

## **HACIA UN PROTOCOLO PARA LA TOMA, REGISTRO, GESTIÓN E INTERCAMBIO DE SEÑALES E INFORMACIÓN DE CAMPO PARA LA INVESTIGACIÓN DE LAS MOLESTIAS POR RUIDO**

*Ing. Federico Miyara*

### **1. Introducción**

El ruido ambiente originado por la actividad humana tiene, por sus múltiples efectos sobre el ser humano y su entorno, una gran importancia social, cultural y económica en las sociedades actuales (Berglund et al., 2000). Entre ellos se destacan los efectos directos e indirectos<sup>1</sup> sobre la audición, la interferencia con las actividades, la pérdida de productividad y la molestia.

La investigación de estos efectos se propone, en general, clasificarlos y, en lo posible, cuantificarlos, estableciendo relaciones causa-efecto estadísticamente significativas. Estas relaciones son de aplicación en las tareas de planificación y de evaluación de impacto potencial.

Debido a la enorme importancia humana, social y económica de las consecuencias del ruido sobre la audición, particularmente en lo concerniente al ruido de origen laboral, su estudio comenzó muy tempranamente y fue rico en aportes (Miyara, 2001c). Por esa razón las relaciones causa-efecto se conocen hoy detalladamente, a tal punto que se encuentran normalizadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO, 1990). La metodología empleada ha sido la evaluación de los efectos sobre la población expuesta durante mucho tiempo a ruidos de origen laboral de características conocidas.

También se han llevado a cabo extensos estudios sobre los efectos de interferencia con algunas actividades, por ejemplo, con la comunicación oral (interferencia a la palabra).

En los casos anteriores se han logrado establecer relaciones cuantitativas bien definidas entre las características físicas del sonido y la magnitud de los efectos; por ejemplo, el nivel equivalente ponderado (o el espectro) como característica física y la distribución estadística del desplazamiento del umbral auditivo como efecto. La posibilidad de establecer medidas razonablemente objetivas tanto del estímulo *como de sus efectos*<sup>2</sup> facilita la obtención de tales relaciones.

No sucede lo mismo en el caso de la molestia, ya que en primer lugar no es fácilmente cuantificable, y en segundo lugar su grado de subjetividad es enorme. Un mismo sonido en circunstancias ligeramente diferentes puede provocar sensaciones opuestas. Aunque tradicionalmente se ha intentado vincular la molestia con alguna medida de la sonoridad, es evidente que en muchas circunstancias ruidos de escasa sonoridad pueden ser más molestos que otros más sonoros. Así, el ruido de una gota que cae periódicamente durante la noche resulta, en general, muy molesto. Si en lugar de una gota se con-

---

<sup>1</sup> Un notorio efecto indirecto se tiene por el incremento del nivel sonoro en las actividades de recreación con el fin de enmascarar al ruido ambiente.

<sup>2</sup> Aun cuando la audiometría tonal sea relativamente subjetiva, se realiza sobre la base de un juicio binario (se escucha - no se escucha) cuya posible dispersión es en general pequeña para un mismo individuo, y se reduce más todavía aumentando la cantidad de veces que se presentan estímulos iguales o equivalentes.

sideran los millones de gotas de la lluvia, que producen un nivel de ruido mucho más alto, el efecto es, para muchas personas, aceptable, y hasta agradable. Del mismo modo, el ruido de dos personas conversando en voz baja en una noche silenciosa cuando una tercera persona intenta conciliar el sueño puede resultarle a esta última mucho más molesto que el ruido de numerosas personas conversando animadamente en un bar.

La investigación de las molestias ocasionadas por el ruido reviste una gran importancia dentro de los temas ambientales. Sus resultados tienen o pueden tener aplicación directa en el establecimiento de criterios técnicos, normativos o reglamentarios para el control, morigeración o supresión del ruido.

## 2. Problemas en la investigación de las molestias por ruido

La mayor parte de las investigaciones realizadas en el pasado tendientes a obtener relaciones cuantitativas sobre las molestias ocasionadas por el ruido (las denominadas relaciones dosis-efecto), como el célebre trabajo seminal de Schultz (Schultz, 1978), han utilizado indicadores muy gruesos de las propiedades del ruido, haciendo gala, en cambio, de una considerable meticulosidad a la hora de informar algunas otras variables contextuales.

Aún hoy en día (año 2001) se observa que a los efectos de seleccionar tales indicadores, la Comisión Europea (European Commission, 2000) se inclina por aquéllos muy simples como el nivel día-noche,  $L_{dn}$ , o el nivel día-tarde-noche,  $L_{den}$  (también abreviado  $L_{EU}$ ), pasando por alto una multiplicidad de propiedades cualitativas y cuantitativas del sonido de gran riqueza que son moneda corriente en otros ámbitos de la acústica, menos condicionados por la necesidad de reflejar en forma directa la respuesta humana (por ejemplo, la ingeniería del control de ruido o la acústica arquitectónica). Entre ellas pueden citarse el espectro y su evolución en el tiempo, la distribución estadística de los niveles, el perfil temporal (por ejemplo, el carácter impulsivo), las relaciones de energía directa y reflejada, la dirección de procedencia, la relativa proximidad o lejanía, etc. (Miyara, 2000b; Beranek, 1988).

Una razón argumentada para descartar la utilización de indicadores basados en esas propiedades es el costo aún elevado de los instrumentos de medición capaces de realizar las correspondientes mediciones, lo cual lleva a que no se encuentren ampliamente difundidas entre los potenciales usuarios de dichos criterios (véase la sección 5).

A lo anterior pueden agregarse elementos mucho menos mensurables en el estado actual del conocimiento, tales como el contenido semántico (que no sólo la intuición sino algunos trabajos experimentales han empezado a señalar desde hace ya algunos años (Berglund et al., 1994)), el contexto, las actividades que se están realizando, la sensibilidad individual (Stansfeld et al, 1993; Weinstein, 1980). Estos elementos se pierden irremisiblemente al reemplazar el ruido real por algún número representativo de una sola de sus propiedades físicas.

Otra particularidad observada con respecto a los trabajos que surgen en cualquier revisión bibliográfica es la gran variedad de criterios y hasta de paradigmas utilizados en los diversos estudios (Miyara, 2001b), haciendo que, de hecho, una de las dificultades más grandes para obtener los resultados denominados corrientemente “síntesis” (Schultz, 1978; Miedma et al, 1998) sea la referida al trabajo de homogeneización de la información disponible para reducirla a una única forma de presentación. Así, Schultz, en el trabajo citado, debe renunciar a cualquier otra indicación de la molestia que no sea el porcentaje de personas altamente molestas, y, aún así, procede a realizar interpreta-

ciones ad hoc para comparar los resultados de encuestas redactadas de muy diferentes maneras.

Como lo ha señalado Fields (Fields et al., 1997), muchos estudios tendientes a aportar datos para obtener relaciones dosis-efectos en el pasado adolecen no sólo de una falta de uniformidad en la manera de presentar la información, sino también de una carencia de datos básicos que ha impedido su utilización confiable y científicamente generalizable. Fields recalca que, sin necesidad de un incremento significativo en el costo y el esfuerzo que representan la realización de encuestas y campañas de medición, es posible brindar datos mucho más precisos y específicos que ayudarían a delimitar correctamente los alcances de los resultados obtenidos. En el trabajo citado, Fields termina proponiendo una serie de pautas mínimas a cumplir en cuanto a la información a registrar y proporcionar en los informes.

Un avance importante en tal sentido lo constituye el borrador (en proceso de aprobación) de la futura norma ISO relativa a las encuestas sobre molestias por ruido (ISO/TC 43/SC 1/WG 49, 2000). En el mismo se recogen las pautas de Fields, denominadas en este caso *especificaciones mínimas*. El borrador proporciona, además, una redacción única para las preguntas específicas sobre molestia por ruido, inclusive traducidas a varios idiomas teniendo en cuenta las particularidades de cada uno. En estas traducciones se ha procurado que el significado inherente de las preguntas sea el mismo en todos los casos, lo cual ha sido verificado mediante un proceso de traducción y traducción inversa.

### **3. Objetivo**

El propósito troncal del proyecto cuyos primeros resultados se comunican en esta ponencia es desarrollar un protocolo documentado para la captación, registro, gestión e intercambio de información relativa al ruido y sus consecuencias sobre el confort acústico humano (incluida la molestia y otras formas de interferencia de tipo cognitivo). Aquí el concepto de *información* se utiliza en el sentido más amplio posible, incluyendo el sonido mismo (como señal), además de toda una serie de datos contextuales, encuestas, etc.

La información debe ser captada o recogida mediante procedimientos normalizados, registrada de una manera que garantice su conservación y evite su deterioro, administrada de manera de obtener de ella el mayor provecho posible, y compartida entre diversos investigadores. La especificación meticulosa de cada una de estas instancias constituye, por lo tanto, uno de los objetivos de este proyecto. El otro objetivo, de carácter menos técnico y más político, es crear condiciones para que el protocolo alcance una importante aceptación entre los investigadores que se ocupan del tema.

### **4. Descripción del Protocolo**

Una característica importante del método científico es que los resultados obtenidos deberían ser reproducibles por otros investigadores. En otras palabras, las condiciones para las que se obtienen esos resultados deberían estar registradas o documentadas con tal minuciosidad y precisión que cualquier otro investigador estudiando el mismo fenómeno en las mismas condiciones llegara invariablemente al mismo resultado con una incertidumbre conocida.

Un caso especial lo constituye el enfoque experimental. En las investigaciones de campo, el investigador examina la realidad sin influir sobre ella. En el caso experimental, por el contrario, busca generar artificialmente las condiciones para que el fenómeno a investigar se produzca bajo su control y escrutinio. Este tipo de investigación produce los resultados más reproducibles, y por lo tanto de mayor validez científica (independientemente de la importancia que tenga en sí el hecho investigado).

En el caso de las molestias causadas por el ruido, el enfoque experimental ha chocado con la imposibilidad práctica de reproducir un escenario comunitario completo con la posibilidad de controlar cada una de las variables significativas.<sup>3</sup> Una alternativa consiste en reproducir en el laboratorio algunas condiciones de las encontradas en la realidad. Diversos investigadores han realizado esta clase de experimentos, presentando a los participantes algunas grabaciones cortas representativas del tipo de ruido a investigar (por ejemplo ruido de aviación, o ruidos impulsivos, o ruido del tránsito; véase Kryter, 1959; Vos, 1992; Berglund, 1994). Esto se emparenta con los así denominados “laboratorios del sueño”. También es posible trasladar el equipamiento de laboratorio al domicilio de los sujetos bajo estudio (en general, voluntarios o personas que reciben algún estipendio por su participación)

En numerosas áreas de la investigación científica que involucra instancias experimentales ha surgido naturalmente la idea de reunir material apto para la experimentación en repositorios de acceso más o menos libre para los investigadores. Los centros y servicios de documentación bibliográfica constituyen un antecedente en el plano documental. En la Acústica y disciplinas relacionadas, es de destacar el caso de los repositorios de muestras relativas a fonética, con grabaciones de diversas combinaciones de fonemas, palabras, frases, etc., pronunciados por diversos hablantes bajo diferentes condiciones (véase, por ejemplo, Shannon et al., 1999).

Desgraciadamente, esta idea no se ha implementado hasta el momento en relación con el estudio del ruido, lo cual impide una verdadera comparación entre los resultados de los diversos estudios. El desconocimiento de la naturaleza exacta del ruido correspondiente a una serie de encuestas o mediciones conduce a una pérdida de información importante a la hora de intentar explicar los mecanismos que conectan causa y efecto.

Una de las piedras angulares de este protocolo será la sistematización de la toma de grabaciones digitales calibradas de alta calidad a utilizar 1) como muestras de ruido para el trabajo experimental, ya sea en ambientes controlados (por ejemplo los así llamados “laboratorios del sueño”) o naturales, y 2) como testimonios fieles de la realidad sonora correspondiente a la información contextual que pueda aportarse.

En el primer caso podrá aplicarse el mismo material a nuevos experimentos (por ejemplo realizados sobre diferentes grupos de individuos), obteniendo resultados que permitirán no sólo una comparación directa con los resultados previos alcanzados, sino además incorporar más casos a la muestra, incrementando paulatinamente su tamaño y por lo tanto mejorando la confiabilidad de los resultados obtenidos.

En el segundo caso, podrán aplicarse nuevos procesamientos a la misma información, lo cual permitirá comparar diferentes enfoques, modelos, etc. Por ejemplo, podría introducirse una nueva ponderación de frecuencia o de tiempo, la cual podría ponerse a prueba sobre los mismos datos utilizados anteriormente en algún estudio de correlación con una ponderación clásica (por ejemplo, la A).

Otra cuestión central será garantizar que la información contextual obtenida sea suficientemente amplia y detallada como para posibilitar una serie de verificaciones ulteriores, aun cuando un determinado estudio no la requiera en su totalidad. En este

---

<sup>3</sup> Una situación tal guardaría similitudes con el filme “The Truman Show”

sentido deberán establecerse especificaciones mínimas para dicha información, que incluirá variables geográficas, demográficas, arquitectónicas, acústicas, encuestas sociales y socio-acústicas. Los trabajos de Fields (Fields, 1996; Fields et al., 1997) constituyen un buen punto de partida.

También formará parte del protocolo una serie de especificaciones para el diseño de experimentos, que incluirá pautas para la generación o síntesis de muestras de ruido simulado con la presencia controlada de combinaciones de componentes específicos (por ejemplo, ruido de tránsito, ruido de una fuente o vertedero, ruido aeronáutico, etc.). Esta actividad está emparentada con la del análisis, diseño y composición del paisaje sonoro, sólo que en este caso se crearían ambientes representativos del tipo de ruido a estudiar. Las especificaciones podrán plasmarse en paquetes de software para la síntesis de ruido

Un aspecto de indudable importancia lo constituye la intersensorialidad, es decir la interacción intersensorial (Couic, 1999). Llegar a comprender cómo otras percepciones o sensaciones (visuales, higrótérmicas, olfativas, etc.) pueden influir en la sensación de confort acústico (o su carencia) puede tener un importante impacto en un futuro intento de diseñar espacios perceptivos confortables para el ser humano. Se procurará incorporar pautas sobre cómo enfocar estas investigaciones.

Finalmente, se considerará de vital importancia la transparencia y la interdisponibilidad del material básico sin procesar, propendiéndose a la instauración de un repositorio, ya sea centralizado o en red, en el cual esté depositado un creciente corpus de material al cual cualquier investigador que se adhiera explícitamente al protocolo pueda recurrir para la prueba y validación de sus metodologías o propuestas. Se propende así a un trabajo cooperativo, en el cual los diversos investigadores aporten su material de campo para que cualquier otro investigador pueda procesarlo.

## **5. Viabilidad y fundamentos de la propuesta**

La existencia de medios extremadamente económicos para almacenar señales sonoras digitales tales como el disco compacto (CD), y la disponibilidad comercial de grabadores digitales portables muy económicos en formato MiniDisc (MD) y disco duro (HD) o relativamente económicos en formato Digital Audio Tape (DAT) hacen hoy posible, para la gran mayoría de los investigadores y usuarios,<sup>4</sup> realizar registros digitales de los sonidos y ruidos a los que se refieren las restantes variables obtenidas en sus trabajos experimentales y de campo.

Una vez digitalizado el sonido, es posible analizarlo con gran detalle apelando al procesamiento por computadora. Debido a que el procesamiento en tiempo real generalmente no es esencial en este tipo de investigación, ésta constituye una alternativa muy valiosa frente al costo prohibitivo de los instrumentos sofisticados. Así, con un sonómetro normalizado elemental, un calibrador acústico, un grabador digital, una tarjeta de adquisición de audio de mediano costo, y una computadora, es posible realizar toda clase de análisis. Existen programas shareware de bajo costo disponibles para realizar diversos análisis (por ejemplo, Cool Edit 2000, Goldwave, Spectrogram). Los mismos pueden realizarse también con paquetes comerciales como Matlab, o universita-

---

<sup>4</sup> En este contexto, consideraremos “usuario” a quien utilice o aplique los resultados de las investigaciones sobre molestia en la forma de criterios reglamentarios, normativos o técnicos para el control de ruido o el diseño del ambiente acústico. Entre ellos se encuentran las autoridades legislativas y ejecutivas, los arquitectos, ingenieros, técnicos, y cualquier otra persona involucrada en el tratamiento de la contaminación acústica.

rios como Scilab. Existen además rutinas de dominio público que pueden descargarse de sitios de Internet con la posibilidad de disponer y modificar los códigos fuentes.

Por otra parte, el disponer del material sonoro permitirá superar la limitación histórica que ha caracterizado a la mayor parte de la investigación en el pasado: el reemplazo de un sonido espectral, temporal, contextual y semánticamente complejo por una simple cifra. Con una base de datos de sonidos asociados con la restante información recabada será posible utilizar diferentes paradigmas para enfocar el problema de obtener indicadores mejor correlacionados con la sensación de molestia, así como nuevos procedimientos de evaluación que podrían ser promisorios. Entre ellos pueden mencionarse, sin que la lista sea exhaustiva:

1. El desarrollo de algún formalismo descriptivo para ciertas características audibles del ruido que permitiera una evaluación cualitativa de tipo matricial en función de la presencia o no de algunas de dichas características.

2. El uso de técnicas de inteligencia artificial, como por ejemplo sistemas expertos, para evaluar los efectos del ruido.

3. El empleo de técnicas de redes neuronales para obtener veredictos altamente correlacionados con la respuesta humana.

4. La utilización de técnicas psicométricas para obtener indicadores objetivos asociables a la sensación de molestia.

Para que el protocolo resulte útil deberá tener en cuenta la mayoría de los procedimientos y métodos de investigación en el campo de los efectos del ruido que hayan sido utilizados exitosamente e informados en la literatura. En un trabajo publicado anteriormente (Miyara, 2001b) se ha hecho una primera revisión bibliográfica, clasificando en varias categorías los procedimientos encontrados.

El protocolo, una vez puesto a prueba y depurado durante un tiempo en diversos centros de investigación, podrá ser propuesto a los efectos de ser considerado para su adopción por algunos entes nacionales de normalización (por ejemplo el IRAM) y finalmente por la Organización Internacional de Normalización (ISO).

El trabajo cooperativo que se plantea tiene antecedentes en el ambiente del software, con el surgimiento del sistema operativo Linux de libre distribución (Welsh, 1994), respondiendo a la Licencia Pública General (General Public License, GPL), que posibilita el mejoramiento continuo de ese sistema operativo a través de los aportes cooperativos de sus usuarios de todo el mundo. El éxito de ese antecedente, y la apreciación preliminar de la existencia de un ambiente de considerable solidaridad entre los investigadores sobre el tema de la contaminación acústica auguran buenas posibilidades al protocolo.

## **6. Algunos tipos de estudios de interés**

Existe marcado interés en profundizar la comprensión de ciertos fenómenos relacionados con la molestia por ruido. Entre los temas más candentes pueden mencionarse:

1. Estudios destinados a identificar, calificar, clasificar y/o cuantificar los efectos del contenido semántico sobre la molestia percibida. Pueden establecerse categorías, por ejemplo contenido semántico verbal inteligible y no inteligible, musical, evocativo.

2. Estudios tendientes a obtener escalas numéricas para describir los efectos perceptivos, actitudinales, o conductuales del ruido (por ejemplo: la ruidosidad (Kryter, 1959), la sonoridad (Fletcher et al., 1933), el porcentaje de personas altamente molestas (Schultz, 1978), el porcentaje de personas que eleva un reclamo a la autoridad, el por-

centaje de personas que inicia una acción legal, el incremento porcentual del tiempo requerido para realizar exitosamente un test en presencia de ruido, etc.).

3. Estudios orientados a la comparación cualitativa y cuantitativa de los efectos de ruidos de diferente tipo, por ejemplo, ruido del tránsito, ruido de aviación, ruido musical (discotecas, conciertos o festivales callejeros), ruido impulsivo (por ejemplo, polígonos de tiro), ruido deportivo (estadios).

4. Estudios sobre los mecanismos de acumulación de efectos a lo largo del tiempo (estrés, ansiedad).

5. Estudios sobre los efectos combinados de varios tipos de ruidos simultáneos (Vos, 1992; Berglund, 1981).

6. Estudios orientados a determinar la influencia de las relaciones entre alta frecuencia y baja frecuencia (Berglund et al., 1996)

7. Estudios sobre el efecto de la distancia aparente de la fuente y de la relación entre energía directa y reverberante.

## **7. Requisitos para el registro y reproducción digital del sonido**

En el contexto de este protocolo, el registro digital del sonido tiene varias aplicaciones; entre ellas:

1. documentación o ilustración
2. material sonoro para investigaciones experimentales
3. cálculo de parámetros e indicadores objetivos (niveles, espectros, parámetros estadísticos, etc.).

De las tres, la menos comprometida es la primera, ya que no requiere cuidados extremos en las condiciones de grabación.

El uso como material para investigaciones experimentales requiere, en cambio, grabaciones de excelente calidad de sonido, de modo que las imperfecciones de la grabación no interfieran agregando causas de molestia ajenas al ruido a investigar. Por ejemplo, deben evitarse ruidos propios agregados por el proceso de grabación y reproducción, por lo cual la relación señal/ruido del sistema y los equipos utilizados en la grabación debe ser muy alta (no menor de 80 dB). La respuesta en frecuencia deberá ser suficientemente plana en todo el rango audible. La distorsión debe ser muy baja, ya que el oído es bastante sensible a la distorsión a causa de su capacidad para discriminar bandas críticas.

Además de las excelentes características técnicas de los equipos utilizados, será necesario tener cuidados especiales en las técnicas de grabación. Por ejemplo, los métodos especificados deben contemplar cuestiones como el ruido del viento, habitual en exteriores, o los problemas ocasionados por interferencias debidas a ondas reflejadas en las superficies próximas.

El empleo para el cálculo de indicadores requiere, además de las características anteriores, que el sistema esté calibrado. En otras palabras, debe ser posible identificar claramente la correspondencia entre la presión sonora real del sonido y la magnitud de la señal que queda registrada digitalmente.<sup>5</sup> Aunque los grabadores de instrumentación permiten garantizar una sensibilidad especificada, debido a su elevado costo éstos en general no estarán disponibles para el usuario común. Este inconveniente se puede resolver grabando una señal de calibración correspondiente a una señal acústica de nivel conocido. Un ejemplo típico lo constituye el caso en que se utiliza como fuente de señal

---

<sup>5</sup> La señal registrada en general se expresa en valores comprendidos entre  $-2^{n-1}$  y  $2^{n-1} - 1$ , donde  $n$  es la resolución en bits del sistema de adquisición.

la salida de audio de un sonómetro (AC). En este caso se puede grabar la señal de salida del sonómetro con un tono de calibración (típicamente, 1 kHz y 94 dB) o bien la señal de calibración eléctrica del sonómetro si éste la genera.<sup>6</sup> Con esta precaución es posible utilizar cualquier sistema de grabación digital que cumpla con las condiciones expuestas anteriormente (Miyara, 2001a).

En los estudios que requieran investigar la espacialidad y/o direccionalidad del sonido (por ejemplo estudios en los que se investiguen los efectos del ruido según la ubicación de la fuente) se deberán efectuar grabaciones estereofónicas con los micrófonos ubicados preferentemente en cabezas artificiales, o bien de pequeñas dimensiones y ubicados en las proximidades de los oídos de una persona de contextura media. Los micrófonos no deberán tener en ninguna frecuencia una diferencia de fase entre sí que implique un retardo mayor de 0,2 ms. Este requisito pretende evitar que se desvirtúe el efecto de precedencia (también denominado efecto Haas), según el cual el cerebro percibe la ubicación de una fuente sonora a partir del primer frente de onda que llega a los oídos, aun en un ambiente reverberante. La diferencia de tiempos de llegada a ambos oídos de un frente de onda varía entre 0 y 0,6 ms aproximadamente, por lo cual el valor de 0,2 ms permite un error estimado de unos 20° en la percepción de la dirección de procedencia del sonido.

Por último, debe prestarse atención a la selección de equipos de reproducción, particularmente en lo que se refiere a los altavoces. Siempre que el contexto lo permita, se preferirán los auriculares, ya que la reproducción espacial puede garantizarse mucho mejor. Sin embargo, no puede desconocerse que la escucha por auriculares introduce un elemento extraño (presión sobre los oídos, transpiración, sensación de aislamiento, etc.) por lo cual deberán estudiarse pautas para discernir si en casos particulares es o no conveniente. En el caso del estudio de los ruidos de inmisión desde el exterior de una vivienda, la ubicación de los altavoces cerca de una ventana o una puerta (del lado de afuera) podría crear una situación suficientemente equiparable a una situación real.

## **8. Los pasos futuros**

En este primer informe se procuró plantear el problema a resolver: el establecimiento de un protocolo que proporcione el marco a los investigadores sobre las molestias ocasionadas por el ruido apto para un trabajo cooperativo a gran escala.

El próximo paso consistirá en redactar algunos procedimientos técnicos para el registro digital del sonido en condiciones aceptables en cuanto a repetibilidad de los resultados. Algunos de dichos procedimientos son de aplicación habitual en el Laboratorio de Acústica y Electroacústica de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (Universidad Nacional de Rosario). Se procurará comparar diferentes combinaciones de equipos disponibles comercialmente (entre ellos, MiniDisc, disco duro y DAT).

A continuación se procurará establecer criterios para la validación de software para el cálculo de indicadores. El énfasis inicial estará dado en el cálculo de valor eficaz,

---

<sup>6</sup> En este caso debe procederse con cautela, ya que la señal de calibración no necesariamente corresponde al valor indicado. En efecto, durante la generación de la señal de calibración muchos sonómetros ajustan el fondo de escala de manera que el tono de calibración se encuentre, por ejemplo, 6 dB por debajo del fondo de escala. La indicación será, convencionalmente, de 94,0 dB, pero al apagar el tono de calibración se retornará al fondo de escala seleccionado. En general una inspección cuidadosa del diagrama de bloques del sonómetro permitirá dilucidar esta cuestión.

nivel equivalente, espectro e indicadores estadísticos, así como en la aplicación de diversas ponderaciones y filtros.

Luego se abordará el problema de la conservación y administración de la información, particularmente en el caso de la señal sonora. Contrariamente a lo que generalmente se supone, los discos compactos pueden sufrir una degradación con el tiempo, por lo cual será necesario tomar medidas para su preservación (backup periódico, selección de medios, sitios “espejo” con la información repetida, etc.). Se incluyen en esta etapa la propuesta de procedimientos para el intercambio y compartimiento del material.

Las pautas para el diseño de experimentos constituyen un desafío a abordar una vez resueltos los aspectos instrumentales de la administración. Los experimentos deberán cumplir con las condiciones estadísticas que habitualmente se requieren, y además ser pertinentes a la temática abarcada. La selección y eventual desarrollo de software para implementar señales de ruido simulado formarán parte de este tramo.

Luego se procurará formalizar y completar la lista dada en la sección 6, indicando pautas mínimas de abordaje para cada uno de los temas individualizados como potencialmente importantes, incluyendo sus aplicaciones.

Paralelamente, se establecerán lazos con diferentes investigadores y centros de investigación del mundo en procura de compartir y unificar criterios. Creemos que el logro de un amplio consenso en torno a los puntos considerados es un paso imprescindible para estimular a los investigadores a adherirse a esta propuesta.

## REFERENCIAS

- Beranek, Leo L. (Ed): "Noise Reduction". McGraw-Hill Book Company, New York USA, 1960.
- Beranek, Leo L.: "Acoustics". American Institute of Physics (Acoustical Society of America). Cambridge, USA, 1986.
- Beranek, Leo L., : "Noise and Vibration Control" . Institute of Noise Control Engineering. Washington, USA, 1988.
- Berglund, Birgitta; Berglund, Ulf; Lindvall, Thomas. "Scaling loudness, noisiness and annoyance of community noises". Journal of the Acoustical Society of America 60 (5), Nov 1976, pp 1119-1125.
- Berglund, Birgitta. "Loudness (or annoyance) summation of combined community noises". Journal of the Acoustical Society of America 70 (6), Dec 1981, pp 1628-1634.
- Berglund, B., Harder, K.: "Annoyance perception of sound and information extraction". Journal of the Acoustical Society of America 95 (3), March. 1994.
- Berglund, Birgitta; Hassmén, Peter; Job, R. F. Soames. "Sources and effects of low-frequency noise". Journal of the Acoustical Society of America 99 (5), May 1996, pp 2985-3002.
- Berglund, Birgitta; Lindvall, Thomas; Schwela, Dietrich H.; Goh, Kee-Tai: "Guidelines for Community Noise". Organización Mundial de la Salud. Singapur, 2000. Disponible en Internet: <http://www.who.int/peh/noise/noiseindex.html>
- Couic, M. Christine; Delétré, J. Jacques. "An intersensory approach to urban analysis and design". 137<sup>th</sup> meeting of the Acoustical Society of America and 2<sup>nd</sup> Convention of the European Acoustics Association: Forum Acusticum. Berlin, March 14-19, 1999.
- EPA (US Environmental Protection Agency): "Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety". US Environmental Protection Agency, 550/9-74-004, Washington DC, USA, March 1974.
- European Commission: "Position paper on EU noise indicators". Office for Official Publications of the European Communities. Belgium, 2000.
- Fields, J. M.: "Progress towards the use of shared noise reaction questions". Inter-noise 96, 2389-2391.
- Fields J. M.; de Jong. R. G.; Brown, A. L.; Flindell, I. H.; Gjestland, T.; Job, R.,F.,S., Kurra S., Lercher, P.; Schuemer-Kohrs, A.; Vallet M.; Yano, T. "Guidelines for reporting core information from community noise reaction surveys". J. Sound Vibr. (1997) 206 (5), 685-695.
- Fields J. M.; Jong. R. G. de; Gjestland, T.; Flindell, I. H.; Job, R. F. S.; Kurra S.; Lercher, P.; Vallet M.; Yano, T.; Guski, R.; Flescher-Suhr, U.; Schuemer, R.; "General-purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation". Draft April 2000, to be published in J. Sound Vibr.
- Fletcher, H.; Munson, W. A.: "Loudness, its definition, measurement and calculation". Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 5, pp. 82-108, 1933.
- Goldberg, D. P. "The Detection of Psychiatric Illness by Questionnaire". Oxford University Press. London (1972)
- ISO 1999:1990 (E). "Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment". International Organization for Standardization, Genève, Suiza, 1990.
- ISO 7029:1984 (E). "Acoustics – Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for otologically normal persons". International Organization for Standardization, Genève, Suiza, 1984.
- ISO/TC 43/SC 1/WG 49: "Committee Draft ISO/CD 15666 - Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys". Diciembre de 2000.
- Kryter, Karl D. "Scaling Human Reactions to the Sound from Aircraft". Journal of the Acoustical Society of America, Vol 31, No 11, November, 1959, pp 1415-1429.
- Miedema, H.M.E., Vos, H.: "Exposure-response relations for transportation noise". Journal of the Acoustical Society of America 104 (6), December. 1998.
- Miyara, Federico: "Control de Ruido" En "Jornadas Internacionales Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica", edición en CD. ASOLOFAL. Rosario, Argentina, 2000.
- Miyara, Federico: "¿Ruido o señal? La otra información. En defensa del registro digital del ruido urbano". Ponencia presentada en la 4ta Jornada Regional sobre Ruido Urbano, realizada en Montevideo, Uruguay, 14/7/01.
- Miyara, Federico: "Paradigmas para la investigación de las molestias por ruido". Ponencia presentada en las Primeras Jornadas sobre el Ruido y sus Consecuencias en la Salud de la Población. Buenos Aires, Argentina, 8 al 10 de agosto de 2001.
- Miyara, Federico: "Estimación del riesgo auditivo por exposición a ruido según la Norma ISO 1999 : 1990". Disponible en Internet: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/riesgo.pdf>

- Shannon, Robert V.; Jensvold, Angela; Padilla, Monica; Robert, Mark E.; Wang, Xiaosong. "Consonant recordings for speech testing". *Journal of the Acoustical Society of America* 106 (6), Dec. 1999. L71-L74.
- Schultz, T. J.: "Synthesis of social surveys on noise annoyance". *Journal of the Acoustical Society of America* 64 (2), Aug. 1978.
- Stansfeld, Stephen A.; Sharp, Dan S.; Gallacher, John; Babisch, Wolfgang. "Road traffic noise, noise sensitivity and psychological disorder". *Psychological Medicine*, 1993, 23, 977-985. Cambridge University Press
- Vos, Joos. "Annoyance caused by simultaneous impulse, road traffic, and aircraft sounds: A quantitative model". *Journal of the Acoustical Society of America* 91 (6), June 1992, pp 3330-3345.
- Welsh, Matt. "Linux Installation and Getting Started". Disponible por ftp en [sunsite.unc.edu](http://sunsite.unc.edu/pub/Linux/docs/LDP), en el directorio /pub/Linux/docs/LDP.
- Weinstein, N.D. "Individual differences in critical tendencies and noise annoyance". *Journal of Sound and Vibration* 68, 241-248 (1980).