

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Master en Ingeniería Acústica

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Impacto acústico generado por las  
nuevas rondas de tráfico en la ciudad de  
Gandía”**

***TESIS DE MASTER***

Autor:

***Eloy Pellicer Frasquet***

Director:

***D. Joan Martínez Mora***

***GANDIA, 01/09/2011***

# Impacto acústico generado por las nuevas rondas de tráfico en la ciudad de Gandía

*Autor:* Eloy Pellicer Frasquet

*Director:* Joan Martínez Mora

## *Resumen —*

*Actualmente se sabe que el ruido afecta negativamente a la salud y por esta razón las administraciones públicas han aprobado en los últimos 10 años varias normativas y regulaciones para controlar la exposición de las personas al ruido, y es a la administración local la que debe aplicar la legislación corrigiendo situaciones que afecten al ciudadano. Además, habitualmente la fuente de ruido principal en las zonas urbanas es la circulación de vehículos a motor. En Gandía, Acusttel realizó en 2004 un mapa de ruido a petición del Ayuntamiento, cuyo objetivo era efectuar un diagnóstico general de los niveles de ruido ambiental, identificando sus orígenes y causas. Actualmente, la ciudad ha experimentado profundos cambios: nueva edificación, peatonalización de calles y creación de nuevas rondas. Por eso, para conocer el estado actual de la contaminación acústica aunque sea de forma parcial, se desarrolla un estudio acústico para medir y simular los niveles de ruido de tráfico en varios viales importantes como son: Lector Romero, Avinguda del Raval, Ronda de l'Anella, Avinguda Blasco Ibáñez y la ronda que transcurre junto al barranco de Beniopa. Finalmente se proponen medidas correctoras para aquellos casos en los que se superen los límites impuestos por la ley. Existirá otra tesina similar que estudiará la situación del Centro Histórico.*

## *Abstract —*

*Actually is known that noise affects health negatively, and because of that reason, government have approved various regulations in the past 10 years to control the exposition of people to noise, and is the local administration who must apply the regulation correcting situations which can affect the citizen. In addition, the main source of noise in urban environments is the circulation of motor vehicles. In Gandia, Acusttel have done a noise map in 2004 which was ordered by the Town Hall, and the objective was to effectuate a general diagnostic of ambient noise levels, identifying its origins and causes. Actually the city has suffered important changes: new building, pedestrian only streets and creation of new traffic rings. Because of that, to know in a partial form the current situation of the acoustic contamination, an acoustic study is developed to measure and simulate some important roads as: Lector Romero, Avinguda del Raval, Ronda de l'Anella, Avinguda Blasco Ibáñez and the round which runs along Beniopa's gorge. Finally, corrective actions are purposed for those cases where noise is greater than limits mandated by law. There will be another similar study that will deal with the Historical Centre situation.*

Autor: Eloy Pellicer Frasquet, email: [elpelfra@epsg.upv.es](mailto:elpelfra@epsg.upv.es)

Fecha de entrega: 01-09-2011

## ÍNDICE

<b>I. Objetivos</b> .....	<b>5</b>
I.1. Objetivos Fundamentales .....	5
I.2. Objetivos Secundarios.....	5
<b>II. Efectos del ruido sobre la salud</b> .....	<b>6</b>
II.1. Definición de ruido.....	6
II.2. Conceptos básicos de Psicoacústica y Acústica Fisiológica .....	6
II.3. Pérdida de audición .....	7
II.4. Efectos cardiovasculares .....	8
II.5. Alteraciones del sueño .....	8
II.6. Conclusión .....	8
<b>III. Normativa sobre contaminación acústica</b> .....	<b>9</b>
<b>IV. Configuración del sonómetro y selección de los puntos de medida</b> .....	<b>11</b>
IV.1. Configuración del sonómetro .....	11
IV.2. Selección de los puntos de medida.....	11
<b>V. Incertidumbre asociada a las medidas in situ</b> .....	<b>22</b>
V.1. Incertidumbre asociada a la instrumentación.....	23
V.2. Incertidumbre asociada a las condiciones de clima y suelo.....	25
V.3. Incertidumbre asociada a las condiciones de operación .....	26
V.4. Incertidumbre asociada al ruido residual .....	27
V.5. Cálculo de la incertidumbre de medición expandida.....	29
<b>VI. Simulación de las zonas de interés mediante el software <i>Predictor</i></b> .....	<b>31</b>
VI.1. Estudio de la zona 1 con <i>Predictor</i> .....	33
VI.2. Estudio de la zona 2 con <i>Predictor</i> .....	35
VI.3. Estudio de la zona 3 con <i>Predictor</i> .....	36
VI.4. Comparación de los resultados de <i>Predictor</i> con las medidas in situ .....	38
VI.5. Conclusión sobre <i>Predictor</i> .....	40
<b>VII. Discusión de los resultados de las medidas y <i>Predictor</i>. Comparación frente a la normativa</b> .....	<b>42</b>

<b>VIII. Propuesta de medidas correctoras .....</b>	<b>46</b>
VIII.1. Línea de actuación acústica.....	46
VIII.2. Línea de actuación para la concienciación ciudadana .....	47
<b>IX. Conclusiones .....</b>	<b>48</b>
<b>Bibliografía/Referencias .....</b>	<b>49</b>
<b>Anexo I. Condiciones atmosféricas y caudales de tráfico .....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo II. Cálculo detallado de la incertidumbre de medición expandida.....</b>	<b>58</b>

## **I. Objetivos.**

En esta sección se presentan los objetivos de esta Tesina de Máster.

### *I.1. Objetivos Fundamentales.*

El objetivo fundamental es el estudio del impacto acústico que provocan las nuevas rondas de circunvalación ejecutadas por el Ayuntamiento de Gandía en las dos últimas legislaturas. Además de las rondas propiamente dichas también se va a estudiar el impacto acústico de ciertas calles que dan acceso a las rondas. 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.

### *I.2. Objetivos Secundarios.*

Como objetivos secundarios llevaremos a cabo la simulación con el software *Predictor* (de B&K) los viales de interés para observar su ajuste con respecto a las medidas reales. Los modelos de simulación elegidos son los franceses NMPB-96 y XPS 31-133.

Además se propondrán medidas correctoras en caso de que se superen los umbrales de ruido permitidos.

## II. Efectos del ruido sobre la salud.

En esta sección se resumen los principales efectos que tiene el ruido sobre la salud.

### II.1. Definición de Ruido.

El sonido es una variación de la presión acústica con el tiempo. Esa variación es percibida por el oyente a través de su sistema auditivo y nervioso.

Se entiende como ruido aquél sonido que no es deseado por el oyente. También se puede expresar el ruido como sonido que al ser escuchado provoca sensación de molestia. Los diferentes tipos de ruido se pueden caracterizar fundamentalmente por:

- Su composición frecuencial. El ruido puede ser de tipo monotonal, limitado a una banda concreta, de banda ancha, de banda ancha con picos tonales, etc.
- Su intensidad: Ruido con niveles altos, bajos, etc.
- Su variación temporal. El ruido puede ser continuo en el tiempo, continuo intermitente, impulsivo, impulsivo repetitivo, variable, aleatorio, etc.

### II.2. Conceptos básicos de Psicoacústica y Acústica Fisiológica

La Psicoacústica es la disciplina que estudia la relación entre los cambios de los estímulos acústicos y los cambios en la percepción subjetiva del individuo.

En esta disciplina se diseñan experiencias acústicas que sirven para determinar, entre otras cosas, los rangos de audición de los humanos. Una representación simplificada de estos rangos se puede observar a continuación en la figura 1.

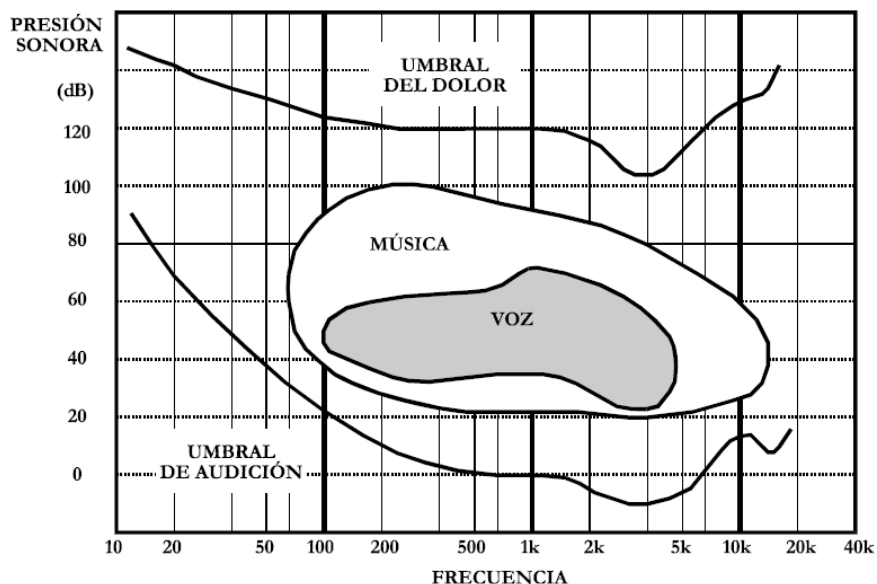


Fig.1. Rangos de audición en humanos.

Ahora se va explicar muy brevemente el funcionamiento fisiológico del oído humano. El oído humano está compuesto por tres zonas: Oído externo, oído medio y oído interno. Estas zonas se aprecian en la figura 2:

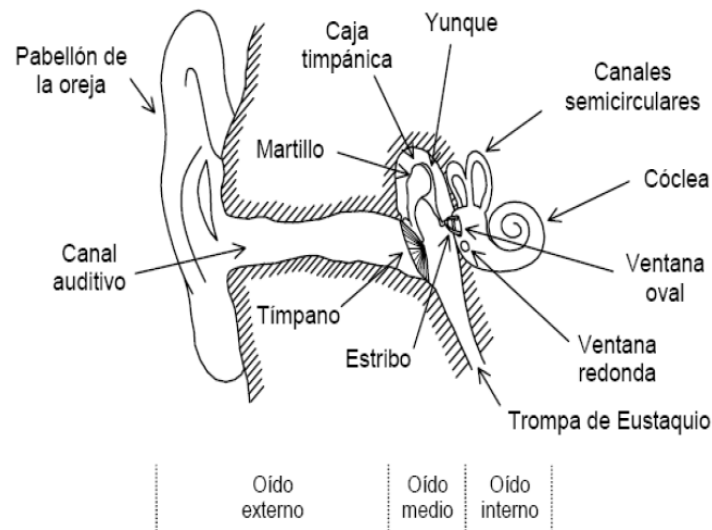


Fig.2. Corte transversal del oído derecho que muestra las divisiones del oído humano.

El funcionamiento básico del oído humano es tal que así [1]: Las variaciones de presión sonora que suceden en el exterior son captadas por el pabellón auditivo y conducidas hacia el interior por el canal auditivo. Esas variaciones de presión son convertidas en vibraciones en el tímpano. Las vibraciones son conducidas (y amplificadas) a través del martillo, el yunque y el estribo hacia la cóclea o caracol. En la cóclea existen unas células ciliares que son las que convierten las vibraciones en impulsos nerviosos que son transmitidos al cerebro, y es ahí donde se elabora la sensación acústica. A priori puede parecer que la trompa de Eustaquio no tiene ninguna función, pero eso no es así dado que se utiliza para equilibrar la presión a ambos lados del tímpano, permitiendo así que vibre libremente.

### II.3. Pérdida de Audición.

Es el efecto más estudiado del ruido. El ruido puede provocar fundamentalmente dos tipos de pérdida de audición [1]: La elevación del umbral auditivo y la pérdida total de audición por trauma acústico.

La elevación del umbral auditivo puede ser temporal (suele venir acompañado de una sensación de zumbido) o permanente. Básicamente es una disminución de la sensibilidad del oído (para tener la misma sensación de sonoridad que una persona otológicamente sana, el afectado necesita un mayor nivel de presión sonora). Es un efecto que suele ocurrir a frecuencias medias, de 2 a 5 kHz.

La pérdida total de audición por trauma acústico se suele dar cuando el afectado se ve expuesto a niveles elevados de ruido tipo impulsivo. Por ejemplo, niveles de más de 140 dBA generados por disparos. En la figura 3 se pueden observar las células ciliares de una cobaya sometida a un trauma

acústico (en la imagen de la izquierda vemos las células sanas y en la de la derecha las células destruidas por el trauma).

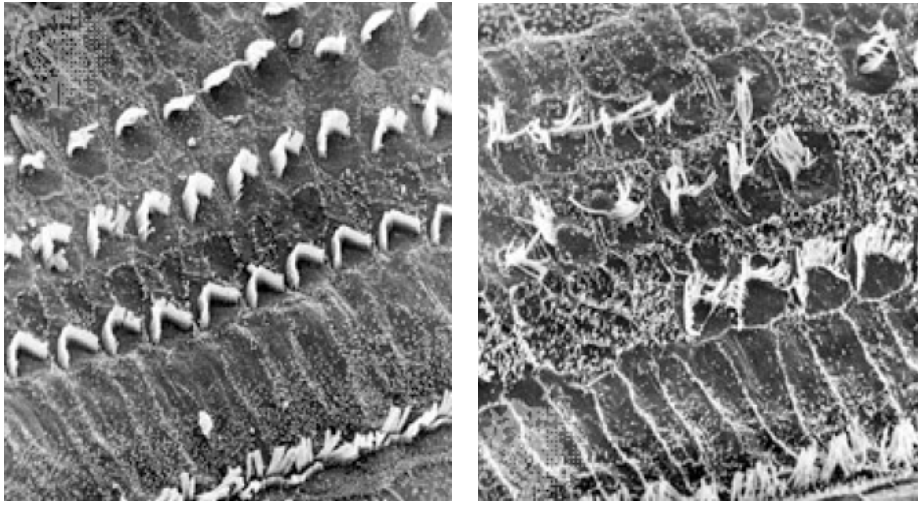


Fig.3. Células ciliares sanas y destruidas por un trauma acústico.

#### II.4. *Efectos cardiovasculares.*

Se ha demostrado mediante estudios clínicos que el estar expuesto a ruidos excesivos provoca un aumento de la presión arterial.

Este efecto es ciertamente perjudicial, porque el aumento de la presión arterial constituye un factor de riesgo para accidentes cardiovasculares como anginas de pecho. Además, provoca un envejecimiento prematuro.

#### II.5. *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.

El no respetar los periodos de sueño puede provocar alteraciones físicas (principalmente cardiovasculares) y además provoca problemas psicológicos como disminución del rendimiento intelectual, pérdida de atención, estrés, violencia y depresión. Si no se evita la exposición al ruido, estos trastornos pueden llegar a convertirse en crónicos.

#### II.6. *Conclusión.*

En la presente sección se ha podido observar que la exposición de los seres humanos a niveles excesivos de ruido puede llegar a representar un problema de salud. Es por ello que las diferentes administraciones crean normativas de protección frente al ruido.

En la siguiente sección se estudiará de forma resumida la normativa vigente de protección frente al ruido de la Generalitat Valenciana.



### III. Normativa sobre 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 [2], [3], [4]:

- 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 5 m/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. Dichos niveles se pueden observar en la tabla 1.

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

Tabla 1: 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 esta Tesina.
- 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.

#### IV. Configuración del sonómetro y selección de los puntos de medida.

En este punto se explicará cómo se ha configurado el sonómetro para medir, y en qué puntos se ha medido.

##### IV.1. Configuración del sonómetro.

Se dispone de un sonómetro *Bruel & Kjaer* modelo 2250 *Light*. 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 [5]. 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.
- Obtención de percentiles, para poder realizar el cálculo de incertidumbres posteriormente. En este caso se han obtenido los niveles percentiles  $L_1$ ,  $L_5$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$  y  $L_{99}$ .
- 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.

##### IV.2. Selección de los puntos de medida.

Se va a estudiar el impacto acústico de ciertos viales dentro del casco urbano de Gandía. Para el estudio de viales, lo más conveniente es situar los puntos de medida a lo largo del vial. Además, es interesante poner los puntos preferentemente en zigzag, de manera que se puede observar si existen diferencias significativas de ruido entre las dos aceras. Si existe una zona sensible, se ha procurado poner el punto de medida junto a ella.

