

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

GRADO EN ING. SIST. DE TELECOM., SONIDO E IMAGEN



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Estudio de la Contaminación Acústica en la ciudad de Tavernes de la Valldigna”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:
Oltra Vercher, Roberto

Tutor/a:
Martínez Mora, Juan Antonio

GANDIA, 2018

Estudio de la Contaminación Acústica en la ciudad de Tavernes de la Valldigna

Autor: Oltra Vercher, Roberto

Director: Martínez Mora, Juan Antonio

RESUMEN - Durante los últimos años el tráfico de vehículos se ha incrementado de manera drástica. Algo que ha conllevado un aumento del ruido ambiental provocado por el tráfico rodado hasta el punto en el que se ha convertido en la mayor fuente de ruido en las grandes ciudades.

Son muchos los estudios que relacionan muchos de los problemas de salud con la presencia de elevados niveles de ruido. Por este motivo, en el presente trabajo, se realiza un estudio sobre la contaminación acústica en la ciudad de Tavernes de la Valldigna causada por el tráfico.

Como parte de este estudio, se ha creado un mapa de ruido de la ciudad en el que se puede ver fácilmente el nivel de ruido generado por el tráfico en las vías más transitadas de la ciudad.

Una vez realizado el estudio acústico, se comparan los niveles obtenidos con la legislación vigente para comprobar su cumplimiento y si proponen algunas medidas para la mejora de la situación.

PALABRAS CLAVE: Tráfico rodado, Ruido, Tavernes de la Valldigna, Mapa de ruido, Legislación.

ABSTRACT - During the last years the traffic of vehicles has increased in a drastic way. This has carried an increase of the environmental noise provoked by the road traffic and consequently it has turned into the major noise source in big cities.

There are a lot of studies that relate many of the health problems to the presence of high noise levels. For this reason, in this project, we have done a study on the acoustic pollution caused by the traffic in Tavernes de la Valldigna.

As part of this study, we have created a noise city map in which you can easily see the sound level generated by the traffic in the busiest roads of the city.

Once we have done the acoustic study, we compare the levels obtained with the current legislation to verify his fulfilment and if they propose any measure to improve the situation.

KEYWORDS: Road traffic, Noise, Tavernes de la Valldigna, Noise Map, Legislation.

ÍNDICE

1. OBJETIVOS.....	3
2. LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y LA SALUD.....	4
2.1 El sonido.....	4
2.2 El ruido.....	4
3. TAVERNES DE LA VALLDIGNA.....	6
3.1 Puntos sensibles que proteger.....	7
3.2 Elección de los puntos de medida.....	8
4. LEGISLACIÓN APLICABLE.....	10
4.1 Nacional.....	10
4.2 Autonómica.....	12
4.2.1 Medición y evaluación de ruidos.....	12
4.2.2 Aparatos de medición.....	12
4.2.3 Condiciones de la medición.....	12
4.2.4 Evaluación del nivel de recepción en ambiente exterior.....	13
4.2.5 Niveles sonoros máximos permitidos.....	13
4.2.6 Mapas acústicos.....	13
4.3 Legislación local.....	14
5. MEDIDAS.....	15
5.1 Metodología para la toma de medidas.....	15
5.2 Equipos utilizados para la toma de medidas.....	15
5.3 Caudal de tráfico rodado registrado.....	16
5.4 Nivel sonoro equivalente medido.....	18
6. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES EN LAS MEDIDAS.....	22
6.1 Incertidumbre debida a la instrumentación.....	23
6.2 Incertidumbre debida a las condiciones de operación.....	26
6.3 Incertidumbre debida al clima y al suelo.....	27
6.4 Incertidumbre debida al sonido residual.....	28
6.5 Incertidumbre combinada e incertidumbre expandida.....	29
7. SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE “PREDICTOR”.....	31
8. ANALISIS DE RESULTADOS.....	37
9. CONCLUSIONES.....	47
10. PROPUESTAS DE MEJORA.....	48
BIBLIOGRAFÍA.....	49

1. OBJETIVOS.

El principal objetivo del presente estudio es cuantificar el nivel de contaminación acústica causada por el tráfico a motor rodado en el casco urbano de la ciudad de Tavernes de la Valldigna. Centrando especial atención en los puntos más sensibles y protegidos como son centros educativos o centros de salud.

El ruido provocado por el tráfico de vehículos es el causante de más del 80% de la contaminación según el estudio realizado por DKV – Gaes. Es por esto por lo que en este trabajo se realiza la medición del ruido en las vías con mayor caudal de tráfico de Tavernes y se realiza la simulación para obtener un mapa acústico de la ciudad teniendo en cuenta estas calles [1].

Para el posible estudio de esta contaminación acústica, se deben de realizar una serie de medidas de manera específica y controlada en distintos puntos de la localidad de Tavernes de la Valldigna. Para ello además de un instrumental especializado, será necesario el conocimiento de todas las normativas y leyes acerca de la toma de medidas acústicas y de los niveles de ruido máximos permitidos.

Esta memoria se estructura en distintas partes; en las que se explican los distintos conceptos sobre la contaminación acústica y su efecto sobre la salud, se describe la ciudad de Tavernes de manera muy breve y se exponen las normativas vigentes en su localización, se explican las medidas realizadas *in situ* y el procedimiento seguido para realizarlas además del cálculo de incertidumbres en las medidas. Por último, la elaboración del mapa de ruido utilizando el software de simulación “Predictor” de Brüel & Kjaer, un apartado de conclusiones sobre el trabajo realizado y los resultados obtenidos y un listado sobre la bibliografía utilizada.

2. LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y LA SALUD.

2.1 El sonido.

El sonido es una onda de diferencia de presión que se propaga por algún medio físico elástico, principalmente por el aire.

El sonido se puede categorizar por dos de las características principales de cualquier onda, la amplitud que cuantifica (en decibelios dB) la diferencia de presión entre dos puntos y la frecuencia que mide (en hercios Hz) la velocidad a la que se producen estos cambios de presión en un punto. Además, esta onda se propaga a una velocidad constante dependiendo de las características físicas de cada medio por el que circula (343 m/s cuando se propaga por el aire a 20 °C, 1 atm y 50% de humedad).

El sonido para que sea perceptible para un oído humano sano, debe cumplir distintas características como que su frecuencia se encuentre entre 20Hz y 20kHz y además en cada frecuencia que supere un determinado nivel como se aprecia en la imagen siguiente.

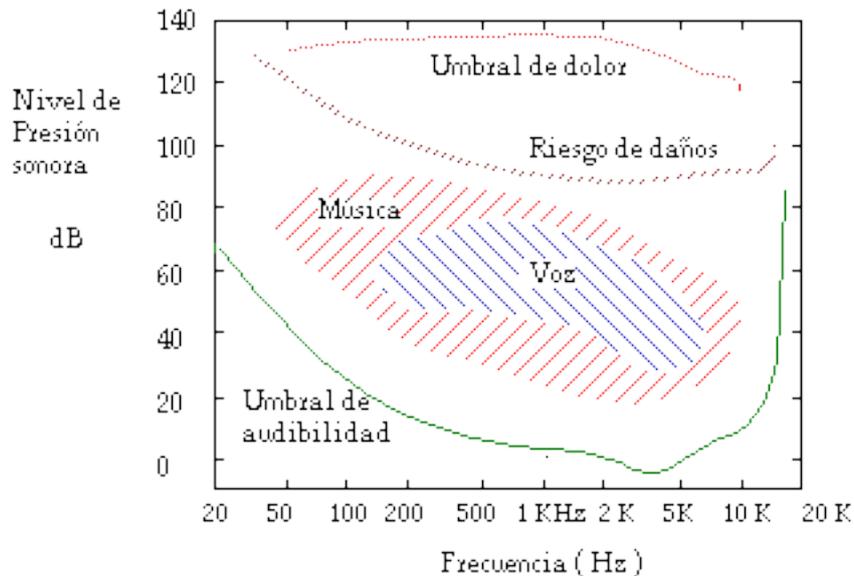


Ilustración 1: Umbral de audición humano.

Fuente: Google imágenes.

2.2 El ruido.

El ruido es un sonido en particular que resulta indeseado, molesto o dañino para la salud, y es que estar sometido a niveles elevados de ruido puede conllevar serios problemas de salud. Según el tercer informe presentado por el Observatorio Salud y Medio Ambiente DKV Seguros-GAES, en colaboración con la Fundación Ecología y Desarrollo (Ecodes), estos son algunos de los efectos que puede tener estar expuesto a niveles de ruido elevados [1]:

- **Efectos auditivos:** trauma acústico agudo, trauma acústico “crónico”, pérdida de capacidad auditiva (hipoacusia, sordera), acúfenos...

- Efectos no auditivos: molestia, percepción de pérdida de bienestar y calidad de vida, trastornos psicológicos (estrés, ansiedad, depresión...), alteraciones del sueño (insomnio, alteraciones en la estructura del sueño, ciclos, etapas, profundidad...), interferencias en la comunicación oral, pérdida auditiva y retraso de crecimiento en el feto, disminución del rendimiento y del aprendizaje, deterioro cognitivo en niños, ictus, enfermedades isquémicas...

Este ruido es lo que se denomina contaminación acústica cuando se encuentra en un medio y como el resto de las contaminaciones es muy nociva para los seres humanos y para el medio ambiente [2].

Esta contaminación acústica puede deberse a muchas fuentes, pero las más comunes en entornos urbanos son tales como las obras, el tráfico, los vecinos...

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), un 40% de la población de los países de Europa occidental está expuesta a unos niveles de ruido superiores a 55 dB provocados por el ruido del tráfico rodado y un 30% está expuesta a estos niveles durante la noche y a más de 65 dB durante el día [3].

Este ruido del tráfico depende de distintos factores como el tipo de vehículo que circula (automóvil, motocicleta o camión), el estado del vehículo, el tipo de calzada, el estado en la que se conserva esta o la velocidad a la que circula...

Además, todos estos efectos se agravan en la mayoría de los casos por el diseño de las calles en las ciudades, sobre todo en núcleos y barrios céntricos y viejos, al no haber sido construidas planificando e intentado solucionar estos problemas. Las calles anchas y con edificios con poca altura tienen un mayor escape del sonido y por lo tanto una menor conservación de la energía. Además, la escasez de zonas absorbentes de ruido como pueden ser las zonas verdes, jardines o arboledas, no contribuye a paliar este problema.

3. TAVERNES DE LA VALLDIGNA.

Tavernes de la Valldigna es una pequeña ciudad de 17.336 habitantes, según el censo de 2017 [4], situada en el sureste de la provincia de Valencia, en la comarca de la Safor. Con una superficie de 49.2 Km², su ubicación geográfica en coordenadas es 39°04'20"N 0°15'57"O.

