

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

I.T. Telecomunicación (Sonido e Imagen)



**UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA**



**ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA**

**“Evolución de la contaminación
acústica provocada por el tráfico de la
N-332 en Altea.”**

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:
Sara Ripoll Gimeno

Director/es:
D. Joan Martinez Mora

GANDIA, 2010

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS DEL T.F.C.....	4
2. CONCEPTOS BÁSICOS DEL RUIDO AMBIENTAL.....	5
2.1. CARACTERIZACION DEL RUIDO.....	5
2.1.1. Ruidos y Sonidos.....	5
2.1.2 Niveles sonoros. El decibelio	6
2.1.3 La percepción de los sonidos.....	7
2.2. INDICES PARA LA EVALUACION DEL RUIDO AMBIENTAL.....	10
2.2.1. Las molestias debidas al ruido.....	10
2.2. 2 Índices Energéticos	12
2.2.3 Índices Estadísticos. Niveles Percentiles. LN	15
2.2.4 El LAeq Como indicador de ruido ambiental.....	15
2.2.5 La Distribución Temporal: los períodos día, noche y tarde-noche. El L_{den}	17
3. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD.....	20
3.1 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA AUDICIÓN.....	20
3.1.1 Fisiología de la Audición	20
3.1.2 Pérdidas de la Audición.....	21
3.2 EFECTOS DEL RUIDO AMBIENTAL SOBRE EL ORGANISMO.....	23
3.2.1 Alteraciones Cardiovasculares.....	23
3.2.2 Alteraciones Hormonales.....	23
3.2.3 Alteraciones Respiratorias.....	24
3.2.4 Alteraciones del Sueño.....	24
3.2.5 Efectos sobre la Visión.....	24
3.2.6 Efectos sobre el feto y el recién nacido.....	24
3.3. EFECTOS PSICOLÓGICOS DEL RUIDO AMBIENTAL.....	25
3.3.1. Malestar.....	26
3.3.2. Alteraciones del Aprendizaje.....	26
4. MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL RUIDO ORIGINADO POR EL TRÁFICO.....	27
4.1. INTRODUCCIÓN	27
4.2. MAPAS SONOROS. CLASIFICACIÓN.....	28
4.3. METODOLOGIAS	28
4.3.1 Metodología Estática.....	29
4.3.2 Metodología Dinámica.....	29

4.4. ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA	31
4.5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	32
4.5.1 Mapa De Cuadrículas	32
4.5.2 Mapa De Botones	32
4.5.3 Mapa De Isofónicas.....	33
4.5.4 Mapa Viario.....	33
4.5.5 Mapa En Altura	33
4.6. INSTRUMENTACIÓN Y PROCESO DE MEDIDA.	33
4.6.1. Materiales Utilizados.....	35
5. LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS	38
5.1. NORMATIVA EUROPEA	38
5.1.1. Directiva 2002/49/CE.....	39
5.2. NORMATIVA ESTATAL.....	40
5.3. NORMATIVA DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.....	47
5.3.1. Ley 7/2002.....	48
5.3.2. Decreto 104/2006	51
5.5. NORMATIVA LOCAL: ORDENANZAS MUNICIPALES	57
6. ESTUDIO ACÚSTICO EN ALTEA	58
6.1 INTRODUCCIÓN	58
6.2. ALTEA.....	58
6.2.1 Encuadre geográfico.....	58
6.2.2 Situación de los puntos de medida	59
6.3. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	64
6.3.1 Resultados del análisis in situ.....	64
6.3.2. Resultados del Análisis Predictivo	66
6.3.3.Comparación con el estudio realizado en el año 2001	67
6.4. CONCLUSIONES	68
6.5. MEDIDAS CORRECTORAS.....	69

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica es uno de los factores ambientales que produce efectos negativos sobre la salud física y mental de las personas. Este término está estrechamente relacionado con el ruido debido a que la contaminación acústica se da cuando el ruido es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos.

El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando éste se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. La causa principal de la contaminación acústica es la actividad humana, el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras. Los efectos producidos por el ruido pueden ser fisiológicos, como la pérdida de audición, y psicológicos, como la irritabilidad exagerada. El ruido se mide en decibelios (dB) y los equipos de medida más utilizados son los sonómetros. Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 dB como el límite superior deseable.

En España, se establece como nivel de confort acústico los 55 dBA. Por encima de este nivel, el sonido resulta pernicioso para el descanso y la comunicación.

Según estudios de la Unión Europea (2005): 80 millones de personas están expuestos diariamente a niveles de ruido ambiental superiores a 65 dBA y otros 170 millones, lo están a niveles entre 55- 65 dBA.

La contaminación acústica perturba las distintas actividades comunitarias, interfiriendo la comunicación hablada, base de la convivencia humana, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje, y lo que es más grave, creando estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular.

Las causas fundamentales son, entre otras, el aumento espectacular del parque automovilístico en los últimos años y el hecho particular de que las ciudades no habían sido concebidas para soportar los medios de transporte, con calles angostas y firmes poco adecuados.

Además de estas fuentes de ruido, en nuestras ciudades aparece una gran variedad de otras fuentes sonoras, como son las actividades industriales, las obras públicas, las de construcción, los servicios de limpieza y recogida de basuras, sirenas y alarmas, así como las actividades lúdicas y recreativas, entre otras, que en su conjunto llegan a originar lo que se conoce como contaminación acústica urbana.

1.1. PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS DEL T.F.C.

El presente trabajo de Final de Carrera correspondiente a la titulación de Ingeniería Técnica en Telecomunicación, especialidad Imagen y Sonido, pertenece a la línea de trabajo de Contaminación Acústica.

El objetivo del mismo es estudiar la problemática del ruido de tráfico en el paso de la carretera N-332 por la ciudad de Altea, por lo que se han realizado medidas de ruido al pie de la misma carretera, contando a la vez el número de vehículos (coches, motocicletas y vehículos pesados) para tratar de llegar a una ecuación que modele el nivel del ruido de tráfico correspondiente a la zona objeto de estudio. También se ha hecho un estudio acústico predictivo utilizando el método de predicción con el programa PREDICTOR según la normativa europea.

Las medidas se han realizado en un total de 6 puntos, realizándose un total de 9 medidas por punto, tres por cada franja horaria.

Por otro lado se va a hacer una comparativa entre el presente estudio y otro que fue realizado en el año 2001 en el mismo emplazamiento. Así mismo se analizará las razones de la posible mejora de los resultados obtenidos.

Por último, se adjunta un apartado acerca de la valoración subjetiva que tienen las distintas personas que residen en la zona afectada, obtenida tras el pase de una encuesta. De esta forma podemos ver como varía el grado de molestia subjetiva de la población según vivan en una zona más o menos ruidosa dentro del emplazamiento estudiado.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DEL RUIDO AMBIENTAL.

2.1. CARACTERIZACION DEL RUIDO

2.1.1. Ruidos y Sonidos

El ruido se define como aquel sonido no deseado. Es aquella emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por el oído y provoca una sensación de molestia. Es un caso particular del sonido: se entiende por ruido aquél sonido no deseado.

Un ruido es la sensación auditiva no deseada correspondiente generalmente a una variación aleatoria de la presión a lo largo del tiempo. Es un sonido complejo, y puede ser caracterizado por la frecuencia de los sonidos puros que lo componen y por la amplitud de la presión acústica correspondiente a cada una de esas frecuencias. Si estas últimas son muy numerosas, se caracteriza entonces el ruido por la repartición de la energía sonora en bandas de frecuencias contiguas, definiendo lo que se denomina espectro frecuencial del ruido. El espectro de frecuencias de un ruido varía aleatoriamente a lo largo del tiempo, a diferencia de otros sonidos complejos, como los acordes musicales, que siguen una ley de variación precisa.

Existen multitud de variables que permiten diferenciar unos ruidos de otros: su composición en frecuencias, su intensidad, su variación temporal, su cadencia y ritmo, etc.

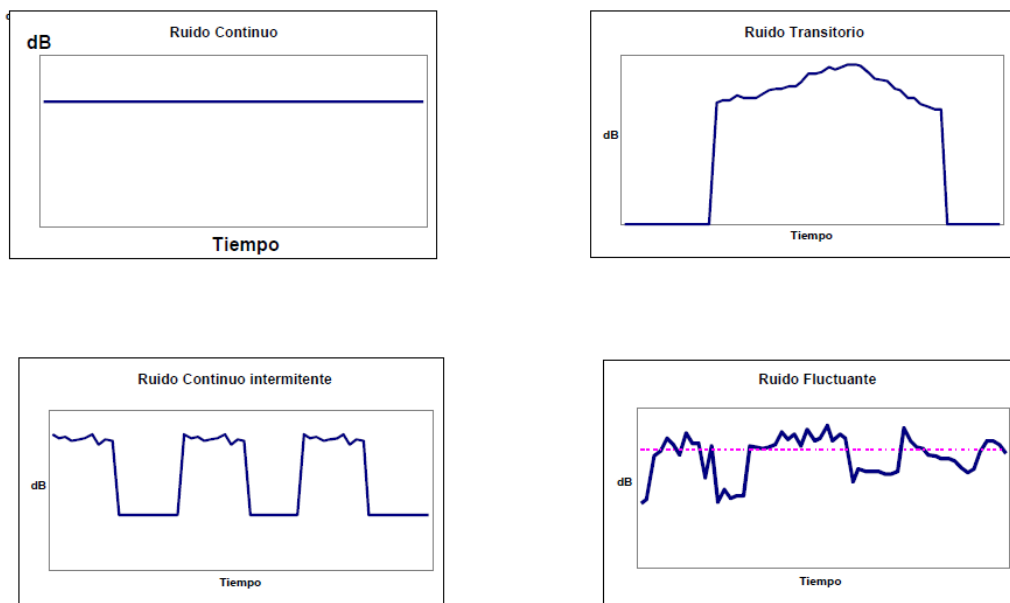


Figura 1. Tipos de ruido

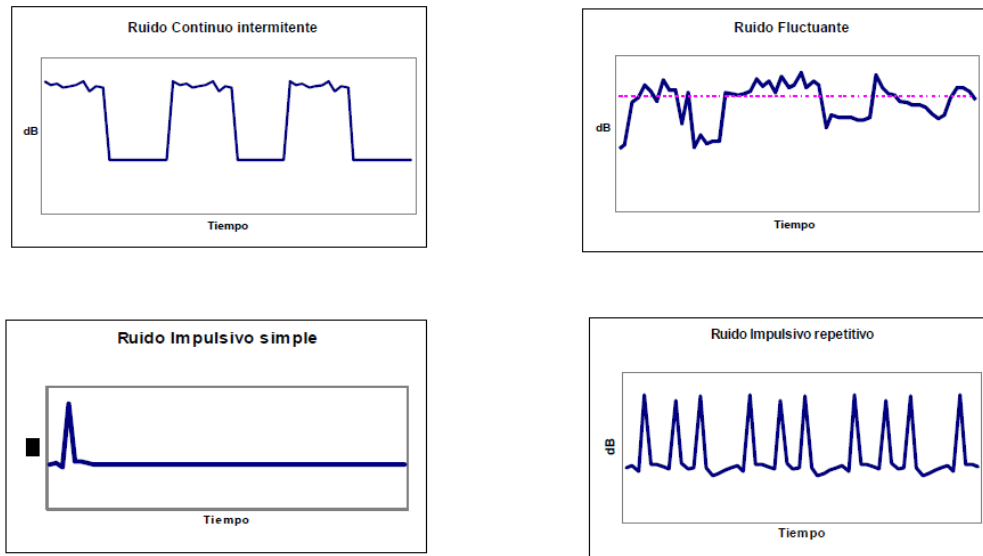


Figura 2. Tipos de ruido

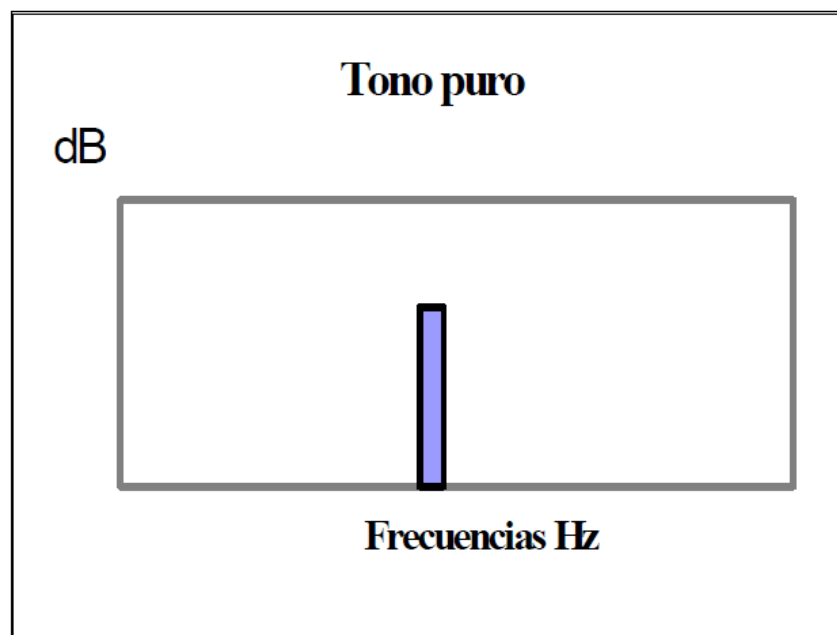


Figura 3. Tono puro (monotonal)

2.1.2 Niveles sonoros. El decibelio

Las presiones acústicas a las cuales es sensible el oído humano varían en un intervalo enorme. Así, el umbral inferior de la audición humana, es decir, la presión acústica mínima que provoca una sensación auditiva, es $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. y el umbral máximo es de alrededor de 20 Pa.

La manipulación de valores que cubren un campo tan extenso no resulta cómoda, por lo que se recurre a la utilización de otra escala, logarítmica, y otra unidad, el decibelio.

Se define el nivel de presión sonora L_p por la expresión:

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

donde p_0 es el valor de referencia de la presión acústica que representa la menor presión acústica audible por un oído humano normal, $2 \cdot 10^{-5} Pa$. y p la presión acústica eficaz. L_p se expresa en decibelios (dB).

El comportamiento del oído humano está más cerca de una función logarítmica que de una lineal. Un oído humano es capaz de percibir y soportar sonidos correspondientes a niveles de presión sonora entre 0 y 120 dB . Este último nivel de ruido marca aproximadamente el denominado “umbral del dolor”. A niveles de ruido superiores pueden producirse daños físicos como rotura del tímpano.

En la siguiente figura, se muestran los límites de audición humana, y dentro de ellos, los márgenes utilizados habitualmente para la música y el lenguaje articulado.

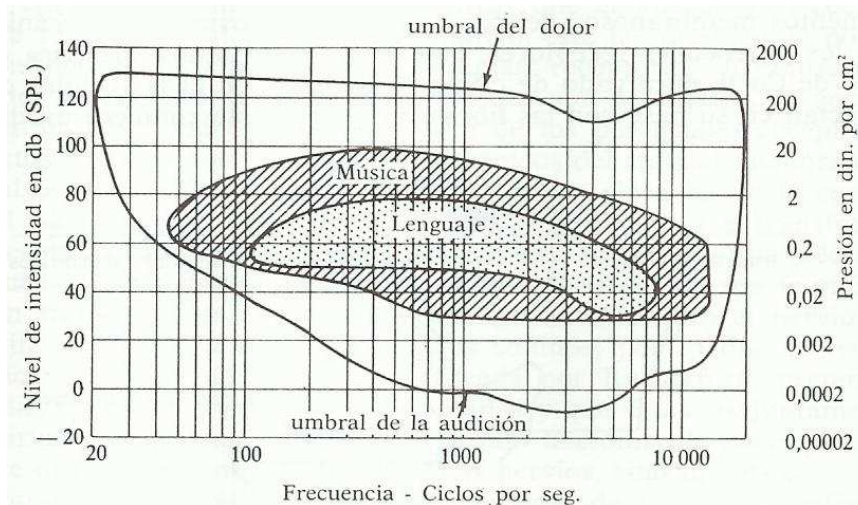


Figura 4. Umbral de dolor

2.1.3 La percepción de los sonidos

La percepción subjetiva del sonido depende de múltiples factores. Así por ejemplo, la intensidad distingue entre sonidos altos y bajos y está relacionada con la intensidad acústica o con la presión acústica eficaz, y el tono, diferencia los sonidos agudos de los graves y está relacionado con la frecuencia del sonido (cuanto más agudo es un sonido mayor es su frecuencia). Otros factores pueden ser el timbre, el ritmo, etc.

Aparecen, pues, dos conceptos esencialmente distintos aunque íntimamente relacionados: por un lado, la onda sonora capaz de producir la sensación de sonido; y

por el otro, la sonoridad o sensación subjetiva producida por ciertas variaciones de presión en el oído.

En general, los sonidos están formados por unión de componentes de distinta frecuencia, dependiendo su sonoridad de las contribuciones relativas de cada componente, es decir de las frecuencias presentes y de las intensidades correspondientes. Físicamente, se representan mediante su espectro de frecuencia.

La sonoridad es una característica subjetiva. Estudios realizados sobre un gran número de oyentes ha permitido tabular un conjunto de curvas de igual sonoridad (curvas isofónicas) que indican, para cada nivel de sonoridad, el nivel sonoro de los distintos tonos puros que producen la misma sensación sonora (se comprueba que la corrección de nivel entre dos frecuencias distintas para que ofrezcan la misma sonoridad depende del valor de la sonoridad).

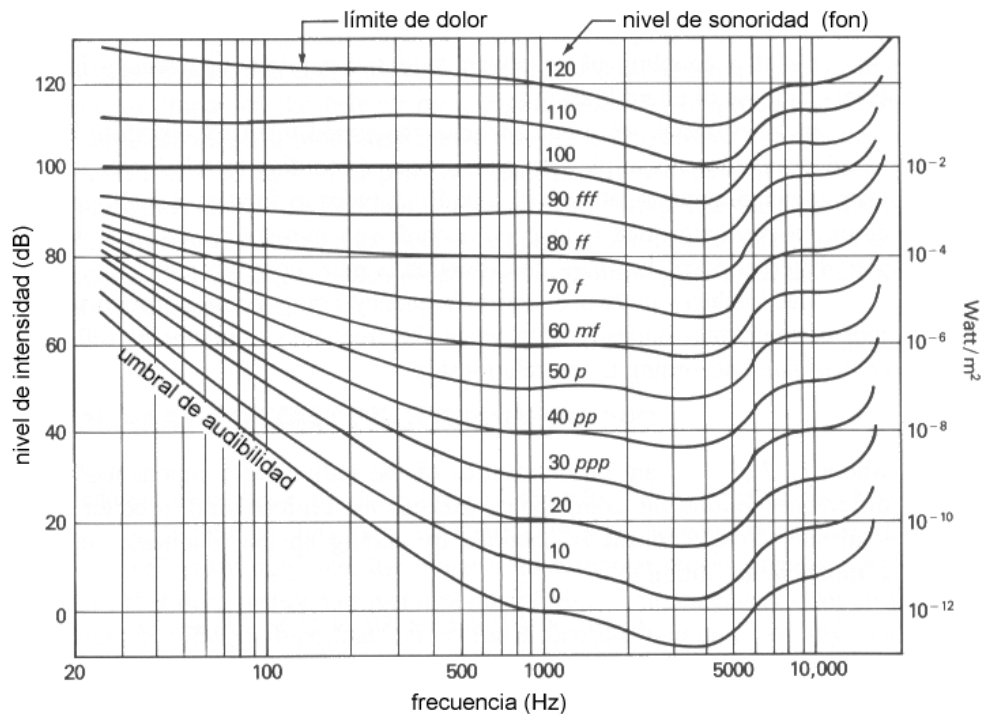


Figura 5. Curvas de Fletcher y Munson

Curvas de ponderación en frecuencia

El oído humano no es sensible de la misma manera a las diferentes frecuencias. Así, para un mismo nivel de presión sonora, un ruido será tanto más molesto cuanto mayor proporción de altas frecuencias contenga. Basándose en las curvas de isofonoría del oído humano se definieron una serie de filtros con la pretensión de ponderar la señal recogida por el micrófono de acuerdo con la sensibilidad del oído, es decir, atenuando las frecuencias bajas, para poder reflejar un nivel sonoro representativo de la sensación de ruido realmente recibida.

Para tener en cuenta esta sensibilidad se introduce en la medida del ruido el concepto de filtros de ponderación. Estos filtros actúan de manera que los niveles de

presión de cada banda de frecuencia son corregidos en función de la frecuencia según unas curvas de ponderación. Con este criterio se han definido varios filtros, siendo los más conocidos:

- **Ponderación A.** Este filtro de ponderación es el más utilizado para la valoración de daños auditivos e inteligibilidad de la palabra. Utilizado inicialmente para analizar sonidos de baja intensidad, hoy en día, es prácticamente la referencia que utilizan las leyes y los reglamentos contra el ruido producido a cualquier nivel. El nivel de presión sonora ponderada A se expresa *dB(A)*.
- **Ponderación B.** Creada para modelar la respuesta en frecuencia del oído humano a intensidades medias. No obstante, en la actualidad es poco utilizado.
- **Ponderación C.** Originariamente se creó para modelar la respuesta al oído ante sonidos de gran intensidad. En la actualidad, a ganado prominencia en la evaluación de ruidos en la comunidad, así como en la evaluación de ruidos de baja frecuencia en la banda de frecuencias audibles.
- **Ponderación D.** Se utiliza en el análisis del ruido provocado por los aviones.

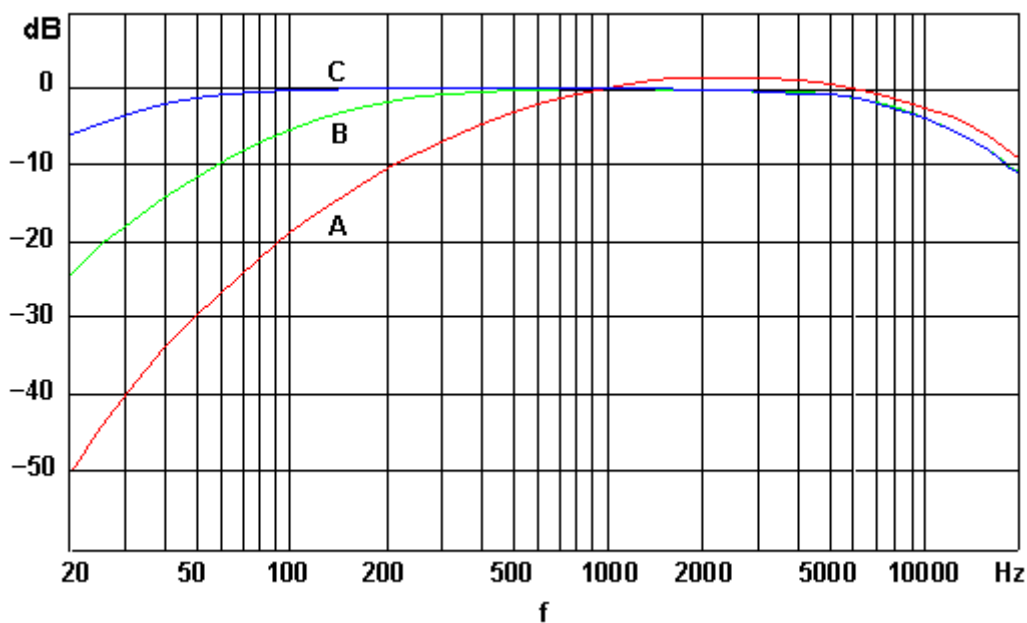


Figura 6. Curvas de ponderación

2.2. INDICES PARA LA EVALUACION DEL RUIDO AMBIENTAL

2.2.1. Las molestias debidas al ruido

El estudio del origen y propagación del sonido permite determinar las características principales del ruido, entendido éste como *un sonido no deseado*. Sin embargo, el carácter de molestia intrínseco a la definición de ruido, añade un componente de carácter no acústico, que necesita de la contribución de la fisiología, la psicología, la sociología y otras disciplinas para ser correctamente interpretado. Desde un punto de vista medioambiental, el estudio y control del ruido tienen sentido en cuanto a su utilidad para alcanzar una determinada protección de la calidad del ambiente sonoro. Los sonidos son analizados para conocer los niveles de inmisión en determinadas áreas y situaciones, y conocer el grado de molestia sobre la población.