Se han dividido las áreas de estudio en tres zonas:

- Zona 1: Avenida de Blasco Ibáñez. Esta avenida es una ronda de cuatro carriles (dos para cada sentido) situada en la parte norte de Gandía. Además, en esta avenida hay un Colegio de Educación Especial y un Colegio de Educación Primaria.
- Zona 2: Calle Pinet y Calle Meravelles. Esta ronda comunica Gandía de norte a sur. A su alrededor existen sobretodo zonas de viviendas residenciales y dos colegios.

- Zona 3: Barrio del Raval. Este barrio es de los que más tráfico soporta de la ciudad. Se estudiará la Avenida del Raval o Menéndez Pelayo (dos carriles con único sentido), la calle Lector Romero (un carril por cada sentido) y la Ronda de l'Anella (cuatro carriles, dos sentidos). Adicionalmente, en la parte central de la Avenida del Raval hay un colegio.

A continuación se pueden observar los planos de cada una de las zonas (extraídos con la herramienta gratuita *Google Maps*). En estos planos se puede observar la ubicación exacta de cada punto de medida, incluyendo en que acera está.

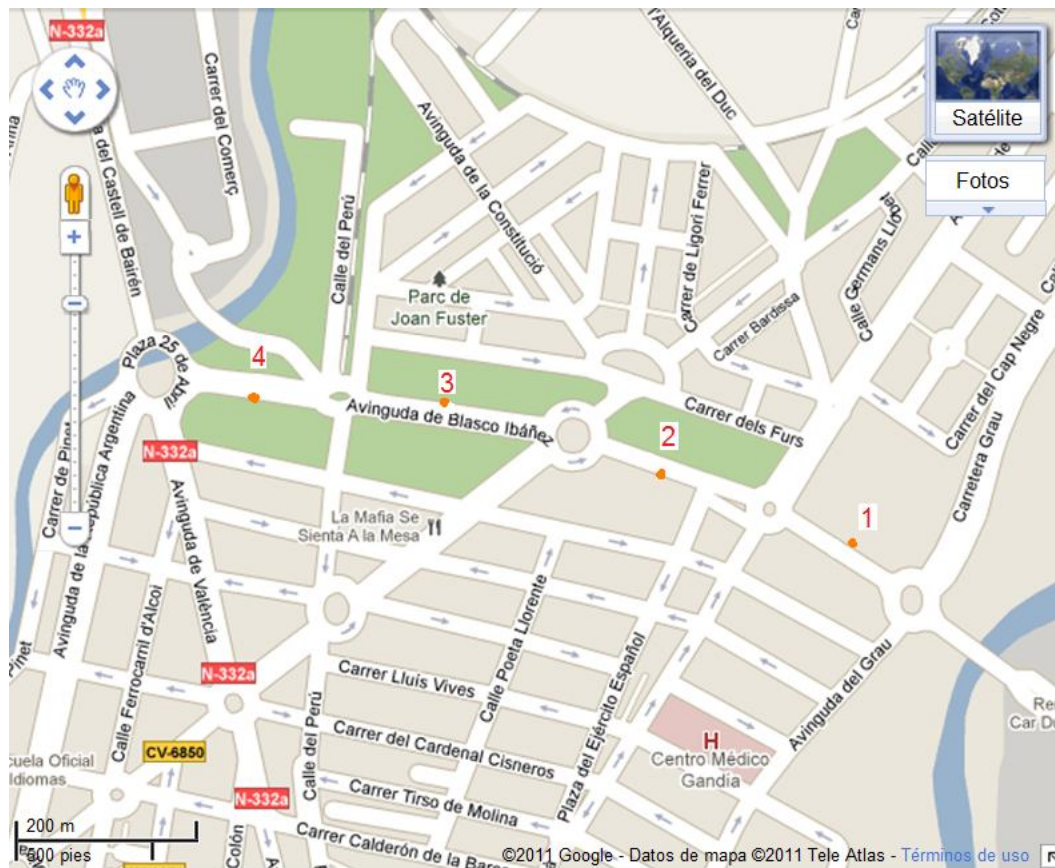


Fig.4. Plano de la Zona 1.



Fig.5. Plano de la Zona 2.

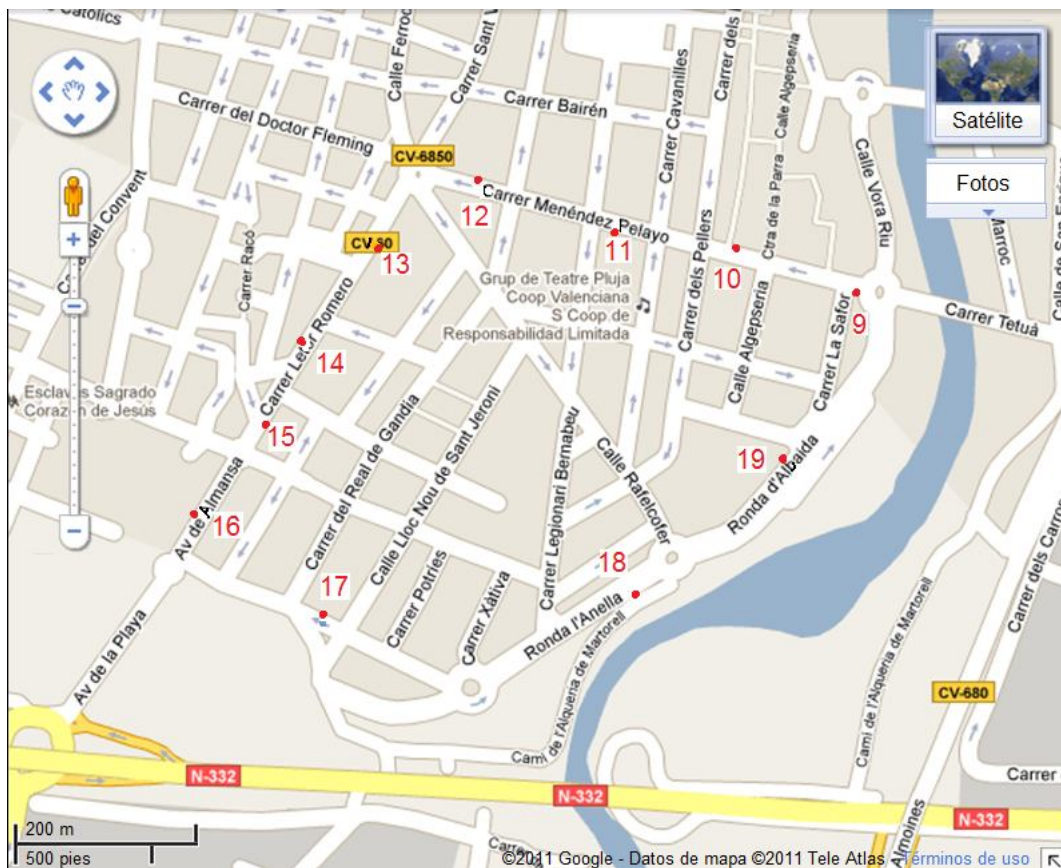


Fig.6. Plano de la Zona 3.

Básicamente, se ha procurado situar los puntos a una distancia unos de otros de aproximadamente 200 metros y en zigzag. No obstante, existen puntos que tienen particularidades interesantes. Los vemos a continuación.

- Punto 1: Se encuentra junto a un parque con afluencia de niños y personas mayores, sobre todo por las tardes. Además, enfrente está situado el colegio de educación especial.



Fig.7. Punto de medida 1 de día y de noche.

- Punto 2: Se encuentra junto a un solar que en este momento funciona como parking municipal público pero es edificable.



Fig.8. Punto de medida 2 de día y de noche.

- Punto 3: Se encuentra junto a un parque con afluencia de niños y personas mayores, sobre todo por las tardes. Además, en frente hay un colegio de primaria (el Botànic Cavanilles).



Fig.9. Punto de medida 3 de día y de noche.

- Punto 4: Está situado cerca del portal de un edificio de viviendas con poca acera. Además, este tramo confluye con la rotonda de la carretera de Valencia, que soporta un caudal de tráfico considerable.



Fig.10. Punto de medida 4 de día y de noche.

- Punto 5: Se sitúa junto a una de las rotondas de más tráfico de Gandía (la entrada desde Valencia). La acera en la que se mide es la más próxima a los edificios de viviendas.

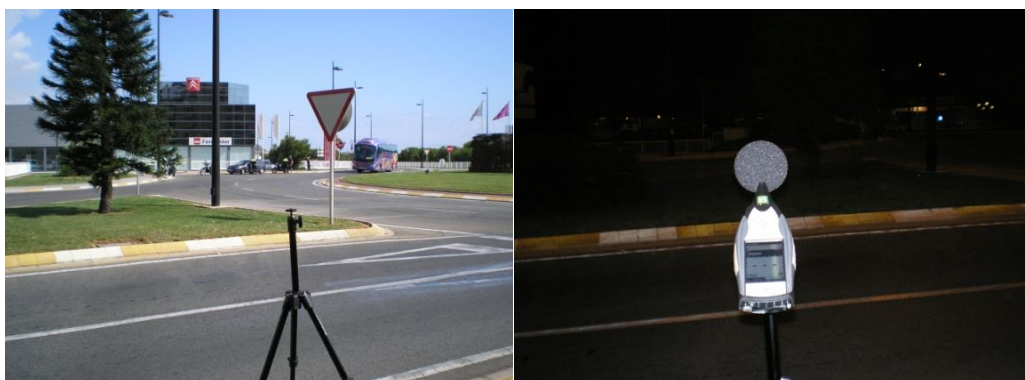


Fig.11. Punto de medida 5 de día y de noche.

- Punto 6: Se sitúa en la Calle Pinet, junto al patio del colegio de primaria Montdúver.



Fig. 12. Punto de medida 6 de día y de noche.

- Punto 7: Se sitúa en la Calle Meravelles, junto al patio y el aulario del colegio de primaria Joanot Martorell.



Fig. 13. Punto de medida 7 de día y de noche.

- Punto 8: Está situado en otra de las entradas de Gandía, la carretera CV-675. En este momento no existen viviendas en esa ubicación debido a que se han parado las obras, pero la zona ya ha sido urbanizada y está previsto construir a medio plazo.



Fig. 14. Punto de medida 8 de día y de noche.

- Punto 9: Se encuentra en el cruce de la Avenida del Raval con la Calle Safor. Aquí existe un bloque de viviendas que se encuentra a 1 metro de la Avenida del Raval, que soporta un elevado volumen de tráfico.





Fig.15. Punto de medida 9 de día y de noche.

- Punto 10: Se encuentra en el cruce de la Avenida del Raval con la Calle Sant Salvador. La calle Sant Salvador fue peatonalizada, entre otras razones, para reducir el nivel de ruido pero sigue teniendo una gran aportación de ruido procedente de la Avenida del Raval.



Fig.16. Punto de medida 10 de día y de noche.

- Punto 11: Se encuentra junto a un bloque de viviendas en el tramo central de la Avenida del Raval. Justo en frente está el colegio de primaria Sant Francesc de Borja.

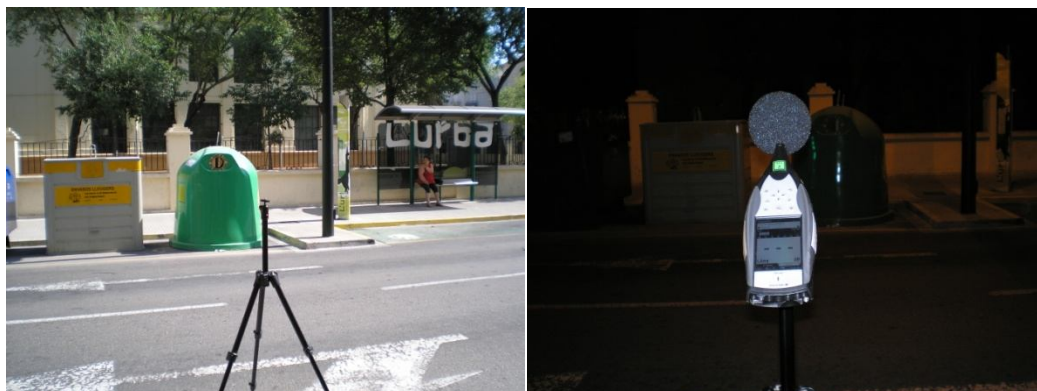


Fig.17. Punto de medida 11 de día y de noche.

- Punto 12: Se encuentra junto a un supermercado en el tramo final de la Avenida del Raval.



Fig.18. Punto de medida 12 de día y de noche.

- Punto 13: Se encuentra en el tramo final de la calle Lector Romero, junto a un edificio de viviendas. Cabe recordar que esta calle es de doble sentido y tiene muy poca acera, con lo que los vehículos pasan muy cerca de las viviendas.



Fig.19. Punto de medida 13 de día y de noche.

- Punto 14: Se encuentra en el tramo central de la calle Lector Romero, junto a un edificio de viviendas.



Fig.20. Punto de medida 14 de día y de noche.

- Punto 15: Se encuentra en el tramo inicial de la calle Lector Romero, junto a un edificio de viviendas.



Fig.21. Punto de medida 15 de día y de noche.

- Punto 16: Se sitúa en la Avenida de Almansa. Existen viviendas a ambos lados de la calle y soporta un elevado volumen de tráfico porque es otra de las entradas a Gandía (desde Albaida y Ollería).



Fig.22. Punto de medida 16 de día y de noche.

- Punto 17: Se encuentra en el tramo final de la Ronda de l'Anella. Es una zona poco construida en su parte sur pero está urbanizada y está previsto construir viviendas a medio plazo. De momento, soporta volúmenes de tráfico moderados, porque esta ronda no acaba de estar plenamente integrada en las costumbres de los conductores.



Fig.23. Punto de medida 17 de día y de noche.

- Punto 18: Se encuentra en el tramo central de la Ronda de l'Anella.



Fig.24. Punto de medida 18 de día y de noche.

- Punto 19: Se encuentra en el tramo inicial de la Ronda de l' Anella (también llamada en este tramo Ronda de Albaida).



Fig.25. Punto de medida 19 de día y de noche.

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 calcular posteriormente la incertidumbre de las medidas y poder realizar una simulación con el software *Predictor*. Se han contabilizado las motocicletas (incluyendo ciclomotores), los vehículos de turismo (incluyendo furgonetas pequeñas y medianas) y los vehículos pesados (furgonetas grandes y camiones). En el ANEXO I pueden observarse todas estas medidas tabuladas.

Las medidas de ruido obtenidas en estos 19 puntos se han registrado en la tabla 2.

Punto	LAeq diurno 1 (dBA)	LAeq diurno 2 (dBA)	LAeq diurno 3 (dBA)	LAeq promedio diurno (dBA)	LAeq nocturno 1 (dBA)	LAeq nocturno 2 (dBA)	LAeq nocturno 3 (dBA)	LAeq promedio nocturno (dBA)
Punto 1	72.3	72.2	70.4	71.7	64.5	69.3	69.1	68.1
Punto 2	72.0	71.8	69.5	71.2	59.6	67.4	65.1	65.0
Punto 3	70.1	69.2	70.2	69.8	58.0	63.5	63.6	62.4
Punto 4	67.9	70.8	68.5	69.3	55.5	64.2	62.2	61.9

Punto 5	67.7	67.9	66.0	67.2	57.0	63.8	62.2	61.8
Punto 6	59.4	66.2	64.2	64.0	52.1	55.2	57.3	55.3
Punto 7	61.4	69.3	62.2	65.8	45.3	57.8	61.4	58.2
Punto 8	64.0	64.3	66.1	64.9	46.6	58.5	59.2	57.2
Punto 9	66.4	66.3	68.3	67.1	59.8	58.3	59.8	59.3
Punto 10	67.9	76.0	70.7	72.8	62.7	61.1	66.4	64.0
Punto 11	69.4	70.0	69.0	69.5	63.0	62.2	65.9	64.0
Punto 12	70.4	70.2	68.0	69.7	63.4	68.7	64.7	66.2
Punto 13	71.4	70.7	70.6	70.9	62.4	66.2	65.4	65.0
Punto 14	70.2	73.8	69.8	71.6	64.3	65.7	62.5	64.4
Punto 15	71.9	70.6	70.3	71.0	62.4	61.8	61.3	61.9
Punto 16	70.6	75.4	72.3	73.2	65.8	62.0	63.8	64.1
Punto 17	58.8	61.1	59.4	59.9	51.8	54.6	51.0	52.8
Punto 18	61.5	67.4	64.1	65.0	55.9	57.3	55.9	56.4
Punto 19	65.9	66.7	68.0	67.0	63.0	61.4	60.2	61.7

Tabla 2: Resultados de las medidas in situ.