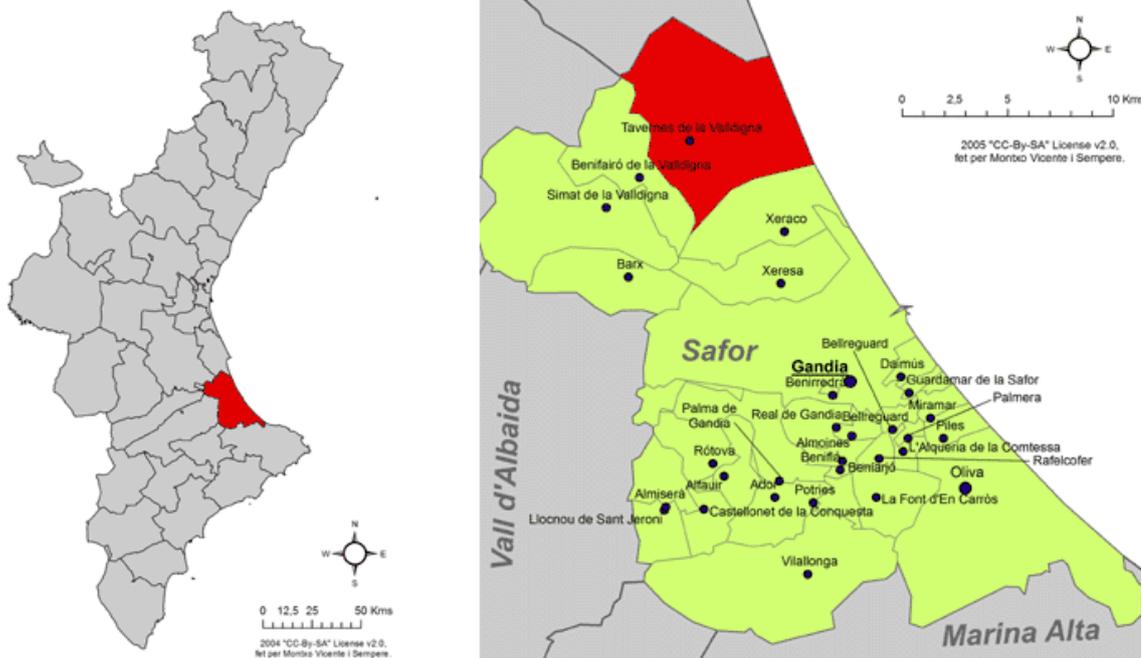


Ilustración 2: Localización de Tavernes de la Valldigna en la Safor y de la Safor en la Comunidad Valenciana.

Fuente: Google imágenes.

Su población se centra en dos núcleos urbanos distanciados de unos 2 km, formados por el casco urbano de la ciudad y la zona urbana de la playa situada en la costa mediterránea.

En este trabajo se trabajará solo considerando el núcleo urbano de la ciudad por ser la zona con una mayor densidad de población durante la mayor parte del año y la mayor cantidad de potenciales afectados por el ruido del tráfico.

La carretera CV-50 atraviesa la ciudad de este a oeste, algo que, sumado al propio tráfico de la ciudad, provoca que tenga un tráfico muy elevado y como consecuencia niveles de ruido excesivamente elevados en algunas zonas de la ciudad.

Además de la CV-50, también atraviesan su término municipal las carreteras N-332 y E-15 de norte a sur, aunque estas no son motivo de estudio por estar situadas lo suficientemente alejadas de la población. De igual manera, también se desestima y no se tiene en cuenta en este estudio por el mismo motivo la línea ferroviaria de cercanías que atraviesa el término municipal y va desde Gandía hasta Valencia.

3.1 Puntos sensibles que proteger.

Como en todas las ciudades, existen puntos muy sensibles que se deben de proteger del ruido por los efectos nocivos que puede conllevar la contaminación acústica en estos lugares. Un ejemplo de estos puntos pueden ser los centros educativos, por las consecuencias nocivas en el proceso de aprendizaje y el déficit de atención que puede causar en los alumnos, sobre todo en los alumnos de más corta edad. O los centros de salud, por los efectos nocivos que esta contaminación puede causar en diversos tipos de pacientes.

Por este motivo, tanto la “Ley 7/2002, del 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica. [2002/13497]” como la “Ley Española del Ruido 37/2003” recogen distintos niveles sonoros máximos de recepción en exteriores de distintas zonas de uso, que rigen el nivel de presión sonora permitido en distintas zonas.

En Tavernes de la Valldigna existen un total de 4 colegios públicos, 3 centros concertados y 2 institutos de enseñanza secundaria.

- Colegios públicos:
 - CEIP Sant Miquel C/ Cantalot, 11
 - CEIP Magraner C/ Cid Campeador, 2
 - CEIP Divina Aurora C/ Jardins, s/n
 - CEIP Alfàndec C/ Mestre Sansaloni, 3
- Centros concertados
 - Col·legi San José HHDC C/ Dolores Rojas, 3
 - Col·legi Sant Josep Patronat C/ Sant Josep, 58
 - Centre de Formació Professional Almi, C/ Sant Lluís, 89
- Institutos de enseñanza secundaria
 - IES Jaume II el Just C/ Camí la Dula, s/n
 - IES La Valldigna C/ Sant Benet, 249

Además del centro de salud.

- Centro de Salud de Tavernes de la Valldigna:
 - Plaza Prado Comarcal, s/n

3.2 Elección de los puntos de medida.

Una vez estudiadas las principales zonas a proteger en toda la ciudad y comparándolas con las vías en las que se espera un mayor volumen de tráfico, se establecen 18 puntos estratégicamente colocados esparcidos por toda la ciudad donde posteriormente se realizarán las medidas y evaluaciones necesarias.

Tabla 1.

Puntos de medida.

Punto	Dirección	Coordenadas	Justificación
1	C/ Camí la Dula 31	39°04'37.3"N 0°15'33.8"W	1,2
2	C/ Mestre Serrano 13	39°04'33.6"N 0°15'38.6"W	1,2
3	CV-50	39°04'29.0"N 0°15'36.9"W	3
4	CV-50 / C/ Major	39°04'25.3"N 0°15'44.5"W	3
5	CV-50, 46	39°04'21.3"N 0°15'49.3"W	3
6	CV-50, 23	39°04'17.3"N 0°15'54.8"W	3
7	C/Major, 63	39°04'22.9"N 0°15'52.7"W	3
8	Passeig del País Valencià, 17	39°04'18.3"N 0°15'59.6"W	1
9	Plaça Major, 23	39°04'18.3"N 0°16'02.8"W	3
10	CV-50, 5	39°04'13.2"N 0°16'00.4"W	3
11	Passeig Colon, 13	39°04'13.3"N 0°15'51.7"W	3
12	Passeig Colon, 82	39°04'13.9"N 0°15'43.9"W	1,2
13	Plaça Prado Comarcal	39°04'16.0"N 0°15'42.8"W	2
14	CV-50, 28	39°04'09.4"N 0°16'06.2"W	3,4
15	CV-50, 80	39°04'07.5"N 0°16'25.2"W	3
16	C/ Divina Aurora, 15	39°04'14.2"N 0°16'21.9"W	1,2
17	C/ Del Portalet, 1	39°04'13.6"N 0°16'35.8"W	1
18	C/Sant Benet, 90	39°04'20.8"N 0°16'13.2"W	3

En la columna de justificación de la tabla anterior, se indica el motivo o motivos por el cual ha sido definido cada uno de los puntos en la ubicación indicada. Los motivos son los siguientes:

- **1:** Por cercanía a un centro educativo.
- **2:** Por cercanía a un centro de sanitario.
- **3:** Por ser un punto en el que se espera un elevado caudal de tráfico.
- **4:** Por cercanía a la biblioteca municipal.

En la siguiente imagen se muestra un mapa del casco urbano de Tavernes de la Vallidigna en el que se ha coloreado de color azul los centros educativos por ser un punto que proteger de la contaminación acústica y de rojo el centro de salud por el mismo motivo. Además, se han indicado con puntos de color amarillo numerados, los puntos elegidos para realizar las medidas necesarias que aparecen en la tabla superior (Tabla 2) y en líneas de color verde las vías que se van a tener en cuenta durante todo el trabajo.

4. LEGISLACIÓN APLICABLE.

“Para el mes de septiembre el Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente promete sacar a información pública el anteproyecto de reforma de la Ley Atmosférica de 1972. El director general, Domingo Jiménez Beltrán, asegura que en este texto se fijan por primera vez en España los niveles máximos de ruido admisibles, cuya inclusión deberá figurar en toda declaración de impacto ambiental. El ruido pasará a conceptuarse en la legislación española como un vertido contaminante de la atmósfera, junto a otras emisiones perniciosas.” [5].

Este es un fragmento de la nota de prensa que según el diario EL PAÍS apareció en su edición de prensa impresa el lunes 26 de julio de 1993. Una nota de prensa que muestra los inicios de la preocupación social por el ruido y habla de lo que posteriormente se convertiría en la primera ley en contemplar el ruido como una contaminación y delimitar por primera vez los límites permitidos en España. Como se puede leer en esta nota de prensa, hasta el momento solo algunos ayuntamientos contemplaban la contaminación acústica y delimitaban sus niveles máximos de emisión autorizados en sus ordenanzas municipales. Algo que significaba una gran diferencia entre las diferentes legislaciones municipales y una gran cantidad de criterios diferentes contemplados. Por este motivo, desde la Unión Europea se creó el “Libro Verde de la comisión europea” [6] para apoyar e intentar unificar los criterios en cuanto a evaluación del ruido además de servir de apoyo para la creación de leyes que hagan frente a esta contaminación.

A continuación, se exponen las leyes de protección frente a la contaminación acústica vigentes actualmente tanto en el ámbito estatal como en la Comunidad Valenciana y Tavernes de la Valldigna.

4.1 Nacional.

La legislación nacional vigente en referencia a la contaminación acústica aplicable en todo el territorio nacional en cuanto a la protección frente a la contaminación acústica es la Ley 37/2003 del 18 de noviembre de 2003 [7]. Esta ley está complementada por los decretos Real Decreto 1513/2005 del 16 de diciembre de 2005 [8] y Real Decreto 1367/2007 del 19 de octubre de 2007 [9].

El objetivo de esta Ley es prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños que de esta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente.

En dicha ley se establecen identifican distintas fuentes de emisión acústica como actividades, infraestructuras, maquinaria... Además de los niveles máximos de ruido permitidos según los usos de cada una de las zonas que define en los horarios que establece esta.

Zonas que distingue la Ley 37/2003 dependiendo el uso predominante del suelo:

- A) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- B) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.
- C) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.
- D) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en el párrafo anterior.

- E) Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica.
- F) Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.
- G) Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica.

Esta Ley establece tres horarios distintos en los que los niveles de ruido máximo permitido serán distintos en cada uno de ellos. Periodo diurno, periodo vespertino y periodo nocturno.

Los valores horarios que establece de comienzo y fin de los distintos periodos son 7.00-19.00 (12h) para el periodo diurno (L_d), 19.00-23.00 (4h) para el periodo vespertino (L_e) y 23.00-7.00 (8h) para el periodo nocturno (L_n), hora local.

En la siguiente tabla que aparece en el Anexo II del Real Decreto 1367/2007 se indican los niveles máximos permitidos en los distintos periodos de tiempo en las distintas zonas definidos.

Tabla 2.

Valores máximos de ruido en las distintas zonas y horarios.

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L _d (dBA)	L _e (dBA)	L _n (dBA)
E	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica.	60	60	50
A	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
D	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
C	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
B	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial.	75	75	65
F	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.	(*)	(*)	(*)

* En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se superarán los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de áreas acústicas colindantes con ellos.

Estos Índices acústicos son definidos en el Real decreto 1513/2005 como:

- “L_d es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2:1987, determinado a lo largo de todos los períodos día de un año”.

- “ L_e es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2:1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde de un año”.
- “ L_n es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2:1987, determinado a lo largo de todos los períodos noche de un año”.

Además de estos índices, también se define un índice global de ruido día-tarde-noche expresado en decibelios que viene dado por la siguiente expresión matemática (ecuación 1).

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

4.2 Autonómica.

Actualmente a nivel autonómico, la Comunidad Valenciana cuenta con una legislación para la protección contra la contaminación acústica descrita en la Ley 7/2002 del 3 de diciembre de 2002 [10]. La cual está desarrollada en los decretos:

- 226/2004 del 3 de diciembre, en el que se establecen las normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios [11].
- 104/2006 del 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica [12].
- 19/2004 del 13 de febrero, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor [13].

Según se describe en la propia ley, esta tiene como objetivo “prevenir, vigilar y corregir la contaminación acústica en el ámbito de la Comunidad Valenciana para proteger la salud de sus ciudadanos y mejorar la calidad de su medio ambiente”.

En cuanto a los horarios establecidos por esta ley, se distinguen dos periodos, un periodo diurno comprendido entre las 8:00 y las 22:00 horas, y un periodo nocturno comprendido entre las 22:00 y las 8:00 horas del día siguiente.

