

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

I.T. Telecomunicación (Sonido e Imagen)



**UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA**



**ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA**

“Evaluación de la contaminación acústica en las inmediaciones del nuevo Hospital de Gandía”

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:
Jaime Alía Olagüe

Director/es:
D. Joan Martínez Mora

GANDIA, 2013

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
1.1. Objetivo principal	3
1.2. Objetivos secundarios	3
2. EL RUIDO Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD	4
2.1. Sonido y ruido	4
2.2. Funcionamiento del oído	5
2.3. Percepción subjetiva del sonido	6
2.4. Causas y efectos del ruido sobre la salud	7
2.4.1. Principales fuentes emisoras de ruido	7
2.4.2. Efectos auditivos	8
2.4.3. Efectos no auditivos	9
2.5. Conclusión	10
3. NORMATIVA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	11
4. INSTRUMENTACIÓN Y PROCESO DE MEDIDA	14
4.1. El sonómetro y su configuración.....	15
4.2. Selección de los puntos de medida.....	16
4.3. Resultados.....	24
4.4. Mapas de botones	29
5. SIMULACIÓN CON PREDICTOR	31
5.1 Estado Preoperacional.....	32
5.2 Estado Operacional.....	37
5.3 Conclusiones.....	41
6. MEDIDAS CORRECTORAS	42
7. CONCLUSIONES	44
Bibliografía / Referencias	45
ANEXO 1	46

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El término "contaminación acústica" hace referencia al ruido producido generalmente por las actividades humanas (tráfico, industrias, aviones, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas. Actualmente éste exceso está regulado por una serie de leyes, normativas y decretos que controlan la exposición al ruido y cuyo objetivo principal es minimizar el impacto acústico sobre el ser humano.

Por la ciudad de Gandía pasa la carretera nacional (N-332) que conecta diferentes pueblos colindantes, y en su paso, se encuentra el nuevo Hospital de Gandía. Dada la enorme participación del tráfico en el aumento de la contaminación acústica, resulta interesante conocer los niveles sonoros a los que estará sometido el Hospital una vez entre en actividad. Para ello se lleva a cabo un estudio acústico para medir y simular el ruido a lo largo de toda la avenida de Alicante (carretera contigua a la N-332) y de diferentes puntos cercanos al hospital para la captación de la actividad acústica del tráfico en la zona.

1.1 *Objetivo principal*

Estudiar el impacto acústico al que estará sometido el nuevo Hospital de Gandía, situado en el polígono Sancho Llop, cuyas principales fuentes de ruido son : el tráfico, el centro comercial "La Vital" y determinadas naves destinadas al sector terciario. Se realizarán medidas en un número suficiente de puntos de interés y se compararán los resultados con la normativa de la Generalitat Valenciana relativa al ruido.

1.2 *Objetivos secundarios*

Consistirán en aprender a usar el sonómetro y sus principales funciones, así como aprender a utilizar el software de simulación Predictor (B&K) con objeto de realizar una comparativa entre las medidas reales y las simuladas.

A partir de los datos obtenidos, se tratará de verificar el cumplimiento de la legislación, normas y decretos, tomando, según cumplan o no las leyes, medidas correctoras y planes de actuación.

2. EL RUIDO Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD

Para entender la repercusión del ruido sobre los seres humanos es necesario estudiar algunos de los conceptos fundamentales de la acústica. En esta sección se repasarán las nociones básicas referentes al ruido y al sonido, y los efectos nocivos sobre la salud.

2.1 El Sonido y Ruido

El sonido es una variación de la presión del aire en función del tiempo. Estas oscilaciones en la presión del aire son interpretadas por el oído humano y convertidas en impulsos eléctricos descifrados por el cerebro. Dado que las variaciones en la presión adoptan un campo muy extenso (la variación mínima que puede percibir un ser humano es del orden de $2 \cdot 10^{-5}$ Pa y la máxima tolerable de 20 Pa) se emplea una conversión logarítmica a **Decibelios** a través de la siguiente fórmula:

$$Lp = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

En la fórmula, Lp quedará expresado en Decibelios (dB), p se corresponde con la presión que queremos convertir y p_0 es la variación mínima audible ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa). De este modo, pese a la pérdida de precisión, se logra trabajar con cifras más cómodas. La diferencia es notable, pues las variaciones mínimas y máximas en dB se corresponden con los valores de 0 dB y 120 dB. Todo sonido por debajo de 0dB es considerado inaudible y todo aquel sonido superior a 120 dB (Umbral del Dolor) puede generar daños físicos en el oído.



Figura 1: Escala de niveles sonoros

Los sonidos son considerados ruido en el momento en el que dejan de ser deseados por el oyente. Ruido es por tanto el conjunto de sonidos desagradables, fuertes o inesperados que generan sensación de molestia. Dependiendo del tipo de ruido (tonos limitados a una banda frecuencial o ruidos de alta intensidad) y de la exposición (tiempo prolongado cerca de una fuente sonora), el ser humano puede experimentar una serie de efectos adversos, tanto psicológicos como físicos.

2.2 Funcionamiento del oído

El oído es un órgano altamente desarrollado y dispone de una elevada precisión, se trata pues de un mecanismo complejo responsable de la audición y del equilibrio.

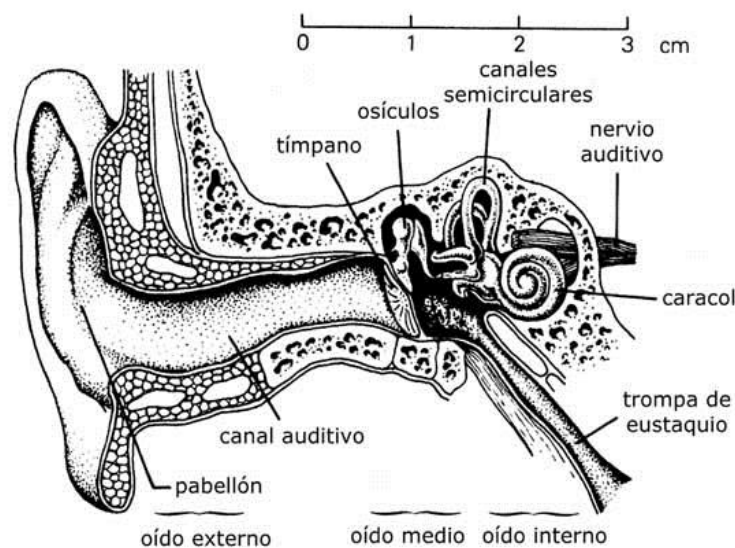


Figura 2: Sistema auditivo periférico

El oído está compuesto por 3 zonas (oído externo, oído medio y oído interno). El sonido entra a nivel del oído externo a través del pabellón, y es conducido por el canal auditivo hasta el tímpano (oído medio), las variaciones de presión hacen oscilar el tímpano y su vibración es transmitida a una cadena de huesecillos que amplifican el sonido, lo conducen a los canales semicirculares (oído interno) y provocan ondas en los conductos. Finalmente estas ondas son interpretadas por las células ciliares y convertidas en impulsos eléctricos que llegan al cerebro gracias al nervio auditivo.

El complejo mecanismo y la labor de asimilación de vibraciones que desempeña el tímpano, acontecen la gravedad del ruido en el ser humano y el riesgo al que se expone el sistema en un ambiente de contaminación acústica.

2.3 Percepción subjetiva del sonido

La psicoacústica es una rama de la psicofísica que estudia la relación entre el estímulo de carácter físico y la respuesta de carácter psicológico que el mismo provoca. Estudia la relación entre las propiedades físicas del sonido y la interpretación subjetiva que hace de ellas el cerebro.

Resulta complicado establecer relaciones entre magnitudes exactas y subjetivas, no obstante es imprescindible para entender la naturaleza del sonido a través de la interpretación humana de él. En la siguiente figura se reflejan los rangos de percepción humanos del sonido:

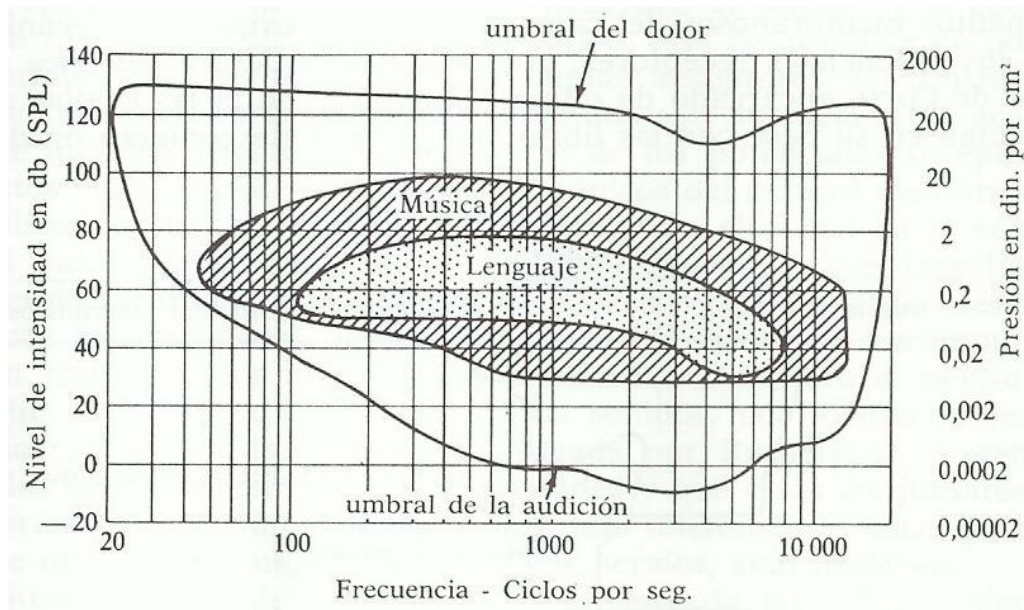


Figura 3: Curva de Wegel

2.4 *Causas y efectos del ruido sobre la salud*

Pese a que la contaminación acústica no ha sido considerada nociva a lo largo del tiempo, si es cierto que los numerosos estudios y las constantes patologías debidas al ruido han impulsado la toma de medidas en las últimas décadas.

El ruido es un agente contaminante capaz de afectar a la salud de las personas y a su calidad de vida, ya que no sólo puede dañar el oído, sino que puede también generar episodios de estrés e incluso deteriorar la comunicación. Es ubicuo y por tanto se encuentra en cualquier lugar en el que el ser humano realice una actividad.

2.4.1 *Principales fuentes emisoras de ruido*

A lo largo de los años, la actividad humana en el planeta ha participado activamente en el incremento del ruido, eliminando las barreras que lo limitaban al producido por origen natural (viento, truenos, oleaje...). Actualmente, entre las fuentes de ruido de origen humano destacan **el tráfico** terrestre y aéreo, **la construcción** y el producido por determinadas **instalaciones industriales**. El tráfico de automóviles constituye, junto con las vías de comunicación, la principal fuente de ruido en las ciudades. El ruido procede tanto del motor y las transmisiones como del rozamiento del vehículo con el aire y el suelo. Estas dos últimas son las causas dominantes cuando se circula a alta velocidad. Otros factores que intervienen son la cantidad de vehículos que circulan (tráfico lento, atascos), su categoría (los ciclomotores y los vehículos pesados producen más ruido), su estado de conservación, el tipo de calzada (asfalto, adoquines, bandas sonoras...) y la presencia de otros elementos, como semáforos, cuestas o intersecciones, que implican cambios bruscos de velocidad y potencia, en los que el vehículo alcanza elevados niveles de revoluciones por minuto.