No obstante, se debe tener en cuenta que el resultado de estas medidas, aunque por lo general superan ampliamente los niveles de la normativa, no es directamente válido. Esto es así porque los niveles que se han medido no son exactos. Existe una cierta incertidumbre en la medida que afecta al resultado final. Para obtener medidas comparables con los valores de la normativa se debe calcular la incertidumbre de medición expandida, tal como se muestra en la sección V.

## V. Incertidumbre asociada a las medidas in situ.

Evaluaremos la incertidumbre de los resultados de las medidas siguiendo las directrices impuestas por la norma UNE EN ISO 1996-2. Esta norma nos indica que la incertidumbre asociada a medidas in situ depende de los siguientes factores [6]:

- La fuente de sonido.
- El intervalo de tiempo que dura la medida.
- Las condiciones meteorológicas y del suelo.
- La distancia entre la fuente y el receptor.
- El método de medida.
- La instrumentación utilizada.
- El ruido residual.

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

La tabla 3 muestra las incertidumbres concretas que tenemos que considerar para hallar la incertidumbre en la medida de niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A:

Incertidumbre típica debida a la instrumentación: W(dB)	Incertidumbre típica debida a las condiciones de funcionamiento: X(dB)	Incertidumbre típica debida a las condiciones meteorológicas y del terreno: Y(dB)	Incertidumbre típica debida al sonido residual: Z(dB)	Incertidumbre típica combinada: $\sigma_t = \sqrt{W^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$	Incertidumbre de medición expandida: $\pm 2.0 \sigma_t$
---	--	---	---	--	---

Tabla 3. Incertidumbre en la medida del LAeq según la norma ISO 1996-2.

Aquí se tendrá en cuenta únicamente las siguientes condiciones (téngase en cuenta que se ha cambiado la nomenclatura para identificar más fácilmente los factores que intervienen):

- Debida al sonómetro:  $u_{\text{sonómetro}}$
- Debida a las condiciones de operación:  $u_{\text{cond\_operación}}$
- Debida a las condiciones climáticas y del suelo:  $u_{\text{clima y suelo}}$
- Debido al sonido residual:  $u_{\text{residual}}$

De modo que la incertidumbre asociada a las mediciones del nivel equivalente en el estado pre-operacional se calcula como:

$$u(L_{\text{Aeq,T}}) = \sqrt{(1 \cdot u_{\text{sonómetro}})^2 + (1 \cdot u_{\text{cond\_operación}})^2 + (1 \cdot u_{\text{clima y suelo}})^2 + (C_{\text{residual}} \cdot u_{\text{residual}})^2} \quad (1)$$

Donde todos los coeficientes de sensibilidad son igual a la unidad excepto el correspondiente al nivel de ruido residual, cuyo cálculo se verá más adelante.

### V.1. Incertidumbre asociada a la instrumentación.

Es el resultado de una serie de incertidumbres relacionadas con las características técnicas del sonómetro.

$$u_{\text{sonometro}}(L_{\text{Aeq,T}}) = u_{\text{PFE}} + u_{\text{PFA}} + u_{\text{LS}} + u_{\text{RMS}} + u_{\text{PT}} + u_{\text{CA}} + u_{\text{CC}} + u_{\text{ES}} + u_{\text{TS}} + u_{\text{PS}} \quad (2)$$

A continuación se va a explicar que significa cada uno de los términos de la ecuación anterior.

$u_{\text{PFE}}$ : Incertidumbre asociada a la corrección de calibración eléctrica del nivel de presión sonora con ponderación A ( $\delta\text{PFE}$ ). Declarada en el certificado de calibración del sonómetro por el laboratorio para esta prueba.

$$u_{\text{PFE}} = \frac{U_E}{k_n} = \frac{\pm 0.15}{2} = \pm 0.075 \text{ dB} \quad (3)$$

Donde  $k_n = 2$ , considerando una probabilidad de encontrar el verdadero valor de la magnitud en el intervalo señalado por la incertidumbre ampliada del 95.445%. Y donde  $U_E$  es igual a 0.15 (incertidumbre expandida certificada).

$u_{\text{PFA}}$ : Incertidumbre asociada a la corrección de calibración acústica del nivel de presión sonora con ponderación A ( $\delta\text{PFA}$ ). Declarada en el certificado de calibración del sonómetro.

$$u_{\text{PFA}} = \frac{U_A}{k_n} = \frac{\pm 0.15}{2} = \pm 0.075 \text{ dB} \quad (4)$$

Donde  $k_n = 2$ , considerando una probabilidad de encontrar el verdadero valor de la magnitud en el intervalo señalado por la incertidumbre ampliada del 95.445%. Y donde  $U_A$  es igual a 0.15 (incertidumbre expandida certificada).

$u_{\text{LS}}$ : Incertidumbre de la corrección asociada con la linealidad del sonómetro en su rango de referencia ( $\delta\text{LS}$ ). Es la desviación típica de todos los valores de linealidad.

$$u_{\text{LS}} = \sigma_L = 0.021 \text{ dB} \quad (5)$$

$u_{\text{RMS}}$ : Incertidumbre de la corrección asociada con el detector RMS del sonómetro evaluada eléctricamente ( $\delta\text{RMS}$ ). Es la desviación típica de las desviaciones a la característica ideal del detector.

$$u_{\text{RMS}} = \sigma_R = 0.055 \text{ dB} \quad (6)$$

$u_{\text{PT}}$ : Incertidumbre de la corrección asociada con la función de ponderación temporal ( $\delta\text{PT}$ ). Se supone una distribución uniforme de los posibles valores de la incertidumbre en el intervalo determinado por la desviación máxima obtenida ( $\Delta_{\text{PT}} = 0,1$ ):

$$u_{\text{PT}} (\text{fast o slow}) = \frac{\Delta_{\text{PT}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.0577 \text{ dB} \quad (7)$$

$u_{\text{CA}}$ : Incertidumbre correspondiente a la corrección asociada con el ajuste inicial del sonómetro utilizando un calibrador acústico ( $\delta\text{CA}$ ). La incertidumbre se debe a la propia resolución del sonómetro.

$$u_{\text{CA}} = \frac{E_S}{2\sqrt{3}} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.0288 \quad (8)$$

Donde  $E_S$  es igual a 0.1, que es la resolución del sonómetro (es el dígito menos significativo cuando se representan los resultados).

$u_{CC}$ : Incertidumbre correspondiente a la corrección de utilización del calibrador acústico sobre su valor certificado ( $\delta CC$ ), es decir, asociada a la incertidumbre de uso del calibrador.

$$u_{CC} = \frac{U_C}{k_n} = \frac{0.11}{2} = 0.055 \text{ dB} \quad (9)$$

Donde  $k_n = 2$ , considerando una probabilidad de encontrar el verdadero valor de la magnitud en el intervalo señalado por la incertidumbre ampliada del 95.445%. Y donde  $U_A$  es igual a 0.11 (incertidumbre expandida del calibrador).

$u_{ES}$ : Incertidumbre correspondiente a la corrección asociada a la resolución finita del valor de la indicación del sonómetro ( $\delta ES$ ). Dado que la indicación del sonómetro es de tipo digital, la componente de incertidumbre es:

$$u_{ES} = \frac{E_S}{2\sqrt{3}} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.00288 \quad (10)$$

Donde  $E_S$  es igual a 0.01, que es la resolución finita digital del sonómetro.

$u_{TS}$ : Incertidumbre correspondiente a la corrección asociada con la influencia de las variaciones de temperatura ( $\delta TS$ ).

$$u_{TS} = \frac{\alpha_M(23^\circ\text{C} - T_M)}{\sqrt{3}} = \frac{0.015(23^\circ\text{C} - T_M)}{\sqrt{3}} \quad (11)$$

Donde  $\alpha_M = 0.015$  es el coeficiente de variación con la temperatura. Y  $T_M$  es la temperatura en grados Celsius en el momento de la medición.

$u_{PS}$ : Incertidumbre correspondiente a la corrección asociada con la influencia de las variaciones de presión atmosférica ( $\delta PS$ ).

$$u_{PS} = \frac{\gamma_M(1013 - P_M)}{\sqrt{3}} = \frac{0.019(1013 - P_M)}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

Donde  $\gamma_M = 0.019$  es el coeficiente de variación con la presión, ponderado en frecuencia. Y  $P_M$  es la presión atmosférica en mBar el momento de la medición (por lo tanto, la incertidumbre variará de una medida a otra).

Entonces, podemos decir que la incertidumbre asociada al sonómetro es:

$$u_{\text{sonometro}}(L_{Aeq,T}) = u_{PFE} + u_{PFA} + u_{LS} + u_{RMS} + u_{PT} + u_{CA} + u_{CC} + u_{ES} + u_{TS} + u_{PS} \quad (13)$$

$$u_{\text{sonometro}}(L_{Aeq,T}) = 0.075 + 0.075 + 0.021 + 0.055 + 0.057 + 0.028 + 0.055 + 0.03 + u_{TS} + u_{PS}$$

Vemos que será necesario crear una hoja de cálculo para poder calcular las incertidumbres de la gran cantidad de medidas de las que se dispone. El resultado es el siguiente:

Punto	Incertidumbre periodo diurno (dBA)	Incertidumbre periodo nocturno (dBA)
Punto 1	0.29	0.33
Punto 2	0.27	0.33
Punto 3	0.27	0.33
Punto 4	0.28	0.32



Punto 5	0.28	0.33
Punto 6	0.29	0.33
Punto 7	0.29	0.33
Punto 8	0.30	0.33
Punto 9	0.30	0.33
Punto 10	0.31	0.33
Punto 11	0.31	0.33
Punto 12	0.31	0.35
Punto 13	0.32	0.34
Punto 14	0.31	0.34
Punto 15	0.31	0.34
Punto 16	0.31	0.34
Punto 17	0.32	0.34
Punto 18	0.32	0.34
Punto 19	0.33	0.34

Tabla 4. Incertidumbre asociada a la instrumentación, valores diurnos y nocturnos

### V.2. Incertidumbre asociada a las condiciones de clima y suelo.

Se tiene en cuenta la consideración recogida en la norma ISO 1996-2:2003, según la cual, cuando toda la superficie del terreno entre la fuente y la posición de medición sea dura, podemos estimar esta incertidumbre como  $\sigma_m = 0.5$  dB.

Entonces podemos calcular la incertidumbre asociada a las condiciones del clima y del suelo del modo siguiente:

$$u_{\text{clima y suelo}}(L_{Aeq,T}) = \sigma_m = 0.5 \text{ dB} \quad (14)$$

Esta incertidumbre es la misma para todos los puntos de medida, independientemente de que nos encontremos en periodo diurno o nocturno, tal como queda reflejado en la tabla 5.

Punto	Incertidumbre periodo diurno (dBA)	Incertidumbre periodo nocturno (dBA)
Punto 1	0.50	0.50
Punto 2	0.50	0.50
Punto 3	0.50	0.50
Punto 4	0.50	0.50

Punto 5	0.50	0.50
Punto 6	0.50	0.50
Punto 7	0.50	0.50
Punto 8	0.50	0.50
Punto 9	0.50	0.50
Punto 10	0.50	0.50
Punto 11	0.50	0.50
Punto 12	0.50	0.50
Punto 13	0.50	0.50
Punto 14	0.50	0.50
Punto 15	0.50	0.50
Punto 16	0.50	0.50
Punto 17	0.50	0.50
Punto 18	0.50	0.50
Punto 19	0.50	0.50

Tabla 5. Incertidumbre asociada las condiciones de clima y suelo, valores diurnos y nocturnos

### V.3. Incertidumbre asociada a las condiciones de operación.

Se han tomado seis medidas en cada punto (tres de día y tres de noche). El procedimiento empleado para tomarlas, el instrumento y el operador han sido siempre los mismos. Para tráfico rodado, podemos calcular la incertidumbre asociada a las condiciones de operación del siguiente modo:

$$u_{\text{cond\_operación}}(L_{\text{Aeq,T}}) = \frac{10}{\sqrt{n}} \text{ dB} \quad (15)$$

Donde n es el número de vehículos que pasan en una hora, referido a tráfico mixto. En la tabla 6 se muestra la incertidumbre debida a la causas de operación para cada punto tanto en periodo diurno como nocturno.

Punto	Incertidumbre periodo diurno (dBA)	Incertidumbre periodo nocturno (dBA)
Punto 1	0.23	0.43
Punto 2	0.25	0.50
Punto 3	0.28	0.71
Punto 4	0.32	0.71
Punto 5	0.37	0.60

Punto 6	0.68	1.18
Punto 7	0.60	1.23
Punto 8	0.54	1.09
Punto 9	0.41	0.91
Punto 10	0.39	0.73
Punto 11	0.40	0.87
Punto 12	0.39	0.79
Punto 13	0.38	0.72
Punto 14	0.37	0.76
Punto 15	0.38	0.82
Punto 16	0.26	0.72
Punto 17	0.73	0.94
Punto 18	0.51	1.09
Punto 19	0.38	0.75

Tabla.6. Incertidumbre asociada a las condiciones de operación, valores diurnos y nocturnos

#### V.4. Incertidumbre asociada al ruido residual.

La incertidumbre asociada al ruido residual depende principalmente del parámetro medido ( $L_{Aeq}$ ) y de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual.

Como no hemos tomado mediciones de ruido de fondo en cada una de las posiciones (porque no es posible hacerlo) estimamos el valor de ruido de fondo, o residual, tomando el percentil más alto de las medidas LA95.

El nivel sonoro residual influye en la medición del nivel sonoro específico de modo que el nivel de sonido específico es el nivel sonoro total corregido con el nivel sonoro residual, calculado según las siguientes condiciones:

- Si  $L_{medido} - L_{residual} > 10$  dB  $\rightarrow L_{corregido} = L_{medido}$  (en este caso no hay corrección).
- Si  $3$  dB  $< L_{medido} - L_{residual} < 10$  dB  $\rightarrow L_{corregido} = 10 \log \left( 10^{\frac{L_{medido}}{10}} - 10^{\frac{L_{residual}}{10}} \right)$  (16)
- Si  $L_{medido} - L_{residual} < 3$  dB  $\rightarrow$  No se puede corregir. Se debe indicar en los resultados.

La incertidumbre del nivel sonoro residual,  $u_{residual}$ , se calcula en función de la incertidumbre del nivel sonoro específico,  $\sigma_s$ , y el nivel total medido actual,  $\sigma_0$ :

$$u_{residual}(L_{Aeq,T}) = \sqrt{\sigma_s^2 - \sigma_0^2} \quad (17)$$

El coeficiente de sensibilidad del sonido residual se expresa:

$$(18)$$

$$C_{\text{residual}} = \frac{10^{\frac{L_{\text{residual}}}{10}}}{10^{\frac{L_{\text{total}}}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{residual}}}{10}}}$$

Se han tabulado los valores de  $U_{\text{residual}}$  y  $C_{\text{residual}}$  de cada punto, tanto en periodo diurno como en periodo nocturno. Se pueden observar en la tabla 7.

Punto	$U_{\text{residual}}$ diurno (dBA)	$C_{\text{residual}}$ diurno (dBA)	$U_{\text{residual}}$ nocturno (dBA)	$C_{\text{residual}}$ nocturno (dBA)
Punto 1	0.00	0.14	0.00	0.04
Punto 2	0.00	0.10	0.00	0.02
Punto 3	0.00	0.06	0.00	0.02
Punto 4	0.98	0.12	0.00	0.07
Punto 5	1.04	0.42	0.00	0.07
Punto 6	0.00	0.07	0.00	0.03
Punto 7	0.00	0.05	0.00	0.08
Punto 8	0.00	0.02	0.00	0.04
Punto 9	0.74	0.16	0.00	0.02
Punto 10	0.00	0.03	0.00	0.02
Punto 11	0.00	0.03	0.00	0.01
Punto 12	0.00	0.06	0.00	0.01
Punto 13	0.00	0.06	0.00	0.02
Punto 14	0.00	0.02	0.00	0.01
Punto 15	0.00	0.09	0.00	0.01
Punto 16	0.00	0.10	0.00	0.01
Punto 17	0.00	0.13	1.23	0.19
Punto 18	0.00	0.08	0.00	0.08
Punto 19	0.00	0.06	0.00	0.03

Tabla.7. Incertidumbre asociada al ruido residual, valores diurnos y nocturnos

#### V.5. Cálculo de la incertidumbre de medición expandida.

A partir de todos los datos de las incertidumbres parciales, se puede calcular la incertidumbre de medición expandida, tal como se había visto en la parte inicial de esta sección:

$$u(L_{\text{Aeq,T}}) = \sqrt{(1 \cdot u_{\text{sonómetro}})^2 + (1 \cdot u_{\text{cond_operación}})^2 + (1 \cdot u_{\text{clima y suelo}})^2 + (C_{\text{residual}} \cdot U_{\text{residual}})^2} \quad (1)$$

Y la incertidumbre de medición expandida se calcula como:

$$\text{Incertidumbre de medición expandida} = 2 \cdot u(L_{\text{Aeq},T})$$

Las medidas de campo junto a la incertidumbre de medición expandida se encuentran tabuladas a continuación (tabla 8) para cada uno de los puntos en horario diurno y nocturno. Esta tabla ya puede ser comparada directamente con los valores límite de la Generalitat Valenciana, pero en este caso se prefiere una comparación global incluyendo valores de simulación, que se realiza posteriormente.