Existen situaciones en las que estas molestias son evidentes, ya que la exposición al ruido puede provocar daños físicos evaluables. Sin embargo, en gran parte de los casos, el riesgo para la salud no es tan fácil de cuantificar, interviniendo factores psicológicos y sociales que suelen ser analizados desde un punto de vista estadístico.

El grado de molestia tiene un componente subjetivo que introduce una considerable complejidad en el intento de establecer los criterios de calidad del ambiente sonoro. Conviene recordar aquí que el concepto de subjetividad no está reñido con un análisis científico de los problemas, y existirán indicadores de ruido que estén mejor o peor correlacionados con el grado de molestia.

Para poder abordar el problema del ruido, es necesario, por lo tanto, el establecimiento de un indicador que “explique” adecuadamente este grado de molestia. Entre el gran número de parámetros e índices desarrollados en el campo de la acústica para el estudio de los sonidos es preciso seleccionar *un indicador de molestias* (a ser posible un índice numérico) que sirva de base para la evaluación del impacto y para el establecimiento de valores límite de inmisión que garanticen una determinada calidad del ambiente sonoro. Por otra parte, para ser operativo, este índice debe ser fácil de obtener y de interpretar.

Las molestias debidas al ruido dependen de numerosos factores. El índice que se seleccione debe ser capaz de contemplar las variaciones o diferentes situaciones de los siguientes aspectos, entre otros:

- **La energía sonora:** Las molestias que produce un sonido están directamente relacionadas con la energía del mismo. A más energía (sonido más fuerte) más molestia. El índice básico relacionado con la energía sonora es el *nivel de presión sonora*.
- **Tiempo de exposición:** Para un mismo nivel de ruido, la molestia depende del tiempo al que un determinado sujeto está expuesto a ese ruido. Podemos estar contemplando periodos de segundos, minutos,

horas o incluso una vida laboral entera. En general, un mayor tiempo de exposición supone un mayor grado de molestia.

- **Características del sonido:** Para un mismo nivel de ruido y un mismo tiempo de exposición, la molestia depende de las características del sonido: espectro de frecuencias, ritmo, etc. La música es un sonido que en general resulta agradable
- **El receptor:** No todas las personas consideran el mismo grado de molestia para el mismo ruido. Dependiendo de factores físicos, distintas sensibilidades auditivas, y en mayor medida de factores culturales, lo que para uno son ruidos muy molestos, para otros pueden no serlo. Los factores culturales están relacionados con la experiencia vital del sujeto y sus expectativas. Distintas sociedades reaccionan de manera diferente frente a sonidos más o menos “familiares”. En las culturas occidentales, las mayores diferencias se encuentran entre los habitantes de los pequeños núcleos rurales y los de las grandes ciudades. Dentro de un mismo sector de población, el factor edad parece ser también significativo.
- **La actividad del receptor:** Para un mismo sonido, dependiendo de la actividad del receptor, éste puede ser considerado como un ruido o no. El caso más evidente es el de los periodos de descanso. Un sonido que puede ser considerado como agradable (un concierto de música) se convierte en un ruido molesto si el receptor pretende dormir. Sonidos que durante la actividad laboral pasan desapercibidos, se convierten en ruidos perfectamente reconocibles en periodos de descanso. Algunas actividades o estados requieren ambientes sonoros más silenciosos (lectura, enfermedades, conversaciones, etc.), percibiéndose como ruido cualquier sonido que no esté relacionado con la actividad.
- **Las expectativas y la calidad de vida:** Dentro de este epígrafe se engloban aquellos aspectos subjetivos, difíciles de evaluar, que están relacionados con la calidad de vida de las personas. Para ciertos grupos de personas, las exigencias de calidad ambiental para el tiempo y los espacios dedicados al ocio son muy superiores a las de otras situaciones. El caso más frecuente es el de las viviendas de segunda residencia, en las que los ruidos se perciben en general como mucho más molestos que en la vivienda principal, debido a las expectativas de descanso depositadas en la segunda residencia. También sucede habitualmente que en entornos de una gran calidad ambiental, se aceptan peor los ruidos que en entornos medioambientalmente degradados.

La selección del indicador que se va a utilizar en el estudio se convierte así en una cuestión decisiva, ya que éste tiene por finalidad indicar las molestias que el ruido produce en la población, y dado el carácter subjetivo de las mismas, surgen numerosas discusiones en cuanto a la validez de los indicadores como descriptores de las molestias.

El objetivo de las acciones de los técnicos y responsables del medio ambiente es conseguir que el ruido soportado por la población no sobrepase ciertos niveles admisibles. Estos niveles, como se vio anteriormente, varían según la fuente del ruido, la naturaleza del receptor y la actividad que este desarrolla, y del tiempo de exposición al ruido. La adopción de índices descriptores del ruido que tengan en cuenta todos estos factores no es una cuestión fácil.

Por un lado existen criterios sanitarios que establecen, para la protección del sistema auditivo y salud en general, límites máximos admisibles de ciertos índices que reflejan la exposición de las personas al ruido. *Véase en el punto 5.* Por otro lado, existen criterios de calidad ambiental que establecen, para otro tipo de índices, umbrales en función de las demandas o exigencias de las personas y las colectividades frente al ruido.

Dado el fuerte componente subjetivo de la respuesta individual de las personas y la creciente preocupación medioambiental de las sociedades desarrolladas, en la que, por otra parte, influyen notablemente los niveles cultural y económico, los estudios y encuestas psico-sociológicas resultan imprescindibles para establecer qué indicadores de ruido son los mejor relacionados con las molestias percibidas.

Tras muchos años de investigación no se ha conseguido aún una unanimidad de criterios en cuanto a la validez de los indicadores utilizados hasta la actualidad, y la cuestión está sujeta a un continuo debate y revisión. Desde el punto de vista de la gestión del medio ambiente sonoro representa un grave inconveniente, ya que induce frecuentemente a grandes errores a la hora de evaluar la calidad del medio ambiente sonoro.

2.2. 2 Índices Energéticos

El ruido es, en general, un fenómeno fluctuante a lo largo del tiempo, que para expresar de forma completa la percepción del ruido, será necesario tener en cuenta, además de la intensidad, la duración del mismo. La pérdida de audición, por ejemplo, está relacionada con la intensidad, la frecuencia y la duración del sonido

Los índices básicos se suelen utilizar para evaluar las molestias del ruido ambiental. Los principales parámetros son el Nivel continuo equivalente (L_{eq}) y el Nivel de exposición sonora (SEL). Ambos se expresan en dB_A , es decir, decibelios ponderados en A , visto en el apartado anterior.

- Nivel de presión sonora (nivel sonoro). L , SPL

El nivel Continuo Equivalente, expresa la media energética sonora percibida por un individuo en un intervalo de tiempo. El nivel de presión sonora equivalente tiene que ir siempre acompañado de la indicación del periodo de tiempo al que se refiere, se

expresa en $L_{eq}(T)$ o $L_{Aeq,T}$ que indica que se utiliza la *ponderación A*, y su fórmula matemática es:

$$L_{A,eq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2}{P_0^2} dt \right)$$

donde

T es el tiempo que dura la medida.

P es la presión sonora instantánea en Pa.

P₀ es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa).

En la práctica, para calcular el L_{eq} se realiza la suma de n niveles de presión sonora L_i emitidos en los intervalos de tiempo t_i , i la expresión adopta la siguiente forma discreta:

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

donde

N es el número de muestras y se calcula mediante: $N = \frac{t_1 - t_2}{\Delta t}$.

T es la suma de los porcentajes de tiempo en que se realizan las muestras y se calcula mediante: $T = \sum_{i=1}^N t_i$.

Para evitar la imprecisión que produce la falta de uniformidad del ruido producido por el tráfico rodado, se utiliza el nivel sonoro equivalente del ruido y los percentiles o niveles estadísticos, de ésta forma optemos en una sola magnitud los distintos niveles que se producen a lo largo de un determinado periodo de tiempo.

Para medir el L_{eq} del tráfico rodado, se habrá de contar el número de vehículos que pasen durante un tiempo de medida, en nuestro caso 10 minutos. A demás se distinguirán entre vehículos pesados y ligeros y se anotará la velocidad media y el tipo de pavimento.

- **Nivel de exposición sonora (SEL)**

Se define como el nivel de presión sonora de un ruido continuo que tiene la misma energía en un segundo que la del ruido real durante el intervalo de tiempo T. Se utiliza para clasificar y comparar sucesos de ruido de diferente duración.

$$SEL = 10 \log \left(\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right) = 10 \log \left(\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right)$$

donde

T_0 es la duración de referencia (1 segundo).

P_0 es la presión de referencia

$P_A(t)$ es la presión sonora instantánea

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

$$SEL = L_{eq}(t) + \log \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

En la siguiente figura, se muestra la representación del L_{eq} , SEL y el Nivel de Presión Sonora (SPL), donde podemos observar 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 (SEL).

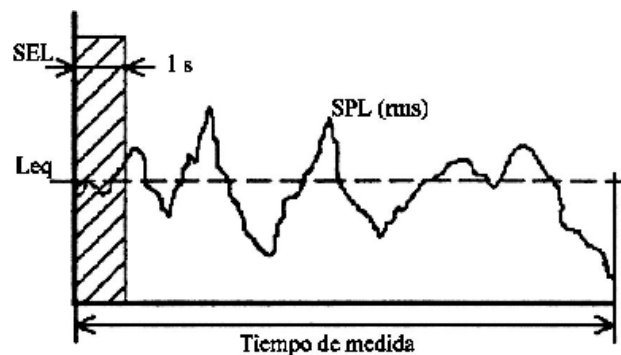


Figura 7: Representación del L_{eq} , SEL i SPL.

2.2.3 Índices Estadísticos. Niveles Percentiles. LN

La variación del nivel de presión sonora en un período de tiempo dado puede registrarse, y descomponer el período de medida en intervalos constantes para cada uno de los cuales se obtienen sus correspondientes niveles de presión sonora. Si el período es lo suficientemente largo, para ciertas fuentes de ruido, la repartición de los niveles sigue una ley normal.

Se definen los siguientes valores:

Nivel L_1 : nivel alcanzado o sobrepasado durante el 1% del tiempo en el período considerado. (Es un valor muy cercano al ruido máximo).

Nivel L_{10} : nivel alcanzado o sobrepasado durante el 10% del tiempo.

Nivel L_{50} : nivel que se sobrepasa el 50% del tiempo de medición. Es la mediana estadística. (Representa el ruido medio)

Nivel L_{90} : nivel alcanzado o sobrepasado durante el 90% del tiempo. (A veces suele tomarse este valor como el ruido de fondo)

Nivel L_N : nivel alcanzado o sobrepasado durante el N% del tiempo

Estos índices estadísticos, muy utilizados hasta hace cierto tiempo y empleados todavía en algunos países, presentan, sin embargo, algunos inconvenientes de importancia para su aplicación al ruido originado por el transporte,

- En la práctica es necesario disponer de un número de muestras importante. En el caso del tráfico de carreteras se precisan intensidades superiores a 500 v/h para que sean significativos. En el caso del tráfico ferroviario, en general, no son representativos.
- No informan más que de la probabilidad de alcanzar o sobrepasar un determinado nivel, en un lugar concreto, durante un N% del tiempo, y no responden a una formulación matemática precisa.

2.2.4 El L_{Aeq} Como indicador de ruido ambiental

El nivel de presión sonora equivalente $L_{Aeq}(T)$ es un índice relativamente complejo que plantea algunos problemas de comprensión por parte del público general. No corresponde, tal y como se cree a menudo, a una simple media aritmética de los niveles sonoros instantáneos. El $L_{Aeq}(T)$ realiza la suma de la energía acústica recibida durante el intervalo de tiempo. Es frecuente comprobar cómo se habla de niveles de ruido sin indicar si se trata de niveles máximos o equivalentes y sin especificar el

período de tiempo a que está referido, lo que resulta no solamente incorrecto, sino que puede inducir a graves errores a la hora de comparar situaciones o sucesos sonoros diferentes.

Por ejemplo, supongamos que cuando un vehículo ligero pasa por la calle de un centro urbano, el L_{max} alcanzado al paso del vehículo durante un segundo a una cierta distancia del mismo es de 80 dBA . Si no existe ningún otro ruido durante una hora en esa calle, el L_{Aeq} (1 hora) será de aproximadamente 45 dBA . Si en vez de pasar una sola vez durante la hora de estudio, el vehículo pasara dos veces, el L_{max} alcanzado seguiría siendo 80 dBA , mientras que el L_{Aeq} (1 hora) será 48 dBA . Si fueran 10 veces las que pasara el vehículo el L_{max} continuaría siendo 80 dBA , y el L_{Aeq} habría aumentado hasta 55 dBA . Como se puede apreciar en este ejemplo el L_{max} no tiene en cuenta ni el número de veces en que el ruido alcanza ese valor ni el tiempo durante el cual ese valor es alcanzado. Por contra, el L_{Aeq} tiene en cuenta el conjunto de los ruidos soportados durante un cierto período de tiempo, y además tiene en cuenta a la vez el nivel de ruido y duración.

Las encuestas y estudio psico-sociológicos realizadas en los países de la C.E.E. han permitido establecer las reacciones de la población frente al ruido y cuantificar las molestias soportadas.

En España no se dispone en la actualidad de un estudio fiable en este campo. Como resultado de estos estudios aparece que entre los indicadores más utilizados, el L_{Aeq} extendido a períodos largos de tiempo es el indicador más pertinente y el mejor correlacionado con las respuestas de la población al ruido originado por el tráfico de carretera. El L_{Aeq} permite evaluar bien la molestia de la población en general, pero sin embargo no explica bien las grandes variaciones existentes en las respuestas individuales. Estas molestias individuales están ligadas a factores sociales y culturales difíciles de evaluar. Se relacionan con fenómenos como la valoración individual del descanso, el rechazo a ciertos tipos de ruido, las expectativas de calidad de vida, etc. Estas circunstancias no invalidan la utilización del L_{Aeq} como indicador universal de ruido, pero si ponen de manifiesto la necesidad en algunos casos de completar la evaluación con otro tipo de índices sectoriales.

Hasta la actualidad, el indicador comúnmente utilizado en España es el nivel sonoro continuo equivalente L_{Aeq} referido a un periodo diurno y a un periodo nocturno. La determinación de los periodos nocturnos varía según los municipios y el sector regulado. En cuanto a los límites máximos que se determinan para cada indicador, existe un denominador común en casi todos los casos, consistente en establecer distintos criterios en función de los usos del suelo. De un modo general se establecen límites más restrictivos para usos docentes y hospitalarios, que para uso residencial en general.

Existen límites más altos para uso industrial que para uso residencial, y así sucesivamente.

A pesar de las limitaciones, citadas anteriormente, que poseen los índices expresados en niveles continuos equivalentes, la mayoría de las administraciones europeas tienden a utilizar el L_{Aeq} (o índices derivados de éste) como indicadores universales, debido fundamentalmente a las siguientes ventajas que ofrecen:

1. Es un índice relativamente sencillo de comprender, en comparación con otros índices.
2. Es un índice que mide un concepto acústico muy claro: la energía media durante un determinado periodo de tiempo
3. Es un índice que permite establecer comparaciones y agregar niveles procedentes de diversas fuentes
4. Es el índice más utilizado en las evaluaciones de impacto ambiental
5. Las directivas europeas y las normas CEN utilizan el L_{Aeq}
6. Es un índice que permite considerar diferentes periodos de tiempo para la evaluación del impacto
7. Es un índice que permite comparar los niveles originados por una determinada fuente con los niveles de fondo ambientales existentes en una determinada zona
8. Es un índice que se puede obtener directamente de los instrumentos de medida.

Estas son fundamentalmente las razones que han llevado a la adopción del L_{Aeq} como indicador del ruido general en las legislaciones nacionales de algunos países con gran desarrollo en materia de lucha contra el ruido.

2.2.5 La Distribución Temporal: los períodos día, noche y tarde-noche. El L_{den}

El L_{den} es un parámetro que distribuye temporalmente el ruido en períodos de día, noche y tarde-noche.

La evaluación de la calidad del medio ambiente sonoro está determinada entre otros factores por la actividad, e incluso por la actitud, de los receptores del ruido. Un ruido soportable e unas determinadas circunstancias, no lo es en otras, lo que significa que un indicador de carácter general (por ejemplo el L_{Aeq} diario) difícilmente puede explicar todas las situaciones.

En general en una sociedad urbanizada las actividades humanas están ligadas al espacio y al tiempo. Por lo que se refiere al espacio, las acciones de control del ruido se pueden realizar mediante el establecimiento de distintos límites admisibles del valor del L_{Aeq} según los usos del suelo (residencial, industrial, hospitalario, ocio, etc.). Sin

embargo, por lo que se refiere a la distribución temporal del ruido (conviene recordar que el L_{Aeq} se refiere a un determinado período de tiempo), los estudios realizados han demostrado que las reacciones de la población son muy diferentes según el período del día. En general, el ruido es más tolerado durante el período de actividad diurna, menos en los períodos de descanso de tarde-noche, y mucho menos en el período nocturno. Para poder tener en cuenta estas variaciones se utilizan, en vez de un único indicador, varios indicadores, y se establecen límites admisibles para cada uno ellos. La mayoría de las reglamentaciones de los países de nuestro entorno utilizan dos índices: el L_{Aeq} (día) y el L_{Aeq} (noche).

El primer problema que se plantea es decidir cuál es el período de noche y cuál es el período de día. En el cuadro siguiente observamos como existe una gran diferencia entre los intervalos de tiempo de referencia utilizados en los países de nuestro entorno en sus normativas de protección del medio ambiente sonoro (en exteriores).

A pesar de la falta de estudios en profundidad, en los países del sur de Europa el período de tarde-noche es un período de actividad de características distintas a los del norte y centro de Europa, y en todos los casos se trata de un período crítico, en el que las quejas de la población son muy numerosas. España en concreto representa un caso especial debido a la diferencia de duración de actividad de este período.

A diferencia de los países del norte, la actividad en la calle se prolonga hasta bien entrada la noche, lo que unido a costumbres derivadas de condicionantes climatológicos (ventanas de los edificios abiertas) hace que los períodos de tiempo establecidos en otros países no sean adecuados para el nuestro. Para poder tener en cuenta estas diferentes exigencias de calidad ambiental sonora en función de los diferentes periodos de actividad se pueden utilizar índices integrados sobre 24 horas.

-Nivel sonoro día-tarde-noche (L_{den})

El indicador L_{den} , propuesto por la Unión Europea, es el nivel equivalente día-tarde-noche en decibelios A, y se calcula según la siguiente fórmula:

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

L_d = nivel sonoro medio a largo plazo ponderado a definitivo en la norma ISO 1996 2: 1987, determinado a lo largo de todos los periodos diurnos del año.

L_e = nivel sonoro medio a largo plazo ponderado a definitivo en la norma ISO 1996 2: 1987, determinado a lo largo de todos los periodos vespertinos del año.

L_n = nivel sonoro medio a largo plazo ponderado a definitivo en la norma ISO 1996 2: 1987, determinado a lo largo de todos los periodos nocturnos de un año.

En principio, el día dura 12 horas, la tarde 4 horas y la noche, 8 horas. Siguiendo las recomendaciones de la normativa común europea, los periodos de tiempo básicos para la evaluación y control del ruido ambiental los periodos de referencia son: diurno desde las 7h a las 19 h., tarde desde las 17h a las 23 h. y nocturno desde las 23h a las 7 h, aunque una gran parte de las ordenanzas municipales en vigor y normativas autonómicas consideran como periodo diurno desde las 8 h a las 22 h y nocturno de las 22 h a las 8 h.

3. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD.

El ruido es un contaminante atmosférico que se establece, tanto en sociedades industrializadas como en vías de desarrollo, pero fundamentalmente en los centros urbanos densamente poblados. Existen variaciones de la sensibilidad, al igual que la aceptación del ruido, según sujetos y diferencias de culturas (no experimenta de igual forma el ruido un inglés que un español, ni siquiera dos españoles). Sin embargo, los efectos nocivos del ruido no respetan patrones culturales.

Los efectos del ruido sobre la salud, son numerosos e importantes.

3.1 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA AUDICIÓN.

3.1.1 Fisiología de la Audición

Nuestro aparato auditivo consta de tres partes diferenciadas:

-El ***oído externo*** (el pabellón auricular u oreja), que funciona a modo de antena receptora.

-El ***oído medio***, con el tímpano y la cadena de huesecillos, que funciona a modo de amplificador. Aquí existen unos pequeños músculos que en situaciones de ruido intenso se contraen dando rigidez a la cadena de huesecillos; esto provoca una mayor dificultad en el paso del sonido desde el oído externo al interno. Es un mecanismo de protección que desgraciadamente no funciona igual de bien en todas las personas.

-El ***oído interno***, es sin duda la parte más delicada. Está formado por varias estructuras, siendo la más importante la cóclea o caracol. Su lesión es la responsable de la pérdida de audición vinculada al ruido. Básicamente es una lámina de células altamente especializadas que está enrollada sobre si misma a modo de caracol. Las células localizadas en un punto determinado de dicha lámina solo son capaces de responder a una frecuencia determinada (a modo de diapasón), las de otra región a otra frecuencia y así sucesivamente hasta abarcar todo el espectro auditivo. Los diferentes estímulos son conducidos a la corteza cerebral donde se procesan para constituir nuestra "experiencia auditiva".

Pero los nervios que salen del oído no sólo van a llegar a la llamada "corteza auditiva", también van a conectar con otros centros muy importantes como son el hipotálamo, que es el centro coordinador de nuestro sistema vegetativo y de respuesta neuroendocrina, o el sistema reticular ascendente, que controla en gran medida los sistemas de alerta y del sueño. Podemos, pues, ir deduciendo ya algunos de los posibles efectos del ruido tanto sobre la audición como sobre otras áreas de nuestro organismo.

3.1.2 Pérdidas de la Audición

Es sin duda el efecto mejor conocido y más documentado. Según la intensidad y duración del ruido podremos encontrar:

-Trauma acústico: se produce con ruidos breves y de gran intensidad (una explosión) y ocasiona una pérdida auditiva permanente en todas las frecuencias. Son ruidos que alcanzan y superan los *140 dBA*.

-Elevación temporal y/o permanente del umbral auditivo: se produce con exposición a ruidos de intensidad moderada o alta y durante tiempos más o menos largos. Son las alteraciones más frecuentes.

La deficiencia auditiva se define como un incremento en el umbral de audición que puede estar acompañada de zumbido de oídos. La deficiencia auditiva causada por ruido se produce predominantemente en una banda de frecuencia de *3000 a 6000 Hz*; el efecto más grande ocurre a *4000 Hz*. Pero si el $L_{Aeq,8h}$ y el tiempo de exposición aumentan, la deficiencia auditiva puede ocurrir inclusive en frecuencias tan bajas como de *2000 Hz*.

Lo primero a dejar claro es que es la intensidad del ruido y no su origen lo que provoca el daño (es igual de peligroso *100 dBA* de un motor de avión que *100 dBA* de una sinfonía de Mozart). Lo segundo es que no hay unos límites claros de peligrosidad. Parece admitido que por debajo de *75 dBA*, el riesgo de pérdida auditiva es mínimo (un paseo por una calle con tráfico lo supera ampliamente).

La principal consecuencia social de la deficiencia auditiva es la incapacidad para escuchar lo que se habla en la conversación cotidiana. Esto se considera una limitación social grave, incluso los valores mínimos de deficiencia auditiva (*10dB* en una frecuencia de *2000 y 4000 Hz* y en ambos oídos) pueden perjudicar la comprensión del habla.