Existen otras muchas fuentes de ruido que afectan a grupos de población concretos, pero que deben considerarse también: ruidos de vecindad, locales de ocio, recogida de basuras...

2.4.2 Efectos auditivos

* Pérdida de audición

Es uno de los problemas de audición más común en la población. Su desarrollo es crónico, y afecta a todas las edades. Su incidencia aumenta con la edad, aproximadamente 314 de cada 1000 personas mayores de 65 años sufre pérdida de audición. El origen no es necesariamente debido a la exposición continuada, también puede ser hereditaria o adquirida a causa de un traumatismo, una enfermedad o medicamentos.

La pérdida de audición puede adoptar diversos niveles, si la pérdida auditiva es mayor de 70 decibelios (oír sólo algunos ruidos fuertes del ambiente como los provocados por una motocicleta, una aspiradora, una sierra eléctrica o un avión) se denomina **sordera**, y viene generada por un trauma acústico, es decir, un sonido breve de alta intensidad (superior a 120 dB) que afecta a todas las frecuencias. Cuando la pérdida de audición se produce de manera parcial estaremos hablando de **hipoacusia** (elevación del umbral auditivo). Existen diferentes grados para clasificar el grado de afectación:

Grado de hipoacusia	Umbral de audición	Déficit auditivo
Audición normal	0-25dB	
Pérdida leve	25-40dB	Dificultad en conversación en voz baja o a distancia
Pérdida moderada	40-55dB	Conversación posible a 1 o 1,5 metros
Pérdida marcada	55-70dB	Requiere conversación con voz fuerte
Perdida severa	70-90dB	Voz fuerte y a 30 cm
Pérdida profunda	>90dB	Oye sonidos muy fuertes, pero no puede utilizar los sonidos como medio de comunicación

Tabla 1: Clasificación de las pérdidas de audición

***Reacciones fisiopatológicas**

Son aquellas que afectan físicamente al organismo en sus funciones y entre ellas cuando los ruidos producen más de 60 decibelios, son: aceleración de la respiración y del pulso, aumento de la presión arterial, disminución del peristaltismo digestivo, que ocasiona gastritis o colitis, problemas neuromusculares que ocasionan dolor y falta de coordinación y aumento de la fatiga entre otros.

Especialmente cobra interés el problema del aumento de la presión arterial que constituye un factor de riesgo para accidentes cardiovasculares como anginas de pecho. Además, provoca un envejecimiento prematuro.

2.4.2 Efectos no auditivos

***Alteraciones del sueño**

El ser humano necesita periodos de sueño para que el organismo funcione adecuadamente. El ruido excesivo puede romper o impedir estos periodos de sueño. Es importante respetar las horas de sueño para prevenir infartos y accidentes cerebrovasculares. Además, la interrupción del mismo provoca problemas psicológicos como disminución del rendimiento intelectual, pérdida de atención, estrés, violencia y depresión.

***Efectos sobre la conducta.**

Se pueden citar como alteraciones psicológicas producidas por el ruido las siguientes: irritabilidad, astenia, susceptibilidad exagerada, agresividad, estrés, alteraciones del carácter, alteraciones de la personalidad y trastornos mentales. Estas manifestaciones psíquicas serían el producto final de una cadena que comenzaría con los signos de inquietud, inseguridad, disminución de la concentración, etc.

2.5 Conclusión

En ésta sección se ha comprobado que pese a que el ruido no es un elemento contaminante tangible, se ha logrado identificarlo y catalogarlo como un agente altamente perjudicial, aumentando los planes de prevención y las medidas necesarias para combatir el problema.

Actualmente, el problema queda vigilado mediante las normativas de protección frente al ruido. En el próximo apartado se estudiara la normativa vigente de protección frente al ruido de la Generalitat Valenciana

3. NORMATIVA DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

La normativa de aplicación es la LEY 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana. Además, existen dos decretos que la desarrollan: Decreto 266/2004 de 3 de diciembre y Decreto 104/2006 de 14 de julio.

En esta sección se va a hacer una recopilación de las consecuencias prácticas que tiene esta legislación a la hora de realizar el estudio en zonas urbanas a nivel de calle. De la normativa se puede extraer que para que las medidas sean válidas debemos cumplir exactamente con todas las obligaciones siguientes:

- Los instrumentos de medida (sonómetros, sonómetros-promediadores-integradores y calibradores) deben cumplir con lo dispuesto en la Orden del 16 de diciembre de 1998, por la que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos destinados a medir niveles de sonido audible. El sonómetro B&K 2250 light que se va a utilizar cumple con esta norma.
- Los sonómetros empleados en las mediciones serán al menos de tipo I. El sonómetro B&K 2250 light que se va a utilizar cumple con esta norma.
- Los sonómetros deberán ser calibrados con un calibrador de tipo I antes y después de cada conjunto de mediciones.
- Durante la medición, el operador debe situarse a una distancia respecto al sonómetro de al menos 1.5 metros, a fin de interferir lo menos posible en el proceso de medida.
- Las mediciones en el exterior se desarrollarán siempre utilizando una pantalla anti-viento. Además, si la velocidad del viento supera los 5m/s no se podrá realizar la medición.
- El modo de respuesta que se debe seleccionar en el sonómetro es el *Fast* (rápido).
- Se deben evaluar dos periodos horarios del día: Periodo diurno (de las 8 a las 22 horas) y periodo nocturno (de las 22 a las 8 horas).
- El sonómetro debe estar sostenido por un trípode. Al ser un anclaje estable se consigue que durante todo el tiempo de medida no cambie la posición del sonómetro.
- A nivel de calle, el punto de medida debe estar situado como mínimo a 1.5 metros de altura y alejado de la fachada más próxima un mínimo de 2 metros.

- La zona del punto de medida debe estar libre de superficies y objetos reflectantes. Esta medida evita que los niveles medidos sean anormalmente elevados debido a reflexiones del sonido.
- El micrófono del sonómetro deberá orientarse hacia el foco del ruido, con una ligera inclinación hacia arriba (de 30 a 45 grados).

Además, la normativa nos fija los máximos niveles admisibles en función del tipo de uso del suelo:

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

Tabla 2: Límites de ruido según la LEY 7/2002 de la Generalitat Valenciana

Además de fijar unos niveles límite la normativa de la Generalitat Valenciana exige, entre otras cosas, la elaboración de una planificación acústica racional que identifique las áreas sensibles (viviendas residenciales, educación y sanidad) para protegerlas mejor y las áreas que por la naturaleza de sus usos (industrial, ocio) puedan estar más expuestas al ruido.

Además, en el ámbito de la Administración Local, se implanta el concepto de Plan Acústico Municipal (PAM), cuya función es básicamente detectar los lugares del municipio donde se superan los valores mínimos y proponer medidas para su reducción. Los PAM's son obligatorios para municipios de más de 20000 habitantes, aunque los municipios más pequeños pueden realizarlos si así lo decide y aprueba la Corporación en pleno.

Los PAM's deben incluir un mapa de ruido para cada zona, donde se detalle la siguiente información:

- Resultados de las mediciones acústicas con su correspondiente análisis e identificación de las fuentes que generan el ruido. Lo más habitual es que la fuente principal del ruido sea el tráfico rodado, pero también puede ser importante el ruido generado por zonas de ocio o actividades industriales.
- Resultados de las mediciones acústicas de ruido de tráfico con su correspondiente análisis e identificación de calles según el nivel existente. Como se ha comentado en el punto anterior, el ruido de tráfico es el más común y por ello merece un análisis independiente. Fundamentalmente es en este apartado donde se centra el proyecto.
- Evaluación de la situación global de cada una de las áreas.

Además, en los PAM's se debe preparar un plan de actuación en el que se contemplen las siguientes actuaciones:

- Ordenación de las actividades potencialmente ruidosas que existan en el momento de la realización del PAM y las que esté previsto implantar.
- Regulación del tráfico rodado.
- Minimización del ruido producido y de su transmisión.
- Establecimiento de sistemas de control del ruido.
- Otras actuaciones destinadas a reducir los niveles de ruido.

4. INSTRUMENTACIÓN Y PROCESO DE MEDIDA

El L_{eq} o Nivel Equivalente Continuo es un valor que permite poder asignar al ruido variable un solo número que reflejará el nivel de ruido constante en un periodo de tiempo prolongado. Una de las utilidades por tanto de este parámetro es poder comparar el riesgo de daño auditivo ante la exposición a diferentes tipos de ruido.

Características del nivel equivalente continuo:

- El nivel de presión acústica continuo equivalente contiene dos conceptos: un **nivel** en *dB* y un **tiempo de exposición**.

- La gran importancia del nivel de presión acústica continuo equivalente reside en que es el **principal parámetro** utilizado en la Legislación Española y Comunitaria para la protección de los trabajadores contra el ruido.

- El nivel de presión acústica continuo equivalente de un ruido constante, es igual al valor constante.

-El L_{eq} ponderado A se denota como L_{Aeq} . El ponderado A es la red de ponderación más comúnmente utilizada para la valoración de daño auditivo e inteligibilidad de la palabra. Empleada inicialmente para analizar sonidos de baja intensidad, es hoy, prácticamente, la referencia que utilizan las leyes y reglamentos contra el ruido producido a cualquier nivel.

Para poder calcular este valor y evaluar la calidad acústica de una zona, se han empleado una serie de instrumentos:

- Sonómetro tipo 1 de Bruel & Kjaer modelo 2250 Light.
- Calibrador tipo 1 de Bruel & Kjaer de 94 dB a 1kHz, modelo 4231.
- Anemómetro y medidor de temperatura Testo 410-2.
- Micrófono prepolarizado de Bruel & Kjaer 1/2" modelo 4950.
- Pantalla paraviento UA-1650 -90 mm.
- Trípode

4.1 El Sonómetro y su configuración

El sonómetro es un equipo que permite cuantificar objetivamente el nivel de presión sonora. Mide el nivel de ruido que existe en un determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio.

En esencia se compone de un elemento sensor primario, **el micrófono**, para convertir la variación de presión en impulsos eléctricos que puedan ser interpretados por los circuitos de conversión, manipulación y transmisión de variables (**módulo de procesamiento electrónico**) y un elemento de presentación o unidad de lectura (**indicador analógico o digital**).

El sonómetro puede ser de clase 0, 1, 2, 3. Depende de la precisión buscada en las mediciones y del uso que se requiera del instrumento. Las clases empleadas son la 1 y la 2, ya que la norma IEC 61.672 elimina el resto de clases (que son utilizadas en laboratorios y mediciones aproximadas).

Para el presente estudio se dispone de un sonómetro *Bruel&Kjaer* modelo *2250 Light*.