Punto	LAeq diurno (dBA)	LAeq nocturno (dBA)
Punto 1	71.7 ± 1.2	68.1 ± 1.4
Punto 2	71.2 ± 1.2	65.0 ± 1.6
Punto 3	69.8 ± 1.3	62.4 ± 1.9
Punto 4	69.3 ± 1.3	61.9 ± 1.9
Punto 5	67.2 ± 1.6	61.8 ± 1.7
Punto 6	64.0 ± 1.8	55.3 ± 2.6
Punto 7	65.8 ± 1.7	58.2 ± 2.7
Punto 8	64.9 ± 1.6	57.2 ± 2.5
Punto 9	67.1 ± 1.4	59.3 ± 2.2
Punto 10	72.8 ± 1.4	64.0 ± 1.9
Punto 11	69.5 ± 1.4	64.0 ± 2.1
Punto 12	69.7 ± 1.4	66.2 ± 2.0
Punto 13	70.9 ± 1.4	65.0 ± 1.9
Punto 14	71.6 ± 1.4	64.4 ± 1.9
Punto 15	71.0 ± 1.4	61.9 ± 2.0
Punto 16	73.2 ± 1.3	64.1 ± 1.9
Punto 17	59.9 ± 1.9	52.8 ± 2.3
Punto 18	65.0 ± 1.6	56.4 ± 2.5
Punto 19	67.0 ± 1.4	61.7 ± 1.9

Tabla.8. Medidas de campo junto a su incertidumbre expandida.

Se puede observar que la incertidumbre es mayor generalmente en el periodo nocturno, principalmente esto es debido a que la incertidumbre asociada a las condiciones de operación aumenta en gran medida por las noches porque el número de vehículos que pasa es menor.

De cualquier manera, los niveles de incertidumbre tanto de día como de noche son aceptables porque son suficientemente pequeños respecto al valor de la medida, lo cual ya nos permite establecer una comparativa con los valores límite que establece la normativa, tal como se verá en la sección VII.

## VI. Simulación de las zonas de interés mediante el software *Predictor*

Las tres zonas de interés se han modelado y simulado con el software *Predictor* del fabricante B & K. El objetivo de esta simulación es observar si las medidas experimentales coinciden de forma razonable con las medidas reales. Si los resultados se ajustan bastante a la realidad, la simulación puede servir para aproximar los niveles de ruido en puntos exactos donde no se ha medido por no poder situar un gran número de puntos de medida. Esto es útil de cara a futuros trabajos porque se puede reducir el tiempo invertido en las medidas de campo.

Este software necesita una serie de parámetros de entrada que son críticos para el resultado de la simulación, es por ello que deben ser lo más exactos posible. Estos parámetros son:

- La cartografía de entrada. Al software *Predictor* se le debe proporcionar una cartografía del área de estudio de escala conocida. Sobre esa cartografía se dibujarán todos los elementos que integran el entorno. En este caso, por cuestiones de exactitud, se ha tomado como cartografía de entrada la planta de Gandía que se describe en el Plan General de Ordenación Urbana.
- Las características de los edificios desde el punto de vista acústico (coeficientes de absorción y reflexión en función de la frecuencia). En este caso se ha optado por utilizar los valores por defecto que vienen en *Predictor*.
- Características acústicas de los suelos. Hay que distinguir 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).
- Caudal de tráfico en las vías estudiadas. Este dato se ha obtenido contando manualmente los vehículos que pasan en un intervalo de tiempo. Estos datos se encuentran en el ANEXO I.
- Las alturas de los edificios. Se han calculado con la ayuda del Plan General de Ordenación Urbana de Gandía. Este parámetro es el menos crítico de los citados en este apartado. Una desviación de unos 3 metros respecto a la realidad no suele tener consecuencias sobre el resultado final, siempre que las fincas sean suficientemente altas (a partir de 9 metros).

Cuando ya se dispone de estos datos, se puede construir el área de estudio situando los edificios, los viales, los terrenos y los puntos de medida (receptores) sobre la cartografía. Se puede deducir que si la cartografía no es correcta, los resultados no tendrán ninguna validez, ya que la escala será errónea y los resultados se calcularán para un modelo deformado que no tiene nada que ver con la realidad.

Las tres figuras siguientes muestran las tres zonas de estudio realizadas con *Predictor* en 3D. Los edificios son de color gris, los viales de color rojo, los solares y parques son de color verde

oscuro y los puntos de medida (receptores) son de color negro [7]. Los puntos de color gris que se encuentran en el suelo son los puntos de la rejilla de cálculo de *Predictor*.

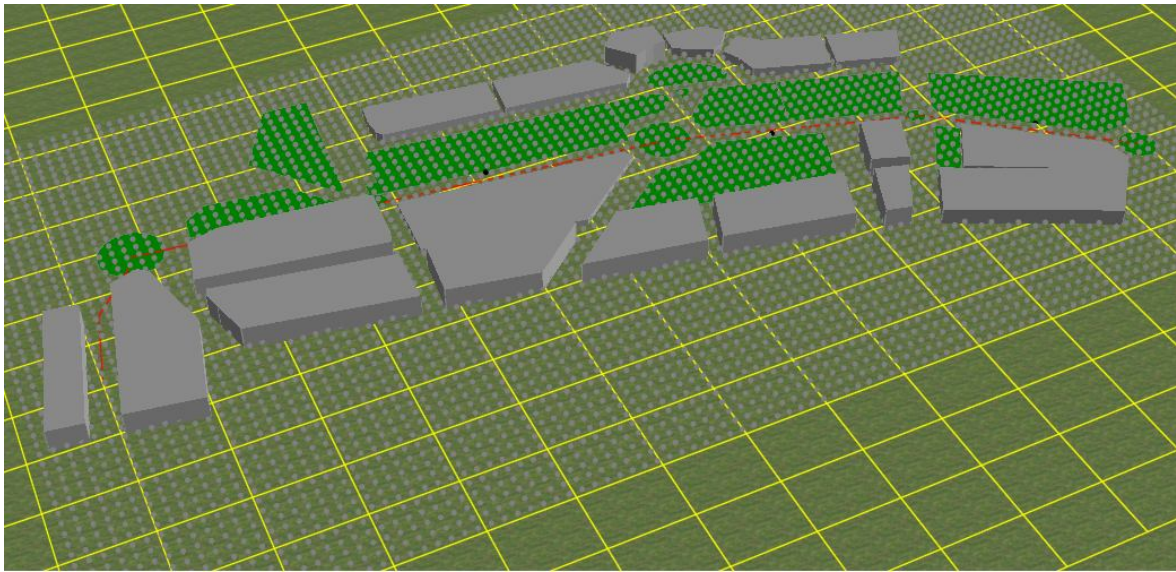


Fig.26. Zona 1 en 3D creada con *Predictor*.

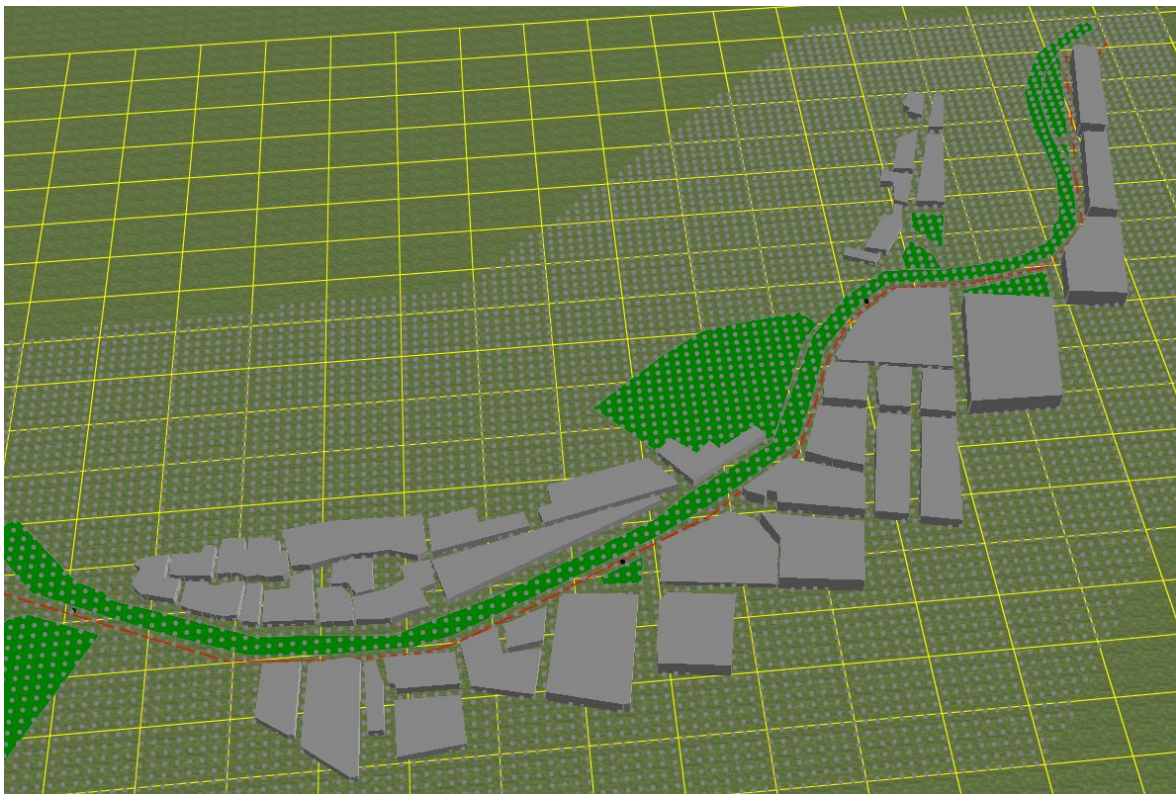


Fig.27. Zona 2 en 3D creada con *Predictor*.



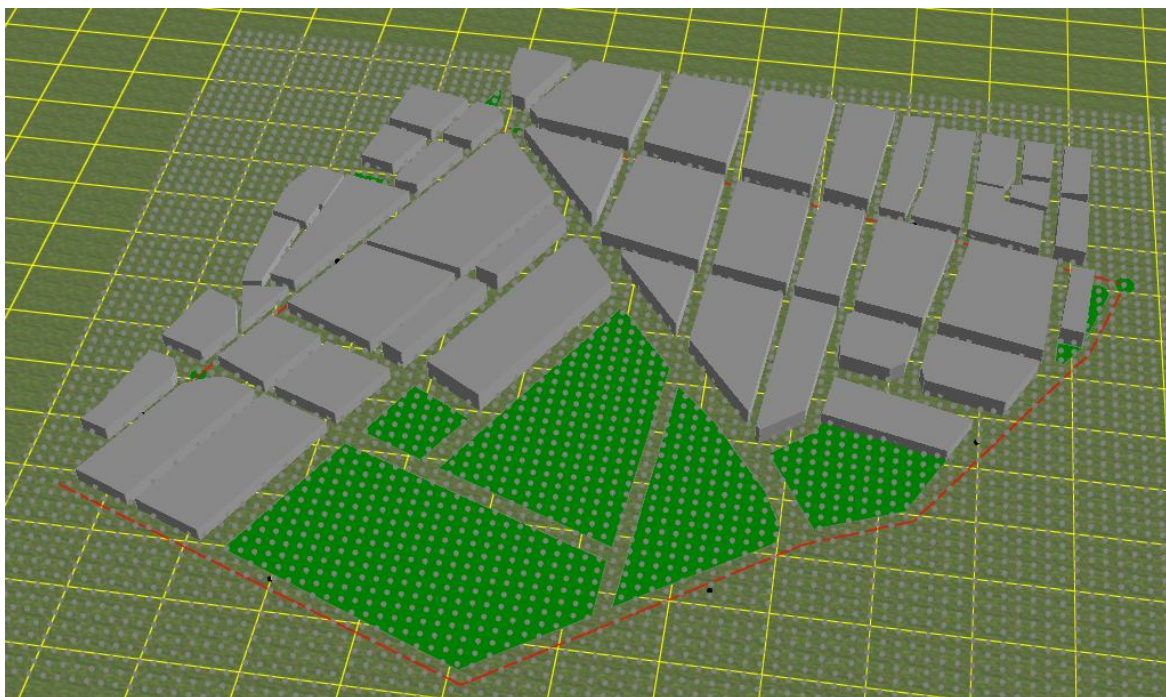


Fig.28. Zona 3 en 3D creada con *Predictor*.

En las siguientes sub-secciones se van a estudiar los resultados de la simulación para cada zona, tanto de día como de noche.

#### VI.1. Estudio de la zona 1 con *Predictor*

En esta sub-sección se presentan los resultados para la zona 1 obtenidos de las simulaciones de *Predictor*. Los resultados se muestran en forma de mapa 2D diurno y nocturno con contornos que indican el nivel de ruido en función de su color. Los colores de los elementos (edificios, carreteras, etc) son los mismos que en las figuras 3D que se han visto con anterioridad.

La figura 29 muestra el mapa de ruido para la zona 1 en horario diurno. En la leyenda se puede observar que niveles corresponden a los colores. Como es natural, los niveles más elevados de ruido se registran en la calzada donde pasan los vehículos, sobretodo en el tramo más a la derecha, que es el que más tráfico soporta. Además, el ruido se atenúa de forma importante al llegar a las barreras que suponen las primeras filas de edificios.

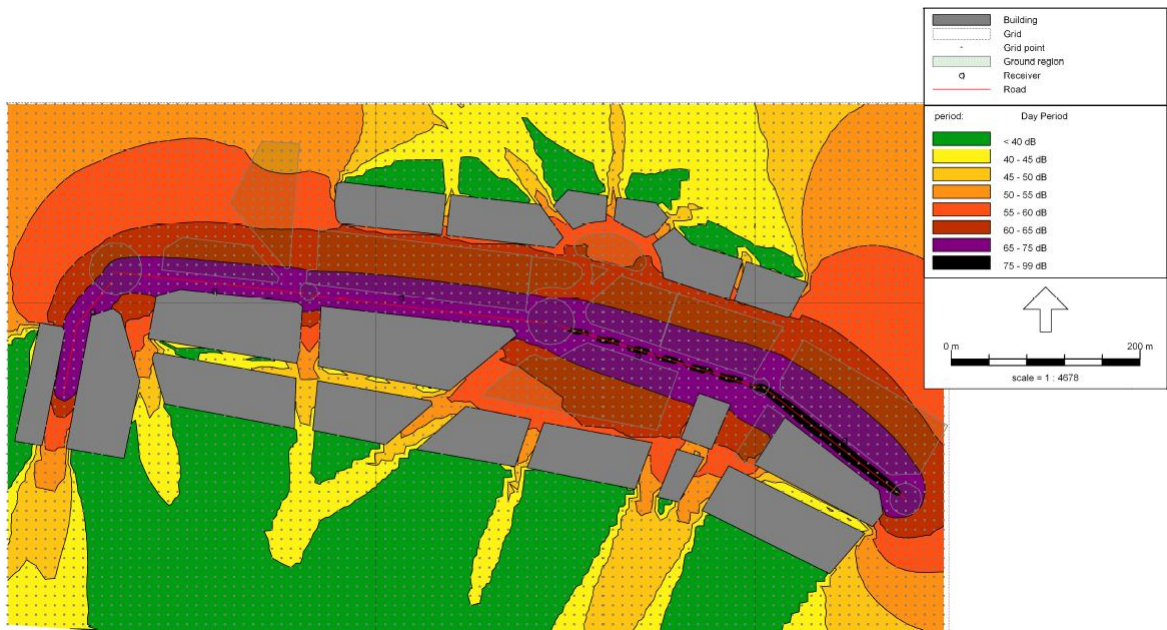


Fig.29. Zona 1, resultados de la simulación con *Predictor* en horario diurno.

