,8	39,5
<b>PM21</b>	31/08/2011 23:54:15	01/09/2011 00:04:15	55,7	80,3	34,7	53,8	39,8	35,8	37,4
<b>PM21</b>	31/08/2011 23:54:15	01/09/2011 00:04:15	69,4	94,9	37,8	61,7	42,4	39,4	39
<b>PM22</b>	24/08/2011 01:51:00	24/08/2011 02:01:00	62,7	80,4	44,4	65,5	59,2	43,8	41,8
<b>PM22</b>	31/08/2011 23:10:00	31/08/2011 23:20:00	61,1	79,7	43,0	64,0	54,4	47,6	40,4
<b>PM22</b>	31/08/2011 23:20:07	31/08/2011 23:30:07	66,4	80,2	41,9	63,4	53,8	46,1	49,5
<b>PM23</b>	24/08/2011 01:51:00	24/08/2011 02:01:00	63,0	80,5	43,6	63,2	51,8	45,2	37,3
<b>PM23</b>	31/08/2011 23:10:00	31/08/2011 23:20:00	61,2	80,4	42,0	62,5	49,3	44,3	33,0
<b>PM23</b>	31/08/2011 23:20:07	31/08/2011 23:30:07	65,9	85,4	44,2	66,6	52,6	45,6	44,2
<b>PM24</b>	24/08/2011 01:51:00	24/08/2011 02:01:00	63,4	81,2	44,3	62,2	50,9	44,7	40,6
<b>PM24</b>	31/08/2011 23:10:00	31/08/2011 23:20:00	68,7	80,6	43,0	64,5	52,3	46,6	48,7
<b>PM24</b>	31/08/2011 23:20:07	31/08/2011 23:30:07	64,7	83,4	43,2	63,6	50,7	45,7	43,5

**ANEXO VI.  
AFORO DEL TRÁFICO RODADO.**

**A.VI.1.- MEDIDAS DE TRÁFICO EN EL PERIODO DIURNO (08:00 a 22:00)**

Situación	Referencia	Tráfico Diurno (10 minutos)			Tráfico Diurno (1 hora)		
		lv	hv	tv	Qlv	Qhv	Qtv
Plaça Major,1	PM1	25	3	28	150	18	168
Plaça Major,1	PM1	15	1	16	90	6	96
Plaça Major,1	PM1	12	1	13	72	6	78
<b>Promedio</b>					<b>104</b>	<b>10</b>	<b>114</b>
C/ Duc Alfons el Vell	PM2	24	1	25	144	6	150
C/ Duc Alfons el Vell	PM2	28	1	29	168	6	174
C/ Duc Alfons el Vell	PM2	19	0	19	114	0	114
<b>Promedio</b>					<b>142</b>	<b>4</b>	<b>146</b>
C/ Carmelites,16	PM3	35	2	37	210	12	222
C/ Carmelites,16	PM3	56	1	57	336	6	342
C/ Carmelites,16	PM3	36	0	36	216	0	216
<b>Promedio</b>					<b>254</b>	<b>6</b>	<b>260</b>
Avda. d'Alacant,51	PM4	182	8	190	1092	48	1140
Avda. d'Alacant,51	PM4	215	3	218	1290	18	1308
Avda. d'Alacant,51	PM4	211	3	214	1266	18	1284
<b>Promedio</b>					<b>1216</b>	<b>28</b>	<b>1244</b>
Sant Pascual - Alcalá de Olmo	PM5	104	10	114	624	60	684
Sant Pascual - Alcalá de Olmo	PM5	170	2	172	1020	12	1032
Sant Pascual - Alcalá de Olmo	PM5	124	1	125	744	6	750
<b>Promedio</b>					<b>796</b>	<b>26</b>	<b>822</b>
Plaça Escola Pia	PM6	10	2	12	60	12	72
Plaça Escola Pia	PM6	8	2	10	48	12	60
Plaça Escola Pia	PM6	9	2	11	54	12	66
<b>Promedio</b>					<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
C\ Major, 34	PM7	5	2	7	30	12	42
C\ Major, 34	PM7	8	2	10	48	12	60
C\ Major, 34	PM7	3	2	5	18	12	30
<b>Promedio</b>					<b>32</b>	<b>12</b>	<b>44</b>
Passeig Germanies. 10	PM8	105	3	108	630	18	648
Passeig Germanies. 10	PM8	41	1	42	246	6	252
Passeig Germanies. 10	PM8	77	2	79	462	12	474
<b>Promedio</b>					<b>446</b>	<b>12</b>	<b>458</b>
Passeig Germanies. 40	PM9	89	7	96	534	42	576
Passeig Germanies. 40	PM9	85	0	85	510	0	510
Passeig Germanies. 40	PM9	79	1	80	474	6	480
<b>Promedio</b>					<b>506</b>	<b>16</b>	<b>522</b>
C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	7	4	11	42	24	66
C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	5	0	5	30	0	30
C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	3	0	3	18	0	18
<b>Promedio</b>					<b>30</b>	<b>8</b>	<b>38</b>
C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	6	1	7	36	6	42
C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	7	0	7	42	0	42
C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	3	0	3	18	0	18
<b>Promedio</b>					<b>32</b>	<b>2</b>	<b>34</b>
C\ Sant Francesc de Borja. 35	PM12	5	0	5	30	0	30
C\ Sant Francesc de Borja. 35	PM12	4	0	4	24	0	24
C\ Sant Francesc de Borja. 35	PM12	1	0	1	6	0	6

<b>Promedio</b>					<b>20</b>	<b>0</b>	<b>20</b>
C\ Sant Francesc de Borja 3	PM13	4	0	4	24	0	24
C\ Sant Francesc de Borja 3	PM13	5	0	5	30	0	30
C\ Sant Francesc de Borja 3	PM13	14	0	14	84	0	84
<b>Promedio</b>					<b>46</b>	<b>0</b>	<b>46</b>
C\ Sant Rafael, 27	PM14	90	4	94	540	24	564
C\ Sant Rafael, 27	PM14	115	5	120	690	30	720
C\ Sant Rafael, 27	PM14	115	2	117	690	12	702
<b>Promedio</b>					<b>640</b>	<b>22</b>	<b>662</b>
C\ Sant Rafael, 8	PM15	86	4	90	516	24	540
C\ Sant Rafael, 8	PM15	91	4	95	546	24	570
C\ Sant Rafael, 8	PM15	110	1	111	660	6	666
<b>Promedio</b>					<b>574</b>	<b>18</b>	<b>592</b>
C\Rausell,11	PM16	7	1	8	42	6	48
C\Rausell,11	PM16	3	0	3	18	0	18
C\Rausell,11	PM16	10	0	10	60	0	60
<b>Promedio</b>					<b>40</b>	<b>2</b>	<b>42</b>
Plaça Prado	PM17	7	2	9	42	12	54
Plaça Prado	PM17	2	0	2	12	0	12
Plaça Prado	PM17	2	0	2	12	0	12
<b>Promedio</b>					<b>22</b>	<b>4</b>	<b>26</b>
C\Sant Vicent Ferrer,20	PM18	105	6	111	630	36	666
C\Sant Vicent Ferrer,20	PM18	99	2	101	594	12	606
C\Sant Vicent Ferrer,20	PM18	118	1	119	708	6	714
<b>Promedio</b>					<b>644</b>	<b>18</b>	<b>662</b>
Plaça Moli	PM19	13	1	14	78	6	84
Plaça Moli	PM19	7	1	8	42	6	48
Plaça Moli	PM19	6	1	7	36	6	42
<b>Promedio</b>					<b>52</b>	<b>6</b>	<b>58</b>
C\Vora Riu,1	PM20	31	2	33	186	12	198
C\Vora Riu,1	PM20	35	0	35	210	0	210
C\Vora Riu,1	PM20	30	1	31	180	6	186
<b>Promedio</b>					<b>192</b>	<b>6</b>	<b>198</b>
C\Pellers,20	PM21	18	1	19	108	6	114
C\Pellers,20	PM21	20	1	21	120	6	126
C\Pellers,20	PM21	15	0	15	90	0	90
<b>Promedio</b>					<b>106</b>	<b>4</b>	<b>110</b>
Avda. del Raval 16	PM22	93	1	94	558	6	564
Avda. del Raval 16	PM22	121	6	127	726	36	762
Avda. del Raval 16	PM22	102	1	103	612	6	618
<b>Promedio</b>					<b>632</b>	<b>16</b>	<b>648</b>
Avda. del Raval 45	PM23	109	2	111	654	12	666
Avda. del Raval 45	PM23	115	3	118	690	18	708
Avda. del Raval 45	PM23	94	2	96	564	12	576
<b>Promedio</b>					<b>636</b>	<b>14</b>	<b>650</b>
Avda. del Raval 60	PM24	117	2	118	702	12	714
Avda. del Raval 60	PM24	108	5	113	648	30	678
Avda. del Raval 60	PM24	98	4	102	588	24	612
<b>Promedio</b>					<b>646</b>	<b>22</b>	<b>668</b>