Figura 4 : Imagen Sonómetro 2250

Este sonómetro permite configurar mediante una pantalla táctil la mayoría de los parámetros de medida, además de tener varios modos de funcionamiento según las necesidades del usuario. Para realizar las medidas, el instrumento ha sido configurado de la siguiente manera:

- Se ha seleccionado el modo sonómetro. Se selecciona este modo porque es el más adecuado para medidas de acústica urbanística y medioambiental. Existen otros modos, como por ejemplo el analizador de frecuencias en varias bandas.
- El tiempo de medida ha sido fijado en 10 minutos. Establece un compromiso entre Medidas de tráfico con densidad media-alta de vehículos (5 minutos) y medidas de tráfico con baja densidad de vehículos (15 minutos). Estos límites vienen dados por la necesidad de promediar un número suficiente de muestras.
 - Ponderación AC para banda ancha y C para picos.
 - Corrección por pantalla anti-viento, ya que la normativa exige la utilización de la pantalla.
 - Modo de respuesta *Fast*, tal como exige la normativa.
 - Modo de pantalla XL para visualización del LAeq *in situ* a una distancia de más de 1.5 m del sonómetro, tal como indica la normativa.

4.2 Selección de los puntos de medida

La ubicación de los puntos de medida es uno de los procesos más complicados del estudio. Los puntos en los que se desea medir deben de recoger correctamente la actividad sonora que hay en la zona. Para estudiar el impacto acústico y ubicar los puntos en los que se pretende medir el ruido, es necesario conocer primero la zona y entender las circunstancias que la rodean.

Existen muchos parámetros que afectan en la elección de los puntos definitivos que se desea evaluar. La idea principal es distribuir uniformemente los puntos tomando como referencia una retícula, de este modo se consigue una distribución espacial homogénea de los puntos de medida, no obstante, al ser una distribución aleatoria es normal que muchos de estos puntos no sean representativos de la zona bajo estudio o bien supongan estar en un

lugar próximo a una fuente de ruido (por ejemplo, situar un punto de medida cerca de una rotonda daría unos resultados elevadísimos e irreales debido a las elevadas revoluciones que necesita un vehículo para reanudar la marcha). Por toda esta serie de factores, se presenta el mapa de la zona:



Figura 5: Vista aérea del hospital y su entorno

El Hospital de Gandía (en rojo) pertenece al polígono Sancho Llop, está ubicado a las afueras de Gandía, a lo largo de una de las principales entradas a la ciudad. La principal carretera que rodea al hospital es la Avinguda d'Alacant (azul), y es una carretera contigua a una de las principales redes de circulación de vehículos de la Safor, la nacional 332 (que conecta diferentes pueblos de la Safor y tiene por tanto un elevado flujo de tráfico) (en amarillo). Además, al tratarse de un polígono, es fácil encontrar naves industriales y fábricas que pueden afectar al hospital o incluso alterar las medidas.

Conocida la situación del lugar y tras un riguroso estudio, se procede a situar los puntos definitivos de medida:

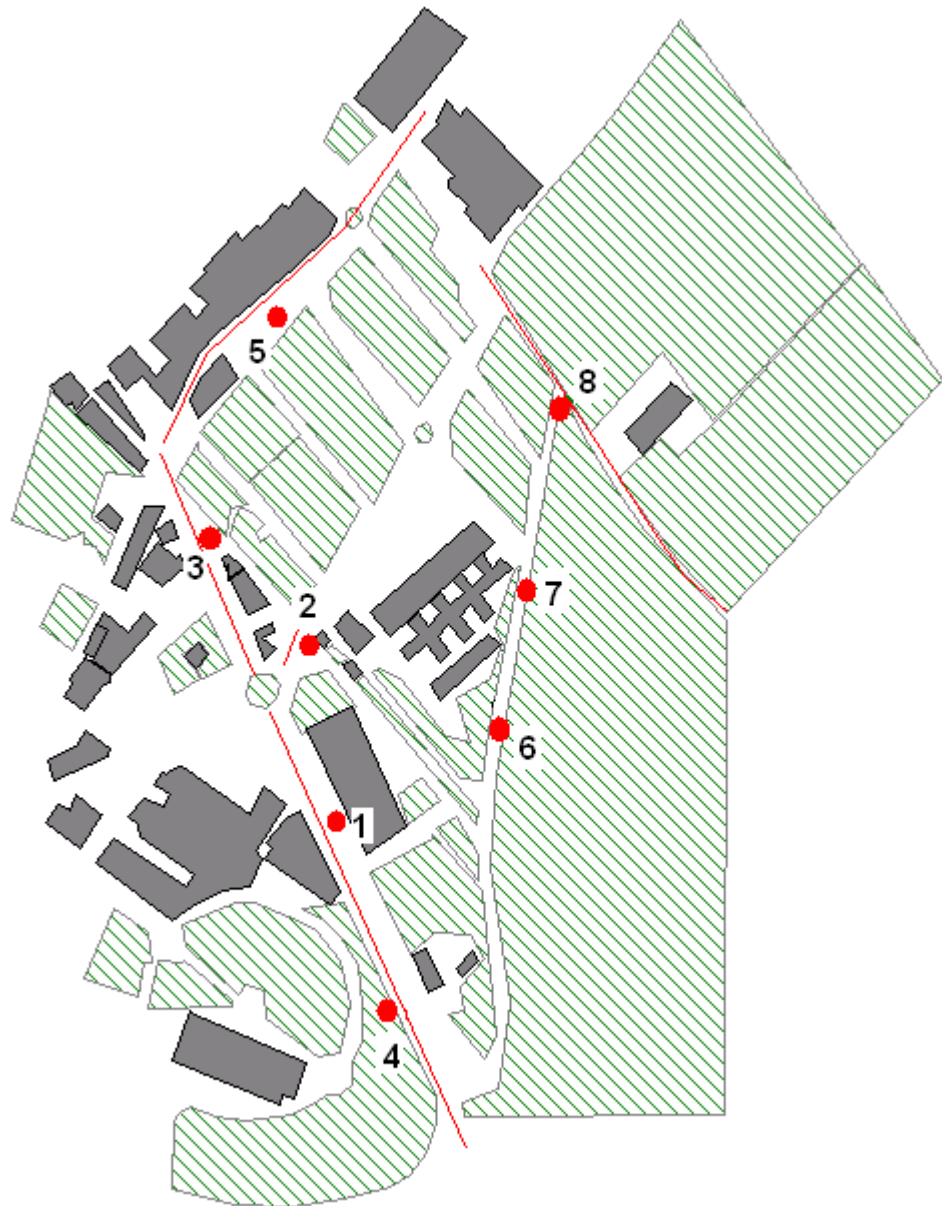


Figura 6: Emplazamiento de los puntos de medida

A continuación se va a ver con detenimiento la ubicación de los puntos escogidos y algunas de sus particularidades:

- **PUNTO 1:** Se encuentra en el primer tramo de la **Av. Alacant**, y junto con el punto 4, recoge los datos del primer tramo de esta carretera. Supone un punto de vital importancia ya que incluye gran parte de la actividad del tráfico llegado de la N-332.



Figura 7: Punto de medida 1. Situado en Avinguda' Alacant. Diurno

- **PUNTO 2:** Situado en la **Avinguda de la Medicina**, se corresponde con el punto más próximo al hospital más capaz de recibir el ruido del tráfico.



Figura 8: Punto de medida 2. Situado en Avinguda de la Medicina. Diurno

- **PUNTO 3:** Se ubica en el segundo tramo de la **Av. Alacant**. Supone un lugar próximo a una empresa de reparación de automóviles, no obstante, el local está bien acondicionado acústicamente y no ofrece riesgos ni para las medidas, ni para el mismo hospital.



Figura 9: Punto de medida 3. Situado en Avinguda d'Alacant. Diurno

- **PUNTO 4:** Pertenece al primer tramo de la **Av. Alacant** y está situado en zig-zag con respecto al punto 1 para conocer si existen diferencia significativas con la otra acera.



Figura 10: Punto de medida 4. Situado en Avinguda d'Alacant. Diurno

- **PUNTO 5:** Esta situado en el **Camí Vell de Daimús**. Los resultados en esta zona pueden salir elevados debido a que existen 4 carriles que constituyen una vía de especial interés (tanto para desplazamientos evitando el casco urbano, como para acceder a los principales centros comerciales de la ciudad)



Figura 11: Punto de medida 5. Situado en el Camí vell de Daimús. Diurno

- **PUNTO 6:** Se encuentra en un camino, todavía por asfaltar y sin nombre. Supone la zona más tranquila puesto que solo registra **sonidos de origen natural** (viento, insectos,...)



Figura 12: Punto de medida 6. Frente a Hospital. Diurno

- **PUNTO 7:** Pertenece al mismo camino desconocido que el anterior punto, sólo que se encuentra más próximo a las vías de tráfico.



Figura 13: Punto de medida 7. Frente a hospital. Diurno

- **PUNTO 8:** Se encuentra ubicado en el caminal que une el centro comercial “La Vital” y la CV-670. Pese a no ser una zona muy transitable, dispone de distintas naves que son frecuentadas por **vehículos pesados**.

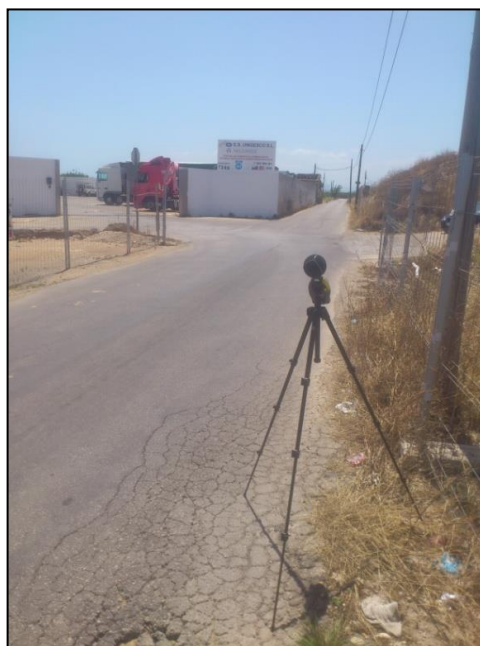


Figura 14: Punto de medida 8. Situado en el caminal al oeste del Hospital. Diurno

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

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

Se han tomado 6 medidas en cada uno de los puntos presentados anteriormente. Tres de las medidas se corresponden con el periodo diurno y las otras 3 a la franja nocturna. Así mismo se ha procurado medir en horarios distintos dentro de la misma franja horaria para lograr un promedio más exacto de la actividad sonora del tráfico (por ejemplo a horas punta, como las horas de salida del trabajo, o también a media tarde cuando el tráfico ha disminuido)

Además de tomar medidas de ruido en estos puntos, también se han medido las condiciones atmosféricas y los niveles de tráfico existentes en cada punto, para poder realizar una simulación con el software *Predictor*. Se han contabilizado los vehículos de turismo (incluyendo furgonetas pequeñas y medianas) y los vehículos pesados (furgonetas grandes y camiones). Todos estos datos quedan recogidos en el ANEXO 1