El ruido interfiere en la comunicación oral. La mayor parte de energía acústica del habla está en la banda de frecuencia de *100 a 6000 Hz* y la señal más constante es de *300 a 3000Hz*. La interferencia en el habla es básicamente un proceso de enmascaramiento, en el cual el ruido simultáneo impide la comprensión. El ruido ambiental también puede enmascarar otras señales acústicas importantes para la vida cotidiana, tales como el timbre de la puerta o del teléfono, la alarma de los relojes despertadores o contra incendios, otras señales de advertencia y la música.

La dificultad para entender la conversación cotidiana está influenciada por el nivel del habla, la pronunciación, la distancia entre el hablante y el oyente, las características del ruido circundante, la agudeza auditiva y el nivel de atención. La incapacidad para comprender el habla genera problemas personales y cambios en la conducta. Los grupos particularmente vulnerables a las interferencias auditivas son los ancianos, los niños que están en el proceso de adquisición de la lengua y de la lectura y los individuos no familiarizados con el lenguaje que están escuchando.

En el nivel mundial, la deficiencia auditiva es el riesgo ocupacional irreversible más frecuente y se calcula que *120 millones* de personas tienen problemas auditivos. En países en desarrollo, no sólo el ruido ocupacional sino también el ruido ambiental es un factor de riesgo para la creciente deficiencia auditiva. El daño en la audición también se puede deber a ciertas enfermedades, algunos productos químicos industriales, medicamentos ototóxicos, golpes en la cabeza, accidentes y factores hereditarios. El deterioro de la audición también se asocia al proceso de envejecimiento (presbiacusia).

La propensión a la deficiencia se da por igual en hombres y mujeres. El límite permisible de ruido para adultos expuestos al ruido ocupacional es de *140 dB* y se estima que el mismo límite se aplica al ruido ambiental y de áreas recreativas. Sin embargo, en el caso de niños que usan juguetes ruidosos, la presión sonora máxima nunca debiera exceder de *120 dB*. Para el ruido de disparos con niveles de *LAeq,24h* por encima de *80 dBA*, puede haber un mayor riesgo de deficiencia auditiva.

Existen además condicionantes externos que pueden agravar los efectos del ruido sobre la audición:

- a) La existencia de factores añadidos capaces de agravar o aumentar el riesgo de pérdida auditiva. Son por ejemplo la hipertensión arterial, la dieta rica en grasas, el monóxido de carbono que producen los coches o el uso de determinados fármacos con capacidad dañina para el oído. Como ven, factores y sustancias fáciles de encontrar en nuestro medio.
- b) El otro punto son los casos cada vez más numerosos de pérdidas auditivas en niños, adolescentes y adultos jóvenes por la introducción de aparatos electrodomésticos, de juguetes o de modas como los reproductores de música portátiles (mp3 y demás), que pueden alcanzar intensidades sonoras muy altas.

En cuanto a la clasificación de las pérdidas auditivas conviene señalar que existen diferentes clasificaciones.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL SALUD (OMS)	PÉRDIDA MEDIA (dB)
Deficiencia auditiva ligera	26-40
Deficiencia auditiva moderada	41-55
Deficiencia auditiva moderadamente grave	56-70
Deficiencia auditiva grave	71-90
Deficiencia auditiva profunda	Más de 91
Pérdida total de audición	

Figura 8. Pérdidas de Audición

3.2 EFECTOS DEL RUIDO AMBIENTAL SOBRE EL ORGANISMO.

El organismo reacciona de una manera defensiva frente al ruido. Las interconexiones sinápticas de las vías auditivas en el sistema reticular ascendente y en el hipotálamo son la base de uno de nuestros sistemas más básicos de alerta ante el peligro: el ruido. Y la reacción del organismo ante una situación de peligro es poner en marcha toda una cadena de procesos hormonales y fisiológicos que nos preparan para la huida o la lucha. Las reacciones que se producen son en principio normales, pero se pueden volver crónicas y convierten en patológicas tras exposiciones suficientemente prolongadas al ruido. Es lo que conocemos por estrés. Aunque existe una adaptación a los niveles sonoros que pueden crear malestar o motivar alerta, la estimulación constante subconsciente del centro cerebral de la alerta mantiene y convierte en habitual esta respuesta de estrés anómala.

3.2.1 Alteraciones Cardiovasculares.

La estimulación con ruido produce, tanto en animales como en humanos, elevaciones transitorias de la tensión arterial. Con exposiciones continuas a ruidos estas elevaciones se hacen permanentes, siendo un agente a tener en cuenta en la génesis de la presión arterial. Es, pues, un factor más de riesgo cardiovascular; de hecho se calcula que una persona expuesta a ambientes ruidosos debe ser considerada como 10 años mayor de su edad cronológica a efectos de riesgo de enfermedad coronaria. Aunque el último informe de la OMS no detecta un significativo aumento del riesgo de infarto, sí demuestra un aumento de los síntomas cardiovasculares (angina, dolores precordiales, disnea,...) que pueden ser causa de incremento en la utilización de los servicios de Urgencias de los Hospitales. En este sentido, un estudio ha demostrado una mayor utilización de los servicios de urgencias hospitalarios con el incremento de los niveles de ruido ambiental.

3.2.2 Alteraciones Hormonales.

A partir de niveles de ruido de *60 dB* (una conversación durante la comida) ya se observan alteraciones en los niveles de algunas hormonas. Lo primero es un aumento de adrenalina y noradrenalina que está en relación directa con el nivel de ruido (estas dos sustancias son potentes vasoconstrictores y responsables en parte de la HTA secundaria al ruido). También se aprecian aumentos de otras hormonas producidas o estimuladas por la hipófisis como son la ACTH y el cortisol, que suelen elevarse como respuesta a situaciones de estrés. Especial mención merece el campo de la inmunomodulación y su interrelación con el sistema vegetativo; cada vez son mayores las evidencias de que el estrés condiciona una disminución de las defensas inmunológicas facilitando la aparición de procesos infecciosos, sobre todo víricos. La posibilidad de un incremento en la incidencia de cáncer se está investigando, sin que por el momento se hayan encontrado evidencias claras en este sentido.

3.2.3 Alteraciones Respiratorias.

Tanto el informe de la OMS sobre el ruido (2004) como diferentes trabajos científicos, incluido el de Tobías et al. (2002) y el de C. Linares (2006) en Madrid, demuestran un aumento en la incidencia de procesos respiratorios y de sobrecarga de las urgencias hospitalarias que no puede justificarse únicamente por el incremento de los gases contaminantes de las ciudades. En concreto hay una correlación muy positiva con los episodios de bronquitis que sugieren un efecto del ruido sobre los mecanismos de inmunorregulación ya que, además, se aprecia un incremento de los procesos alérgicos en áreas de exposición aumentada al ruido.

3.2.4 Alteraciones del Sueño.

El ruido ambiental produce trastornos del sueño importantes. Puede causar efectos primarios durante el sueño y efectos secundarios que se pueden observar al día siguiente. Para que nuestro organismo funcione correctamente, a nivel fisiológico y mental, el sueño debe ser totalmente ininterrumpido. Los efectos primarios del trastorno del sueño son la dificultad para conciliar el sueño, interrupción del sueño, cambios en la presión arterial y en la frecuencia cardíaca, incremento del pulso, variación en la respiración, arritmia cardíaca e incluso los movimientos inconscientes del cuerpo.

La probabilidad de ser despertado aumenta con el número de eventos de ruido por noche, por lo que aparecerán efectos secundarios al levantarnos como disminución del rendimiento intelectual, una disminución del nivel de atención, cansancio, irritabilidad, aumento de la agresividad y, con el tiempo, alteraciones crónicas del sueño que se mantienen pese a cambiar a un ambiente no ruidoso.

Existe, además, un síndrome crónico caracterizado por dolores musculares, fatiga generalizada, abatimiento y alteraciones del sueño que finalmente pueden desencadenar una depresión.

Se debe saber que, para poder descansar debidamente, el nivel de sonido equivalente de ruido de fondo no debe exceder de 30 dBA.

3.2.5 Efectos sobre la Visión.

En personas expuestas a niveles sobre los 110 dB se observa un estrechamiento del campo visual y una modificación en la percepción del color, existiendo un déficit aproximado del 10% en la tonalidad roja. Además se presentan problemas y molestias para la visión nocturna, afecta a los músculos ciliares disminuyendo la movilidad en ciertos ángulos.

3.2.6 Efectos sobre el feto y el recién nacido.

La exposición del feto y recién nacido al ruido ocurre durante el desarrollo y la maduración normales del sentido de la audición.

Al estar en el vientre materno el niño en desarrollo responde a sonidos en el ambiente de la madre. Particularmente sonidos fuertes, que se ha demostrado, estimulan al feto directamente causando cambios en el ritmo cardiaco. Investigaciones relacionadas demuestran que durante los últimos meses de embarazo el feto puede responder al ruido con movimiento corporal como patadas.

Dado que el feto no está protegido de ruido ambiental tampoco está protegido de las respuestas que la madre da al estrés, incluso si este estrés está relacionado al ruido u otros factores. Cuando su cuerpo reacciona al ruido los cambios que ocurren en su cuerpo se transmiten al feto. Se sabe que el feto es capaz de responder a algunos cambios en el cuerpo materno que ocurren por emociones, ruido u otras formas de estrés.

En contraste con el riesgo directo, riesgo indirecto puede amenazar el desarrollo fetal si ocurre en los primeros meses de embarazo. El periodo más importante es entre 14 y 60 días después de la concepción. Durante este tiempo desarrollos importantes ocurren en el sistema nervioso central y otros órganos vitales. Desafortunadamente las mujeres no saben que están embarazadas durante este periodo y no toman las precauciones adecuadas.

Otros estudios demuestran que el estrés causa constricción de las arterias uterinas que proporcionan nutrientes y oxígeno al feto. Enlaces adicionales entre el ruido y defectos de nacimiento se notan en un estudio preliminar reciente en la gente viviendo cerca de aeropuertos. Las anomalías sugeridas incluyen labio leporino, paladar leporino y defectos en la espina dorsal.

Se ha observado que las madres embarazadas que han estado desde comienzos de su embarazo en zonas muy ruidosas, tienen niños que no sufren alteraciones, pero si la exposición ocurre después de los 5 meses de gestación, después del parto los niños no soportan el ruido, lloran cuando lo sienten, y al nacer tienen un tamaño inferior al normal.

En resumen, esta información muestra la posibilidad de que hay serios efectos en el desarrollo y crecimiento del feto debido al ruido. Aunque no se puede determinar hasta que punto la exposición a ruidos ambientales e industriales son peligrosos para el feto, estas investigaciones son causa de preocupación. Se sabe que el estrés extremo tiene un papel muy importante en el desarrollo fetal, en el caso del ruido no se sabe que tanto es necesario para que tenga efecto. Cualquiera que sea el resultado se sabe que el riesgo en sí de tener un defecto de nacimiento, aunque muy ligero, es desconcertante.

3.3. EFECTOS PSICOLÓGICOS DEL RUIDO AMBIENTAL.

No todas las personas reaccionan igual frente al ruido, ni todos los ruidos se perciben igual. En general es mayor el malestar y la aversión, a igualdad de decibelios, hacia aquellos ruidos originados por fuentes que consideramos que no cumplen una función social, o que podrían evitarse, o cuando las autoridades no muestran interés o

preocupación por su disminución o eliminación (como es el caso de la proliferación de bares y pubs en nuestros barrios). El poder tener acceso o control sobre la fuente emisora es otro factor importante: pocas cosas crean más malestar y estrés como el no poder apagar o modificar una fuente sonora no deseada. También el tipo de tarea que se realiza, la concentración o el esfuerzo que ésta requiere, influye en la valoración del ruido. Finalmente la personalidad, el estado psíquico y la sensibilidad individual modificarán la valoración que se haga de un ruido o un ambiente ruidoso determinado.

3.3.1. Malestar.

El malestar entendido como un “sentimiento de desagrado o rechazo experimentado por un individuo o un grupo como consecuencia de la acción de un agente externo no deseado”, es probablemente el efecto adverso más frecuentemente asociado a la exposición al ruido.

Las posibles reacciones ante el ruido incluyen: inquietud, inseguridad, impotencia, agresividad, desinterés, abulia o falta de iniciativa, siendo variables en su número e intensidad según el tipo de personalidad. Tampoco es raro que aparezcan problemas en las relaciones interpersonales e intrafamiliares. En este sentido se puede esperar que las personas modifiquen su conducta y sus hábitos para defenderse del ruido, en un intento de conseguir su bienestar físico y psíquico, esto es, evitando zonas especialmente ruidosas, poniendo ventanas o cristales dobles, cambio del dormitorio hacia el interior, cambio de domicilio, o recurriendo a fármacos hipnóticos y antidepresivos.

El malestar producido por el ruido es difícil de estudiar de forma objetiva por cuanto la sensibilidad al ruido no se manifiesta por igual en todos los sujetos, pero se traduce en cambios fisiológicos y de comportamiento reales que repercuten negativamente en la calidad de vida de estas personas.

De hecho el ruido se muestra como un factor de estrés que afecta al control emocional y al desarrollo de las diferentes tareas cotidianas. Las personas introvertidas y las mujeres se muestran, en general, más sensibles.

3.3.2. Alteraciones del Aprendizaje.

Los distintos estudios realizados que evalúan la interferencia del ruido sobre las tareas de aprendizaje, y que incluyen los diferentes tipos de memoria o la atención, muestran resultados variables según el autor y la metodología empleada. El ruido posee propiedades estimulantes a la vez que trastorna los procesos cognitivos.

Los niños son la población de mayor riesgo para este efecto nocivo. En líneas generales podemos decir que: el rendimiento en los tests que ponen a prueba la memoria a corto plazo y secuencial se ve disminuido en presencia de ruido. Esta disminución del rendimiento será tanto mayor cuanto más tiempo se haya tenido al sujeto expuesto al ruido. Además, se observa la prolongación de los malos resultados una vez suprimido el

ruido. El tipo de sonido, ya sea continuo o intermitente, muestra escasa influencia en estos resultados.

La comprensión en la lectura disminuye en presencia de ruido; como resultado de la presencia de ruido, nos vamos a centrar sobre lo más prioritario de una tarea, aunque nuestro rendimiento global va a disminuir en comparación con un ambiente silencioso.

Experimentos realizados en estudiantes de colegios situados en lugares ruidosos y con un insuficiente aislamiento, demuestran unas evaluaciones inferiores a las de sus compañeros situados en lugares tranquilos.

4. MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL RUIDO ORIGINADO POR EL TRÁFICO.

4.1. INTRODUCCIÓN

En cualquier aglomeración urbana de un país con un grado de motorización medio o elevado, la principal fuente de contaminación acústica es el tráfico rodado.

Uno de los principales problemas que trae consigo la incidencia del tráfico rodado en la calidad del ambiente, es que, paulatinamente y a medida que crece el parque automovilístico y aumenta la red viaria de un país, las fuentes de ruido se extienden y, consecuentemente, los niveles de contaminación acústica elevados crecen consigo.

La realización de un control efectivo de los niveles de contaminación acústica y la planificación adecuada de la lucha contra el ruido en una determinada ciudad o zona urbana se suele basar en la elaboración del correspondiente “mapa sonoro”. Genéricamente se suele denominar mapa sonoro a un conjunto de medidas de niveles sonoros, distribuidas en el espacio y tiempo, de forma tal que la información que proporcionan sobre el ambiente acústico de un determinado entorno sea lo suficientemente completa como para poder orientar adecuadamente las acciones de control pertinentes. En particular, la realización del mapa sonoro de una ciudad debe poner de manifiesto dónde están localizadas, por una parte, las zonas más ruidosas de la misma para, así poder actuar en consecuencia si se desea corregir esa situación y por otra parte los enclaves particularmente silenciosos a fin de poder preservar esa situación privilegiada en el futuro. Todo esto hace de la cartografía acústica un instrumento de trabajo para los científicos y técnicos acústicos cuyo campo de actuación incluye la planificación de espacios urbanos o de otro tipo, control de impacto de fuentes sonoras sobre el ambiente, así como su evolución temporal, la zonificación acústica, el control administrativo de la aplicación de las normas reguladoras de la contaminación acústica, la vigilancia de la puesta en práctica de la legislación de protección de los obreros frente al ruido, entre otros.

La cartografía acústica es un instrumento que permite a las autoridades legislativas dictar leyes y normas que estén de acuerdo con lo que es posible realizar técnicamente desde el punto de vista del control y de la reducción de los niveles de emisión de las fuentes sonoras, y de lo que sería deseable desde el punto de vista de los niveles de incisión, sin que el establecimiento de normas demasiado estrictas y sin períodos de adaptación y aplicación razonables implique la imposibilidad práctica de realización, y por tanto hacerlas ineficaces.

4.2. MAPAS SONOROS. CLASIFICACIÓN

En función de los aspectos a estudiar interesará una mayor o menor extensión territorial. Por lo que los mapas sonoros se suelen clasificar en cuatro niveles en función de su extensión territorial:

- **Comarcal:** Es aquel que comprende uno o más términos municipales, completos o en parte, afectados por una causa común de ruido.
- **Municipal:** Comprende el casco urbano de una población y es el instrumento principal para orientar políticas municipales tendentes a controlar y reducir el ruido urbano.
- **De urbanización o barrio:** Permite evaluar con más detalle el entorno de una actividad conflictiva desde el punto de vista acústico. El estudio se realiza con una mayor precisión, aumentando la densidad de puntos de medida, determinando el ruido tanto en los espacios abiertos exteriores como en los interiores privados.
- **Estudios de Detalle:** Se extiende a uno o varios edificios con especial problemática sonora. El estudio incluye la determinación del ruido exterior e interior de los edificios y, en general, precisa la realización de medidas de ruido a distintas alturas del suelo (estudios en sección o mapa en altura).

4.3. METODOLOGIAS

Una vez han quedado definidos los parámetros que se han de reflejar en el plano acústico de un ambiente, en función de las necesidades de información y de la disponibilidad de instrumentación y recursos humanos para realizarlo, queda por determinar, como parámetros más importantes y que dependen de la naturaleza de las fuentes sonoras y de la topología del ambiente, las pautas del análisis estadístico a aplicar, tanto temporal como espacial.

Existen dos estrategias metodológicas para la toma de medidas, denominadas metodología estática y metodología dinámica. Ambas estrategias realizan un muestreo espacial (distintos puntos de medidas y su muestreo temporal (ciclos de evolución del ruido), diferenciándose en la forma de hacerlo.

4.3.1 Metodología Estática

En este tipo de metodología se le da mayor importancia a la evolución temporal del ruido frente a la evolución espacial del mismo. Consiste en la instalación de estaciones fijas de medida en 100 puntos de medida seleccionados, que evalúan de manera ininterrumpida el ruido durante uno o más ciclos, recomendándose como mínimo un día completo y aconsejándose una semana.

Esta metodología presenta la ventaja de proporcionar una información exhaustiva sobre el ruido medio, lo que la hace muy adecuada para el estudio de fuentes sonoras importantes de las que se tiene poca información.

Cuando la extensión territorial del estudio es grande, el elevado número de puntos de medida hace inviable, desde el punto de vista económico, la realización de las medidas en un tiempo razonable que se considera el comprendido entre 6 y 12 meses, lo que conduciría a grandes desfases de tiempo entre las medidas iniciales y las finales ya que no es difícil tener un desfase de tres o cuatro años. De esta forma al terminar de evaluar la última zona, las medidas de la primera han quedado obsoletas y quizás ya no sean representativas. El desfase se produce debido al incremento que sufre la Intensidad Media Diaria (IMD) cada año con respecto al año anterior, aproximadamente en torno al 4 ó 5%.

Esta lentitud de la metodología estática dificulta enormemente el tener información actualizada sobre la efectividad de algunas acciones tendentes a controlar o reducir el ruido en las ciudades cuando la extensión de la zona afectada es grande.

4.3.2 Metodología Dinámica

Esta metodología permite paliar algunos de los inconvenientes de la metodología estática, pero requiere una mayor elaboración y control del proceso de medida. Toma como punto de partida el conocimiento o la determinación previa de los principales ciclos de evolución del ruido, estableciendo en base a los mismos y para cada zona, los períodos de tiempo en que el ruido permanecerá estable en cada punto de medida, procediéndose a la determinación de unos tiempos de medida representativos, cuyo resultado se extiende a todo el tiempo en el que el ruido permanece estable.

Esto permite que un mismo equipo de medida muestree varios puntos en una misma jornada de medida mediante la organización de los itinerarios que debe realizar cada equipo.

Esta técnica de muestreo espacial y temporal simultáneo reduce la inversión en equipos de medida y permite evaluar extensiones considerables de superficies sin grandes desfases entre las medidas iniciales y finales. Como contrapartida requiere un planteamiento teórico mayor y un proceso de medida y control de los resultados más cuidadosos.

En este caso será necesario realizar un estudio previo de la emisión de las fuentes sonoras, para, en función de las características temporales de funcionamiento, seleccionar los períodos de muestreo de las señales acústicas y los intervalos de tiempo entre cada toma de muestra, de forma que el comportamiento de emisión de las fuentes quede adecuadamente reflejado mediante un intervalo representativo del ciclo.

Dependiendo de los objetivos perseguidos y de las características de la circulación se elegirá un determinado intervalo de medida. En la elección de los períodos de medida existen varias tendencias:

- Encontrar las horas de mayor tráfico y medir para obtener el valor medio de ese período.
- Medir durante el tiempo correspondiente al paso, de al menos, un cierto número de vehículos ligeros y/o pesados y considerar los resultados obtenidos como la energía sonora característica de la carretera.
- Medir durante largos períodos (más de 24 horas).

Como regla general, los períodos de medición deben ser tan largos como sea necesario para conseguir un buen conocimiento de la evolución del ruido durante un día, una semana o una estación, teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas de la zona. Por lo tanto, el tiempo de medición no tiene límite pero, como se ha mencionado anteriormente, esto conlleva un gran coste económico y una, generalmente, excesiva duración del proceso de toma de medidas.

El método de medición nórdico NORDEST (Dinamarca, Noruega, Finlandia y Suecia), recomienda un intervalo mínimo de 15 minutos o de 500 vehículos circulando durante el día. Los niveles nocturnos se calculan, normalmente, partiendo de las mediciones obtenidas durante el día, sobre la base de los datos que proporciona la intensidad del tráfico. En U.S.A. son típicos los períodos de 15 minutos de tiempo en la hora de más ruido, aunque se llega a realizar mediciones de hasta 24 horas en caso de existir disconformidad en un determinado lugar, o si no se dispone de la información necesaria para identificar la hora de más ruido. En Austria, el tiempo de medición depende de la distribución del tráfico, siendo el período característico, un intervalo de 30 minutos, en Holanda el intervalo mínimo se fija en 10 minutos o 100 vehículos y en Japón, para condiciones típicas de ruido debe realizarse al menos una medición durante cada uno de los siguientes períodos: mañana, mediodía, tarde y noche.

Como se ha mencionado anteriormente, el período de medida del ruido de tráfico depende del caudal de tráfico. A medida que el caudal de tráfico disminuye o se hace más irregular, el tiempo de medición debe ser mayor, mientras que si el tráfico es intenso y establece el tiempo de medición puede ser menor.

A título orientativo se suelen emplear los siguientes períodos de medición en función de las características del tráfico:

- Tráfico urbano diurno intenso: 5 a 10 minutos.
- Tráfico urbano diurno poco intenso: 10 a 15 minutos.
- Tráfico urbano nocturno: 20-30 minutos.
- Tráfico interurbano intenso: 10-20 minutos.
- Tráfico interurbano poco intenso: 20-30 minutos.

4.4. ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA

El establecimiento de los puntos de medida es un proceso de discretización espacial, ya que debido a que resulta inviable medir en todos los puntos de la zona objeto del estudio, se hace necesario determinar una serie de puntos de medida que representen de forma global dicha zona.