La figura 30 muestra el mapa de ruido para la zona 1 en horario nocturno. En la leyenda se puede observar que niveles corresponden a los colores. También se observa que los niveles de ruido nocturno son más bajos que los diurnos, debido a que el tráfico se reduce considerablemente.

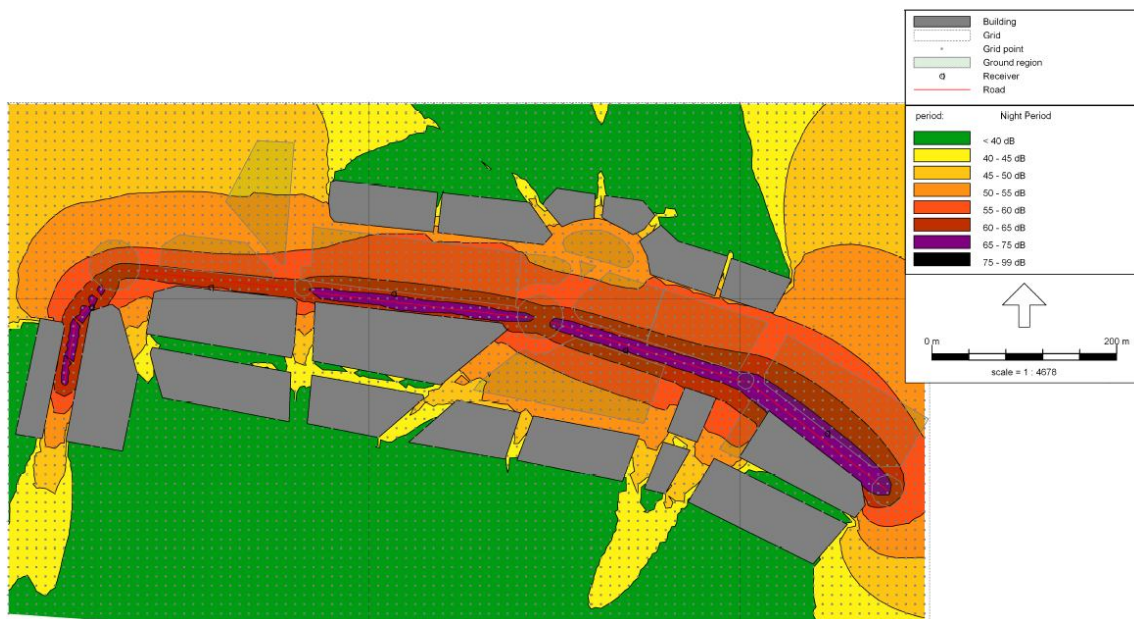


Fig.30. Zona 1, resultados de la simulación con *Predictor* en horario nocturno.

Finalmente, vemos a continuación los resultados simulados para cada punto de medida (receptor) de esta zona (1) en la tabla 9. En la tabla se ha incluido el punto 5, que realmente no pertenece a esta zona, pero se ha hecho para poder observarlo con una escala mejor.

Punto	LAeq diurno (dBA)	LAeq nocturno (dBA)
-------	-------------------	---------------------

Punto 1	73.8	68.2
Punto 2	74.3	66.3
Punto 3	70.9	64.2
Punto 4	70.1	60.6
Punto 5	71.3	66.8

Tabla 9: Resultados *Predictor* para la zona 1.

VI.2. Estudio de la zona 2 con *Predictor*

En esta sub-sección se presentan los resultados para la zona 2 obtenidos de las simulaciones de *Predictor*. Los resultados se muestran en forma de mapa 2D diurno y nocturno con contornos que indican el nivel de ruido en función de su color. Los colores de los elementos (edificios, carreteras, etc) son los mismos que en las figuras 3D que se han visto con anterioridad.

La figura 31 muestra el mapa de ruido para la zona 2 en horario diurno. En la leyenda se puede observar que niveles corresponden a los colores. Los niveles no son demasiado bajos, aunque esta zona es más tranquila en cuanto a tráfico. Esto es debido a que las viviendas están pegadas a la calle y al barranco.

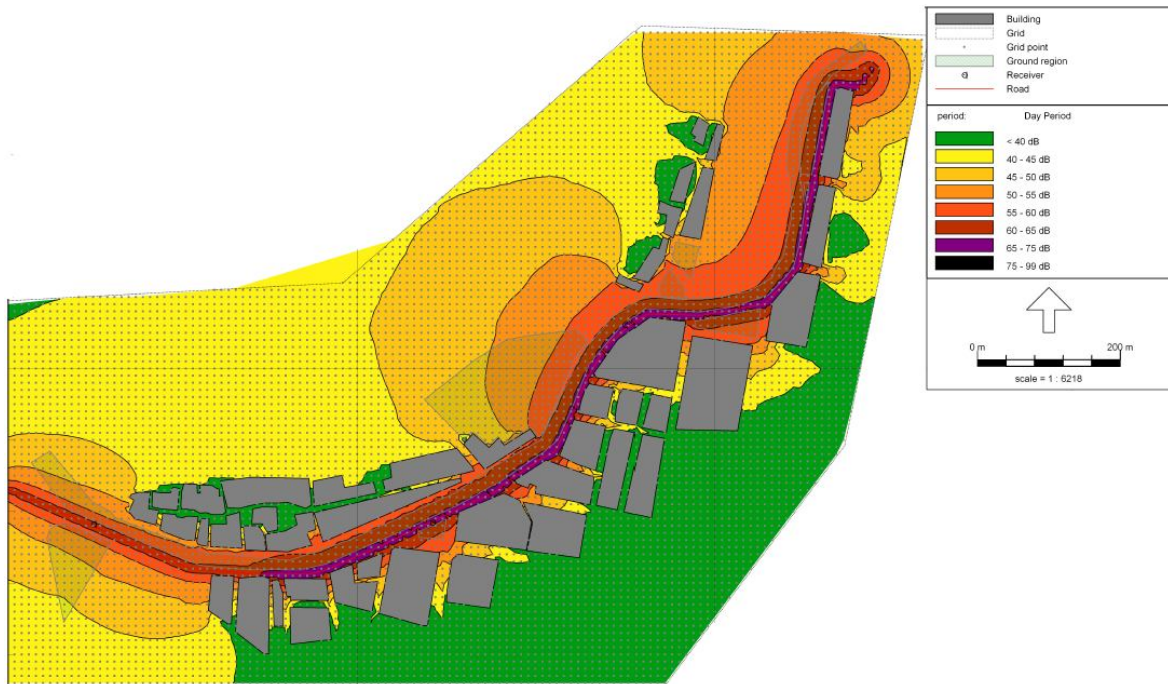


Fig.31. Zona 2, resultados de la simulación con *Predictor* en horario diurno.

La figura 32 muestra el mapa de ruido para la zona 2 en horario nocturno. En la leyenda se puede observar que niveles corresponden a los colores. El nivel de ruido nocturno sigue siendo elevado.



Fig.32. Zona 2, resultados de la simulación con *Predictor* en horario nocturno.

Finalmente, vemos a continuación los resultados simulados para cada punto de medida (receptor) de esta zona (2) en la tabla 10. Se puede observar que el punto 5, no se representa en esta tabla. Esto es así, porque a efectos de simulación ha sido incluido en la zona 1 para poder observar la figura con mejor escala.

Punto	LAeq diurno (dBA)	LAeq nocturno (dBA)
Punto 6	66.9	61.1
Punto 7	69.2	63.4
Punto 8	63.0	57.2

Tabla 10: Resultados *Predictor* para la zona 2.

### VI.3. Estudio de la zona 3 con *Predictor*

En esta sub-sección se presentan los resultados para la zona 3 obtenidos de las simulaciones de *Predictor*. Los resultados se muestran en forma de mapa 2D diurno y nocturno con contornos que indican el nivel de ruido en función de su color. Los colores de los elementos (edificios, carreteras, etc) son los mismos que en las figuras 3D que se han visto con anterioridad.

La figura 33 muestra el mapa de ruido para la zona 3 en horario diurno. En la leyenda se puede observar que niveles corresponden a los colores. Realmente es una zona con mucho tráfico y con calles por lo general muy reflectantes, no es de extrañar que los niveles de ruido sean elevados.

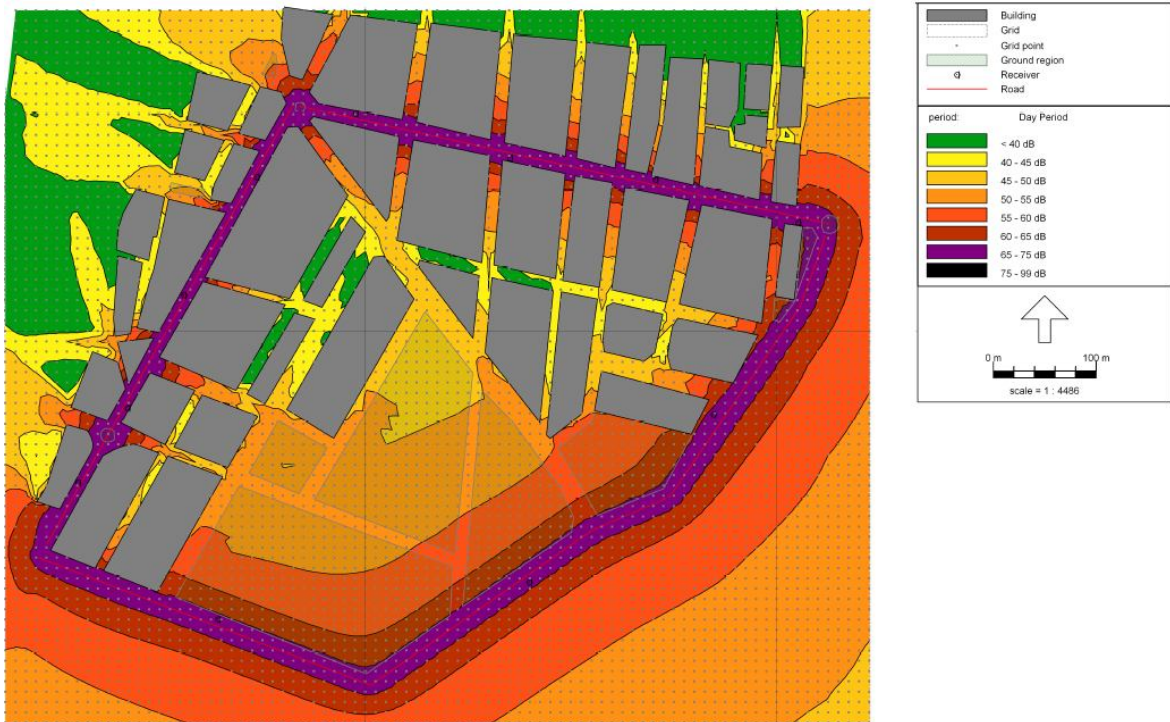


Fig.33. Zona 3, resultados de la simulación con *Predictor* en horario diurno.

La figura 34 muestra el mapa de ruido para la zona 3 en horario nocturno. En la leyenda se puede observar que niveles corresponden a los colores. El nivel de ruido nocturno sigue siendo muy elevado, siendo esta una de las zonas más problemáticas por la alta densidad de viviendas sobretodo en Avinguda del Raval y Lector Romero.

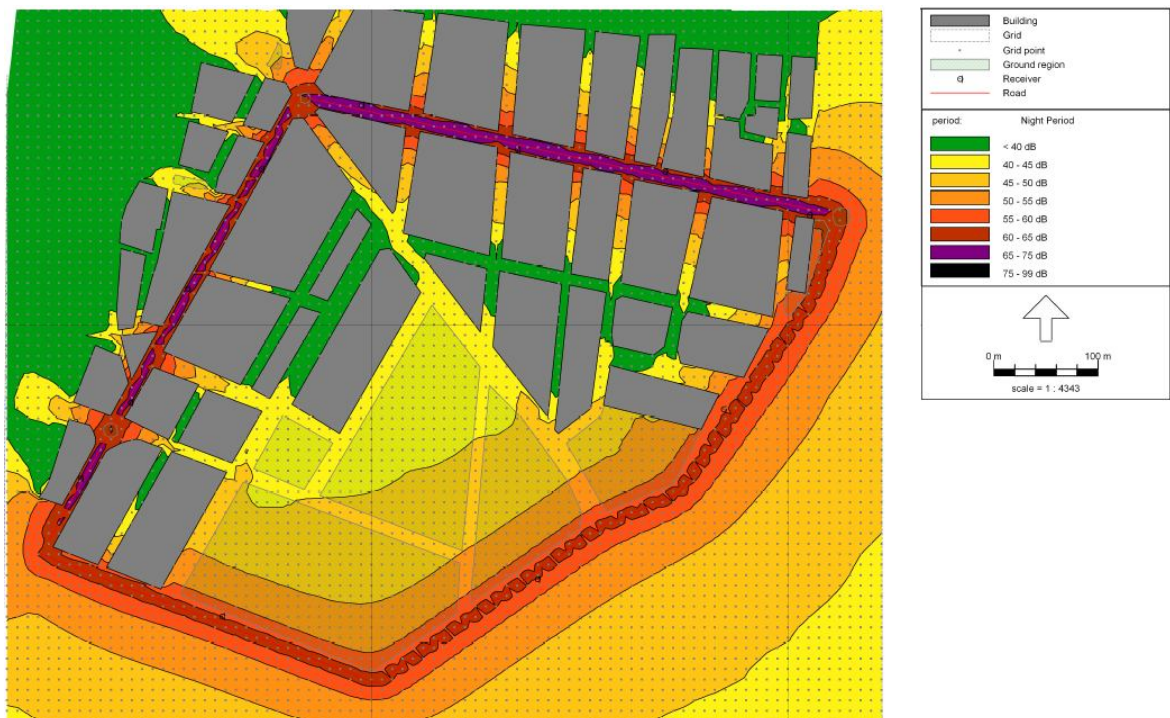


Fig.34. Zona 3, resultados de la simulación con *Predictor* en horario nocturno.

Finalmente, vemos a continuación los resultados simulados para cada punto de medida (receptor) de esta zona (3) en la tabla 11.

Punto	LAeq diurno (dBA)	LAeq nocturno (dBA)
Punto 9	71.1	65.9
Punto 10	71.8	66.6
Punto 11	72.1	67.0
Punto 12	72.1	66.9
Punto 13	73.7	66.7
Punto 14	74.7	67.7
Punto 15	73.5	66.5
Punto 16	74.3	67.3
Punto 17	67.6	60.1
Punto 18	67.9	60.3
Punto 19	66.5	58.9

Tabla 11: Resultados *Predictor* para la zona 3.

#### VI.4. Comparación de los resultados de *Predictor* con las medidas in situ

Resulta interesante comparar los resultados de las simulaciones de *Predictor* con las medidas in situ, para poder comprobar cuánto se asemejan y poder extraer conclusiones de las divergencias de cara a futuros proyectos.

En la tabla 12 se comparan los valores medios diurnos de las medidas de cada punto respecto a los resultados obtenidos con *Predictor*. Si las diferencias que figuran en la correspondiente columna de la tabla tienen signo positivo significa que el *Predictor* resulta pesimista (indica que habrá un mayor nivel de ruido del que hay en realidad). Por el contrario, si las diferencias que figuran en la correspondiente columna de la tabla tienen signo negativo significa que el *Predictor* resulta optimista (indica que habrá un menor nivel de ruido del que hay en realidad).

dBA	LAeq promedio diurno	LAeq Predictor diurno	Diferencia Predictor-Medidas diurno
Punto 1	71.7	73.8	2.1
Punto 2	71.2	74.3	3.1
Punto 3	69.8	70.9	1.1
Punto 4	69.3	70.1	0.8

Punto 5	67.2	71.3	4.1
Punto 6	64.0	66.9	2.9
Punto 7	65.8	69.2	3.4
Punto 8	64.9	63.0	-1.9
Punto 9	67.1	71.1	4.0
Punto 10	72.8	71.8	-1.0
Punto 11	69.5	72.1	2.6
Punto 12	69.7	72.1	2.4
Punto 13	70.9	73.7	2.8
Punto 14	71.6	74.7	3.1
Punto 15	71.0	73.5	2.5
Punto 16	73.2	74.3	1.1
Punto 17	59.9	67.6	7.7
Punto 18	65.0	67.9	2.9
Punto 19	67.0	66.5	-0.5

Tabla 12: Comparación de las medidas diurnas con la simulación de *Predictor*.