**A.VI.2.- MEDIDAS DE TRÁFICO EN EL PERIODO NOCTURNO (08:00 a 22:00)**

Situación	Ref.	Tráfico Nocturno (10 minutos)			Tráfico nocturno (1 hora)		
		lv	hv	tv	Qlv	Qhv	Qtv
Plaça Major,1	PM1	8	0	8	48	0	48
Plaça Major,1	PM1	10	0	10	60	0	60
Plaça Major,1	PM1	2	0	2	12	0	12
<b>Promedio</b>					<b>40</b>	<b>0</b>	<b>40</b>
C/ Duc Alfons el Vell	PM2	3	0	3	18	0	18
C/ Duc Alfons el Vell	PM2	9	0	9	54	0	54
C/ Duc Alfons el Vell	PM2	7	1	8	42	6	48
<b>Promedio</b>					<b>38</b>	<b>2</b>	<b>40</b>
C/ Carmelites,16	PM3	8	0	8	48	0	48
C/ Carmelites,16	PM3	5	0	5	30	0	30
C/ Carmelites,16	PM3	11	0	11	66	0	66
<b>Promedio</b>					<b>48</b>	<b>0</b>	<b>48</b>
Avda. d'Alacant,51	PM4	49	0	49	294	0	294
Avda. d'Alacant,51	PM4	50	0	50	300	0	300
Avda. d'Alacant,51	PM4	60	0	60	360	0	360
					<b>318</b>	<b>0</b>	<b>318</b>
Sant Pascual - Alcalá de Olmo	PM5	10	0	10	60	0	60
Sant Pascual - Alcalá de Olmo	PM5	12	0	12	72	0	72
Sant Pascual - Alcalá de Olmo	PM5	12	0	12	72	0	72
<b>Promedio</b>					<b>68</b>	<b>0</b>	<b>68</b>
Plaça Escola Pia	PM6	1	0	1	6	0	6
Plaça Escola Pia	PM6	0	1	1	0	6	6
Plaça Escola Pia	PM6	2	0	2	12	0	12
<b>Promedio</b>					<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
C\ Major, 34	PM7	2	1	3	12	6	18
C\ Major, 34	PM7	2	0	2	12	0	12
C\ Major, 34	PM7	2	0	2	12	0	12
<b>Promedio</b>					<b>12</b>	<b>2</b>	<b>14</b>
Passeig Germanies. 10	PM8	53	1	54	318	6	324
Passeig Germanies. 10	PM8	30	2	32	180	12	192
Passeig Germanies. 10	PM8	22	0	22	132	0	132
<b>Promedio</b>					<b>210</b>	<b>6</b>	<b>216</b>
Passeig Germanies. 40	PM9	27	0	27	162	0	162
Passeig Germanies. 40	PM9	32	0	32	192	0	192
Passeig Germanies. 40	PM9	11	1	12	66	6	72
<b>Promedio</b>					<b>140</b>	<b>2</b>	<b>142</b>
C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	1	0	1	6	0	6
C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	3	0	3	18	0	18
C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	3	1	4	18	6	24
<b>Promedio</b>					<b>14</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	0	1	1	0	6	6
C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	0	0	0	0	0	0
C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	1	0	1	6	0	6
<b>Promedio</b>					<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
C\ Sant Francesc de Borja. 35	PM12	1	0	1	6	0	6
C\ Sant Francesc de Borja. 35	PM12	1	0	1	6	0	6
C\ Sant Francesc de Borja. 35	PM12	1	0	1	6	0	6
<b>Promedio</b>					<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>

C\ Sant Francesc de Borja 3	PM13	1	0	1	6	0	6
C\ Sant Francesc de Borja 3	PM13	3	0	3	18	0	18
C\ Sant Francesc de Borja 3	PM13	4	0	4	24	0	24
<b>Promedio</b>					<b>16</b>	<b>0</b>	<b>16</b>
C\ Sant Rafael, 27	PM14	30	0	30	180	0	180
C\ Sant Rafael, 27	PM14	57	2	59	342	12	354
C\ Sant Rafael, 27	PM14	25	1	26	150	6	156
<b>Promedio</b>					<b>224</b>	<b>6</b>	<b>230</b>
C\ Sant Rafael, 8	PM15	25	3	28	150	18	168
C\ Sant Rafael, 8	PM15	45	0	45	270	0	270
C\ Sant Rafael, 8	PM15	26	0	26	156	0	156
<b>Promedio</b>					<b>192</b>	<b>6</b>	<b>198</b>
C\Rausell,11	PM16	2	0	2	12	0	12
C\Rausell,11	PM16	1	0	1	6	0	6
C\Rausell,11	PM16	4	0	4	24	0	24
<b>Promedio</b>					<b>14</b>	<b>0</b>	<b>14</b>
Plaça Prado	PM17	8	1	9	48	6	54
Plaça Prado	PM17	7	1	8	42	6	48
Plaça Prado	PM17	10	1	11	60	6	66
<b>Promedio</b>					<b>50</b>	<b>6</b>	<b>56</b>
C\Sant Vicent Ferrer,20	PM18	11	1	12	66	6	70
C\Sant Vicent Ferrer,20	PM18	12	1	13	72	6	80
C\Sant Vicent Ferrer,20	PM18	12	1	13	72	6	78
<b>Promedio</b>					<b>70</b>	<b>6</b>	<b>76</b>
Plaça Moli	PM19	3	0	3	18	0	18
Plaça Moli	PM19	6	0	6	36	0	36
Plaça Moli	PM19	3	0	3	18	0	18
<b>Promedio</b>					<b>24</b>	<b>0</b>	<b>24</b>
C\Vora Riu,1	PM20	2	0	2	12	0	12
C\Vora Riu,1	PM20	7	1	8	42	6	48
C\Vora Riu,1	PM20	6	0	6	36	0	36
<b>Promedio</b>					<b>30</b>	<b>2</b>	<b>32</b>
C\Pellers,20	PM21	5	0	5	30	0	30
C\Pellers,20	PM21	2	0	2	12	0	12
C\Pellers,20	PM21	2	2	4	12	12	24
<b>Promedio</b>					<b>18</b>	<b>4</b>	<b>22</b>
Avda. del Raval 16	PM22	19	0	19	114	0	114
Avda. del Raval 16	PM22	14	1	15	84	6	90
Avda. del Raval 16	PM22	24	2	26	144	12	156
<b>Promedio</b>					<b>114</b>	<b>6</b>	<b>120</b>
Avda. del Raval 45	PM23	19	1	20	114	6	120
Avda. del Raval 45	PM23	14	1	15	84	6	90
Avda. del Raval 45	PM23	23	1	24	138	6	144
<b>Promedio</b>					<b>112</b>	<b>6</b>	<b>118</b>
Avda. del Raval 60	PM24	18	2	20	108	12	120
Avda. del Raval 60	PM24	26	2	28	156	12	168
Avda. del Raval 60	PM24	23	1	24	138	6	144
<b>Promedio</b>					<b>134</b>	<b>10</b>	<b>144</b>

## ANEXO VII. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDIDAS.

### A.VII.1. *CONCEPTOS BÁSICOS*

La incertidumbre en la medida se define como el parámetro que, asociado al resultado obtenido tras la realización de una medición fuere del tipo que fuere, tiene la función de caracterizar la dispersión de los valores que de una forma razonada se podrían relacionar directamente con el mensurando.

Un mensurando es la magnitud particular objeto de una determinada medición. Un mensurando se puede medir de diferentes maneras, bien de forma directa (por ejemplo, cuando se usa el termómetro para conocer la temperatura del cuerpo humano) o de forma indirecta a partir de otras magnitudes de entrada que se relacionan con el mensurando a través de un modelo matemático o relación funcional (pondremos por ejemplo la medición de la densidad a partir de mediciones de masa y volumen utilizando el modelo matemático  $\text{densidad} = \text{masa}/\text{volumen}$ ).

Existe tan sólo una magnitud global de salida que depende de cierta cantidad de magnitudes que se le asignen a la entrada, obteniendo como resultado de todas ellas esa magnitud de salida

Hay magnitudes que pueden afectar al proceso de evaluación de la incertidumbre que no se conocen exactamente. Estas magnitudes se conocen como aleatorias y, tal como se acaba de explicar, tanto las magnitudes de salida y de entrada también son aleatorias.

Este tipo de variables pueden escoger cualquier valor de una lista determinada de valores, asociándose como consecuencia una distribución de probabilidad.

Dependiendo del método usado para obtener el valor de una magnitud determinada y su incertidumbre las magnitudes de entrada se pueden clasificar en dos grupos:

- a) Las magnitudes cuya incertidumbre se obtiene de forma directa en el proceso de medición. Estos valores pueden exigir la determinación de correcciones de las lecturas del instrumental y de algunas magnitudes como pueden ser la temperatura ó la humedad relativa.
- b) Las magnitudes cuyo valor se incorporan a la medición desde fuentes externas como pueden ser datos obtenidos de determinados manuales.

Los valores que se introducen a la entrada se suponen correctos, pues se han corregido previamente todos los efectos significativos que pudieran tener. De lo contrario, se hubieran modificado mediante la introducción de correcciones necesarias como magnitudes de entradas distintas.

El resultado final de una medida es tan sólo una estima del valor del mensurando y su significado será pleno cuando se disponga de una indicación de la incertidumbre de esta estima. Esta incertidumbre del resultado final da una idea de la ignorancia que se tiene del verdadero y exacto valor del mensurando. Los efectos sistemáticos causan ciertos efectos aleatorios y una

corrección imperfecta del resultado final de la medida da pie a lo que se ha definido como incertidumbre.