4.3 Resultados

- **Resultados de las medidas en tramo horario diurno (8:00 - 22:00 H).**

PUNTO	L_{Aeq} diurno 1 (dBA)	L_{Aeq} diurno 2 (dBA)	L_{Aeq} diurno 3 (dBA)
P1	71.1	71.4	71.2
P2	55.9	52.5	54
P3	71.6	71.7	72.1
P4	71.5	71.3	69.7
P5	69.6	70	68.7
P6	39.4	40.1	41
P7	39.9	40.5	41.7
P8	65.2	64.7	60.3

Tabla 3 : Resultados medidas in situ (franja diurna)

Teniendo contenidas todas las medidas en las diferentes franjas del horario diurno, se puede lograr un promediado de los valores diurnos por medio de la siguiente expresión :

$$LA_{Deq} = 10 \log \left[\left(\frac{1}{3} \right) \cdot \left(10^{\frac{LAeq1}{10}} + 10^{\frac{LAeq2}{10}} + 10^{\frac{LAeq3}{10}} \right) \right]$$

Resultados :

PUNTO	LA_{Deq} (dBA)
P1	71.2
P2	54.3
P3	71.8
P4	70.9
P5	69.4
P6	40.2
P7	40.8
P8	63.9

Tabla 4 : Promedios niveles equivalentes diurnos

- **Resultados de las medidas en tramo horario nocturno (22:00 - 8:00 H).**

PUNTO	L_{Aeq} nocturno 1 (dBA)	L_{Aeq} nocturno 2 (dBA)	L_{Aeq} nocturno 3 (dBA)
P1	67.8	63.6	66.2
P2	50.1	48.6	53.9
P3	68.9	62.8	68.2
P4	65.9	62	68.7
P5	65.8	59.6	66.2
P6	40.1	41.2	43.7
P7	43.6	40.2	41.6
P8	53.9	53.8	53.4

Tabla 5 : Resultados medidas in situ (franja nocturna)

Del mismo modo que el promediado diurno, logramos el promediado nocturno por medio de la siguiente expresión:

$$LA_{Neq} = 10 \log \left[\left(\frac{1}{3} \right) \cdot \left(10^{\frac{LAeq1}{10}} + 10^{\frac{LAeq2}{10}} + 10^{\frac{LAeq3}{10}} \right) \right]$$

Resultados :

PUNTO	LA_{Neq} (dBA)
P1	66.2
P2	51.5
P3	67.3
P4	66.3
P5	64.7
P6	41.9
P7	42
P8	53.7

Tabla 6 : Promedios niveles equivalentes nocturnos

Finalmente, una vez calculados los promedios diurnos y nocturnos en los 8 puntos de medida, podemos calcular el nivel medio día-noche equivalente:

$$LA_{DNeq} = 10 \log \left[\left(\frac{1}{24} \right) \cdot \left(14 \cdot 10^{\frac{LDeq}{10}} + 10 \cdot 10^{\frac{LNeq}{10}} \right) \right]$$

Resultados :

PUNTO	LA_{DNeq} (dBA)
P1	69.7
P2	53.3
P3	70.4
P4	69.5
P5	68
P6	41
P7	41.4
P8	61.8

Tabla 7 : Niveles medios dia-noche equivalentes

4.4 Mapas de botones

Con objeto de visualizar los resultados con mayor claridad se han realizado dos mapas de botones para las medidas tomadas de día y de noche:

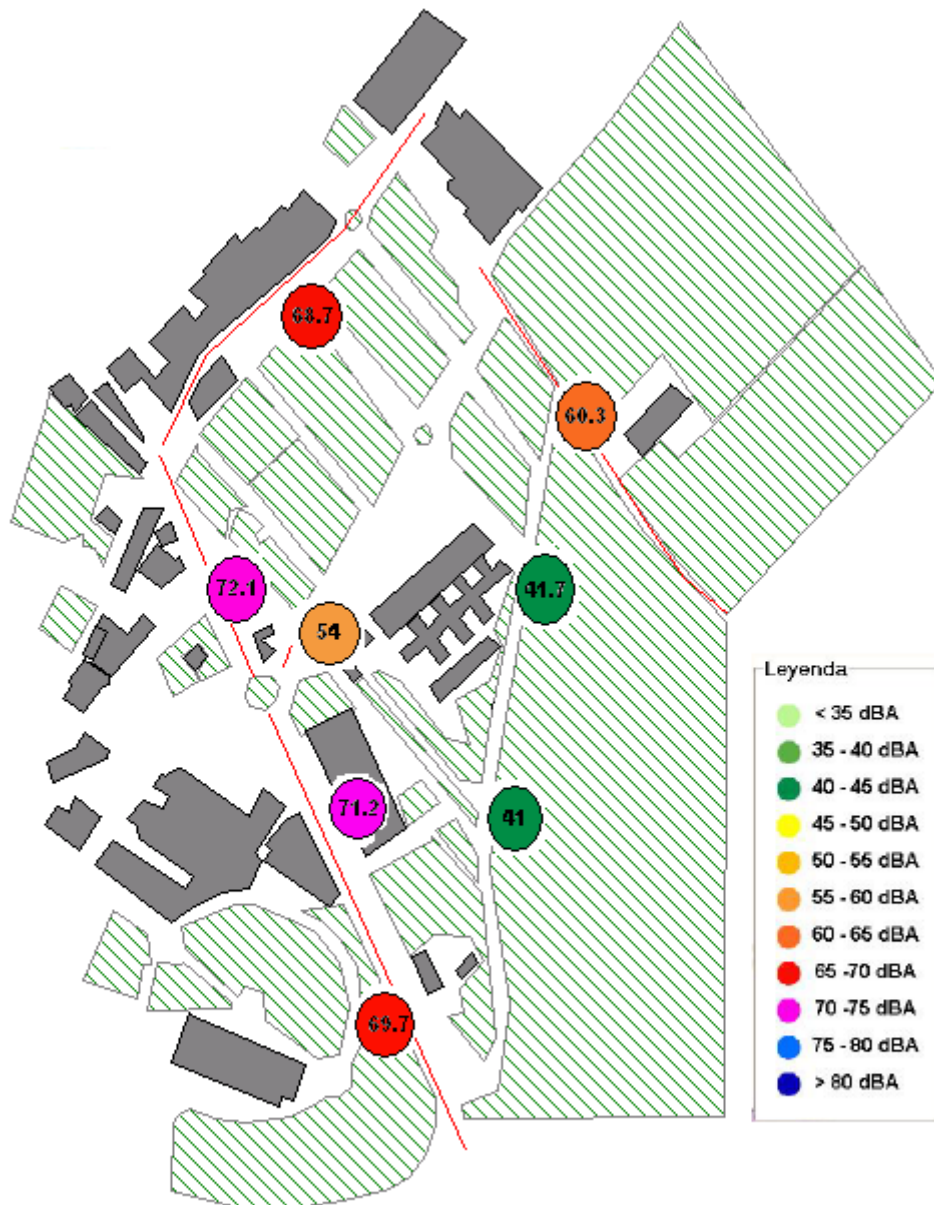


Figura 15: Mapa de botones periodo diurno

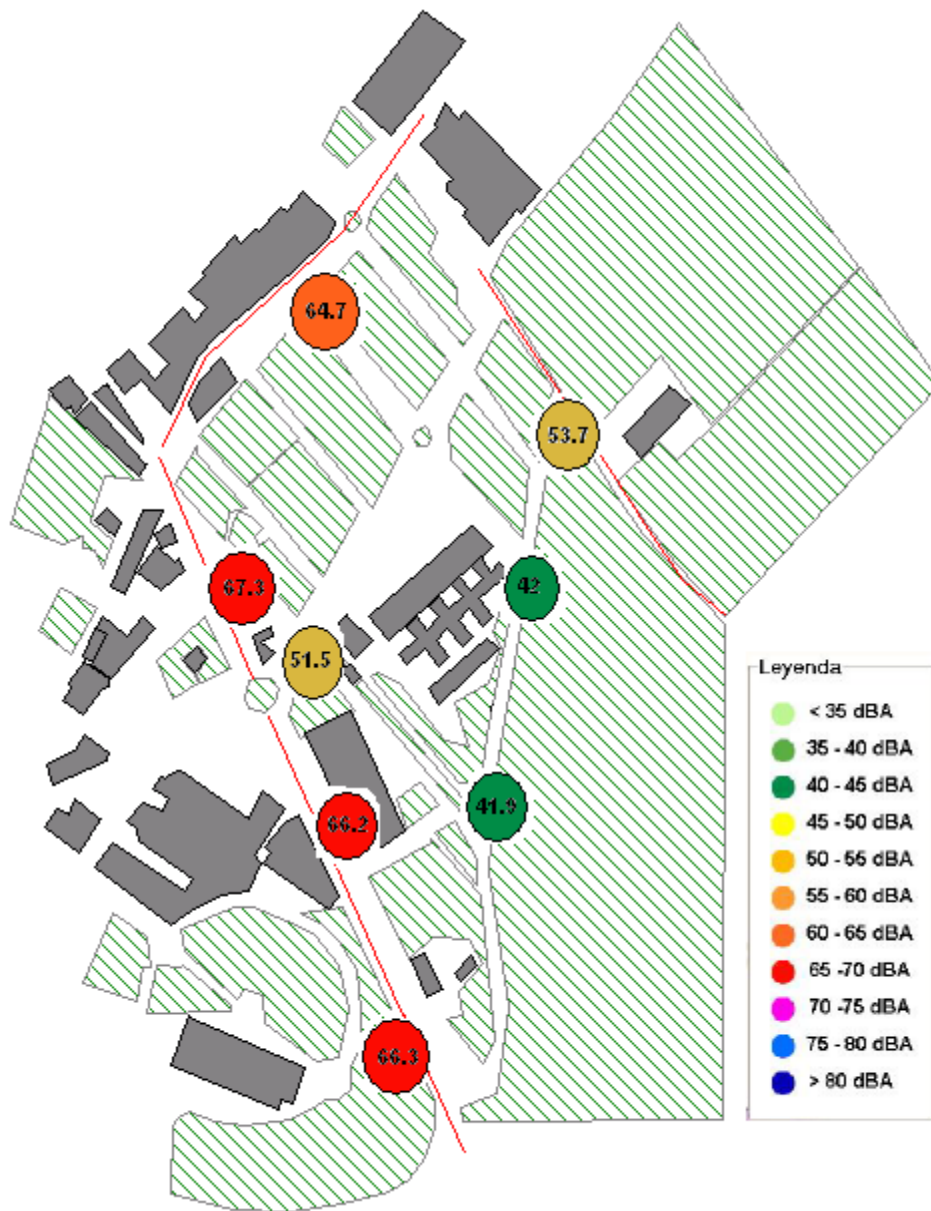


Figura 16: Mapa de botones periodo nocturno

Como se puede observar, los puntos cercanos a la carretera reciben mucho ruido, sin embargo, dentro del perímetro del hospital los niveles son mas bajos.