A priori puede parecer que estos resultados no aportan nada. Para poder extraer conclusiones de ellos, se calcula el promedio (2.3 dBA) y la desviación típica (2.1 dBA) de las diferencias entre *Predictor* y las medidas. Más adelante se llegará a una conclusión con estos datos.

En la tabla 13 se comparan los valores medios nocturnos de las medidas de cada punto respecto a los resultados obtenidos con *Predictor*. Si las diferencias que figuran en la correspondiente columna de la tabla tienen signo positivo significa que el *Predictor* resulta pesimista (indica que habrá un mayor nivel de ruido del que hay en realidad). Por el contrario, si las diferencias que figuran en la correspondiente columna de la tabla tienen signo negativo significa que el *Predictor* resulta optimista (indica que habrá un menor nivel de ruido del que hay en realidad).

dBA	LAeq promedio nocturno	LAeq Predictor nocturno	Diferencia Predictor-Medidas nocturno
Punto 1	68.1	68.2	0.1
Punto 2	65.0	66.3	1.3
Punto 3	62.4	64.2	1.8
Punto 4	61.9	60.6	-1.3

Punto 5	61.8	66.8	5.0
Punto 6	55.3	61.1	5.8
Punto 7	58.2	63.4	5.2
Punto 8	57.2	57.2	0.0
Punto 9	59.3	65.9	6.6
Punto 10	64.0	66.6	2.6
Punto 11	64.0	67.0	3.0
Punto 12	66.2	66.9	0.7
Punto 13	65.0	66.7	1.7
Punto 14	64.4	67.7	3.3
Punto 15	61.9	66.5	4.6
Punto 16	64.1	67.3	3.2
Punto 17	52.8	60.1	7.3
Punto 18	56.4	60.3	3.9
Punto 19	61.7	58.9	-2.8

Tabla 13: Comparación de las medidas nocturnas con la simulación de *Predictor*.

Como en el caso anterior, se calcula el promedio (2.7) y la desviación típica (2.7) de las diferencias entre *Predictor* y las medidas.

#### VI.5. Conclusión sobre *Predictor*

De los promedios de las diferencias se puede extraer que el resultado de las simulaciones es bastante aceptable, aunque el *Predictor* resulta algo pesimista. Lo más preocupante es que la desviación típica es relativamente elevada. Esto significa que hay puntos que se desvían notablemente del promedio. El responsable fundamental de esta desviación es el punto 17, que está en una zona a medio edificar junto a solares (en la zona 3). La conclusión que se extrae es que el *Predictor* funciona mejor con flujos de tráfico regulares y presenta ciertos inconvenientes a la hora de trabajar con zonas irregulares. Además, se deduce que hace falta una herramienta para aproximar de forma adecuada la velocidad de los vehículos que circulan por la vía.

Todo esto implica que realmente el *Predictor* funciona muy bien para hacer estudios de acústica urbanística y medioambiental en zonas de tamaño medio o grande, aunque solo se tomen unos pocos puntos de medida en los lugares más problemáticos (tráfico irregular, velocidad desconocida) a modo de control.



Además, el software es tiene un interfaz de usuario muy amigable, que permite realizar operaciones que informáticamente son de alto nivel de una forma sencilla y eficaz (montar los modelos, gran versatilidad en el cálculo). También es muy destacable la manera que tiene de presentar los resultados, a modo de mapa de ruido elaborado y a modo de tabla para un posterior procesado de los datos.

El único punto negativo que tiene es la dificultad de importación directa de la cartografía. Los edificios se han tenido que situar manualmente sobre la planta del Plan General de Ordenación Urbana debido a problemas de importación.

## VII. Discusión de los resultados de las medidas y *Predictor*. Comparación frente a la normativa.

En esta sección se van a analizar en conjunto los resultados de las medidas de campo y las simulaciones de *Predictor* para determinar si en las zonas estudiadas se cumple o no con los valores límite que exige la ley 7/2002 de la Generalitat Valenciana [2].

Se recuerdan cuales son estos valores límite:

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

Tabla 14: Límites de ruido según la LEY 7/2002 de la Generalitat Valenciana

En los casos en que exista un centro educativo y viviendas, se toma como referencia el valor límite más restrictivo.

- Punto 1: Se comparten el uso residencial y educativo.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	71.7 ± 1.2	73.8	<b>NO</b>
Nocturno	68.1 ± 1.5	68.2	<b>NO</b>

Tabla 15: Cumplimiento de la normativa en el punto 1.

- Punto 2: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	71.2 ± 1.2	74.3	<b>NO</b>
Nocturno	65.0 ± 1.6	66.3	<b>NO</b>

Tabla 16: Cumplimiento de la normativa en el punto 2.

- Punto 3: Se comparten el uso residencial y educativo.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	69.8 ± 1.2	70.9	<b>NO</b>
Nocturno	62.4 ± 1.9	64.2	<b>NO</b>

Tabla 17: Cumplimiento de la normativa en el punto 3.

- Punto 4: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	69.3 ± 1.3	70.1	NO
Nocturno	61.9 ± 1.9	60.6	NO

Tabla 18: Cumplimiento de la normativa en el punto 4.

- Punto 5: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	67.2 ± 1.6	71.3	NO
Nocturno	61.8 ± 1.7	66.8	NO

Tabla 19: Cumplimiento de la normativa en el punto 5.

- Punto 6: Se comparten el uso residencial y educativo.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	64.0 ± 1.8	66.9	NO
Nocturno	55.3 ± 2.6	61.1	NO

Tabla 20: Cumplimiento de la normativa en el punto 6.

- Punto 7: Se comparten el uso residencial y educativo.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	65.8 ± 1.7	69.2	NO
Nocturno	58.2 ± 2.7	63.4	NO

Tabla 21: Cumplimiento de la normativa en el punto 7.

- Punto 8: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	64.9 ± 1.6	63.0	NO
Nocturno	57.2 ± 2.5	57.2	NO

Tabla 22: Cumplimiento de la normativa en el punto 8.

- Punto 9: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	67.1 ± 1.4	71.1	NO
Nocturno	59.3 ± 2.2	65.9	NO

Tabla 23: Cumplimiento de la normativa en el punto 9.

- Punto 10: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	72.8 ± 1.4	71.8	NO
Nocturno	64.0 ± 1.9	66.6	NO

Tabla 24: Cumplimiento de la normativa en el punto 10.

- Punto 11: Se comparten el uso residencial y educativo.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	69.5 ± 1.4	72.1	NO
Nocturno	64.0 ± 2.1	67.0	NO

Tabla 25: Cumplimiento de la normativa en el punto 11.

- Punto 12: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	69.7 ± 1.4	72.1	NO
Nocturno	66.2 ± 2.0	66.9	NO

Tabla 26: Cumplimiento de la normativa en el punto 12.

- Punto 13: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	70.9 ± 1.4	73.7	NO
Nocturno	65.0 ± 1.9	66.7	NO

Tabla 27: Cumplimiento de la normativa en el punto 13.

- Punto 14: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	71.6 ± 1.4	74.7	NO
Nocturno	64.4 ± 1.9	67.7	NO

Tabla 28: Cumplimiento de la normativa en el punto 14.

- Punto 15: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	71.0 ± 1.4	73.5	NO
Nocturno	61.9 ± 2.0	66.5	NO

Tabla 29: Cumplimiento de la normativa en el punto 15.

- Punto 16: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	73.2 ± 1.3	74.3	NO
Nocturno	64.1 ± 1.9	67.3	NO

Tabla 30: Cumplimiento de la normativa en el punto 16.

- Punto 17: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	59.9 ± 1.9	67.6	NO
Nocturno	52.8 ± 2.3	60.1	NO

Tabla 31: Cumplimiento de la normativa en el punto 17.

- Punto 18: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	65.0 ± 1.6	67.9	NO
Nocturno	56.4 ± 2.5	60.3	NO

Tabla 32: Cumplimiento de la normativa en el punto 18.

- Punto 19: Uso residencial.

Periodo	LAeq medidas (dBA)	LAeq simulado (dBA)	Cumplimiento de la normativa
Diurno	67.0 ± 1.4	66.5	NO
Nocturno	61.7 ± 1.9	58.9	NO

Tabla 33: Cumplimiento de la normativa en el punto 19.

En esta sección se ha demostrado que los niveles de ruido son claramente excesivos tanto de día como de noche. Es por eso que es necesaria la propuesta y aplicación de unas medidas que ayuden a reducir esos niveles. Estas medidas se proponen en la sección VIII.

## VIII. Propuesta de medidas correctoras

Tal como se ha podido comprobar en las secciones V, VI y VII, los niveles de ruido encontrados en las tres zonas de estudio superan, en algunos casos ampliamente, los valores límite que indica la normativa de la Generalitat Valenciana (sección III).

Es por ello que se proponen una serie de medidas correctoras para tratar de reducir en la medida de lo posible los niveles de ruido existentes. Las medidas correctoras se proponen en dos líneas de actuación.

- Línea de actuación acústica.
- Línea de actuación para la concienciación ciudadana.

### VIII.1. Línea de actuación acústica

En esta línea se proponen medidas relacionadas directamente con el control del ruido:

- El uso de barreras acústicas es totalmente inviable debido a que los viales están situados dentro del casco urbano.
- Reducción de la velocidad de los vehículos. De 50 km/h a 30 km/h. De este modo se reduciría el nivel de ruido que emiten los vehículos (nivel de fuente), y por tanto el nivel de ruido soportado por los vecinos también se vería reducido. Para controlar la velocidad nocturna, se pueden programar los semáforos de las avenidas de manera que no estén todos en verde al mismo tiempo.
- Prohibición de circulación de vehículos pesados, exceptuando el transporte público (autobuses urbanos). En este caso, además de reducir el nivel de fuente, se reduce también el riesgo de atascos. Hay que tener en cuenta que los atascos son ruidosos por el gran número de vehículos que se concentran con los motores en marcha.
- Utilización de asfaltos fonoabsorbentes cuando se realicen remodelaciones de calles. El coste de la calle puede resultar más elevado pero es una obra que se rentabiliza a largo plazo, porque gracias a ella pueden evitarse otras medidas, que pueden ser más costosas.
- Uso de trapas con cierre cónico para el acceso a los registros de servicios como el de alcantarillado, agua potable, alumbrado y teléfonos. Si se utiliza este tipo de trapa y el marco se cimenta bien, el ruido que genera un vehículo al pasar por encima es prácticamente nulo. Además, el poner trapas de mala calidad al final resulta más costoso por el mayor nivel de mantenimiento que requieren.
- Uso de badenes menos pronunciados. Con los actuales el paso de vehículos resulta muy ruidoso debido al impacto de los neumáticos del vehículo con la cara frontal del badén.
- Incrementar el aislamiento acústico de las fincas o viviendas unifamiliares que recaen sobre los viales que generan un mayor nivel de ruido, para que los valores de inmisión acústica queden dentro de la ley.

- Evitar que las calles sean tan reflectantes dejando a un lado las superficies más duras a la hora de construirlas e incluir un mayor número de zonas verdes. La opción de las zonas verdes además beneficia otros parámetros ambientales y de bienestar social.

### VIII.1. *Línea de actuación para la concienciación ciudadana*

En esta línea se proponen medidas, que si bien no reducen el nivel de ruido directamente, pueden conseguir reducirlo en un futuro gracias a las buenas prácticas de los conductores y vecinos.

- Campañas de concienciación sobre los efectos adversos que tiene el ruido sobre la salud de las personas.
- Campañas de educación vial para que los conductores circulen generando el mínimo ruido posible. No conducir a base de acelerones y frenazos, no utilizar el claxon si no es necesario, conducir a bajas revoluciones para generar menos ruido. Además, estas medidas también ayudan a reducir el consumo de combustible y a reducir también la contaminación ambiental.
- Campañas de la Policía Local de control de ruido de vehículos. Se deben controlar especialmente motocicletas y ciclomotores por su habitual exceso de velocidad y excesivas emisiones acústicas, debido escapes no homologados.
- Campañas de control de los estacionamientos irregulares. El estacionamiento en doble fila provoca atascos, acelerones para sortearlos y toques de claxon. Esto los convierte en una fuente importante de ruido.
- Concienciación del ciudadano y del empresario para que reduzcan el ruido que generan en la calle.

## IX. Conclusiones

El estudio de impacto acústico no deja lugar a dudas respecto a que los niveles en los viales estudiados son elevados, lo que provoca un incumplimiento de la normativa de la Generalitat Valenciana (Ley 7/2002). Esto es así tanto en las rondas perimetrales como en las calles que circulan directamente por el interior de la ciudad.

Además, se demuestra que *Predictor* es un software de simulación muy adecuado para predicción del ruido en entornos urbanos utilizando los modelos franceses NMPB-96 y XPS 31-133. Aunque hay que tener en cuenta que hay que proporcionarle parámetros de entrada lo más próximos a la realidad posible, como en cualquier otro entorno de simulación.

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

Aparte de esto, hay que tener en cuenta que tal vez los niveles límite establecidos en la Ley 7/2002 sean en cierto modo restrictivos. A título informativo se puede comentar que, según la normativa del Estado (RD 1367/2007), el nivel máximo diurno para suelo residencial es de 60 dBA y el nocturno es de 50 dBA [8], [9], [10].

Realmente se puede decir que hay que reducir los niveles de ruido existentes, pero hay que imponer una normativa realista, que pueda hacerse cumplir por parte de los municipios.

También se debe tomar en consideración que los viales estudiados recogen la práctica totalidad del tráfico en su zona y por lo tanto el ruido en estas calles es muy elevado. Pero gracias a esto por las calles adyacentes hay menos tráfico, y en consecuencia los niveles de ruido son mucho más aceptables.



## **Bibliografía/Referencias**

Para realizar la Tesina se han tomado las siguientes fuentes de información:

- [1] Apuntes de la asignatura Acústica Urbanística y Medioambiental del Máster en Ingeniería Acústica y de la asignatura Psicoacústica del Máster en Ingeniería Acústica.
- [2] Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana.
- [3] Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana.
- [4] Decreto 104/2006 de 14 de julio, de la Generalitat Valenciana.
- [5] Manual de usuario del Sonómetro B&K 2250 Light.
- [6] Norma UNE EN ISO 1996-2.
- [7] Manual de usuario del software *Predictor* versión 7.10.
- [8] Ley 37/2003, de 17 de Noviembre. Ley estatal del ruido.
- [9] Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre.
- [10] Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre.