Existen varias alternativas para barrer todo el territorio:

- La primera alternativa consiste en trazar una retícula que abarque todo el territorio y designar los puntos de medida sobre la misma, por ejemplo en los nudos de la retícula, los centros de la cuadrícula o los centros de los lados. Con ello se consigue una distribución espacial homogénea de los puntos de medida, pero al ser una distribución aleatoria por una parte tenemos que no todos los puntos son representativos del ruido de la zona que muestrean, como puede ser el patio interior de un edificio, o una proximidad excesiva a la fuente de ruido, y por otra parte que haya puntos en los que las medidas no puedan realizarse, por ejemplo por que el punto caiga en el interior de un edificio, en mitad de una calzada o en el cauce de un río.
- La segunda alternativa es una corrección de la anterior y consiste en desplazar la posición de aquellos puntos de la retícula no apropiados, respetando en lo posible la homogeneidad de la distribución de los puntos de medida.
- La tercera alternativa consiste en aumentar la densidad de la retícula en aquellas zonas que presentan una mayor variación de ruido.
- La cuarta y última alternativa consiste en situar puntos adicionales de medida en las proximidades de las fuentes de ruido más importantes. Una aplicación muy frecuente de este criterio consiste en emplazar puntos de medida adicionales en las principales vías de tráfico al objeto de determinar con mayor precisión la influencia de estas fuentes de ruido.

Cuando lo que se quiere evaluar es el impacto acústico de una determinada vía de tráfico, una alternativa al empleo de una retícula es colocar los puntos a lo largo de

toda la vía colocándolos de forma aleatoria o bien guardando entre estos una determinada distancia, siempre que entre puntos vecinos no exista una diferencia de nivel mayor a 5 dB(A). Para diferencias igual o mayor a 5 dB(A) tendremos que colocar puntos intermedios hasta conseguir reducir esa diferencia de nivel.

Una forma útil de colocar los puntos a lo largo de una vía de tráfico, consiste en situarlos en forma de zig-zag, alternando entre una y otra acera.

4.5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

La documentación resultado del estudio debe incluir el valor de las medidas en cada uno de los puntos de muestreo y en cada período de medida, con indicación del Nivel Continuo Equivalente (Leq) y la distribución estadística de los niveles. En los casos en que sea relevante deben incluirse el análisis en frecuencia del ruido (fuentes sonoras especiales, tonos puros, etc.) o un análisis temporal (ruidos impulsivos o discontinuos).

Debido a que resulta difícil manejar toda esta documentación, se hace imprescindible acompañarla de unos diagramas y mapas sonoros que faciliten su análisis e interpretación. La Norma ISO 1996 indica los colores que se han normalizado para la representación gráfica de los mapas y diagramas.

4.5.1 Mapa De Cuadrículas

Es una representación basada en el muestreo espacial por medio de reticulado. Se determina el valor medio de todos los puntos que forman parte de cada cuadrícula de la retícula de medida, para cada intervalo de promediado, asignando dicho valor a toda la cuadrícula que se rellena con el color correspondiente al valor medio.

Este método enmascara los valores puntuales, ya que sólo una cuadrícula con todos los puntos muy ruidosos aparecerá como muy ruidosa, sucediendo lo mismo con los puntos de bajo nivel sonoro. Esto es muy útil para representar porcentajes de territorio que están afectados por cada valor promediado, con un error aceptable.

En el caso de una cuadrícula de gran tamaño, en la que exista mucha variación en los niveles se dará un valor que no será representativo ya que para unos puntos el promedio resultará muy alto y para otros muy bajo.

4.5.2 Mapa De Botones

Este método corrige parte de las deficiencias del anterior método. Es, quizás, el más adecuado en cuanto a que se conoce perfectamente el punto de medida y la zona cercana sobre la que influye, así como la posibilidad de ver como varían los niveles en los puntos cercanos.

En él se representa, para cada punto de medida y para cada intervalo de promediado, el nivel sonoro equivalente con el color correspondiente. Representa

exclusivamente el valor promedio de los valores medios en los puntos de medida. Este método de representación resulta el más adecuado para estudios de urbanización o zonas concretas.

4.5.3 Mapa De Isofónicas

En este tipo de representación, para cada intervalo de promediado se realiza una interpolación, similar a la realizada en la elaboración de los mapas topográficos, en la que no se altera el valor de los puntos de medida. Este método permite una mejor representación de la variación espacial del ruido frente al mapa de cuadrículas, pero de no ser realizado para una fuente concreta, sino para una zona urbana, enmascara una de las fuentes de ruido más importantes, el ruido de tráfico.

4.5.4 Mapa Viario

Es quizás, la representación más adecuada para estudiar la influencia de tráfico sobre el ruido urbano. Este método representa para cada intervalo de promediado, exclusivamente el ruido medido en las vías de tráfico, realizándose una interpolación a lo largo de las mismas pero manteniendo los valores en los puntos de medida.

Por medio de esta representación se puede planificar las variaciones de la organización del tráfico, itinerarios alternativos, etc.... Los resultados se expresan en código de colores sólo sobre las vías de tráfico.

4.5.5 Mapa En Altura

En los estudios de detalle se puede precisar la realización de un estudio espacial en altura, representándose en sección los distintos niveles que afectan a los distintos puntos de las fachadas con el código de color correspondiente.

Esta representación resulta interesante en el estudio de una vía de tráfico que pasara cerca de una zona residencial, por ejemplo vía suburbana que rodea una ciudad.

4.6. INSTRUMENTACIÓN Y PROCESO DE MEDIDA.

El valor Leq , expresado en $dB(A)$, es el parámetro más importante y frecuentemente utilizado en la evaluación del ruido producido por el tráfico rodado. Los sonómetros integradores son los equipos de medición preferidos ya que permiten obtener directamente este valor. El ruido originado por el tráfico rodado varía con el tiempo, por lo que los instrumentos más útiles son aquellos sistemas preparados para una medición continua de Leq . En realidad, existe una amplia gama de instrumentos acústicos diseñados para realizar mediciones largas y cortas, ya sean portátiles o no, que proporcionan un gran número de índices de ruido (Leq , $MaxL$, $MinL$, $Ln\%$, SEL , Histogramas y otros).

La instrumentación necesaria para realizar mediciones acústicas depende, del propósito de las mismas, no será necesario utilizar el mismo tipo de equipo para medir y analizar un problema de ruido ambiental que para el caso en que la aplicación sea la reducción de ruido en una máquina que emite ruido tanto por vía aérea como por vía sólida (vibraciones).

No obstante, en todos los casos, la cadena de medida dispondrá de elementos comunes para casi todas las aplicaciones.

Habitualmente el primer elemento de la cadena de medida, y común a todas ellas, es el transductor, dispositivo que transforma las magnitudes acústicas que se desean medir, normalmente presiones acústicas o aceleraciones de la vibración, en señales eléctricas proporcionales que pueden ser tratadas por los instrumentos de medida.

Una cadena de instrumentación para la medida y análisis de señales acústicas está compuesta por un conjunto de elementos y dispositivos electrónicos que permiten adquirir y procesar la información relativa a las variaciones de presión sonora, tanto en amplitud como en frecuencia y conforme a lo exigido en las distintas normas nacionales e internacionales al uso.

El instrumento más utilizado para la realización de mapas sonoros es el sonómetro, que como es sabido es un medidor de niveles sonoros y que, atendiendo a su grado de precisión, se clasifican en tres clases. La clasificación IEC 651 (International Electrotechnical Commission Standar 651) se emplea generalmente para determinar los requisitos que deben reunir los sonómetros.

Dependiendo de los objetivos de las mediciones se recomienda o exige una u otra clase. Para mediciones de carácter general se utilizarán los instrumentos de la *clase* 2, mientras que para evaluaciones detalladas, será necesaria la utilización de los instrumentos de la clase 1. En el siguiente capítulo se explica con más detalle cada uno de los bloques que conforman el sonómetro, centrándose en las características propias del sonómetro utilizado para la elaboración de las medidas, concretamente el Sonómetro Brüel & Kjaer 2231.

Los instrumentos para la medida de niveles de presión sonora ponderados en frecuencia y promediados temporalmente, vienen descritos en la Norma UNE-EN 60804. En ella se especifican los distintos tipos de sonómetros, las características específicas, tolerancias y pruebas especificadas para la verificación del cumplimiento de las características especificadas por la norma.

En cuanto al proceso de medida, la Norma UNE 74-022-81 dicta como debe de realizarse todo el proceso de valoración del ruido en función de la reacción de las colectividades. La norma específica la escala de ponderación a utilizar, situación de los puntos de medida (altura del instrumento de medida y distancia del mismo con respecto a la fachada), parámetros específicos que debe cumplir el instrumental para una correcta evaluación, niveles a medir, correcciones a aplicar según la naturaleza del ruido, y la determinación del nivel de ruido aconsejado según la zona que se estudie. También

especifica las correcciones a aplicar en el caso de evaluar el ruido en el interior de las viviendas.

4.6.1. Materiales Utilizados

4.6.1.1. El sonómetro

El sonómetro es un instrumento que mide de una manera objetiva la presión sonora, haciendo una valoración logarítmica de la presión.

Se puede utilizar para diversos tipos de medidas y puede ser usado por variedad de módulos.

Está constituido básicamente por:

- **Micrófono:** convierte la variación de presión sonora en eléctrica.
- **Previo:** amplifica la señal del micrófono.
- **Redes de ponderación (A, B, C):** para que la respuesta en frecuencia se parezca a la del oído humano.
- **Detector:** convierte la señal alterna en continua.
- **Integrador:** realiza el promedio temporal en la medida.
- **Display:** dispositivo para la representación de las medidas.

Características:

- Sensibilidad del micrófono, se mide en mV/Pa.
- Respuesta en frecuencia: es el rango de frecuencias en el cual la sensibilidad no cambia con la frecuencia.
- Directividad: relación entre la intensidad transmitida en una dirección, a una distancia dada, y la intensidad que transmitiría a esa misma distancia una fuente acústica isótropa que emitiese con la misma potencia.
- La señal que llega al sonómetro se rectifica para determinar el promedio durante el intervalo de la muestra. La constante de tiempo (RC) del rectificador determina el intervalo en el cual se calcula el promedio:

SLOW: El promediado efectivo es de 1 s.

FAST: La constante de tiempo es 125 ms y refleja fluctuaciones no detectadas en la ponderación slow.

IMPULSE: Constante de tiempo muy pequeña; se emplea para estudiar la influencia de intensidades de corta duración sobre el oído humano.

PEAK: Constante de tiempo de 50 μ s. Útil para el estudio de riesgo de daños auditivos.



Figura 9. Imagen de un sonómetro 2250

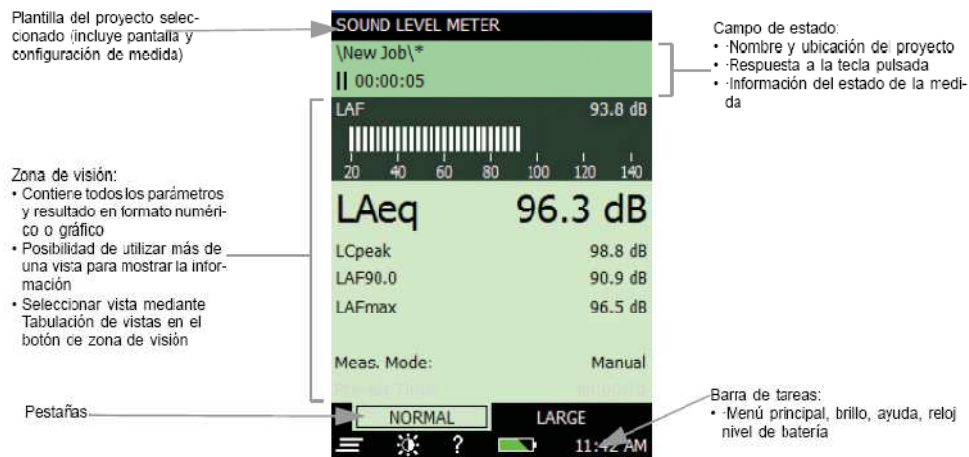


Figura 10. Pantalla característica de Medición

4.6.1.2 Software Utilizado: Predictor7810

Se ha realizado un estudio predictivo del nivel de ruido, después de realizar las medidas con el programa predictor de la marca Brüel & Kjaer.

Este software es un programa versátil, más eficiente para el cálculo de niveles de ruido con ambiente exterior. Permite calcular y analizar el ruido de diversas fuentes sonoras como el del tráfico y la industria.

El intercambio de los datos de entrada y de salida desde distintos formatos permite ser versátil e integrarse dentro de su sistema de trabajo para el análisis y gestión de ruido.

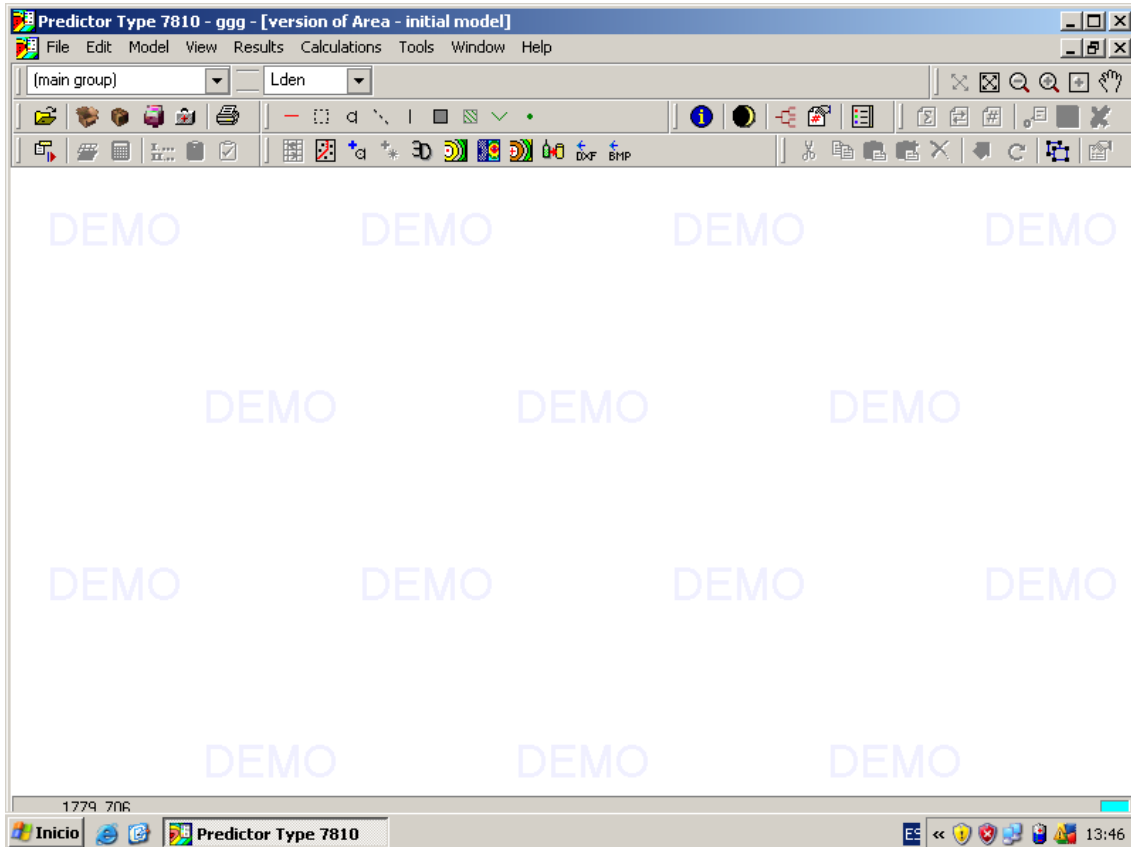


Figura 11: Ventana principal del programa Predictor

En general, tanto profesores como alumnos reconocen un mayor estrés y una mayor dificultad para la concentración en presencia de ruido ambiental. A esto se suma los esfuerzos vocales necesarios para lograr una comprensión del 100% por el auditorio y que son de 10 dB por encima del ruido de fondo. Si no se consiguen los alumnos perderán información y motivación. Es probable que tengamos que sumar a los efectos sobre el organismo los problemas producidos por esfuerzos vocales como por ejemplo las afonías.

5. LEGISLACIÓN Y NORMATIVAS.

La evolución de la legislación sobre ruido en nuestro país ha sido totalmente contraria a la que debería de haber sido su proceso natural. En primer lugar fueron los ayuntamientos, los que vivieron de más cerca el problema, los que empezaron a desarrollar una normativa propia mediante las llamadas normalizaciones municipales.

Después fueron las comunidades autónomas las que creyeron que no estaba bien que cada ayuntamiento tuviera su propia legislación sobre ruido sin que tuvieran un marco de referencia dentro de la comunidad a la que pertenecen, con lo que algunas comunidades autónomas promulgaron leyes para poder ayudar a sus ayuntamientos a establecer sus propias normativas.

Posteriormente fue el gobierno de la nación el que vio la necesidad de armonizar y unificar una legislación que podía resultar caótica. Y finalmente fue la Unión Europea la que tomó cartas en el asunto y se comprometió a promulgar una norma que fuera un marco de referencia para los países de la unión.

Ahora nos vamos a centrar en cuatro perspectivas que describirán la situación actual sobre la regulación del ruido: la europea, la nacional, la autonómica y la local.

5.1. NORMATIVA EUROPEA.

La política medioambiental de la Unión Europea de los últimos veinte años ha consistido en legislar, mediante directivas comunitarias que establecen niveles máximos de emisión sonora para vehículos, aeronaves y máquinas. El objetivo de dicha política es la constitución de un mercado único y de procedimientos de certificación que garanticen que los vehículos y equipos nuevos cumplen, en el momento de la fabricación, los límites establecidos en las directivas.

Gracias a esta legislación y a los avances tecnológicos se ha logrado una reducción significativa del ruido de procedencia individual; sin embargo, el crecimiento y la expansión del tráfico en el espacio y el tiempo han anulado parcialmente los efectos de dichos avances.

En 1993 la Comunidad Europea anunció el inicio de un cambio de política, que incluyó en el V Programa de Actuación Medioambiental.

En 1996 la Comisión, mediante el Libro Verde, propone estimular el debate público sobre la política futura de lucha contra el ruido. A raíz de este debate se han aprobado las directivas siguientes:

- Directiva 2000/14/CE, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre, de 8 de Mayo de 2000.

- Directiva 2002/30/CE, sobre el establecimiento de normas y procedimientos para la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en los aeropuertos comunitarios, de 26 de Marzo de 2002.
- Directiva 2002/49/CE, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, de 25 de Junio de 2002.

5.1.1. Directiva 2002/49/CE.

La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental marca una nueva orientación respecto de la concepción de la contaminación acústica en la normativa de la Unión Europea. Con anterioridad, la reglamentación comunitaria se había centrado en las fuentes del ruido, pero la comprobación de que diariamente inciden sobre el ambiente múltiples focos de emisiones sonoras, ha hecho necesario un nuevo enfoque del ruido ambiental para considerarlo como un producto derivado de múltiples emisiones que contribuyen a generar niveles de contaminación acústica inadecuados desde el punto de vista ambiental y sanitario.

La Directiva 2002/49/CE define el ruido ambiental como “el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales.

La directiva 2002/49/CE sobre ruido se puede sintetizar en cinco puntos fundamentales:

1. La definición de unos indicadores de ruido comunes para todos los estados miembros.
2. La definición de métodos comunes de evaluación.
3. La elaboración, en una primera fase de diagnóstico, de “*mapas estratégicos de ruido*” para poder evaluar o prevenir globalmente la exposición al ruido en una zona determinada.
4. La elaboración de “*planes de acción*”, en una segunda fase, con el fin de afrontar las cuestiones relativas al ruido y sus efectos, incluyendo la reducción.
5. La información a la población, tanto de los mapas estratégicos como de los planes de acción.

5.1.1.1. Indicadores de ruido comunes

Los indicadores que será obligatorio incorporar en la normativa para los sistemas de medición son el L_{den} (indicador que mide los niveles equivalentes a día-tarde-noche) y L_{night} (indicador que mide los niveles de ruido del periodo nocturno). El L_{den} incluye, a su vez:

- L_{day} (día) → duración de 12 horas (de 7:00 a 19:00 horas)
- L_{evening} (tarde) → duración de 4 horas (de 19:00 a 23:00 horas)
- L_{night} (noche) → duración de 8 horas (de 23:00 a 7:00 horas)

5.1.1.2. Métodos comunes de evaluación

El análisis se realiza para diferentes focos: tránsito rodado, ferrocarriles, aeronaves e industrias.

Los modelos existentes son difíciles de adaptar de igual manera a todos los países miembros de la unión debido a las diferencias existentes (climatología, infraestructuras, hábitos, etc.). Para aquellos países que no dispongan de métodos de cálculo nuevos, la directiva recomienda unos concretos para cada tipo de foco.

Cabe destacar también que la Directiva señala como método provisional de medición el expuesto en las normas ISO 1996.

5.1.1.3. Mapas estratégicos de ruido

Los mapas estratégicos de ruido son mapas diseñados para poder evaluar o predecir globalmente la exposición al ruido en una zona determinada.

5.1.1.4. Planes de acción

La Directiva prevé que, en una fase posterior a la del diagnóstico, se elaboren unos planes de acción. Estos planes incluirán todas las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, contemplando su reducción si fuese necesario.

5.1.1.5. Información a la población

En esta Directiva se recuerda la obligatoriedad de poner a disposición de la población y divulgar toda la información relativa a los mapas estratégicos y planes de acción. También se indica que esta información ha de ser clara, inteligible y fácilmente accesible.

5.2. NORMATIVA ESTATAL.

En la legislación existente a nivel estatal, en cuanto a contaminación acústica se refiere, se pueden distinguir las siguientes normas:

- El Mandato Constitucional de proteger la salud (artículo 43 de la Constitución) y el medio ambiente (artículo 45 de la Constitución) engloban en su alcance la protección contra la contaminación acústica.
- Reglamento 2414/1961, sobre actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, que somete a licencia municipal la instalación de industrias o actividades que pueden producir incomodidades, alterar las condiciones de salubridad e higiene del medio ambiente, o ocasionar daños a las riquezas públicas o privadas.

- Ley 38/1972, de 22 de Diciembre, relativa a la protección del medio ambiente atmosférico.
- Ley 4/1989, de 27 de Marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres. Cabe destacar de esta ley que se tipifica como infracción administrativa la emisión de ruidos que perturben la tranquilidad de las especies en espacios naturales protegidos.
- Ley 22/1988, de 28 de Julio, de costas. Prohíbe la publicidad por medios acústicos en la zona de protección.
- Ley 7/1985, de las bases del régimen local, que dice que las corporaciones locales, como administración más cercana al ciudadano, son las competentes para intervenir en el ámbito urbano.
- Decreto 2816/82, sobre espectáculos públicos y actividades de ocio.
- La Norma Básica de la Edificación, que señala las condiciones acústicas que deben reunir los materiales de construcción, así como recomendaciones sobre niveles de ruido en el exterior y en el interior de las edificaciones.
- Reglamentación del ruido producido por los Dispositivos mecánicos.
- Real Decreto Ley 9/2000, de 6 de Octubre, que modifica el Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, y Real Decreto 1131/1988, de 30 de Septiembre, que lo desarrolla. En la aplicación de estas normas se suele exigir en determinados espacios una declaración de Impacto Ambiental, en la que se señale que en las zonas habitadas o urbanizables no se superan niveles de ruido de 65 dB(A), en periodo diurno, y 55 dB(A) en periodo nocturno.
- Algunos artículos del Código penal sancionan la contaminación acústica provocada por la emisión de determinados ruidos.
- En diciembre de 1998, se publicó la Orden para el control metrológico del Estado. Esta orden tiene por objeto desarrollar la Ley 3/1985, de 18 de Marzo, de Metrología, y el Real Decreto 1616/1985, de 11 de Septiembre, en lo referente a la metrología legal. En estas normas quedan delimitados los instrumentos que se han de aplicar (sonómetro, sonómetros integradores promediadores, y calibradores sonoros) para medir la contaminación acústica.