Un eficiente y eficaz sistema que garantice la gestión de las mediciones asegura que el instrumental del cual se va a hacer uso y los métodos y procesos de medición escogidos va a ser los más adecuados para la realización de un proyecto. Es, además, muy importante para alcanzar la calidad máxima del producto y gestionar correctamente el riesgo de alcanzar resultados de medidas erróneos.

El resultado de una medición incluye la mejor estimación del valor del mensurando y una estimación de la incertidumbre sobre ese valor, ya que la imperfección natural producida en la realización de mediciones hace imposible conocer con certeza absoluta el valor verdadero de una magnitud.

#### *A.VII.2. MODELO MATEMÁTICO.*

El modelo físico se representa por un modelo que hace uso de un lenguaje matemático, conocido como modelo matemático, que es al que hemos utilizado durante este proyecto.

Este modelo supone aproximaciones originadas por la limitada representación de las relaciones que guardan las variables envueltas en el proceso. Con todo esto, la estimación del mensurando  $Y$  (estimación de salida expresada por  $y$ ) se puede obtener con las estimaciones de entrada  $x_i$  como valores de las magnitudes de entrada  $X_i$ . Matemáticamente, se expresaría de la siguiente manera:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n);$$

#### *A.VII.3. TIPOS DE INCERTIDUMBRES.*

La incertidumbre de medida que va asociada a las estimaciones de entrada se evalúa mediante dos métodos:

- Evaluación Tipo A de la incertidumbre típica es el método de evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones. El término definido en el párrafo anterior, la incertidumbre típica, es la desviación típica experimental de la media derivada de un determinado procedimiento promediado.
- Evaluación Tipo B de la incertidumbre típica es el método de evaluar la incertidumbre mediante un procedimiento distinto al análisis estadístico de una serie de observaciones. La estimación de la incertidumbre típica se basa en:
  - Certificados de calibración.
  - Especificaciones y manuales del instrumento de medición.
  - Valores de mediciones anteriores.
  - Conocimiento sobre las características del sistema de medición.

#### A.VII.4. LA NORMA GUM

La norma GUM es la Guía para la Expresión de la incertidumbre de medida. En ella se establecen normas generales para la evaluación y la expresión de la incertidumbre de medida aplicables a la mayor parte de los campos de mediciones físicas.

La necesidad por establecer unos criterios homogéneos e internacionales para cuantificar apropiadamente la incertidumbre asociada a cualquier procedimiento metrológico ha dado como resultado la publicación de diversos documentos que sirven de base para un desarrollo específico en cada área y tipo de ensayo.

*”La expresión del resultado de una medición está completa sólo cuando contiene el valor atribuido al mensurando como la incertidumbre de medida asociada a dicho valor”.*

Este fragmento ha sido extraído del documento conocido como GUM, publicado por primera vez en 1993 por la International Organization for Standardization y en España en 1998 por el Centro Español de Metrología, organismo que por aquel entonces dependía del Ministerio de Fomento.

Este documento hace uso de un modelo matemático en el cual van incluidas todas las magnitudes que puedan afectar de forma significativa a la incertidumbre que se produce como resultado del experimento. Consta de diversas componentes, que pueden estar asociadas con la distribución estadística ó con la distribución de probabilidad. Además, se ha establecido la uniformización del método en todo el mundo para que las magnitudes obtenidas en distintos países sean todas equiparables entre sí.

Cada medida requiere un conocimiento previo de las magnitudes que puedan afectar directamente de una u otra manera al resultado final del ensayo para así poderlas cuantificar matemáticamente y poderlas aplicar al cálculo de la incertidumbre.

El siguiente paso en el proceso de cálculo de la incertidumbre consiste en determinar las fuentes de incertidumbre que afectan a los modelos físico y matemático. En otras palabras, a las diversas variables que puedan hacer acto de influencia o a los parámetros dados a la entrada.

Las fuentes de incertidumbre más frecuentes son las siguientes:

- 1) Patrón utilizado en la calibración de un instrumento (sonómetro).
- 2) La incertidumbre propia a la hora de efectuar la calibración de los instrumentos a usar en los distintos ensayos.
- 3) Repetitividad en las lecturas.
- 4) Reproducibilidad de las mediciones por cambio de observadores,
- 5) instrumentos, condiciones de las pruebas,...
- 6) Características propias del instrumento, como resolución, histéresis,...
- 7) Variaciones en las condiciones ambientales.
- 8) Definición del propio mensurando y del sonido residual.

9) El modelo utilizado en la medición.

10) Variaciones en las magnitudes que puedan ejercer alguna influencia en el ensayo.

La incertidumbre en este tipo de experimentos acústicos depende también de la fuente sonora, del período de tiempo de cada medida, de las condiciones del terreno y el clima (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento ó presión atmosférica) y la distancia a la fuente.

A cada uno de estos factores que intervienen en el resultado final de la medición se le asigna una incertidumbre típica dependiendo de la diferente forma de evaluación de cada componente y, principalmente, de la distancia desde la fuente al objeto y de las condiciones meteorológicas existentes en dicho momento.

Por ejemplo, al instrumental que se va a utilizar se le atribuye una incertidumbre típica que va a depender de la precisión.

El método escogido a la hora de calcular el nivel de emisor emergente respecto del ruido residual, que se obtiene mediante una resta de los decibelios obtenidos, es desgraciadamente insuficiente ya que mayor será la respectiva incertidumbre típica cuanto menor sea la diferencia entre los dos valores a estudio.

Cuando se obtienen todas las incertidumbres típicas de todos los factores que afectan al proceso de medición, se combinarán para obtener la incertidumbre típica global. El realizar la valoración de las incertidumbres por separado de un ensayo determinado confirma una importante mejora de cara a la evaluación del ruido. Cada vez existen más y más normas que llevan adjuntadas apartados concretos para el cálculo de la incertidumbre de cada proceso de medida que llevemos a cabo.

A las condiciones de ensayo, en relación con el número de medidas realizadas en un mismo punto de los que se ha escogido, se le asigna un valor de incertidumbre típica que será menor cuanto mayor sea el número de medidas realizadas.

#### *A.VII.5. NORMA ISO 1996-2. RESUMEN Y APLICACIÓN.*

Contiene una guía para determinar las incertidumbres de los niveles de presión sonora medidos en la ponderación frecuencial A. Describe, además, cómo determinar los niveles de presión sonora para evaluar el ruido ambiental por cálculo, por medición directa y por extrapolación de los resultados de las mediciones tras la realización de un cálculo previo. Cualquier banda de frecuencias es útil para realizar estas mediciones.

Evaluaremos la incertidumbre de los resultados de las medidas siguiendo según el criterio establecido en la norma UNE EN ISO 1996-2. Esta norma establece que la incertidumbre asociada a medidas in situ depende de los siguientes factores [6]:

- La fuente de sonido.
- El intervalo de tiempo que dura la medida.
- Las condiciones meteorológicas y del suelo.

- La distancia entre la fuente y el receptor.
- El método de medida.
- La instrumentación utilizada.
- El ruido residual.

La incertidumbre de medición se expresa como una incertidumbre expandida basada en una incertidumbre típica combinada multiplicada por un factor de cobertura igual a 2, proporcionando así una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Obtenidas todas las incertidumbres ya se puede calcular la combinada, tal como aparece indicado en el siguiente resumen adjunto:

Incertidumbre típica				Incertidumbre típica combinada	Incertidumbre de medición expandida
Debida a la instrumentación	Debida a las condiciones de funcionamiento	Debida a las condiciones meteorológicas y del terreno:	Debida al sonido residual:		
W	X	Y	Z	$\sigma_t = \sqrt{W^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$	$\pm 2 \cdot \sigma_t$
dB	dB	dB	dB	dB	dB

Tabla 1. Incertidumbre en la medida del LAeq según la norma ISO 1996-2.

Una vez se tiene el valor de la incertidumbre combinada, ya sólo falta hallar la expandida, que se obtiene multiplicando su valor por 2.

#### A.VII.5.1. INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA INSTRUMENTACION.

Representa la influencia que ejercen los distintos operadores y equipos en el mismo lugar bajo unas condiciones cortantes.

Es el resultado de una serie de incertidumbres relacionadas con las características técnicas del sonómetro.

$$\delta_i(L) = \delta_{PFE} + \delta_{PFA} + \delta_{LS} + \delta_{RMS} + \delta_{PT} + \delta_{CA} + \delta_{CC} + \delta_{ES} + \delta_{TS} + \delta_{PS} + \delta_{CS} \quad (1)$$

donde:

$\delta_{PFE}$ : representa la corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación A.

$\delta_{PFA}$ : representa la corrección de calibración acústica del nivel de presión sonora con ponderación A.

$\delta_{LS}$ : representa la corrección asociada con la linealidad del sonómetro en su rango de referencia.

$\delta_{RMS}$ : representa la corrección asociada con detector RMS del sonómetro evaluada eléctricamente.

$\delta_{PT}$ : representa la corrección asociada con la función de ponderación temporal.

$\delta_{CA}$ : representa la corrección asociada con el ajuste inicial del sonómetro utilizando un calibrador acústico.

$\delta_{CC}$ : representa la corrección de utilización del calibrador acústico sobre su valor certificado.

$\delta_{ES}$ : representa la corrección asociada a la resolución finita del valor de la indicación del sonómetro.

$\delta_{TS}$ : representa la corrección asociada con la influencia de las variaciones de temperatura.