## 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 1	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	11/7/11	15/7/11	-
Hora	11:55	17:55	8:15	-	1:50	22:40	0:15	-
Temperatura (°C)	29.0	34.8	30.5	31.4	26.6	27.3	27.3	27.1
Velocidad viento (m/s)	0.7	1.9	1.1	1.2	0.4	0.4	0.4	0.4
Humedad relativa (%)	39.1	37.7	28.8	35.2	95.0	85.3	71.2	83.8
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	34	23	10	22	2	17	13	11
Vehículos de turismo /10 min	345	312	212	290	28	120	82	77
Vehículos pesados /10 min	10	9	13	11	3	3	4	3

Tabla 34: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 1

Punto 2	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	11/7/11	15/7/11	-
Hora	12:15	18:05	8:35	-	2:05	22:55	0:00	-
Temperatura (°C)	32.9	37.0	31.6	33.8	27.1	27.8	27.7	27.5
Velocidad viento (m/s)	1.0	3.5	2.1	2.2	0.7	0.4	0.4	0.5
Humedad relativa (%)	32.6	34.5	25,7	30.1	93.4	80.2	69.8	81.1
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	19	24	15	19	4	17	10	10
Vehículos de turismo /10 min	290	240	176	235	20	76	65	54
Vehículos pesados /10 min	16	3	10	10	0	5	2	2

Tabla 35: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 2

Punto 3	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	11/7/11	14/7/11	-

Hora	12:36	18:30	8:50	-	2:20	23:10	23:45	-
Temperatura (°C)	33.6	34.2	33.0	33.6	27.6	27.6	26.9	27.4
Velocidad viento (m/s)	2.1	3.1	3.1	2.8	0.6	0.9	0.4	0.6
Humedad relativa (%)	32.9	39.4	24.0	32.1	92.4	79.6	66.3	79.4
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	18	10	12	13	1	6	6	4
Vehículos de turismo /10 min	210	201	171	194	7	43	31	27
Vehículos pesados /10 min	3	2	5	3	1	4	0	2

Tabla 36: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 3

Punto 4	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	11/7/11	14/7/11	-
Hora	15:50	18:45	9:05	-	2:35	23:25	23:30	-
Temperatura (°C)	30.9	35.1	32.6	32.9	27.6	27.3	28.5	27.8
Velocidad viento (m/s)	2.1	1.0	3.5	2.2	0.5	0.4	0.5	0.5
Humedad relativa (%)	38.5	39.3	24.1	34.0	92.4	79.8	66.6	79.6
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	8	7	15	7	1	9	5	5
Vehículos de turismo /10 min	153	164	140	152	5	43	35	28
Vehículos pesados /10 min	4	0	2	2	0	1	0	0

Tabla 37: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 4

Punto 5	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	11/7/11	14/7/11	-
Hora	13:10	19:05	9:25	-	2:55	23:40	23:15	-
Temperatura (°C)	29.6	36.8	32.7	33.0	25.8	27.2	28.4	27.1
Velocidad viento (m/s)	2.3	1.3	2.0	1.9	0.5	0.6	0.4	0.5
Humedad relativa (%)	42.3	34.4	23.4	33.4	96.0	82.0	67.1	81.7
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	5	7	2	5	4	8	6	6

Vehículos de turismo /10 min	176	83	80	113	12	67	41	40
Vehículos pesados /10 min	3	0	1	1	0	2	1	1

Tabla 38: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 5

Punto 6	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	14/7/11	-
Hora	18:05	12:00	9:50	-	3:05	0:00	23:00	-
Temperatura (°C)	30.2	30.1	33.7	31.3	25.3	27.5	27.2	27.0
Velocidad viento (m/s)	3.0	3.0	2.0	2.7	1.0	0.4	1.4	0.9
Humedad relativa (%)	46.2	59.0	33.9	46.4	97.5	80.0	70.8	82.8
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	0	0	3	1	1	5	2	3
Vehículos de turismo /10 min	25	35	50	34	2	9	14	8
Vehículos pesados /10min	0	3	0	1	1	2	1	1

Tabla 39: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 6

Punto 7	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	14/7/11	-
Hora	18:20	12:20	10:05	-	3:20	0:15	22:45	-
Temperatura (°C)	31.0	30.1	32.7	31.3	25.6	27.5	28.6	27.2
Velocidad viento (m/s)	2.7	3.2	1.8	2.6	1.1	0.5	0.7	0.8
Humedad relativa (%)	44.1	60.0	47.1	50.4	97.5	70.3	64.0	77.3
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	2	7	4	4	1	4	2	2
Vehículos de turismo /10 min	41	45	45	44	2	7	14	8
Vehículos pesados /10 min	1	3	0	1	0	2	2	1

Tabla 40: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 7

Punto 8	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	14/7/11	-

Hora	18:40	12:40	10:25	-	3:35	0:35	22:30	-
Temperatura (°C)	30.4	30.0	32.7	31.0	25.8	27.6	26.5	26.6
Velocidad viento (m/s)	3.0	2.0	1.0	2.0	1.3	0.5	1.3	1.0
Humedad relativa (%)	46.2	58.4	49.3	51.3	98.0	81.0	70.3	83.1
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	7	6	5	6	0	4	1	2
Vehículos de turismo /10 min	51	57	45	51	4	7	17	9
Vehículos pesados /10 min	1	0	3	1	6	3	1	3

Tabla 41: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 8

Punto 9	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	14/7/11	-
Hora	19:05	11:25	11:00	-	0:45	0:55	1:50	-
Temperatura (°C)	30.6	29.8	31.1	30.5	27.1	28.5	26.2	27.3
Velocidad viento (m/s)	1.0	0.0	1.5	0.8	1.0	0.4	0.4	0.6
Humedad relativa (%)	49.9	55.7	50.0	51.2	87.2	76.9	53.0	72.4
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	4	6	9	6	2	2	1	2
Vehículos de turismo /10 min	102	96	77	92	21	16	14	17
Vehículos pesados /10 min	0	3	2	2	1	0	2	1

Tabla 42: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 9

Punto 10	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	13/7/11	-
Hora	19:20	10:55	11:20	-	1:00	1:10	22:40	-
Temperatura (°C)	29.7	29.5	30.7	30.0	26.8	28.5	27.6	27.6
Velocidad viento (m/s)	2.4	1.3	1.1	1.6	0.9	0.4	0.7	0.7
Humedad relativa (%)	51.7	63.8	51.9	55.8	85.0	76.0	52.0	71.0
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1015.0	1013.3	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	8	18	13	13	2	4	5	4

Vehículos de turismo /10 min	85	103	89	92	17	10	39	22
Vehículos pesados /10 min	1	6	1	3	0	12	2	5

Tabla 43: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 10

Punto 11	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	13/7/11	-
Hora	19:35	10:35	18:00	-	1:15	1:25	22:55	-
Temperatura (°C)	30.7	31.0	31.5	31.1	25.9	28.4	28.1	27.5
Velocidad viento (m/s)	1.0	1.0	0.9	1.0	1.1	0	0.4	0.5
Humedad relativa (%)	50.9	55.3	51.6	52.6	88.2	75.0	49.7	71.0
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1015	1015	1013.3
Motocicletas /10 min	6	16	13	12	3	1	3	2
Vehículos de turismo /10 min	103	99	61	88	16	10	30	19
Vehículos pesados /10 min	2	3	1	2	1	1	1	1

Tabla 44: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 11

Punto 12	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	13/7/11	-
Hora	19:50	10:20	18:40	-	1:30	22:35	23:10	-
Temperatura (°C)	30.2	29.6	32.9	30.9	26.0	27.8	28.5	27.4
Velocidad viento (m/s)	0.8	1.4	1.2	1.1	1.7	0.0	0.7	0.8
Humedad relativa (%)	52.0	55.8	45.2	51.0%	90.0	82.3	47.5	73.3
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1010	1015	1011.7
Motocicletas /10 min	15	13	7	12	1	6	6	4
Vehículos de turismo /10 min	102	95	81	93	2	36	17	18
Vehículos pesados /10 min	1	10	3	5	13	2	1	5

Tabla 45: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 12

Punto 13	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	13/7/11	-

Hora	20:05	10:05	18:25	-	0:30	22:55	23:25	-
Temperatura (°C)	29.7	28.4	33.8	30.6	28.5	28.4	28.4	28.4
Velocidad viento (m/s)	0.5	0.8	0.8	0.7	0.8	0.6	0.4	0.6
Humedad relativa (%)	55.2	49.7	46.6	50.5	78.5	84.0	49.0	70.5
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1010	1015	1011.7
Motocicletas /10 min	12	13	11	12	1	6	6	4
Vehículos de turismo /10 min	110	99	93	101	23	26	33	27
Vehículos pesados /10 min	6	2	5	4	0	1	1	1

Tabla 46: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 13

Punto 14	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	8/7/11	12/7/11	13/7/11	-
Hora	20:20	9:45	18:55	-	0:15	23:25	23:40	-
Temperatura (°C)	29.7	30.4	34.7	31.6	28.5	28.5	27.9	28.3
Velocidad viento (m/s)	0.8	0.5	0.4	0.6	0.4	0.4	0.5	0.4
Humedad relativa (%)	54.0	54.0	47.3	51.8	82.0	86.0	49.7	72.6
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1010	1015	1011.7
Motocicletas /10 min	12	11	10	11	3	4	3	3
Vehículos de turismo /10 min	107	106	106	107	27	33	16	25
Vehículos pesados /10 min	1	6	0	2	1	0	1	1

Tabla 47: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 14

Punto 15	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	7/7/11	12/7/11	13/7/11	-
Hora	20:35	9:30	19:10	-	0:00	23:40	23:55	-
Temperatura (°C)	29.9	29.2	34.5	31.2	28.4	28.3	28.0	28.2
Velocidad viento (m/s)	0.6	0.8	0.4	0.6	0	0.4	0.4	0.3
Humedad relativa (%)	54.0	54.6	49.3	52.6	73.2	85.9	49.1	69.4
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1010	1015	1011.7
Motocicletas /10 min	11	8	10	10	5	3	1	3

Vehículos de turismo /10 min	100	101	112	104	20	21	25	22
Vehículos pesados/10 min	0	4	1	2	0	1	0	0

Tabla 48: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 15

Punto 16	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	7/7/11	12/7/11	14/7/11	-
Hora	20:45	9:15	19:25	-	23:45	23:55	0:10	-
Temperatura (°C)	30.3	29.5	35.5	31.8	28.1	28.1	27.3	27.8
Velocidad viento (m/s)	0.0	1.1	0.8	0.6	0.8	0.6	0.7	0.7
Humedad relativa (%)	51.3	36.6	48.2	45.4	75.6	86.7	45.3	69.2
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1010	1015	1011.7
Motocicletas /10 min	12	10	21	14	1	4	5	3
Vehículos de turismo /10 min	156	326	188	223	46	15	24	28
Vehículos pesados /10 min	1	9	2	4	0	2	0	1

Tabla 49: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 16

Punto 17	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	7/7/11	13/7/11	14/7/11	-
Hora	21:10	8:55	19:40	-	23:30	0:05	0:25	-
Temperatura (°C)	28.2	29.4	33.5	30.4	28.5	28.2	27.2	28.0
Velocidad viento (m/s)	0.9	0.5	0.8	0.7	0.0	0.4	1.0	0.5
Humedad relativa (%)	52.9	55.3	55.2	54.5	82.3	85.6	49.3	72.4
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1010	1015	1011.7
Motocicletas /10 min	0	0	1	0	1	8	8	6
Vehículos de turismo /10 min	23	43	21	29	17	14	9	13
Vehículos pesados /10 min	0	5	1	2	0	0	1	0

Tabla 50: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 17

Punto 18	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	7/7/11	13/7/11	14/7/11	-



Hora	21:25	8:35	19:55	-	23:00	0:20	0:40	-
Temperatura (°C)	29.3	28.5	34.1	30.6	28.3	28.4	26.7	27.8
Velocidad viento (m/s)	1.1	0.5	0.9	0.8	0	0.4	0.6	0.3
Humedad relativa (%)	54.1	59.6	55.4	56.4	78.5	77.8	52.7	69.7
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1010	1015	1011.7
Motocicletas /10 min	0	9	6	5	1	1	1	1
Vehículos de turismo /10 min	62	48	60	57	17	14	9	13
Vehículos pesados /10 min	0	7	1	3	0	0	1	0

Tabla 51: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 18

Punto 19	Diurno 1	Diurno 2	Diurno 3	Promedio diurno	Nocturno 1	Nocturno 2	Nocturno 3	Promedio nocturno
Día	4/7/11	5/7/11	6/7/11	-	7/7/11	13/7/11	14/7/11	-
Hora	21:40	8:15	20:10	-	22:45	0:40	0:55	-
Temperatura (°C)	27.8	27.4	32.5	29.2	28.1	28.5	26.4	27.7
Velocidad viento (m/s)	1.1	0.5	1.5	1.0	0.4	0.0	0.6	0.3
Humedad relativa (%)	57.1	61.5	60.0	59.5	76.6	85.7	53.1	71.8
P. Atmosférica (mbar)	1015.0	1010.0	1010.0	1011.7	1010	1010	1015	1011.7
Motocicletas /10 min	0	7	8	5	6	5	2	4
Vehículos de turismo /10 min	89	95	133	106	41	16	19	25
Vehículos pesados /10 min	2	4	6	4	1	1	0	1

Tabla 52: Datos atmosféricos y de tráfico del punto 19

## ANEXO II. Cálculo detallado de la incertidumbre de medición expandida

En este anexo se presenta el cálculo detallado paso por paso de la incertidumbre de las medidas in situ. A partir de estas tablas han sido elaborados los valores de incertidumbre de medición expandida que figuran en la sección V. El cálculo se ha realizado utilizando el programa Excel, por eso el símbolo decimal viene indicado por una coma.

Incertidumbre asociada a la instrumentación durante el periodo diurno:

dBA	Valores de incertidumbre fijos	Temperatura media diurna (°C)	Presión media diurna (mbar)	U <sub>TS</sub> diurno	U <sub>PS</sub> diurno	Incertidumbre instrumentación diurna
PUNTO 01	0,37	31,40	1013,30	-0,07	0,00	0,29
PUNTO 02	0,37	33,80	1013,30	-0,09	0,00	0,27
PUNTO 03	0,37	33,60	1013,30	-0,09	0,00	0,27
PUNTO 04	0,37	32,90	1013,30	-0,09	0,00	0,28
PUNTO 05	0,37	33,00	1013,30	-0,09	0,00	0,28
PUNTO 06	0,37	31,30	1013,30	-0,07	0,00	0,29
PUNTO 07	0,37	31,30	1013,30	-0,07	0,00	0,29
PUNTO 08	0,37	31,00	1013,30	-0,07	0,00	0,30
PUNTO 09	0,37	30,50	1013,30	-0,06	0,00	0,30
PUNTO 10	0,37	30,00	1013,30	-0,06	0,00	0,31
PUNTO 11	0,37	31,10	1011,70	-0,07	0,01	0,31
PUNTO 12	0,37	30,90	1011,70	-0,07	0,01	0,31
PUNTO 13	0,37	30,60	1011,70	-0,07	0,01	0,32
PUNTO 14	0,37	31,60	1011,70	-0,07	0,01	0,31
PUNTO 15	0,37	31,20	1011,70	-0,07	0,01	0,31
PUNTO 16	0,37	31,80	1011,70	-0,08	0,01	0,31
PUNTO 17	0,37	30,40	1011,70	-0,06	0,01	0,32
PUNTO 18	0,37	30,60	1011,70	-0,07	0,01	0,32
PUNTO 19	0,37	29,20	1011,70	-0,05	0,01	0,33

Tabla 52: Incertidumbre asociada a la instrumentación durante el periodo diurno.

Incertidumbre asociada a la instrumentación durante el periodo nocturno:

dBA	Valores de incertidumbre fijos	Temperatura media nocturna (°C)	Presión media nocturna (mbar)	U <sub>TS</sub> nocturno	U <sub>PS</sub> nocturno	Incertidumbre instrumentación nocturna
PUNTO 01	0,37	27,10	1013,30	-0,04	0,00	0,33
PUNTO 02	0,37	27,50	1013,30	-0,04	0,00	0,33
PUNTO 03	0,37	27,40	1013,30	-0,04	0,00	0,33
PUNTO 04	0,37	27,80	1013,30	-0,04	0,00	0,32
PUNTO 05	0,37	27,10	1013,30	-0,04	0,00	0,33
PUNTO 06	0,37	27,00	1013,30	-0,03	0,00	0,33
PUNTO 07	0,37	27,20	1013,30	-0,04	0,00	0,33
PUNTO 08	0,37	26,60	1013,30	-0,03	0,00	0,33
PUNTO 09	0,37	27,30	1013,30	-0,04	0,00	0,33
PUNTO 10	0,37	27,60	1013,30	-0,04	0,00	0,33
PUNTO 11	0,37	27,50	1013,30	-0,04	0,00	0,33
PUNTO 12	0,37	27,40	1011,70	-0,04	0,01	0,35
PUNTO 13	0,37	28,40	1011,70	-0,05	0,01	0,34
PUNTO 14	0,37	28,30	1011,70	-0,05	0,01	0,34
PUNTO 15	0,37	28,20	1011,70	-0,05	0,01	0,34
PUNTO 16	0,37	27,80	1011,70	-0,04	0,01	0,34
PUNTO 17	0,37	28,00	1011,70	-0,04	0,01	0,34
PUNTO 18	0,37	27,80	1011,70	-0,04	0,01	0,34

PUNTO 19	0,37	27,70	1011,70	-0,04	0,01	0,34
----------	------	-------	---------	-------	------	------

Tabla 53: Incertidumbre asociada a la instrumentación durante el periodo nocturno.

Incertidumbre asociada al clima y suelo en periodo diurno y nocturno:

dBA	Incertidumbre clima y suelo diurno	Incertidumbre clima y suelo nocturno
PUNTO 01	0,50	0,50
PUNTO 02	0,50	0,50
PUNTO 03	0,50	0,50
PUNTO 04	0,50	0,50
PUNTO 05	0,50	0,50
PUNTO 06	0,50	0,50
PUNTO 07	0,50	0,50
PUNTO 08	0,50	0,50
PUNTO 09	0,50	0,50
PUNTO 10	0,50	0,50
PUNTO 11	0,50	0,50
PUNTO 12	0,50	0,50
PUNTO 13	0,50	0,50
PUNTO 14	0,50	0,50
PUNTO 15	0,50	0,50
PUNTO 16	0,50	0,50
PUNTO 17	0,50	0,50
PUNTO 18	0,50	0,50
PUNTO 19	0,50	0,50

Tabla 54: Incertidumbre asociada al clima y suelo en periodo diurno y nocturno.