5.SIMULACIÓN CON PREDICTOR

Mediante el software de simulación Predictor se ha modelado toda la zona bajo estudio con objeto de comprobar si las medidas reales se asemejan a las medidas experimentales. De este modo, logrando una plantilla fiel al modelo real, es posible realizar nuevas medidas en puntos donde no es posible medir e incluso generar situaciones ficticias para conocer la respuesta sonora a ese futuro estado (incluyendo barreras acústicas, desviando el tráfico por distintas carreteras, aumentando la absorción de los suelos...). Todo esto resulta útil debido al ahorro de tiempo y a la ventaja que supone poder alterar las condiciones de un entorno específico.

Para llevar a cabo una simulación el programa requiere una serie de datos de la zona que se desea estudiar:

- Es necesario introducir un archivo que incluya la cartografía del terreno, los archivos aceptados por el programa pueden estar en distintos formatos ya que puede cargar tanto mapas de bits, como archivos GIS (Sistema de información geográfica) e incluso archivos generados en Autocad (*.dxf). El objetivo es disponer de un mapa inicial sobre el que incluir todos los elementos que forman el entorno.
- Los edificios que componen el entorno deben incluirse respetando al máximo sus características en la realidad (evitando una desviación de altura inferior a 3 metros e incluyendo las particularidades acústicas en caso de ser significativas). En este caso las alturas se han calculado de acuerdo con el Plan General de Ordenación Urbana de Gandía. En cuanto a las características acústicas de los edificios se han empleado los valores por defecto que ofrece Predictor.
- Los suelos suponen un elemento importante en el diseño del modelo, pues se debe diferenciar entre parcelas de parking de asfalto u hormigón (muy reflectantes), parcelas de parking de tierra (presentan cierta absorción) y parques con vegetación frondosa (alta absorción).

- La principal fuente sonora en este modelo son los vehículos, por lo que conviene prestar especial atención al caudal de vehículos y a la velocidad media. Para ello se ha contabilizado manualmente la cantidad de vehículos que pasan por cada una de las carreteras que figuran en el mapa. Estos datos se pueden encontrar en el ANEXO I.

5.1 Estado preoperacional

Una vez confeccionada la región, con las carreteras, edificios y suelos, se introducen los receptores (negro) en los puntos donde se pretende medir el ruido. El resultado es el siguiente:



Figura 17 : Diseño preoperacional mediante Predictor (vista diseño planta)

En la figura 17 se pueden apreciar los edificios (gris), las zonas con vegetación (verde) y las carreteras (rojo). Así mismo, se pueden ver los receptores situados en los mismos puntos donde se realizaron las medidas experimentales. Constituye un diseño preoperacional, pues las carreteras internas adyacentes al hospital no se encuentran habilitadas. Posteriormente y una vez comprobemos que las medidas del diseño preoperacional son fieles a las tomadas *in situ*, estudiaremos el estado futuro en el que el hospital se encuentre en actividad.

Algunos detalles como las alturas de los edificios se pueden apreciar con más claridad en la figura 18.

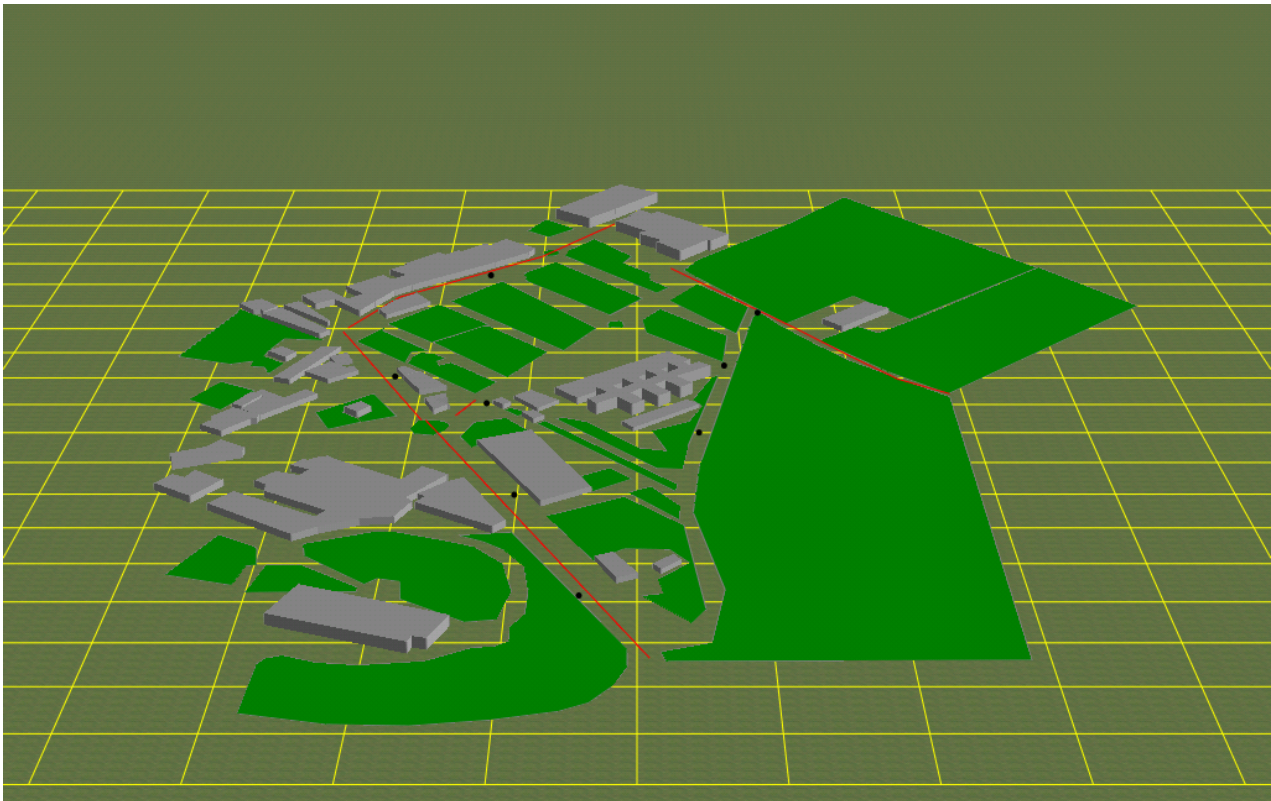


Figura 18 : Diseño preoperacional mediante Predictor (vista 3D)

Finalizada la simulación, podemos establecer una comparativa entre los niveles tomados experimentalmente y los niveles simulados.

PUNTO	LA_{Deq} (dBA) (Experimental)	LA_{Deq} (dBA) (Simulado)	Desviación periodo diurno (dBA)	LA_{Neq} (dBA) (Experimental)	LA_{Neq} (dBA) (Simulado)	Desviación periodo nocturno (dBA)
P1	69.7	69.6	-0.1	66.2	65.4	-0.8
P2	53.3	56.2	2.9	51.5	53.9	2.4
P3	70.4	72.9	2.5	67.3	67.9	0.6
P4	69.5	72.6	3.1	66.3	68.9	2.6
P5	68	68.7	0.7	64.7	63.7	-1
P6	41	43.4	2.4	41.9	44.2	2.3
P7	41.4	44.3	2.9	42	43.4	1.4
P8	61.8	61	-0.8	53.7	54.8	1.1

Tabla 8 : Comparación medidas experimentales – resultados Predictor

En las siguientes figuras, podemos observar los resultados en forma de líneas de contorno que muestran con colores los niveles sonoros:

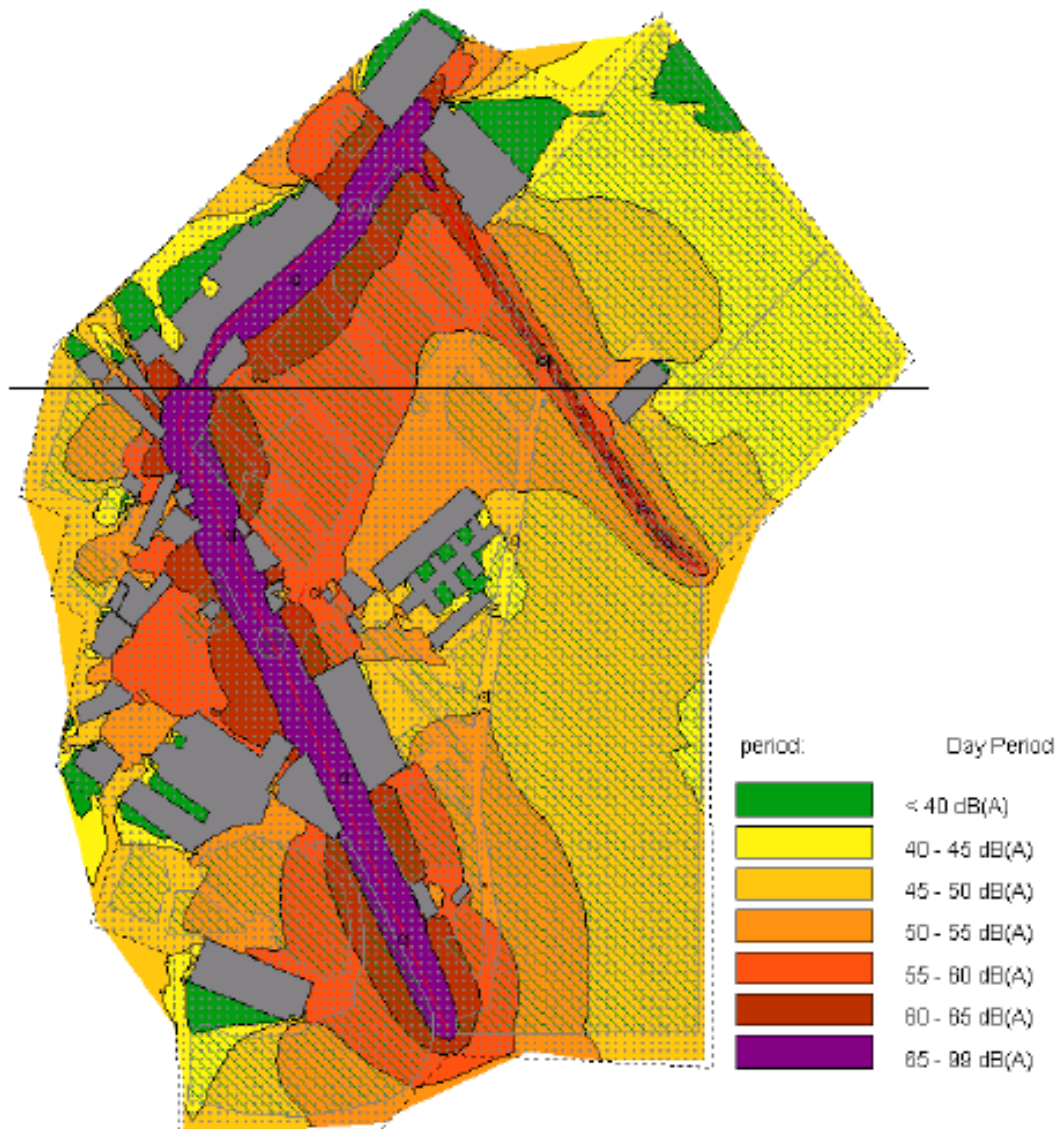


Figura 19 : Resultado gráfico del estado preoperacional (diurno)

