



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Estudio de la contaminación acústica a la que se encuentra
sometido el hospital "La Fe" de Valencia

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e
Imagen

AUTOR/A: Martínez Gato, Borja

Tutor/a: Alba Fernández, Jesús

Cotutor/a: Rey Tormos, Romina María del

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

“Transmitir mi agradecimiento a Jesús Alba Fernández, Romina María Del Rey Tormos y Joan Escales Tur por la ayuda aportada a lo largo de este trabajo, sin su ayuda en la planificación, organización y experiencia, este trabajo fin de grado no hubiera sido posible.

Por otra parte, a mi familia, amigos y pareja por estar a lo largo de toda mi carrera apoyándome en todo momento y haciendo este momento posible.

A todos ellos, mil gracias “

1. ABSTRACT & KEYWORDS

In this work of end of degree an acoustic study is carried out in the area of the Hospital la Fe of Valencia, located in *Avenida de Fernando Abril Martorell 106, Valencia*.

For this purpose, measurements shall be made at seven different points in the vicinity of the hospital and at the access points to the hospital, after measurements have been made and the different sources of noise in the environment have been located, the environment will be created by software to perform a simulation and compare the results obtained.

Finally, by means of simulation, new simulation models will be created to adjust as much as possible the noise levels that could be obtained with the current legislation.

Keywords: Acoustic study, Urban traffic, Simulation models, Noise

2. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

En este trabajo de fin de grado se realiza un estudio acústico en la zona del Hospital la Fe de Valencia, situado en la *Avenida de Fernando Abril Martorell 106, Valencia*.

Para ello se realizarán mediciones del nivel de presión sonora en siete puntos diferentes situados en las inmediaciones del hospital y en los puntos de acceso al mismo. Una vez realizadas las mediciones y localizadas las diferentes fuentes de ruido del entorno, se procederá a la creación por software del entorno para realizar una simulación y comparar los resultados obtenidos.

Para finalizar, mediante simulación, se procederá a la creación de nuevos modelos de simulación para ajustar lo máximo posible los niveles de ruido que se podrían obtener con la legislación vigente.

Palabras Clave: Estudio acústico, Tráfico urbano, Modelos de simulación, Ruido

INDICE

1.	ABSTRACT & KEYWORDS.....	2
2.	RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	2
3.	INTRODUCCION.....	5
4.	LEGISLACION REGULADORA DEL RUIDO	6
4.1.	LEGISLACION EUROPEA.....	6
4.2.	LEGISLACION ESTATAL.....	6
4.3.	LEGISLACION AUTONOMICA.....	7
5.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO E IDENTIFICACION DE FUENTES DE RUIDO	8
5.1.	PUNTOS DE MEDICIÓN EN LAS MEDICIONES IN-SITU.....	8
5.2.	IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO.....	11
6.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.....	13
6.1.	INSTRUMENTACION UTILIZADA	13
6.2.	PERIODOS DE MEDICIÓN.....	13
6.3.	RESULTADO DE LAS MEDICIONES	14
6.4.	COMPARACION DE RESULTADOS DE MEDICIONES CON EL MARCO LEGAL	15
7.	SIMULACION EN EL SOFTWARE PREDICTOR	17
7.1.	MODELO MATEMÁTICO	17
7.2.	CREACIÓN DEL MODELO ORIGINAL	18
7.3.	RESULTADOS OBTENIDOS DE SIMULACION	20
7.4.	COMPARATIVA ENTRE MEDICIONES IN-SITU Y SIMULACIÓN POR SOFTWARE	21
8.	MODELADO DE POSIBLES MEJORAS PARA ADECUAR A LA LEGISLACION.....	23
8.1.	CAMBIO EN LA VELOCIDAD DE LAS VIAS.....	23
8.2.	MODIFICACION DE CARRETERA NORTE DEL HOSPITAL	25
8.3.	SIMULACION CON BARRERAS ACUSTICAS	26
8.4.	SIMULACION CON BARRERAS ACUSTICAS SUPERPUESTAS.....	30
8.5.	COMPARATIVA DE SIMULACIONES Y PERSPECTIVA FINAL	30
9.	CONCLUSIONES	34
10.	REFERENCIAS.....	35

Ilustración 1: Comparativa Hospital La Fe entre el año 2023 (Superior) y 2011 (Inferior)	5
Ilustración 2: Imagen del hospital la Fe de Valencia entrada de consultas externas	8
Ilustración 3: Vista aérea del Hospital la Fe de Valencia e identificación de los puntos de medición.....	8
Ilustración 4: Referencia Punto A.....	9
Ilustración 5: Referencia Punto B.....	9
Ilustración 6: Referencia Punto C.....	9
Ilustración 7: Referencia Punto D.....	9
Ilustración 8: Referencia Punto E	9
Ilustración 9: Referencia Punto E	9
Ilustración 10: Referencia Punto E	9
Ilustración 11: Vista aérea del Hospital la Fe de Valencia e identificación de las fuentes de ruido	11
Ilustración 12: Comparación de mediciones Ld con el Real Decreto 1367/2007	15
Ilustración 13: Comparación de mediciones Le con el Real Decreto 1367/2007	15
Ilustración 14: Comparación de mediciones Ln con el Real Decreto 1367/2007	16
Ilustración 15: Configuración de vehículos en cada una de sus vías.....	17
Ilustración 16 Configuración de suelo en Software Predictor	18
Ilustración 17: Vista aérea del Hospital la Fe de Valencia e identificación de carreteras.....	18
Ilustración 18: Configuración final del software Predictor	19
Ilustración 19: Resultados de la simulación del software Predictor	20
Ilustración 20: Comparación de mediciones Ld entre obtenidas mediante simulación y en las mediciones in-situ	21
Ilustración 21: Comparación de mediciones Le entre obtenidas mediante simulación y en las mediciones in-situ	21
Ilustración 22: Comparación de mediciones Ln entre obtenidas mediante simulación y en las mediciones in-situ	21
Ilustración 23: Resultados de la simulación del software Predictor con cambios de velocidad. 23	
Ilustración 24: Resultados de la simulación del software Predictor con eliminación de la vía... 25	
Ilustración 25: Esquema planteamiento simulación de barreras: Situación Actual..... 27	
Ilustración 26: Esquema planteamiento simulación de barreras..... 27	
Ilustración 27: Resultados de la simulación del software Predictor con barreras acústicas 28	
Ilustración 28: Resultados de la simulación del software Predictor con barreras acústicas 29	
Ilustración 29: Esquema planteamiento simulación de barreras superpuestas	30
Ilustración 30: Resultados de la simulación del software Predictor con barreras acústicas en superpuestas zona sud.....	30
Ilustración 31: Simulación con colocación de tres barreras acústicas	31
Ilustración 32: Comparativa de resultados Ld entre receptores de la versión original y final ... 32	
Ilustración 33: Comparativa de resultados Ld entre receptores de la versión original y final ... 32	
Ilustración 34: Comparativa de resultados Ln entre receptores de la versión original y final ... 33	

3. INTRODUCCION

El Hospital Universitario y Politécnico de La Fe comenzó su construcción en el año 2003, finalizando, abriendo sus puertas en el 2010 y de manera completamente operativa en 2011.

El emplazamiento en su inicio se sitúa a las afueras de la ciudad, sin edificaciones a los alrededores y solo una vía principal enfrente del mismo. Es lógico pensar que Valencia al tratarse de una ciudad el pleno crecimiento urbanístico convertiría un emplazamiento alejado en un emplazamiento en plena zona residencial.



Ilustración 1: Comparativa Hospital La Fe entre el año 2023 (Superior) y 2011 (Inferior)

Como se observa en la [Ilustración 1] el crecimiento urbanístico crea en un breve periodo de tiempo un cambio drástico en el emplazamiento del hospital que, con el aumento de las poblaciones de los alrededores y tener una de las vías de entrada a la ciudad con más caudal de tráfico, crea un emplazamiento conflictivo debido a su localización siendo un punto álgido en tráfico urbano como se observará a lo largo de este trabajo.

A lo largo del estudio se observarán los niveles de presión sonora acústica del entorno del hospital y en qué grado afecta a las inmediaciones de este. Estos niveles se compararán con los niveles establecidos sobre la legislación vigente referente a contaminación acústica. Más tarde, creando un modelo de simulación nuestro objetivo será realizar cambios en las inmediaciones del hospital para ajustar este impacto acústico que se percibe con la intención de disminuir el mismo para ajustarlo lo máximo posible a la legislación vigente.

4. LEGISLACION REGULADORA DEL RUIDO

En este punto se mencionarán las leyes referentes a la contaminación acústica con una breve explicación de estas que se usaran como referencia a lo largo de este escrito es sus diferentes puntos.