Para el presente estudio de la contaminación acústica de Tavernes de la Valligna se va a seguir esta ley de la Comunidad Valenciana, por este motivo a continuación se describe con más detalle algunos de los capítulos de esta que se consideran relevantes para la realización del presente estudio.

4.2.1 Medición y evaluación de ruidos.

Los niveles de ruido se medirán y expresarán en decibelios con ponderación normalizada A, que se expresará con las siglas dB(A).

4.2.2 Aparatos de medición.

Las medidas de niveles sonoros se realizarán utilizando sonómetros, sonómetros integradores-promediadores y calibradores sonoros de al menos de clase 1, según se indica en el Artículo 30 del Real Decreto 1367/2007.

4.2.3 Condiciones de la medición.

Calibración: Los sonómetros y acelerómetros empleados en las mediciones deberán ser calibrados con un calibrador de clase 1, antes y después de cada medición.

Influencia del técnico: Los sonómetros deberán situarse en trípodes estando el observador situado, al menos, a 1,5 metros de distancia durante la medición para evitar influencias por su presencia.

Condiciones meteorológicas: Las mediciones en el ambiente exterior se han de efectuar siempre con la pantalla anti-viento situada en el micrófono.

Quando el operador responsable de las mediciones considere que las condiciones del viento, lluvia u otros factores meteorológicos pudieran afectar a las mismas, deberá hacerlo constar en el informe, valorando, en su caso, la necesidad de realizar la medición en condiciones meteorológicas favorables.

Respuesta del detector sonoro. Las mediciones se realizarán seleccionando el sonómetro en modo de respuesta rápida *Fast*. En caso de realizar pruebas de determinación de componentes impulsivas, se realizarán también mediciones en el modo de respuesta *Impulse*.

4.2.4 Evaluación del nivel de recepción en ambiente exterior.

A nivel de calle: En la calle se localizarán los puntos de medición, al menos, a 2 metros de la fachada, a una altura de 1,5 metros del suelo y en una zona libre de obstáculos y superficies reflectantes.

Duración de las mediciones: La duración de las mediciones dependerá de las características del ruido que se esté valorando, de modo que esta sea lo suficientemente representativa.

Si el ruido es uniforme, deberán realizarse, al menos, 3 mediciones, de una duración mínima de 1 minuto, con intervalos mínimos entre medidas de 1 minuto.

Si el ruido es variable, deberán realizarse, al menos, 3 series de mediciones, con 3 mediciones en cada serie de una duración mínima de 5 minutos, con intervalos mínimos entre cada serie de 5 minutos.

4.2.5 Niveles sonoros máximos permitidos.

En la siguiente tabla se indican los niveles de recepción externos máximos permitidos dependiendo del uso predominante del suelo en cada zona.

Tabla 3.

Niveles máximos de recepción externos LEY 7/2002.

Uso dominante	Nivel Sonoro dB(A)	
	Día	Noche
Sanitario y Docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

4.2.6 Mapas acústicos.

Los mapas acústicos son una representación gráfica de los niveles de ruido existentes en una zona delimitada o ciudad por medio de una simbología adecuada.

El objetivo de estos mapas consiste en describir de manera precisa el estado acústico de una zona para poder adoptar aquellas medidas necesarias para conseguir

minimizar el impacto acústico generado por las diversas actividades, mejorando con ello la calidad de vida de los ciudadanos, auténtico objetivo de esta ley.

En un mapa de ruido se distingue entre una zona rústica y una zona urbana, diferenciándolas por el uso del suelo que se ejerce o está previsto ejercer, por las fuentes sonoras o los valores de calidad sonora que se requieren en estas zonas.

El contenido mínimo de los mapas acústicos debe indicar en cada zona establecida los resultados de las mediciones con el análisis de los niveles y las fuentes acústicas identificadas. Los resultados de las mediciones y análisis específicos del ruido del tráfico, distinguiendo las calles en función de los niveles de intensidad sonora y el diagnóstico de la situación en general y para cada una de las áreas determinadas.

4.3 Legislación local.

La localidad de Tavernes de la Valldigna es poseedora desde el 3 de abril de 1995 de una ordenanza municipal sobre la prevención de la contaminación acústica [14]. Una ordenanza que tiene como objetivo principal regular las condiciones acústicas en edificios y establecimientos, regular la obtención de licencias de locales y locales musicales, regular las actividades al aire libre que sean fuente de ruido, controlar las condiciones acústicas permitidas para la circulación de cada tipo de vehículos y dictaminar las sanciones aplicables por el incumplimiento de todas estas normas.

Como se indica en la Ley 7/2002, las ciudades de más de 20.000 habitantes elaborarán su propio plan acústico municipal. Al ser una ciudad de poco más de 17.000 habitantes, Tavernes de la Valldigna no se ve obligada a la elaboración de este.

5. MEDIDAS.

El siguiente paso después de haber elegido los puntos de medida es la planificación de la toma de medidas.

Se han definido un total de 18 puntos esparcidos por toda la ciudad de manera estratégica. En cada uno de los puntos se realiza un total de tres mediciones de 10 minutos cada una en cada una de las franjas horarias definidas por la Ley 7/2002. Lo que supone un total de 6 medidas por punto y 108 medidas en total.

En ningún caso se realizan dos medidas consecutivas en el mismo punto, sino que se toman medidas durante varios días tanto en el periodo de día como el de noche e intentando realizar las distintas medidas en distintas horas, para que las medidas sean lo más representativas posible.

5.1 Metodología para la toma de medidas.

Se han realizado las medidas siguiendo la Ley 7/2002 y la norma ISO 1996/2 [15]. Se han tenido en cuenta todas las siguientes indicaciones para realizar cada una de las medidas.

- En cada medida el equipo utilizado se colocará a más de 1,5 metros del suelo colocado sobre un trípode y distanciado como mínimo 2 metros de la fachada más cercana.
- En todas las mediciones se utilizará la pantalla anti-viento ya que se realizan en el exterior.
- Antes y después de cada una de las medidas se realiza una revisión del equipo de medida y una calibración.
- Durante cada una de las medidas, se registran las condiciones meteorológicas influyentes y si se consideran estas adversas para la toma de mediciones se desestima la medida anotándolo en el informe.
- Durante cada una de las medidas, se contabiliza el caudal del tráfico rodado diferenciándolo entre vehículos pesados (camiones, autobuses...) y vehículos ligeros (automóviles, motocicletas...) y su velocidad aproximada.
- Si durante la toma de una medida se percibe algún fenómeno esporádico que tenga la posibilidad de influir en el resultado, se debe anotar en el informe de medidas y posteriormente analizar con detalle los valores obtenidos. Si se considera oportuno se desestimaré la medida.

5.2 Equipos utilizados para la toma de medidas.

Los siguientes equipos han sido utilizados para la toma de cada una de las medidas in situ en cada uno de los 18 puntos.

- Sonómetro de clase 1 Brüel & Kjaer modelo 2250 Light.
- Micrófono pre-polarizado ½" Brüel & Kjaer 4950.
- Pantalla anti-viento Brüel & Kjaer.
- Calibrador de clase 1 de 94 dB a 1kHz Brüel & Kjaer modelo 4231.
- Anemómetro Testo 410-2.
- Trípode
- Contador Tally. Para registrar el número de vehículos.

Además, se ha utilizado el software “BZ5503 - Measurement Partner Suite” para poder exportar del sonómetro y enviar a un PC los datos obtenidos en formato Excel para su posterior análisis.

5.3 Caudal de tráfico rodado registrado.

Tal y como marca la norma ISO 1996/2, se debe contar el número de vehículos que pasen durante el intervalo de medición, distinguiendo como mínimo entre vehículos pesados y ligeros. Se debe medir además la velocidad media a la que circulan.

En cada una de las 108 mediciones realizadas se ha contabilizado el número de vehículos que han circulado durante los 10 minutos que dura cada medición. A continuación, se muestra una tabla con el resultado del tráfico en cada una de las vías consideradas, obtenida de promediar los datos obtenidos en cada una de las seis medidas de cada punto de medida, multiplicarlo por 6 para obtener el caudal de tráfico durante una hora y promediar los distintos puntos de una misma vía.

Se han considerado vehículos pesados aquellos que superan los 3500 kg de masa máxima autorizada y el resto se han contabilizado como vehículos ligeros.

Tabla 4.

Caudal de tráfico rodado medido promediado.

Vía	Puntos	Periodo	Tipo de Vehículos	N.º Vehículos / 10 minutos	N.º Vehículos / Hora	Velocidad km/h
<u>CV-50</u>	3, 4, 5, 6, 10, 14, 15	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	144,5	867,1	50
			N. VEHÍCULOS PESADOS	11,4	68,6	50
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	30,7	184,3	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,7	4,0	20
<u>CARRER MAJOR</u>	4, 7, 9	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	38,0	228,0	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	1,3	8,0	30
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	5,7	34,0	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,2	1,0	30
<u>PASSEIG</u>	8	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	27,0	162,0	20
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,3	2,0	20
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	1,0	6,0	20
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,0	0,0	0
<u>PLAÇA PRADO</u>	13	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	27,3	164,0	20
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,7	4,0	20
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	0,7	4,0	20
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,2	1,0	20
<u>CARRER CAMÍ DULA</u>	1	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	37,7	226,0	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	3,0	18,0	20
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	1,7	10,0	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,7	4,0	20
<u>CARRER MESTRE SERRANO</u>	2	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	46,0	276,0	40
			N. VEHÍCULOS PESADOS	1,3	8,0	30
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	1,0	6,0	40
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,0	0,0	0
<u>CARRER SANT ANTONI / SANT BENET</u>	18	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	34,3	206,0	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	1,0	6,0	20
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	1,3	7,8	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,0	0,0	0
<u>CARRER DEL PORTALET</u>	17	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	10,7	64,0	40
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,3	2,0	30
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	6,5	39,0	40
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,3	2,0	30
<u>CARRER DIVINA AURORA</u>	16	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	31,7	190,0	40
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,2	1,0	30
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	5,0	30,0	40
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,0	0,0	0
<u>PASSEIG COLÓN</u>	11, 12	DIA	N. VEHÍCULOS LIGEROS	71,3	428,0	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	2,5	15,0	30
		NOCHE	N. VEHÍCULOS LIGEROS	7,7	46,0	30
			N. VEHÍCULOS PESADOS	0,5	3,0	20

5.4 Nivel sonoro equivalente medido.

Para realizar cada una de las medidas, antes de se debe de configurar el sonómetro Brüel & Kjaer modelo 2250 Light. Para ello, el primer paso es seleccionar el modo de funcionamiento como sonómetro. A continuación, se establecen 10 minutos como tiempo de medida, se configura la ponderación frecuencial como AC, se activa la corrección por la utilización de la pantalla anti-viento y se selecciona el modo de respuesta *Fast*, tal y como se establece en la normativa [15] [16].

Los parámetros acústicos medidos necesarios son, el nivel de presión sonora equivalente (L_{Aeq}) y los percentiles (L_{95}). [15].

En la siguiente tabla se muestra el nivel de presión sonora ponderado A equivalente medido, obtenido realizando la media de los valores obtenidos en cada una de las medidas tomadas en cada punto durante los dos periodos definidos.

Tabla 5.

Nivel de presión sonora medio medidos en cada punto.

	Nivel sonoro medido L_{Aeq} (dBA)	
	Dia (8:00-22:00)	Noche (22:00-8:00)
Punto 1	61,6	51,9
Punto 2	65,0	46,3
Punto 3	69,2	64,3
Punto 4	68,0	61,9
Punto 5	69,1	61,9
Punto 6	73,7	64,6
Punto 7	68,2	64,7
Punto 8	62,7	45,6
Punto 9	64,3	54,1
Punto 10	71,2	62,8
Punto 11	59,9	57,9
Punto 12	62,9	52,9
Punto 13	60,0	43,5
Punto 14	68,8	66,6
Punto 15	70,9	62,4
Punto 16	62,1	51,9
Punto 17	55,7	56,0
Punto 18	68,4	48,0



Ilustración 6: Medida en punto 1. C/ Camí la Dula.