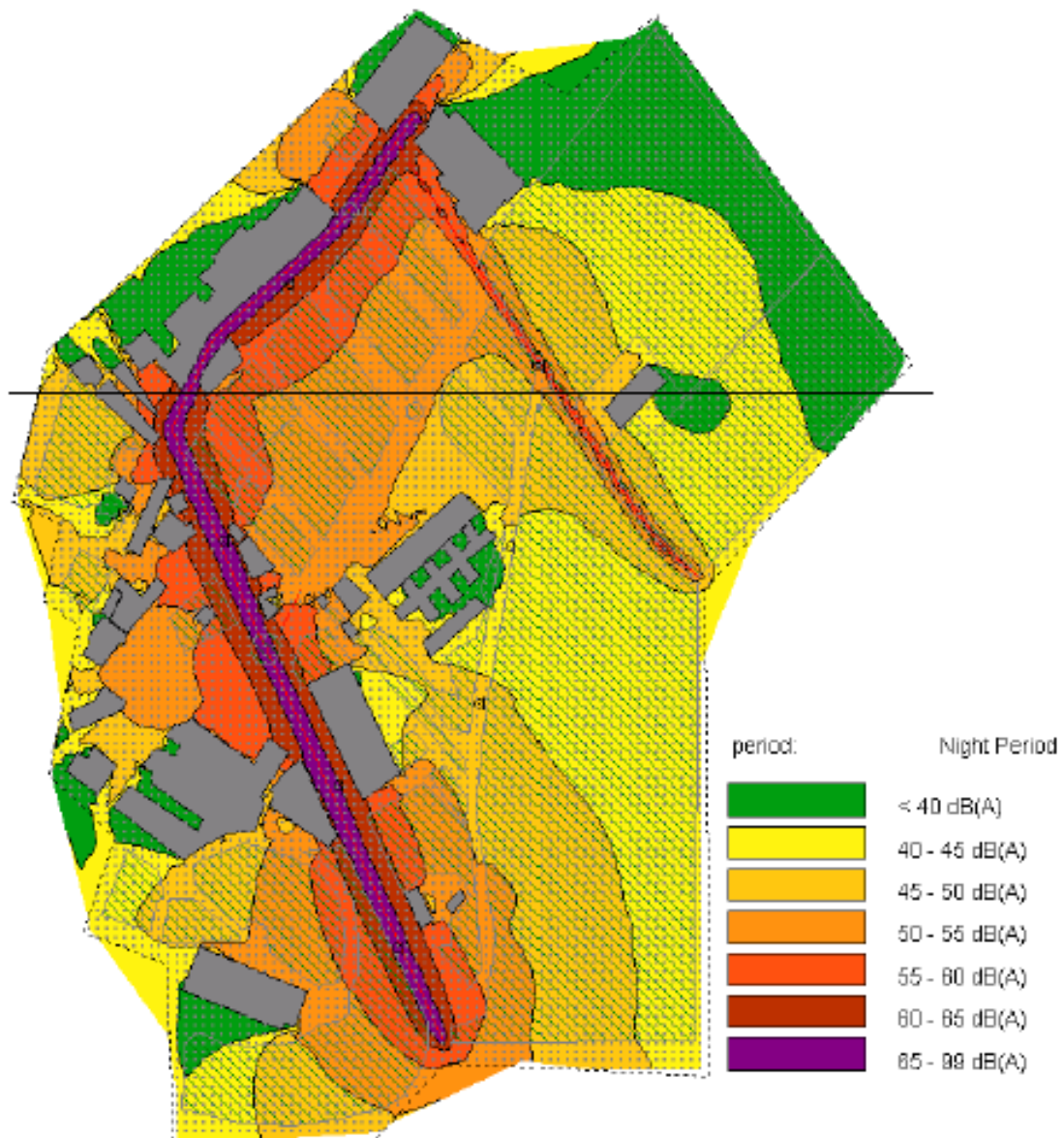


Figura 20 : Resultado gráfico del estado preoperacional (nocturno)

Podemos concluir que los resultados son satisfactorios, pues las diferencias entre los niveles obtenidos con uno u otro método no difieren en más de 3 dBA. Es por ello por lo que podemos emplear este modelo para elaborar el diseño operacional.

5.2 Estado operacional

Los hospitales son establecimientos sanitarios que requieren tener un fácil acceso para poder actuar de forma eficaz en caso de emergencia, es por ello por lo que el hospital en funcionamiento dispondrá de varias vías de acceso con un caudal medio de vehículos que circularan a una velocidad moderada. En el siguiente diseño operacional, se ha incluido un circuito interno de carreteras contiguas al hospital que tengan acceso al parking y puedan rodear el edificio para poder acceder por cualquiera de las entradas. Además se han incluido dos entradas nuevas que puedan facilitar el acceso tanto a residentes de la ciudad de Gandía (desde la zona norte del hospital, por detrás del centro comercial la Vital) como a pacientes procedentes de los pueblos colindantes (a través de una vía de acceso adherida a la Avinguda' Alacant)

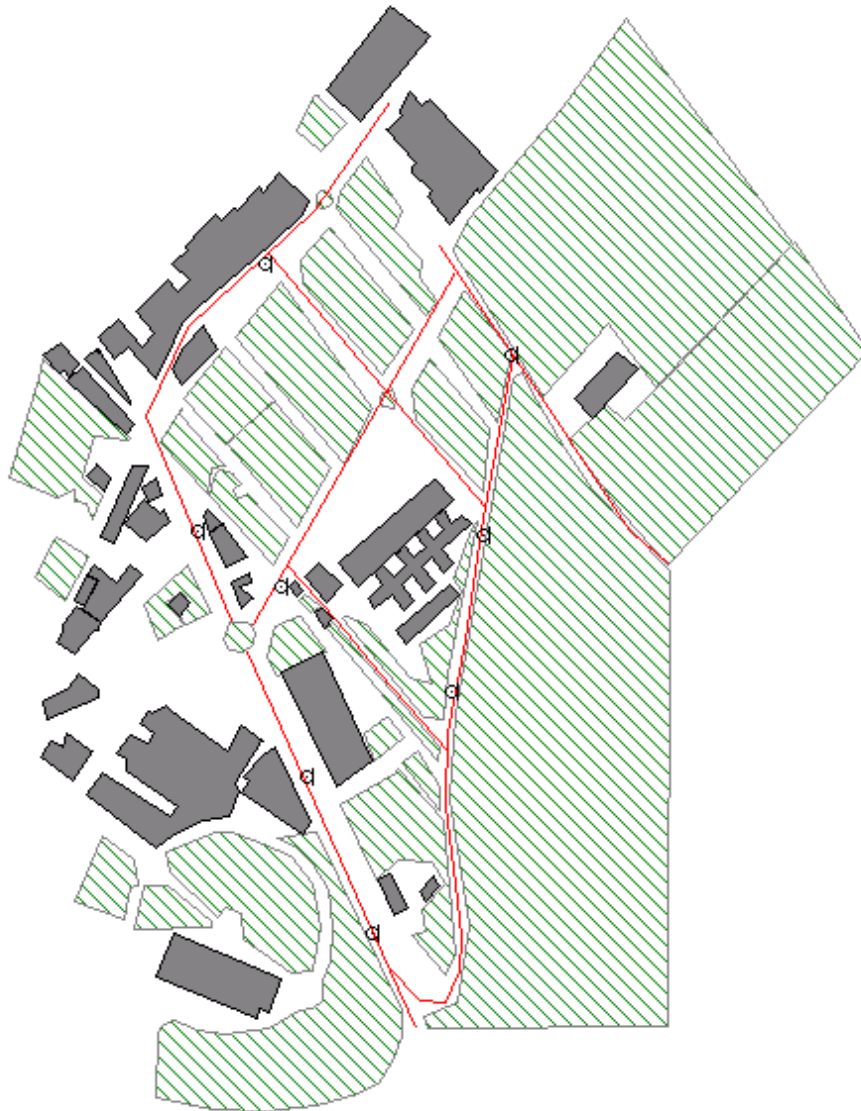


Figura 21: Diseño operacional mediante Predictor (vista planta)

Los resultados obtenidos son semejantes a los del preoperacional excepto en los 4 receptores en los que se han habilitado nuevas carreteras:

PUNTO	LA_{Deq} (dBA) (Preoperacional)	LA_{Deq} (dBA) (Operacional)	Desviación (dBA)	LA_{Neq} (dBA) (Preoperacional)	LA_{Neq} (dBA) (Operacional)	Desviación (dBA)
P1	69.6	69.6	0	65.4	65.4	0
P2	56.2	59.1	2.9	53.9	55.8	1.9
P3	72.9	72.9	0	67.9	67.9	0
P4	72.6	73.3	0.7	68.9	68.9	0
P5	68.7	68.8	0.1	63.7	63.7	0
P6	43.4	52.6	9.2	44.2	49.7	5.5
P7	44.3	52.6	8.3	43.4	49	5.6
P8	61	59.7	-1.3	54.8	53.7	-1.1