Incertidumbre asociada a las condiciones de operación durante el periodo diurno:

dBA	Promedio motocicletas diurno	Promedio turismos diurno	Promedio pesados diurno	Promedio mixtos diurno	Incertidumbre condiciones de operación diurno
PUNTO 01	132,00	1740,00	66,00	1938,00	0,23
PUNTO 02	114,00	1410,00	60,00	1584,00	0,25
PUNTO 03	96,00	1164,00	18,00	1278,00	0,28
PUNTO 04	42,00	912,00	12,00	966,00	0,32
PUNTO 05	30,00	678,00	6,00	714,00	0,37
PUNTO 06	6,00	204,00	6,00	216,00	0,68
PUNTO 07	12,00	264,00	6,00	282,00	0,60
PUNTO 08	36,00	306,00	6,00	348,00	0,54
PUNTO 09	36,00	552,00	12,00	600,00	0,41
PUNTO 10	78,00	552,00	18,00	648,00	0,39
PUNTO 11	72,00	528,00	12,00	612,00	0,40
PUNTO 12	72,00	558,00	30,00	660,00	0,39
PUNTO 13	72,00	606,00	24,00	702,00	0,38
PUNTO 14	66,00	642,00	12,00	720,00	0,37
PUNTO 15	60,00	624,00	12,00	696,00	0,38
PUNTO 16	84,00	1338,00	24,00	1446,00	0,26
PUNTO 17	0,00	174,00	12,00	186,00	0,73
PUNTO 18	30,00	342,00	18,00	390,00	0,51
PUNTO 19	30,00	636,00	24,00	690,00	0,38

Tabla 55: Incertidumbre asociada a la instrumentación durante el periodo diurno.

Incertidumbre asociada a las condiciones de operación durante el periodo nocturno:

dBA	Promedio motocicletas diurno	Promedio turismos diurno	Promedio pesados diurno	Promedio mixtos diurno	Incertidumbre condiciones de operación diurno
PUNTO 01	66,00	462,00	18,00	546,00	0,43
PUNTO 02	60,00	324,00	12,00	396,00	0,50
PUNTO 03	24,00	162,00	12,00	198,00	0,71
PUNTO 04	30,00	168,00	0,00	198,00	0,71
PUNTO 05	36,00	240,00	6,00	282,00	0,60
PUNTO 06	18,00	48,00	6,00	72,00	1,18
PUNTO 07	12,00	48,00	6,00	66,00	1,23
PUNTO 08	12,00	54,00	18,00	84,00	1,09
PUNTO 09	12,00	102,00	6,00	120,00	0,91
PUNTO 10	24,00	132,00	30,00	186,00	0,73
PUNTO 11	12,00	114,00	6,00	132,00	0,87
PUNTO 12	24,00	108,00	30,00	162,00	0,79
PUNTO 13	24,00	162,00	6,00	192,00	0,72
PUNTO 14	18,00	150,00	6,00	174,00	0,76
PUNTO 15	18,00	132,00	0,00	150,00	0,82
PUNTO 16	18,00	168,00	6,00	192,00	0,72
PUNTO 17	36,00	78,00	0,00	114,00	0,94
PUNTO 18	6,00	78,00	0,00	84,00	1,09
PUNTO 19	24,00	150,00	6,00	180,00	0,75

Tabla 56: Incertidumbre asociada a la instrumentación durante el periodo nocturno.

Incertidumbre asociada al ruido residual durante el periodo diurno:

<b>Diurno 1</b> (dBA)	LAeq	LA95	LAeq-LA95	L corregido	C residual
PUNTO 01	72,28	63,13	9,15	71,72	0,14
PUNTO 02	71,97	61,46	10,51	71,97	0,10
PUNTO 03	70,07	55,8	14,27	70,07	0,04
PUNTO 04	67,93	58,28	9,65	67,43	0,12
PUNTO 05	67,66	61,32	6,34	66,51	0,30
PUNTO 06	59,37	47,48	11,89	59,37	0,07
PUNTO 07	61,41	48,08	13,33	61,41	0,05
PUNTO 08	64,03	46,52	17,51	64,03	0,02
PUNTO 09	66,35	57,85	8,50	65,69	0,16
PUNTO 10	67,85	52,75	15,10	67,85	0,03
PUNTO 11	69,35	53,60	15,75	69,35	0,03
PUNTO 12	70,39	53,66	16,73	70,39	0,02
PUNTO 13	71,37	57,00	14,37	71,37	0,04
PUNTO 14	70,2	52,60	17,60	70,20	0,02
PUNTO 15	71,94	57,63	14,31	71,94	0,04
PUNTO 16	70,61	57,80	12,81	70,61	0,06
PUNTO 17	58,81	48,68	10,13	58,81	0,11
PUNTO 18	61,5	50,20	11,30	61,50	0,08
PUNTO 19	65,9	51,80	14,10	65,90	0,04

<b>Diurno 2</b> (dBA)	LAeq	LA95	LAeq-LA95	L corregido	C residual
PUNTO 01	72,23	62,80	9,43	71,70	0,13
PUNTO 02	71,84	57,00	14,84	71,84	0,03
PUNTO 03	69,21	56,40	12,81	69,21	0,06
PUNTO 04	70,81	56,30	14,51	70,81	0,04

PUNTO 05	67,87	58,72	9,15	67,31	0,14
PUNTO 06	66,18	49,02	17,16	66,18	0,02
PUNTO 07	64,29	47,96	16,33	64,29	0,02
PUNTO 08	64,31	44,62	19,69	64,31	0,01
PUNTO 09	66,26	55,40	10,86	66,26	0,09
PUNTO 10	75,96	54,40	21,56	75,96	0,01
PUNTO 11	70,02	52,75	17,27	70,02	0,02
PUNTO 12	70,2	54,70	15,50	70,20	0,03
PUNTO 13	70,69	54,20	16,49	70,69	0,02
PUNTO 14	73,77	55,80	17,97	73,77	0,02
PUNTO 15	70,61	59,90	10,71	70,61	0,09
PUNTO 16	75,39	63,00	12,39	75,39	0,06
PUNTO 17	61,06	51,60	9,46	60,54	0,13
PUNTO 18	67,44	51,30	16,14	67,44	0,02
PUNTO 19	66,72	50,80	15,92	66,72	0,03

<b>Diurno 3</b> (dBA)	LAeq	LA95	LAeq-LA95	L corregido	C residual
PUNTO 01	70,44	58,92	11,52	70,44	0,08
PUNTO 02	69,47	56,80	12,67	69,47	0,06
PUNTO 03	70,19	55,13	15,06	70,19	0,03
PUNTO 04	68,48	58,86	9,62	67,98	0,12
PUNTO 05	65,95	60,64	5,31	64,44	0,42
PUNTO 06	64,16	47,80	16,36	64,16	0,02
PUNTO 07	62,15	47,55	14,60	62,15	0,04
PUNTO 08	66,09	45,40	20,69	66,09	0,01
PUNTO 09	68,25	54,02	14,23	68,25	0,04
PUNTO 10	70,73	54,36	16,37	70,73	0,02
PUNTO 11	68,98	49,06	19,92	68,98	0,01
PUNTO 12	67,98	55,20	12,78	67,98	0,06
PUNTO 13	70,56	57,93	12,63	70,56	0,06
PUNTO 14	69,76	52,53	17,23	69,76	0,02
PUNTO 15	70,3	58,66	11,64	70,30	0,07
PUNTO 16	72,26	61,88	10,38	72,26	0,10
PUNTO 17	59,38	45,68	13,70	59,38	0,04
PUNTO 18	64,08	51,10	12,98	64,08	0,05
PUNTO 19	67,98	55,20	12,78	67,98	0,06

Tabla 56: Tabla conjunta que muestra el cálculo de la incertidumbre asociada al ruido residual para cada medida tomada en cada uno de los puntos en horario diurno.

<b>Global diurno</b> (dBA)	Sigma 0	Sigma s	U residual	C residual (el máximo de los tres anteriores C)
PUNTO 01	1,05	0,73	0,00	0,14
PUNTO 02	1,41	1,41	0,00	0,10
PUNTO 03	0,53	0,53	0,00	0,06
PUNTO 04	1,53	1,81	0,98	0,12
PUNTO 05	1,05	1,48	1,04	0,42
PUNTO 06	3,50	3,50	0,00	0,07
PUNTO 07	1,50	1,50	0,00	0,05
PUNTO 08	1,12	1,12	0,00	0,02
PUNTO 09	1,12	1,34	0,74	0,16
PUNTO 10	4,11	4,11	0,00	0,03

PUNTO 11	0,53	0,53	0,00	0,03
PUNTO 12	1,34	1,34	0,00	0,06
PUNTO 13	0,44	0,44	0,00	0,06
PUNTO 14	2,20	2,20	0,00	0,02
PUNTO 15	0,87	0,87	0,00	0,09
PUNTO 16	2,43	2,43	0,00	0,10
PUNTO 17	1,17	0,88	0,00	0,13
PUNTO 18	2,98	2,98	0,00	0,08
PUNTO 19	1,05	1,05	0,00	0,06

Tabla 57: Cálculos globales de la incertidumbre asociada al ruido residual en periodo diurno.

Incertidumbre asociada al ruido residual durante el periodo nocturno:

<b>Nocturno 1</b> (dBA)	LAeq	LA95	LAeq-LA95	L corregido	C residual
PUNTO 01	64,49	43,33	21,16	64,49	0,01
PUNTO 02	59,55	39,26	20,29	59,55	0,01
PUNTO 03	58,04	38,34	19,70	58,04	0,01
PUNTO 04	55,53	43,52	12,01	55,53	0,07
PUNTO 05	56,96	44,6	12,36	56,96	0,06
PUNTO 06	52,05	34,7	17,35	52,05	0,02
PUNTO 07	45,34	34,2	11,14	45,34	0,08
PUNTO 08	46,58	32,2	14,38	46,58	0,04
PUNTO 09	59,8	41,5	18,30	59,80	0,02
PUNTO 10	62,67	41,8	20,87	62,67	0,01
PUNTO 11	62,97	37,35	25,62	62,97	0,00
PUNTO 12	63,43	40,65	22,78	63,43	0,01
PUNTO 13	62,39	44,5	17,89	62,39	0,02
PUNTO 14	64,31	41,5	22,81	64,31	0,01
PUNTO 15	62,43	42,7	19,73	62,43	0,01
PUNTO 16	65,75	45,93	19,82	65,75	0,01
PUNTO 17	51,76	43,74	8,02	51,01	0,19
PUNTO 18	55,89	43,16	12,73	55,89	0,06
PUNTO 19	63,00	47,13	15,87	63,00	0,03

<b>Nocturno 2</b> (dBA)	LAeq	LA95	LAeq-LA95	L corregido	C residual
PUNTO 01	69,33	55,2	14,13	69,33	0,04
PUNTO 02	67,38	48,88	18,50	67,38	0,01
PUNTO 03	63,54	45,25	18,29	63,54	0,02
PUNTO 04	64,21	46,93	17,28	64,21	0,02
PUNTO 05	63,78	48,36	15,42	63,78	0,03
PUNTO 06	55,16	39,14	16,02	55,16	0,03
PUNTO 07	57,75	37,6	20,15	57,75	0,01
PUNTO 08	58,49	39,6	18,89	58,49	0,01
PUNTO 09	58,28	41,26	17,02	58,28	0,02
PUNTO 10	61,07	40,42	20,65	61,07	0,01
PUNTO 11	62,19	32,97	29,22	62,19	0,00
PUNTO 12	68,66	48,7	19,96	68,66	0,01
PUNTO 13	66,21	43,85	22,36	66,21	0,01
PUNTO 14	65,73	45,23	20,50	65,73	0,01
PUNTO 15	61,78	39,8	21,98	61,78	0,01
PUNTO 16	62,04	41,33	20,71	62,04	0,01
PUNTO 17	54,64	40,06	14,58	54,64	0,04
PUNTO 18	57,29	43,86	13,43	57,29	0,05

PUNTO 19	61,41	39,84	21,57	61,41	0,01
----------	-------	-------	-------	-------	------

<b>Nocturno 3</b> (dBA)	LAeq	LA95	LAeq-LA95	L corregido	C residual
PUNTO 01	69,05	53,5	15,55	69,05	0,03
PUNTO 02	65,05	48,2	16,85	65,05	0,02
PUNTO 03	63,64	45,3	18,34	63,64	0,01
PUNTO 04	62,22	48,22	14,00	62,22	0,04
PUNTO 05	62,22	50,1	12,12	62,22	0,07
PUNTO 06	57,26	42,21	15,05	57,26	0,03
PUNTO 07	61,36	40,65	20,71	61,36	0,01
PUNTO 08	59,16	42,35	16,81	59,16	0,02
PUNTO 09	59,78	41,69	18,09	59,78	0,02
PUNTO 10	66,4	49,48	16,92	66,40	0,02
PUNTO 11	65,86	44,22	21,64	65,86	0,01
PUNTO 12	64,68	43,46	21,22	64,68	0,01
PUNTO 13	65,41	44,97	20,44	65,41	0,01
PUNTO 14	62,5	41,05	21,45	62,50	0,01
PUNTO 15	61,33	40,44	20,89	61,33	0,01
PUNTO 16	63,79	42,8	20,99	63,79	0,01
PUNTO 17	51	41,84	9,16	50,44	0,14
PUNTO 18	55,92	44,68	11,24	55,92	0,08
PUNTO 19	60,23	44,1	16,13	60,23	0,02

Tabla 58: Tabla conjunta que muestra el cálculo de la incertidumbre asociada al ruido residual para cada medida tomada en cada uno de los puntos en horario nocturno.

<b>Global nocturno</b> (dBA)	Sigma 0	Sigma s	U residual	C residual (el máximo de los tres anteriores C)
PUNTO 01	2,72	2,72	0,00	0,04
PUNTO 02	4,02	4,02	0,00	0,02
PUNTO 03	3,20	3,20	0,00	0,02
PUNTO 04	4,55	4,55	0,00	0,07
PUNTO 05	3,57	3,57	0,00	0,07
PUNTO 06	2,62	2,62	0,00	0,03
PUNTO 07	8,40	8,40	0,00	0,08
PUNTO 08	7,08	7,08	0,00	0,04
PUNTO 09	0,87	0,87	0,00	0,02
PUNTO 10	2,74	2,74	0,00	0,02
PUNTO 11	1,93	1,93	0,00	0,01
PUNTO 12	2,73	2,73	0,00	0,01
PUNTO 13	2,01	2,01	0,00	0,02
PUNTO 14	1,62	1,62	0,00	0,01
PUNTO 15	0,55	0,55	0,00	0,01
PUNTO 16	1,86	1,86	0,00	0,01
PUNTO 17	1,92	2,28	1,23	0,19
PUNTO 18	0,80	0,80	0,00	0,08
PUNTO 19	1,39	1,39	0,00	0,03

Tabla 59: Cálculos globales de la incertidumbre asociada al ruido residual en periodo nocturno.

Finalmente se calcula la incertidumbre de medición expandida. En la tabla 60 se muestra el cálculo con dos decimales, mientras que en la memoria se muestra con un solo decimal, de acuerdo con el formato de presentación de los resultados de las medidas.

dBA	Incertidumbre de medición expandida periodo diurno	Incertidumbre de medición expandida periodo nocturno
PUNTO 01	1,24	1,47
PUNTO 02	1,24	1,56
PUNTO 03	1,27	1,86
PUNTO 04	1,34	1,85
PUNTO 05	1,62	1,69
PUNTO 06	1,79	2,64
PUNTO 07	1,66	2,74
PUNTO 08	1,58	2,49
PUNTO 09	1,44	2,18
PUNTO 10	1,41	1,89
PUNTO 11	1,43	2,11
PUNTO 12	1,42	1,99
PUNTO 13	1,40	1,88
PUNTO 14	1,39	1,94
PUNTO 15	1,40	2,03
PUNTO 16	1,29	1,88
PUNTO 17	1,89	2,28
PUNTO 18	1,56	2,50
PUNTO 19	1,42	1,92

Tabla 60: Incertidumbre de medición expandida en periodo diurno y nocturno.