4.1. LEGISLACION EUROPEA

En cuanto a leyes a nivel europeo encontramos las siguientes:

- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental [1].
- Directiva (UE) 2015/996 de la Comisión, de 19 de mayo de 2015, por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo [2].

En estas leyes europeas encontramos como objetivo establecer un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias, de la exposición al ruido ambiental aplicando diferentes medidas, estas medidas son tomadas por los estados miembro de UE para crear sus propios decretos como se verá a continuación [1][2].

4.2. LEGISLACION ESTATAL

Por otra parte, a nivel estatal encontramos la siguiente legislación:

- 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 [3].

En este Real Decreto encontramos el valor límite observado en la [Tabla 1], establece los valores que no deben ser sobrepasados y obliga a las autoridades competentes a prever o a aplicar medidas tendentes a evitar tal superación.

Añadir, que para la evaluación del ruido además de lo establecido en Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre [4], añade los siguientes índices.

- L_{Amax} (dBA) para evaluar niveles sonoros máximos durante el periodo temporal de evaluación.
- $L_{Aeq, T}$ (dBA) para evaluar niveles sonoros en un intervalo temporal T.
- $L_{K_{eq, T}}$ (dB) para evaluar niveles sonoros en un intervalo temporal T, con correcciones de nivel por componentes tonales emergentes, por componentes de baja frecuencia o por ruido de carácter impulsivo.
- $L_{K, x}$ (dB) para evaluar la molestia y los niveles sonoros

En este Real Decreto 1367/2007 se gestiona y evalúa el ruido ambiental orientado a la contaminación acústica. En nuestro caso, como se menciona en el *Artículo 5. Delimitación de los distintos tipos de áreas acústicas*, nos encontramos en el apartado “e” al tratarse de un territorio con predominio de uso Sanitario [3].

Uso del Edificio	Tipo de recinto	Índices de ruido		
		L_d dB(A)	L_e dB(A)	L_n dB(A)
Vivienda o residencial	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Hospitalario	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Educativo o cultural	Estancias	40	40	40
	Dormitorios	35	35	35

Tabla 1: Los valores de la tabla se refieren a los valores del índice de inmisión resultantes del conjunto de emisores acústicos que inciden en el interior del recinto

Como se observa en la [Tabla: 1], tenemos los valores sombreados que deberían existir en las inmediaciones del hospital, en los siguientes puntos del proyecto se tomará esta tabla como referencia y se comparará a lo largo del mismo los resultados con la legislación vigente.

- 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 [4].

En este Real Decreto se incorporan los periodos de evaluación, las mismas franjas horarias en las que se realizan las mediciones.

- Periodo Día (d), al que le corresponden 12 horas de 7:00 a 19:00.
- Periodo Tarde (e), al que le corresponden 4 horas de 19:00 a 23:00.
- Periodo Noche (n), al que le corresponden 8 horas de 23:00 a 7:00

4.3. LEGISLACION AUTONOMICA

Por último, a nivel autonómico de la comunidad valencia encontramos la siguiente legislación:

- Ley 7/2002 de protección contra la contaminación acústica [5].

En esta ley encontramos los niveles de recepción externos, es decir, los mismos vistos en la [Tabla 1]. Por otra parte, en el “Artículo 26. Mapas Acústicos” nos explica de una manera más detallada las diferentes áreas, diferenciando entre zona rústica y urbana por el uso que sobre las mismas exista, por las fuentes que generan contaminación acústica o las condiciones de calidad sonora que requieran los valores existentes en ellas.

4.4. ADMINISTRACION LOCAL VALENCIA

- Ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica [8]

La presente ordenanza como las anteriores vistas en este punto tienen por objeto prevenir, vigilar y corregir la contaminación acústica en sus manifestaciones más representativas. Por otro lado y volvemos a observar el índice de ruido de la [Tabla 1] haciendo hincapié que no podrán superarse los niveles sonoros de recepción en función del uso dominante de la zona.

5. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO E IDENTIFICACION DE FUENTES DE RUIDO

Como indica el título del proyecto, nos encontramos realizando un estudio acústico en las inmediaciones del Hospital la Fe de Valencia, situado en *Avenida de Fernando Abril Martorell 106, Valencia*.



Ilustración 2: Imagen del hospital la Fe de Valencia entrada de consultas externas

5.1. PUNTOS DE MEDICIÓN EN LAS MEDICIONES IN-SITU

En este punto se mostrará los puntos de medición elegidos para la realización del estudio acústico.



Ilustración 3: Vista aérea del Hospital la Fe de Valencia e identificación de los puntos de medición

PUNTO	LOCALIZACIÓN
A	Avenida de Ausias March, 116
B	Avinguda de Fernando Abril Martorell, 106
C	Avinguda de Fernando Abril Martorell, 106
D	Avinguda de Fernando Abril Martorell, 106
E	Carrer de Malilla
F	Avinguda de Fernando Abril Martorell
G	Avinguda de Fernando Abril Martorell, 106

Tabla 2: Localización de los puntos de medición



Ilustración 4: Referencia Punto A



Ilustración 5: Referencia Punto B



Ilustración 6: Referencia Punto C



Ilustración 7: Referencia Punto D



Ilustración 8: Referencia Punto E



Ilustración 9: Referencia Punto E



Ilustración 10: Referencia Punto E

En este proyecto descubrí el principal problema en el primer día de medición, en esta primera medición tenía planteados solamente cuatro puntos situados en cada una de las esquinas del recinto del hospital, buscando captar con estos puntos todo el impacto acústico en cada uno de los vértices.

Fue en esta primera toma de contacto y simplemente al dirigirme a uno de los puntos donde el foco de tráfico, lo que podemos situar ahora como (Punto F) en la [Ilustración 3], generaba una contaminación acústica relevante en todo el entorno, por ello, y pensando en posteriormente en los cambios a realizar, decidí enfocarme más en todo este tráfico urbano diseñando los siguientes puntos de medición que realizaré un resumen de que objetivo buscaba en cada uno de ellos.

PUNTO	OBJETIVO
A	Se busca un control del tráfico tanto que entra a la ciudad como el que sale, nos encontramos ante la principal salida de Valencia donde el foco de tráfico es continuado a cualquier hora del día, y a partir de la cual se distribuye el tráfico a las inmediaciones del hospital. Mencionar las creaciones de comercios como un McDonald's y fábricas cercanas a este punto.
B-G	Simplemente una de las salidas del hospital y la vía principal, separo esta vía en dos puntos (B-G) para realizar un control tanto de la salida por parte de este punto como la entrada a aparcamiento subterráneo, aparcamiento por parte del punto G.
C-D	Esta sería la vía de entrada a urgencias y realizo el mismo criterio que en el punto anterior, separamos la vía en puntos diferentes en este caso (C-D), por el control del aparcamiento subterráneo y la zona de aparcamiento, sumado a estos los coches estacionados. Tanto este punto como el D son los puntos más cercanos a la fuente de ruido ferroviario que se menciona en el siguiente apartado.
E-F	Encontramos los puntos en la vía principal de la Avenida de Fernando Abril Martorell, encontramos el punto E, en la entrada para controlar tanto la segunda salida de vehículos del hospital como la entrada de contaminación acústica en el norte del hospital. Por otra parte, el punto F está colocado para el control de tráfico y el cálculo de impacto acústico en el punto para el posterior estudio con los resultados.

Tabla 3: Explicación de objetivo de la situación de cada punto de medición

5.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO

En este punto se mencionan las cuatro fuentes de ruido que hemos encontrado en las inmediaciones del hospital, en este caso, encontramos fuentes de ruido ferroviario, aéreas, industriales y tráfico vial.



Ilustración 11: Vista aérea del Hospital la Fe de Valencia e identificación de las fuentes de ruido

Como se puede observar en la [Ilustración 11], encontramos la vista aérea del Hospital la Fe de Valencia, voy a utilizar esta imagen para relacionar los sombreados en la misma para localizar y determinar las fuentes de ruido.

En primer lugar, observamos un sombreado azul en la parte inferior de la imagen, este sombreado azul hace referencia a una fuente de ruido ferroviaria. En este caso, cuando se realizaban las medidas y coincidía con la circulación de trenes se observaron las siguientes características.

- Se tratan de trenes de mercancías, la circulación en esta zona es con una velocidad muy reducida, esto produce un ruido casi inapreciable.
- Se encuentra una diferentes menor a 3 dB en las mediciones de los puntos de medición más cercano, por lo tanto, para este estudio no vamos a tener en cuenta esta fuente de ruido en el desarrollo de todos los análisis.