Tabla 9 : Comparación estado preoperacional - operacional

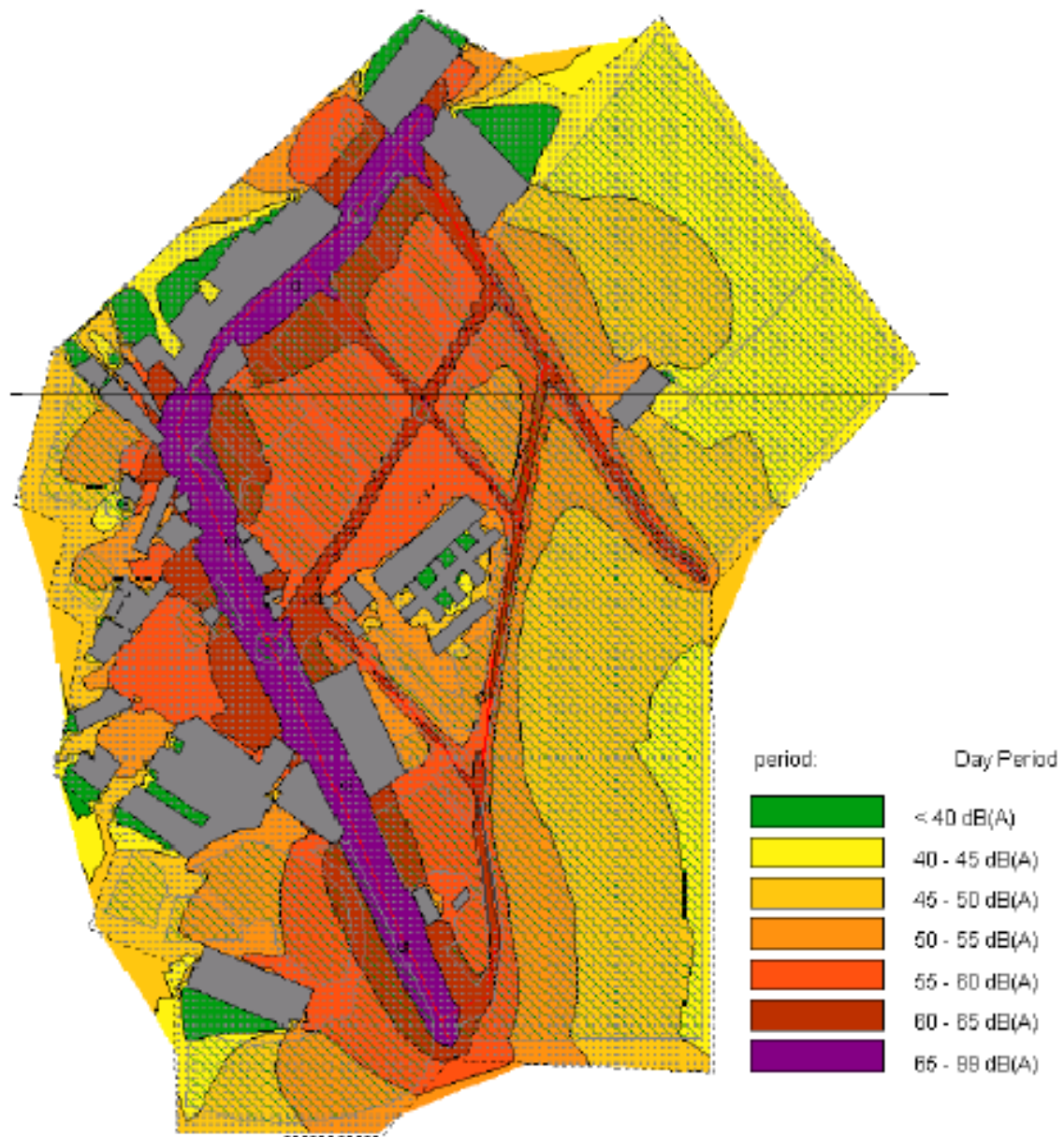


Figura 22: Resultado gráfico del estado operacional (diurno)

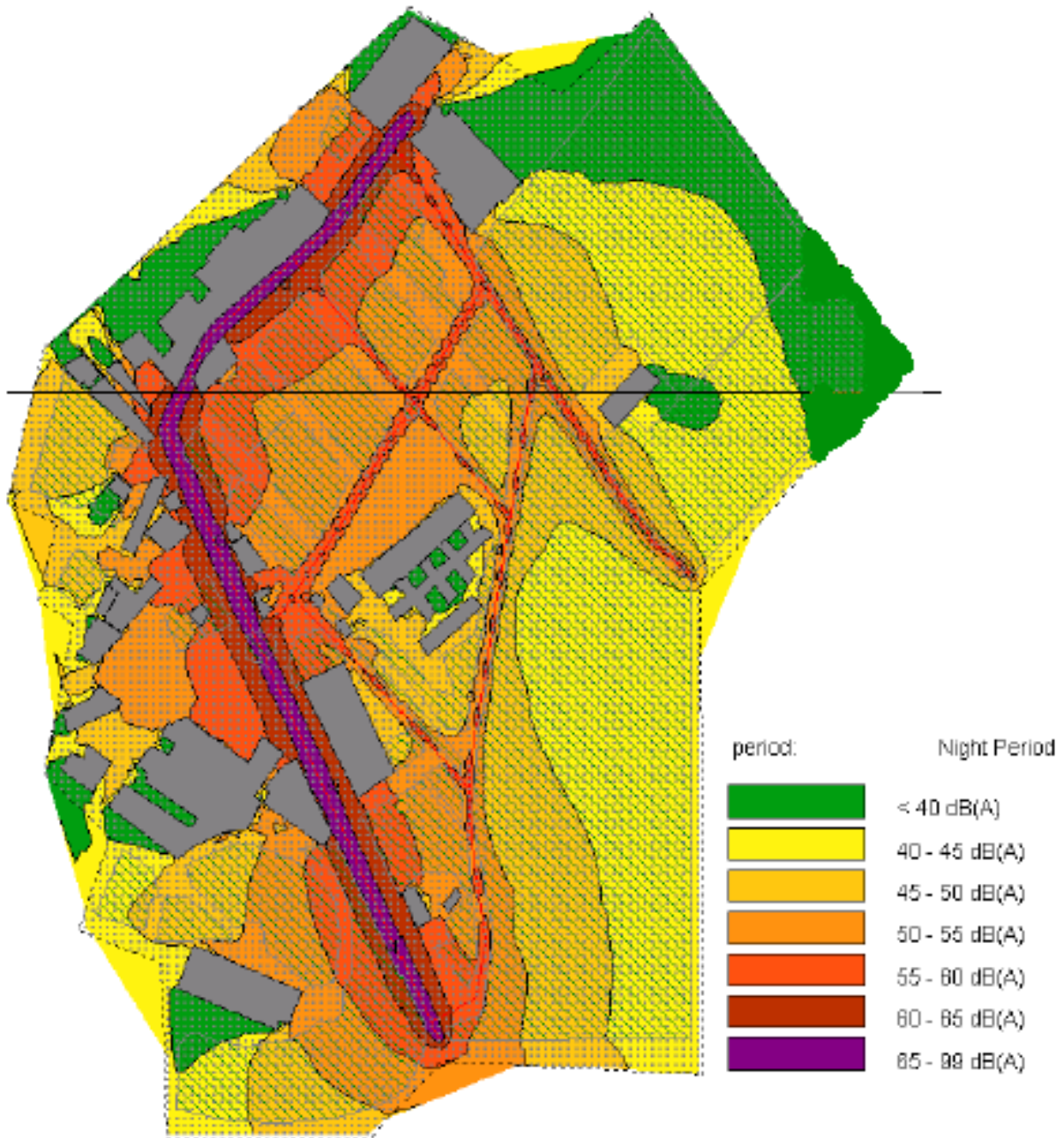


Figura 23: Resultado gráfico del estado operacional (nocturno)

Como se puede observar y atendiendo a la leyenda incluida a la izquierda del mapa, el hospital estará sometido a niveles por encima de los impuestos por la ley 7/2002 de la Generalitat Valenciana :

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

Tabla 10: Límites de ruido según la LEY 7/2002 de la Generalitat Valenciana

5.3 Conclusiones

Mediante *Predictor*, hemos podido comprobar que pese a la presencia de una carretera nacional próxima al nuevo hospital de Gandía, los niveles sonoros entorno al edificio no exceden en gran medida a los impuestos por la ley; no obstante, la inclusión de nuevas carreteras que rodeen el hospital, pueden acrecentar estos valores iniciales y propiciar un clima de contaminación acústica que pueda perjudicar a los pacientes y al personal del establecimiento.

Es por ello por lo que a continuación trataremos de ofrecer algunas medidas correctoras que puedan paliar los problemas que pueda traer la puesta en funcionamiento del mismo centro médico.

6. MEDIDAS CORRECTORAS

La elaboración de medidas correctoras supone un reto mayor o menor dependiendo del estado en el que se encuentra el núcleo contaminante. El problema extraído del anterior estudio elaborado en *Predictor* radica en los altos niveles sonoros del estado operacional, un estado futuro que podemos prevenir optimizando los recursos y abarcando un margen mayor de medidas correctoras gracias a que la versión definitiva no está actualmente en funcionamiento.

A continuación se ofrecen algunas medidas correctoras:

- **Desviación de la N-332 en su paso por Gandía** : Ésta carretera atraviesa muchos pueblos de la Safor. Al tratarse de una carretera nacional, la velocidad de los vehículos y el caudal resulta demasiado elevado para lo incluida que queda en el casco urbano. El desvío de esta carretera por medio de una circunvalación, resolvería muchos problemas de contaminación acústica en la mayoría de pueblos que encuentra a su paso y resolvería a su vez el impacto acústico que añade en el hospital de Gandía. Evaluando la medida exclusivamente para el problema del hospital, resultaría demasiado costosa para los beneficios que supondría; la elaboración del desvío podría suponer un proyecto de elevadas dimensiones, con un coste desmesurado e incluso podría ocasionar problemas burocráticos. Por esta razón, esta medida debería ser considerada como un nuevo proyecto paralelo y ligado a otros tantos casos que deja a su paso la carretera.
- **Uso de barreras acústicas**: Las principales entradas de ruido al hospital son a través de la cara norte y la cara oeste del recinto, que resultan ser las más ofrecidas a las principales carreteras. De este modo, la construcción de una pared sónica podría rebajar notablemente la polución acústica.

- **Asfalto absorbente:** La ventaja de no disponer de carreteras ya asfaltadas en el circuito interno supondría un remedio muy favorable y económico. Los asfaltos fonoabsorbentes procuran minimizar las reflexiones sobre la calzada en el campo próximo a la fuente de ruido de tráfico; de modo que disminuye la propagación del ruido a mayores distancias. Un asfalto adecuado y bien mantenido en determinadas zonas de la vía puede reducir sensiblemente la radiación de ruido de rodadura.
- **Limitación de la velocidad:** El modelo que recoge *Predictor* en su estado operacional estipula una velocidad media de 50 km/h en las carreteras próximas al edificio. Con un descenso de la velocidad de 20 km/h, se lograría descender hasta 3 dBA. Resulta una opción muy recomendable por su sencillez y por la efectividad que ofrece a tan bajo coste.

7. CONCLUSIONES

El estudio del impacto acústico realizado demuestra que los elevados niveles registrados a través de sendos métodos de cálculo no cumplen con la normativa de ruido que exige la ley 7/2002 de la Comunidad Valenciana.

Queda comprobado que el software *Predictor* ofrece una potente ventaja para la predicción del ruido pese a la estricta exactitud que requiere en los parámetros de entrada. Mediante esta herramienta, se ha podido estudiar un caso real y emplearlo para simular situaciones ficticias al antojo del usuario.

Para reducir los elevados niveles de ruido existentes, se han propuesto unas medidas correctoras en el ámbito acústico que deberían ser efectivas a medio y largo plazo.

Cabe mencionar que afortunadamente, el hospital se encuentra ligeramente desplazado de las principales carreteras emisoras de ruido, y por ello el incumplimiento de la normativa no es notorio. Aún así, el diseño sigue calculando niveles por encima de los exigidos por la ley. Esto conduce a pensar que la normativa quizás sea demasiado estricta y utópica, dadas las aparentes buenas condiciones de ubicación que ofrece el establecimiento. De acuerdo con la normativa del Estado (RD 1367/2007), el nivel máximo diurno para sectores del territorio con predominio del suelo de uso terciario es de 70 dBA y el nocturno es de 65 dBA. Si se empleara una normativa más realista como la estatal, y mediante algunas de las medidas correctoras planteadas, si se podrían lograr niveles sonoros ajustados a las exigencias de la ley.

Se ha demostrado que aunque se puede conseguir que el tráfico procedente de la N-332 a través de la Av. De Alicante no afecte en gran medida al hospital, ésta carretera supone una elevada fuente emisora de ruido, por lo que sería interesante estudiar las secuelas que deja a su paso por otros pueblos y elaborar un plan de desviación del que podría salir también beneficiado el nuevo hospital de Gandía.

Bibliografía / Referencias

Libros

- HARRIS C. Manual de medidas acústicas y control del ruido. Ed. McGraw Hill. 1995
- JIAN KANG. Urban Sound Environment. Editorial. Taylor & Francis.(2007).
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA (SEA). Acústica Ambiental: análisis, legislación y soluciones. Madrid: Editorial Sociedad Española de Acústica . (2009).
- A. GARCIA La Contaminación Acústica. Fuentes, Evaluación, Efectos y Control. Madrid: Editorial Sociedad Española de Acústica (SEA). (2006).
- R. BARTI DOMINGO (2010).Acústica medioambiental. Vol. I y II. Editorial Club Universitario.

Normas y legislación

- Norma UNE ISO 1996-1: 2005 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación. (ISO 1996-1:2003)
- Norma UNE ISO 1996-2:2009, Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.
- Ley 7/2002. Ley de protección contra la contaminación acústica de la Generalitat Valenciana.
- Ley 37/2003. Ley estatal del ruido.
- Decreto 266/2004 de la Generalitat Valenciana, de normas para el control del ruido producido por vehículos a motor
- Decreto 104/2006 de la Generalitat Valenciana, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica
- RD 1513/2005 de evaluación y gestión del ruido ambiental
- RD 1367/2007 referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas

Otros documentos

- Apuntes de la asignatura Contaminación Acústica curso 2011-12.
- Manual de usuario del Sonómetro 2250 de B&K.
- Manual de usuario del software Predictor versión V 7.10.

ANEXO I. Condiciones atmosféricas y caudal de tráfico

En este anexo se presentan las medidas tabuladas de las condiciones atmosféricas y de caudal de tráfico en cada uno de los puntos de medida. Se clasifican por periodos diurnos y nocturnos, tal como indica la legislación de la Generalitat Valenciana.

PUNTO DE MEDIDA 1	DIURNO 1	DIURNO 2	DIURNO 3	PROMEDIO DIURNO
Día	25/06/13	26/06/13	28/06/13	-
Hora	11:21	16:41	19:29	-
Temperatura (°C)	25.8	28.4	27.2	27.1
Velocidad viento (m/s)	3.3	4.3	3.5	3.7
Humedad relativa (%)	54.2	47.6	45.2	49
Vehículos ligeros/10min	88	96	135	106
Vehículos pesados/10min	9	14	2	8

Tabla 11: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 1 (diurno)

PUNTO DE MEDIDA 2	DIURNO 1	DIURNO 2	DIURNO 3	PROMEDIO DIURNO
Día	25/06/13	26/06/13	28/06/13	-
Hora	11:35	16:54	19:43	-
Temperatura (°C)	26.9	28.1	28.1	27.7
Velocidad viento (m/s)	4	4.5	4.4	4.3
Humedad relativa (%)	48.4	48.3	40.8	45.8
Vehículos ligeros /10min	4	3	2	3
Vehículos pesados/10min	1	0	0	0

Tabla 12: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 2 (diurno)

PUNTO DE MEDIDA 3	DIURNO 1	DIURNO 2	DIURNO 3	PROMEDIO DIURNO
Día	25/06/13	26/06/13	28/06/13	-
Hora	11:51	17:06	19:55	-
Temperatura (°C)	28.8	29.4	29.9	29.4
Velocidad viento (m/s)	2.9	1.8	2.2	2.3
Humedad relativa (%)	41.7	44.5	38.2	41.5
Vehículos ligeros /10min	154	178	248	193
Vehículos pesados/10min	8	6	1	5

Tabla 13: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 3 (diurno)

PUNTO DE MEDIDA 4	DIURNO 1	DIURNO 2	DIURNO 3	PROMEDIO DIURNO
Día	25/06/13	26/06/13	28/06/13	-
Hora	12:06	17:20	20:09	-
Temperatura (°C)	27.1	28.0	29.0	28
Velocidad viento (m/s)	3.6	3.8	1.1	2.8
Humedad relativa (%)	52.3	48.4	38.7	46.5
Vehículos ligeros /10min	113	113	110	112
Vehículos pesados/10min	6	3	0	3

Tabla 14: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 4 (diurno)

PUNTO DE MEDIDA 5	DIURNO 1	DIURNO 2	DIURNO 3	PROMEDIO DIURNO
Día	25/06/13	26/06/13	28/06/13	-
Hora	12:20	17:34	20:26	-
Temperatura (°C)	29.3	26	28.9	28
Velocidad viento (m/s)	3.1	4	1.7	2.9
Humedad relativa (%)	47.7	53.5	39.1	46.8
Vehículos ligeros /10min	190	181	177	183
Vehículos pesados/10min	4	6	1	4

Tabla 15: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 5 (diurno)

PUNTO DE MEDIDA 6	DIURNO 1	DIURNO 2	DIURNO 3	PROMEDIO DIURNO
Día	25/06/13	26/06/13	28/06/13	-
Hora	12:34	17:48	20:39	-
Temperatura (°C)	31.4	21.4	28.7	27.2
Velocidad viento (m/s)	2.3	3.7	0.9	2.3
Humedad relativa (%)	48.3	55.0	42.6	48.6
Vehículos ligeros /10min	0	0	0	0
Vehículos pesados/10min	0	0	0	0

Tabla 16: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 6 (diurno)

PUNTO DE MEDIDA 7	DIURNO 1	DIURNO 2	DIURNO 3	PROMEDIO DIURNO
Día	25/06/13	26/06/13	28/06/13	-
Hora	12:48	18:00	20:53	-
Temperatura (°C)	31.9	25.2	28.1	28.4
Velocidad viento (m/s)	3.4	3.9	0.7	2.7
Humedad relativa (%)	47.9	51.7	43.1	47.6
Vehículos ligeros /10min	0	0	0	0
Vehículos pesados/10min	0	0	0	0

Tabla 17: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 7 (diurno)

PUNTO DE MEDIDA 8	DIURNO 1	DIURNO 2	DIURNO 3	PROMEDIO DIURNO
Día	25/06/13	26/06/13	28/06/13	-
Hora	13:01	18:13	21:05	-
Temperatura (°C)	32.1	26.7	27.2	28.7
Velocidad viento (m/s)	3.0	2.6	0.7	2.1
Humedad relativa (%)	47.5	49.6	42.5	46.5
Vehículos ligeros /10min	23	27	15	22
Vehículos pesados/10min	0	0	0	0

Tabla 18: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 8 (diurno)

PUNTO DE MEDIDA 1	NOCTURNO 1	NOCTURNO 2	NOCTURNO 3	PROMEDIO NOCTURNO
Día	28/06/13	2/06/13	10/07/13	-
Hora	22:15	00:16	6:09	-
Temperatura (°C)	22.4	24.8	23.1	23.4
Velocidad viento (m/s)	1	0.8	0.5	0.8
Humedad relativa (%)	61.4	71	71.6	68
Vehículos ligeros /10min	79	36	28	47
Vehículos pesados/10min	0	0	1	0

Tabla 19: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 1 (nocturno)

PUNTO DE MEDIDA 2	NOCTURNO 1	NOCTURNO 2	NOCTURNO 3	PROMEDIO NOCTURNO
Día	28/06/13	2/06/13	10/07/13	-
Hora	22:29	00:30	6:20	-
Temperatura (°C)	24.4	26.5	24.4	25.1
Velocidad viento (m/s)	0.7	0.7	0.8	0.7
Humedad relativa (%)	57.5	64.8	71.9	64.7
Vehículos ligeros /10min	0	0	0	0
Vehículos pesados/10min	0	0	0	0

Tabla 20: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 2 (nocturno)

PUNTO DE MEDIDA 3	NOCTURNO 1	NOCTURNO 2	NOCTURNO 3	PROMEDIO NOCTURNO
Día	28/06/13	2/06/13	10/07/13	-
Hora	22:41	00:44	6:32	-
Temperatura (°C)	23.1	25.2	23.6	24
Velocidad viento (m/s)	0.5	0.9	0.7	0.7
Humedad relativa (%)	57.5	64.5	65.5	62.5
Vehículos ligeros /10min	84	18	44	49
Vehículos pesados/10min	3	0	3	2

Tabla 21: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 3 (nocturno)

PUNTO DE MEDIDA 4	NOCTURNO 1	NOCTURNO 2	NOCTURNO 3	PROMEDIO NOCTURNO
Día	28/06/13	2/06/13	10/07/13	-
Hora	22:55	00:59	6:44	-
Temperatura (°C)	24.2	24.4	22	23.5
Velocidad viento (m/s)	0.6	0.2	0.5	0.4
Humedad relativa (%)	56.7	69.6	72.8	66.4
Vehículos ligeros /10min	36	13	48	32
Vehículos pesados/10min	0	2	6	3

Tabla 22: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 4 (nocturno)

PUNTO DE MEDIDA 5	NOCTURNO 1	NOCTURNO 2	NOCTURNO 3	PROMEDIO NOCTURNO
Día	28/06/13	2/06/13	10/07/13	-
Hora	23:09	01:15	6:58	-
Temperatura (°C)	24	27.3	24.3	25.2
Velocidad viento (m/s)	0.7	0.4	0.5	0.5
Humedad relativa (%)	58.8	60.4	70.1	63.1
Vehículos ligeros /10min	62	21	65	49
Vehículos pesados/10min	0	1	2	1

Tabla 23: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 5 (nocturno)

PUNTO DE MEDIDA 6	NOCTURNO 1	NOCTURNO 2	NOCTURNO 3	PROMEDIO NOCTURNO
Día	28/06/13	2/06/13	10/07/13	-
Hora	23:22	1:29	7:12	-
Temperatura (°C)	21.7	20.1	24.7	22.2
Velocidad viento (m/s)	0.4	1.8	0.5	0.9
Humedad relativa (%)	60	85.5	67.2	67.6
Vehículos ligeros /10min	0	0	0	0
Vehículos pesados/10min	0	0	0	0

Tabla 24: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 6 (nocturno)

PUNTO DE MEDIDA 7	NOCTURNO 1	NOCTURNO 2	NOCTURNO 3	PROMEDIO NOCTURNO
Día	28/06/13	2/06/13	10/07/13	-
Hora	23:34	1:42	7:24	-
Temperatura (°C)	21.3	20.6	25.2	22.4
Velocidad viento (m/s)	0.3	2	0.6	1
Humedad relativa (%)	60	83.4	68.5	70.6
Vehículos ligeros /10min	0	0	0	0
Vehículos pesados/10min	0	0	0	0

Tabla 25: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 7 (nocturno)

PUNTO DE MEDIDA 8	NOCTURNO 1	NOCTURNO 2	NOCTURNO 3	PROMEDIO NOCTURNO
Día	28/06/13	2/06/13	10/07/13	-
Hora	23:46	01:57	7:35	-
Temperatura (°C)	23.8	24.2	25	24.3
Velocidad viento (m/s)	0.7	0.8	0.4	0.6
Humedad relativa (%)	59.9	73.2	66.5	66.5
Vehículos ligeros /10min	7	1	9	6
Vehículos pesados/10min	0	0	0	0

Tabla 26: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 8 (nocturno)