$\delta_{PS}$ : representa la corrección asociada con la influencia de las variaciones de la presión atmosférica.

$\delta_{CS}$ : representa la corrección asociada con la influencia de la carcasa del sonómetro

Estas correcciones se pueden dividir en dos grupos bien diferenciados:

#### A.VII.5.1.1. *CONTRIBUCIONES A LA INCERTIDUMBRE DEBIDA AL GRUPO 1.*

**$\delta_{PFE}$ : Corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación A.** Declarada en el certificado de calibración del sonómetro

$$u(\delta_{PFE}) = \frac{U_E}{K_n} = \pm \frac{0,15}{2} = \pm 0,075dB \quad (2)$$

Donde  $U_E$  es igual a 0,15 (incertidumbre expandida certificada).

Donde  $K_n=2$ , considerando una probabilidad de encontrar el verdadero valor de la magnitud en el intervalo señalado por la incertidumbre ampliada del 95.445%.

**$\delta_{PFA}$ : representa la corrección de calibración acústica del nivel de presión sonora con ponderación A.** Declarada en el certificado de calibración del sonómetro

$$u(\delta_{PFA}) = \frac{U_A}{K_n} = \pm \frac{0,15}{2} = \pm 0,075dB \quad (3)$$

Donde  $K_n=2$ , considerando una probabilidad de encontrar el verdadero valor de la magnitud en el intervalo señalado por la incertidumbre ampliada del 95.445%. Y donde  $U_A$  es igual a 0.15 (incertidumbre expandida certificada).

**$\delta_{LS}$ : representa la corrección asociada con la linealidad del sonómetro en su rango de referencia.** Es la desviación típica de todos los valores de linealidad.

$$u(\delta_{LS}) = \sigma_L = 0,011dB \quad (4)$$

$\delta_{RMS}$ : *representa la corrección asociada con detector RMS del sonómetro evaluada eléctricamente*. Es la desviación típica de las desviaciones a la característica ideal del detector.

$$u(\delta_{RMS}) = \sigma_R = 0,055dB \quad (5)$$

Se calcula a partir a partir de la desviación típica de las desviaciones en dB de la precisión del detector RMS.

$\delta_{PT}$ : *representa la corrección asociada con la función de ponderación temporal*. Se supone una distribución uniforme de los posibles valores de la incertidumbre en el intervalo determinado por la desviación máxima obtenida ( $\Delta PT = 0,1$ ):

$$u(\delta_{PT})_{\text{fast o slow}} = \frac{\Delta PT}{\sqrt{3}} = \frac{0,1}{\sqrt{3}} \geq 0,0577dB \quad (6)$$

$\Delta PT=0,1$  Máxima de las desviaciones de las constantes temporales. En nuestro caso la Slow es la más restrictiva.

$\delta_{CA}$ : *representa la corrección asociada con el ajuste inicial del sonómetro utilizando un calibrador acústico*. La incertidumbre se debe a la propia resolución del sonómetro.

$$u(\delta_{CA}) = \frac{E_s}{2\sqrt{3}} = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} \geq 0,00288dB \quad (7)$$

Donde  $E_s$  es igual a 0.1, que es la resolución del sonómetro (es el dígito menos significativo cuando se representan los resultados).

$\delta_{CC}$ : *representa la corrección de utilización del calibrador acústico sobre su valor certificado*, es decir, asociada a la incertidumbre de uso del calibrador.

$$u(\delta_{PFE}) = \frac{U_C}{K_n} = \pm \frac{0,11}{2} = \pm 0,055dB \quad (8)$$

Donde  $K_n=2$ , considerando una probabilidad de encontrar el verdadero valor de la magnitud en el intervalo señalado por la incertidumbre ampliada del 95.445%. Y donde  $U_C$  es igual a 0.11 (incertidumbre expandida del calibrador).

El valor del nivel de presión sonora generado por el calibrador no es que tenemos certificado porque las condiciones ambientales en que lo estamos utilizando pueden ser distintas a las de calibración y además su valor deriva con el tiempo; por lo tanto la corrección  $\delta_{CC}$  modela este hecho y su incertidumbre asociada será la incertidumbre de uso del calibrador.

$\delta_{ES}$ : *representa la corrección asociada a la resolución finita del valor de la indicación del sonómetro.* Dado que la indicación del sonómetro es de tipo digital, la componente de incertidumbre es:

$$u(\delta_{ES}) = \frac{E_s}{2\sqrt{3}} = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} \geq 0,00288dB \quad (9)$$

Siendo  $E_s$  la resolución del sonómetro o lo que es lo mismo el dígito menos significativo, cuando volcamos los datos.

#### A.VII.5.1.2. CONTRIBUCIONES A LA INCERTIDUMBRE DEBIDA AL GRUPO 2.

$\delta_{TS}$ : *representa la corrección asociada con la influencia de las variaciones de temperatura.*

$$\delta_{TS} = \alpha_m \cdot (23^\circ C - T_M) \quad (10)$$

A partir del coeficiente de temperatura  $\alpha_m$ , se valorará la componente de incertidumbre asociada a  $\delta_{TS}$ , suponiendo una distribución rectangular sobre el intervalo de variación de la temperatura,  $T_M \pm \Delta T$ , siendo:

$$u(\delta_{TS}) = \frac{(\alpha_M \cdot \Delta T)}{\sqrt{3}} \quad (11)$$

Donde  $\alpha_M = 0.015$  es el coeficiente de variación con la temperatura. Y  $T_M$  es la temperatura en media en grados Celsius.

$\delta_{PS}$ : *representa la corrección asociada con la influencia de las variaciones de la presión atmosférica.*

Siendo  $P_M$  la presión atmosférica de medida y  $\gamma_M$  el coeficiente de variación de la presión ponderado en frecuencia, la corrección será:

$$\delta_{PS} = \gamma_M \cdot (1013hPa - P_M) \quad (12)$$

y suponiendo una distribución rectangular sobre el intervalo de variación de la presión atmosférica,  $P_M \pm \Delta P$ , la componente de incertidumbre será:

$$\delta_{PS} = \frac{\gamma_m \cdot \Delta P}{\sqrt{3}} \quad (13)$$

Donde  $\gamma_M = 0.019$  es el coeficiente de variación con la presión, ponderado en frecuencia. Y  $P_M$  es la presión atmosférica media en mbar.

$\delta_{CS}$ : representa la corrección asociada con la influencia de la carcasa del sonómetro

$$u(\delta_{PS}) = \frac{\Delta_{CS}}{\sqrt{3}} \quad (14)$$

En la tabla 2 se muestra los resultados del cálculo de la incertidumbre asociada a la instrumentación.

PT	Incertidumbre debida al grupo uno									Incertidumbre grupo dos			
	$\delta$ PFE	$\delta$ PFA	$\delta$ LS	$\delta$ LRMS	$\delta$ PT	$\delta$ CA	$\delta$ CC	$\delta$ ES	Total	$\delta$ TS	$\delta$ PS	$\delta$ TS	$\delta$ PS
1													
2	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,018	0,003	0,030	0,003
3	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,018	0,003	0,026	0,003
4	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,018	0,003	0,026	0,003
5	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,020	0,003	0,026	0,003
6	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,020	0,003	0,026	0,003
7	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,020	0,003	0,026	0,003
8	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,020	0,003	0,026	0,003
9	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,012	0,003	0,033	0,003
10	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,014	0,003	0,033	0,003
11	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,007	0,003	0,031	0,003
12	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,017	0,003	0,031	0,003
13	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,007	0,003	0,031	0,003
14	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,017	0,014	0,031	0,003
15	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,017	0,014	0,031	0,014
16	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,017	0,014	0,031	0,014
17	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,038	0,014	0,036	0,014
18	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,038	0,014	0,036	0,014
19	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,038	0,014	0,036	0,014
20	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,038	0,014	0,036	0,014
21	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,038	0,014	0,036	0,014
22	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,038	0,014	0,036	0,014
23	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,038	0,014	0,036	0,014
24	0,075	0,075	0,011	0,055	0,058	0,029	0,055	0,003	<b>0,360</b>	0,038	0,014	0,036	0,014

Tabla.2. Resultado del cálculo de la incertidumbre asociada a la instrumentación.

<b>Incertidumbre Instrumentación Total</b>		
<b>Punto</b>	<b>Diurno</b>	<b>Nocturno</b>
1	0,339	0,327
2	0,339	0,331
3	0,339	0,331
4	0,337	0,331
5	0,337	0,331
6	0,337	0,331
7	0,337	0,331
8	0,345	0,324
9	0,343	0,324
10	0,350	0,326
11	0,340	0,326
12	0,350	0,326
13	0,357	0,326
14	0,357	0,344
15	0,357	0,344
16	0,337	0,339
17	0,337	0,339
18	0,337	0,339
19	0,337	0,339
20	0,337	0,339
21	0,337	0,339
22	0,337	0,339
23	0,337	0,339
24	0,337	0,339

Tabla.3. Valores totales de la incertidumbre asociada a la instrumentación.

#### A.VII.5.2. INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN.

Se han tomado seis medidas en cada punto (tres de día y tres de noche). El procedimiento empleado para tomarlas, el instrumento y el operador han sido siempre los mismos. Para tráfico rodado, podemos calcular la incertidumbre asociada a las condiciones de operación del siguiente modo:

La incertidumbre estándar X para tráfico rodado es:

$$X = \frac{10}{\sqrt{n}} dB \quad (15)$$

Donde n es el número de vehículos que pasan en una hora, referido a tráfico mixto. En la tabla siguientes se muestra la incertidumbre debida a la causas de operación para cada punto tanto en periodo diurno como nocturno.