En segundo lugar, encontramos tráfico aéreo en las inmediaciones del hospital dada la proximidad a el aeropuerto de valencia con algunos aviones circulando con una latitud más baja, dando lugar, como en el tráfico ferroviario a un leve impacto acústico y dando lugar a que no se observan cambios menores a 3 dB a las mediciones que coincidan con el tráfico aéreo, nuevamente esta fuente de ruido tampoco será analizada en este mismo proyecto.

En tercer lugar y con un símbolo de peligro, situado tanta al este como al oeste, encontramos dos puntos con una fuente de ruido industrial, en este caso, lo captamos con uno de nuestros puntos de medición y, además, realizamos unas mediciones de estos puntos a lo largo de un día de medición observando las siguientes características:

- Se trata de una salida de los conductos de ventilación, no se puede descartar que existan más de estos puntos las zonas internas del hospital.
- Se determinan 65 dB lineales, los cuales no cambian en ningún periodo del tiempo (L_d, L_e y L_n) de medición, mas notable en las mediciones de L_n .

En cuarto lugar, y la fuente de ruido más importante se puede observar con un sombreado rojo en la ilustración, encontramos el ruido producido por el tráfico rodado en zona urbana, como se observa encontramos dos vías principales en Valencia situadas en el Norte del hospital, la *Avenida de Fernando Abril Martorell* y la *Avenida de Ausias March*, siendo dos puntos con un tráfico significativo en la ciudad de Valencia, como más tarde se demostrará, es la principal fuente de ruido que afecta a las inmediaciones del hospital junto a la zona de circulación situada en el perímetro del mismo.

6. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Como se menciona a lo largo de los primeros puntos del proyecto, utilizaremos dos técnicas de medición, una de ellas se realizó previamente realizando mediciones en los puntos de medición estipulados en el apartado anterior. Para ello la metodología de medición es la siguiente:

- Comprobación de configuración de nuestro sonómetro, utilizando los conocimientos del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, Sonido e Imagen como la colocación del sonómetro a 1,5 metros y estipular el tiempo de medición en este caso de 15 minutos en cada punto de medición.
- Colocación de la pantalla anti-viento.
- Realizar un conteo de vehículos en cada uno de los puntos y cada medición, siendo esta una información imprescindible para la simulación en el predictor como paso posterior.
- Registrar el resultado de temperatura y velocidad del viento obtenidos con el anemómetro.
- Módulo de sonómetro Avanzado.

6.1. INSTRUMENTACION UTILIZADA

- **Analizador acústico** modular de precisión, marca **Bruel&Kjaer modelo 2250/TR**, con el número de serie **2506479**.
- **Micrófono** marca **Bruel&Kjaer para sonómetro 22570 modelo 2770-TR** con número de serie **2523647**.
- **Trípode Manfrotto 7322** y B para la sujeción del sonómetro Brüel-Kjaer 2270.
- **Pantalla anti-viento esférica UA-1650** 90mm Windscreen con detección automática para sonómetro Brüel-Kjaer 2270.
- Anemómetro digital marca **Testo modelo 410-2**.
- Uso del software Predictor para la simulación mediante técnicas matemáticas basadas en modelos matemáticos

6.2. PERIODOS DE MEDICIÓN

En cuanto a los periodos de medición nos basamos en el BOE Real Decreto 1367/2007 [3] donde se establecen tres periodos temporales de evaluación diarios.

- Ld: Periodo día (d): Al periodo día le corresponden 12 horas (7:00 a 19:00).
- Le: Periodo tarde (e): Al periodo tarde le corresponden 4 horas (19:00 a 23:00).
- Ln: Periodo noche (n): Al periodo noche le corresponden 8 horas (23:00 a 7:00).

6.3. RESULTADO DE LAS MEDICIONES

En esta revisión de resultados revisaremos las siete mediciones obtenidas en cada uno de los puntos de medición vistos anteriormente. Se utilizará el [Anexo 1] donde encontraremos todos los resultados de manera más detallada.

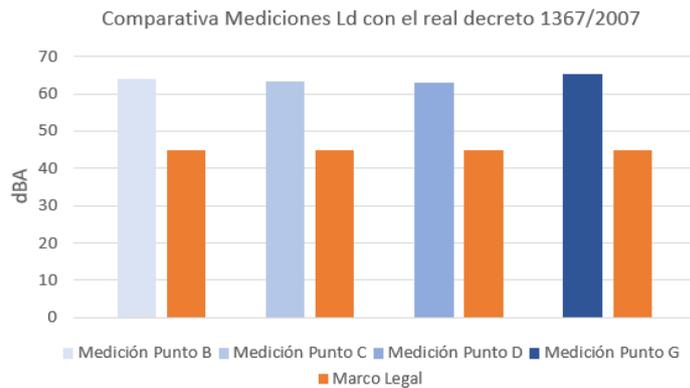
Punto	Lday (dBA)	Levening (dBA)	Lnight (dBA)	Lden (dBA)
A	69.5	69.5	68.4	75.3
B	63.9	63.12	62.4	69
C	63.3	58.7	59.2	66.3
D	63.1	60.1	59.5	66.6
E	69.8	68.2	68.1	74.5
F	70.4	69.2	65.9	73.6
G	65.3	63.5	60.5	68.2

Tabla 4: Resultados de las mediciones

6.4. COMPARACION DE RESULTADOS DE MEDICIONES CON EL MARCO LEGAL

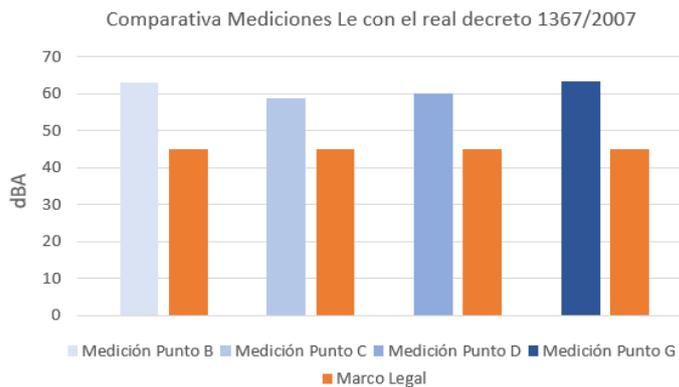
En este punto compararemos los resultados obtenidos, en este caso centrándonos en los puntos de medición [B, C, D y G] de la [Ilustración 3], siendo estos las inmediaciones del hospital para realizar esta comparativa con el marco legal.

En cuanto a las comparativas observamos la franja naranja, siendo este el límite de índice de ruido según el Real Decreto 1367/2007 [3] vistas en la [Tabla 1].



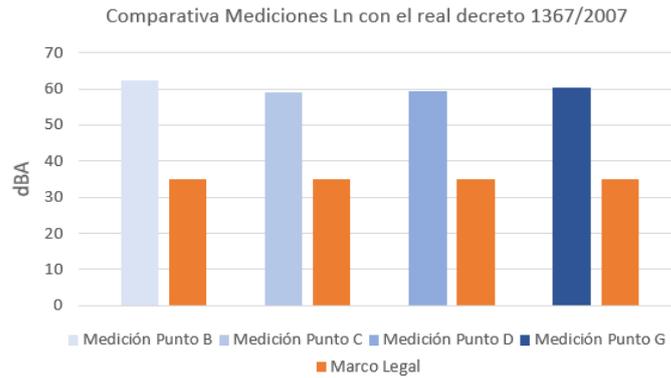
	"in situ". Ld (dBA)	RD 1367/2007 Ld (dBA)	DIFERENCIA (dBA) / cumplimiento
Punto B	63,9	45	18,9 / NO
Punto C	63,3	45	18,3 / NO
Punto D	63,1	45	18,1 / NO
Punto G	65,3	45	20,3 / NO

Ilustración 12: Comparación de mediciones Ld con el Real Decreto 1367/2007



	"in situ". Le (dBA)	RD 1367/2007 Le (dBA)	DIFERENCIA (dBA) / cumplimiento
Punto B	63,12	45	18,12 / NO
Punto C	58,7	45	13,7 / NO
Punto D	60,1	45	15,1 / NO
Punto G	63,5	45	18,5 / NO

Ilustración 13: Comparación de mediciones Le con el Real Decreto 1367/2007



	"in situ". Ld (dBA)	RD 1367/2007 Ld (dBA)	DIFERENCIA (dBA) / cumplimiento
Punto B	62,4	35	27,4 / NO
Punto C	59,2	35	24,2 / NO
Punto D	59,5	35	24,5 / NO
Punto G	60,5	35	25,5 / NO

Ilustración 14: Comparación de mediciones Ln con el Real Decreto 1367/2007

Como se observan en las ilustraciones anteriores, vemos como la diferencia en el periodo de día es superior a los 18 dBA en todos los puntos, también encontramos una diferencia sobre los 15 dBA en el periodo de tarde. Por otra parte, por la noche observamos unas diferencias sobre los 25 dBA. En conclusión, observamos que en estos puntos no se cumple la legislación vigente en ningún momento del día.