Todas estas normas apenas abordan el problema de la contaminación y dejan que los organismos no estatales, comunidades autónomas y ayuntamientos, tengan plena vía libre para abordar el problema del ruido según la responsabilidad de sus políticos.

El ruido carecía de una norma general reguladora de ámbito estatal hasta la aprobación de la Ley 37/2003 de Ruido del 17 de Noviembre de 2003. Esta ley nace con el objetivo de prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar o reducir

los daños que de esta puedan derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente.

5.2.1. Ley 37/2003 de ruido.

La Ley Española 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, regula la contaminación acústica con un alcance y un contenido más amplio que el de la propia Directiva (2002/49/CE), ya que, además de establecer los parámetros y las medidas para la evaluación y gestión del ruido ambiental, incluye el ruido y las vibraciones en el espacio interior de determinadas edificaciones. Así mismo, dota de mayor cohesión a la ordenación de la contaminación acústica a través del establecimiento de los instrumentos necesarios para la mejora de la calidad acústica de nuestro entorno.

Posteriormente, el **Real Decreto 1513/2005**, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, completó la transposición de la Directiva 2002/49/CE y precisó los conceptos de ruido ambiental y sus efectos sobre la población, junto a una serie de medidas necesarias para la consecución de los objetivos previstos, tales como la elaboración de los mapas estratégicos de ruido y los planes de acción o las obligaciones de suministro de información.

En consecuencia, el RD 1513/2005, de 16 de diciembre, ha supuesto un desarrollo parcial de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, ya que ésta abarca la contaminación acústica producida no sólo por el ruido ambiental, sino también por las vibraciones y sus implicaciones en la salud, bienes materiales y medio ambiente, en tanto que el citado real decreto, sólo comprende la contaminación acústica derivada del ruido ambiental y la prevención y corrección, en su caso, de sus efectos en la población.

La normativa sobre Ruido se completa a nivel estatal con el RD **1367/2007**, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Este desarrollo reglamentario, promovido por el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España, viene a completar el desarrollo de la Ley de Ruido 37/2003 y el Real Decreto 1513/2005 que tenían por finalidad abordar un tratamiento generalizado de la contaminación acústica, con especial atención a la actuación preventiva, la planificación acústica en la ordenación territorial y la incorporación de los conceptos de evaluación y gestión del ruido ambiental.

En dicho Real Decreto, agrupado en ocho capítulos, se contemplan medidas de carácter básico respecto de la propia ley de Ruido.

A continuación se resumen los aspectos más relevantes:

- Se establecen los índices del ruido y de vibraciones aplicables para la evaluación de los objetivos de calidad acústica en los distintos periodos temporales (se fijan tres diarios).

- Criterios mínimos para la asignación de un sector del territorio a un determinado tipo de área acústica.

- Las áreas acústicas se clasificarán, en atención al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas. El Reglamento fija unos mínimos:

Industrial, residencial, sanitario, docente, uso recreativo y terciario, afectados por sistemas generales de infraestructuras y espacios naturales protegidos.

- La delimitación de las áreas acústicas queda sujeta a revisión periódica, que deberá realizarse, al menos cada diez años desde la fecha de su aprobación.

- El nuevo RD considera, el supuesto de áreas acústicas y edificaciones localizadas en áreas urbanísticamente consolidadas existentes en el momento de su publicación en las que no se cumplan los objetivos de calidad acústica anteriores. En esta situación se establece como objetivo de calidad acústica la mejora acústica progresiva del medio ambiente hasta alcanzar los valores fijados.

- Regula el control de las emisiones de los diferentes emisores acústicos, incluidos los vehículos a motor, para los que se prevé, además, un régimen específico de comprobación de sus emisiones acústicas a vehículo parado.

- Regula los métodos de evaluación de la contaminación acústica, así como el régimen de homologación de los instrumentos y procedimientos que se empleen en dicha evaluación.

- La regulación de la elaboración de mapas de contaminación acústica.

Por otra parte, se establecen los objetivos de calidad acústica aplicable a las distintas áreas acústicas así como a las edificaciones comprendidas por esta (vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales), quedando fijados los valores de los índices acústicos que no deben sobrepasarse para su cumplimiento.

TIPO DE ÁREA		ÍNDICES DE RUIDO		
		Ld	Le	Ln
E	Sanitario, docente o cultural	55	55	45
A	Residencial	60	60	50
D	Uso terciario	65	65	55
C	Recreativo y espectáculos	68	68	58

B	Industrial	70	70	60
----------	------------	----	----	----

Tabla 1. Índices de ruido según el tipo de áreas

5.2.1.1. Mapas estratégicos de ruido

Los mapas estratégicos de ruido aportan metodología, criterios e información estratégica que orientarán las políticas y estrategias que apliquen las Comunidades Autónomas y las administraciones locales en materia de planificación urbanística en relación a la contaminación acústica.

Gracias al desarrollo reglamentario de la Ley del Ruido que ahora se completa con el presente real decreto, se podrá dar cumplimiento a uno de los aspectos más importantes referente a la creación de un Sistema Básico de Información de la Contaminación Acústica (SICA), que facilitará de forma clara y fácilmente accesible información al público sobre el ruido.

5.2.1.2. Planes de acción

A partir de los mapas del ruido, se elaborarán los correspondientes planes de acción dirigidos a solucionar en el territorio afectado las cuestiones relativas al ruido.

La nueva norma establece los valores límite y objetivos de calidad acústica necesarios para tal fin, y los requisitos mínimos que deben considerarse en la elaboración de los planes de acción, para lo que se fija un plazo de un año tras la aprobación de los correspondientes mapas de ruido.

Estos planes contendrán medidas concretas y determinarán acciones prioritarias a realizar en caso de superación de los valores límite o de aquellos otros criterios que se estimen adecuados.

5.2.1.3. Concordancia con el Código Técnico de la Edificación

Se fijan los valores de los índices de inmisión de ruido y de vibraciones establecidos como objetivos de calidad acústica en el espacio interior de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, ha sido necesario establecer la necesaria concordancia entre estos valores y las necesidades de aislamiento acústico en fachadas de las edificaciones, establecidas en el documento básico de protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación (DB-HR).

5.2.1.4. La evaluación de la contaminación acústica

Uno de los aspectos más importantes recogidos en el nuevo real decreto es el que se refiere al establecimiento de unos nuevos indicadores y procedimientos para la evaluación del ruido y de las vibraciones y cómo aquellos se deben usar en las distintas aplicaciones.

En este sentido, se definen los índices del ruido y de vibraciones que se deben aplicar para la evaluación de los objetivos de calidad acústica y de los valores límite de inmisión, atendiendo a los distintos periodos temporales de evaluación. Así, en el caso del ruido ambiental, para las 24 horas del día, se fijan, siguiendo los criterios establecidos por la Unión Europea, tres periodos temporales de evaluación que son: día (d), tarde (e) y noche (n). Es de destacar que en las normativas actuales se venían considerando únicamente dos periodos temporales correspondientes al día y la noche.

Índices de ruido:

Lden	Evalúa las molestias globales
Ld	Evalúa las molestias globales en el periodo día
Le	Evalúa las molestias globales en el periodo tarde
Ln	Evalúa las alteraciones de sueño en el periodo noche
L_{Amax}	Evalúa niveles sonoros máximos

Tabla 2. Índices de Ruido

Con la aplicación de estos nuevos índices se pretende que en la evaluación del ruido ambiental se tengan en cuenta tanto los efectos que el ruido produce atendiendo a sus características propias, como los debidos al tiempo de exposición durante el que los ciudadanos se encuentran sometidos al mismo y sus fluctuaciones. Por ello, se contempla tanto la caracterización de lo que podríamos denominar como el “*clima sonoro*” de un entorno, evaluado mediante promedios a largo plazo (un año), que tiene una especial aplicación en la elaboración de los mapas estratégicos de ruido y en la planificación acústica, como la evaluación de los efectos producidos por ruidos molestos que actúan en cortos periodos de tiempo, y que, por sus propias características acústicas, su evaluación requiere correcciones que tengan en cuenta aquellas características del ruido que los hacen mas molestos.

Además, se establecen también los procedimientos y métodos para la evaluación de los índices acústicos. Se podrá recurrir a procedimientos de cálculo mediante la utilización de metodologías específicamente definidas para ello o a procedimientos de medición “*in situ*” utilizando la instrumentación adecuada.

5.2.1.5. Zonificación acústica. Objetivos de calidad acústica

Es necesario destacar que con el fin de poder avanzar en el conocimiento de la situación actual de la calidad acústica en las distintas zonas del territorio se prevé su zonificación mediante la delimitación territorial de los distintos tipos de áreas acústicas en que se divida. A cada una de estas áreas se le asocia un objetivo de calidad acústica. De esta forma, cada tipo de área acústica se corresponde con zonas del territorio que comparten idénticos objetivos de calidad acústica, entendiendo éstos como el conjunto de requisitos que, en relación con la contaminación acústica, deben cumplirse en un

momento dado en un espacio determinado para garantizar un nivel mínimo de protección frente a ella.

La delimitación de las áreas acústicas queda sujeta a revisión periódica, que deberá realizarse, al menos, cada diez años desde la fecha de su aprobación.

A la hora de establecer los objetivos de calidad acústica en el espacio exterior se tiene en cuenta, de acuerdo con la Ley del Ruido, tanto las situaciones existentes como las nuevas. Por ello, se tratan de forma diferenciada los objetivos de calidad acústica fijados para el supuesto de áreas acústicas y edificaciones localizadas en áreas urbanizadas existentes y los exigibles a los futuros desarrollos urbanísticos.

5.2.1.6. Planes zonales específicos y planes de acción

El real decreto contempla un conjunto de actuaciones a adoptar en fases sucesivas con el fin de lograr progresivamente la mejora del grado de exposición de la población a la contaminación acústica. Para ello, se prevé que en aquellas zonas degradadas acústicamente en las que se superen los objetivos de calidad, se actúe para conseguir la mejora acústica progresiva del medio ambiente hasta alcanzar esos objetivos, mediante la aplicación de planes zonales específicos y planes de acción. La delimitación de las zonas degradadas acústicamente y el conocimiento del estado de situación de las mismas es paso previo al desarrollo y aplicación de las actuaciones de corrección.

En este sentido se establecen los dos tipos de mapas de ruido siguientes:

- Mapas estratégicos de ruido: se elaborarán y aprobarán por las administraciones competentes para cada uno de los grandes ejes viarios y de las aglomeraciones con poblaciones de más de 100000 habitantes.
- Mapas de ruido no estratégicos: se elaborarán por las administraciones competentes, para las áreas acústicas en las que se compruebe el incumplimiento de los objetivos de calidad acústica.

Una vez que las distintas administraciones hayan elaborado y aprobado los mapas del ruido, se elaborarán los correspondientes planes zonales específicos y los planes de acción necesarios, sobre la base de los resultados de los mapas de ruido. Estos planes irán dirigidos a solucionar en el territorio afectado las cuestiones relativas al ruido. Se fija un plazo de un año para su elaboración, tras la aprobación de los correspondientes mapas de ruido y se deberán revisar cada cinco años.

Con la aplicación de la nueva norma se prevé que las infraestructuras existentes deberán adoptar medidas para adaptarse a los objetivos de calidad acústica de 65 dBA durante el día y de 55 dBA durante la noche, que los gestores de esas infraestructuras deberán lograr a través de los correspondientes planes de acción, con la introducción de las medidas técnicas correctoras más adecuadas (por ejemplo, pantallas acústicas, pavimentos sonorreductores, aislamiento acústico, etc.).

5.2.1.7. Ruido de los emisores acústicos

Se regula también el control de las emisiones de los diferentes emisores acústicos, incluidos los vehículos a motor y los ciclomotores. Por lo que se refiere a estos últimos, considerando las dificultades existentes en algunos casos, debido a la antigüedad de los vehículos u otras razones, para la comprobación de sus emisiones acústicas cuando se encuentran en circulación, se adopta, para salvar esta circunstancia, una disposición transitoria cuya aplicación permite la determinación del nivel de emisión sonora a vehículo parado, transitoriedad que se extinguirá con la natural renovación del parque de vehículos.

Como novedad, se fijan asimismo con carácter de normativa básica los valores límite de inmisión de ruido aplicable tanto a las nuevas infraestructuras viarias, ferroviarias y aeroportuarias, como a las portuarias y a las instalaciones, establecimientos y actividades de naturaleza industrial, comercial, de servicios o de almacenamiento, así como, las condiciones para comprobar su cumplimiento. Es de destacar que para cada tipo de emisor acústico los valores límite son diferentes, dependiendo su valor del tipo de área acústica de la zona sobre la que se produce la afección del ruido.

5.3. NORMATIVA DE LA COMUNIDAD VALENCIANA.

El vacío legal que se ha dado a nivel del Estado central ha sido subsanado en parte por la legislación de las comunidades autónomas y de los ayuntamientos.

A lo largo de los últimos años, sino todas, casi todas las comunidades autónomas han tratado de subsanar este hecho recurriendo a normas marco a las cuales se debían ajustar las ordenanzas publicadas por los distintos ayuntamientos.

En la Comunidad Valenciana, hace tan sólo unos años, únicamente una tercera parte de los ayuntamientos valencianos disponían de ordenanzas municipales sobre ruido ambiental, sin que existiera una norma de rango superior que determinara las pautas a seguir en su realización.

Este hecho se resolvió con la aprobación, en diciembre de 2002, de la Ley de Protección contra la Contaminación Acústica de la Generalitat Valenciana, ya que mediante el Plan Acústico de Acción Autonómica se establecieron, a fin de facilitar la elaboración y la homogeneidad de las ordenanzas municipales, modelos de regulación orientativos destinados a ser incorporados en las mismas.

Además con el Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, se establecieron normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.

En el final la aprobación del Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, sobre la planificación y gestión en materia de contaminación acústica, que tiene la finalidad de

acometer el desarrollo reglamentario de las previsiones contempladas en el título III de la Ley 266/2004 en cuanto a los planes y programas acústicos.

5.3.1. Ley 7/2002

Esta ley se basa en el ejercicio coordinado de sus competencias conforme a los principios de prevención, reducción y corrección determinados por este orden, entre la Generalitat y las administraciones locales. Los poderes públicos adoptarán las medidas necesarias para:

- Promover la investigación en técnicas de medida, análisis, evaluación y minimización del ruido.
- Fomentar la implantación de maquinaria, instalaciones y aparatos que generen el menor impacto acústico.
- Controlar, a través de las correspondientes certificaciones técnicas, la implantación de los aislamientos acústicos necesarios para conseguir niveles de inmisión sonora admisibles.
- Elaborar y aplicar una planificación racional que tenga por objeto la ordenación acústica del municipio, distinguiendo las áreas que requieren una especial protección por la sensibilidad acústica de los usos que en ellas se desarrollan, de aquellas otras que estarán sujetas a una mayor intensidad sonora debido también a las actividades que en las mismas se desarrollan.

Facilitar información sobre las consecuencias del ruido sobre la salud de las personas y sobre los usos y prácticas cotidianos que permitan disminuir los niveles acústicos.

- Elaborar y desarrollar programas de formación y educación ambiental dirigidos a los ciudadanos en general y a los agentes sobre los que tiene mayor incidencia la contaminación acústica.
- Adoptar las medidas necesarias, en el marco de la legislación específica, a fin de garantizar una buena calidad acústica de los espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana a través de Programa de Actuaciones.

Con el objeto de identificar los problemas y establecer medidas preventivas y correctoras necesarias para mantener los niveles sonoros por debajo de los previstos en esta ley, se utilizarán los siguientes instrumentos de planificación y gestión acústica:

- ***Plan Acústico de Acción Autónoma***, elaborado por la conselleria competente en medio ambiente y aprobado por el Consell de la Generalitat mediante Acuerdo coordinar las actuaciones de las administraciones públicas en sus acciones contra el ruido, fomentar la adopción de medidas para su prevención y la reducción de las emisiones sonoras por encima de los máximos legalmente previstos, concienciar y

formar a los ciudadanos y potenciar la investigación e implantación de nuevas tecnologías para conseguir la reducción o eliminación de la contaminación acústica.

- ***Planes acústicos municipales*** para identificar de las áreas acústicas existentes en el municipio en función del uso que sobre las mismas exista o esté previsto y de sus condiciones acústicas, y adoptar las medidas que permitan la progresiva reducción de sus niveles sonoros.

- ***Zonas Acústicamente Saturadas***: aquellas zonas en que se producen unos elevados niveles sonoros debido a la existencia de numerosas actividades recreativas, espectáculos o establecimientos públicos, a la actividad de las personas que los utilizan, al ruido de tráfico de dichas zonas así como a cualquier otra actividad que incida en la saturación del nivel sonoro de la zona. Serán declaradas zonas acústicamente saturadas aquellas en las que, aun cuando cada actividad individualmente considerada cumpla con los niveles establecidos en esta ley, se sobrepasen dos veces por semana durante tres semanas consecutivas o, tres alternas en un plazo de 35 días naturales, y en más de 20 dBA.

Plan	Competencia	Contenidos
Plan Acústico de Acción Autonómica	conselleria competente en medio ambiente	<p>a) Medidas para la prevención y reducción de la contaminación acústica mediante la investigación y la incorporación de mejoras tecnológicas</p> <p>b) Programas de concienciación social de los ciudadanos y de formación de empresarios y trabajadores en las acciones contra el ruido.</p> <p>c) Medidas correctoras a fin de garantizar los niveles de inmisión.</p> <p>d) Medidas de financiación para llevar a cabo dichas actuaciones.</p> <p>e) Modelos orientativos de ordenanzas municipales.</p> <p>f) Medidas de prevención y reducción de la contaminación acústica del tráfico rodado.</p>
Planes Acústicos Municipales (PAM)	<p>- municipios de más de 20.000 habitantes;</p> <p>- municipios no obligados así lo decidan mediante acuerdo del pleno de la corporación municipal</p>	<p>Mapa Acústico con, para cada zona:</p> <p>a) Resultados de las mediciones, análisis de los niveles de ruido e identificación de la naturaleza de las fuentes sonoras que los producen.</p> <p>b) Resultados de las mediciones y análisis específicos del ruido del tráfico, distinguiendo las calles en función de los niveles de intensidad sonora.</p> <p>c) Diagnóstico de la situación en general y para cada una de las áreas determinadas.</p> <p>Programa de actuación con las siguientes medidas:</p> <p>a) Ordenación de las actividades generadoras de ruido implantadas o a implantar en el ámbito de aplicación del Plan.</p> <p>b) Regulación del tráfico rodado.</p> <p>c) Programas de minimización de la producción y transmisión de ruidos.</p> <p>d) Establecimiento de sistemas de control de ruido.</p> <p>e) Cualesquiera otras que se consideren adecuadas para reducir los niveles de ruido.</p>
Declaración de Zona Acústicamente Saturada	ayuntamiento, de oficio o a petición de cualquier particular, persona física o jurídica, pública o privada	<p>Medidas para la reducción de la contaminación acústica como:</p> <p>a) Suspender la concesión de licencias de actividad.</p> <p>b) Establecer horarios restringidos para el desarrollo de las actividades responsables, directa o indirectamente, de los elevados niveles de contaminación acústica.</p> <p>c) Prohibir la circulación de alguna clase de vehículos o restringir su velocidad, o limitar aquélla a determinados horarios, de conformidad con las otras administraciones</p>

Tabla 3. Instrumentos de planificación y gestión acústica

Un aspecto novedoso de esta ley es la exigencia, para la obtención de la licencia de ocupación de los edificios, de los certificados acreditativos del aislamiento acústico de los elementos que los constituyen (fachadas, cerramientos horizontales...). Además, obliga a los titulares de las actividades o instalaciones industriales, comerciales o de servicios a adoptar las medidas necesarias de insonorización de sus fuentes sonoras y de aislamiento acústico para cumplir, en cada caso, las prescripciones dispuestas por ley.

Otros aspectos tratados en la Ley 7 de Protección contra la Contaminación Acústica son:

- Sistemas de alarma y comportamiento de los ciudadanos.

- Regulación del ruido producido por los medios de transporte.

Los límites de recepción externos fijados son:

USO DOMINANTE	L _{DÍA} dBA (de 8 a 22 horas)	L _{NOCHE} dBA (de 22 a 8 horas)
Sanitario	45	35
Residencial unifamiliar	50	40
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Tabla 4. Límites para los niveles sonoros de recepción externos

5.3.2. Decreto 104/2006

El Decreto tiene por objeto la regulación de los distintos instrumentos de planificación y gestión acústica y el establecimiento de procedimientos de evaluación de diversos emisores acústicos, de conformidad con lo previsto en la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de Protección Contra la Contaminación Acústica.

Los instrumentos de planificación y gestión acústica son aquellos previstos por la Ley 7/2002: plan acústico de acción autonómica, planes acústicos municipales, declaración de zonas acústicamente saturadas (ZAS).

5.3.2.1. Plan Acústico Municipal

La superación en más de 10 dB(A) de los objetivos de calidad sonoros determina la necesidad de elaborar un Plan Acústico Municipal de Ámbito Zonal.

Los parámetros a medir son LAeq,D para todo el período diurno y LAeq,N para todo el período nocturno, con las siguientes condiciones de la medición:

- Orientación del micrófono hacia los focos de ruido, con una ligera inclinación hacia arriba (de unos 30-45°).
- Colocación del sonómetro preferiblemente sobre trípode.
- Localización de los puntos de medición en general en aquellos puntos donde el nivel sonoro es más elevado, a una altura entre 3 y 11 metros del suelo y en una zona libre de obstáculos y superficie reflectantes.

Si las características de la zona dificultan el situar correctamente el micrófono del sonómetro, los puntos de medición van situados, indicando claramente dónde se ha

ubicado el micrófono del sonómetro (altura respecto al suelo, posición, etc.) en las siguientes posiciones:

- En el exterior de las edificaciones (balcones, terrazas): puntos de medición al menos a 1,5 metros del suelo y lo más alejado posible de la fachada (a ser posible, a 2 metros).
- En la calle al menos a 2 metros de las fachadas cercanas.
- En campo abierto al menos a 10 metros de la fuente de ruido, a una altura preferentemente entre 3 y 11 metros y nunca inferior a 1,5 metros del suelo.

Se superan en más de 10 dB(A) los objetivos de calidad sonora cuando se compruebe que el nivel de evaluación obtenido supera en más de 10 dB(A) dichos niveles sonoros, más de una vez por semana durante tres semanas consecutivas.

5.3.2.2. Zona Acústicamente Saturada (ZAS)

La propuesta de declaración de Zona Acústicamente Saturada contiene la siguiente información:

- El estudio previo.
- Definición de los límites geográficos de la zona que se quiere declarar como acústicamente saturada.
- Planos a escala del municipio, con los puntos de la medición, las fuentes de ruido identificadas, los usos predominantes de la zona y cualquier otra información que se considere relevante.
- Propuesta de las medidas correctoras apropiadas para la reducción de los niveles sonoros en la zona.
- Medidas cautelares a adoptar en caso de situación grave.

La propuesta puede proponer la adopción de las siguientes medidas correctoras de la contaminación acústica:

- Cortar el tráfico durante determinados períodos (coincidentes con aquellos en que se haya comprobado la superación de los objetivos de calidad).
- Reducir el horario en que se lleven a cabo las actividades que contribuyan a la superación de los niveles.
- Vigilancia por agentes de la autoridad.
- Remover o suspender la concesión de licencias.
- Limitadores de potencia acústica, en aquellos locales con ambientación sonora.
- Medidas de concienciación mediante carteles, trípticos, etc., en la zona.

5.3.2.3. Plan de Mejora de la Calidad Acústica

El Decreto define el Plan de Mejora de la Calidad Acústica, en el supuesto de que la presencia de una infraestructura de transporte ocasione una superación en más de 10 dB(A) de los niveles fijados en la Ley 7/2002.

El Plan de Mejora de la Calidad Acústica puede incluir algunas medidas como las siguientes:

- Prohibición de la circulación de alguna clase de vehículos con posibles restricciones de velocidad durante determinados intervalos horarios en que la circulación sea más intensa.
- Utilización de mezclas asfálticas acústicamente absorbentes para la banda de rodadura del pavimento.
- Puesta en servicio de transportes públicos especialmente silencioso, como los eléctricos, a gas, mixtos y similares.
- Acondicionamiento acústico de los túneles, especialmente en sus embocaduras.
- Utilización de pantallas acústicas de diversas formas y materiales, según los casos, que queden, en la medida de lo posible, integradas en el entorno.
- Realizar cuantas medidas de gestión de tráfico se consideren oportunas.

En el supuesto de que las medidas no consiguieran reducir los niveles sonoros, los sectores del territorio afectados al funcionamiento o desarrollo de las infraestructuras de transporte, así como los sectores de territorio situados en el entorno de tales infraestructuras, existentes o proyectadas, pueden quedar gravados por servidumbres acústicas, delimitadas en los mapas de ruido (de acuerdo con la Ley 37/2003).

5.3.2.4. Mapa Acústico

El Mapa Acústico del municipio está constituido por la representación gráfica de los niveles de ruido existentes en el municipio, con objeto de analizarlos y aportar información acerca de las fuentes sonoras causantes de la contaminación acústica.

Si se dispone de datos suficientes que permitan caracterizar la situación acústica de zonas del municipio mediante métodos predictivos, se emplearán los recomendados en la Directiva 49/2002/CE, representando, al menos, el nivel equivalente ponderado para todo el período diurno ($L_{Aeq,D}$) y para todo el período nocturno ($L_{Aeq,N}$).

En cualquier caso, dichos modelos deben ser validados mediante medición en puntos representativos de la zona modelizada.

Las mediciones de los niveles $L_{Aeq,D}$ y $L_{Aeq,N}$ para caracterizar los niveles sonoros en las zonas en que no se disponga de datos o en su caso, validar los modelos aplicados,

se llevan con el micrófono del sonómetro situado a una altura mínima de 1,5 metros, evitando obstáculos que puedan apantallar el sonido.

Los puntos de medición se eligen en función de las áreas diferenciadas por el uso existente o previsto:

- En las principales vías de comunicación, en las calles elegidas según la intensidad del tráfico.
- En áreas residenciales y comerciales y áreas especialmente protegidas por su valor medio ambiental, los puntos se determinarán mediante cuadrículas. Como norma general, la diferencia de niveles de presión sonora entre puntos de medición adyacentes no debería ser mayor que $5 \text{ dB}(A)$. Si significativamente son encontradas mayores diferencias, serán usados puntos intermedios, mediante una cuadrícula de menor tamaño.
- En áreas de suelo no urbanizable, áreas de uso terciario, en los centros históricos y áreas de uso sanitario y docente será suficiente con obtener el nivel de evaluación del punto donde el nivel sonoro sea más elevado.
- Si se trata de municipios turísticos con acusada variación estacional en sus niveles sonoros, se distinguirá entre la situación acústica vacacional y la habitual durante el resto del año.

Sobre el mapa acústico, se identifican las fuentes ruidosas, tanto actividades como infraestructuras, y se representan la clasificación (suelo no urbanizable, urbanizable y urbano) y calificación (usos pormenorizados) urbanística del municipio, con objeto de establecer las siguientes áreas (*Ley 7/2002*):

- Principales vías de comunicación.
- Áreas residenciales.
- Áreas de uso terciario, distinguiendo entre Uso industrial, recreativo y de espectáculos y uso comercial.
- Áreas especialmente protegidas por estar destinadas a usos sanitarios y docentes y culturales.
- Áreas especialmente protegidas por los valores medioambientales que residen en las mismas y que precisan estar preservados de la contaminación acústica (cuando proceda).
- Áreas de los centros históricos.

Cada una de estas áreas debe quedar caracterizada en función de los niveles de ruido existentes en ella.

Asimismo, se debe identificar las zonas en que los niveles sonoros superen los objetivos de calidad que le correspondan y en cuanto se superan, en bandas de 5 dB(A).

5.3.2.5. Programa de Actuación

El Programa de Actuación contiene las siguientes medidas a adoptar para mejorar la situación acústica del municipio, sobre la base de la información proporcionada por el Mapa Acústico:

- Ordenación de las actividades generadoras de ruido implantadas o a implantar.
- Regulación del tráfico rodado.
- Programas de minimización de la producción y transmisión de ruidos.
- Establecimiento de sistemas de control de ruido.
- Cualesquiera otras que se consideren adecuadas para reducir los niveles sonoros.

Se debe exponer claramente la delimitación de las zonas en que se van a aplicar dichas medidas, así como el instante en que se van a aplicar y qué vigencia van a tener.

También debe proponerse un plan de seguimiento de la efectividad de dichas medidas correctoras, mediante la medición en continuo de los niveles sonoros (monitorizado) o mediante campañas de muestreo programadas.

5.3.2.6. Instrumentos de Planeamiento Urbanístico

1. Municipios con obligación de realizar un PAM (> 20000 habitantes)

El planeamiento general del municipio, debe contemplar en su diseño la información y las propuestas contenidas en el Plan Acústico Municipal (PAM).

- Diferenciación entre las áreas acústicas previstas y existentes.
- Ordenación de las actividades generadoras de ruido implantadas o a implantar en el municipio.
- Compatibilidad de las zonas recalificadas como urbanizables con los niveles de ruido existentes y los focos de ruido del entorno.
- Medidas correctoras a adoptar para el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos.

Finalmente, justificar que la regulación del *tráfico rodado* se ajuste a la establecida en el Programa de Actuación del PAM.

2. Municipios sin obligación de realizar un PAM (< 20000 habitantes)

Todos los instrumentos de planeamiento urbanístico o territorial deben incluir para su aprobación un Estudio Acústico en su ámbito de ordenación, firmado por un técnico competente.

En el caso del planeamiento general del municipio, el Estudio Acústico debe contener:

- Clasificación y usos previos del suelo en el municipio.
- Clasificación del suelo de los municipios colindantes en los lindes con el municipio.
- Identificación de las actividades e infraestructuras ruidosas en el municipio.
- Compatibilidad de las zonas reclasificadas como urbanizables con los niveles de ruido existentes y los focos de ruido de entorno.
- Medidas correctoras a adoptar para el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos.

En el resto de instrumentos de planeamiento, el contenido mínimo del Estudio Acústico es:

a) Caracterización de la situación previa a la ordenación prevista:

- Niveles sonoros medidos
- Clasificación y usos previos del suelo en el entorno de la actuación.

b) Caracterización de la situación posterior a la ordenación prevista:

- Clasificación y usos previstos del suelo en el ámbito de ordenación.
- Compatibilidad de dichos usos con los niveles sonoros preexistentes.
- Modelización mediante métodos matemáticos del ruido producido por las actividades e infraestructuras previstas, según los modelos recomendados en la Directiva 2002/49/CEE o los adoptados como oficiales por el Gobierno.
- Niveles sonoros esperados.
- Medidas correctoras adoptadas tanto para proteger la ordenación prevista de fuentes de ruido preexistentes en el entorno como para evitar su influencia sobre dicho entorno. Justificación técnica de la efectividad de dichas medidas correctoras.

c) Representación Figura de la caracterización de la situación acústica previa al desarrollo y de la posterior, con las siguientes características:

- Planos a escala de dibujo mínima de 1:10000.
- Identificación de los puntos de mediciones.
- Identificación de las fuentes ruidosas, tanto actividades como infraestructuras.

5.5. NORMATIVA LOCAL: ORDENANZAS MUNICIPALES

El último punto a abordar con respecto a las normativas sobre ruido, es la responsabilidad que compete a los ayuntamientos que, con la ayuda de las ordenanzas municipales, pretenden regular el problema.

Pero en el caso que nos atañe, dicha ordenanza municipal que nos dictaría, entre otros casos, los límites máximos que no se deben sobrepasar, no consta en la población de Altea a día de hoy.

El Ayuntamiento de Altea es el único responsable que puede redactar y aprobar una Ordenanza Municipal que regule la emisión y recepción de ruidos y vibraciones.

La ordenanza deberá tener una composición general estructurada en títulos, capítulos y artículos.

6. ESTUDIO ACÚSTICO EN ALTEA

6.1 INTRODUCCIÓN

Para poder evaluar y/o estudiar los niveles acústicos de la zona, se determinó el lugar donde se colocarían los puntos de medida. Una vez especificada la situación de los diversos puntos, se definieron las franjas horarias y, teniendo en cuenta la fluidez del tráfico, se determinó la duración de las medidas y el número de muestras a tomar.

Al finalizar cada muestra, se tomó nota por escrito (ver anexo I) de la fecha y hora en que se realizó cada medida, los parámetros más importantes que el sonómetro calcula en cada medida (L_{eq} , L_{10} , L_{50} , L_{90}) y las condiciones atmosféricas de cada punto a las diferentes franjas horarias..

Además, se determinó, mientras se realizaban las mediciones, el caudal del tráfico diferenciando vehículos ligeros (turismos), vehículos pesados (vehículos de gran tonelaje, camiones,..) y motocicletas.

Una vez obtenidos todos los resultados y evaluar el impacto acústico de las mediciones in situ, el siguiente paso consistió en hacer el estudio acústico predictivo de las medidas efectuadas en el programa informático PREDICTOR.

6.2. ALTEA

6.2.1 Encuadre geográfico

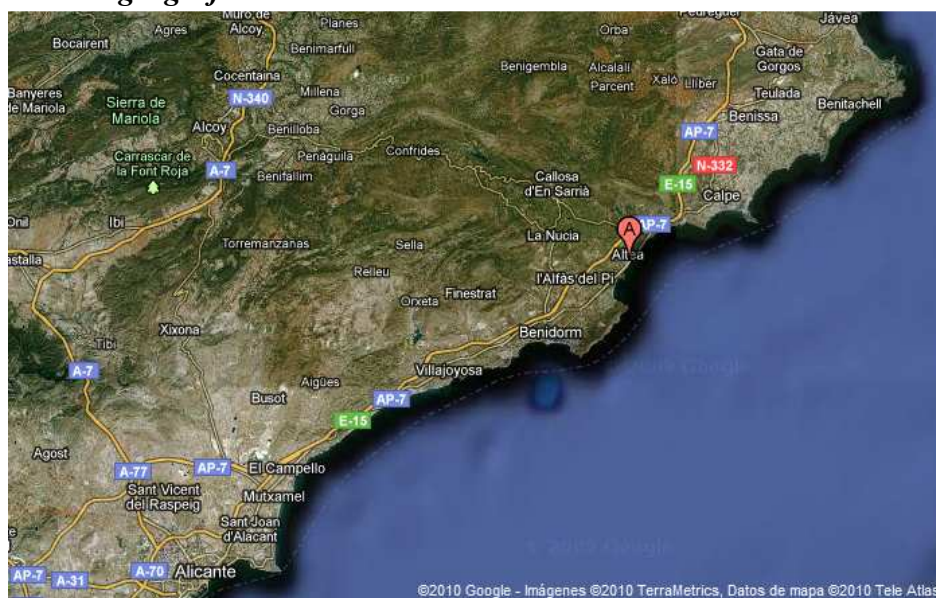


Figura 12. Mapa del encuadre de Altea

Altea es un municipio de la Comunidad Valenciana, España. Situado en la provincia de Alicante, en la comarca de la Marina Baja. Se encuentra en la costa del Mar Mediterráneo, al norte de Benidorm y al sur de Calpe.

El clima de Altea, típico del mediterráneo, tiene inviernos suaves y veranos cálidos. La proximidad del mar actúa como un elemento regulador, evitando así las oscilaciones térmicas.

El término municipal de Altea tiene una superficie de $34,43 \text{ km}^2$. La población de la ciudad, es de 23.780 habitantes, según el Instituto Nacional de Estadística (2008), siendo una de las zonas más densamente pobladas de la provincia de Alicante con aproximadamente $690,68 \text{ Hb/Km}^2$

6.2.2 Situación de los puntos de medida

La zona afectada por el impacto acústico de la N-332 a su paso por Altea es de aproximadamente $2,5 \text{ Km}$ de longitud, comprendiendo las siguientes calles:

- 1.- Carretera Valencia-Alicante.
- 2.- Calle la Mar.
- 3.- Calle Conde de Altea.

Se ha decidido escoger estas tres calles porque es uno de los accesos a la población más importante y en estas vías se concentran la mayor parte de vehículos, además prácticamente todo el recorrido estudiado está rodeado de viviendas provocando quejas constantes de los vecinos debido al ruido que provoca el tráfico.

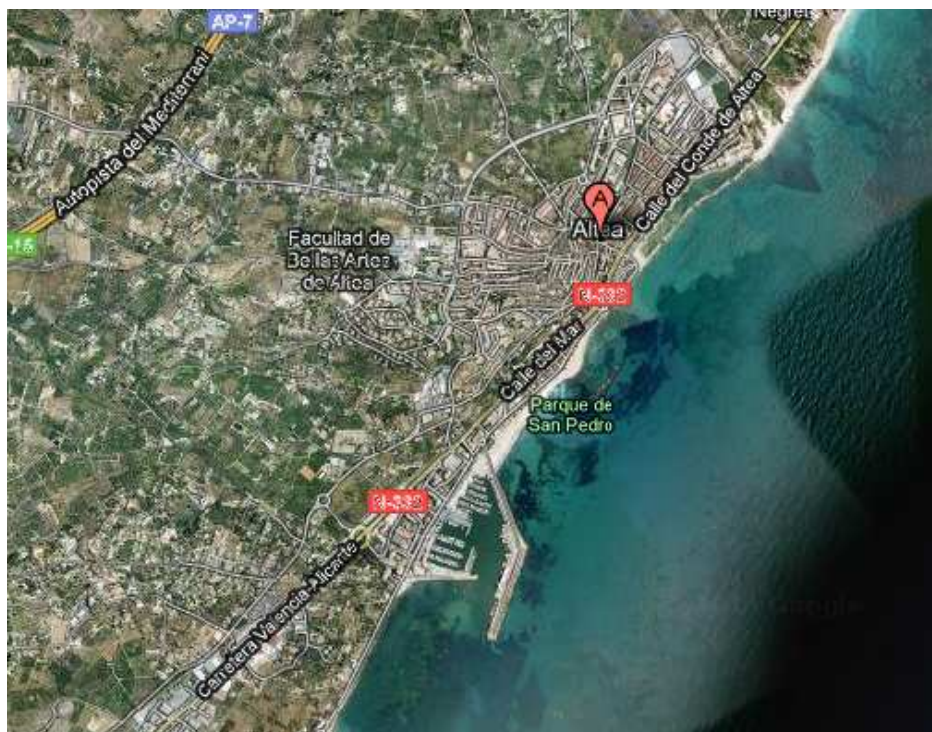


Figura 13. Mapa Satélite Altea

1.- Carretera Valencia-Alicante, donde tenemos situado nuestro primer y único punto de medida en esta carretera, llamado ZONA1.



Figura 14. Punto 1

2.- La Calle la Mar de *1070 metros* de longitud, que la podemos descomponer en tres punto.

-El primero de ellos sólo tiene edificios en un lado, siendo su altura media de *8.7 metros*. En el otro lado hay una tapia de *2 metros* de altura. Así, la altura media de este tramo es de *5.35 metros*. Por la parte que no hay edificios pasa la vía del tren. Este punto lo llamaremos ZONA 2.



Figura 15. Punto 2

- El segundo tramo sólo tiene edificios en un lado, siendo su altura media de *8.7 metros*. En esta zona se encuentra la estación del tren. En este tramo se encuentra el punto de medida número 3, al que llamaremos ZONA3.



Figura 16. Punto 3

- El tercer y último tramo de la Calle la Mar, de *420 metros*, tiene una anchura de *10 metros* y una altura media de los edificios de *10.75 metros*. A *10 metros* del punto hay un cruce. En este tramo se encuentra el ZONA4.



Figura 17. Punto 4

3.- La Calle Conde de Altea de 670 metros de longitud, que la podemos descomponer en dos puntos en función de distintos parámetros.

- El primer tramo de la Calle Conde de Altea, de *180 metros* de longitud, tiene una anchura de 11 metros y una altura media de los edificios de *15.78 metros*. En este tramo se encuentra el punto de medida 5 y lo llamaremos ZONA5.



Figura 18. Punto 5

- El primer tramo de la Calle Conde de Altea tiene una longitud de *250 metros*. Esta zona tiene edificios en ambas partes. En este tramo se encuentra el punto de medida 6. Lo identificamos como ZONA 6.



Figura 19. Punto 6

6.2.2.1 Franjas horarias y número de medidas

Los horarios para la realización de las medidas se escogieron en función de la fluidez del tráfico, realizando éstas de lunes a viernes. Las franjas horarias elegidas fueron las siguientes:

- 08:00 - 18:00: Franja horaria durante el día
- 18:00 - 22:00: Franja horaria durante la tarde
- 22:00 – 08:00: Franja horaria durante la noche

Como norma general, los periodos de medición deben ser tan largos como sea necesario, a fin de obtener un conocimiento exacto de la evolución del ruido. Existe una estrecha relación entre la elección de dichos periodos y el caudal de tráfico, que establece que, a medida que el caudal de tráfico disminuye o se hace más irregular, el tiempo de medición debe ser mayor, mientras que si el tráfico es intenso, podrá reducirse el tiempo de medición.

Los periodos de medición que suelen utilizarse en función de las características del tráfico son:

- Tráfico urbano diurno intenso: 5 a 10 minutos.
- Tráfico urbano diurno poco intenso: 10 a 15 minutos.
- Tráfico urbano nocturno: 20-30 minutos.
- Tráfico interurbano intenso: 10-20 minutos.
- Tráfico interurbano poco intenso: 20-30 minutos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se decidió que cada medida se promediara sobre un periodo de diez minutos.

En cada punto y para cada franja horaria, se efectúan tres medidas en días distintos. De esta forma se obtendrá una medida promediada lo más significativa posible. En total se hicieron un total de 54 medidas.

6.2.2.1 Densidad de tráfico en la zona

La densidad de tráfico de la N-332 a su paso por Altea, se ha obtenido a partir del conteo de vehículos que circulaban por la carretera en el momento en que se realizaron las medidas, se contaron varias veces para obtener una media significativa, de manera que el valor obtenido, se acercara lo más posible a la realidad.

Disponemos de los datos del periodo comprendido las 24 horas del día, ya que nuestras franjas horarias se realizaron en periodo de día, tarde, noche.

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos, en cada una de las tres franjas horarias elegidas. Estos resultados se han hallado multiplicando el número de vehículos contados en una medida por seis, teniendo como resultado el número de vehículos por hora en todos los puntos del análisis.

	DIA	TARDE	NOCHE
Q-V _L (1h)	1192	1117	440
Q-V _P (1h)	58	12	11
TOTAL	1250	1129	451

Tabla 5. Caudal de vehículos

Las indicaciones de la *tabla 5 Q-V_L(1h)* y *Q-V_P(1h)* hacen referencia a caudal de vehículos ligeros y pesados durante una hora.

6.3. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS.

Se ha hecho un análisis predictivo, y otro de las medidas *in situ* a continuación se muestran los resultados de los dos análisis.

6.3.1 Resultados del análisis *in situ*

En la siguiente tabla, podemos observar el resultado de las medidas comparadas con el límite de la normativa estatal de acuerdo con la *Ley 37/2003 de Ruido*.

Puntos de medida	L _{eq} (dB(A))	L _d (dB(A))	Cumplimiento de la	L _e (dB(A))	Cumplimiento de la	L _n (dB(A))	Cumplimiento de la
			Normativa (L _d <60 dB(A))		Normativa (L _e <60 dB(A))		Normativa (L _n <50 dB(A))
Punto 1	69,7	71	NO CUMPLE	69,4	NO CUMPLE	68,1	NO CUMPLE
Punto 2	68,9	70,6	NO CUMPLE	66,3	NO CUMPLE	68,7	NO CUMPLE
Punto 3	70,6	72,1	NO CUMPLE	70,6	NO CUMPLE	68,,2	NO CUMPLE
Punto 4	67,7	69,3	NO CUMPLE	67,8	NO CUMPLE	64,7	NO CUMPLE
Punto 5	70,9	72,2	NO CUMPLE	70,6	NO CUMPLE	69,4	NO CUMPLE
Punto 6	68,5	68,6	NO CUMPLE	68,1	NO CUMPLE	68,7	NO CUMPLE

Tabla 6. Medidas comparadas con la normativa estatal

Para poder comparar los resultados anteriores, nos fijamos en los límites de recepción según el uso dominante del suelo. En nuestro caso es el *residencial*. Y tenemos en cuenta la normativa estatal.

TIPO DE ÁREA		ÍNDICES DE RUIDO		
		Ld	Le	Ln
E	Sanitario, docente o cultural	55	55	45
A	Residencial	60	60	50
D	Uso terciario	65	65	55
C	Recreativo y espectáculos	68	68	58
B	Industrial	70	70	60

Tabla 7. Índices de ruido según el tipo de área. Normativa estatal

Observamos que comparando los resultados obtenidos, con los niveles externos que deberían ser, según la *ley 37/2003*, nos damos cuenta que ningún punto medido cumple esta ley. Todos superan, incluso algunos con creces, el nivel de presión sonora.

Para poder tener mayor información y una visión global de todos los datos, ver el *anexo I*.

Aunque se han comparado los medidas con la normativa estatal, también tenemos que comprobar los resultados obtenidos con la normativa autonómica, de acuerdo con la *Ley 7/2002*.

Puntos de medida	L _{eq} (dB(A))	L _d (dB(A))	Cumplimiento de la Normativa (L _d <55 dB(A))	L _n (dB(A))	Cumplimiento de la Normativa (L _n <45 dB(A))
Punto 1	69,7	71	NO CUMPLE	68,1	NO CUMPLE
Punto 2	68,9	70,6	NO CUMPLE	68,7	NO CUMPLE
Punto 3	70,6	72,1	NO CUMPLE	68,,2	NO CUMPLE
Punto 4	67,7	69,3	NO CUMPLE	64,7	NO CUMPLE

Punto 5	70,9	72,2	NO CUMPLE	69,4	NO CUMPLE
Punto 6	68,5	68,6	NO CUMPLE	68,7	NO CUMPLE

Tabla 8. Medidas comparadas con la normativa autonómica

USO DOMINANTE	L _{DÍA} dBA (de 8 a 22 horas)	L _{NOCHE} dBA (de 22 a 8 horas)
Sanitario	45	35
Residencial unifamiliar	50	40
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Tabla 9. Índices de ruido según el tipo de área. Normativa autonómica

En este caso, al ser la norma autonómica más restrictiva que la estatal, nos damos cuenta que tampoco cumple con ningún punto. Observamos que comparando los resultados obtenidos, con los niveles externos, todos superan el nivel de presión sonora.

6.3.2. Resultados del Análisis Predictivo

El siguiente análisis se ha realizado con el programa predictivo “predictor”, se han obtenido los siguientes resultados:

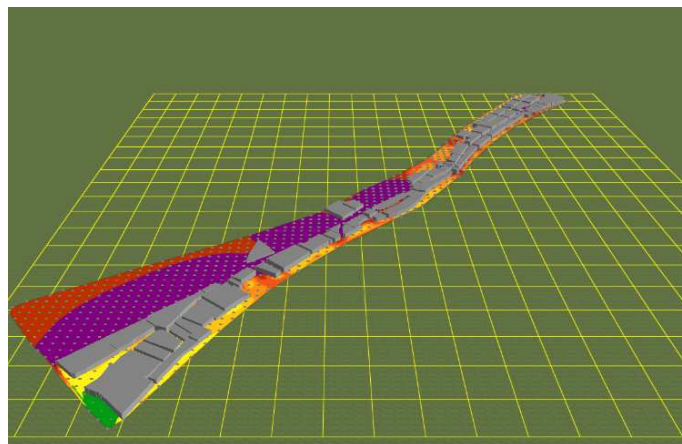


Figura 20. Área de predicción

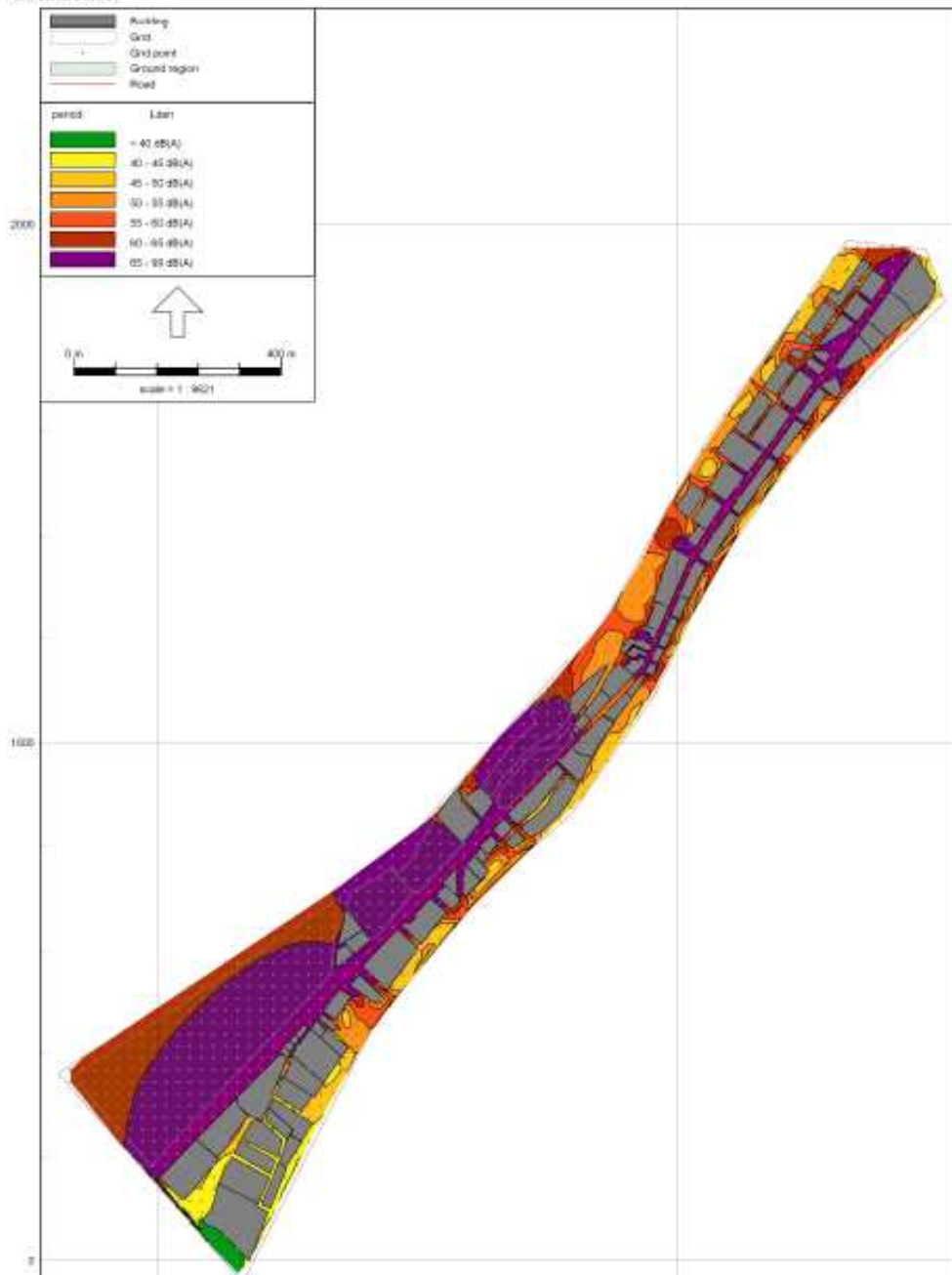


Figura 21. Mapa predictivo

6.3.3. Comparación con el estudio realizado en el año 2001

Como ya hemos adelantado en la introducción, el objetivo de este proyecto es hacer una evaluación acústica de la N-332 a su paso por *Altea*, pero también tenemos como objeto la comparación de éste estudio con otro realizado en la misma localización el año 2001.

La elección de los puntos no ha sido exactamente la misma, porque en algunos el contorno había cambiado, pero la evaluación ha sido en el mismo tramo, así que

obtendremos un nivel equivalente de la carretera y lo compararemos con los datos obtenidos en el 2001.

En la siguiente tabla, podemos ver un pequeño análisis del estudio realizado en el año 2001.

Punto	L _{eq}	L10	L50	L90
1	73.54	76.47	70.37	63.93
2	73.09	75.87	69.23	60.63
3	74.39	77.31	71.12	62.27
4	74.49	77.36	71.97	63.74
5	74.75	77.37	71.77	66.70
6	74.64	77.53	70.63	63.73

Tabla 10. Niveles en el año 2001

A continuación se puede ver una gráfica comparando los niveles del año 2001 y el año 2010.

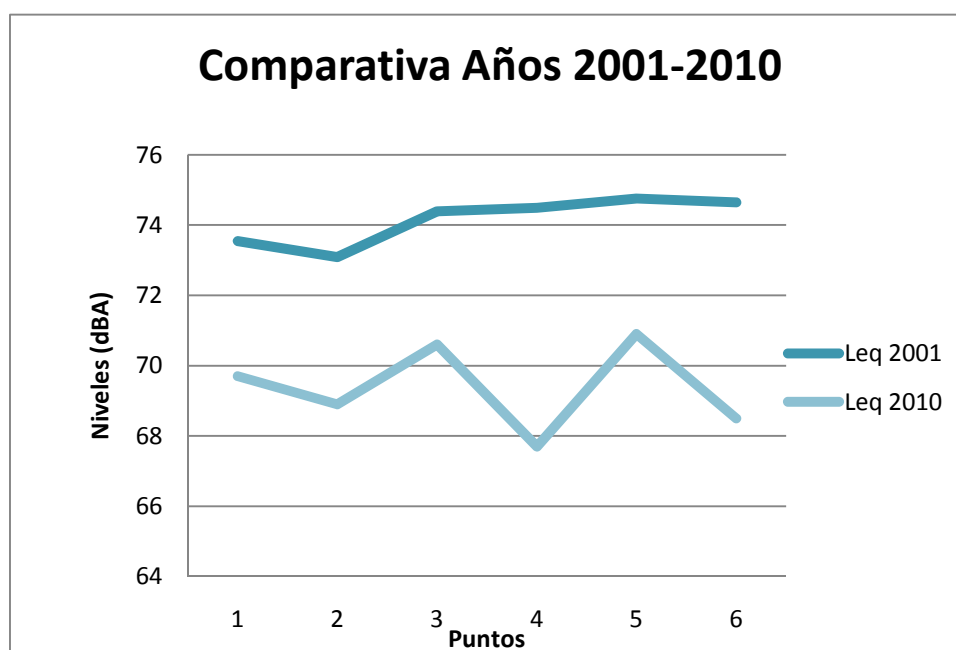


Figura 20. Comparación años 2001-2010

6.4. CONCLUSIONES

Observando los resultados de las mediciones in situ, se puede comprobar que los niveles de ruido emitidos por el tráfico rodado no cumplen con la normativa 7/2002 de la Generalitat Valenciana, superando en las dos franjas horarias, los límites establecidos.

Además, comparándolos con la normativa estatal, más generosa con los límites de ruido, no cumplen las restricciones, superando en gran parte de los puntos los niveles.

Analizando los niveles con las tres franjas horarias, tal y como se indica en la normativa estatal, los puntos más conflictivos son en la franja de *dia*, ya que si tenemos en cuenta que las medidas se realizaron en el mes de julio, en periodo de verano, hay más tráfico por la mañana que por la tarde o por la noche.

Haciendo la comparación con el estudio realizado en el año 2001, nos damos cuenta que los niveles emitidos en el año 2010 son más bajos, puesto que se ha hecho un nuevo desvío en la entrada sur de Altea. Esto hace que el tráfico no se concentre tanto en la N-332. Con este desvío lo que se pretendía era aligerar el tráfico por la N332, haciendo otra entrada al pueblo con éste desvío.

6.5. MEDIDAS CORRECTORAS

Cuando se trata de reducir el impacto acústico de una vía de circulación que pasa próxima a una urbanización, las barreras acústicas son el método más eficaz para hacer un primer tratamiento de protección acústica por apantallamiento de la fuente.

A continuación se esbozan algunas medidas a emplear en la fase de diseño y otras posteriores basadas en las propiedades de las fuentes de ruido del tráfico y en su transmisión:

- En la fase de diseño:
 - La elección del trazado (deprimido, pendientes, curvas, etc.).
 - El distanciamiento de la traza. Se consiguen disminuciones de *3dBA* al duplicar la distancia a la fuente de ruido.
 - La disposición en pendiente o rampa según la proximidad al núcleo habitado.
 - La utilización de pavimentos poco ruidosos.
- Según las propiedades de los sonidos:
 - Concentrar el tráfico en pocas vías, si la capacidad de estas lo permiten.
 - Proyectar las vías principales por las zonas con niveles más elevados.
- En zonas urbanas:
 - Limitar la velocidad.
 - Sincronizar semáforos.
 - Supresión nocturna del funcionamiento de los semáforos.

Para el caso de Altea lo primero que hay que tener en cuenta es que el empleo de pantallas no tiene ningún sentido debido a que se trata de un núcleo urbano y por lo tanto su ejecución es imposible y su eficacia nula, por lo que conviene recurrir a otro tipo de alternativas.

MEDIDA CORRECTORA 1: Concienciar a los habitantes.

La primera de ellas sería concienciar a los habitantes de Altea de la necesidad de lograr una ciudad silenciosa, por medio de campañas de información (posters, folletos, audiovisuales, etc.).

MEDIDA CORRECTORA 2: Asfaltos fonoabsorbentes.

Los asfaltos fonoabsorbentes procuran minimizar las reflexiones sobre la calzada en el campo próximo a la fuente de ruido de tráfico; de modo que disminuya la propagación del ruido a mayores distancias. Un asfalto adecuado y bien mantenido en determinadas zonas de la vía puede reducir sensiblemente la radiación de ruido de rodadura.

MEDIDA CORRECTORA 3: Limitación dinámica de la velocidad de circulación.

Disminuyendo la velocidad de circulación de la vía permanentemente o en determinadas épocas del año, podemos garantizar minimizar el impacto acústico. A través de sistemas de monitorización en tiempo real de la densidad de tráfico se podrían modificar las velocidades máximas de circulación a través de paneles de información lumínicos. Esta monitorización podría asistirse con datos acústicos procedentes de equipos de monitorización acústica situados en las zonas de especial protección acústica

MEDIDA CORRECTORA 4: Supresión nocturna de semáforos

Consiste en la supresión nocturna del funcionamiento de los semáforos. De esta forma, los vehículos no tendrán que estar parados a la espera de que el semáforo les de paso.

MEDIDA CORRECTORA 5: Nuevos accesos a la localidad

La quinta consiste en eliminar el tráfico de vehículos a través del núcleo urbano, de forma que el nivel de ruido quedaría drásticamente reducido.

Para la realización de esta medida, existen dos alternativas:

1. La liberalización de la autopista A-7.

Esta solución reduciría el problema aunque no lo eliminaría. Hay que tener en cuenta que los vehículos, tanto ligeros como pesados, que tienen que tomar la autopista A-7 para sus desplazamientos, ya lo hacen, sea ésta gratuita o no. Esta medida tendría su utilidad en el caso de los vehículos ligeros, disminuyendo el número de estos.

2. Desvío de la N-332 a su paso por Altea, por medio de la construcción de una circunvalación.

La siguiente propuesta es la medida más apropiada para el caso que estamos tratando, ya que supondría la eliminación del tráfico pesado, y de parte del tráfico

ligero. La circunvalación tendrá que disponer de distintos accesos a las distintas zonas industriales de la zona.

Sin embargo, resultaría sumamente costoso la realización de la circunvalación debido a que en las afueras de Altea, que es por la zona que debería transcurrir el desvío en cuestión, hay gran cantidad de urbanizaciones y de zonas residenciales, por lo que resultaría una solución muy costosa, además de económicamente, burocráticamente.

Así, la solución más adecuada podría ser la liberalización de la autopista, pero construyendo una salida de la misma a las afueras de Altea, por la parte sur, ya que por la norte ya existe salida de la autopista. Así, se facilitarían los desplazamientos entre localidades próximas, sin tener que retroceder en algún tramo para coger el desvío (autopista, hoy en día).

MEDIDA CORRECTORA 6:

Consiste en reforzar el aislamiento de las viviendas situadas en las proximidades de la N-332, para lo cual se tendrían que ofrecer a los habitantes de las mismas ayudas económicas al respecto.

ANEXO I

En el siguiente anexo se presenta todas las medidas obtenidas para las diferentes franjas horarias.

- Medidas obtenidas:

En estas tablas se han recogido los niveles obtenidos para las tres franjas horarias de los seis puntos.

En ella se recoge:

- L_{Aeq} : Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A
- Nivel L_{10} : Nivel alcanzado o sobrepasado durante el 10 % del tiempo de medición.
- Nivel L_{50} : Nivel alcanzado o sobrepasado durante el 50 % del tiempo de medición.
- Nivel L_{90} : Nivel alcanzado o sobrepasado durante el 90 % el tiempo de medición. Representa el ruido de fondo.
- QVL: Caudal de vehículos ligeros
- QM: Caudal de motocicletas
- QVP: Caudal de vehículos pesados
- QTOTAL: Suma de todos los caudales, caudal total
- Qv/h: Caudal de vehículos en una hora

PUNTO 1 → DÍA									
HORA	L_{Aeq} (dBA)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	QVL	QM	QVP	QTOTAL	Qv/h
14:31	71,3	75,2	67,2	54,2	171	10	4	185	1110
11:53	70,6	74,3	67,1	55	198	0	19	217	868
9:23	71,1	75,1	68,3	56,7	182	0	21	203	812
PROMEDIO	71	74,9	67,5	55,3	183,6	3,3	14,66	201,67	930

PUNTO 1
→ TARDE

HORA	L _{Aeq} (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
20:44	69,4	72,8	67,2	56,4	164	9	0	173	1038
22:50:00	68,3	73,2	61,7	49,6	86	6	0	92	552
17:43	70,3	73,8	67,9	55,8	194	13	5	212	1272
PROMEDIO	69,4	73,3	66,3	54,8	148	9,33333	1,66667	159	954

PUNTO 1
→ NOCHE

HORA	L _{Aeq} (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
23:37	68,3	72,6	63	49,8	67	9	1	77	462
1:52:10	65,2	69,3	53,5	44,9	29	5	1	35	210
23:02:13	69,6	74,1	64,5	51,7	101	7	2	110	660
PROMEDIO	68,1	72,4	62,3	49,6	65,66	7	1,33	74	444

PUNTO 2
→ DIA

HORA	L _{Aeq} (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
14:48:50	71,3	75,1	67,4	50,7	162	5	6	173	1038
12:09:45	70,5	73,9	66,8	61,1	160	13	13	186	1116
11:52:22	70	73,6	67,8	58,1	168	10	8	186	1116
PROMEDIO	70,6	74,2	67,4	58,3	163,3	9,33	9	181,67	1090

PUNTO 2
→ TARDE

HORA	L _{Aeq} (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
21:03:24	70,6	74,3	67,7	52,7	160	9	2	171	1026
20:01:35	70,3	73,8	68	55,9	191	12	1	204	1224
18:14:48	72	74,9	68,1	54,7	174	11	3	188	1128
PROMEDIO	66,3	69,6	63,2	49,9	175	10,67	2	187,67	1126

PUNTO 2
→ NOCHE

HORA	L _{Aeq} (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
23:18:14	68,9	73,7	59,6	45,8	79	3	0	82	492
1:35:58	67	70,1	50,9	42	35	4	0	39	234
23:19:04	69,8	73	62,4	49,1	90	4	5	99	594
PROMEDIO	68,7	72,5	59,7	46,5	68	3,67	1,67	73,33	440

PUNTO 3
→ DIA

HORA	L _{Aeq} (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
15:06:34	71,8	74,7	69,5	63,5	176	9	10	195	1170
12:32:35	71,9	74,7	68,7	64,2	171	10	9	190	1140
11:20:09	72,5	75,5	70,2	64,5	219	11	9	239	1434

PROMEDIO	72,1	75	69,6	64,1	188,67	10	9,33	208	1248
-----------------	-------------	-----------	-------------	-------------	---------------	-----------	-------------	------------	-------------

PUNTO 3
→ TARDE

HORA	L_{Aeq} (dBA)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
21:25:15	71,7	74,2	68,3	59,9	161	9	1	171	1026
19:46:41	70,7	73,6	67,2	62,7	187	10	3	200	1200
18:41:11	68,8	72,6	65,7	61,1	171	11	1	183	1098
PROMEDIO	70,6	73,5	67,2	61,4	173	10	1,67	184,67	1108

PUNTO 3
→ NOCHE

HORA	L_{Aeq} (dBA)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
23:37:58	68,3	72,6	63	49,8	73	2	1	76	456
1:21:23	67,4	72,4	56,4	42,6	41	3	0	44	264
23:33:59	68,9	73,1	65	54,3	94	2	4	100	600
PROMEDIO	68,2	72,7	62,7	51,1	69,3333	2,3333	1,66667	73,3333	440

PUNTO 4
→ DÍA

HORA	L_{Aeq} (dBA)	L_{10} (dBA)	L_{50} (dBA)	L_{90} (dBA)	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
14:08:30	69	71,6	66,93	63,35	217	4	13	234	1404
13:34:29	68,7	71	66,1	62,84	239	31	8	278	1668

10:50:49	70,2	72,4	67,17	62,19	232	22	7	261	1566
PROMEDIO	69,3	71,7	66,8	62,8	229,3	19	9,33	257,67	1546

PUNTO 4
→ TARDE

HORA	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	QVL	QM	QVP	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)					
21:51:26	67,9	69,8	65,1	59,8	167	15	2	184	1104
20:22:23	68,2	70,6	65,8	62,6	227	24	1	252	1512
19:12:17	67,2	68,5	64,1	61,5	225	17	3	245	1470
PROMEDIO	67,8	69,7	65,1	61,4	206,3	18,67	2	227	1362

PUNTO 4
→ NOCHE

HORA	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	QVL	QM	QVP	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)					
23:57:56	63,7	68,6	55,3	45,4	46	2	0	48	288
1:05:43	66,1	70,6	60,2	50,7	67	6	0	73	438
0:56:49	64	67,8	61,2	53,6	86	4	0	90	540
PROMEDIO	64,7	69,2	59,5	51	66,3	4	0	70,33	422

PUNTO 5
DÍA

→									
HORA	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)					
13:43:28	72	74,8	70,5	65,2	189	10	12	211	1266
12:32:35	71,9	74,7	68,7	64,2	204	21	6	231	1386
10:01:43	72,6	74,6	69,5	65,2	188	10	7	205	1230
PROMEDIO	72,2	74,7	69,6	64,9	193,67	13,67	8,3	215,67	1294

PUNTO 5 → TARDE									
HORA	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)					
19:44:00	70,3	72,7	68,2	64,9	209	12	5	226	1356
20:18:52	71,2	71,9	68,7	66	189	9	3	201	1206
21:01:57	70,1	72,8	68,8	64,6	207	18	1	226	1356
PROMEDIO	70,6	72,5	68,6	65,2	201,67	13	3	217,67	1306

PUNTO 5 → NOCHE									
HORA	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)					
0:14:07	69,3	73,6	63	55,8	46	2	2	50	300
0:29:09	68,8	72,7	65,9	54,8	113	8	4	125	750
0:32:41	70,1	73,2	67,3	57,4	93	7	4	104	624
PROMEDIO	69,4	73,2	65,7	56,1	84	5,67	3,33	93	558

PUNTO 6
→ DÍA

HORA	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)					
13:23:38	68,1	70,6	66,6	62,3	236	17	12	265	1590
13:00:25	69,7	72,6	67,6	63,9	240	6	9	255	1530
10:17:49	67,8	71,4	66	59,1	225	4	0	229	1374
PROMEDIO	68,6	71,6	66,8	62,2	233,67	9	7	249,67	1498

PUNTO 6
→ TARDE

HORA	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)					
20:02:49	66,7	69,7	65,3	60,6	235	15	2	252	1512
20:46:10	68,6	71,9	66,2	61,4	227	19	2	248	1488
20:00:24	68,8	72,2	67,2	59,7	178	11	0	189	1134
PROMEDIO	68,1	71,4	66,3	60,6	213	15	1,33	230	1378

PUNTO 6
→ NOCHE

HORA	L _{Aeq}	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	QVL	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{v/h}
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)					
0:31:11	64,8	69	55,4	44,9	40	4	0	44	264
0:29:09	68,8	72,7	65,9	54,8	113	8	4	125	750
0:16:02	70,7	73,9	65,4	52,4	102	0	0	102 ⁷⁸	612
PROMEDIO	68,7	72,3	64,1	52,3	85	4	1,33	90,3	542

ANEXO II

En este *anexo II* se muestran las condiciones atmosféricas para cada punto.

PERIODO DÍA:

P1

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,4	19,5	35,7
28/07/10	0,6	17,7	29,3
29/07/10	1,2	15,8	29,4

P2

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,6	22,7	36,2
28/07/10	0,5	18,5	30,1
29/07/10	0,5	17,3	33,4

P3

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,6	19,5	35,7
28/07/10	0,4	19,0	30,6
29/07/10	0,6	17,6	35,7

P4

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,5	19,5	35,7
28/07/10	0,8	16,4	35,6
29/07/10	0,8	17,6	33,0

P5

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,4	21,0	36,6
28/07/10	0,5	19,9	35,6
29/07/10	0,8	17,6	33,0

P6

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,5	21,1	36,5
28/07/10	0,5	19,9	35,6
29/07/10	0,5	17,3	28,5

PERIODO TARDE:

P1

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
26/07/10	0,6	22,4	35,3
28/07/10	0,6	19,0	28,6
29/07/10	0,8	17,6	33,0

P2

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
26/07/10	2,9	20,2	31,2
28/07/10	0,6	18,8	31,5
29/07/10	0,8	17,6	33,0

P3

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
26/07/10	1,8	20,03	31,3
28/07/10	1,3	18,6	29,7
29/07/10	0,8	17,6	33,0

P4

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
26/07/10	1,4	20,6	28,9
28/07/10	0,8	18,2	30,2
29/07/10	0,8	17,6	33,0

P5

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
26/07/10	2,1	20,1	28,0
28/07/10	0,5	19,3	30,2
29/07/10	0,8	17,6	33,0

P6

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
26/07/10	0,6	20,0	27,9
28/07/10	1,2	18,3	29,0
29/07/10	0,8	17,6	33,0

PERIODO NOCHE:**P1**

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,4	18,5	26,4
28/07/10	0,4	17,1	24,4
29/07/10	0,6	19,0	28,6

P2

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,5	18,8	26,3
28/07/10	0,8	16,7	24,5
29/07/10	0,9	19,0	28,9

P3

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	1,2	17,6	24,7
28/07/10	0,6	16,8	24,5
29/07/10	0,5	18,9	28,7

P4

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,7	17,8	24,7
28/07/10	0,4	16,8	24,9
29/07/10	0,4	17,9	29,2

P5

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,7	18,5	26,6
28/07/10	0,4	17,0	24,9
29/07/10	0,6	18,2	28,6

P6

Condiciones atmosféricas			
Día	V. del viento(m/s)	Humedad Relativa	Temperatura(°C)
27/07/10	0,4	17,5	24,1
28/07/10	0,7	17,0	24,2
29/07/10	0,7	18,6	29,0

ANEXO III

En este *anexo III* se muestra la hoja informativa que se ha utilizado cada vez que se hacia una medición.

INFORME

FECHA						
FRANJA HORARIA	DIA		TARDE		NOCHE	
HORA INICIAL			HORA FINAL			

UBICACIÓN	
PUNTO	
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO:	

RESULTADOS	
LA,eq	
OBSERVACIONES:	

CONDICIONES ATMOSFÉRICAS			
VELOCIDAD DEL VIENTO		PRESIÓN	
HUMEDAD RELATIVA		TEMPERATURA	

ANEXO IV

En la siguiente tabla se muestran cada una de las medidas realizadas de los niveles para cada franja horaria

DIA (7:00 - 19:00)			
	Medición1	Medición2	Medición3
	(dBA)	(dBA)	(dBA)
Punto 1	71,3	70,6	71,1
Punto 2	71,3	70,5	70
Punto 3	71,8	71,9	72,5
Punto 4	69	68,7	70,2
Punto 5	72	71,9	72,6
Punto 6	68,1	69,7	67,8

TARDE (19:00 - 23:00)			
	Medición1	Medición 2	Medición 3
	(dBA)	(dBA)	(dBA)
Punto 1	69,4	68,3	70,3
Punto 2	70,6	70,3	72
Punto 3	71,7	70,7	68,8
Punto 4	67,9	68,2	67,2
Punto 5	70,3	71,2	70,1
Punto 6	66,7	68,6	68,8

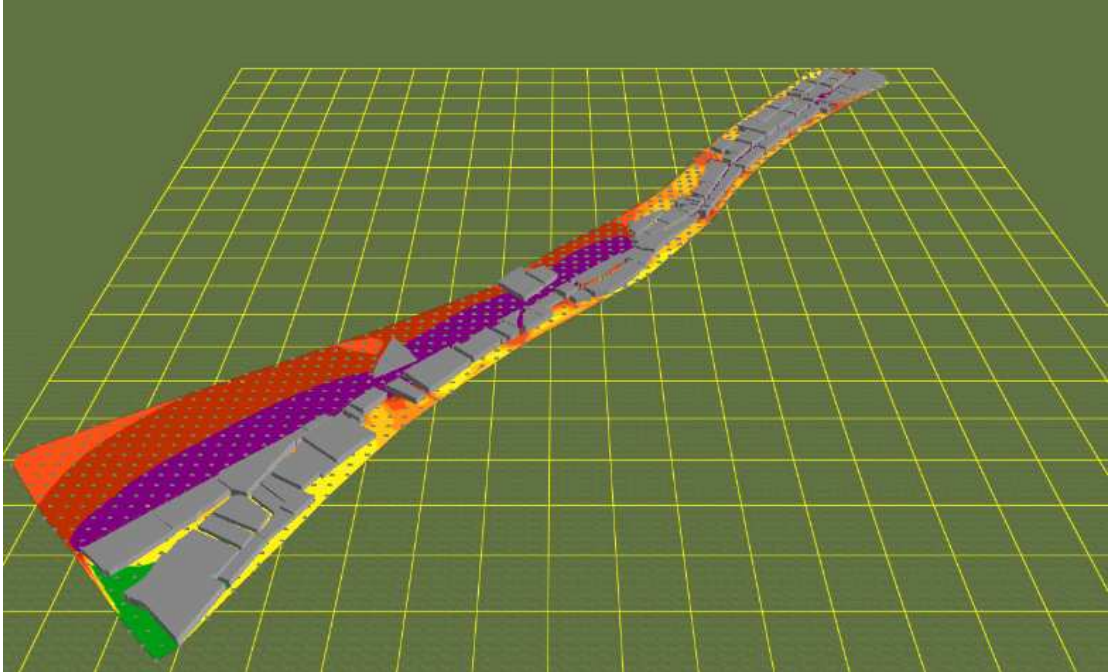
NOCHE (23:00 - 7:00)

	Medición 1	Medición2	Medición3
	(dBA)	(dBA)	(dBA)
Punto 1	64,8	68,8	70,7
Punto 2	69,3	68,8	70,1
Punto 3	63,7	66,1	64
Punto 4	68,3	67,4	68,9
Punto 5	68,9	67	69,8
Punto 6	68,3	65,2	69,6

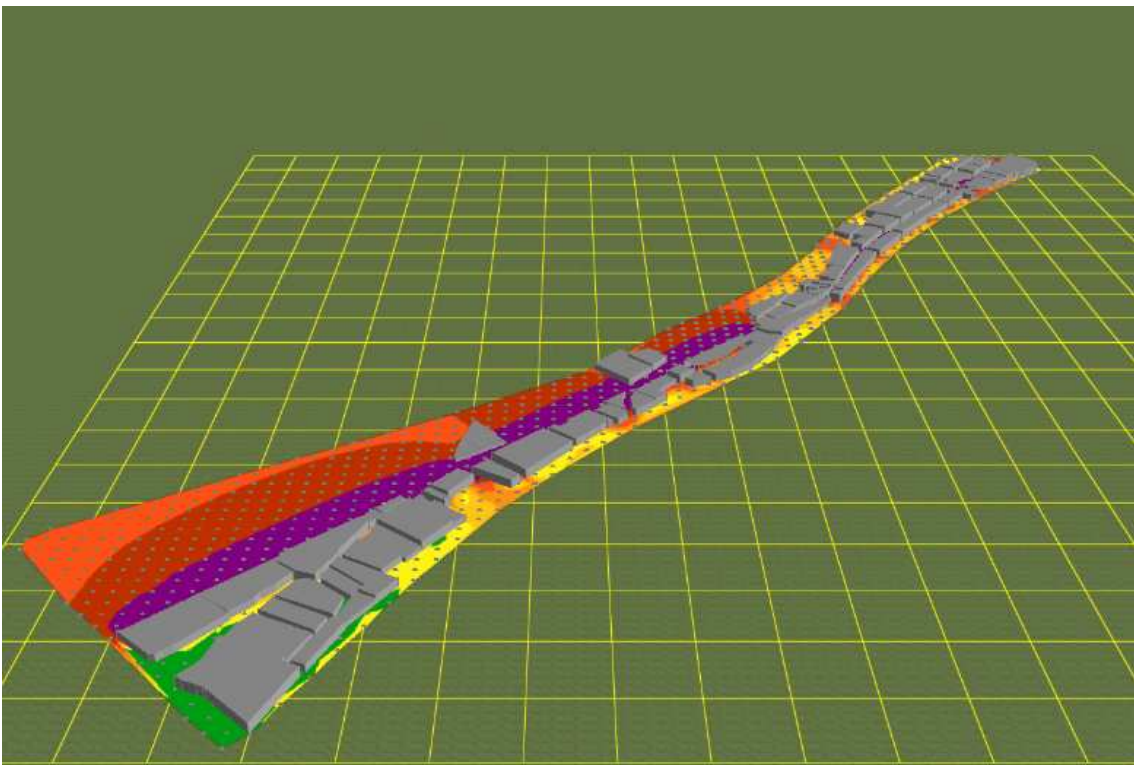
ANEXO V

A continuación se pueden ver los mapas resultantes del análisis predictivo:

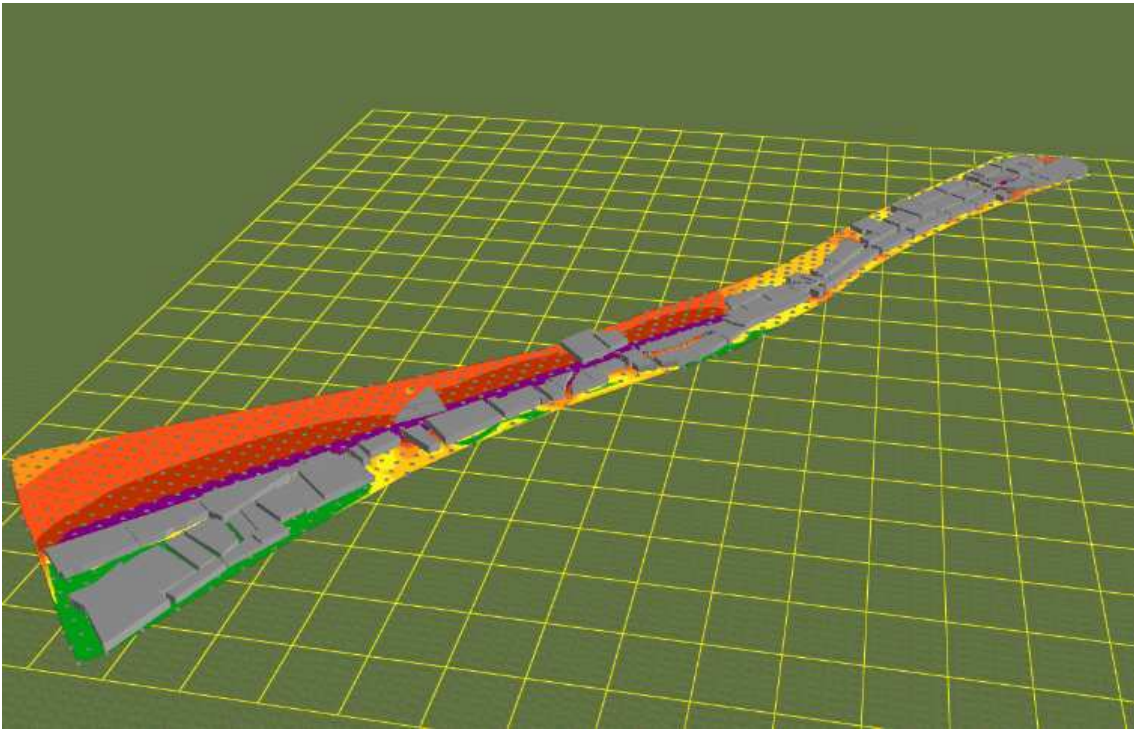
- Mapa en 3D correspondiente a la franja diurna :



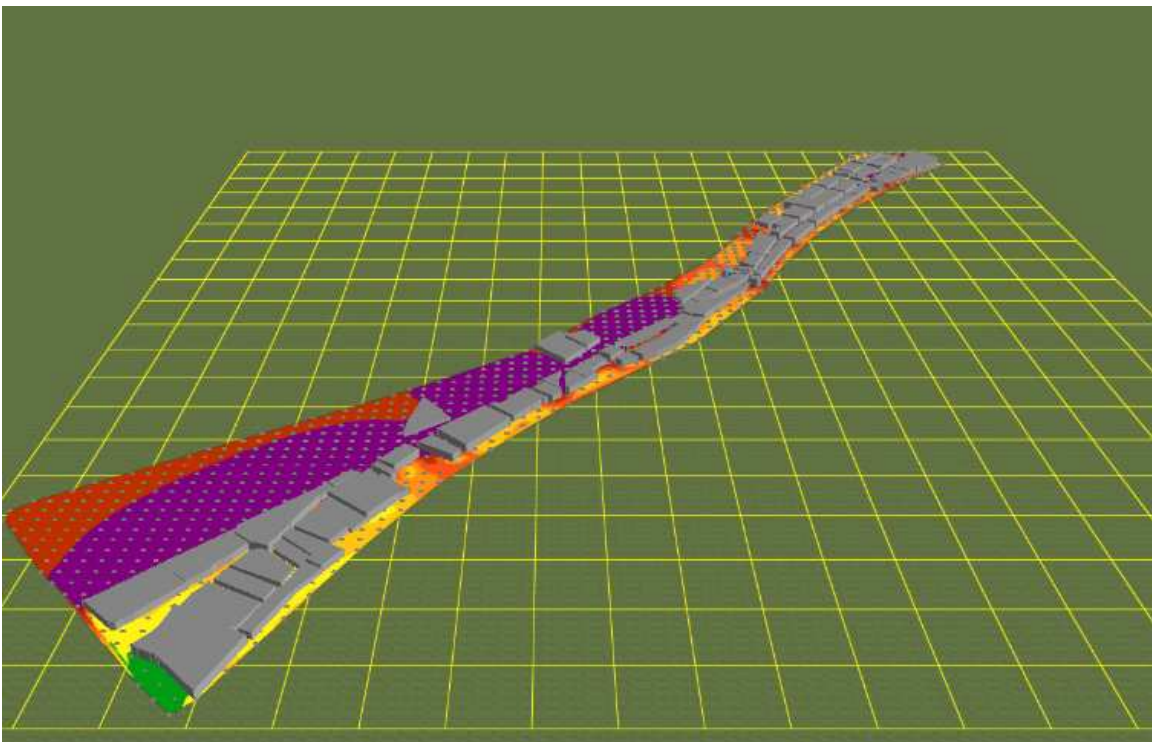
- Mapa en 3D correspondiente a la franja de tarde:



- Mapa en 3D correspondiente a la franja nocturna:



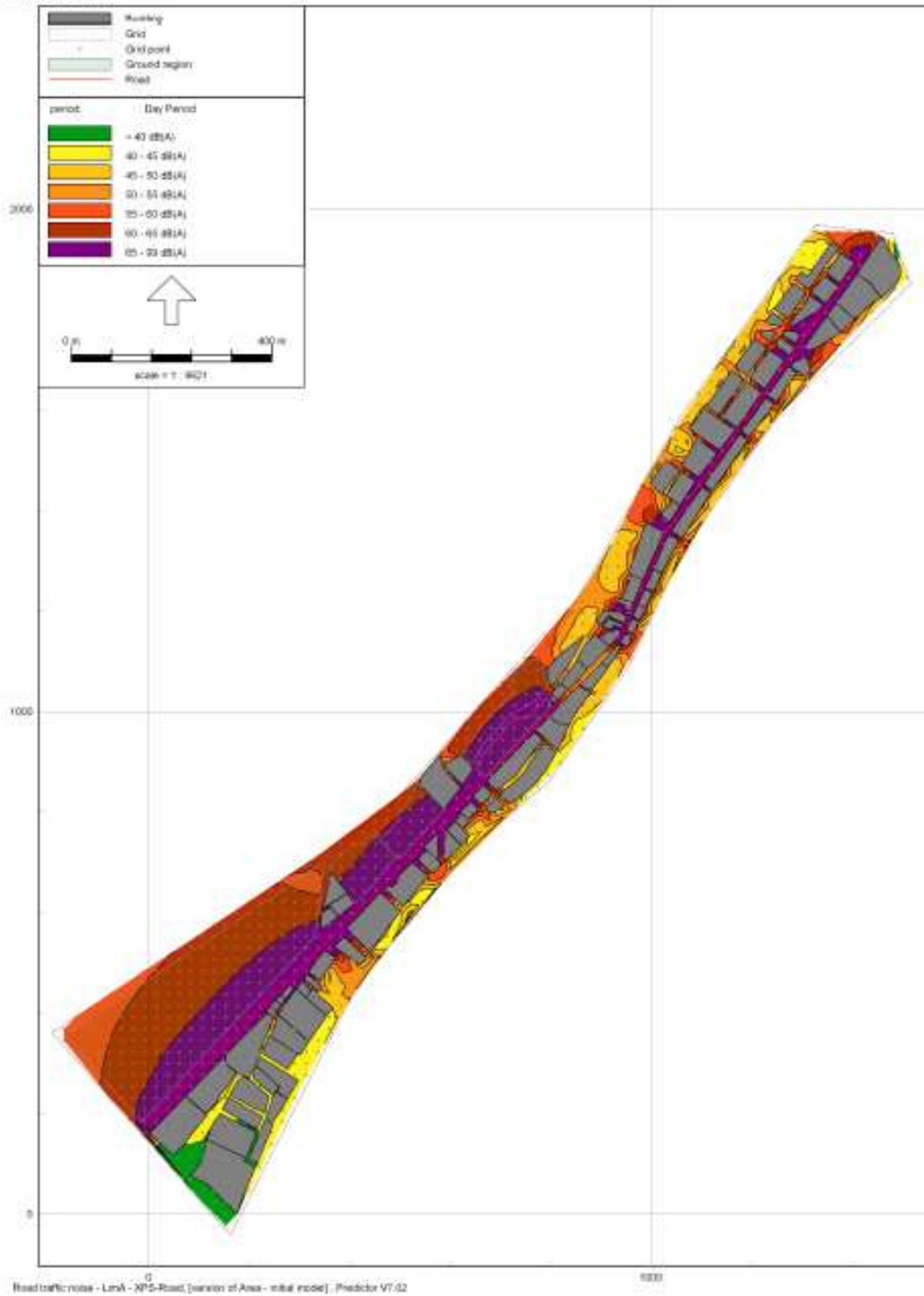
- Mapa en 3D del nivel de ruido equivalente:



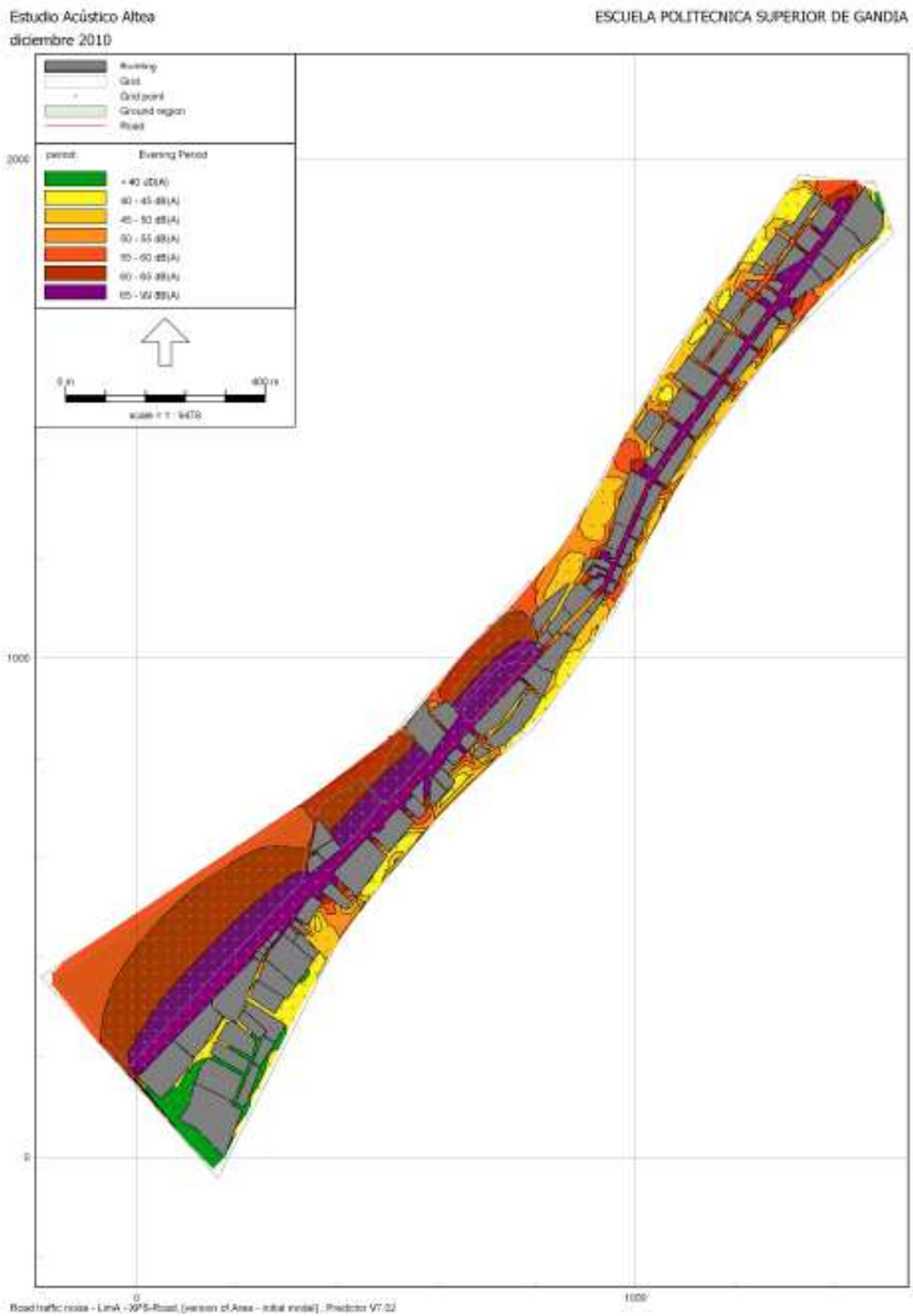
- Mapa de nivel de ruido en periodo de dia:

Estudio Acústico Altea
diciembre 2010

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA



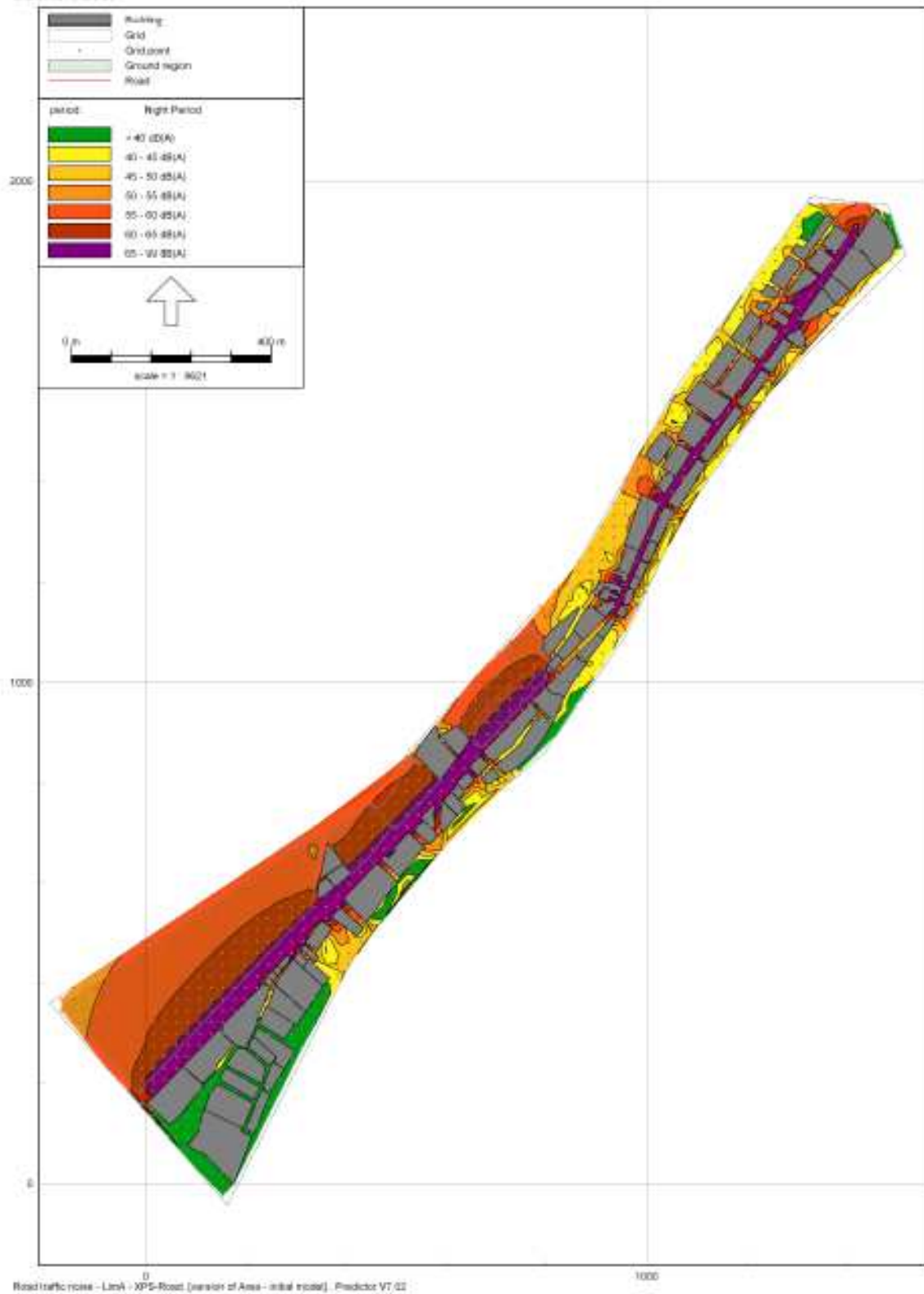
- Mapa de nivel de ruido en periodo de tarde:



- Mapa de nivel de ruido en periodo de noche:

Estudio Acústico Altea
diciembre 2010

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA



- Mapa del nivel de ruido equivalente:

