



USO DE INDICADORES DE CALIDAD ACÚSTICA, PARA LA VALORACIÓN CUALITATIVA DE LOS AMBIENTES SONOROS (“SOUNDSCAPES”).

Dr. Robert Barti; Dr. Jerónimo Vida
robert@rbd-acústica.com; jvida@urg.es

Resumen.

Cada vez adquiere más importancia el diseño de espacios sonoros, con el fin de conseguir un entorno más amigable. El ruido de tráfico se considera en general la fuente sonora más importante en las calles y plazas de las ciudades. Para mejorar la calidad sonora en estos espacios, se tiende por un lado a reducir el nivel de ruido ambiental, y por otro añadir fuentes sonoras consideradas naturales, con el fin de hacer más agradable el entorno sonoro. Las evaluaciones de los ambientes sonoros, se hacen principalmente mediante encuestas a las personas situadas en los espacios analizados, que en ocasiones se complementan con mediciones del nivel sonoro y grabaciones binaurales. Partiendo de un paseo sonoro concreto, se analizan los resultados de algunas preguntas, y se establece una correlación entre las valoraciones subjetivas por parte de los asistentes al paseo acústico, y el resultado de los indicadores de calidad sonora. Se comprueba como en general, sonidos con niveles muy similares, producen reacciones muy dispares. Se propone el uso del contraste acumulado para valorar la molestia o desagrado del sonido. En la comunicación se resalta la dificultad que supone objetivar la calidad acústica de los ambientes sonoros.

1. Introducción.

El origen de la palabra “soundscape” que se podría traducir por paisaje sonoro, no está bien definido pero uno de los primeros trabajos destacables [1] data de 1967 y establece tres objetivos básicos. El primero el análisis del paisaje sonoro y el lenguaje para su descripción. El segundo objetivo es estudiar las características del paisaje sonoro, tal como se percibe por las personas y el desarrollo de técnicas experimentales para su análisis. Y finalmente investigar las posibilidades que el diseño sonoro de las ciudades ofrece y establecer algunos criterios para su diseño. En su trabajo, el autor realiza un paseo sonoro por el centro de Boston, con 33 puntos de valoración. Es destacable que en pleno auge del uso de la ponderación A, como la panacea universal para la medida del sonido en los años 60, el autor realiza mediciones en octavas (53 Hz a 6,8 KHz) sin usar la ponderación A y utiliza además, el término de percepción sonora. Desde los años 60 hasta la actualidad, la sociedad ha evolucionado mucho, los conocimientos científicos y técnicos son mejores y más precisos, y la tecnología permite unos registros de audio perfectos que permiten un análisis exhaustivo y detallado de los sonidos, que van mucho más allá de una simple medida de presión acústica. Sin embargo, hasta la fecha no se ha desarrollado ningún indicador que permita establecer una correlación precisa entre el resultado objetivo de una medición, y las diferentes percepciones sonoras subjetivas de las personas que están inmersas en un determinado ambiente sonoro. Entre las causas probables, algunas son bien conocidas, como la diferencia entre lo medido con un micrófono, y lo percibido con dos oídos por un humano. Otras son más desconocidas, como la influencia del estado de



ánimo, las condiciones climatológicas, o la influencia de la visión.

2. Ambientes sonoros.

Uno de los sonidos que más está cambiando en las últimas décadas, es el ambiente sonoro que hay en los lugares donde la gente puede estar, como las calles y plazas de las ciudades, es el llamado “soundscape”. Lógicamente ha habido una evolución de la vida rural a la vida en ciudad, y los ruidos en ambos casos eran y son muy distintos. La transición de la vida rural a la vida urbana, puede ser caracterizada en cuanto al ambiente sonoro, como el paso del sonido “Hi-Fi” al “Lo-Fi” (alta fidelidad a baja fidelidad, en el sentido de calidad sonora). La causa es la pérdida de los sonidos y ritmos cotidianos que se pueden encontrar en los ambientes naturales, y no en los ambientes urbanos. En los ambientes sonoros urbanos (“Lo-Fi”, baja calidad sonora) se producen además, sonidos con informaciones acústicas que entran en conflicto con los sonidos que queremos o deseamos escuchar [2].

Diariamente tenemos nuevas experiencias sonoras. Si no detectamos nuevos sonidos, nuestra experiencia sonora diaria puede llegar a ser aburrida. En estos casos en general se opta por dejar de prestar atención al sonido envolvente, y no recordamos ningún sonido concreto. Nuestro sentido auditivo funciona perfectamente, pero es como si no se “grabara” ninguna información en el cerebro. La presencia de nuevos sonidos, propicia la curiosidad auditiva y por tanto capta nuestro interés, aunque si la información presentada es muy redundante, o cuando los sonidos nuevos son extremadamente complejos y no podemos reconocerlos, se pierde esa curiosidad.

Un ejemplo de sonido monótono es el ruido en el interior de un avión en vuelo. El nivel de presión sonora en su interior es elevado, entre 83 y 86 dBA aproximadamente, y el ruido se asemeja mucho al ruido rosa. A pesar de su elevado nivel sonoro, esto no es impedimento para que algunas personas se queden dormidas con facilidad, a pesar de ir vestidos y sentados en un asiento estrecho e incómodo. En este caso nuestro sentido auditivo percibe a los pocos minutos, que no hay información acústica nueva y “desconecta”, lo cual permite conciliar el sueño perfectamente. Sucede lo mismo con el sonido de la lluvia, las olas del mar, etc. son sonidos a los que se les atribuye erróneamente efectos relajantes.

Un ejemplo de sonido que despierta curiosidad es el procedente de la calle en un casco antiguo de una ciudad. Probablemente no haya tráfico de vehículos y los niveles de ruido ambiente sean bastante moderados, digamos entorno a los 40 – 45 dBA, pero las voces que aparecen irregularmente y con diferentes intensidades de algunos peatones, despiertan la curiosidad auditiva, y eso dificulta conciliar el sueño. Nótese que en estos casos podemos tener en el interior de la vivienda niveles L_{eq} alrededor de 25 dBA, y sin embargo no es posible conciliar el sueño. El L_{eq} no tiene en cuenta los desniveles que es lo que realmente atrae nuestra atención acústica, y produce finalmente sensación de molesta e incomodidad.

2.1. Indicadores usados para describir el ambiente sonoro.

En general se observa cómo sonidos con el mismo nivel de presión sonora producen sensaciones muy distintas sobre las personas. Los aspectos cualitativos no se pueden valorar con las mediciones del nivel de presión sonora. Además del nivel de presión acústica, normalmente L_{eq} dBA, se utilizan otros indicadores como los criterios

psicoacústicos, que valoran aspectos cualitativos del sonido. La norma ISO 12913-2, recomienda el uso tanto de indicadores de presión sonora (L_{eq}) como de parámetros psicoacústicos. Los indicadores de nivel L_{eq} , sea ponderado A o C, valoran el nivel sonoro global de un registro sonoro en su totalidad. El loudness, valora mejor la sensación sonora producida que el L_{eq} , pero también se valora el registro sonoro en su totalidad. Los criterios psicoacústicos propuestos en la ISO 12913-2 son: Sharpness, Tonality, Roughness, y Fluctuation Strenght, que valoran aspectos relacionados con el contenido en frecuencia del sonido, lo que aporta mucha más información cualitativa sobre éste, y también valora el registro sonoro en su totalidad.

Los criterios psicoacústicos no son la panacea que va a permitir describir objetivamente los paisajes sonoros con precisión. Ponemos el ejemplo [12] de cinco espacios cerrados dedicados a jardinería, y donde los encuestados deben seleccionar el sonido que les resulta más agradable.

ENTORNO SONORO DESEABLE					
PERSONA	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
P1				X	
P2		X			
P3				X	
P4				X	
P5				X	
P6			X		
P7		X			
P8				X	
P9				X	
P10			X		
P11		X			
P12		X			

Los resultados de las diferentes pruebas realizado por las 12 personas dieron como resultado que las respuestas se repartieron entre los casos 2, 3 y 4. Los niveles sonoros globales se resumen en la tabla siguiente.

CASO	L_{eq} dBA	L_{eq} dBLin
Caso 1	57,2	58,7
Caso 2	52,1	54,3
Caso 3	55,7	57,7
Caso 4	59,7	62,9
Caso 5	57,2	57,8

Podemos ver que el caso 4 es de mayor nivel sonoro, y es considerado el más agradable. Los criterios psicoacústicos recomendados por la ISO 12913-2 se resumen en la tabla siguiente.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Loudness	12.97	10.45	11.26	18.18	12.23
Sharpness	1.65	1.62	1.58	1.81	1.73
Fluctuation Strength	1.54	2.46	1.51	2.04	2.82
Tonality	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Roughness	10.66	10.10	9.60	10.88	9.83

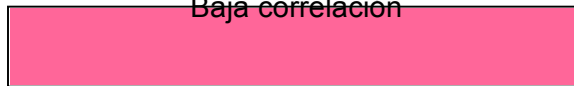
La sonoridad más baja corresponde al caso 2, y justamente la más elevada (caso 4) es la escogida por la mayoría de encuestados como la más agradable. El sharpness tampoco nos muestra un resultado coherente, dado que el valor más elevado también corresponde al caso 4, lo que en todo caso indicaría que es el peor. El resto de indicadores tampoco permite dilucidar porqué el caso 4 se considera más agradable. En el ejemplo mostrado se constata que los criterios propuestos por la ISO 12913-2, no permiten dilucidar que un ambiente sonoro se considere adecuado. El motivo es que se aplica el indicador a todo el



fragmento sonoro y no se tiene en cuenta la evolución temporal de los niveles sonoros.

Tanto si usamos indicadores de nivel sonoro como los indicadores cualitativos, normalmente estos se aplican siempre a todo el registro. Sin embargo cuando las personas valoran cómo es el ambiente sonoro en un espacio, no lo hacen de todo el fragmento de varios minutos, sino de fragmentos más pequeños entre 20 y 30 segundos. Recordemos que la memoria acústica en humanos es muy limitada. Las personas al escuchar un ambiente sonoro, se fijan en diversos aspectos de éste que son cambiantes en el tiempo, tanto en nivel como en frecuencia. Esencialmente el sentido auditivo reconoce sonidos, usando la experiencia sonora acumulada desde la infancia. En base a esta experiencia previa, el lugar, las condiciones de contorno y las características cualitativas y de nivel del sonido, se toman las decisiones que permiten juzgar si lo escuchado es agradable, molesto, irritante, etc. Generalmente la correlación entre los resultados de las mediciones físicas del sonido de largos fragmentos, y las valoraciones subjetivas de las personas, presentan correlaciones pobres.

Baja correlación



Cuando se hace una valoración cualitativa de un sonido, hay muchos elementos externos que pueden influir en mayor o menor grado. El fenómeno que más influye sobre el sentido auditivo es la visión. Son bien conocidas las interacciones entre la imagen y el sonido, de manera que la percepción cognitiva de ambos sentidos se ve alterada. La intensidad de la alteración depende de las condiciones particulares en cada caso y de cada individuo, lo que hace realmente difícil obtener datos fiables de las encuestas sobre los paseos que se pueden realizar en ambientes urbanos. Se han hecho diversos estudios [1] [4] donde se han comparado las respuestas subjetivas con el estímulo sonoro solo, el visual solo o ambos, con resultados distintos. Los resultados de las pruebas sin imagen (con ojos vendados), son más precisos al describir los aspectos cualitativos de los sonidos percibidos, que de otra manera pueden pasar desapercibidos por la mayoría de personas, lo cual tiende a “igualar” la sensibilidad de personas sin experiencia previa con las entrenadas y experimentadas en este tipo de pruebas. No obstante las pruebas con ojos vendados, no reflejan la realidad de la situación, porque salvo las personas con discapacidad visual, la mayoría de personas al andar o pasear ven las imágenes a su alrededor conjuntamente con la percepción sonora, y eso produce unas sensaciones que con los ojos vendados pueden ser distintas en algunos matices. Algunos trabajos [5] sugieren que las personas con discapacidad visual posicionan mejor la procedencia de los sonidos, que las personas con visión normal, pero tapando temporalmente los ojos. Un ejemplo clarificador de éste fenómeno que se ha usado para “resolver” problemas de ruido ambiente, es plantar una barrera vegetal entre el foco sonoro y el receptor a base de arbustos por ejemplo, que privan la visión directa de la fuente de ruido. El nivel sonoro detrás de los arbustos es el mismo que sin los arbustos, pero la sensación sonora percibida aparenta que realmente se ha reducido el ruido de forma apreciable [6], y hace que las quejas generalmente



desaparezcan. Las personas afectadas al no ver a la fuente sonora, les da la sensación de que ésta ha disminuido de nivel.

Dada la influencia notable que las imágenes producen sobre la percepción sonora, algunos autores [4] proponen incluir las imágenes en un indicador que valora la tranquilidad de un sitio. Esta propuesta es muy interesante, ya que abre la posibilidad de incluir la influencia de las imágenes sobre la percepción sonora. La propuesta distingue entre las imágenes naturales, y aquellas que son consideradas peyorativas o degradantes del entorno como grafitis o latas de bebida, con el objetivo de ajustar el resultado del indicador a las respuestas de las personas.

Otros aspectos externos que influyen en la percepción sonora son, la luz, los olores, la climatología y la ionización ambiente en el momento de hacer las pruebas, como los más destacables. Estos elementos pueden incidir en el estado de ánimo de las personas, y en consecuencia en su valoración cualitativa del ambiente sonoro escuchado. No hay estudios que correlaciones de forma unívoca estos fenómenos. Se sabe por ejemplo que un cielo azul o bastante despejado (soleado) mejora el estado de ánimo, mientras que un cielo gris conduce al desánimo, o que la mayor concentración de iones negativos propicia mayor actividad humana pero sin componentes agresivas.

2.1.1. Contraste acústico y contraste acústico acumulado.

El contraste acústico es un indicador que valora la molestia de un sonido en base a los desniveles que presenta. Estos desniveles son lo que hace que el sonido sea percibido como más molesto. La molestia del sonido no es una cuestión de nivel sonoro sino de desniveles sonoros. Un sonido con poco contraste acústico será en principio menos molesto que un sonido con un contraste mayor. Sin embargo, como ocurre con cualquier indicador, su aplicación a largos fragmentos sonoros no aporta ningún beneficio. El contraste acústico se define como la diferencia entre el percentil L5 y el percentil L90 en dBC. No obstante el contraste es útil para valorar sonidos de corta duración.

Para valorar fragmentos sonoros de mayor duración, se define el contraste acumulado que tiene en cuenta las sucesivas oscilaciones de nivel a lo largo de un registro de varios minutos. El contraste acumulado se define como la suma de los desniveles del contraste, para cada intervalo temporal con una integración de 10 segundos. Este valor se considera como una primera aproximación.

2.2. El indicador perfecto.

Un indicador que pudiera prever los resultados de la mayoría de la población en la evaluación de un ambiente sonoro, sería de gran ayuda para poder obtener información que permitiera diseñar los ambientes sonoros adecuados “soundscapes”, correlacionando diferentes aspectos del entorno y su influencia sobre la percepción sonora. Actualmente el diseño de ambientes sonoros se hace en base a experiencias previas favorables, el uso de determinados focos sonoros y elementos arquitectónicos que han dado buenos resultados.

El indicador que en base a parámetros cuantificables del sonido y del entorno y que presente un buen ajuste con las valoraciones subjetivas, debería tener en cuenta los distintos escenarios que van a condicionar en mayor o menor grado las respuestas de los



encuestados. Así si la climatología presenta un día nublado, algo de frío y una brisa, la valoración subjetiva probablemente sea peor que en día soleado, con temperatura agradable, y sin viento. Esto se traduce en que las condiciones de contorno del escenario sonoro que se pretende evaluar, deberían ser consideradas para permitir ajustar los resultados del indicador a las respuestas de las personas.

Cada una de estas condiciones de contorno, se podría considerar como un sub-espacio o escenario sonoro. Si las condiciones externas varían, se varia el sub-espacio aplicable, que mediante un ajuste, permitiría “a priori” disponer de un indicador ajustado o sintonizado a los diferentes espacios sonoros definidos previamente, con el objetivo de poder hacer una previsión de, por ejemplo, la agradabilidad de un ambiente sonoro. Este indicador tendría previsiblemente una elevada correlación con las respuestas subjetivas de la mayoría de personas.

Elevada correlación

3. Como reconocer un ambiente acústico confortable.

En que nos fijamos para decidir si un entorno es acústicamente confortable o agradable? El nivel sonoro en un lugar es importante en la valoración agradable, pero no es un factor determinante, y hay otros elementos que pueden ser más influyentes. El sonido debe “despertar” la curiosidad sonora para que nuestra percepción sea favorable, pero no en exceso, puesto que eso probablemente desencadenaría una reacción adversa en forma de molestia. En un primer paso, la curiosidad sonora se sustenta esencialmente en dos

parámetros: la variabilidad temporal del nivel sonoro, y el contenido en frecuencia del sonido.

Como hacemos para “seleccionar” un orador entre muchas voces, o “seguir” una melodía entre otros sonidos? El sistema auditivo tiene esta capacidad innata.

Durante las últimas décadas los científicos han identificado que pistas usan o no los oyentes, para el análisis acústico de la escena sonora, el llamado ASA (Auditory Scene Analysis). Se sugiere que éste análisis precisa de un grado de atención por parte del sujeto. En éste punto hay dos hipótesis:

- a. El análisis de la escena sonora se produce automáticamente, proporcionando una capacidad de atención con sonidos pre-establecidos, que son seleccionados.
- b. El grado de atención puede influir en el proceso necesario para la detección de los sonidos.

Hay dos aspectos a tener en cuenta en la segregación de los sonidos. Primero, el fenómeno de “streaming” auditivo, que es la capacidad de organización de los sonidos en función del tiempo. Fenómeno usado por los compositores musicales, y que es la esencia básica de nuestra capacidad para “seguir” una conversación inmersa entre otras. En segundo lugar, las diferencias de tonalidad entre oradores, que ayudan a distinguir una conversación de otra [7]. La facilidad que tiene el cerebro para “detectar y seguir” señales con frecuencias concretas es bastante notoria [8]. Esta capacidad se ve modelada o reforzada por la formación musical que tenga una persona en particular [9]. En todo caso, lo que resulta muy común entre las personas afectadas por un ruido no deseado mientras desean conciliar el sueño, es la relativa facilidad que tiene el cerebro para detectar aquel sonido no deseado. Nótese que incluso en períodos de somnolencia, nuestro sentido auditivo sigue funcionando, no descansa nunca, lo que permite al ser humano estar en “alerta permanente” ante cualquier sonido no esperado. Además se da la circunstancia de que la percepción de un determinado sonido tiene una gran componente subjetiva, que hace que la reacción o valoración sea distinta. Dicha subjetividad se justifica esencialmente, por la experiencia previa de cada persona en el desarrollo del tronco encefálico auditivo, en base al análisis que realiza éste de la parte física del sonido, la frecuencia, la amplitud, la evolución temporal, y también del significado que producen dichos sonidos [10], y no por el deseo de llevar la contraria o exagerar el problema, aspecto que en ocasiones lamentablemente sucede.

4. Soundwalking: creando narrativas sonoras.

El llamado “Soundwalking” (paseos sonoros) es un término creado por los miembros del World Soundscape Project en 1970. Se trata de una práctica creativa y de investigación que implica escuchar y, a veces, grabar el sonido mientras se desplaza andando por un lugar. Se ocupa de la relación entre los “Soundwalkers” y su entorno sónico circundante [11]. Los paseos sonoros pueden ser individuales o en grupo, y pueden ser grabados o no. El ritmo del caminar, la vestimenta, la climatología, influyen en las propias percepciones de los sonidos. Valorar la calidad sonora en un punto es factible y técnicamente se puede analizar a partir de una grabación sonora en ese lugar. Sin embargo una valoración mientras el receptor de mueve, implica que los sonidos de las fuentes sean estáticas o no, se desplazan, lo cual dificulta más su evaluación, porque su contenido espectral e intensidad



varían constantemente, y sin imágenes que muestren el movimiento, la valoración sonora es más difícil. Evaluar un recorrido acústico en su totalidad es complicado y carece de sentido acústico. Diferentes situaciones acústicas suceden a lo largo del tiempo que dura el trayecto, y toda esa amalgama de sonidos y sensaciones, difíciles de describir, no permiten obtener una valoración única. Si vamos de un sitio más ruidoso a uno menos ruidoso, que valoración daremos al conjunto? Las valoraciones subjetivas se pueden hacer en un punto concreto. El concepto de “soudwalking” debería obtenerse a partir de una serie de puntos discretos donde se realiza la evaluación, y esas valoraciones que obviamente son cambiantes, coincidirán con las impresiones de las personas. La grabación de sonidos con un equipo profesional, es una herramienta que permite analizar objetivamente los sonidos y extraer conclusiones. Pero un paseo, conlleva un problema con la captación microfónica ya que aparecen componentes de baja frecuencia y saturaciones producidas por las oscilaciones del micrófono con el andar, y además se captan sonidos originados por el portador del micrófono que puede influir notablemente. El micrófono debe estar estático en un punto para evitar estos problemas acústicos.

5. La grabación binaural.

Los sistemas de grabación binaural, permiten obtener registros sonoros con dos canales, lo que permite la “inmersión sonora” a la persona que escuche esa grabación. No obstante, debe tenerse en cuenta que una grabación binaural no es la panacea que nos permita obtener resultados maravillosos. En primer lugar, aunque hay indicadores binaurales de reciente creación, mayoritariamente el análisis de las señales de cada canal se hace por separado, cogiendo generalmente el de mayor nivel sonoro, cuando estrictamente debería ser un procesado binaural, como hace nuestro cerebro. En segundo lugar los registros binaurales, permiten realizar funciones potentes de nuestro sentido auditivo como identificar la procedencia del sonido, seleccionar un sonido o sonidos concretos, mejorar la relación señal-ruido, y decodificar información. La más destacada comercialmente es la localización de fuentes en el espacio 3 D, que en aplicaciones “soundscape” no tiene ningún interés. Con la reproducción de los sonidos mediante auriculares, se pierde la sensación de distancia o profundidad. La reproducción de sonidos a través de altavoces, y a condición de que el pabellón auditivo del maniquí (HATS) sea exactamente igual al nuestro, y del uso de un filtro “cross canceller”, podremos localizar la procedencia de los sonidos, y además tendremos la sensación de profundidad o distancia. Sin embargo los sistemas comerciales no tienen nuestro pabellón auditivo sino una aproximación a éste. La función HRTF personal sería una solución equivalente pero el sistema tampoco dispone de dicha función, por lo que la inmersión 3D queda muy mermada, y el efecto distancia no se puede percibir. La ventaja de utilizar sistemas bicanal para reproducir grabaciones de paisajes sonoros, no es la localización de fuentes sonoras, sino la posibilidad de que nuestro sentido auditivo pueda extraer información de las señales sonoras que llegan de los dos micrófonos, permitiendo una inmersión sonora total. Para realizar este procesado, nuestro cerebro no necesita una señal binaural perfecta [3], basta con una señal estéreo para que el sentido auditivo pueda situarse en la escena sonora, como si estuviera allí. Nótese que para evaluar un paisaje sonoro, no hace falta saber exactamente dónde están situadas las fuentes acústicas para hacernos una idea bastante real del ambiente sonoro. Notemos que la definición acústica del sentido auditivo es aproximadamente de unas decenas de grados.

Los participantes en un paseo sonoro, escogen una posición predefinida, y una orientación en principio libre, en la cual nos sentimos cómodos, por ejemplo de espaldas al sol, o en una sombra. Habitualmente, los participantes en éste tipo de eventos, no están rígidos, estáticos e inmóviles en una posición concreta, sino que suelen moverse ligeramente alrededor de una posición predefinida. En las valoraciones del paisaje sonoro, la “precisión” del registro binaural con sistemas HATS, no aporta información alguna que no se pueda obtener con un sistema estéreo mucho más sencillo, económico y no intrusivo.

6. Descripción del paseo sonoro realizado.

La parte práctica del trabajo, se base en un paseo sonoro que sigue el itinerario que se realizó en la ciudad de Granada el 13 de Abril de 2018 de 12h00 a 14h30. Este itinerario se centra en la parte sud de la ciudad de Granada. La imagen siguiente, muestra con trazo de color rojo, el trazado de dicho paseo sonoro. Se muestran también las paradas donde se realizan las audiciones sonoras, marcados en verde del 1 al 8. Durante las audiciones, que tienen una duración de 10 minutos, y mediante un sonómetro tipo I montado sobre un trípode, se graban de forma simultánea, los datos acústicos relativos a los niveles sonoros, los percentiles y los niveles por bandas de tercio de octava, cada segundo.



En éste itinerario participan un total de 14 personas adultas, de edades comprendidas entre los 20 y los 55 años. Diez de ellas tienen menos de 30 años y sólo 4 superan ésta edad. Por lo tanto tenemos una muestra de población joven. Aunque no se han hecho audiometrías de control, los participantes no manifiestan presentar defectos auditivos.

7. Encuestas realizadas.

Para cada punto los participantes rellenan un cuestionario con 10 preguntas. No obstante para éste trabajo, se utilizan sólo una parte de las preguntas relativas a la apreciación cualitativa del sonido. Seguidamente se muestran éstas preguntas.

De las preguntas mostradas, pareció inicialmente más interesante la pregunta 5, que contrapone diferentes aspectos del sonido en 4 vectores de valoración.

1. **Acogedor** (me agrada) vs **Molesto** (me desagrada).
2. **Caótico** (me desagrada y hay agitación) vs **Calmado** (me agrada y no hay agitación).
3. **Vibrante** (me agrada y hay agitación) vs **Tedioso** (me desagrada y no hay agitación).
4. **Estático** (no hay agitación) vs **Dinámico** (hay agitación).

En éste estudio, se utilizan los datos de los punto 2, 5 y 8, para valorar la bondad de un indicador de calidad sonora específico para valorar la molestia del ruido. Los datos mostrados en adelante se refieren a éstos puntos.

5. El AMBIENTE SONORO de este lugar ES										
(ESCALA: 1 - "desacuerdo total" → 10 - "totalmente de acuerdo")										
5-1	ACOGEDOR (me agrada)									
	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐	10 ☐
5-2	CAÓTICO (me desagrada y hay agitación)									
	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐	10 ☐
5-3	VIBRANTE (me agrada y hay agitación)									
	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐	10 ☐
5-4	ESTÁTICO (no hay agitación)									
	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐	10 ☐
5-5	CALMADO (me agrada y no hay agitación)									
	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐	10 ☐
5-6	MOLESTO (me desagrada)									
	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐	10 ☐
5-7	DINÁMICO (hay agitación)									
	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐	10 ☐
5-8	TEDIOSO (me desagrada y no hay agitación)									
	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐	10 ☐

7. Valore la TRANQUILIDAD del ambiente sonoro de este lugar					
7-1	no es tranquilo	ligeramente	un poco	tranquilo	muy tranquilo
	☐	☐	☐	☐	☐

8. Valore si es AGRADABLE el ambiente sonoro de este lugar					
8-1	nada agradable	ligeramente	un poco	agradable	muy agradable
	☐	☐	☐	☐	☐

9. Valore el RUIDO del ambiente sonoro (su volumen, magnitud, no su calidad)					
9-1	nada ruidoso	ligeramente	un poco	ruidoso	muy ruidoso
	☐	☐	☐	☐	☐

8. Descripción de los puntos escogidos para el estudio.

8.1. Punto 2.

Es punto situado en una plaza con espacios muy abiertos. Por el Oeste hay un edificio de PB+6 situado a unos 48 metros de distancia. La forma del edificio más cercano no permite la presencia de fuertes reflexiones de sonido sobre la zona de prueba. Por el Sur aproximadamente se encuentra otro edificio de PB+6 pero está situado a unos 174 m de distancia, por lo que su influencia se considera despreciable, respecto de las fuentes

sonoras más próximas. Al Este hay un estadio de atletismo sin construcciones elevadas. Y finalmente por el Norte hay un edificio de PB+3, situado a unos 164 m de distancia con influencia igualmente despreciable. La imagen siguiente muestra el punto 2 del recorrido.



8.1.1. Fuentes sonoras próximas del punto 2.

El punto de observación se encuentra rodeado de vías importantes de circulación, incluyendo una amplia rotonda. También se observa un tranvía que pasa por el Este.

8.2. Punto 5.

El punto 5 también se encuentra en una zona amplia con edificios no muy cercanos. Al Norte hay edificios de PB+3 situados a unos 62 metros. Al Sud-Este un edificio de PB+4 situado a unos 157 metros. Al Sur, un edificio de PB+7 situado a unos 68 metros. Y finalmente al Oeste unas construcciones de PB+1 situadas a 63 metros.

8.2.1. Fuentes sonoras próximas del punto 5.

El punto de observación se encuentra en una zona bastante despejada de edificios, y da a una avenida importante con paso de tranvía. La imagen siguiente muestra el punto 5.



8.3. Punto 8.

Este punto se encuentra en una zona bastante despejada. Al Noreste, hay unos edificios de PB+11 que por la forma cóncava de las fachadas, pueden focalizar sonido sobre el punto de observación, situados a unos 68 metros. Al Sureste se encuentra un centro hospitalario con diferentes edificios de PB+7 situados a unos 122 metros con escasa influencia acústica. Por el Oeste hay un edificio de PB+3 situado a unos 110 metros con escasa influencia acústica.

8.3.1. Fuentes sonoras próximas del punto 8.

El punto de observación se encuentra cercano a una vía de circulación importante. También se encuentra en las cercanías el paso del tranvía. La autovía A-44 pasa a unos 340 metros de distancia del punto de observación. La imagen siguiente muestra el punto 8 del recorrido.



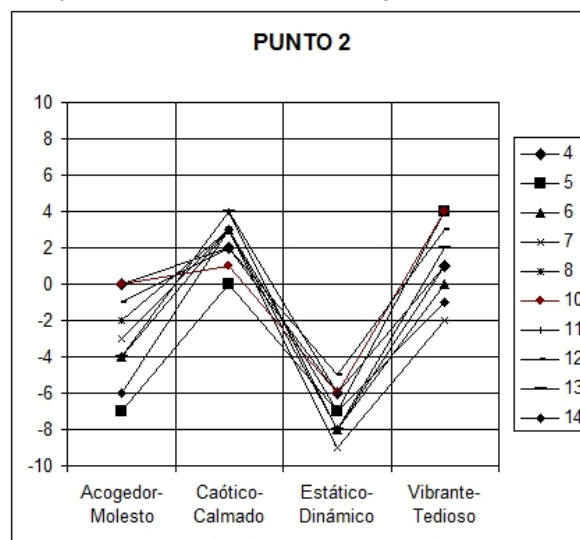
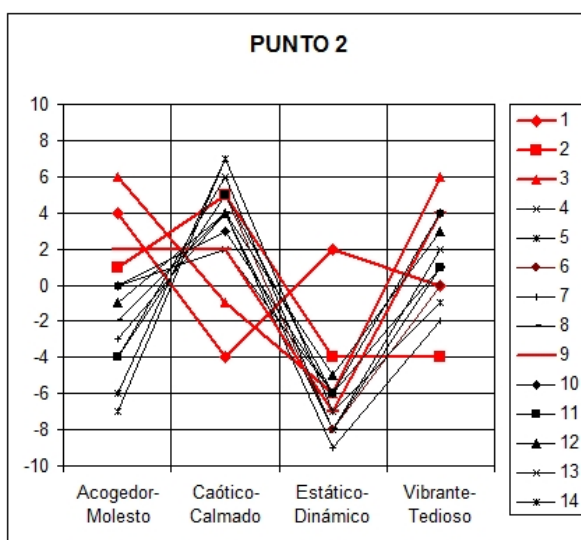
9. Resultado de las encuestas realizadas pregunta 5.

Inicialmente se utilizan los resultados de la pregunta 5 para probar la bondad del indicador de calidad sonora, dado que ésta pregunta presenta una valoración en principio más precisa por parte de los encuestados. Para obtener los 4 vectores, se restan las puntuaciones contrapuestas dando una escala de -10 a 10, obteniéndose los siguientes resultados.

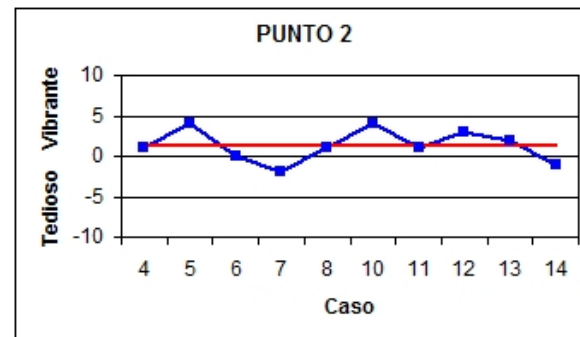
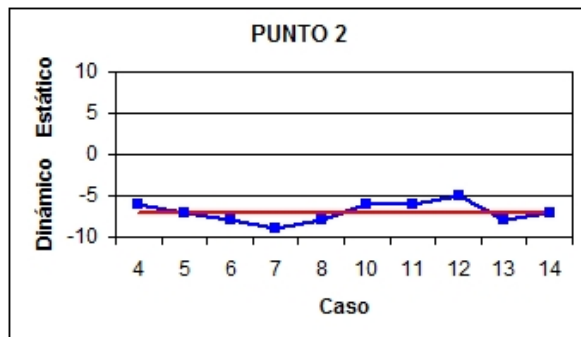
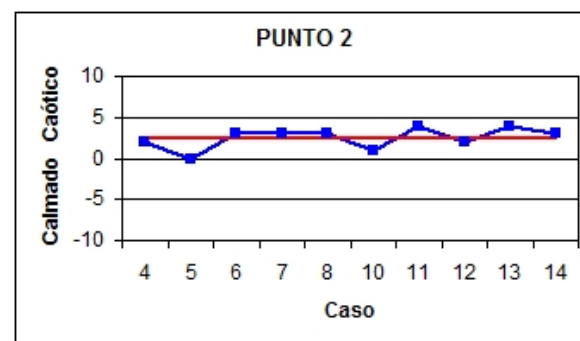
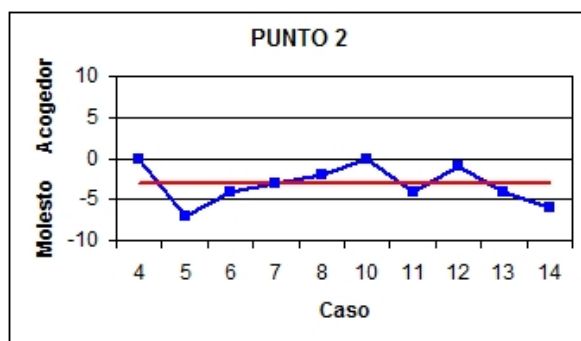
	Acogedor-Molesto	Caótico-Calmado	Estático-Dinámico	Vibrante-Tedioso
1	4	-4	2	0
2	1	5	-4	-4
3	6	-1	-6	6
4	0	2	-6	1
5	-7	7	-7	4
6	-4	5	-8	0
7	-3	4	-9	-2
8	-2	4	-8	1
9	2	2	-7	4
10	0	3	-6	4
11	-4	5	-6	1
12	-1	4	-5	3
13	-4	6	-8	2
14	-6	7	-7	-1

9.1. Punto 2.

A la izquierda se muestran los resultados iniciales. Como se puede observar hay respuestas incoherentes marcadas en color rojo que pueden desvirtuar los resultados totales, y éstas respuestas son descartadas, obteniendo el gráfico de la derecha. Concretamente se descartan las respuestas 1,2,3 y 9 marcadas en color rojo.



Esto nos permite obtener la respuesta de las encuestas para el punto 2, que se muestran gráficamente a continuación. La tabla inferior

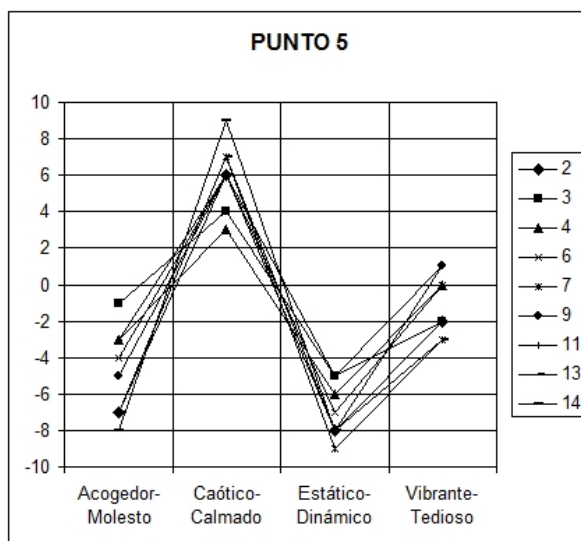
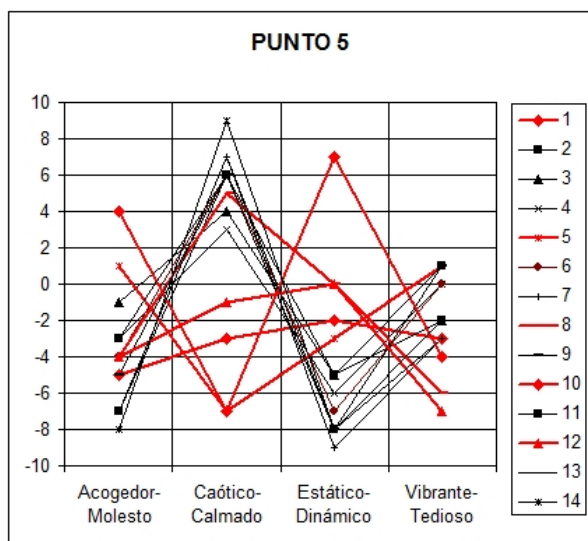


muestra los resultados promedios obtenidos.

Punto	Acogedor-Molesto	Caótico-Calmado	Estático-Dinámico	Vibrante-Tedioso
2	-3,10	2,50	-7,00	1,30

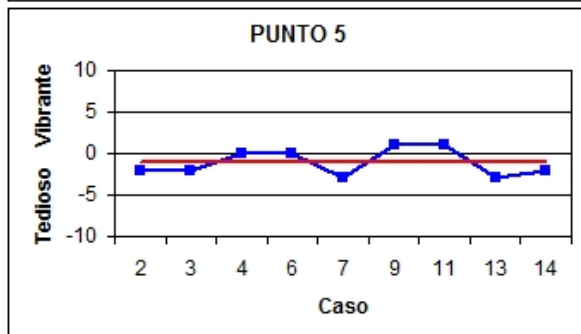
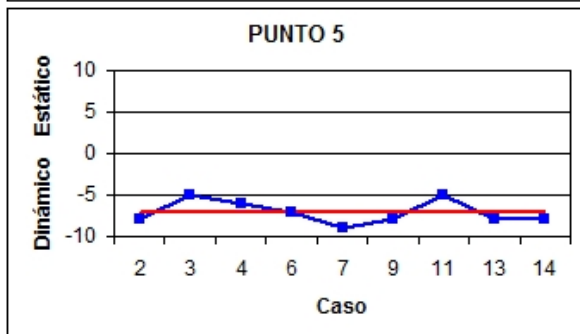
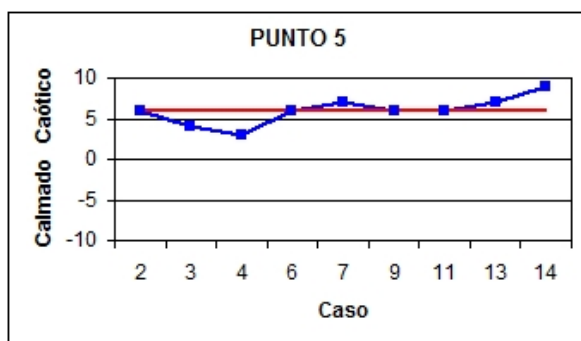
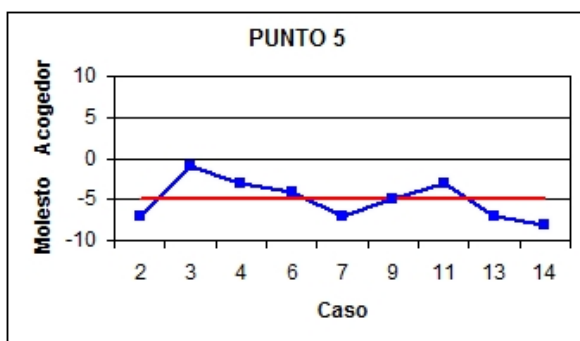
9.2. Punto 5.

A la izquierda se muestran los resultados iniciales. Como se puede observar hay respuestas incoherentes marcadas en color rojo que pueden desvirtuar los resultados totales, y éstas respuestas son descartadas, obteniendo el gráfico de la derecha.



Concretamente se descartan las respuestas 1,5,8,10 y 12 marcadas en color rojo.

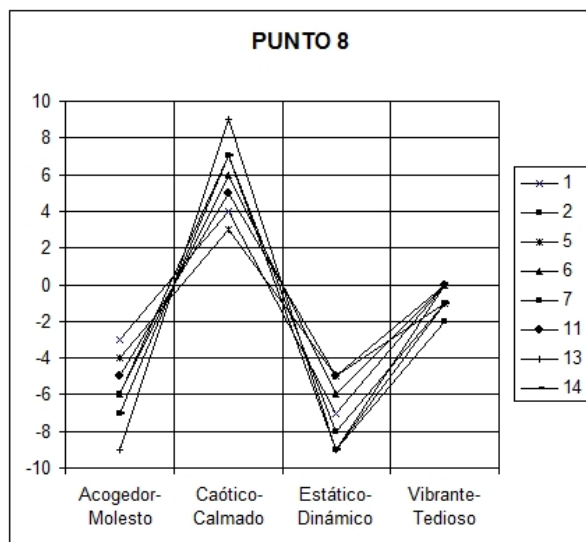
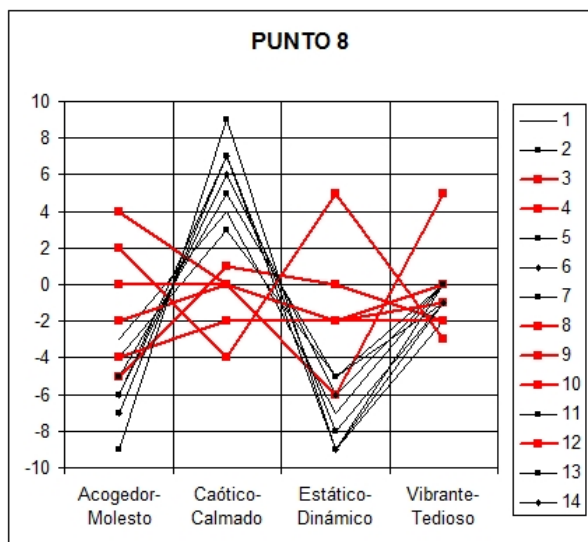
Esto nos permite obtener la respuesta de las encuestas para el punto 5, que se muestran gráficamente a continuación. La tabla inferior muestra los resultados promedios obtenidos.



Punto	Acogedor-Molesto	Caótico-Calmado	Estático-Dinámico	Vibrante-Tedioso
5	-5,00	6,00	-7,11	-1,11

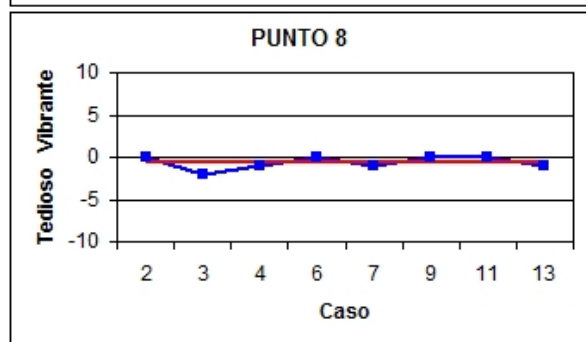
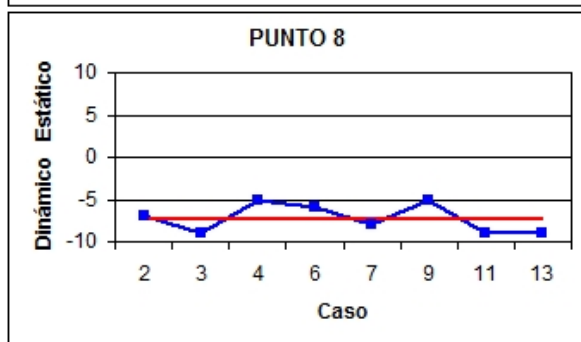
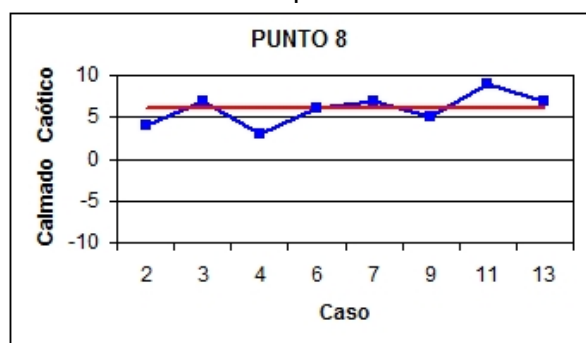
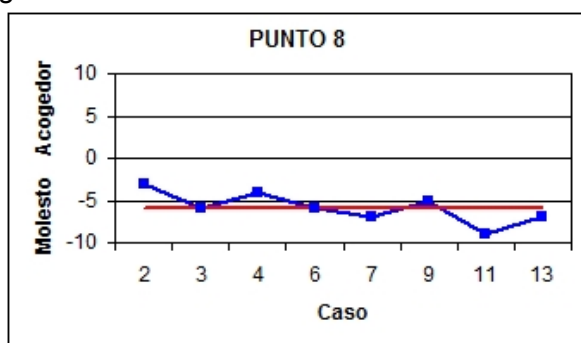
9.3. Punto 8.

A la izquierda se muestran los resultados iniciales. Como se puede observar hay respuestas incoherentes marcadas en color rojo que pueden desvirtuar los resultados totales, y éstas respuestas son descartadas, obteniendo el gráfico de la derecha.



Concretamente se descartan las respuestas 3,4,8,9,10 y 12 marcadas en color rojo.

Esto nos permite obtener la respuesta de las encuestas para el punto 5, que se muestran gráficamente a continuación. La tabla inferior muestra los resultados promedios obtenidos.



Punto	Acogedor-Molesto	Caótico-Calmado	Estático-Dinámico	Vibrante-Tedioso
8	-5,88	6,00	-7,25	-0,63

10. Valoración de los resultados de la pregunta 5.

Los resultados de la encuesta de la pregunta 5, sobre los puntos 2, 5 y 8 se resumen en la tabla siguiente.

Punto	Acogedor-Molesto	Caótico-Calmado	Estático-Dinámico	Vibrante-Tedioso
2	-3,10	2,50	-7,00	1,30
5	-5,00	6,00	-7,11	-1,11
8	-5,88	6,00	-7,25	-0,63

Se puede observar que algunos vectores presentan valores elevados, lo que demuestra que los encuestados tenían claro el concepto y su valoración cuantitativa, como es el caso del vector Estático – Dinámico. Estos muestran tener claro el concepto que se pide valorar, y los resultados no se prestan a interpretaciones dispares. Por contra los resultados obtenidos del vector Vibrante – Tedioso muestran que los encuestados no tenían clara la puntuación, puntuando valores bajos similares en un sentido y otro, dando como resultado valores cercanos a cero. En éste vector el término “me agrada” está bien identificado, es decir, el sonido gusta o no. Sin embargo el término “hay agitación”, refiriéndose a un aspecto acústico, quizás no sea tan fácil de interpretar. El concepto agitación, conlleva la idea de movimiento y en éste caso, las imágenes que ven los encuestados pueden influir notablemente más que en otros vectores. Los otros vectores presentan tendencias muy claras, por identificar fácilmente que aspecto del sonido se desea valorar. El punto del recorrido que se considera más molesto según los resultados de la pregunta 5, nos indica que es el punto 8, el cual presenta un promedio de -5,88 (molesto). Notemos que los otros dos puntos, también tienen una calificación negativa (molesta) siendo el punto 5 el más cercano con una puntuación de -5,0.

11. Mediciones realizadas.

En los puntos del recorrido indicados anteriormente, se hace una medición sonométrica con un sonómetro de tipo I. Este equipo se programa para que tome muestras cada segundo y obtenga los niveles sonoros con diferentes ponderaciones, los valores percentiles, y también los espectros en tercio de octava entre 20 Hz y 20 KHz. El sonómetro se coloca suficientemente alejado del grupo de personas, como muestran las siguientes imágenes.

11.1. Punto 2.

Posición del sonómetro de medida en el punto P2.



11.2. Punto 5.

Posición del sonómetro de medida en el punto P5.



11.3. Punto 8.

Posición del sonómetro de medida en el punto P8.



12. Niveles sonoros medidos.

Los niveles sonoros medidos en cada punto, se muestran en las tablas siguientes, con resultados evaluados cada minuto, y en global.

12.1. Niveles sonoros en el punto 2.

Minuto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	Minuto
Leq	59,8	60,6	62,3	59,9	64,7	66,7	62,3	74,2	58,8	60,9	66,3	Leq
LE	77,6	78,4	80,1	77,7	82,5	84,5	80,1	92,0	76,6	78,7	94,1	LE
Lmax	63,4	65,1	71,0	63,5	72,4	72,4	68,5	83,3	63,1	66,5	74,5	Lmax
Lmin	55,7	56,8	54,7	57,7	58,3	60,8	59,4	60,0	54,7	54,8	57,8	Lmin
L5	63,6	64,3	70,0	61,9	71,4	71,7	65,8	82,3	62,4	65,4	73,5	L5
L10	62,7	63,0	65,3	61,2	68,4	70,1	64,5	79,3	61,2	64,6	70,7	L10
L50	58,8	60,0	60,3	59,8	61,2	65,2	61,7	66,5	58,3	59,7	62,0	L50
L90	56,3	57,7	56,3	58,1	59,0	62,3	59,9	61,3	55,7	56,0	58,9	L90
L95	56,1	57,1	55,5	57,6	58,8	61,6	59,6	60,5	55,1	55,4	58,3	L95
LCpeak	84,7	91,5	88,4	86,6	90,0	90,0	91,2	96,5	85,9	89,2	90,7	Lpeak
LALeq	60,9	62,2	66,8	61,9	69,8	69,4	64,3	76,6	62,1	63,7	69,0	LALeq

12.2. Niveles sonoros en el punto 5.

Minuto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	Minuto
Leq	65,9	65,4	62,5	63,8	62,8	65,9	63,8	63,3	63,3	66,6	64,6	Leq
LE	83,7	83,2	80,3	81,6	80,6	83,7	81,6	81,1	81,1	84,4	92,3	LE
Lmax	73,0	74,1	71,4	71,2	70,5	75,4	74,2	70,8	72,7	77,0	73,5	Lmax
Lmin	57,3	54,5	53,9	57,1	54,6	54,0	55,8	57,9	56,7	59,1	56,4	Lmin
L5	70,9	73,0	69,3	69,7	69,4	74,4	71,3	67,6	68,6	72,4	71,1	L5
L10	70,1	69,3	66,7	66,8	68,2	71,0	68,5	66,9	66,9	69,7	68,7	L10
L50	63,1	60,9	59,6	62,0	59,3	60,1	59,4	62,0	60,8	62,7	61,2	L50
L90	58,6	56,8	56,0	58,0	55,8	55,4	56,2	58,4	57,4	59,4	57,4	L90
L95	58,0	56,0	55,1	57,6	55,2	54,9	56,0	58,1	57,0	59,0	56,9	L95
LCpeak	96,7	99,1	92,8	93,5	92,4	97,8	97,9	88,9	96,5	100,9	96,9	Lpeak
LALeq	70,6	69,6	66,1	66,9	66,2	69,7	69,4	64,5	67,0	71,3	68,6	LALeq

12.3. Niveles sonoros en el punto 8.

Minuto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL	Minuto
Leq	57,0	60,9	60,0	61,1	61,5	60,6	61,0	61,0	62,9	62,2	61,0	Leq
LE	74,8	78,7	77,8	78,9	79,3	78,4	78,8	78,8	80,7	80,0	88,8	LE
Lmax	62,6	67,6	65,1	65,3	67,5	64,6	64,8	64,6	68,5	68,1	66,2	Lmax
Lmin	55,5	55,7	57,3	57,2	56,8	56,8	57,1	57,3	58,6	58,0	57,1	Lmin
L5	58,5	66,5	63,3	63,7	66,5	63,1	64,4	64,6	67,5	67,3	65,2	L5
L10	57,8	65,3	62,6	63,4	64,4	62,4	63,9	63,7	66,3	66,2	64,1	L10
L50	56,8	59,1	59,0	60,2	60,5	60,2	60,4	60,1	61,7	60,6	60,0	L50
L90	55,7	56,4	57,5	58,0	57,5	58,4	58,0	58,0	59,3	58,5	57,8	L90
L95	55,6	55,9	57,2	57,7	57,2	57,7	57,6	57,8	59,0	58,0	57,5	L95
LCpeak	88,9	96,7	91,0	95,3	87,9	93,0	87,2	88,7	88,9	87,1	91,8	Lpeak
LALeq	59,4	63,4	62,5	63,1	63,3	63,7	62,7	62,9	67,3	65,9	63,9	LALeq

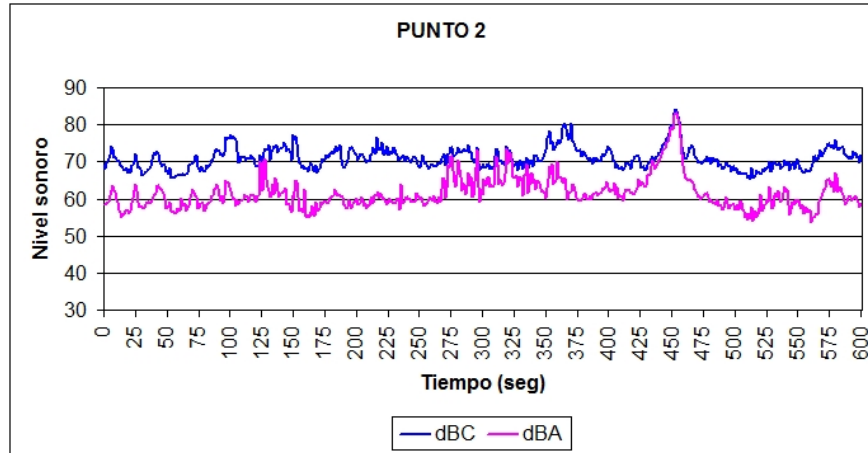
12.4. Valoración de los resultados del nivel sonoro.

El nivel Leq obtenido para cada punto, muestra el máximo nivel con 66,3 dBA para el punto 2. El ruido de fondo, valorado con el indicador L90, es muy similar en los tres casos analizados, por lo que no influye en principio sobre la percepción sonora en cada punto. A partir de los resultados obtenidos, se podría deducir que el punto más ruidoso es el P2, sin embargo la encuesta revela que el punto más ruidoso es el P8. Es bien conocido que la molestia de un ruido no es una cuestión únicamente de nivel sonoro, que también en algunos casos, sino de calidad sonora. El aspecto cualitativo del sonido, no se puede valorar con los indicadores mostrados en éste apartado. Por otro lado las sensaciones sonoras de los participantes son cambiantes con el tiempo, es decir el ambiente sonoro no es constante. Estas oscilaciones de nivel producen distintas reacciones y sensaciones sonoras. Resulta ventajoso tener en cuenta la evolución temporal del sonido para poder valorar los resultados de una forma más cercana a la realidad. La valoración de la evolución del nivel sonoro se muestra seguidamente.

13. Evolución de los niveles sonoros medidos.

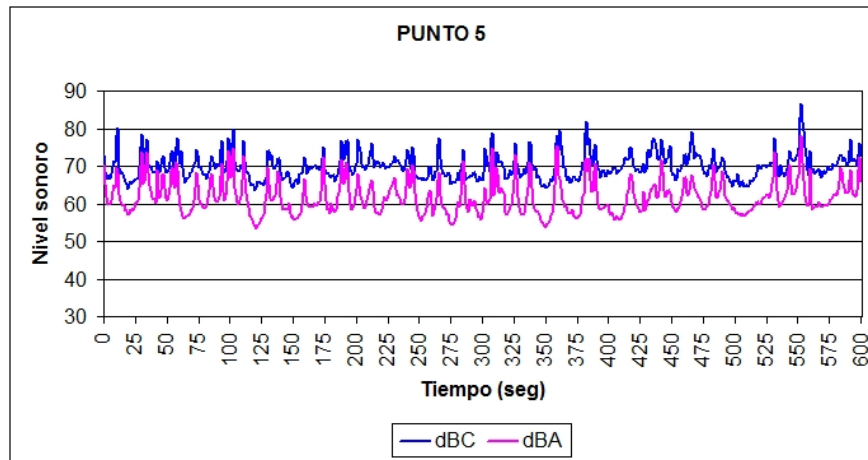
13.1. temporal

Evolución punto P2.

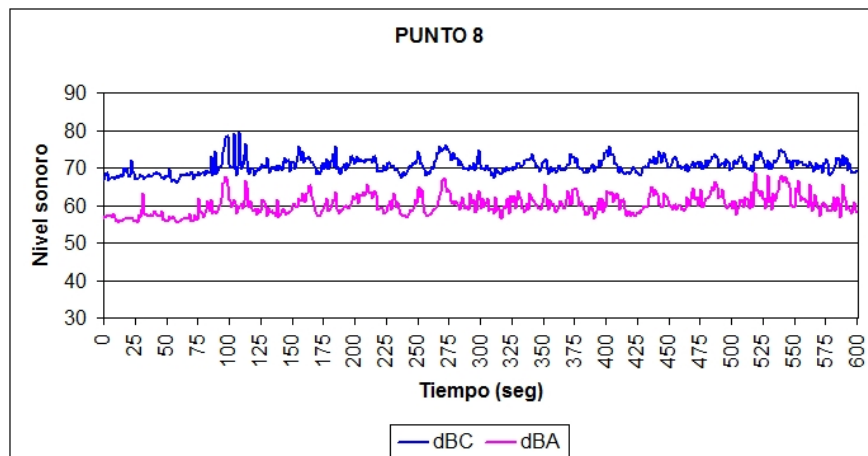


13.2. temporal

Evolución punto P5.

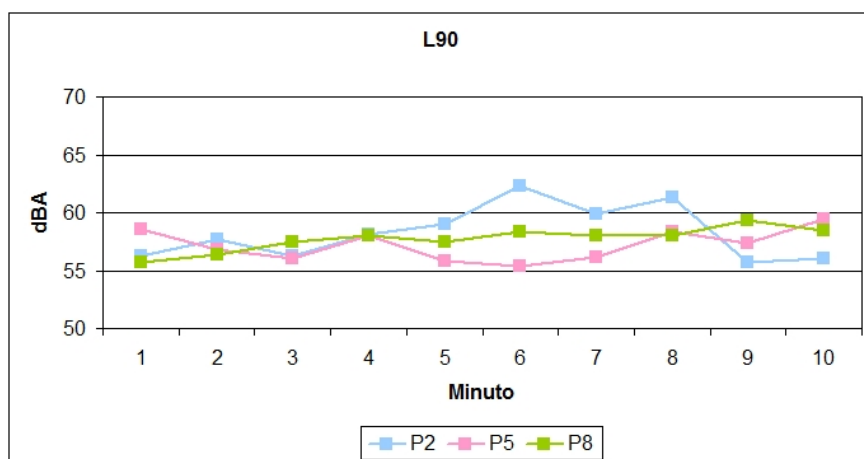


13.3. Evolución temporal punto P8.



13.4. Valoración de los resultados de la evolución del nivel sonoro.

Teniendo en cuenta que los niveles sonoros de los tres registros son similares, se observa que el registro del punto 8 presenta menos oscilaciones. Esto se traduce en un sonido más monótono y en principio, con menos posibilidades de ser molesto. Sin duda el registro que más desniveles presenta es el del punto 5. Estos desniveles superan en general los 10 dBA. Sin embargo para que sean percibidos como molestos deben destacar suficientemente del ruido de fondo. Cuanto más bajo sea éste, más molesto se va a considerar. El ruido de fondo obtenido a partir del indicador L90, se muestra en el gráfico siguiente, y los niveles globales de ruido de fondo y nivel global, se muestran en las tablas siguientes.



PUNTO	L90 dBA
P2	58,9
P5	57,4
P8	57,8

PUNTO	Leq dBA
P2	66,3
P5	64,6
P8	61,0

Se puede comprobar cómo el nivel de ruido de fondo más bajo numéricamente corresponde al punto 5. El punto 2 es el que presenta el valor más elevado debido al pico sonoro que se produce en el segundo 450 aproximadamente. A la derecha se muestran los niveles globales Leq en dBA. Por tanto utilizando el indicador Leq dBA el punto 2 sería el considerado más molesto, por presentar un mayor nivel sonoro.

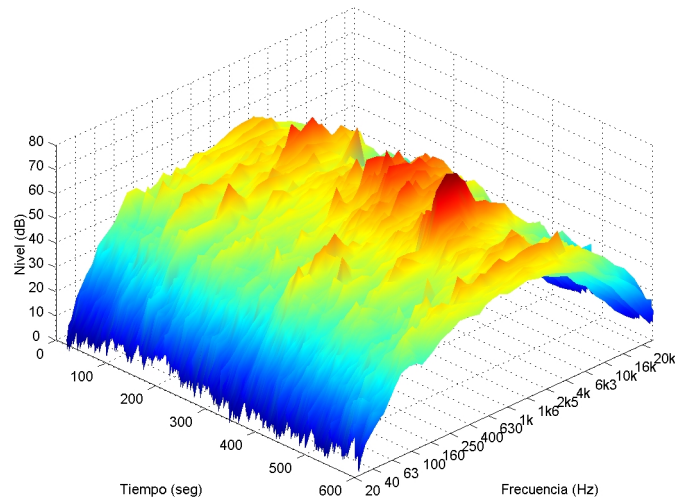
14. Evolución temporal del espectro sonoro.

Los sucesivos espectros sonoros a lo largo de los diez minutos de grabación, nos permiten visualizar los niveles y las frecuencias implicadas en el fenómeno sonoro. Partiendo de los datos espectrales en tercio de octava obtenidos por el sonómetro cada segundo, se confeccionan los "waterfalls" sonoros para los puntos 2, 5 y 8, que se muestran en las figuras siguientes. La definición temporal es de 1 segundo, y se representan los tercios de octavas de 20 Hz a 20 KHz. La escala de niveles (dB) se iguala en los tres casos para

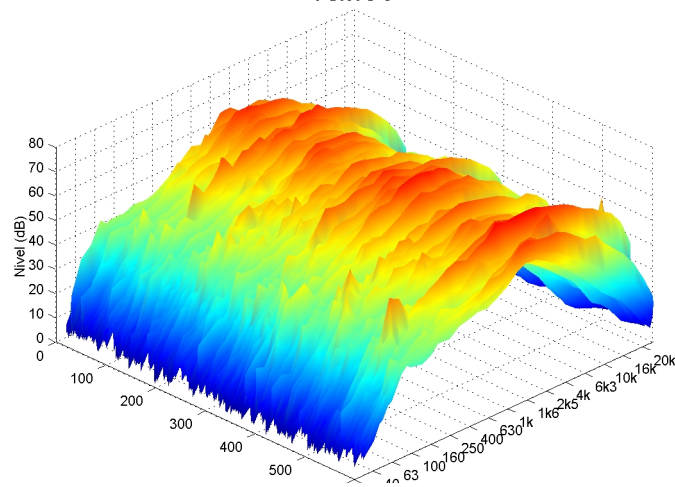


poder compararse cómodamente.

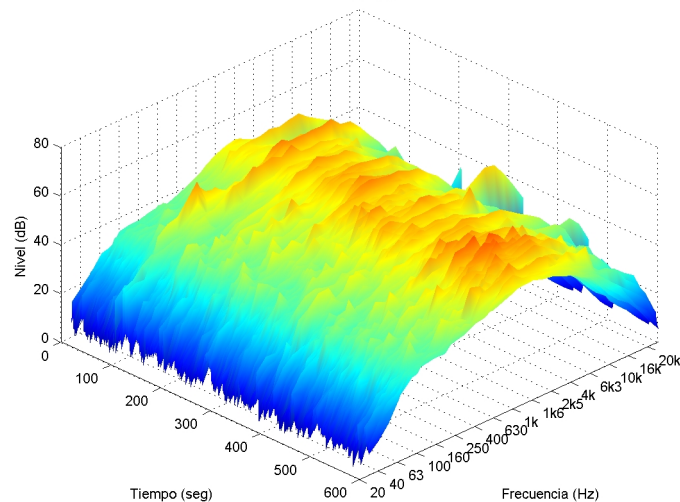
PUNTO 2



PUNTO 5



PUNTO 8



14.1. Valoración de la evolución temporal de los espectros sonoros.

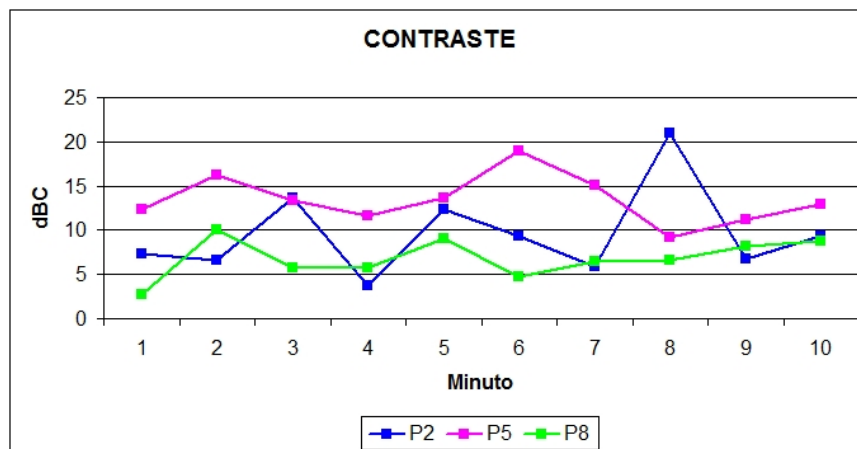
Como muestran las imágenes anteriores, el espectro del punto 8 es el que presenta unos niveles más bajos durante todo el período temporal. Tampoco se aprecian estridencias en frecuencia. A priori pues el sonido del punto 8 podría ser considerado como el menos molesto. Aun considerando el pico de señal que aparece en el punto 2 como un suceso atípico, los niveles del punto 2 son superiores a los del punto 8, y por tanto sería considerado más molesto que éste. Finalmente el punto 5 es el que presenta unos niveles espectrales más elevados durante todo el período de registro, lo que en principio se podría traducir en que el punto 5 sería el considerado más molesto.

15. Resumen del análisis con los indicadores Leq y espectro.

El nivel Leq dBA del punto 2 es el más elevado con 66,3 dBA, respecto del punto 5 con 64,6 dBA, y del punto 8 con 61 dBA. Usando el indicador Leq en dBA, el punto 2 sería el más molesto. Si el pico que aparece en el segundo 450 del registro se considera por los encuestados como un suceso “atípico” y no se computa, esta valoración podría cambiar, pero esto es sólo una suposición. Por otro lado los espectros de los punto indicados, muestran que el punto 5 podría ser considerado como el más molesto, ya que presenta mayores niveles sonoros durante más tiempo.

16. Indicador del grado de molestia del sonido. Contraste acústico.

El contraste acústico se define como la diferencia entre el L5 y el L90 del registro global. Se muestra seguidamente el contraste acústico para cada minuto del registro en los tres puntos analizados.

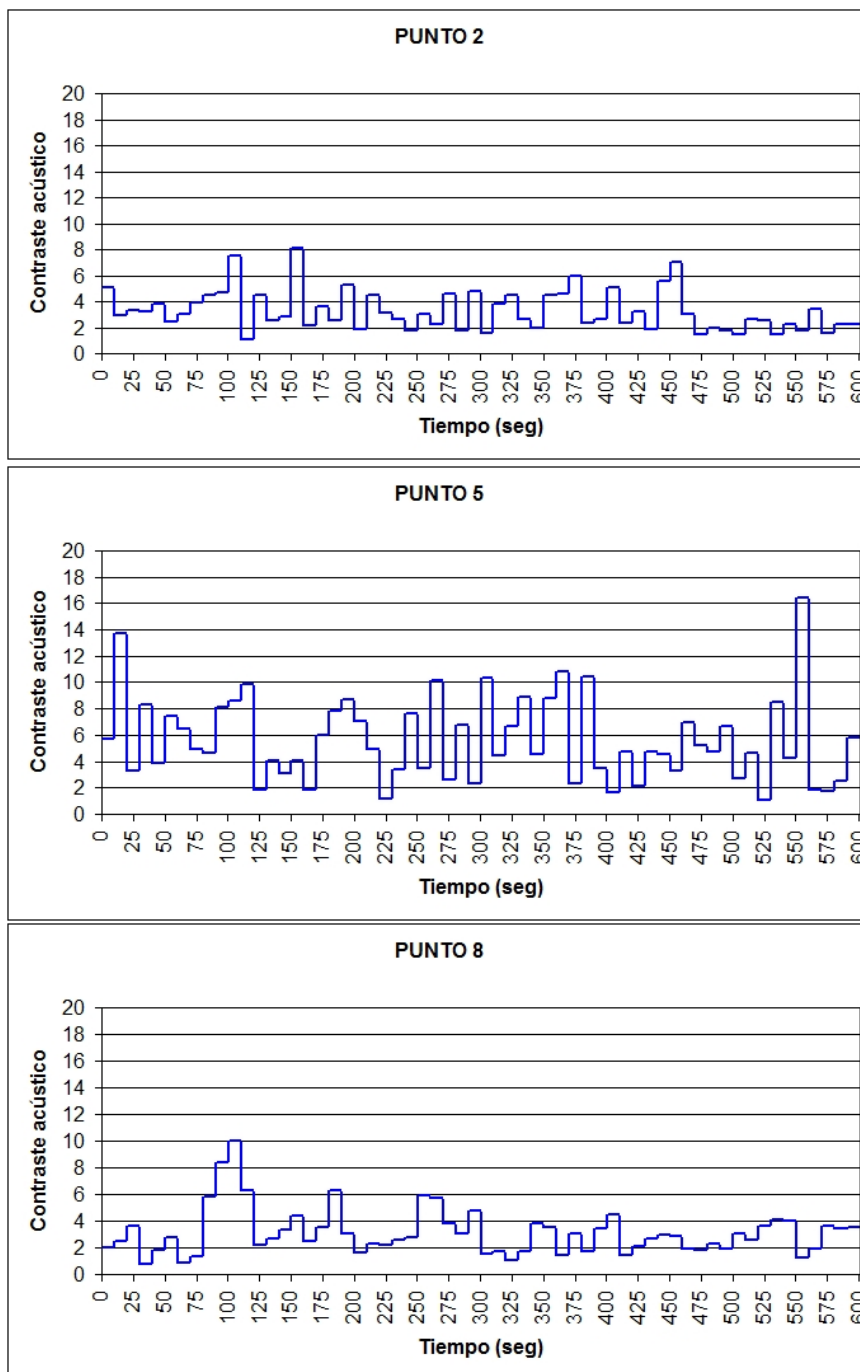


Como se puede observar, el nivel de contraste varía para cada punto. Dar un resultado final

con un promedio, sea éste aritmético o no, no aporta ninguna ventaja. Para señales con duraciones superiores a unas decenas de segundos, debería usarse el concepto de análisis dinámico, con un grado de integración temporal adecuado.

16.1. Contraste acumulado.

El análisis dinámico de la señal, permite obtener unos parámetros más cercanos al procesado humano. En éste caso, el contraste valora los desniveles de la señal para establecer su grado de molestia. Se fija inicialmente un tiempo de integración de 10 seg. Los resultados obtenidos se muestran seguidamente.



El contraste acumulado se define como la suma de desniveles absolutos durante el período estudiado. El contraste acumulado para cada punto se resume en la tabla siguiente.

PUNTO	CONTRASTE ACUMULADO
Punto 2	100,3
Punto 5	225,1
Punto 8	77,1

16.2. Valoración de los resultados del contraste acumulado.

Tal como muestra la tabla anterior, el punto considerado más molesto sería el 5, y el menos molesto y por tanto el más agradable, sería el punto 8. Esta puntuación no coincide con los resultados de la pregunta 5 de la encuesta mostrados en el apartado 10 que reproducimos seguidamente.

Punto	Acogedor-Molesto
2	-3,10
5	-5,00
8	-5,88

Porqué los encuestados manifiestan mayoritariamente que el sonido del punto 8 es el más molesto de los tres? Tratamos de resolver esta cuestión.

Tras todos los análisis realizados, no parece que el sonido del punto 8 sea realmente el más molesto, ya que la evolución temporal del espectro mostraba un sonido con pocos desniveles, como corrobora el contraste acumulado 77,1 del punto 8, frente a los 225,1 del punto 5. Tiene que haber una causa que se nos ha pasado por alto. Repasando todos los datos y cálculos, no se detecta ningún error que pudiera justificar estos resultados.

17. Resultados de las preguntas 7, 8 y 9.

Como se ha descrito en el apartado 7, hay tres preguntas relativas a la sensación cualitativa del sonido en los distintos puntos. Estas preguntas valoran tres aspectos:

7. Valore la TRANQUILIDAD del ambiente sonoro de este lugar					
7-1	no es tranquilo	ligeramente	un poco	tranquilo	muy tranquilo
	☐	☐	☐	☐	☐

8. Valore si es AGRADABLE el ambiente sonoro de este lugar					
8-1	nada agradable	ligeramente	un poco	agradable	muy agradable
	☐	☐	☐	☐	☐

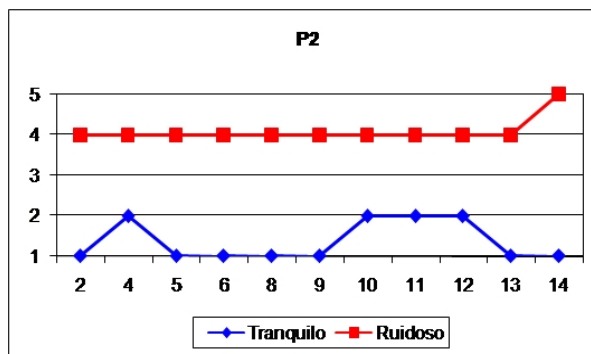
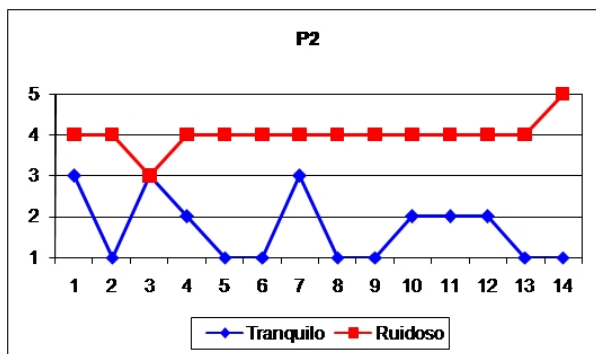
9. Valore el RUIDO del ambiente sonoro (su volumen, magnitud, no su calidad)					
9-1	nada ruidoso	ligeramente	un poco	ruidoso	muy ruidoso
	☐	☐	☐	☐	☐

La

pregunta 9 pide explícitamente la valoración del ruido como aspecto negativo del sonido escuchado, en contraposición generalmente al concepto tranquilidad. El concepto agradable no siempre esta contrapuesto al concepto de ruido. Cabe recordar que el término ruido se usa frecuentemente como sinónimo de molesto.

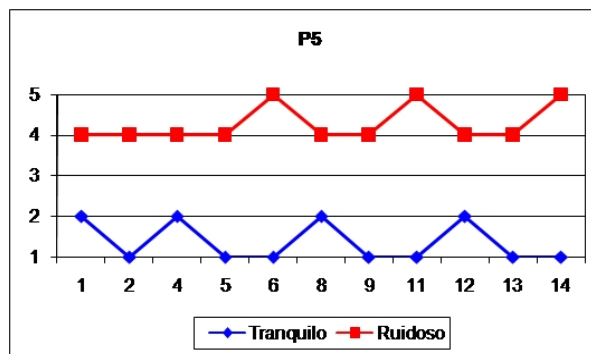
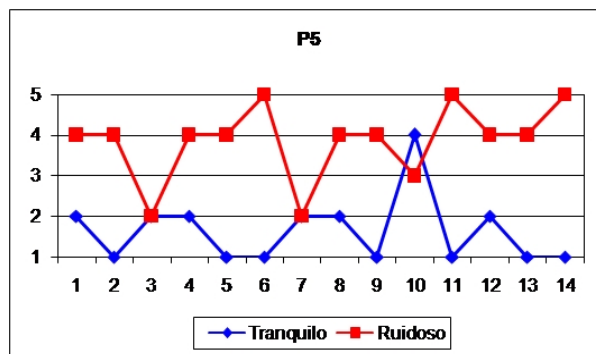
17.1. Resultados para el Punto 2.

Los datos iniciales de la encuesta se muestran en el gráfico de la izquierda, mientras que los resultados sin respuestas incoherentes, se muestra a la derecha.



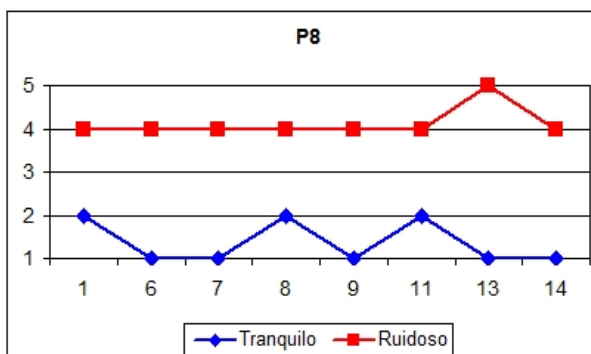
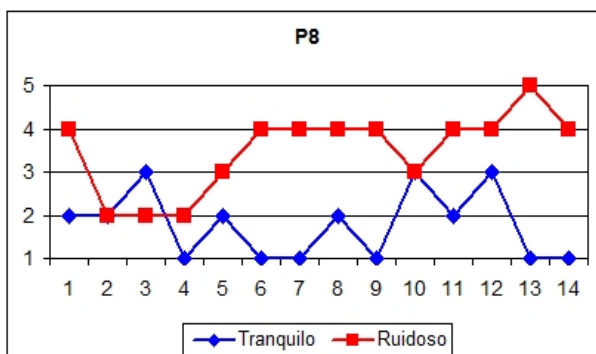
17.2. Resultados para el Punto 5.

Los datos iniciales de la encuesta se muestran en el gráfico de la izquierda, mientras que los resultados sin respuestas incoherentes, se muestra a la derecha.



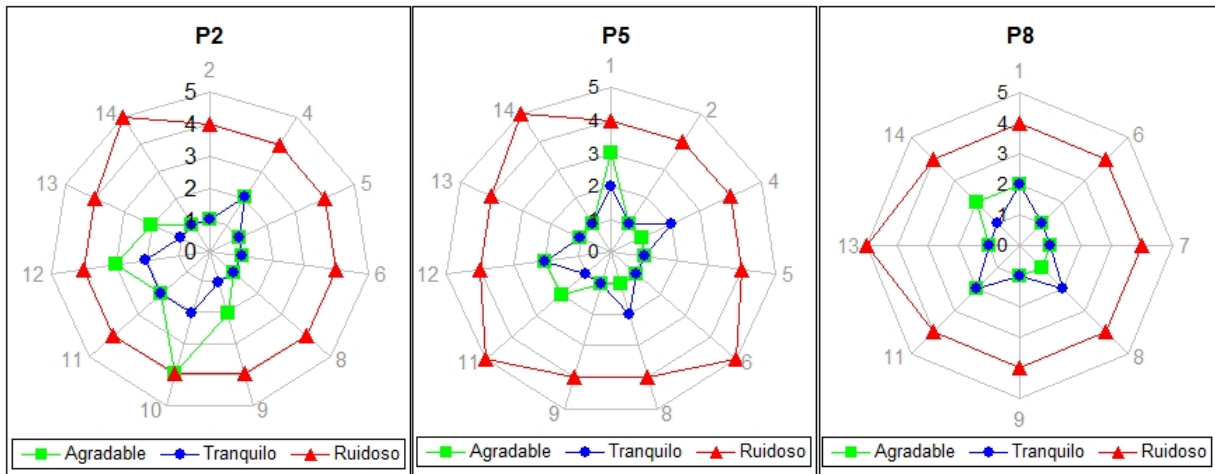
17.3. Resultados para el Punto 8.

Los datos iniciales de la encuesta se muestran en el gráfico de la izquierda, mientras que los resultados sin respuestas incoherentes, se muestra a la derecha.



17.4 Resultados preguntas 7, 8 y 9.

Finalmente los resultados de las encuestas a las preguntas 7, 8 y 9 descartando las respuestas incoherentes, son los siguientes.



Se observa como el concepto ruidoso es puntuado de forma clara (valores cercanos al máximo) en contraposición al concepto tranquilo. Se puede destacar que el participante 10, valora el punto 2 como ruidoso (4/5), y también agradable (4/5), lo cual parece incoherente, pero no lo es. Para el punto 8 encontramos que una parte significativa de los encuestados puntúa de forma similar el concepto ruidoso y tranquilo, produciendo respuestas incoherentes que han sido descartadas. Esta circunstancia probablemente sea debida a que en realidad en punto 8 no es tan ruidoso como los otros. Es posible que la causa sea que algún ruido puntual fue considerado como ruidoso, y eso se extrapoló a todo el fragmento, penalizando el resultado final. Notemos que es imposible que la escala de valoración de los puntos sea comparable. Es decir, si un punto se calificó con un 4 o un 5 como ruidoso, y un punto posterior se considera mucho más ruidoso, aunque se puntúe con un 5, no estará escalado o referenciado con el primero. Surge entonces la duda razonable de la coherencia de los resultados de las encuestas “in situ”. Este problema se puede eliminar dando la posibilidad a los participantes de escuchar de nuevo los distintos fragmentos sonoros, como se puede hacer en pruebas controladas en laboratorio.

No obstante la sensación de realismo, y la influencia de factores externos al sonido “per se” no va a ser la misma que “in situ”. Esto genera partidarios y detractores de ambas técnicas. Dentro de la elevada subjetividad en la percepción sonora, el paseo sonoro no permite obtener resultados fiables. Los resultados de las valoraciones subjetivas de los distintos puntos, no se pueden comparar entre sí, y ello conlleva a conclusiones alejadas de la realidad. Las pruebas subjetivas en laboratorio, permiten reducir notablemente este problema, pero la falta de realismo conlleva también a respuestas alejadas de la realidad. Entre ambas técnicas, la que puede dar resultados más cercanos a la realidad es el paseo sonoro, pero para que los participantes lejos de ser influenciados, puedan tener una referencia objetiva sobre la cual basar sus respuestas disponer de un indicador del nivel sonoro no numérico. Disponer de este equipo visible a unos metros de distancia, es quizás más simple y efectivo que tratar de reproducir las condiciones del exterior (imágenes, luz, viento, olores, temperatura, humedad,...) dentro de un laboratorio.

Los resultados finales de estas preguntas se resumen en la tabla siguiente.

	Tranquilo	Agradable	Ruidoso
Punto 2	1,4	1,8	4,1
Punto 5	1,4	1,4	4,3
Punto 8	1,4	1,4	4,1

Se observa claramente que el punto 5 es el que se considera más ruidoso. Esta respuesta coincide plenamente con el resultado del contraste acumulado, mostrado en el apartado 16.1. por otro lado estas respuestas no coinciden con las que se extraen de la pregunta 5 donde se valora el concepto acogedor-molesto.

Punto	Acogedor-Molesto
2	-3,10
5	-5,00
8	-5,88

A partir de estos resultados, cabe preguntarse si el concepto molesto es equivalente a ruidoso. Algunos sinónimos de ruidoso: escandaloso, bullicioso, estruendoso, atronador, estrepitoso, estridente, Algunos sinónimos de molesto (que produce molestia): irritante, enervante, inoportuno, insoportable, desagradable, inaguantable, Los conceptos estrictamente no coinciden, sin embargo por el contexto, se entiende que se valora el ambiente sonoro, si éste es ruidoso o molesto, y es altamente probable que ambas acepciones coincidan para la mayoría de encuestados.

Por otro lado, un ambiente sonoro molesto puede no ser ruidoso? O al revés, un ambiente ruidoso, puede no ser molesto? El uso del vocablo “ruido” para describir un ambiente sonoro, es peyorativo. El abuso del uso de éste vocablo para describir casi cualquier escenario sonoro, introduce ciertas limitaciones en el lenguaje. La acepción silencio, queda relegada a la descripción de la ausencia del sonido, cuando realmente podríamos hablar de un ambiente silencioso, o poco silencioso, en lugar de poco ruidoso o ruidoso.

Sería recomendable introducir y usar más el vocablo silencio. Por ejemplo en un espacio con niveles sonoros moderados o bajos, podemos describir el ambiente sonoro como silencioso y agradable, que son acepciones positivas del sonido. En éste caso usar el término poco ruidoso y agradable, no pega. Estamos mezclando una acepción negativa “ruido” con una positiva “agradable” y eso debería entenderse como un contrasentido que en todo caso lejos de clarificar, embarulla los conceptos. Por tanto de cara a obtener mejores respuestas en las encuestas sería conveniente un cambio lingüístico importante, usando más la palabra silencio.

18. Resultados finales.

La valoración del ambiente sonoro mediante las encuestas, de los puntos 2, 5 y 8 mostrados a lo largo de ésta comunicación, revelan diferentes resultados que pueden interpretarse como contradictorios. La pregunta 5, valora el concepto de acogedor – molesto, mientras que la pregunta 9 valora el concepto ruidoso. El concepto ruidoso se usa con frecuencia como sinónimo del concepto molesto. Los resultados de las respuestas de las preguntas 5 y 9 no son coincidentes, lo cual supondría que el concepto ruidoso no se considera equivalente al de molesto, aspecto muy cuestionable.



A pesar de ello según las encuestas, el ambiente sonoro más ruidoso es el observado en el punto 5, y el más molesto es el observado en el punto 8, como se detalla en las tablas mostradas anteriormente en el apartado 18.4., creándose una confusión.

El orden en que se realiza un paseo sonoro puede condicionar los resultados obtenidos. En éste sentido sería interesante para un mismo recorrido, comparar los resultados de las encuestas para dos grupos de participantes: un grupo realiza el recorrido del punto A al B, y el otro al revés del B al A. Los resultados del mismo grupo pueden ser similares en cada punto, pero es probable que comparados con el grupo que hace el recorrido inverso, los resultados para cada punto sean distintos.

Por otro lado con los datos disponibles del nivel sonoro y distribución en frecuencia de los ambientes sonoros, se ha podido calcular el contraste acumulado que se muestra en la tabla siguiente. Este indicador valora el grado de molestia que producen los distintos ambientes sonoros. Este indicador no tiene en cuenta (todavía) aspectos que influyen en la valoración subjetiva, como la luz ambiente, los olores, presencia de viento, etc. En éste caso, el punto 5 aparece como el punto más molesto, coincidiendo con el resultado de la pregunta 9 y el punto 8 como el más agradable o menos molesto.

PUNTO	CONTRASTE ACUMULADO
Punto 2	100,3
Punto 5	225,1
Punto 8	77,1

Debe tenerse en cuenta que el mayor nivel sonoro del punto 2, se debe a la presencia de un pico de nivel importante en la última parte del registro. Es probable que éste evento pueda ser considerado puntual, lo que permitiría descartarlo. No obstante, al no disponer de registro de audio, no se puede observar la naturaleza de dicha señal. En todo caso, aún en el caso de que se considere que la presencia del pico de señal es normal, los resultados no muestran que sea éste el más molesto, sino el punto 5.

19. Conclusiones.

Se ha usado un indicador cualitativo de la molestia, como es el contraste acumulado, que permite describir bien el grado de molestia esperado de un ambiente sonoro. Este indicador valora el grado de molestia de un sonido de forma objetiva. Se comprueba cómo los resultados obtenidos reflejan las sensaciones percibidas, por bien que éstas no se reflejen con total claridad a través de las encuestas.

Los resultados de las valoraciones subjetivas de un ambiente sonoro, pueden presentar desviaciones importantes en la valoración cuantitativa que produce sobre una persona, dependiendo del orden que se siga en la presentación de los puntos del recorrido. En todo caso sin disponer de una referencia que no condicione los resultados, estos van a presentar desviaciones importantes sobre la realidad. Los resultados de los diferentes puntos, no pueden ser comparables entre sí, lo que limita enormemente el uso de los resultados.

El uso de HATS no aporta ninguna ventaja para la grabación de los ambientes sonoros, puesto que no es necesario el reconocimiento preciso de la posición de las fuentes sonoras en el espacio 3D. Estos dispositivos son bastante costosos, y salvo los micrófonos aurales, son sistemas voluminosos y muy intrusivos que pueden modificar el comportamiento de las

personas cercanas, lo que puede alterar los resultados obtenidos.

La grabación estéreo en base a dos micrófonos usando cualquier técnica, permite al sentido auditivo reconstruir la escena sonora y sumergirse en ésta como si estuviera “in situ”. Este sistema, pasa completamente desapercibido, es mucho más económico y no intrusivo ya que no modifica el comportamiento de las personas cercanas. Determinadas tecnologías basadas en el uso de smartphones con accesorios Lightning o USB-C, podrán permitir aunar sencillez, precisión y discreción de los registros sonoros en un futuro muy cercano.

El vocablo “ruido” se utiliza para describir cualquier sonido no deseado, destacando su carácter peyorativo, independientemente de su nivel sonoro, lo cual constituye un error, que limita la capacidad de expresión verbal. El vocablo “silencio”, muy poco usado para describir un ambiente sonoro, se usa exclusivamente ante la ausencia de sonido. Debería usarse más la palabra silencio, en detrimento de la palabra ruido, especialmente cuando los niveles sonoros son moderados o bajos, y cuando el sonido escuchado no nos disgusta.

20. Agradecimientos.

A Jerónimo Vida y su equipo de trabajo, del departamento de Física Aplicada de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por facilitarme los datos obtenidos de un paseo acústico por la ciudad, para poder desarrollar este estudio.

21. Bibliografía.

- [1] Michael F. Southworth “*The sonic environment of cities*”. MIT library (1967)
- [2] D. Ipsen. *The Urban Nightingale or some theoretical considerations about sound and noise*. Finnish Society for Ethnomusicology 2002. Series A; 51.
- [3] Barti R., Ordoyo F. “*Comparación entre las técnicas binaural y estéreo para la localización de fuentes en el espacio 3D*”. Tecniacústica 2001.
- [4] Watts Gregory. *Tranquility Trails for promoting well-being in urban areas*. Acoustic Bulletin (2018)
- [5] Tavry V., Zatorre R. J., Voss P., *The influence of vision on sound localization abilities in both the horizontal and vertical planes*. Frontiers in Psychology. (2013).
- [6] Kang Jian, Yang Wei, Zhang Mei. *Sound Environment and Acoustic Comfort in Urban Spaces*. FFP 1998-2002 EU. Designing Open Spaces in the Urban Environment: a Bioclimatic Approach. RUROS project. (2004)
- [7] R. P. Carlyon. *How the brain separates sounds*. TRENDS in Cognitive Sciences. Vol. 8 n.10. 2004.
- [8] E. Holmes, B. Herrmann. *Revisiting the Contribution of Auditory Cortex to Frequency-Following Responses*. The Journal of Neuroscience, 2017. 37 (2).
- [9] E. Skoe, N Kraus. *Musical training heightens brainstem function during sensitive periods*



in development. Frontiers in Psychology. 2013; 4:622

[10] G. C. Galbraith. *Deficient brainstem encoding in autism*. Clinical Neurophysiology. Vol 119 Iss.8. 2008.

[11] McCartney Andra. *Soundwalking: creating moving environmental sound narratives*. The Oxford Handbook of Mobile Music Studies, Vol 2 (2014).

[12] R. Barti. *Descriptores de la calidad sonora en ambientes cotidianos*. FIA 2018. Cadiz.