<b>Punto</b>	<b>V. Ligeros</b>	<b>V. Pesados</b>	<b>V. Mixtos</b>	<b>Incertidumbre Tráfico</b>
1	104	10	114	<b>0,9</b>
2	142	4	146	<b>0,8</b>
3	254	6	260	<b>0,6</b>
4	1216	28	1244	<b>0,3</b>
5	796	26	822	<b>0,4</b>
6	54	12	66	<b>1,2</b>
7	32	12	44	<b>1,5</b>
8	446	12	458	<b>0,5</b>
9	506	16	522	<b>0,4</b>
10	30	8	38	<b>1,6</b>
11	32	2	34	<b>1,7</b>
12	20	0	20	<b>2,2</b>
13	46	0	46	<b>1,5</b>
14	640	22	662	<b>0,4</b>
15	574	18	592	<b>0,4</b>
16	40	2	42	<b>1,5</b>
17	22	4	26	<b>2,0</b>
18	644	18	662	<b>0,4</b>
19	52	6	58	<b>1,3</b>
20	192	6	198	<b>0,7</b>
21	106	4	110	<b>1,0</b>
22	632	16	648	<b>0,4</b>
23	636	14	650	<b>0,4</b>
24	646	22	668	<b>0,4</b>

Tabla.4. Incertidumbre asociada a la instrumentación durante el periodo diurno.

<b>Punto</b>	<b>V. Ligeros</b>	<b>V. Pesados</b>	<b>V. Mixtos</b>	<b>Incertidumbre Tráfico</b>
1	40	0	40	<b>1,6</b>
2	38	2	40	<b>1,9</b>
3	48	0	48	<b>1,8</b>
4	318	0	318	<b>0,7</b>
5	78	0	78	<b>1,1</b>
6	6	6	6	<b>4,6</b>
7	12	2	14	<b>3,1</b>
8	210	6	216	<b>0,7</b>
9	140	2	142	<b>0,8</b>
10	14	2	16	<b>2,5</b>
11	2	2	4	<b>4,5</b>
12	6	0	6	<b>4,1</b>
13	16	0	16	<b>2,5</b>
14	224	6	230	<b>0,7</b>
15	192	6	198	<b>0,7</b>
16	50	6	56	<b>2,7</b>
17	18	0	18	<b>2,4</b>
18	70	6	76	<b>1,1</b>
19	24	0	24	<b>2,0</b>
20	30	2	32	<b>1,8</b>
21	18	4	22	<b>2,4</b>
22	114	6	120	<b>0,7</b>
23	112	6	118	<b>0,9</b>
24	134	10	144	<b>0,8</b>

Tabla.5. Incertidumbre asociada a la instrumentación durante el periodo nocturno.

### A.VII.5.3. INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LAS CONDICIONES DE CLIMA Y SUELO.

Depende de la distancia de medición y de las condiciones meteorológicas. Para mediciones a corto plazo, las variaciones en las condiciones del suelo son pequeñas. En caso de querer realizar medidas a largo plazo, se procederá de forma diferente: habrá que tener en cuenta los diferentes climas por separado, para después combinarlos.

Las variaciones en las condiciones del suelo pues, para el caso de medidas a largo plazo, pueden aumentar considerablemente la incertidumbre en la medida. Para superficie del terreno dura entre la fuente y la posición de medición sea dura  $\sigma_m=0,5$  dB hasta 25 m en situación baja y hasta 50 m en situación alta.

Esta incertidumbre es la misma para todos los puntos de medida, independientemente de que nos encontremos en periodo diurno o nocturno, tal como queda reflejado en la tabla 6.

<b>Punto</b>	<b>Incertidumbre periodo diurno (dBA)</b>	<b>Incertidumbre periodo nocturno (dBA)</b>
1	0,5	0,5
2	0,5	0,5
3	0,5	0,5
4	0,5	0,5
5	0,5	0,5
6	0,5	0,5
7	0,5	0,5
8	0,5	0,5
9	0,5	0,5
10	0,5	0,5
11	0,5	0,5
12	0,5	0,5
13	0,5	0,5
14	0,5	0,5
15	0,5	0,5
16	0,5	0,5
17	0,5	0,5
18	0,5	0,5
19	0,5	0,5
20	0,5	0,5
21	0,5	0,5
22	0,5	0,5
23	0,5	0,5
24	0,5	0,5

Tabla 6. Incertidumbre asociada las condiciones de clima y suelo.  
Valores diurnos y nocturnos

#### A.VII.5.4. INCERTIDUMBRE ASOCIDA AL RUIDO RESIDUAL.

La incertidumbre varía dependiendo de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual, así como también del parámetro que se ha medido (incluyendo la auto-generación de ruido en la instrumentación).

Antes de comenzar a hallar el valor de la incertidumbre asociada se debe comprobar primero si la diferencia entre el nivel de presión sonora residual y nivel de presión sonora medido está 10 dB ó más por debajo y si, en caso de estarlo, también lo está por debajo de 3 dB (en esta situación no se haría corrección porque la incertidumbre resultante tendría un valor demasiado alto).

Pero cuando la diferencia oscila entre 3 y 10 dB, se aplicará la siguiente corrección:

$$L_{corr} = 10 \log \left( 10^{\frac{L_{medido}}{10}} - 10^{\frac{L_{residual}}{10}} \right) dB \quad (16)$$

Como no tenemos mediciones de ruido de fondo en cada una de las posiciones (porque no es posible hacerlo) estimamos el valor de ruido de fondo, o residual, tomando el percentil más alto de las medidas LA95.

A continuación, se calcula la incertidumbre del nivel sonoro residual Z:

$$Z = \sqrt{\sigma_s^2 - \sigma_o^2} \quad (17)$$

$\sigma_s$  = incertidumbre del nivel sonoro específico

$\sigma_o$  = incertidumbre del nivel sonoro total medido actual

Se define como el valor de incertidumbre del nivel sonoro residual como la combinación del nivel total y el sonido residual.

$$Z \cdot C \quad (18)$$

Donde Z es el sonido residual y C la sensibilidad residual que viene dada por

$$C_{resid} = \frac{-10^{\frac{L_{resid}}{10}}}{10^{\frac{L_{total}}{10}} - 10^{\frac{L_{resid}}{10}}} \quad (19)$$

Punto	LAeq 1 (dBA)	LA95 1 (dBA)	LAeq - LA95(dB)	Lcorr(dBA)	Cresidual
1	60,3	49,4	10,9	60,3	0,09
2	61,3	51,0	10,3	61,3	0,10
3	66,1	47,2	18,9	66,1	0,01
4	69,8	58,6	11,2	69,8	0,08
5	69,1	58,1	11,0	69,1	0,09
6	61,8	57,7	4,1	59,7	0,64
7	72,1	62,1	10,0	71,6	0,11
8	67,8	61,9	5,9	66,5	0,35
9	68,1	58,2	9,9	67,6	0,11
10	63,7	56,4	7,3	62,8	0,23
11	61,0	55,0	6,0	59,7	0,34
12	61,1	54,5	6,6	60,0	0,28
13	63,7	51,2	12,5	63,7	0,06
14	70,2	62,3	7,9	69,4	0,19
15	74,9	58,9	16,0	74,9	0,03
16	59,5	50,0	9,5	59,0	0,13
17	56,0	47,6	8,4	55,3	0,17
18	69,6	54,5	15,1	69,6	0,03
19	53,4	41,8	11,6	53,4	0,07
20	64,0	45,2	18,8	64,0	0,01
21	65,3	45,8	19,5	65,3	0,01
22	67,9	52,8	15,1	67,9	0,03
23	69,4	53,6	15,8	69,4	0,03
24	70,4	53,6	16,8	70,4	0,02

Tabla.7. . Cálculo del Lcorr y Cresidual. Medida1.Periodo diurno

Punto	LAeq 2 (dB)	LA95 2 (dB)	LAeq - LA95(dB)	Lcorr(dBA)	Cresidual
1	62,7	56,1	6,6	61,6	0,28
2	63,2	52,0	11,2	63,2	0,08
3	66,3	51,3	15,0	66,3	0,03
4	71,6	59,1	12,5	71,6	0,06
5	69,2	65,5	3,7	66,8	0,74
6	62,0	57,7	4,3	60,0	0,59
7	63,5	57,9	5,6	62,1	0,38
8	65,3	57,7	7,6	64,5	0,21
9	67,3	61,1	6,2	66,1	0,32
10	60,7	55,3	5,4	59,2	0,41
11	61,5	54,5	7,0	60,5	0,25
12	60,1	55,2	4,9	58,4	0,48
13	59,6	51,3	8,3	58,9	0,17
14	73,9	63,9	10,0	73,9	0,11
15	71,9	58,8	13,1	71,9	0,05
16	60,1	51,3	8,8	59,5	0,15
17	61,2	54,3	6,9	60,2	0,26
18	70,7	55,6	15,1	70,7	0,03
19	51,7	36,3	15,4	51,7	0,03
20	61,3	43,5	17,8	61,3	0,02
21	65,5	45,9	19,6	65,5	0,01
22	76,0	54,4	21,6	76,0	0,01
23	70,0	52,8	17,3	70,0	0,02
24	70,2	54,7	15,5	70,2	0,03