Ilustración 7: Medida en punto 2. C/ Mestre Serrano



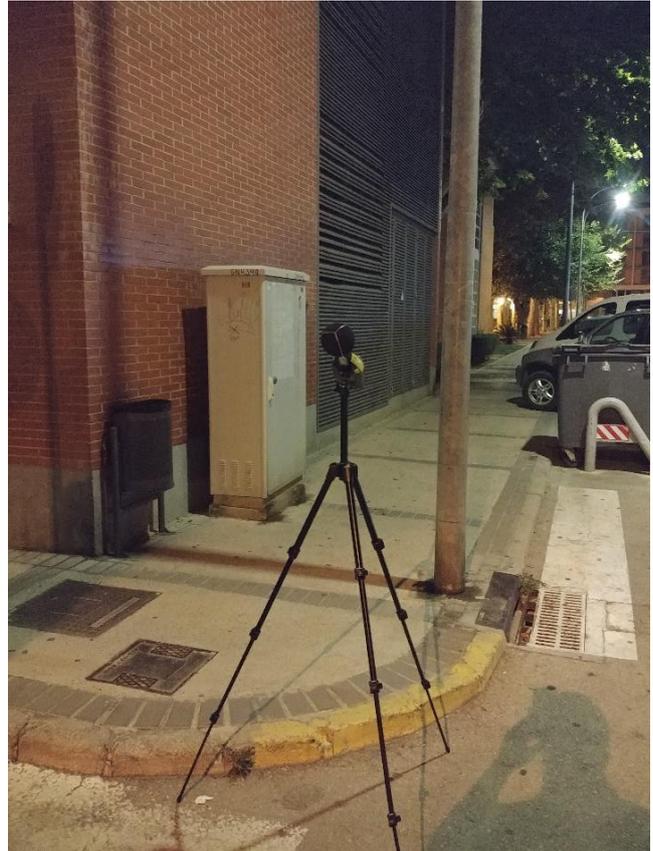
Ilustración 8: Medida en punto 3. CV-50



Ilustración 9: Medida en punto 6. CV-50



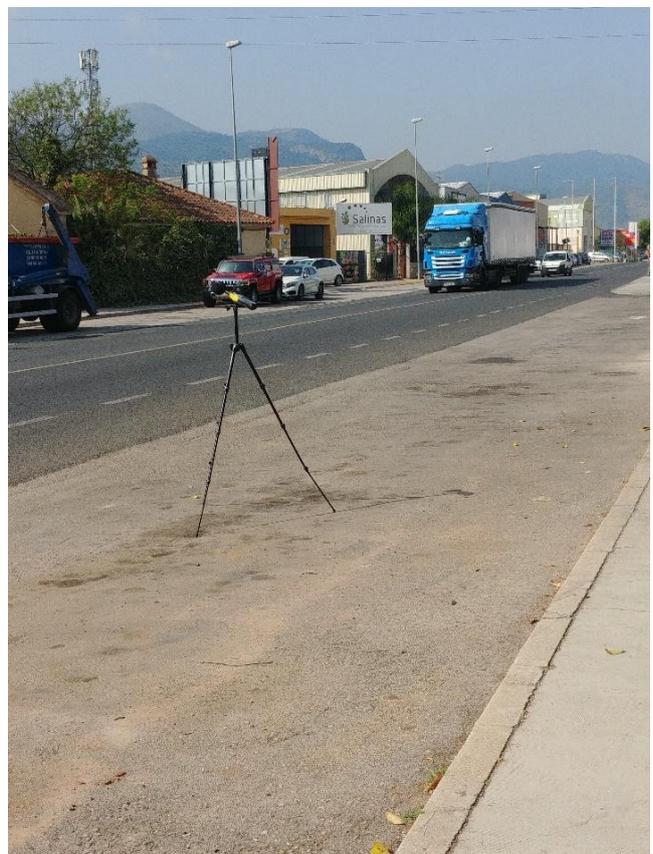
Il·lustració 10: Medida en punto 9. Plaça Major.



Il·lustració 11: Medida en punto 13. Plaça Prado Comarcal



Il·lustració 12: Medida en punto 14. CV-50



Il·lustració 13: Medida en punto 15. CV-50

6. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES EN LAS MEDIDAS.

No existe ninguna medición que sea exacta, y aunque su objetivo siempre es dar información objetiva sobre la magnitud de la que estamos hablando, su inexactitud depende entre otros muchos factores de la persona que realiza la medida, del procedimiento seguido para obtenerla, del sistema utilizado, del entorno en el momento en que se realiza la medida o de los instrumentos de medida. Cuando se realiza la medición en distintas ocasiones, se puede obtener una desviación entre los distintos valores y esta dispersión cualificar la calidad o validez de estas mediciones [17].

Existen una serie de normas generales para el cálculo mediante modelo matemático de la incertidumbre en casi cualquier medida que realice casi cualquier campo científico, recogidas en La Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida (GUM) [18].

En el caso en el que se centra este estudio, según la norma UNE EN ISO 1996-2, las incertidumbres que afectan a las medidas de presión sonora realizadas, que se tendrán en cuenta, dependen de:

- La fuente de ruido.
- El intervalo de tiempo que dura la medida.
- Las condiciones meteorológicas durante la medida.
- La distancia entre la fuente y el sonómetro.
- El sonómetro utilizado.
- El método seguido para obtener la medida.
- El sonido residual.

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

Siguiendo el procedimiento indicado en La Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida, se calculan de forma independiente las incertidumbres asociadas a la variable aleatoria (el ruido en nuestro caso) y las incertidumbres debidas a los equipos de medida, para posteriormente calcular la incertidumbre combinada.

En la siguiente tabla se muestran las incertidumbres que se van a calcular en este estudio [19].

Tabla 6.

Incertidumbre en la medida de L_{Aeq} según UNE EN ISO 1996-2.

INCERTIDUMBRE TÍPICA				Incertidumbre típica combinada. $\sigma_t = \sqrt{W^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$ (dB)	Incertidumbre de medida expandida. $\pm 2.0 \sigma_t$ (dB)
Debida a la instrumentación.	Debida a condiciones de operación.	Debida a condiciones meteorológicas y del suelo.	Debida al sonido residual.		
W* (dB)	X (dB)	Y (dB)	Z (dB)		

Si se trata de instrumentación de la clase 1 de la Norma IEC 61672-1:2002, el valor de W es de 1 dB. De lo contrario el valor es mayor.

Donde en nuestro caso se tratan de la incertidumbre debida al sonómetro utilizado (W), las condiciones de operación (X), las condiciones climáticas y del suelo (Y) y del sonido residual (Z).

Para calcular la incertidumbre típica combinada, utilizaremos la siguiente ecuación, donde C es el coeficiente de sensibilidad del sonido residual (ecuación 2).

$$\sigma_t(dB) = \sqrt{(1 \cdot W)^2 + (1 \cdot X)^2 + (1 \cdot Y)^2 + (C \cdot Z)^2} \quad (2)$$

6.1 Incertidumbre debida a la instrumentación

Se trata del efecto que ejerce sobre la medida los distintos operadores y equipos en el mismo lugar sometidos a condiciones constantes.

La incertidumbre debida a la instrumentación viene dada por la siguiente suma (ecuación 3):

$$W = \delta_{PFE} + \delta_{PFA} + \delta_{LS} + \delta_{RMS} + \delta_{PT} + \delta_{CA} + \delta_{CC} + \delta_{ES} + \delta_{TS} + \delta_{PS} \quad (3)$$

En la que:

- δ_{PFE} : es la corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación A (ecuación 4).

$$u(\delta_{PFE}) = \frac{U_E}{K_n} = \frac{\pm 0.15}{2} = \pm 0.075 \text{ dB} \quad (4)$$

donde U_E es la incertidumbre expandida certificada.

- δ_{PFA} : representa la corrección de calibración acústica del nivel de presión sonora con ponderación A (ecuación 5).

$$u(\delta_{PFE}) = \frac{U_E}{K_n} = \frac{\pm 0.15}{2} = \pm 0.075 \text{ dB} \quad (5)$$

donde U_E es la incertidumbre expandida certificada.

- δ_{LS} : representa la corrección asociada con la linealidad del sonómetro en su rango de referencia.

$$u(\delta_{LS}) = \sigma_L = 0.011 \text{ dB} \quad (6)$$

- δ_{RMS} : representa la corrección asociada con detector RMS del sonómetro evaluada eléctricamente (ecuación 7).

$$u(\delta_{RMS}) = \sigma_R = 0.055 \text{ dB} \quad (7)$$

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

- δ_{PT} : representa la corrección asociada con la función de ponderación temporal (ecuación 8).

$$u(\delta_{PT})_{fast \text{ o } slow} = \frac{\Delta_{PT}}{\sqrt{3}} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} \geq 0.0577 \text{ dB} \quad (8)$$

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

- δ_{CA} : representa la corrección asociada con el ajuste inicial del sonómetro utilizando un calibrador acústico.

La corrección δ_{CA} tendrá un valor nulo pero su incertidumbre será debida a la propia resolución del sonómetro (ecuación 9):

$$u(\delta_{CA}) = \frac{E_s}{2\sqrt{3}} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.00289 \text{ dB} \quad (9)$$

Siendo E_s el dígito en pantalla menos significativo (resolución del sonómetro).

- δ_{CC} : representa la corrección de utilización del calibrador acústico sobre su valor certificado.

El valor del nivel de presión sonora generado por el calibrador no es el que tenemos certificado porque las condiciones ambientales en que lo estamos utilizando pueden ser distintas a las de calibración y además su valor deriva con el tiempo; por lo tanto, la corrección δ_{CC} modela este hecho y su incertidumbre asociada será la incertidumbre de uso del calibrador, luego (ecuación 10):

$$u(\delta_{CC}) = \frac{U_E}{K_n} = \frac{\pm 0.11}{2} = \pm 0.055 \text{ dB} \quad (10)$$

Donde U_E es la incertidumbre expandida de uso del calibrador.

- δ_{ES} : representa la corrección asociada a la resolución finita del valor de la indicación del sonómetro.

Dado que la indicación del sonómetro es de tipo digital la componente de incertidumbre asociada será (ecuación 11).

$$u(\delta_{ES}) = \frac{E_S}{2\sqrt{3}} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.028 \text{ dB} \quad (11)$$

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

- δ_{TS} : representa la corrección asociada con la influencia de las variaciones de temperatura (ecuación 12).

$$\delta_{TS} = \alpha_m \cdot (23^\circ\text{C} - T_M) \quad (12)$$

A partir del coeficiente de temperatura α_M , se valorará la componente de incertidumbre asociada a δ_{TS} , suponiendo una distribución rectangular sobre el intervalo de variación de la temperatura, $T_M \pm \Delta T$, siendo (ecuación 13):

$$u(\delta_{TS}) = \frac{(\alpha_M \cdot \Delta T)}{\sqrt{3}} = \frac{0.015(23^\circ\text{C} - T_M)}{\sqrt{3}} \quad (13)$$

- δ_{PS} : representa la corrección asociada con la influencia de las variaciones de la presión atmosférica.

Siendo P_M la presión atmosférica de medida y γ_M el coeficiente de variación de la presión ponderado en frecuencia, la corrección será (ecuación 14):

$$\delta_{PS} = \gamma_M \cdot (1013\text{hPa} - P_M) \quad (14)$$

y suponiendo una distribución rectangular sobre el intervalo de variación de la presión atmosférica, $P_M \pm \Delta P$, la componente de incertidumbre será (ecuación 15):

$$u(\delta_{PS}) = \frac{(\gamma_M \cdot \Delta P)}{\sqrt{3}} = \frac{0.019(1013\text{hPa} - P_M)}{\sqrt{3}} \quad (15)$$

Después de realizar los cálculos de δ_{TS} y δ_{PS} con la temperatura y la presión atmosférica registradas durante la toma de medidas, se calcula W para obtener la incertidumbre debida a la instrumentación utilizada.

Tabla 7.