7. SIMULACION EN EL SOFTWARE PREDICTOR

En este punto simularemos mediante el software Predictor las condiciones que existen en el territorio del hospital la Fe. Para ello utilizaremos la misma imagen usada anteriormente y realizaremos la creación de edificios, zonas verdes y con pavimento urbano. Después de realizar este paso, usaremos el conteo de vehículos realizado durante las mediciones para incluirlo en este análisis.

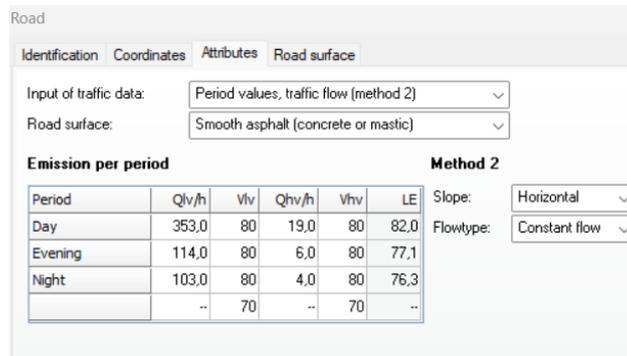
7.1. MODELO MATEMÁTICO

Este estudio utiliza un modelo matemático implementado con la herramienta informática Predictor y aplicado específicamente al ruido del tráfico.

En este caso se utiliza el software que nos proporciona la universidad con su licencia vigente PREDICTOR 7810 versión-7.10 de Brüel & Kjær y el método de predicción XPS/NMPB (método francés para ruido de tráfico).

Para realización de la simulación el software requiere el caudal de vehículos realizado en las mediciones in-situ. Este conteo de vehículos diferenciándolos entre vehículos ligeros/pesados y la velocidad de la vía para los mismos harán a la simulación aproximarnos a los resultados de medición con el sonómetro.

Esta información del caudal de vehículos se colocará en la simulación de la siguiente forma.



Period	Qlv/h	Vlv	Qhv/h	Vhv	LE
Day	353,0	80	19,0	80	82,0
Evening	114,0	80	6,0	80	77,1
Night	103,0	80	4,0	80	76,3
	--	70	--	70	--

Ilustración 15: Configuración de vehículos en cada una de sus vías

Como se observa en la [Ilustración 15], tenemos el día separado en los tres periodos de tiempo vistos anteriormente, en "Qlv/h" colocamos el caudal de vehículos al que se realiza una media por los días de medición. El parámetro "Vlv" sería la velocidad de la vía oficial para ambos vehículos.

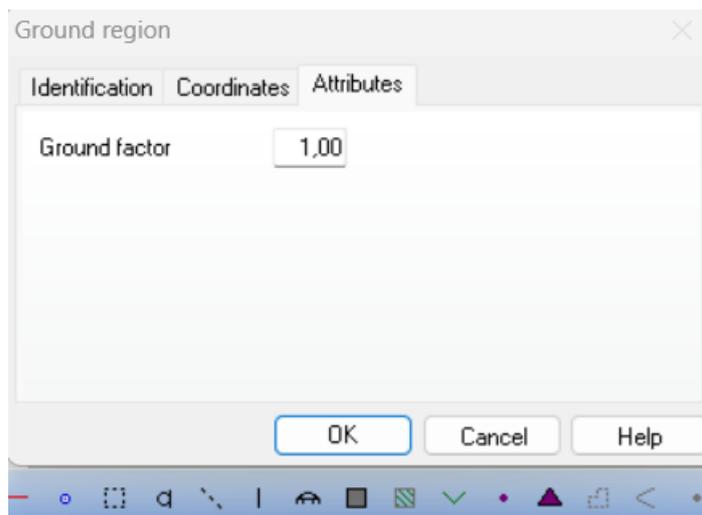


Ilustración 16 Configuración de suelo en Software Predictor

Por otra parte, seleccionando el cuadrado verde de la parte inferior y una zona a delimitar dependiendo del factor de suelo.

7.2. CREACIÓN DEL MODELO ORIGINAL

Visto los anteriores apartados donde se explica la versión de Predictor a utilizar y el modelo matemático, se mostrará ese caudal de vehículos en la siguiente tabla, y a su vez, en el [Anexo 2], el caudal completo de los vehículos por cada uno de los días de medición, como se cita en el apartado anterior, en esta tabla solo incluiremos la media de estos datos.



Ilustración 17: Vista aérea del Hospital la Fe de Valencia e identificación de carreteras

PUNTO	PERIODO	V. LIGEROS	V. PESADOS
1	MAÑANA	577	18
	TARDE	554	25
	NOCHE	440	10
2	MAÑANA	187	12
	TARDE	189	10
	NOCHE	221	8

3	MAÑANA	75	4
	TARDE	54	2
	NOCHE	28	2
4	MAÑANA	28	2
	TARDE	28	2
	NOCHE	9	0
5	MAÑANA	70	2
	TARDE	71	6
	NOCHE	20	0
6	MAÑANA	77	2
	TARDE	24	3
	NOCHE	14	1
7	MAÑANA	50	5
	TARDE	32	3
	NOCHE	45	2
8	MAÑANA	355	19
	TARDE	114	6
	NOCHE	103	4
9	MAÑANA	219	12
	TARDE	131	7
	NOCHE	70	4
10	MAÑANA	200	8
	TARDE	148	10
	NOCHE	105	7
11	MAÑANA	180	5
	TARDE	33	4
	NOCHE	14	3

Tabla 5: Caudales ligeros/pesados de vehículos en las diferentes franjas de tiempo

Una vez realizados colocadas todas las características como edificios, tipos de suelo y carreteras la configuración del mapa del predictor termina con la siguiente configuración:



Ilustración 18: Configuración final del software Predictor

7.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE SIMULACION

Una vez realizadas todas las configuraciones del paso anterior en la creación del modelo original obtenemos los siguientes resultados.

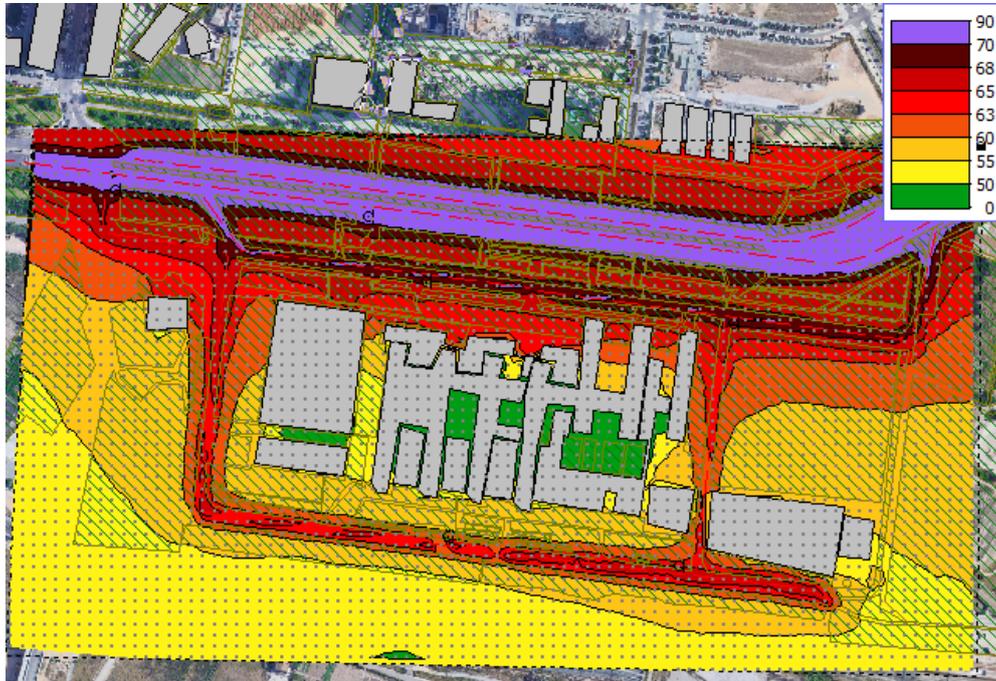


Ilustración 19: Resultados de la simulación del software Predictor

Para realizar un análisis de resultados y localizar los problemas se utilizará el resultado obtenido en cada uno de los receptores de simulación.

Punto	Lday (dBA)	Levening (dBA)	Lnight (dBA)
A	67.6	68.1	67.4
B	67.2	64.2	61.2
C	60.7	64.0	60.4
D	58.6	59.2	58.4
E	65.5	61.9	63.4
F	66.5	63.9	61.9
G	65.0	62.9	60.0

Tabla 6: Resultado obtenido en cada uno de los receptores simulación original

7.4. COMPARATIVA ENTRE MEDICIONES IN-SITU Y SIMULACIÓN POR SOFTWARE

En este punto compararemos los resultados obtenidos entre la medición in-situ en la localización y las mediciones obtenidas por los receptores en simulación.

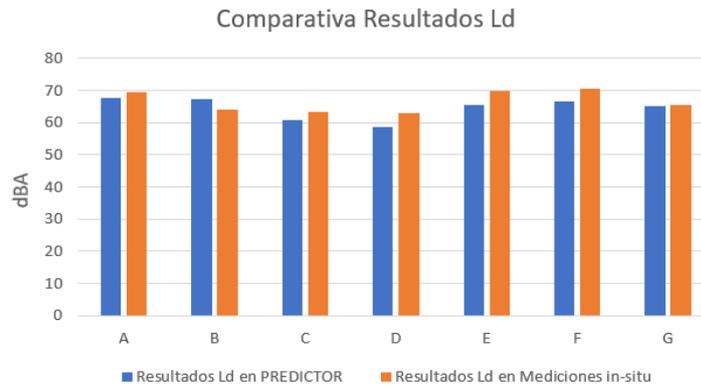


Ilustración 20: Comparación de mediciones Ld entre obtenidas mediante simulación y en las mediciones in-situ

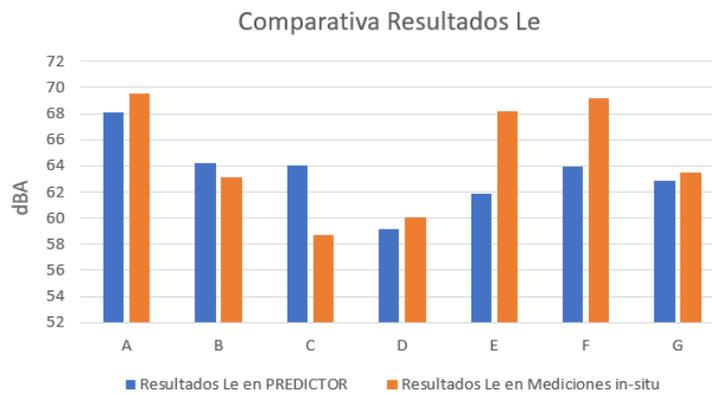


Ilustración 21: Comparación de mediciones Le entre obtenidas mediante simulación y en las mediciones in-situ

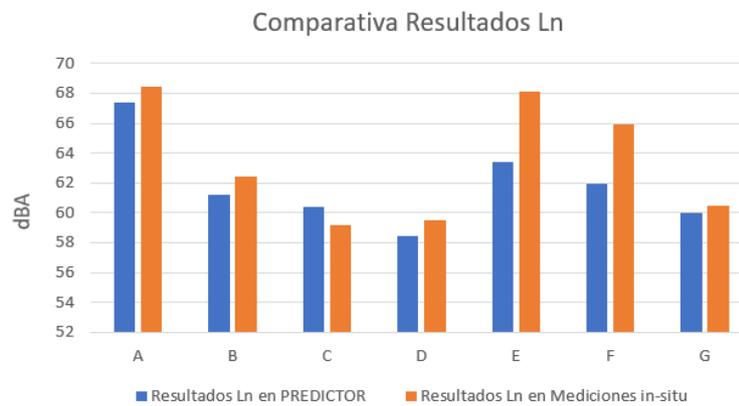


Ilustración 22: Comparación de mediciones Ln entre obtenidas mediante simulación y en las mediciones in-situ

En esta comparación de puntos observamos las siguientes conclusiones:

Encontramos algunas diferencias notables en la simulación de las zonas cercanas a carreteras creando diferencias mayores a 3 dBA, se intuye que Predictor al realizar una configuración de carreteras se debe configurar una única velocidad de la vía, esta velocidad de la vía puede ser menor a la velocidad en la que los vehículos circulan en la medición in-situ, sin tener en cuenta el impacto acústico de estos mismo ya sea por velocidad, uso del claxon o el ralentí de los motores por la cercanía del punto del sonómetro.

No obstante, aún con las diferencias de resultados, la conclusión en cuanto a la contaminación acústica en las inmediaciones del recinto del hospital comparte la misma conclusión frente a margen legal [Tabla 1], siendo una diferencia más que notable demostrando que el recinto del hospital no cumple en ambos resultados y en ninguna franja horaria la legislación vigente.

8. MODELADO DE POSIBLES MEJORAS PARA ADECUAR A LA LEGISLACION

Como se ha podido observar en los puntos descritos en este trabajo y con los resultados obtenidos en las mediciones y simulación, fieles a la situación actual del hospital la Fe de Valencia, se procede a la creación por simulación de modelos con diferentes configuraciones buscando en estos una posible solución o en su caso, una adaptación más precisa a la legislación vigente.

En estos modelos creamos una hipótesis realizando tanto cambios con una adaptación más realista, ya sea el cambio de velocidad de las vías controladas por radar obligando en este caso a una circulación vial controlada y un impacto acústico menor a lo visto en los resultados. Cambiando las zonas de acceso al hospital para vehículos focalizando los vehículos solo en un punto y no en todo el entorno del hospital, siendo estas dos primeras hipótesis una de las soluciones a tomar de una manera más sencilla en el entorno del hospital. Como hipótesis más irreales, la colocación de barreras acústicas, las cuales conlleva un presupuesto elevado y un impacto visual al entorno con la prioridad de ajustarnos de la mayor manera posible a la legislación vigente.

8.1. CAMBIO EN LA VELOCIDAD DE LAS VIAS

En este modelo se cambian todas las velocidades de las vías entorno al hospital, estos cambios en la velocidad de las vías se aplican a todas las simulaciones siguientes, visto que uno de los problemas principales del entorno es el impacto acústico de vehículos.

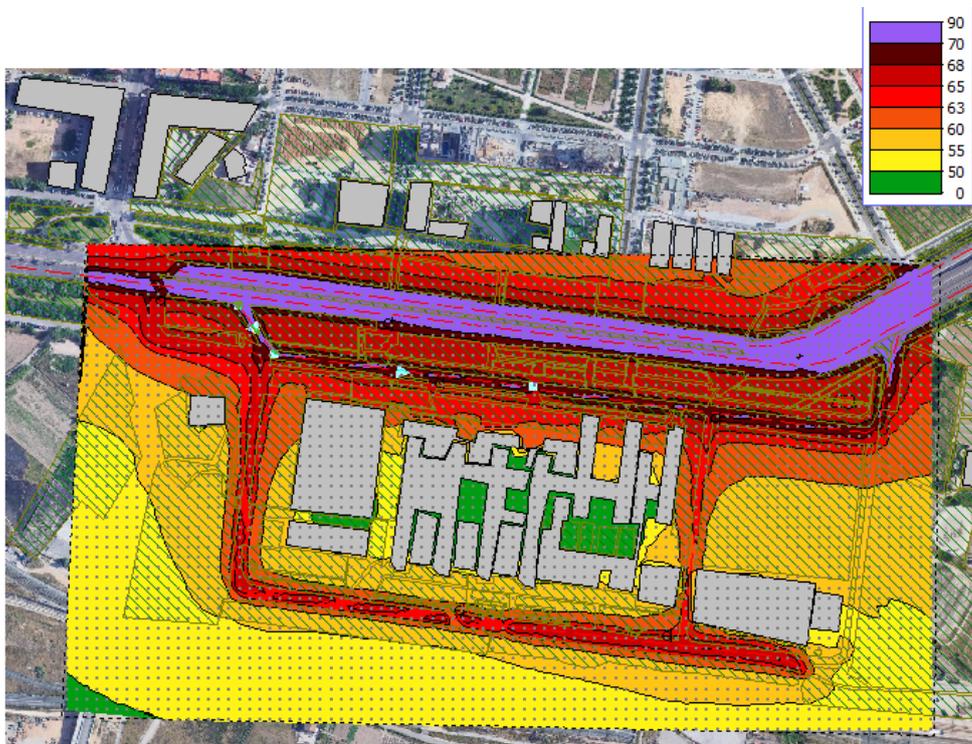


Ilustración 23: Resultados de la simulación del software Predictor con cambios de velocidad

Se modifican la velocidad de las vías de la siguiente manera, haciendo uso de la Ilustración de identificación de las carreteras [Ilustración 16].

Punto	Velocidad Actual (Km/h)	Velocidad Simulación Km/h	Diferencia (Km/h)
1	50	50	0
2	50	50	0
3	40	20	-20
4	40	20	-20
5	50	50	0
6	50	20	-30
7	50	40	-10
8	50	40	-10
9	50	40	-10
10	50	40	-10
11	40	20	-20

Tabla 7 Cambios en la velocidad de vehículos

Como se puede observar en la tabla [Tabla 7], no hablamos de unas limitaciones elevadas en la vía, no obstante, cualquiera que circule con vehículo por dichas vías determina que los vehículos no cumplen dichas limitaciones, al no existir una situación de radar se pueden observar que muy pocos vehículos respetan esos límites de velocidad.

Podemos observar esto en la comparación de resultados entre simulación y mediciones in-situ, donde las mediciones en los puntos donde la cantidad de vehículos es elevada encontramos diferencias bastante notables, aun colocando en el software de simulación predictor una velocidad por encima de las limitaciones de cada vía.

Dado la anterior observaciones analizamos como en algunos puntos como [1-2] en la [Tabla 7], no se cambia la velocidad de la vía ya que, dada su lejanía del territorio del hospital cualquier cambio de velocidad en la mismas no generará ningún cambio en las inmediaciones del hospital. Estas limitaciones colocadas en la tabla [Tabla 7], se crean pensando en que, creando una situación hipotética donde zonas estratégicas de radar para el control de velocidades, estos vehículos circularan a la velocidad de la situación planteada, porque, reiterando lo visto en el párrafo anterior, ya que ni con las velocidades vigentes se respetaban estas.

En cuanto a los resultados obtenidos en las ilustraciones [Ilustración 22], con este cambio de velocidades y [Ilustración 18], siendo la simulación original, no vemos un cambio drástico, se observan los mismos puntos y unos resultados en los receptores simular, nuevamente, unos resultados para nada cercanos a la legislación de ruido vista en la [Tabla 1].

No obstante veo necesario este cambio de velocidad a vista de los siguientes modelos, dada la situación del hospital ya no solo por velocidad en las vías, añadiendo a este factor el abundante tráfico de las mismas el cual se va a abordar en el siguiente punto.

8.2. MODIFICACION DE CARRETERA NORTE DEL HOSPITAL

En este punto se abordará el tráfico en las vías, abordando la carretera situada en el norte del hospital, siendo esta el punto [3-11] de la [Ilustración 16].



Ilustración 24: Resultados de la simulación del software Predictor con eliminación de la vía

En esta simulación no solamente se aborda la eliminación de la carretera, también se aborda la redistribución del tráfico de esta vía, colocando este tráfico que se observaba en el punto [3-11] al punto [5-6] de la [Ilustración 16], creando una focalización en una misma vía pero eliminando uno de los focos de ruido principales.

En cuanto a los resultados obtenemos las siguientes conclusiones.

Punto	dBA	Observaciones
1	> = 60	Con este modelo se consigue una disminución sobre los 5dbA, no se considera una mejora drástica no obstante al crear una zona peatonal gran parte del impacto acústico que generaba esta carretera ha sido eliminado, no obstante, se observa que uno de los focos principales de ruido es la vía principal de tráfico, que aun con la disminución de velocidad no es suficiente para disminuir de una manera notable el impacto acústico en el norte del hospital.
2	> = 50	En el modelo original encontrábamos en esta misma zona un nivel entre los 60 dBA y 65 dBA, la eliminación de la carretera norte produce un cambio en el impacto acústico de la zona generando ahora entre 55-60 dbA. Nuevamente como en el punto 1 encontramos una mejora en las condiciones no obstante continúan sin ser suficientes.
3	> = 60	En este punto como era de esperar por los cambios en la afluencia del tráfico encontramos un aumento. En la simulación original encontramos un nivel entre los 55-60 dBA mientras que realizados los cambios aumenta entre los 60-63dBA, como en los puntos anteriores no es un cambio relevante en el entorno, pero ya que las condiciones mejoran en gran parte de las inmediaciones del hospital, es un cambio que se mantendrá a lo largo de estos modelos de simulación con el nuevo objetivo de mejorar estos puntos en la zona sud del hospital.

Tabla 8: Análisis de los cambios en los puntos de referencia de la [Ilustración 24]

Como conclusión de este modelo y visto el análisis de la [Tabla 8], observamos que aunque no se consiga unos cambios relevantes, siempre mejoramos una parte de las simulaciones anteriores, en la siguiente simulación con el uso de barreras acústicas intentaremos mejorar este mismo modelo para que, poco a poco y comparando con las simulaciones obtenidas nos acerquemos lo máximo posible a la referencia de la legislación vigente.

8.3. SIMULACION CON BARRERAS ACUSTICAS

Para realizar este punto se ha realizado una investigación sobre barreras acústicas, esta se realiza con el objetivo de intentar disminuir de la mejor manera posible el impacto acústico producido por esta vía principal. El uso de las barreras acústicas nos proporcionara las siguientes ventajas [6].

- Disminuyen el ruido a niveles tolerables que cumpla el marco legal.
- Eliminan la incomodidad producida por el ruido vehicular o actividades industriales.
- Se puede crear una barrera de poco impacto estético debido a la variedad de materiales y medios que se pueden usar en su construcción.

Como se observa en la anterior simulación y a lo largo del trabajo, uno de los problemas principales los encontramos en el tráfico de vehículos situado en la vía principal, siendo esta el punto [9-10] de la [Ilustración 16], para realizar el planteamiento de los siguientes puntos se han realizado diferentes esquemas para mejorar la comprensión de los diferentes factores a lo largo de las simulaciones.

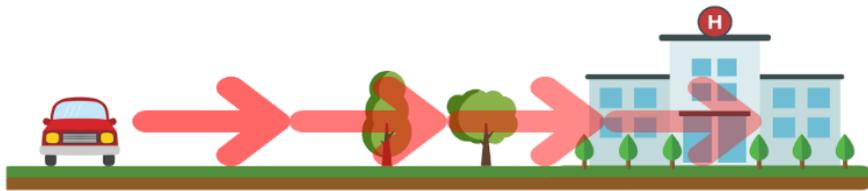


Ilustración 25: Esquema planteamiento simulación de barreras: Situación Actual

En estos momentos encontramos la [Ilustración 25] como la situación actual del hospital la Fe de Valencia, ya que, recapitulando lo visto en los resultados anteriores [Ilustración 19], ni la obligación de velocidad ni el cambio de afluencia de tráfico ha dado un resultado cercano a lo permitido según la legislación vigente.

La barrera acústica funciona como un obstáculo que se instala entre una fuente de ruido y una zona afectada con el objetivo de disminuir el impacto sonoro. Es decir, que en este caso se estaría controlando el ruido desde la propagación [7].



Ilustración 26: Esquema planteamiento simulación de barreras

El ruido se transmite a través del aire, llegando de forma directa al receptor, como se observa en la [Ilustración 25], por otra parte, en la [Ilustración 26], cuando se instala la barrera acústica, una parte del ruido se refleja en ellas, por lo cual es indispensable combinarlas con materiales absorbentes [4].

Mediante esta pequeña investigación se llega a la conclusión que cuanto más cerca se encuentren estas barreras de la fuente más efectivo serán los cambios que produzcan en el entorno[7].

Como es lógico, esta investigación se lleva a cabo ya que, el software predictor, nos permite realizar una simulación con el uso de estas barreras acústicas. Como características principales se ha creado de manera ficticia una barrera acústica a lo largo de la vía principal, con una

altura de 3 metros y un factor de reflexión de 0.80 en todas las frecuencias, para comprobar los cambios que realiza en nuestro modelo de simulación.



Ilustración 27: Resultados de la simulación del software Predictor con barreras acústicas

Punto	dBA	Observaciones
1	55 dBA	Con este modelo nuevamente conseguimos disminuir en 5 dBA en nivel de la zona. Nuevamente este resultado no es suficiente, pero como primer resultado al uso de barreras se puede seguir realizando cambios con el objetivo de acercarnos lo máximo posible al marco legal.
2	50 dBA	Encontramos que, en las inmediaciones del hospital, siendo esta zona un objetivo primordial, un nivel de 50 dBA frente a los 65 dBA del modelo original.
3	60 dBA	En este punto vemos como al comienzo del giro, al final de recta, al no disponer de la barrera creada, se observa como parte de este ruido de tráfico afecta a toda la zona denominada, en las siguientes simulaciones se buscara una solución para conseguir un nivel de ruido menor al que observamos actualmente.

Tabla 9: Análisis de los cambios en los puntos de referencia de la [Ilustración 27]

En la siguiente simulación se busca observar el cambio de resultados con una barrera de 4 metros, mismas condiciones de barrera de sonido y solucionando el problema mencionado en el [Punto 3] de la [Tabla 9]



Ilustración 28: Resultados de la simulación del software Predictor con barreras acústicas

Punto	dBA	Observaciones
1	50 dBA	Este punto tendría la referencia del [Punto 2] en la anterior simulación, aun con el aumento del rango de área afectada, no se observan cambios significativos en esta zona como para tomar como necesaria la medida de aumentar en 1 metro la altura de la barrera acústica.
2	50 dBA	Se ha comprobado como la hipótesis de la simulación anterior se cumple, se consigue mejorar el nivel de ruido de la zona.

Tabla 10: Análisis de los cambios en los puntos de referencia de la [Ilustración 28]

8.4. SIMULACION CON BARRERAS ACUSTICAS SUPERPUESTAS

En este punto realizamos un cambio en la creación de un modelo de simulación con barreras creando un modelo con barreras superpuestas, siendo las más cercanas a la carretera con características reflectantes y la segunda fila de estas siendo absorbentes.

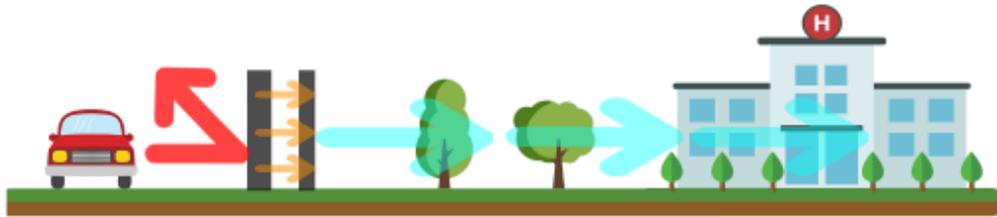


Ilustración 29: Esquema planteamiento simulación de barreras superpuestas

Esta propuesta se plantea observando los resultados de una única línea de barrera acústica, donde al parecer, no es suficiente esta única reflexión ya que seguimos con un nivel sonoro alto en las inmediaciones del hospital, donde después de varios modelos de simulación para comprobar el rendimiento obtuvimos el siguiente resultado.

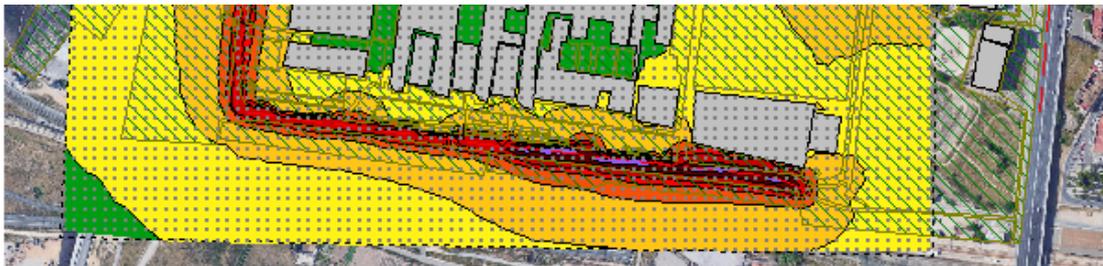


Ilustración 30: Resultados de la simulación del software Predictor con barreras acústicas en superpuestas zona sud

Se puede observar en esta imagen como en la zona sud del hospital donde tenemos un impacto acústico de la carretera aun sin resolver, conseguimos disminuir 10 dBA ese nivel de señal.

8.5. COMPARATIVA DE SIMULACIONES Y PERSPECTIVA FINAL

Para finalizar este proyecto se realizará un resumen de los puntos más importantes del mismo, una comparativa entre la situación original y la simulación donde los resultados han sido más prometedores.

En primer lugar, se debería estudiar de una manera más precisa el impacto industrial producido por los puntos vistos en la [Ilustración 11], en mi opinión, creo que el aislamiento acústico del hospital o de las instalaciones de ventilación que lo generan no han sido diseñadas para ello o de acuerdo con la normativa. A falta de poder visitar estas instalaciones ya que se encuentran en zonas privadas en el interior del hospital y solo determinando los 65 dB captados por el sonómetro en el exterior en el punto más cercano a la fuente, faltaría realizar un estudio de los materiales y si, realizando un cambio en estos este impacto acústico sería menor al captado en las mediciones in-situ.

En segundo lugar, encontramos el ruido producido por el tráfico aéreo y ferroviario, el cual a la vista de las mediciones in-situ no se vio que en ningún momento fuera un factor determinante como contaminantes acústicos del lugar debido a que las mediciones mientras estos vehículos

circulaban generaban un cambio de resultados menos a 3 dB, con lo cual el impacto de estos puede ser inapreciable.

Por último, lugar, como se ha comprobado a lo largo de las mediciones, simulaciones y los resultados obtenidos, el tráfico vial se convierte en el problema más importante en el emplazamiento del edificio. Después de realizar simulaciones con el objetivo de minimizar el impacto acústico que este factor producía en todo el entorno, se obtienen estos resultados finales.

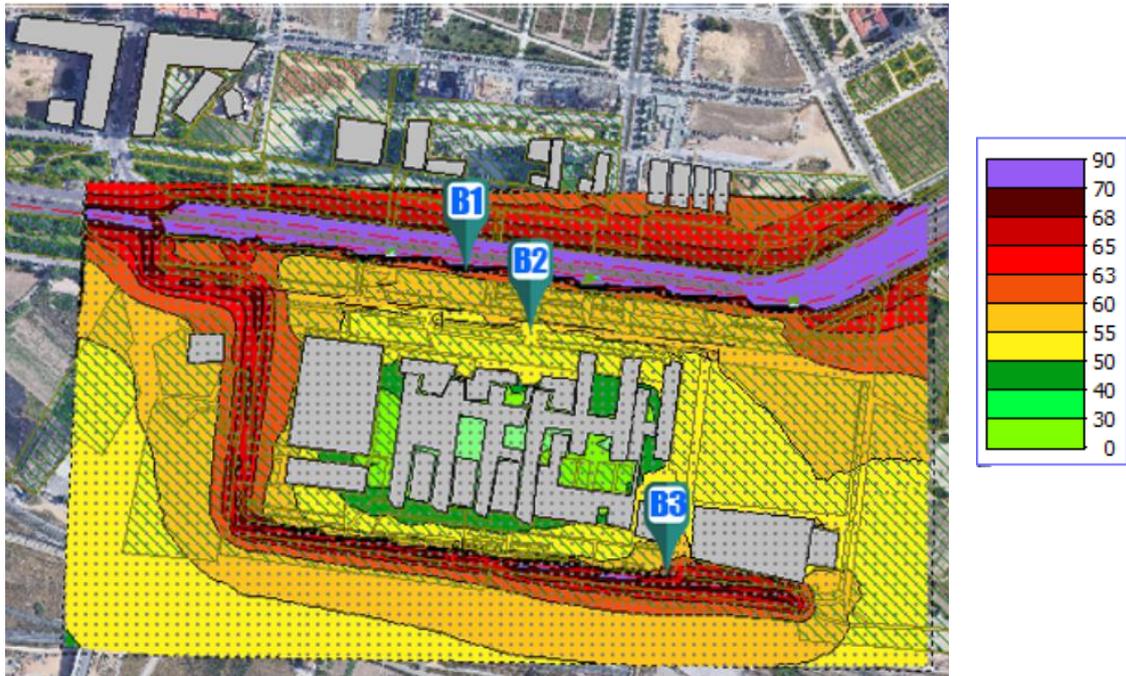


Ilustración 31: Simulación con colocación de tres barreras acústicas

En este modelo se han utilizado tres zonas de barreras, [Marcador B1] en la vía principal, [Marcador B2] Carretera modificada convertida en zona peatonal en el [Punto 11.2] y [Marcador B3] la vía en la zona sur del hospital. Todos estos cambios dan como resultado los siguientes valores en la posición de los receptores.

Punto	Lday (dBA)	Levening (dBA)	Lnight (dBA)
A	67.6	68.1	67.4
B	45.6	45.5	44.8
C	54.6	56.0	54.0
D	49.2	50.0	48.0
E	63.4	60.1	60.2

F	65.6	62.9	61.2
G	46.3	44.7	43.6

Tabla 11: Resultado receptores ultima simulación

Para el análisis de estos puntos nos ayudaremos de la [Ilustración 3] Observamos en las comparaciones de mediciones como los puntos [A, E, F] no obtienen un cambio de resultados más significativo, ya que su posición, tan cercana a la fuente de ruido no hace posible ver un cambio de nivel acústico o en su defecto, en el [Punto A] al no realizar cambios en su entorno. Por otra parte, encontramos los puntos más importantes entorno a todos los cambios que hemos realizado:

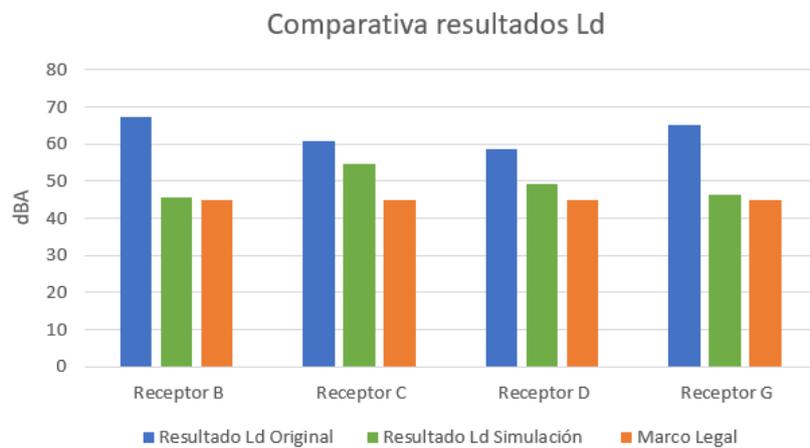


Ilustración 32: Comparativa de resultados Ld entre receptores de la versión original y final

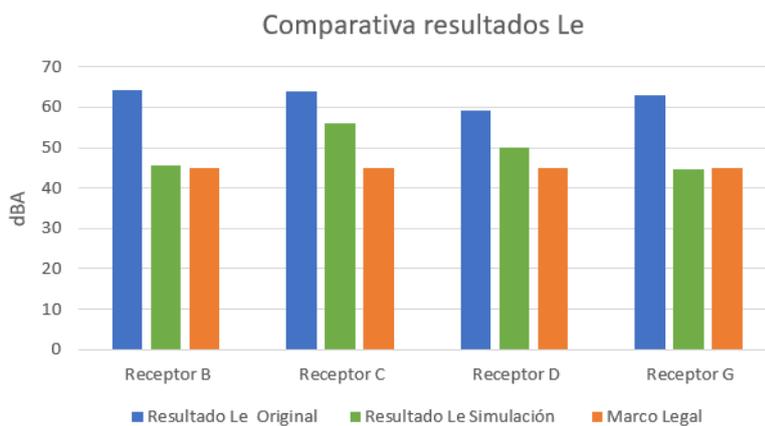


Ilustración 33: Comparativa de resultados Le entre receptores de la versión original y final

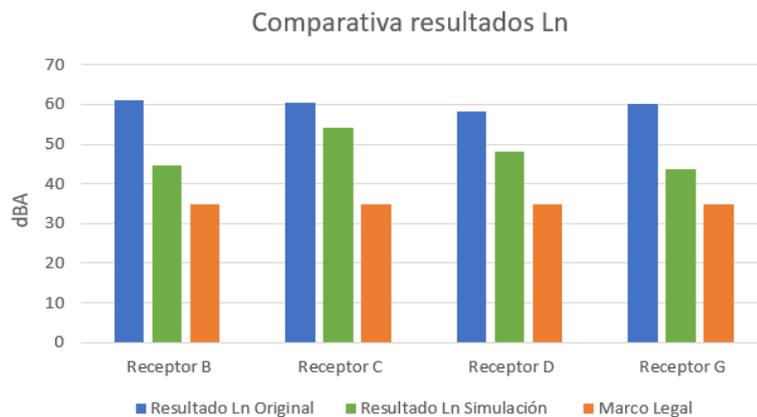


Ilustración 34: Comparativa de resultados Ln entre receptores de la versión original y final

En él [Punto B] conseguimos reducir en torno a 20 dBA entre el modelo original y esta última simulación, colocando una media de 45 dBA, esto nos coloca que frente a la legislación vigente en índices de ruido nos adaptamos en nivel acústico de día y nivel acústico de tarde, no obstante, para el índice acústico nocturno aún estamos muy alejados.

En él [Punto C] y [Punto D] observamos una media elevada por la colocación de los receptores cerca de la carretera, no obstante como se observa en la [Ilustración 31] toda la zona sud del hospital se encuentra sobre los 45 dbA, dando el mismo resultado frente a la legislación vigente que el punto anterior.

Nuevamente en el [Punto G] observamos las mismas particularidades que en el [Punto B]

En definitiva, en cuanto a los resultados obtenidos, hemos conseguido que las inmediaciones del hospital tengan un nivel acústico sobre los 45 dBA que se ajusta al margen legal en el periodo de día y tarde únicamente.

9. CONCLUSIONES

Para finalizar este trabajo voy a realizar un pequeño resumen de todos los puntos vistos en el mismo.

Comenzando con el uso de siete puntos de medición colocados cuatro de ellos en las inmediaciones del hospital y los otros tres para el impacto acústico del tráfico en las vías principales próximas a este.

Estas mediciones dieron como resultado unos resultados muy altos comparando con el Real Decreto 1367/2007, con la observación que ignoramos tanto el impacto acústico aéreo y ferroviario por no realizar un cambio "in-situ" en las mediciones mayor a 3 dB.

Visto este resultado no cumpliendo con el Real Decreto 1367/2007, se procede a la creación por el Software Predictor del mismo modelo real. Este da resultados muy similares a los obtenidos en las mediciones "in-situ", por lo tanto, el siguiente paso realizado fue proponer escenarios de mejora con el objetivo de cumplir el Real Decreto.

Esto nos lleva a la primera conclusión sobre el emplazamiento del hospital, como vimos anteriormente en la [Ilustración 1], el planteamiento inicial no era el que observamos hoy en día, y el crecimiento de la ciudad ha convertido un emplazamiento alejado de la misma sin edificaciones en los alrededores y un tráfico más reducido que el actual, a encontrarse dentro de la ciudad, con una de las principales vías de tráfico de la ciudad al norte de esta.

Sería interesante comprobar el impacto acústico ese año 2011 con los mismos puntos de medición para realizar una comparación entre el antes y el ahora. En este caso creo que el emplazamiento es el principal error ahora mismo del Hospital La Fe, que comparándolo con otros hospitales como Hospital Universitario de la Ribera en Alzira o Hospital Comarcal Francesc De Borja en Gandía, conservan un emplazamiento alejado de la ciudad y solo perturbado por el tráfico urbano.

En cuanto a la siguiente conclusión de este proyecto y por la experiencia de gente del sector tenemos el conocimiento de saber que la ley de Ruido en España tiene un elevado grado de permisibilidad, no solo a vista del estudio realizado en este trabajo, podemos observar que muchos locales de ocio perturban zonas residenciales, o edificaciones públicas como la vista en este trabajo que no se encuentran ni cerca de la legislación vigente.

Vistos los resultados finales, no creo que sea un proyecto para llevar a cabo en un plano real, todo se debe al elevado coste de las barreras acústicas y se necesitaría una empresa experimentada en el sector para que este sea el único cambio para realizar, buscando unos materiales que se ajusten al caudal de tráfico.

Tener en cuenta que en este proyecto no hemos contemplado el impacto acústico por ruido industrial en las instalaciones del hospital, ni tampoco los patios interiores del mismo por falta de permisos e información, un próximo proyecto podría tratarse de visualizar estas instalaciones y comprobar cómo se podría mejorar este impacto acústico.

Como conclusión, creo que el paso del tiempo juega un gran papel en este estudio, en el transcurso de los años las inmediaciones del hospital han crecido hasta situarla de una zona alejada a una zona dentro de la ciudad. Dudo mucho que en el año 2011, aun eliminando una parte del tráfico se cumpliera lo visto en el real decreto 1367/2007, pero si observaríamos unos resultados más cercanos a los índices de ruido vistos en la [Tabla 1], que al impacto acústico obtenido en las mediciones "in-situ" de este trabajo.

En cuanto a los resultados obtenidos estoy seguro de que obteniendo la experiencia de cualquier empresa que se encargue del montaje de barreras acústicas estos niveles podría disminuir mucho más, dado la infinidad de materiales con los que fabrican y el grado de reflexión y absorción de estas.

10. REFERENCIAS

- [1] [Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.](#)
- [2]: [Directiva \(UE\) 2015/996 de la Comisión, de 19 de mayo de 2015, por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo](#)
- [3]: [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.](#)
- [4] [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.](#)
- [5] [Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de protección contra la contaminación acústica.](#)
- [6] [Definición y características de las barreras acústicas \(03/02/2023\)](#)
- [7] [Pantallas y barreras antiruido \(03/02/2023\)](#)
- [8] [Ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica](#)