Tabla.8. Cálculo del Lcorr y Cresidual. Medida2.Periodo diurno

Punto	LAeq 3(dBA)	LA95 3 (dBA)	LAeq - LA95(dB)	Lcorr(dBA)	Cresidual
1	56,1	49,9	6,2	54,9	0,32
2	60,5	47,5	13	60,5	0,05
3	67,5	45,2	22,3	67,5	0,01
4	69,6	56,6	13	69,6	0,05
5	67,6	59	8,6	67,0	0,16
6	67,6	60,8	6,8	66,6	0,26
7	67,8	62,6	5,2	66,2	0,43
8	68,0	59,6	8,4	67,3	0,17
9	68,7	60,8	7,9	67,9	0,19
10	62,7	56	6,7	61,7	0,27
11	59,6	52,8	6,8	58,6	0,26
12	61,6	56,2	5,4	60,1	0,41
13	62,2	52,9	9,3	61,7	0,13
14	71,5	61,3	10,2	71,5	0,11
15	70,4	56,2	14,2	70,4	0,04
16	56,8	49,8	7,0	55,8	0,25
17	66,5	55	11,5	66,5	0,08
18	69,7	59,8	9,9	69,2	0,11
19	51,6	40,5	11,1	51,6	0,08
20	63,0	42,1	20,9	63,0	0,01
21	63,8	45,8	18,0	63,8	0,02
22	70,7	54,4	16,47	70,7	0,02
23	69,0	49,1	19,9	69,0	0,01
24	68,08	55,2	12,8	68,0	0,06

Tabla.9. Cálculo del Lcorr y Cresidual. Medida3.Periodo diurno.

Punto	Sigma 0	Sigma s	Z residual final	C residual final	Inc. Resid Total
1	3,34	3,56	1,23	0,32	0,39
2	1,39	1,39	0,00	0,10	0,00
3	0,76	0,76	0,00	0,03	0,00
4	1,10	1,10	0,00	0,08	0,00
5	0,90	1,29	0,93	0,74	0,69
6	3,29	3,91	2,10	0,64	1,34
7	4,30	4,78	2,10	0,43	0,91
8	1,50	1,47	0,00	0,35	0,00
9	0,70	0,98	0,68	0,32	0,21
10	1,53	1,83	1,01	0,41	0,41
11	0,98	0,98	0,00	0,34	0,00
12	0,76	0,97	0,59	0,48	0,28
13	2,07	2,41	1,22	0,17	0,21
14	1,88	2,24	1,22	0,19	0,24
15	2,29	2,29	0,00	0,05	0,00
16	1,76	1,98	0,91	0,25	0,23
17	5,25	5,60	1,96	0,26	0,50
18	0,61	0,76	0,46	0,11	0,05
19	1,01	1,01	0,00	0,08	0,00
20	1,37	1,37	0,00	0,02	0,00
21	0,93	0,93	0,00	0,02	0,00
22	4,11	4,11	0,00	0,03	0,00
23	0,53	0,53	0,00	0,03	0,00
24	1,34	1,34	0,00	0,06	0,00

Tabla.10. Cálculo de la incertidumbre asociada al ruido residual durante el periodo diurno.

<b>Punto</b>	<b>LAeq 1 (dB)</b>	<b>LA95 1 (dB)</b>	<b>LAeq - LA95(dB)</b>	<b>Lcorr(dBA)</b>	<b>Cresidual</b>
1	61,5	49,4	12,1	61,5	0,07
2	51,5	39,9	11,6	51,5	0,07
3	56,7	38,4	18,3	56,7	0,02
4	62,6	46,8	15,8	62,6	0,03
5	56,6	39,5	17,1	56,6	0,02
6	53,4	39,2	14,2	53,4	0,04
7	48,0	37,3	10,7	48,0	0,09
8	66,2	61,1	5,1	64,6	0,45
9	62,6	52,9	9,7	62,1	0,12
10	56,1	46,8	9,3	55,6	0,13
11	51,3	41,5	9,8	50,8	0,12
12	43,0	36,5	6,5	41,9	0,29
13	54,0	40,0	14,0	54,0	0,04
14	66,2	43,7	22,5	66,2	0,01
15	72,9	48,8	24,1	72,9	0,00
16	54,0	45,4	8,6	53,4	0,16
17	50,4	46,5	3,9	48,1	0,69
18	57,3	42,4	14,9	57,3	0,03
19	32,5	28,4	4,1	30,4	0,64
20	45,0	32,0	13,0	45,0	0,05
21	58,0	39,5	18,5	58,0	0,01
22	62,7	41,8	20,9	62,8	0,01
23	63,0	37,4	25,6	63,0	0,00
24	63,4	40,7	22,8	63,4	0,01

Tabla.11. . Cálculo del Lcorr y Cresidual. Medida1.Periodo nocturno

<b>Punto</b>	<b>LAeq 2 (dB)</b>	<b>LA95 2 (dB)</b>	<b>LAeq - LA95(dB)</b>	<b>Lcorr(dBA)</b>	<b>Cresidual</b>
1	63,0	58,3	4,7	61,2	0,51
2	57,3	41,1	16,2	57,3	0,02
3	55,9	40,1	15,8	55,9	0,03
4	64,7	47,7	17,0	64,7	0,02
5	58,0	44,5	13,5	58,0	0,05
6	60,2	44,8	15,4	60,2	0,03
7	58,7	39,9	18,8	58,7	0,01
8	63,0	54,4	8,6	62,4	0,16
9	62,8	46,3	16,5	62,8	0,02
10	50,5	37,4	13,1	50,5	0,05
11	52,0	42,2	9,8	51,5	0,12
12	50,0	37,3	12,7	50,0	0,06
13	54,7	40,4	14,3	54,7	0,04
14	67,5	51,4	16,1	67,5	0,03
15	71,6	50,4	21,2	71,6	0,01
16	47,8	39,1	8,7	47,2	0,16
17	51,2	48,3	2,9	48,1	1,05
18	52,4	43,7	8,7	51,8	0,16
19	40,3	30,2	10,1	40,3	0,11
20	54,1	35,3	18,8	54,1	0,01
21	55,7	37,4	18,3	55,7	0,02
22	61,1	40,4	20,7	61,1	0,01
23	62,2	33,0	29,3	62,2	0,00
24	68,7	48,7	20,0	68,7	0,01

Tabla.12. . Cálculo del Lcorr y Cresidual. Medida2.Periodo nocturno

Punto	LAeq 3(dB)	LA95 3 (dB)	LAeq - LA95(dB)	Lcorr(dBA)	Cresidual
1	52,6	40,5	12,1	52,6	0,07
2	59,2	41	18,2	59,2	0,02
3	58,2	42,5	15,7	58,2	0,03
4	66,5	47,3	19,2	66,5	0,01
5	57,1	44	13,1	57,1	0,05
6	57,4	50,6	6,8	56,4	0,26
7	55,0	42,8	12,2	55,0	0,06
8	57,0	46,7	10,3	57,0	0,10
9	59,5	45,1	14,4	59,5	0,04
10	60,5	36,1	24,4	60,5	0,00
11	49,9	36,6	13,3	49,9	0,05
12	49,5	39,4	10,1	49,5	0,11
13	50,6	37,4	13,2	50,6	0,05
14	69,4	44,7	24,7	69,4	0,00
15	68,5	48,2	20,3	68,5	0,01
16	55,7	41,6	14,1	55,7	0,04
17	48,6	45,4	3,2	45,8	0,92
18	64,2	44,7	19,5	64,2	0,01
19	37,4	28,4	9,0	36,8	0,14
20	52,5	34,5	18,0	52,5	0,02
21	58,0	39,0	19,0	58,0	0,01
22	66,4	49,5	16,9	66,4	0,02
23	65,9	44,2	21,6	65,9	0,01
24	64,7	43,5	21,2	64,7	0,01

Tabla.13. . Cálculo del Lcorr y Cresidual. Medida3.Periodo nocturno

Punto	Sigma 0	Sigma s	Z residual final	C residual final	Inc. Resid Total
1	5,62	5,05	0,00	0,51	0,00
2	4,01	4,01	0,00	0,07	0,00
3	1,17	1,17	0,00	0,03	0,00
4	1,95	1,95	0,00	0,03	0,00
5	0,71	0,71	0,00	0,05	0,00
6	3,42	3,41	0,00	0,26	0,00
7	5,43	5,43	0,00	0,09	0,00
8	4,67	3,90	0,00	0,45	0,00
9	1,85	1,74	0,00	0,12	0,00
10	5,01	5,00	0,00	0,13	0,00
11	1,07	0,81	0,00	0,12	0,00
12	3,91	4,54	2,31	0,29	0,67
13	2,19	2,19	0,00	0,05	0,00
14	1,61	1,61	0,00	0,03	0,00
15	2,26	2,26	0,00	0,01	0,00
16	4,16	4,41	1,46	0,16	0,23
17	1,33	1,35	0,19	1,05	0,21
18	5,93	6,23	1,91	0,16	0,30
19	3,94	5,04	3,15	0,64	2,00
20	4,86	4,86	0,00	0,05	0,00
21	1,33	1,33	0,00	0,02	0,00
22	2,74	2,74	0,00	0,02	0,00
23	1,93	1,93	0,00	0,01	0,00
24	2,73	2,73	0,00	0,01	0,00

Tabla.14. Cálculo de la incertidumbre asociada al ruido residual durante el periodo nocturno.