Incertidumbre debida a la instrumentación.

Punto	W Dia (dB)	W Noche (dB)
1	0.27	0.31
2	0.27	0.31
3	0.27	0.31
4	0.27	0.31
5	0.27	0.31
6	0.27	0.31
7	0.27	0.31
8	0.27	0.31
9	0.27	0.31
10	0.27	0.31
11	0.27	0.31
12	0.27	0.31
13	0.27	0.31
14	0.27	0.31
15	0.27	0.31
16	0.27	0.31
17	0.27	0.31
18	0.27	0.31

6.2 Incertidumbre debida a las condiciones de operación.

Se deben realizar un mínimo de 3 medidas en cada punto realizando siempre el mismo procedimiento, utilizando los mismos equipos y colocando siempre el sonómetro en la misma posición. Las medidas se deben realizar en lugares donde las influencias meteorológicas sean mínimas.

La incertidumbre estándar X para tráfico rodado es (ecuación 16):

$$X = \frac{10}{\sqrt{n}} \quad (16)$$

Donde n es el número total de vehículos contabilizados, tanto ligeros como pesados.

Tabla 8.

Incertidumbre debida a las condiciones de operación.

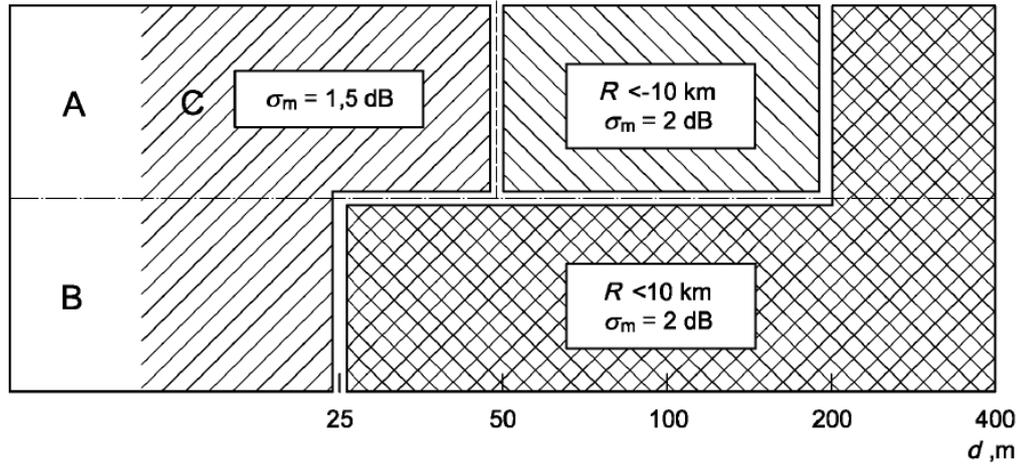
Punto	X Día (dB)	X Noche (dB)
1	0,64	2,67
2	0,59	4,08
3	0,30	0,55
4	0,29	0,63
5	0,35	0,78
6	0,31	0,84
7	0,66	1,62
8	0,78	4,08
9	0,68	1,89
10	0,30	0,71
11	0,47	1,21
12	0,48	1,83
13	0,77	3,54
14	0,35	0,87
15	0,36	0,85
16	0,73	2,13
17	1,23	1,96
18	0,69	4,08

6.3 Incertidumbre debida al clima y al suelo

En situaciones como las del presente estudio, en las que el suelo entre la fuente de ruido y el receptor sea una superficie dura y además bastante regular, si la distancia entre estos es inferior a 25 metros se considera una situación baja y se puede despreciar la incertidumbre debida al suelo.

Para poder ser despreciada la incertidumbre del clima, además se debe de cumplir que las mediciones tengan un intervalo de entre unos 10 minutos y unas pocas horas, para que de este modo las variaciones en este no sean influyentes.

En la siguiente imagen, obtenida de la norma UNE ISO 1996-2 se resumen los coeficientes de la incertidumbre debida al clima dependiendo tanto de si es situación baja o alta y de la distancia entre la fuente y el receptor.



Leyenda

- A alto
- B bajo
- C sin restricciones

Ilustración 14: Incertidumbre debida al clima y al suelo

- Situación alta: $h_s \geq 1.5\text{m}$ y $h_r \geq 1.5\text{m}$, o $h_s < 1.5\text{m}$ y $h_r \leq 4\text{m}$.
- Situación baja: $h_s < 1.5\text{m}$ y $h_r \leq 1.5\text{m}$.

6.4 Incertidumbre debida al sonido residual.

La incertidumbre varía dependiendo de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual, el percentil que utilizaremos para realizar el cálculo es L_{A95} .

Se debe comprobar si la diferencia entre el nivel de presión sonora residual L_r y el nivel de presión sonora medido L_m es mayor de 10 dB o menor de 3 dB. En este caso no se realiza ninguna corrección. De lo contrario, si la diferencia está entre los 3 dB y 10 dB, se aplica la siguiente corrección (ecuación 17):

$$L_{\text{corregido}} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{\text{medido}}}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{residual}}}{10}} \right) \quad (17)$$

A continuación, se calcula la sensibilidad del nivel sonoro residual C (ecuación 18).

$$C = \frac{10^{\frac{L_{\text{residual}}}{10}}}{10^{\frac{L_{\text{total}}}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{residual}}}{10}}} \quad (18)$$

Se debe calcular también la incertidumbre del nivel sonoro residual Z, que viene dada por la siguiente expresión (ecuación 19).

$$Z_r = \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_0^2} \quad (19)$$

- σ_s : Incertidumbre del nivel de presión sonora específico.
- σ_o : Incertidumbre del nivel de presión sonora total media actual.

Tabla 9.

Calculo de la incertidumbre de nivel sonoro residual.

Punto	C Dia (dB)	Z _r Dia (dB)	C-Z Dia (dB)	C Noche (dB)	Z _r Noche (dB)	C-Z Noche (dB)
1	0,06	0	0	0,01	0	0
2	0,03	0	0	0,01	0	0
3	0,09	0,81	0,08	0,01	0	0
4	0,07	0,68	0,05	0,02	0	0
5	0,04	0	0	0,01	0	0
6	0,05	1,28	0,06	0,01	0	0
7	0,01	0	0	0	0	0
8	0,15	0	0	0,07	2,60	0,17
9	0,08	0,47	0,04	0,01	0	0
10	0,08	0	0	0,05	0	0
11	0,25	0,96	0,24	0,02	0	0
12	0,14	2,34	0,32	0,03	0	0
13	0,10	0,55	0,05	0	5,13	0,01
14	0,16	0,23	0,04	0,00	0	0
15	0,02	0	0	0,01	0	0
16	0,03	0	0	0,06	2,19	0,13
17	0,10	1,67	0,17	0,01	0	0
18	0,03	0	0	0,01	0	0

6.5 Incertidumbre combinada e incertidumbre expandida.

Una vez calculadas todas las incertidumbres influyentes comentadas anteriormente, es posible calcular la incertidumbre típica combinada que será nos dará la incerteza en la medida debida a todos los factores influyentes. También se calcula la incertidumbre típica expandida con un factor 2 para proporcionar una cobertura del 95% de los casos (ecuación 20 y 21).

$$\sigma_t(dB) = \sqrt{(1 \cdot W)^2 + (1 \cdot X)^2 + (1 \cdot Y)^2 + (C \cdot Z)^2} \tag{20}$$

$$\pm 2.0 \sigma_t \tag{21}$$

[20] [21]

Tabla 10.

Calculo de la incertidumbre de nivel sonoro residual.

PUNTO	σ_t (dB) Dia	$\pm 2\sigma_t$ (dB) Dia	σ_t (dB) Noche	$\pm 2\sigma_t$ (dB) Noche
1	0,69	2,69	1,39	5,38
2	0,65	4,09	1,30	8,18
3	0,41	0,63	0,82	1,26
4	0,40	0,70	0,80	1,40
5	0,44	0,84	0,88	1,68
6	0,42	0,90	0,83	1,79
7	0,71	1,65	1,43	3,30
8	0,83	4,10	1,65	8,19
9	0,73	1,92	1,47	3,83
10	0,40	0,77	0,81	1,55
11	0,59	1,25	1,19	2,50
12	0,64	1,86	1,27	3,71
13	0,82	3,55	1,63	7,11
14	0,44	0,92	0,89	1,85
15	0,45	0,90	0,90	1,81
16	0,78	2,16	1,56	4,31
17	1,27	1,98	2,54	3,97
18	0,74	4,09	1,48	8,18

Combinando el resultado obtenido en las medidas y la incerteza en cada una de las medidas, obtenemos:

Tabla 10.

Niveles de presión sonora medidos con incertidumbres calculadas.

Punto	L_{Aeq} Dia (dBA)	L_{Aeq} Noche (dBA)
1	61,6 ± 2.7	51,9 ± 5.4
2	65,0 ± 4.0	46,3 ± 8.2
3	69,2 ± 0.7	64,3 ± 1.3
4	68,0 ± 0.7	61,9 ± 1.4
5	69,1 ± 0.8	61,9 ± 1.7
6	73,7 ± 0.9	64,6 ± 1.8
7	68,2 ± 1.7	64,7 ± 3.3
8	62,7 ± 4.1	45,6 ± 8.2
9	64,3 ± 1.9	54,1 ± 3.8
10	71,2 ± 0.8	62,8 ± 1.6
11	59,9 ± 1.3	57,9 ± 2.5
12	62,9 ± 1.9	52,9 ± 3.7
13	60,0 ± 3.6	43,5 ± 7.1
14	68,8 ± 0.9	66,6 ± 1.9
15	70,9 ± 0.9	62,4 ± 1.8
16	62,1 ± 2.2	51,9 ± 4.3
17	55,7 ± 2.0	56,0 ± 4.0
18	68,4 ± 4.1	48,0 ± 8.2

7. SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE “PREDICTOR”.

El software “Predictor 7810” de la empresa Brüel & Kjaer es una herramienta para la predicción de niveles de ruido mediante simulación, perfecta para la elaboración de mapas de ruido a escala. Este software funciona realizando el cálculo de la presión sonora en los distintos puntos teniendo en cuenta las diversas fuentes de ruido introducidas y la geometría del modelo introducido.

Los métodos de simulación para la predicción de la presión sonora de ruido industrial, de tráfico o ferroviario, que incluye este software son:

- ISO 9613.1/2 (Internacional – Método de propagación del ruido en exteriores).
- DAL 32 (Método nórdico de ruido industrial).
- XPS/NMPB (Método francés de ruido de tráfico).
- XPS-FER (Método francés de ruido ferroviario).
- CRTN (Método británico (UK) y Nueva Zelanda para ruido de tráfico).
- RMR/SRM2 (Método armonizado europeo para ruido de tráfico y ferroviario).

En este estudio se utiliza el método XPS/NMPB (Método francés de ruido de tráfico), como se indica en la Ley del Ruido 37/2003 y en el Real Decreto 1513/2005.

Algunas de las utilidades de este software de predicción son la elaboración de mapas de ruido de grandes superficies, la predicción de los niveles sonoros en estados post-operacionales en proyectos de nueva construcción, evaluación de zonas acústicamente saturadas...

Para realizar el mapa sobre el que posteriormente se realizará la simulación para obtener el mapa de ruido, se han dibujado una a una todas las manzanas de la ciudad de Tavernes de la Valldigna siguiendo un mapa en formato AutoCAD proporcionado por este mismo ayuntamiento. A cada una de las manzanas se le ha establecido una altura media aproximada teniendo en cuenta la altura de todos los edificios y casa que la componen. De este modo, se ha simplificado la geometría del modelo para agilizar notablemente la simulación, sin afectar de manera grave los resultados.

En cuanto a la absorción acústica del terreno, se han tenido en cuenta solamente dos tipos de suelo. Las zonas urbanas se han considerado acústicamente reflectantes con un factor de absorción del suelo de $G = 0$. El resto de las áreas como son las zonas verdes, las áreas rurales, jardines o monte se han considerado col suelo absorbente y se les ha asignado un factor de absorción del suelo de $G = 1$.

Como fuentes acústicas, se dibujan en el modelo las vías las cuales se ha medido el caudal de tráfico durante los días de las medidas in situ para que la simulación sea lo más fiel posible a la realidad. Para simular el ruido de estas carreteras, se distingue entre vehículos ligeros y pesados, y se establece el número y la velocidad de cada uno de ellos.

Para finalizar el modelo de simulación, se incluyen los receptores en cada uno de los puntos en los que se han realizado las mediciones y a la altura de 1,7 m igual que el sonómetro en las medidas [22].



Ilustración 15: Vista 3D del modelo a simular con Predictor.

La simulación se ajusta para que en cada punto receptor tenga una diferencia absoluta máxima menor o igual a 3 dBA, respecto a los valores obtenidos en las mediciones reales, para poder dar veracidad a la simulación.

En la siguiente tabla se compara los valores de presión sonora obtenidos mediante la simulación con “Predictor” y los valores reales medidos.

Tabla 11.

Comparativa entre niveles de presión sonora medidos y simulados

PUNTO	<u>L_{Aeq} Medido (dBA)</u>		<u>L_{Aeq} Simulado (dBA)</u>		<u>DIFERENCIA</u>	
	Ld	Ln	Ld	Ln	Ld	Ln
1	61,6	51,9	60,5	53,5	1,1	-1,6
2	65,0	46,3	63,8	46,2	1,2	0,1
3	69,2	64,3	71,3	63,2	-2,1	1,1
4	68,0	61,9	70,9	62,7	-2,9	-0,8
5	69,1	61,9	71,0	62,9	-1,9	-1,0
6	73,7	64,6	73,9	65,9	-0,2	-1,3
7	68,2	64,7	70,8	62,1	-2,6	2,6
8	62,7	45,6	62,3	48,2	0,4	-2,6
9	64,3	54,1	64,9	56,3	-0,6	-2,2
10	71,2	62,8	72,7	64,6	-1,5	-1,8
11	59,9	57,9	61,9	55,3	-2,0	2,6
12	62,9	52,9	61,7	55,0	1,2	-2,1
13	60,0	43,5	62,1	42,9	-2,1	0,6
14	68,8	66,6	71,6	63,6	-2,8	3,0
15	70,9	62,4	71,2	63,1	-0,3	-0,7
16	62,1	51,9	63,1	54,4	-1,0	-2,5
17	55,7	56,0	58,5	55,2	-2,8	0,8
18	68,4	48,0	67,6	49,2	0,8	-1,2

La diferencia entre las medidas y la simulación se aprecia de mejor manera en la siguiente gráfica.

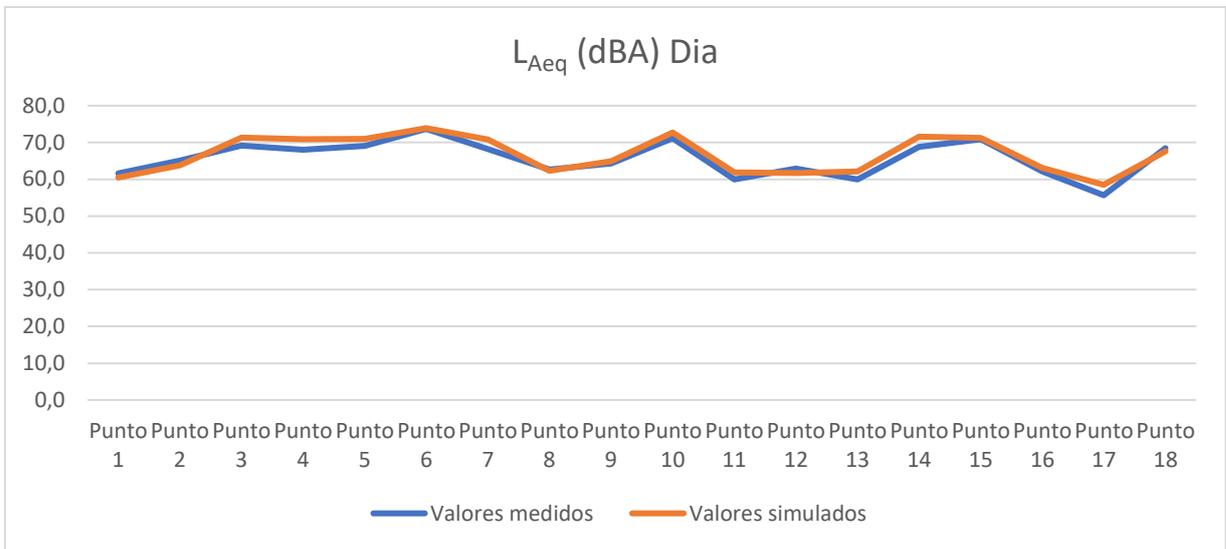


Ilustración 16: Grafica con la diferencia entre niveles medidos y simulados durante el día.

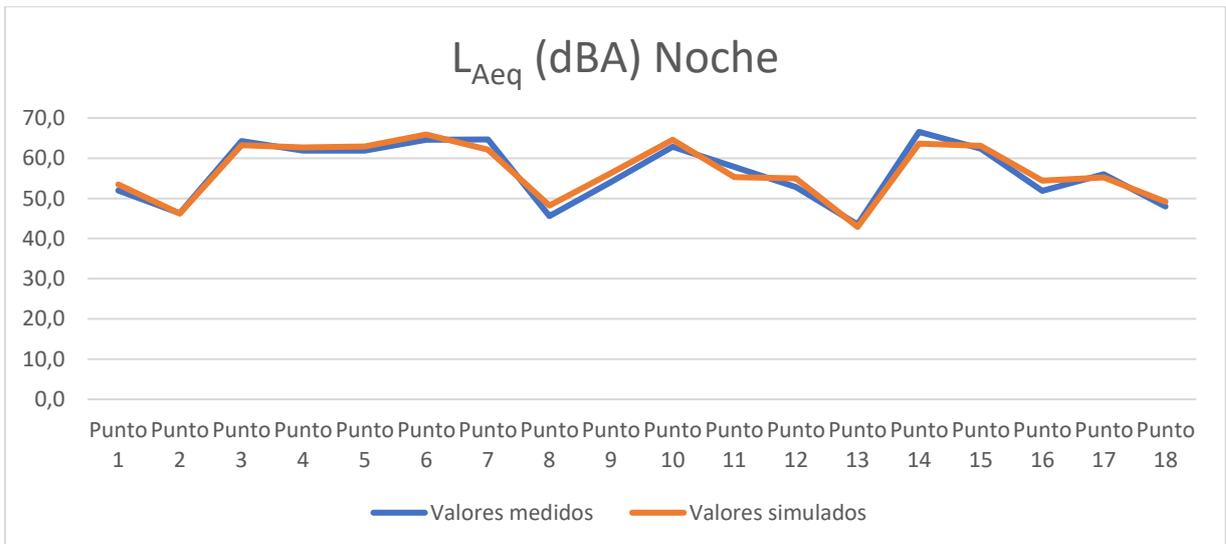


Ilustración 17: Grafica con la diferencia entre niveles medidos y simulados durante la noche.

Como se puede observar, la diferencia de niveles entre los valores medidos y los obtenidos mediante la simulación con el software son realmente escasas. Estas diferencias en cada punto se pueden apreciar de manera clara en el siguiente grafico de barras.

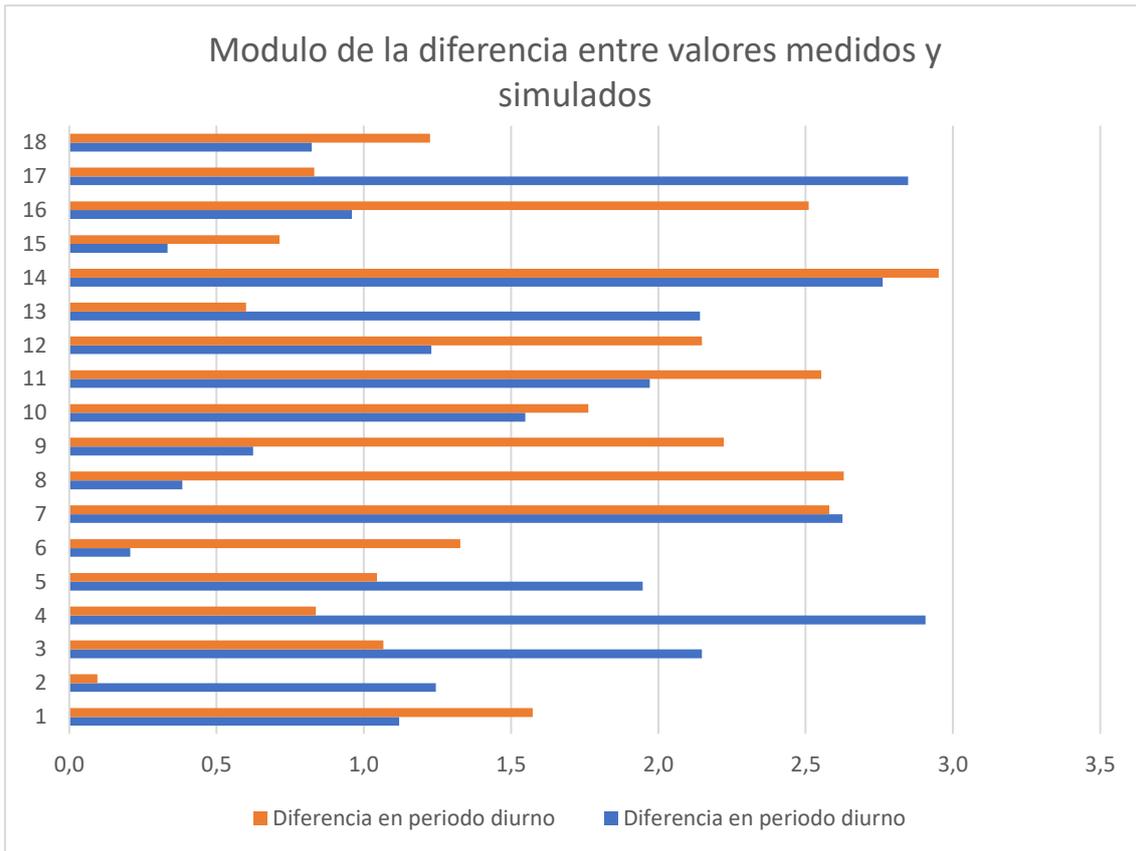


Ilustración 18: Modulo de la diferencia entre valores medidos y simulados.

Una vez los valores obtenidos en la simulación han sido verificados, se puede determinar que el modelo es válido y por lo tanto los mapas acústicos obtenidos son válidos y representativos de los valores sonoros de la ciudad de Tavernes de la Valldigna.

A continuación, se adjuntan los dos mapas obtenidos en los distintos horarios, diurno y nocturno respectivamente. Junto a estos mapas de ruido, se puede ver una leyenda donde se expone el valor de presión sonora al que equivale cada color en la representación además de los edificios, las zonas verdes, las carreteras y los receptores colocados.

initial model
30 jul. 2018, 13:31

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

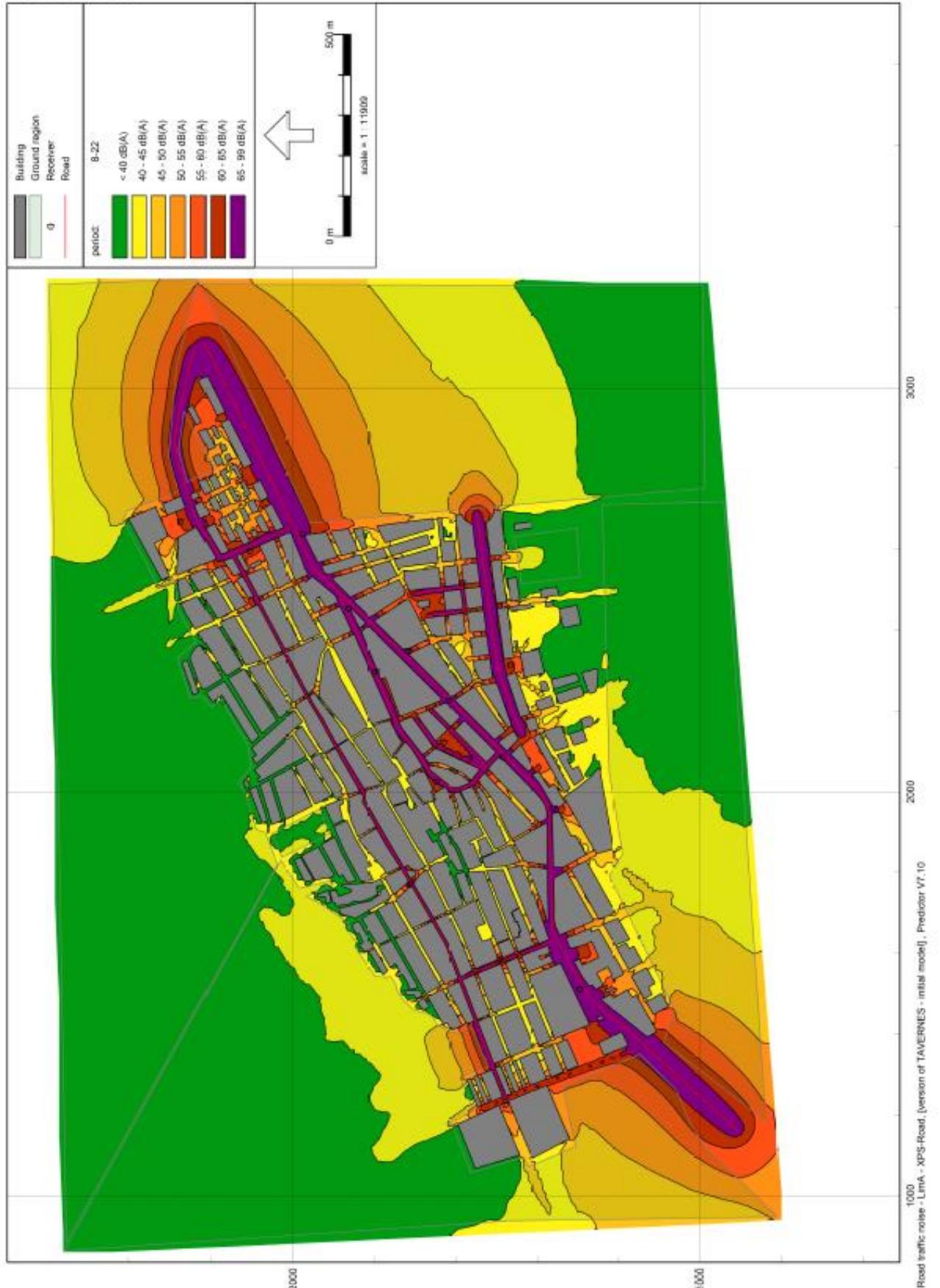


Ilustración 19: Mapa de ruido simulado con Predictor. Periodo diurno.

initial model
30 jul. 2018, 13:33

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA



Ilustración 20: Mapa de ruido simulado con Predictor. Periodo nocturno.

8. ANALISIS DE RESULTADOS.

Tal y como se explica en el capítulo 4, cada una de las leyes vigentes establece unos límites de presión sonora para cada zona diferenciada por la utilización predominante del suelo. En la Tabla 3 aparecen los límites que marca la Ley Nacional del Ruido 30/2003 y en la Tabla 4 los límites sonoros que establece la Ley del Ruido de la Comunidad Valenciana. Estos límites van a ser comparados con los valores obtenidos en el presente estudio para determinar si existe algún incumplimiento de la normativa.

En las siguientes tablas se realiza un análisis punto por punto para determinar si los niveles de ruido que aparecen en cada uno de los puntos de la tabla cumplen con los límites establecidos por la normativa vigente.

- **Punto 1.**

Zona de uso docente.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 12.

Punto 1. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	61,6	45	NO
Noche	51,9	35	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 13.

Punto 1. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	61,6	60	NO
Noche	51,9	50	NO

- **Punto 2.**

Zona de uso docente.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 14.

Punto 2. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	65	45	NO
Noche	46,3	35	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 15.

Punto 2. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	65	60	NO
Noche	46,3	50	SI

- **Punto 3.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 16.

Punto 3. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	69,2	55	NO
Noche	64,3	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 17.

Punto 3. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	69,2	65	NO
Noche	64,3	55	NO

- **Punto 4.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 18.

Punto 4. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	68	55	NO
Noche	61,9	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 19.

Punto 4. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	68	65	NO
Noche	61,9	55	NO

- **Punto 5.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 20.

Punto 5. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	69,1	55	NO
Noche	61,9	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 21.

Punto 5. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	69,1	65	NO
Noche	61,9	55	NO

- **Punto 6.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 22.

Punto 6. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	73,7	55	NO
Noche	64,6	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 23.

Punto 6. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	73,7	65	NO
Noche	64,6	55	NO

- **Punto 7.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 24.

Punto 7. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	68,2	55	NO
Noche	64,7	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 25.

Punto 7. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	68,2	65	NO
Noche	64,7	55	NO

- **Punto 8.**

Zona de uso docente.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 26.

Punto 8. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	62,7	45	NO
Noche	45,6	35	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 27.

Punto 8. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	62,7	60	NO
Noche	45,6	50	SI

- **Punto 9.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 28.

Punto 9. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	64,3	55	NO
Noche	54,1	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 29.

Punto 9. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	64,3	65	SI
Noche	54,1	55	SI

- **Punto 10.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 30.

Punto 10. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	71,2	55	NO
Noche	62,8	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 31.

Punto 10. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	71,2	65	NO
Noche	62,8	55	NO

- **Punto 11.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 32.

Punto 11. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	59,9	55	NO
Noche	57,9	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 33.

Punto 11. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	59,9	65	SI
Noche	57,9	55	NO

- **Punto 12.**

Zona de uso docente.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 34.

Punto 12. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	62,9	45	NO
Noche	52,9	35	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 35.

Punto 12. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	62,9	60	NO
Noche	52,9	50	NO

- **Punto 13.**

Zona de uso sanitario.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 36.

Punto 13. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	60,0	45	NO
Noche	43,5	35	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 37.

Punto 13. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	60,0	60	SI
Noche	43,5	50	SI

- **Punto 14.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 38.

Punto 14. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	68,8	55	NO
Noche	66,6	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 39.

Punto 14. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	68,8	65	NO
Noche	66,6	55	NO

- **Punto 15.**

Zona de uso industrial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 40.

Punto 15. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	70,9	70	NO
Noche	62,4	60	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 41.

Punto 15. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	70,9	75	SI
Noche	62,4	65	SI

- **Punto 16.**

Zona de uso docente.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 42.

Punto 16. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	62,1	45	NO
Noche	51,9	35	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 43.

Punto 16. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	62,1	60	NO
Noche	51,9	50	NO

- **Punto 17.**

Zona de uso docente.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 44.

Punto 17. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	55,7	45	NO
Noche	56,0	35	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 45.

Punto 17. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	55,7	60	SI
Noche	56,0	50	NO

- **Punto 18.**

Zona de uso residencial.

- Normativa Comunidad Valenciana. Ley 7/2002.

Tabla 46.

Punto 18. Cumplimiento de la normativa de la Comunidad Valenciana.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	68,4	55	NO
Noche	48,0	45	NO

- Normativa Estatal. Ley 37/2003.

Tabla 47.

Punto 18. Cumplimiento de la normativa española.

	L_{Aeq} Medido (dBA)	L_{Aeq} Máximo permitido en la normativa (dBA)	Cumple
Día	68,4	65	NO
Noche	48,0	55	SI

Como se puede observar de manera fácil en estas comparativas, en ninguno de los puntos medidos se cumple la normativa de la Comunidad Valenciana y en muy pocas la normativa española sobre el ruido.

En las siguientes gráficas se compara también los niveles medidos con los niveles máximos que marca cada una de las leyes. De este modo, de manera fácil y visual se puede comprobar rápidamente si una zona es apta para cada uso con los niveles actuales.

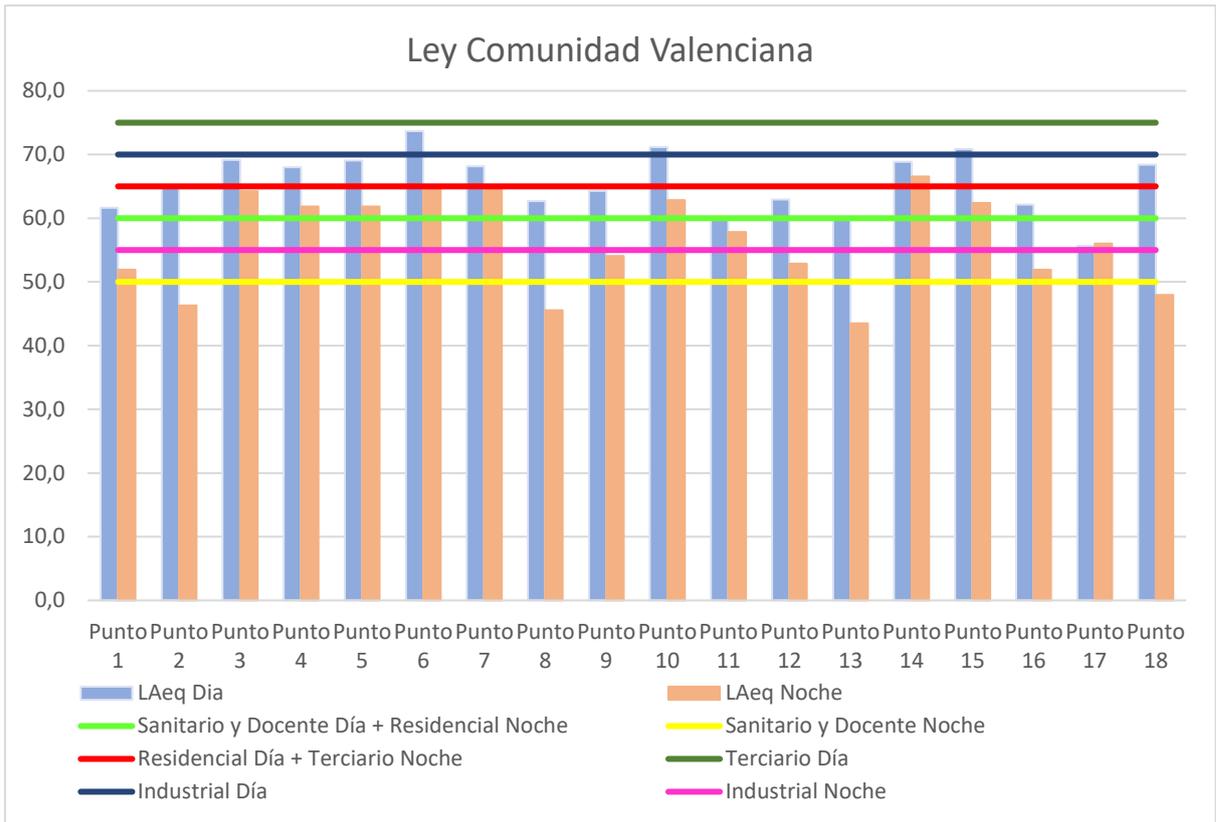


Ilustración 21: Comparativa entre la Ley del ruido de la CV y los niveles medidos.

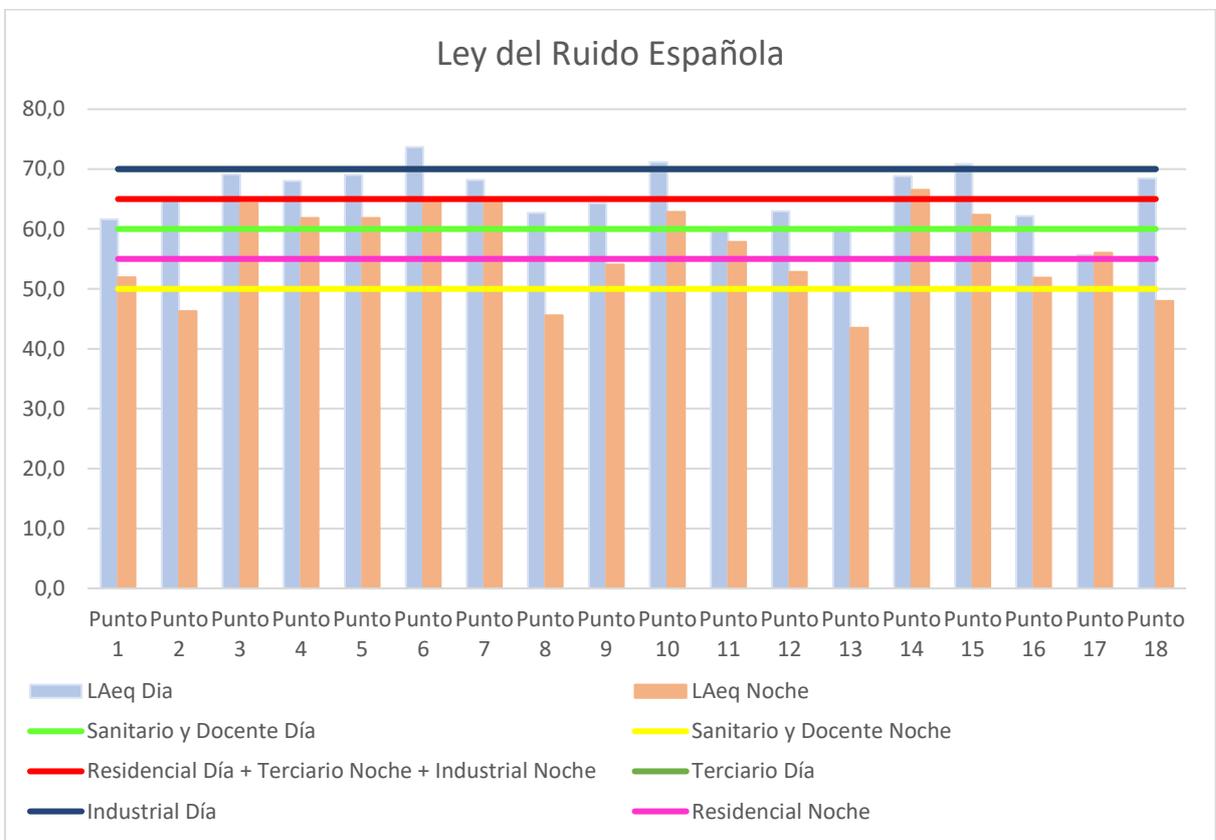


Ilustración 22: Comparativa entre la Ley del Ruido Española y los niveles medidos.

9. CONCLUSIONES.

Después de finalizar el presente estudio sobre la contaminación acústica de Tavernes de la Vallidigna, y tras la comparativa entre los resultados obtenidos a través de mediciones *in situ* y las leyes que rigen sobre los niveles máximos de ruido permitidos en las diferentes zonas, es posible probar el incumplimiento de la normativa vigente en gran parte del territorio de la localidad. Algo que implica niveles de contaminación demasiado elevados en zonas protegidas en las que se ha hecho hincapié en este estudio debido a las graves consecuencias que esta contaminación acústica puede conllevar.

Como se puede ver fácilmente en los mapas de ruido elaborados y las mediciones tomadas en los distintos puntos definidos, el principal causante de los niveles registrados durante la toma de medias es el tráfico rodado, sobre todo en el centro de la ciudad y el lecho de la carretera CV-50, llegándose a registrar valores medios alrededor de esta de más de 70dBA. Algo que puede estar causando diversos problemas de salud a una gran cantidad de vecinos que están expuestos a estos niveles de manera constante en sus casas tanto de día como de noche.

Este estudio ayuda al conocimiento y la concienciación del problema, para de este modo incentivar en buscar soluciones que puedan llegar a paliar el problema. Por esta razón la elaboración de un mapa de ruido representa una herramienta de trabajo que nos detecta de forma rápida y de fácil visualización el estado de salud acústica de una población.

En cuanto al proceso de elaboración de este estudio, se ha puesto en valor la utilización del software de predicción acústica como Predictor para la elaboración de mapas de ruido, ya que son una herramienta precisa por las pocas diferencias con las medidas *in situ* si todas las medidas experimentales tienen la exactitud y veracidad necesarias. Además, convierten los estudios acústicos en algo más rápido y económico de elaborar.

Si hablamos de la normativa frente a la contaminación acústica, como se ha visto en el capítulo de legislación, sigue siendo precaria y poco unificada por las diferencias entre la nacional y la autonómica y pone de manifiesto que los niveles máximos exigidos en la legislación autonómica son demasiado restrictivos y deberán revisarse y adaptarse a la normativa nacional.

Como conclusión, es lícito comentar después de la realización del presente estudio acústico la necesidad de la ciudad de Tavernes de la Vallidigna de un PAM (plan acústico municipal) que presente soluciones para la mejora la situación actual de sus habitantes.

10. PROPUESTAS DE MEJORA.

A continuación, se proponen algunas medidas que se podrían tener en cuenta a la hora de realizar un estudio sobre las mejoras que se deberían incluir en un futuro PAM.

- **Concienciación.** La concienciación de los ciudadanos sobre los problemas que conlleva la contaminación acústica es una de las primeras medidas que se deberían de realizar, debido al gran desconocimiento en la mayoría de los ciudadanos sobre estos.
- **Bicicleta.** Una buena opción para reducir el tráfico en la ciudad podría ser el fomento de la utilización de la bicicleta como transporte por el interior de la ciudad. Algo que se podría fomentar creando carriles bici por las principales zonas de la ciudad, instalando aparcamientos seguros para estas o creando un servicio público de transporte en bicicleta.
- **Ciclomotores.** Tavernes de la Valldigna es una ciudad con un tráfico de ciclomotores bastante elevado y durante la toma de medidas, se ha visto una gran cantidad de estos vehículos con el llamado escape libre o con silenciadores en mal estado, algo que provoca que este tipo de vehículos se conviertan en una fuente de ruido grande. Para reducir el ruido en toda la ciudad, se debería dotar a las autoridades de herramientas para la medición de estos ruidos y reducir la pasividad frente al incumplimiento del Real Decreto 19/2004 y de la normativa local.
- **Asfalto fonoabsorbente.** Aunque el coste sea un poco elevado, la pavimentación con asfaltos desarrollados para la absorción acústica se está realizando en algunas zonas en grandes ciudades como por ejemplo algunos tramos de la M-30 en Madrid o algunas vías en la ciudad de Valencia, donde tras la evaluación de los resultados se han registrado hasta 6 dB menos en algunas zonas [23].
- **Restringir vehículos pesados.** En cuanto al tráfico rodado, unos de los mayores causantes de ruido son los vehículos pesados, la restricción o la limitación de la circulación de este tipo de vehículos podría suponer una reducción significativa del ruido, sobre todo en las inmediaciones de la CV-50.
- **Aumentar el aislamiento acústico en las viviendas de las zonas más afectadas.** Un método de actuación sobre este problema en los receptores podría ser la creación de ayudas económicas para la reforma en las viviendas más afectadas para aumentar el aislamiento acústico de estas.
- **Trasladar la CV-50.** La carretera CV-50 atraviesa la ciudad de Tavernes de la Valldigna, algo que causa una gran cantidad de tráfico tanto ligero como pesado y como consecuencia, genera una gran cantidad de ruido. Una de las mayores mejoras en cuanto a ruido que se considera que se pueden realizar en la ciudad es la desviación de esta carretera por un nuevo tramo de la CV-50 construido por el exterior del casco urbano. De este modo el número de vehículos que atraviesan la ciudad se reduciría de manera drástica. Además, si se construye un nuevo tramo por el exterior de la ciudad, este podría estar protegido frente al ruido con pantallas acústicas

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Fernández, A. (2017). Ruido y salud en Madrid. Madrid: DKV SEGUROS. Retrieved from <https://www.gaes.es/uploads/imagen/753-observatorio-ruido-madrid.pdf>
- [2] García, B., & Garrido, F. (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades (12th ed.). Fundación “la Caixa”. Retrieved from https://www.fundacionbancarialacaixa.org/deployedfiles/obrasocial/Estaticos/pdf/Estudios_sociales/es12_esp.pdf
- [3] World Health Organization. (2018). Data and statistics. Retrieved from <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/data-and-statistics>
- [4] ARGOS GVA. (2018). Retrieved from http://www.argos.gva.es/bdmun/pls/argos_mun/DMEDB_MUNDATOSINDICADORES.DibujaPagina?aNMunId=46238&aNIndicador=2&aVLengua=C
- [5] Gómez, I. (1993). Ley de contaminación acústica. EL PAÍS. Retrieved from https://elpais.com/diario/1993/07/26/espana/743637613_850215.html
- [6] COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. (1996). Libro Verde de la Comisión Europea. Bruselas.
- [7] BOE. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. (2003). España.
- [8] BOE. 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. (2005). España.
- [9] BOE. Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. (2018). España.
- [10] BOE. LEY 7/2002, de 3 de diciembre, de protección contra la contaminación acústica. (2002). Comunidad Autónoma Valenciana.
- [11] DOGV. DECRETO 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios. [2004/M12624] (2004). Valencia.
- [12] DOGV. DECRETO 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica. [2006/8572] (2006). Valencia.
- [13] DOCV. DECRETO 19/2004, de 13 de febrero, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor. [2004/X1605] (2004). Valencia.

[14] Ajuntament de Tavernes de la Valligna. ORDENANÇA MUNICIPAL SOBRE PREVENCIÓ DE LA CONTAMINACIÓ ACÚSTICA (PROTECCIÓ DE SOROLLS I VIBRACIONS) (Acords del Ple de 03-04-1995 i 10-03-1997). Tavernes de la Valligna.

[15] AENOR. UNE-ISO 1996-2, Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental (2009). España.

[16] Brüel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S. (2007). Analizador portátil Tipo 2250. Manual de usuario. Dinamarca.

[17] Vicente, P. (2010). MÉTODO Y EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN ACÚSTICA AMBIENTAL (Caso práctico) (TRABAJO FINAL DE CARRERA). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.

[18] Centro Español de Metrología. (2018). Evaluación de datos de medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida (1st ed.). España. Retrieved from <http://www.cem.es/sites/default/files/gum20digital1202010.pdf>

[19] Escuder, E., Alba, J., del Rey, R., & Ramis, J. (2009). INCERTIDUMBRE DE MEDIDA EN RUIDO AMBIENTAL SEGÚN LA ISO 1996-2:2007. APLICACIÓN A UN ESTUDIO ACÚSTICO. Cádiz: Tecni Acustica. Retrieved from http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Cadiz09/Cadiz09_RDO_021.pdf

[20] Douglas, E. (2005). Uncertainties in Environmental Noise Assessments – ISO 1996, Effects of Instrument Class and Residual Sound. Budapest: Forum Acusticum. Retrieved from <https://www.bksv.com/media/doc/bn0151.pdf>

[21] Mondaray, J., Yebra, F., & Lorenzo, L. (2005). Empleo en campo de los sonómetros. Factores a considerar y su contribución a la incertidumbre de medida. Zaragoza: Tercer congreso español de metrología. Retrieved from <http://lomg.net/media/noticias/PonenciaCEM.pdf>

[22] Brüel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S. (2008). Predictor Tipo 7810. Manual de Usuario (V.6.1). Dinamarca.

[23] Ajuntament de Valencia. (2016). Evaluación de la aplicación y los resultados del anterior Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica del Municipio de Valencia. Valencia: Audiotec.