

## ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES METODOLOGÍAS PARA LA CONFECCIÓN DE MAPAS ACÚSTICOS.

**Vidal Sánchez, Alfredo Gustavo; Velasco Sánchez, Emilio; Peral Orts, Ramón;**

**Campillo Davó, Nuria; Campello Vicente, Héctor.**

Universidad Miguel Hernández, Avda. de Universidad s/n, 03202, Elche (Alicante) - SPAIN  
alfredo.vidal@alu.umh.es

### **Resumen**

Las metodologías y técnicas empleadas para la confección de mapas acústicos, se ha convertido en un elemento a debatir en los principales foros de acústica ambiental, contando con las administraciones locales como partes especialmente interesadas en esta problemática. En la actualidad, los mapas acústicos municipales se suelen realizar empleando tres posibles metodologías de trabajo: Mapas Teóricos o Predictivos (basados en los datos de las fuentes de ruido), Mapas experimentales (basados en medidas reales tomadas en puntos previamente establecidos) y Mapas Mixtos (modelos que se validan con medidas experimentales).

El objetivo principal del presente documento es realizar una comparativa de los diferentes métodos empleados para la confección de mapas acústicos. Para ello, se ha realizado un estudio de una zona del municipio de Elche. Como resultado del análisis, se localizarán las variaciones de cada uno de los métodos de trabajo en función de las características de las zonas, tales como densidad de población, tipología de fuentes, densidad de mallado, etc.

**Palabras-clave:** mapas de ruido, metodología, teórico, experimental, mixto.

### **Abstract**

Methodologies and techniques used on a noise mapping process are an important matter to treat on main environmental acoustics forums. At present, a noise map can be carried out applying three different methodologies: a theoretical map (based on data from noise sources), an experimental map (based on real measurements collected at previous established points) and a mixed map (model is validate with real measurements).

The main objective of this paper is to compare these methodologies, applying them on an Elche City area. The results from this study are analyzed and the variations from each method are localized depending on characteristics such as density population, noise sources types, grid density, etc.

**Keywords:** noise mapping, methodology, theoretical, experimental, mixed.

## **1 Introducción**

El ruido ambiental en general y el causado por el tráfico rodado en particular, es una de las principales fuentes de ruido urbano y constituye uno de los más preocupantes problemas medioambientales en ambientes urbanos. Como respuesta a este problema y con el objetivo de controlar el ruido, se proponen una serie de aspectos que 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 de ruido y pruebas de cumplimiento de la exposición de ruido con las normas de emisión.

Todos los aspectos han sido desarrollados en la legislación europea para su posterior transposición en la legislación española y autonómica. Es por ello que existen gran cantidad de textos legislativos que regulan la realización de Mapas Acústicos, compuesta por la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental a nivel europeo, la Ley 37/2003 de Ruido y el Real Decreto 1513/2005 a nivel nacional y la Ley 7/2002 y sus correspondientes decretos a nivel autonómico. Todos estos textos legislativos establecen los criterios y métodos a utilizar para el desarrollo de mapas acústicos.

## **2 Objetivos**

El propósito general del estudio realizado por un grupo de técnicos de la Universidad Miguel Hernández consiste en la comparativa de los diferentes modelos de predicción empleados en la confección de mapas acústicos (Teórico o Predictivos, Experimentales y Mixtos).

Para garantizar dicho propósito, se han cumplido los siguientes objetivos:

- Elegir y justificar la zona de estudio seleccionadas.
- Identificar y localizar las principales fuentes de ruido en las zonas estudiadas.
- Modelar y Simular los diferentes modelos.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Determinar el grado de cumplimiento de las zonas estudiadas en función del método empleado

## **3 Metodología**

Para la realización del presente estudio, se empleó la metodología que se detalla a continuación.

### **3.1 Elección y justificación de la zona de estudio**

Con el fin de poder cuantificar las diferencias se ha seleccionado para el estudio diferentes zonas del municipio de Elche según el área urbana, el uso del suelo, la densidad de población, etc.

En la actualidad la zona elegida para el estudio ha sido Plaza de Barcelona-Carrús. Las otras zonas seleccionadas están en proceso de investigación.

La Plaza de Barcelona-Carrús es una zona urbana de alta densidad de población y se caracteriza por la presencia de edificios de 5-9 plantas, se encuentra en el casco urbano del municipio y presenta una gran afluencia de tráfico que se encuentra localizado sobretodo en las grandes avenidas como la del Ferrocarril, la de Novelda y la Diagonal.

La principal fuente de ruido de esta zona es esencialmente el tráfico rodado, existiendo también ruido producido por obras.

Se ha elegido esta zona porque se considera representativa del casco urbano, además del hecho de disponer de gran cantidad de información del tráfico facilitado por el Excmo. Ayuntamiento de Elche, lo que permite desarrollar con mayor facilidad y exactitud los modelos.

	Zona de estudio	Casco Urbano	Porcentaje [%]
<b>Superficie [m2]</b>	463.000	17.649.030	2,6
<b>Habitantes</b>	24.753	226.661	11

Tabla 1 – Características demográficas.

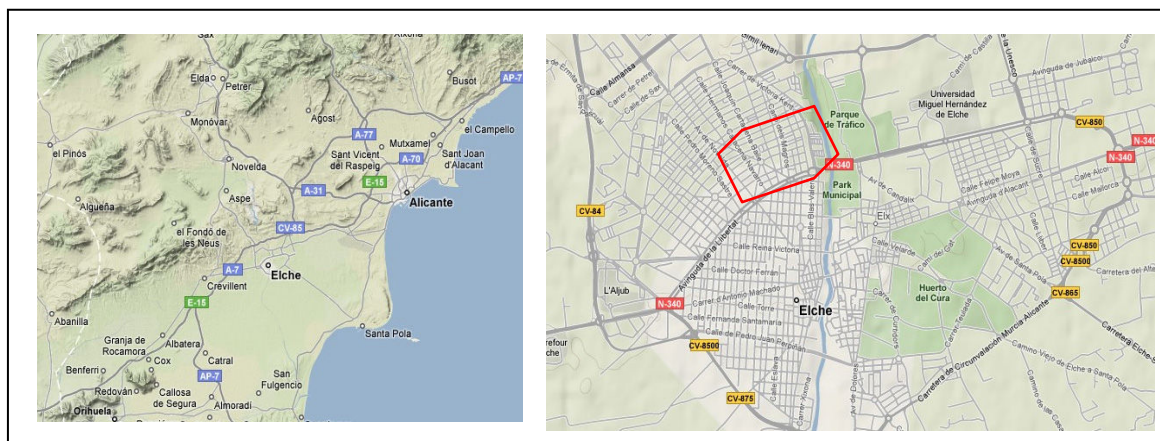


Figura 1 – Situación y localización de la zona de estudio

### 3.2 Planificación y realización de un protocolo de medición.

Para realizar la elección de los puntos de medida, se estableció el método de elección aleatorio, por el cual se implanta una malla de un determinado tamaño, cuyos vértices representan los puntos seleccionados para las medidas.

En nuestro caso, se optó por realizar una malla de 200 x 200 metros, porque es la malla con la que se empleó para la realización de todo el mapa acústico de la ciudad de Elche y porque es una malla empleada para la realización de otros mapas acústicos.

### 3.3 Modelización y Simulación del comportamiento acústico de los diferentes modelos de predicción

#### 3.3.1 MODELO A: TEÓRICO

Para la elaboración del modelo A se empleó el software de predicción Predictor v.6 de Brüel & Kjaer y el método nacional de cálculo francés *NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB)*, mencionado en la *Resolución de 5 de mayo de 1995, relativa al ruido de las infraestructuras viarias, Diario Oficial de 10 de mayo de 1995, artículo 6* y en la norma francesa *XPS 31-133*.

Para la correcta elaboración del modelo se ha introducido los siguientes parámetros:

1. **Periodo de cálculo:** se ha distribuido en dos periodos horarios, día (de 8:00h a 22:00h) y noche (de 22:00h a 8:00h).
2. **Datos geográficos:** se ha realizado el modelo con la cartografía en 3D facilitada por el ayuntamiento.
3. **Edificios:** también se han insertado los edificios existentes en la cartografía y que presentan como características un coeficiente de absorción *half reflecting*, cuyas propiedades son:

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Factor de Absorción	0,20	0,25	0,35	0,55	0,75	0,85

Tabla 2 – Propiedades de absorción de las edificaciones

4. **Calles:** para modelar las calles se han tenido que definir los siguientes parámetros:
  - A. Tipo de asfalto.
  - B. Tipo de flujos de tráfico.
  - C. Velocidad.
  - D. Caudal de tráfico.
  - E. Porcentaje de vehículos ligeros y pesados.
5. **Vegetación:** para asignarle valores a la vegetación se ha seguido el siguiente criterio:

Tipo de vegetación	Descripción	Valor de absorción
Vegetación densa	Bosques, huertos muy poblados	0,95 - 0,75
Vegetación media	Huertos	0,75 - 0,45
Vegetación baja	Solares, campos	0,45 - 0,35

Tabla 3 – Propiedades de absorción de la vegetación

6. **Receptores:** se ha empleado receptores equidistantes, para ello se ha utilizado una malla cuyas cuadrículas distan 10 x 10 m para una buena resolución del mapa. La altura de la rejilla se ha fijado a 4 m, debido a especificaciones del Real Decreto 1513/2005
7. **Parámetros de simulación:** los parámetros de simulación que se han empleado son:
  - A. **Condiciones atmosféricas.**  
La absorción del aire es la especificada en la ISO 1613-1.
  - B. **Factor de absorción del suelo.**  
Se ha especificado un factor de absorción de 0,3 para todo el suelo, salvo para el que representa la vegetación que se le a asignado su propio valor de absorción.
  - C. **Reflexión.**  
Para el parámetro de reflexión se le asignado el valor de 2, por una recomendación de Brüel & Kjaer.

## MODELO B: EXPERIMENTAL

Para la confección del modelo B se empleó un software GIS y se siguió el siguiente procedimiento:

1. Realizar las mediciones siguiendo el protocolo de mediciones establecido, llevándose a cabo las indicaciones de los artículos 6 y 7 del Decreto 104/2006, de Planificación y Gestión en materia de Contaminación Acústica y el Anexo III del citado Decreto.
  - A. Medidas de corta duración: son medidas de 10 minutos guardando datos cada 5 segundos.
  - B. Monitorizados 24 horas: se realizó monitorizados ambientales, donde se guardan datos cada 5 minutos. Con ello se pretende obtener la diferencia de valores entre los periodos de día y noche.

2. Filtrar las medidas obtenidas, corregir aquellas que sean incorrectas y volver a medir en caso necesario. [1]
3. Insertar los datos tratados en el software GIS y realizar la simulación.

### 3.3.2 MODELO C: MIXTO

Este método de trabajo trata de combinar los beneficios de los dos modelos comentados hasta el momento. Se empleó el mismo software que el modelo A, y se empleó el método de cálculo francés *NMPB-Routes-96* y la norma francesa *XPS 31-133*.

1. Además de introducir los parámetros del mismo modo que en el modelo A, se le han añadido receptores puntuales simulando las medidas experimentales, con el propósito de ser empleados para la validación del modelo.
2. Se procede a la validación del modelo, para ello se compara los datos de los receptores puntuales con sus datos correspondientes con las mediciones.
  - A. Se considera el punto de medida como correcto si la diferencia entre el dato facilitado por el software y el medido es inferior en módulo a 3 dB.
  - B. Se realiza, 3-4 iteraciones y se considerará el modelo como correcto si se obtiene un valor superior del 80% de puntos correctos.
  - C. Si el modelo se encuentra por debajo del 60%, después de realizar las 3-4 iteraciones, se considera el modelo como “warning”, y habrá que realizar un estudio más exhaustivo, identificando posibles errores en los puntos de medida.

## 4 Análisis de Resultados

A continuación se muestra los resultados obtenidos por las simulaciones de los diferentes modelos.

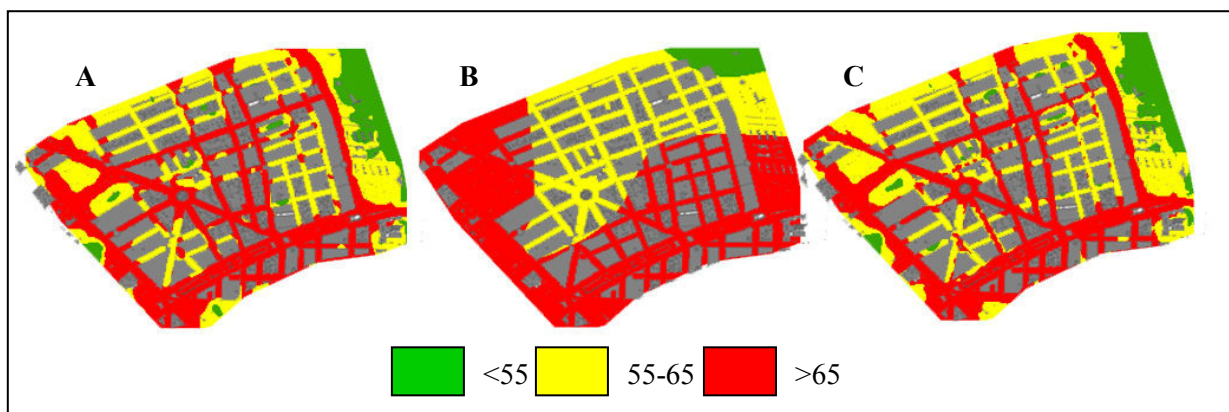


Figura 2 – Lday. A: Teórico, B: Experimental, C: Mixto

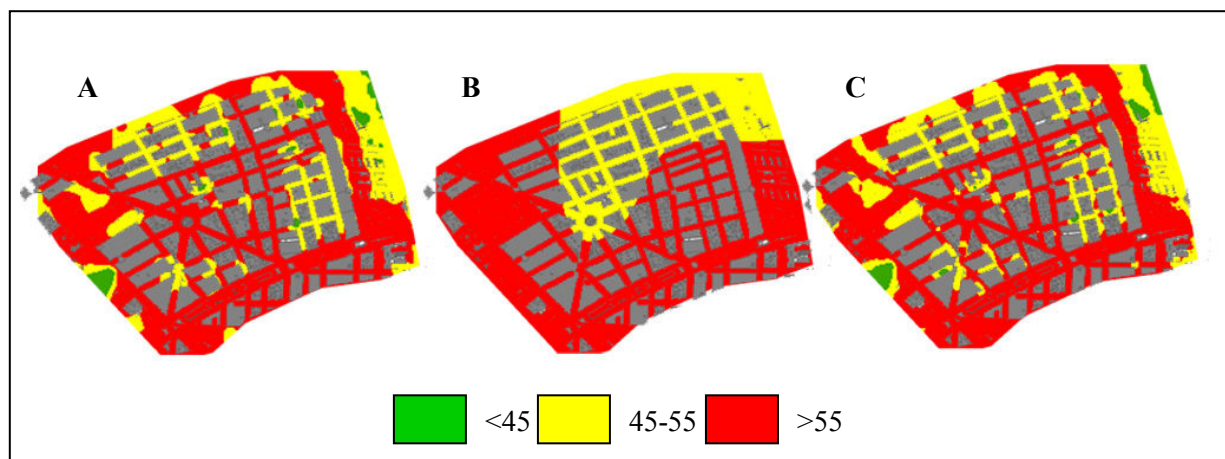


Figura 3 – Lnight. A: Teórico, B: Experimental, C: Mixto

En las anteriores figuras se muestran las simulaciones de los valores Lday y Lnight para los tres modelos estudiados. En las simulaciones se representan con tres niveles sonoros con los siguientes valores: el color verde corresponde a aquellos valores que se encuentran dentro de los valores límites: el color amarillo y rojo representan aquellos puntos que se encuentran por encima del valor límite, donde el color amarillo representa zonas saturadas y el color rojo representa zonas altamente saturadas de ruido.

En la siguiente tabla se pretende representar en valores de porcentajes los resultados obtenidos en las simulaciones.

Modelo		Zona de Confort	Saturada	Altamente saturada
Lday	Teórico	24,6	43,1	32,3
	Experimental	9,2	15,2	75,6
	Mixto	23,3	45,9	30,8
Lnight	Teórico	18,6	26,7	54,7
	Experimental	0	13,9	86,1
	Mixto	15,4	25,3	59,4

Tabla 4 – Porcentaje de suelos con el nivel sonoro

Como se puede observar viendo los tres modelos, la zona estudiada presenta un alto nivel de ruido y existen pocos puntos de la zona que estén por debajo de los 55 dB(A), lo que indica que la zona presenta valores elevados de ruido.

También puede comprobarse con la tabla que los valores de Lday que cumplen con la normativa no llegan a superar el 25% y para el valor de Lnight el resultado es aún menor.

Otro análisis que puede hacerse viendo las Figura 2 y 3, es que tanto el Modelo Teórico como el Modelo Mixto presentan resultados muy parecidos, con pequeñas variaciones, en cambio el Modelo Experimental vagamente se parece a ninguno de los dos modelos anteriores. Esta diferencia es debida a que el modelo B presenta poca definición debido a que la malla elegida es demasiado grande.

A continuación, se ha comparado los diferentes modelos con el fin de comprobar la similitud entre los propios modelos. Se considera que los modelos presentan valores similares si cuando se comparan entre ellos, su diferencia es menor en módulo a 3 dB.



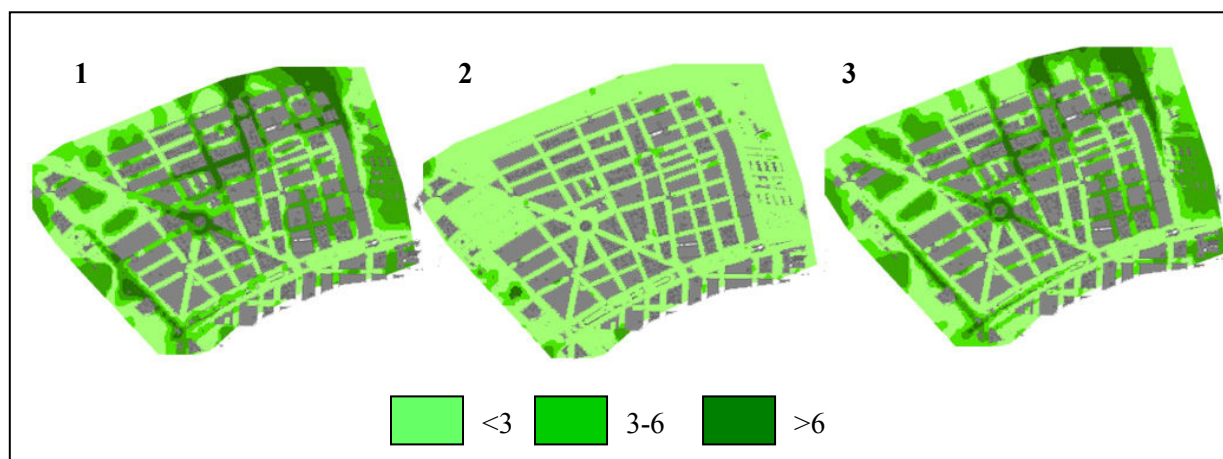


Figura 4 – Diferencia entre modelos. 1) Modelo A vs. Modelo B, 2) Modelo A vs. Modelo C, 3) Modelo B vs. Modelo C

	Modelo A vs. B	Modelo A vs. C	Modelo B vs. C
< 3 dB	41,6	83,2	43,7
de 3 a 6 dB	23,2	9,7	23,0
> 6 dB	35,2	7,1	33,3

Tabla 5 – Porcentaje de diferencia entre modelos

Como muestra tanto en la Figura 4 como en la Tabla 5, los modelos A y C presentan gran cantidad de valores por debajo de 3 dB llegando hasta el valor del 83,2%, lo que indica que los dos modelos presentan gran cantidad de datos similares.

En cambio el modelo B presenta valores inferiores al 44% de equivalencia con los otros dos modelos.

## 5 Conclusiones

Los modelos A y C presentan gran cantidad de datos similares con lo que podemos concluir que los modelos representan correctamente la zona de estudio.

En cambio, el modelo B, se puede observar, que no simula fielmente la zona estudiada, ello es debido a que la malla que se empleó para su cálculo es demasiado grande y aporta poca definición al modelo. Esta diferencia, también es debida al software de predicción Predictor v.6, ya que en cuenta otros parámetros como la absorción de elementos como los edificios y zonas con vegetación, relieve de la zona, condiciones climatológicas..., en cambio el software GIS, con el que se ha realizado el Modelo Experimental, solo realiza una interpolación entre los puntos insertados, sin identificar ni tener en cuenta la presencia de edificios, o cualquier otro parámetro.

Es por ello que se ha realizado dos simulaciones más del modelo B, reduciendo la malla a los valores de 100x100 metros y otra malla a 50x50 metros. Para realizar estos dos modelos, se ha tenido que realizar 45 mediciones para la malla 100x100 y 120 para la malla 50x50.

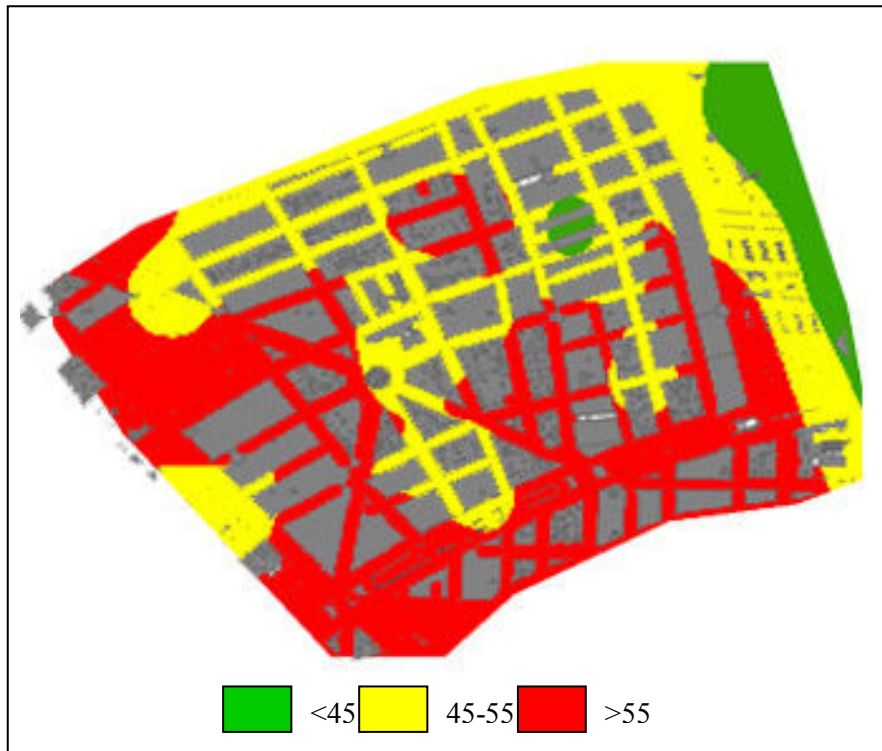


Figura 5 – Lday: Modelo Experimental con malla 100x100 metros

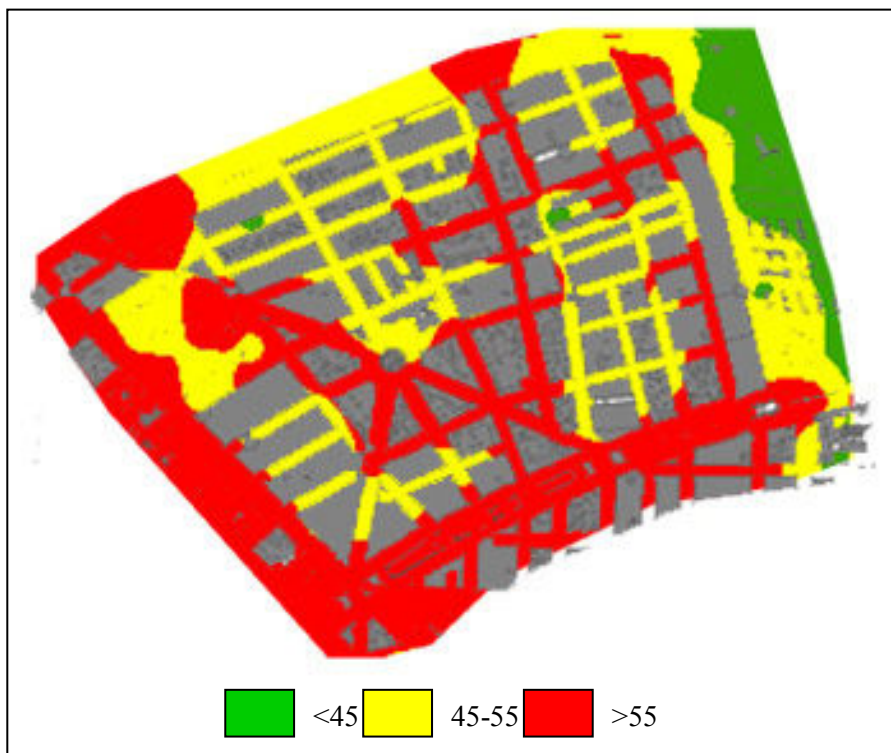


Figura 6 – Lday: Modelo Experimental con malla 50x50 metros



Viendo las figuras anteriores se demuestra que el modelo B, necesita de una malla más pequeña para poder simular correctamente la zona, pero realizar esta reducción de la malla conlleva un aumento considerable de los puntos de medidas y con ello un aumento del tiempo y los costes para la realización del modelo.

También hay que tener en cuenta que para la realización del modelo B: Experimental, se tendría que realizar más medidas de los mismos puntos o más monitorizados 24 horas con el fin de tener una mayor distribución estadística, ya que no debe considerarse como representativa una medida realizada durante tan solo 10 minutos.

## 6 Trabajos Futuros

Actualmente se están realizando estudios de diferentes zonas, estableciendo diferencias por el uso que sobre las mismas exista, por el tipo de fuente que genera la contaminación acústica.

Las zonas en las que se está realizando los estudios son zonas residencias de alta y baja densidad de población, zonas comerciales, industriales, vías de comunicación, diferenciando en ellas las autovías, carreteras nacionales, autonómicas y comarcales, vías ferroviarias etc.

## Referencias

- [1] **Velasco Sánchez, Emilio; Peral Orts, Ramón; Campillo Davó, Nuria.** *Técnicas de verificación de datos empleados en la confección de mapas acústicos municipales*, **Proceeding TecniAcústica 2008, Coimbra 2008**