## A.VII.5.5 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

A partir de los valores de las incertidumbres parciales, se puede calcular la incertidumbre típica combinada en dB , a partir de la expresión:

$$\sigma_t = \sqrt{W^2 + X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (20)$$

Una vez se tiene el valor de la incertidumbre combinada, la expandida en dB, obtiene multiplicando su valor por 2.

$$\pm 2 \cdot \sigma_t \quad (21)$$

Punto	Diurno		Nocturno	
	$\sigma_t$	$\pm 2 \cdot \sigma_t$	$\sigma_t$	$\pm 2 \cdot \sigma_t$
1	1,18	<b>±2,4</b>	1,71	<b>±3,4</b>
2	1,03	<b>±2,1</b>	1,99	<b>±4,0</b>
3	0,87	<b>±1,7</b>	1,90	<b>±3,8</b>
4	0,66	<b>±1,3</b>	0,92	<b>±1,8</b>
5	0,98	<b>±2,0</b>	1,25	<b>±2,5</b>
6	1,92	<b>±3,8</b>	4,64	<b>±9,3</b>
7	1,86	<b>±3,7</b>	3,16	<b>±6,3</b>
8	0,77	<b>±1,5</b>	0,92	<b>±1,8</b>
9	0,78	<b>±1,6</b>	1,00	<b>±2,0</b>
10	1,78	<b>±3,6</b>	2,57	<b>±5,1</b>
11	1,81	<b>±3,6</b>	4,54	<b>±9,1</b>
12	2,34	<b>±4,7</b>	4,20	<b>±8,4</b>
13	1,61	<b>±3,2</b>	2,57	<b>±5,1</b>
14	0,77	<b>±1,5</b>	0,93	<b>±1,9</b>
15	0,74	<b>±1,5</b>	0,93	<b>±1,9</b>
16	1,67	<b>±3,3</b>	2,78	<b>±5,6</b>
17	2,11	<b>±4,2</b>	2,48	<b>±5,0</b>
18	0,72	<b>±1,4</b>	1,29	<b>±2,6</b>
19	1,44	<b>±2,9</b>	2,89	<b>±5,8</b>
20	0,93	<b>±1,9</b>	1,90	<b>±3,8</b>
21	1,13	<b>±2,3</b>	2,47	<b>±5,0</b>
22	0,72	<b>±1,4</b>	0,95	<b>±1,9</b>
23	0,72	<b>±1,5</b>	1,06	<b>±2,1</b>
24	0,72	<b>±1,4</b>	0,99	<b>±2,0</b>

Tabla.15. Cálculo de la incertidumbre típica y expandida.

El resultado de las medidas en cada punto con el valor de su incertidumbre asociada se representa en la siguiente tabla.

<b>Id</b>	<b>Dirección</b>	<b>Ref.</b>	<b>UTMX(m)</b>	<b>UTMY(m)</b>	<b>L<sub>Aeq,D</sub>(dBA)</b>	<b>L<sub>Aeq,N</sub>(dBA)</b>
1	Plaça Major	PM1	744304,1	4316849,0	59,8±2,4	59,9±3,4
2	C\ Duc Alfons el Vell,1	PM2	744301,7	4316797,7	64,8±2,1	57,0±4,0
3	C\ de les Carmelites,16	PM3	744454,8	4316928,1	66,7±1,7	57,0±3,8
4	Avda. d'Alacant,51	PM4	744526,5	4317004,9	70,4±1,3	64,9±1,8
5	C\ Santa Pascual	PM5	744352,0	4316977,5	67,8±2,0	57,3±2,5
6	Plaça Escola Pia	PM6	744224,4	4317071,5	63,3±3,8	57,5±9,2
7	C\ Major, 34	PM7	744230,8	4316849,1	68,3±3,7	55,7±6,3
8	Passeig Germanies. 10	PM8	744214,5	4316709,1	66,3±1,5	62,3±1,8
9	Passeig Germanies. 40	PM9	743986,0	4316730,7	67,3±1,6	61,7±2,0
10	C\ Sant Francesc de Borja.73	PM10	744098,7	4316822,1	61,5±3,6	57,3±5,1
11	C\ 9 d'Octubre, 6	PM11	744082,1	4317078,9	59,7±3,6	50,8±9,1
12	C\ Sant Francesc de Borja.35	PM12	744126,8	4317127,9	59,6±4,7	48,3±8,4
13	C\ Sant Francesc de Borja. 3	PM13	744112,6	4316978,4	61,8±3,2	53,4±5,1
14	C\ Sant Rafael, 27	PM14	744008,1	4317063,4	72,0±1,5	67,9±1,9
15	C\ Sant Rafael, 8	PM15	743976,5	4316810,1	72,8±1,5	71,4±1,9
16	C\ Rausell, 11	PM16	744084,0	4316660,3	58,4±3,3	53,3±5,6
17	Plaça del Prado	PM17	744084,2	4316567,7	62,9±4,2	47,5±5,0
18	C\ Sant Vte. Ferrer, 20	PM18	743941,8	4316633,9	69,9±1,4	60,4±2,6
19	Plaça del Molí	PM19	744307,1	4316456,8	56,3±2,9	47,4±5,8
20	C\ Vora Riu, 1	PM20	744362,8	4316440,9	62,9±1,9	51,9±3,8
21	C\ Pellers, 20	PM21	744191,2	4316471,4	64,9±2,3	57,4±5,0
22	Avda. del Raval 1	PM22	744270,0	4316288,3	72,8±1,4	64,0±1,9
23	Avda. del Raval 2	PM23	744090,8	4316319,2	71,5±1,5	64,0±2,1
24	Avda. del Raval 3	PM24	743903,7	4316368,5	69,7±1,4	66,2±2,0

Tabla.16. Resultado de las medidas con su incertidumbre expandida.

Se puede observar en la tabla, que el valor de la incertidumbre es mayor en el periodo nocturno, debido a que la incertidumbre asociada a las condiciones de operación aumenta por porque el aforo de vehículos que pasa es menor.

Cabe destacar algunos valores de incertidumbre asociada muy elevados como en el punto 6 el punto 11, punto 12, etc., estos puntos se corresponden a calles peatonales, donde el tráfico nocturno es prácticamente nulo. En general para las calles peatonales ya sea en periodo nocturno como diurno el valor de la incertidumbre es mayor. Para reducir este valor no hay más remedio que aumentar el tiempo de medida de 10 minutos a 20 o 30 minutos para obtener resultados fiables.

**ANEXO VIII****REPORTAJE FOTOGRÁFICO DEL ENTORNO DEL CENTRO HISTÓRICO.**

Siempre se ha dicho que una imagen vale más que mil palabras, a continuación se muestran una colección de imágenes de las calles y avenidas de Centro Histórico de Gandia , cuya finalidad no es solo describirlas sino intentar mostrar , eso sí, con un poco de imaginación, cuál es su ambiente sonoro.



Arriba la calle mayor, calle peatonal. Abajo la calle Sant Pascual-Alcala de Olmo, peatonal pero con coexistencia de trafico rodado.



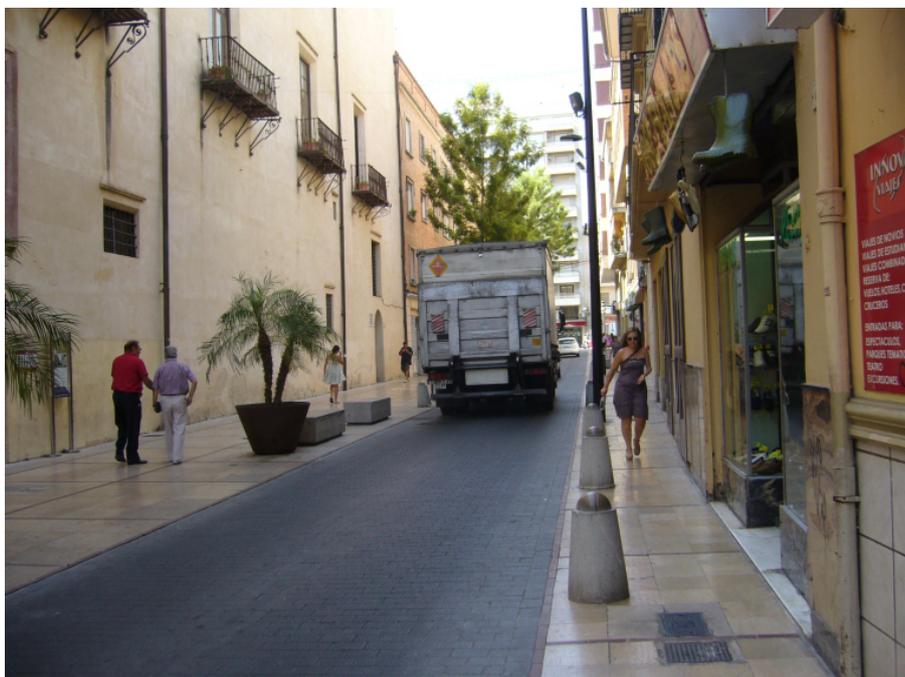


Las dos imágenes corresponde a la Calle Major, calle multitud de establecimientos comerciales, se observa gran cantidad de peatones, tanto por la mañana como por la tarde.





Calle Duc Alons el Vell, peatonalizacionada con coexistencia de tráfico rodado, forma parte de la ronda perimetral del centro histórico, presenta una elevado caudal de tráfico, tanto automóviles, camiones y autobuses. El pavimento es de adoquín de hormigón.





Arriba, imagen de la Plaça Major, con elevado tráfico de furgonetas y camionetas de reparto sobre todo en horario diurno, así como la presencia de elevado numero de terrazas y bares , que afectan a los niveles nocturnos.

Abajo, el Passeig de les Germanies, recientemente peatonalizado, coexistencia con tráfico rodado, separa las dos zona del Centro histórico, con niveles acústicos elevados tanto de día como de noche. Elevado flujo de vehículos.

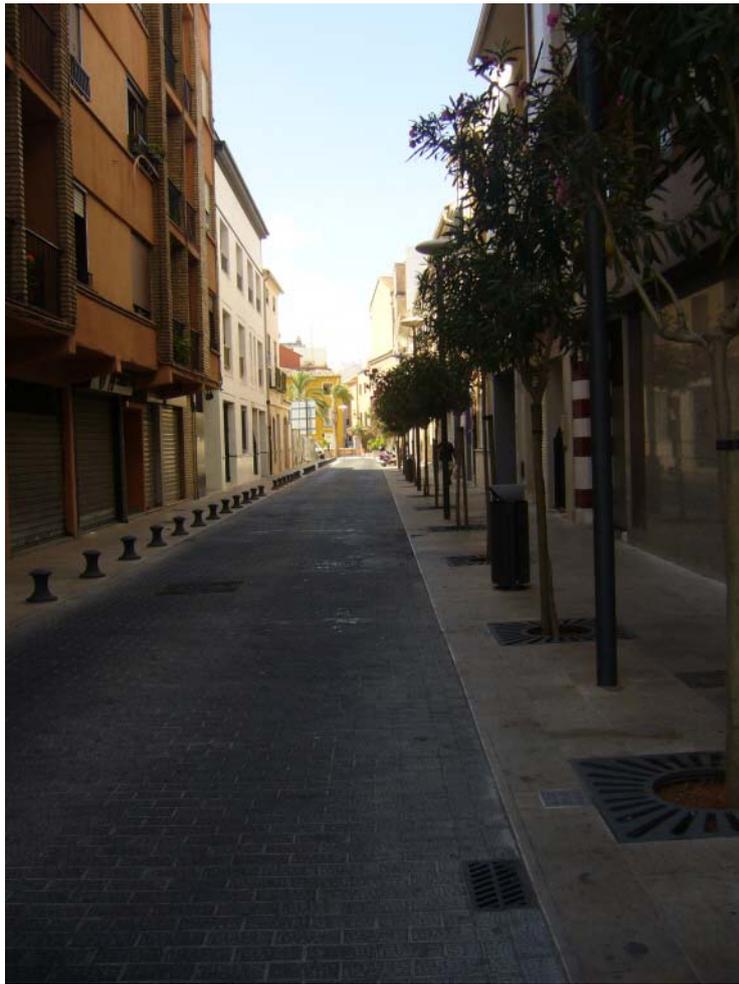




Arriba, calle Forno, forma parte de la Zona del Raval, se puede observar el elevado número de motos estacionadas, En General es una calle de reducido tráfico rodado, pero afectada por los niveles del Passeig de les Germanies.

Abajo, la Palça Sant Josep y al fondo la Plaça Prado, separadas por la calle Vallier. Calle que conecta el Passeig de les Germanies con la Avda. del Raval.





Arriba, la Calle Canonge Noguera, recientemente peatonalizada, en el instante de la fotografía no presenta tráfico de vehículos, ambiente sonoro tranquilo.

Abajo una imagen totalmente distinta, la presencia de tráfico rodado, fuente de ruido principal en los entornos urbanos.





Calle Alexandre VI, vista desde la calle Duc Alfons el Vell y al fondo la calle Major, calle transversal de la zona de la Vila, estas calles son estrechas y con poco tráfico rodado, totalmente peatonales, si bien, al no existir control horario y de acceso de vehículos, es frecuente observar furgonetas de reparto y vehículos de residentes y comerciantes de la zona.



Calle Delme, vista desde la calle Duc Alfons el Vell, de características idénticas al la anterior, se puede observar un vehiculo estacionado y al fondo la calle mayor con un camión de reparto.



Calle Forn, vista con anterioridad, la acera se utiliza como aparcamiento de motocicletas



Calle Vallier, calle peatonal con coexistencia de tráfico rodado, pavimento de adoquín de hormigón, pertenece a la zona del Raval, presenta un considerable flujo de tráfico.



Estas dos imágenes corresponden a la calle Major, ilustran el elevado tráfico de vehículo impropio de una calle peatonal. Diariamente es frecuente un elevado tráfico de furgonetas de reparto, vehículos privados, de residentes, comerciantes etc. Al no haber actualmente un control de acceso de vehículos el nivel sonoro se eleva considerablemente, a lo que hay que añadir la molestia que y el peligro que supone para los peatones.





Calle l'Assumpció, calle transversal de la zona de la Vila, al fondo la iglesia colegiata de Santa Maria, totalmente peatonal, con un ambiente tranquilo.



Calle Arquebisbe Polou, similar a la anterior pero la presencia de un vehículo que no debería estar ahí.



Calle Sant Francesc de Borja, calle peatonalizada recientemente, pavimento en la parte central de la vía de adoquín de hormigón, las dos imágenes corresponden a la misma calle, en la primera imagen se puede observar la presencia de camiones de reparto, vehículos privados transitando y peatones, lo cual es frecuente al no haber control de acceso de vehículos.



La misma calle, pero en un instante en el que no hay tráfico, el peatón hace uso de la calle con comodidad, ambiente sonoro más relajado.

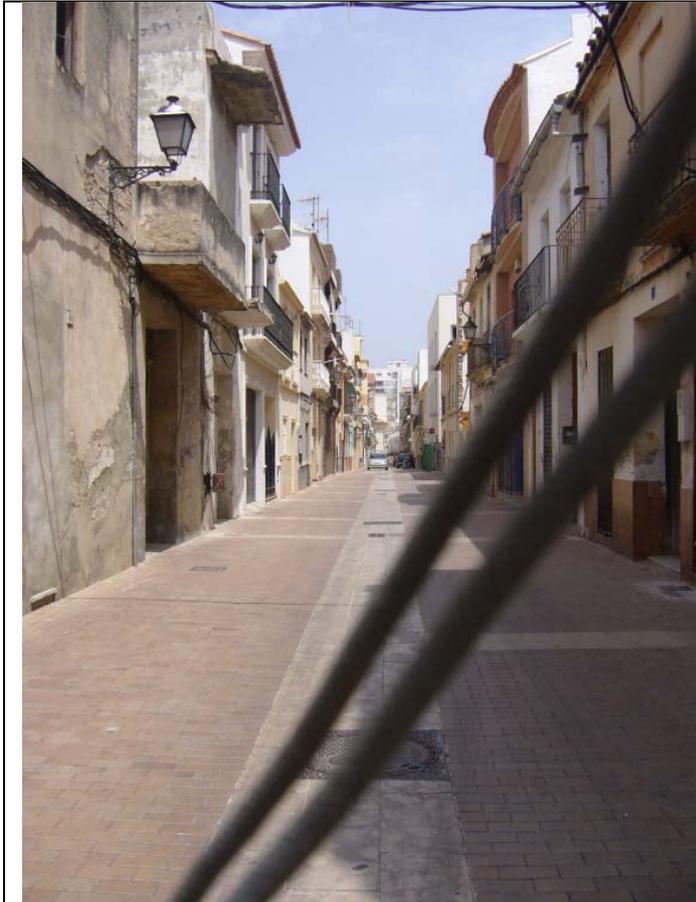


Calle Duc Carles de Borja, calle peatonal, normalmente presenta poco tráfico rodado, quizá debido a la disposición de farolas casi en el centro de la vía y de bancos y maceteros, que impiden a los vehículos la invasión de la vía.

Podría ser una posible solución disuasoria para los vehículos en las calles peatonales.



Calle la Creu, en la zona de la Vila, normalmente estas calles transversales al ser más estrechas no suelen ser invadidas por los vehículos. Sus niveles acústicos los determinan la propia actividad comercial, las terrazas de bares y cafeterías y la influencia de la proximidad de las vías perimetrales de elevado tráfico rodado.



Calle Sant Salvador, de la zona del Raval, debe una de las de mayor anchura de esta zona, generalmente poco tráfico rodado, residentes y algún despistado. Se trata de una zona prácticamente residencial, con poca actividad comercial.

~~ser de las mas~~



Calle Algepseria, peatonal y de características similares a la anterior, se observa la presencia de automóviles de residentes, que aparcan su vehículos en la calle.



Calle Sant Ponç, se puede observar como la motocicleta circula a sus anchas, por las calles estrechas de esta zona, alterando los niveles sonoros.



Calle del Forn, calle de la zona del Raval, calle estrecha, peatonal y sin tráfico (imposible circular con un coche).



Calle de Sant Salvador, zona del Raval, peatonal.



Avda. del Raval, vía perimetral al centro histórico, dos carriles, un único sentido, alta densidad de tráfico, elevados niveles sonoros.



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA