

## ¿Cómo suena un recinto cuando se construye con superficies duras y reflectantes?

Juan Negreira, Dr. Ingeniero Acústico, Concept Developer (Saint-Gobain Ecophon España)

**Correo electrónico:** [Juan.Negreira@saint-gobain.com](mailto:Juan.Negreira@saint-gobain.com); **Twitter:** [@JNegreira\\_dB](https://twitter.com/JNegreira_dB)

Mai-Britt Beldam, Concept Developer Healthcare environments (Saint-Gobain Ecophon Suecia)

Imagina que estás dentro de una gran catedral. Todas las superficies duras y reflectantes hacen que el sonido no pare de rebotar. Sientes que la energía sonora aumenta. Y no puedes entender exactamente lo te dice tu amigo que está a un par de metros de ti. En muchas situaciones, la situación anterior describe lo que ocurre dentro de los espacios de diagnósticos en un hospital.

Salas de radiología, áreas de resonancias magnéticas, ultrasonidos o quirófanos híbridos son habitualmente todo un reto para el diseño acústico. Como estas salas tienen que estar bien aisladas de los recintos colindantes para, entre otros, evitar radiaciones, esto fomenta que habitualmente se construyan usando hormigón, metal e incluso plomo; es decir, solamente superficies duras y reflectantes. Salvando las distancias, estos espacios se convierten de algún modo en espacios muy parecidos a la catedral de antes. En ambos casos el diseño obvia el ambiente y confort acústico interior. Las superficies duras y reflectantes no suelen facilitar la comunicación y, por lo tanto, el personal que desarrolla sus actividades en estos espacios afronta grandes dificultades o incomodidades a la hora de realizar su trabajo correctamente (sin errores) y sintiéndose a gusto.

### **Confort acústico y altos requerimientos de higiene en el Hospital Regional de Sundsvall (Suecia)**

En el Hospital Regional de Sundsvall (Suecia), se ordenó la construcción de un nuevo centro quirúrgico sobre un departamento ya existente, inaugurado a mediados de los años setenta. Algunas de las instalaciones antiguas ya habían llegado al final de su vida útil técnica y estaban en mal estado. Por consiguiente, no podían satisfacer las demandas modernas de accesibilidad, higiene y ambiente de trabajo.

Para empezar, se llevó a cabo un estudio preliminar para elaborar y evaluar nuevas propuestas de actualización de instalaciones y equipamiento. El objetivo principal era asegurarse de que el nuevo centro quirúrgico salvaguardase su desempeño durante suficientes años. Finalmente, se decidió renovar diecisiete salas de operaciones ya existentes y agregar 14 salas nuevas, incluido un quirófano híbrido de 105 metros cuadrados, que permite realizar radiografías, ultrasonidos y resonancias magnéticas.

No obstante, la solución inicial propuesta para las salas de operación y diagnóstico, basada en una construcción modular<sup>1</sup>, no cumplió con las exigencias acústicas para hospitales en Suecia. La

---

<sup>1</sup> Una de las tendencias en la arquitectura hospitalaria actual en ciertos países es usar módulos prefabricados y entregados en obra que, tal que un "puzle", se adaptan e incluyen en el edificio existente de una forma rápida y sencilla.

absorción acústica resultante en suelos, paredes y techos, contruidos mayoritariamente de vidrio y metal, fue tan baja que aumentó el tiempo de reverberación en lugar de reducirlo. Por ejemplo, los cálculos en el quirófano híbrido arrojaron valores del tiempo de reverberación de 2 segundos, siendo el límite superior, para este tipo de instalaciones y según la norma sueca (SS 25268) de 0.6 segundos. Si vuelves a pensar en el ambiente sonoro de la catedral e imaginas que debes comunicarte clara y concisamente con (o alrededor de) pacientes críticos, conviviendo al mismo tiempo con sonidos de equipamiento técnico, podrás hacerte una idea de la repercusión negativa que este ambiente sonoro producirá en el rendimiento del personal médico. De hecho, en este tipo de áreas, no es raro tener muchas fuentes de ruido cuyos niveles máximos puedan alcanzar más de 100 dB<sup>2</sup>.



Fig.1: Quirófano híbrido del Hospital Regional de Sundsvall (Suecia).

---

<sup>2</sup> La escala de decibelios es logarítmica (es decir, no lineal). A modo ilustrativo, 0 dB sería el límite teórico inferior de audición; los niveles de sonido en una biblioteca son de alrededor de 35-40 dB, una conversación a un volumen normal a 1 m de distancia del hablante asciende a unos 60 dB, y un avión que despegue junto a nosotros producirá unos 125-130 dB.

En el caso de Sundsvall, la dirección facultativa decidió cambiar el techo de metal de los módulos por un techo acústico poroso de fibra de vidrio con clase de absorción A (evaluado según las normas ISO 354, ISO 11654)<sup>3</sup>, que también cumplía con las exigencias de higiene en cuanto a limpieza y desinfección. Después de la intervención acústica, las medidas (realizadas de acuerdo con la norma ISO 3382) demostraron que todas las salas cumplían con las exigencias. En algunas de las salas, la introducción de absorción logró que el tiempo de reverberación se redujese incluso a la mitad. No se hizo hincapié tan solo en crear un lugar de trabajo atractivo, sino también un ambiente laboral agradable para el personal. También se le otorgó mucha importancia a garantizar el movimiento eficiente de suministros y personas para facilitar una atención eficaz.



Fig.2: Techo acústico con clase de absorción A que a la vez cumple los estándares de higiene.

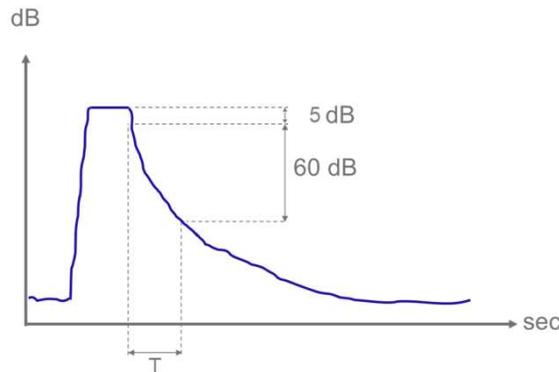
### Tiempo de reverberación y otros parámetros de acondicionamiento acústico

Hemos hablado anteriormente de tiempo de reverberación. Todos asociamos este parámetro con el eco, pero... ¿qué significa realmente? ¿reducir el tiempo de reverberación a la mitad como en el caso del Hospital de Sundsvall es mucho o poco? El tiempo de reverberación se define en la norma ISO 3382-1 como el tiempo que tarda (en segundos) un sonido en disminuir su nivel de ruido en 60 dB después de que la emisión de la fuente se haya detenido. El tiempo de reverberación se mide más comúnmente, por razones prácticas, a través de una decaída de 20 o 30 dB (denotado  $T_{20}$  y

---

<sup>3</sup> La absorción es la capacidad de un material para convertir la energía del sonido en calor, es decir, para no enviar de vuelta a la sala el sonido reflejado una vez que choca contra su superficie. A grandes rasgos, se puede decir que el coeficiente de absorción indica el porcentaje de energía que permanece dentro del material con respecto a la energía incidente total. Se denota con la letra griega alfa ( $\alpha$ ) que varía entre 0 (un material totalmente reflectante) y 1 (absorción total). Un material absorbente clase A tiene un  $\alpha_w$  entre 0,9 y 1 (valor promedio ponderado, ya que la absorción depende de la frecuencia—los absorbentes porosos suelen absorber mejor las frecuencias bajas—graves— que las altas—agudas).

$T_{30}$ ), 5 dB después de que cese el ruido, y luego se extrapola al rango completo de 60 dB (denotado  $T_{60}$ ).



*Fig.3: Representación gráfica del tiempo de reverberación (T, en segundos), que se define como el tiempo que tarda un sonido en reducirse 60 dB desde su valor inicial.*

En resumen, el tiempo de reverberación nos informa sobre cuánto tiempo permanecen los sonidos en una habitación antes de que desaparezcan. Es, tradicionalmente, el parámetro más importante a la hora de acondicionar un recinto. Así, un tiempo de reverberación demasiado elevado, puede dificultar la comunicación y difuminar el mensaje debido a la acumulación de ruido en la sala y su manera de interactuar con la energía presente en los sonidos del habla –vocales y consonantes. Las vocales contienen mucha energía; cuando las pronunciamos, nada impide el sonido en su salida. Sin embargo, las consonantes se caracterizan por su escasa energía (y mucha información) debido a la obstrucción del flujo de aire que producimos al pronunciar.

Si se agrega un largo tiempo de reverberación al habla, las vocales enmascararán y “se comen” a las consonantes, ya que tienen mucha más energía. El mensaje resultante será, en términos visuales, “borroso” (confuso). Cuando no se escucha ni se entiende el mensaje que alguien nos intenta transmitir, se tiende a elevar la voz: escala el nivel de ruido, pero sin aumentar la claridad. A esto se le denomina efecto Lombard. Entonces, al pasar de un tiempo de reverberación prolongado (por ejemplo, 2 segundos como en el hospital de Sundsvall) a un tiempo de reverberación corto (0.6 segundos), el mensaje se transmite mucho mejor. Junto con esto, los niveles de presión sonora generales bajan y crean un ambiente sonoro más tranquilo, lo que facilita una transmisión de información más efectiva y eficiente, al mismo tiempo que permite un confort acústico mayor entre el personal y los pacientes.

Conviene mencionar que, aunque el tiempo de reverberación es el único parámetro regulado en acondicionamiento acústico en el CTE DB-HR, hay otros parámetros (claridad del habla, fuerza sonora...) que complementan a este en la tarea de optimización del acondicionamiento acústico.

### ¿Cómo experimentamos cambios en tiempo de reverberación? – El Hospital Hvidovre (Dinamarca)

Incluso los cambios más pequeños en el tiempo de reverberación causan un efecto y son percibidos por el personal (la “mínima diferencia detectable” –*JND*, por sus siglas en inglés ‘*justnoticeabledifference*’ según ISO 3382-1, es solo del 5%). En un estudio realizado en el Hospital Hvidovre (Dinamarca), se estudiaron tres salas de operaciones (OR).

En la sala de operaciones 4 (la sala referencia denominada OR4, cuyo tiempo de reverberación era de  $T_{60}=0.7$  segundos) se mantuvo el techo metálico original; en la OR5 se cambió el techo metálico original por uno de fibra de vidrio con clase de absorción A (con lo que su tiempo de reverberación bajó a 0.6 segundos); y en la OR6 ( $T_{60}=0.5$  segundos) se replicó la situación de OR5 pero añadiendo además paneles de pared.

Paralelamente, se hicieron preguntas al personal sanitario relacionadas con aspectos como "el ambiente sonoro en el trabajo me produce cansancio", "el ambiente sonoro me causa dolores de cabeza" y "el entorno sonoro nos fuerza a hablar más alto". En todos los casos, las respuestas estuvieron correlacionadas con la tendencia de las medidas acústicas. En la OR4, el personal estaba generalmente más molesto por el ambiente sonoro; en OR5 fueron las respuestas fueron un poco más positivas; y las respuestas del personal de OR6 fueron las más satisfactorias. Es decir, que el personal percibió mejoras en su confort debido a diferencias de tan solo 0.1 segundos en el tiempo de reverberación. A las preguntas sobre si “el ambiente sonoro le hace cometer errores en el trabajo”, y “el ambiente sonoro me produce estrés”, las respuestas fueron las siguientes:

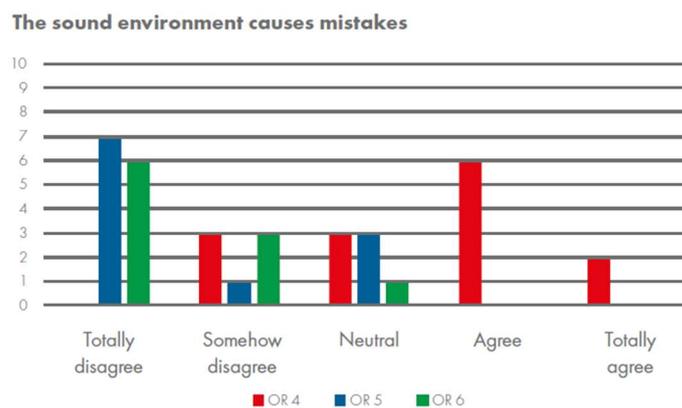


Fig.4: Respuestas a la pregunta “el ambiente sonoro le hace cometer errores en el trabajo” del cuestionario del Hospital de Hvidovre.

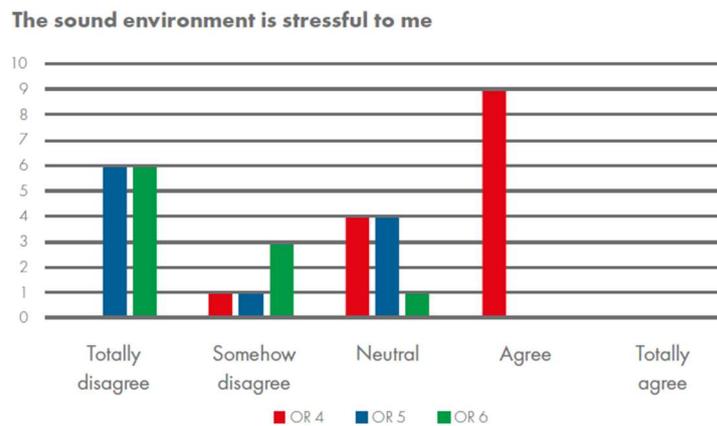


Fig.5: Respuestas a la pregunta “el ambiente sonoro me produce estrés” del cuestionario del Hospital de Hvidovre.

### Entonces... ¿cómo acondicionamos para tener un buen confort acústico?

Los espacios de diagnóstico son espacios en los que se toman decisiones cruciales de cuya precisión depende la salud de los pacientes, que a menudo se encuentran gravemente enfermos y lejos de su zona de confort para ser conscientes de quién les habla y qué les dice. Estos recintos, por lo tanto, deben de estar diseñados de tal forma que faciliten una comunicación clara, que evite tener que forzar la voz, para así minimizar el riesgo de errores. Al mismo tiempo deben proporcionar bienestar tanto para el personal como para los pacientes. A todos nos afecta el ruido fisiológica y psicológicamente, pero en ambientes sanitarios la situación es todavía más crítica y compleja; por eso se debe tener mucho en cuenta a través de un acondicionamiento acústico adecuado. Construir una “catedral” con la descrita antes en lo que respecta al sonido nunca es la vía correcta.

Para que una sala de diagnóstico tenga éxito en términos acústicos, lo primero es asegurarse de que los niveles de ruido generales se mantengan lo más bajos posible y, por ende, el tiempo de reverberación no sea demasiado alto. Esto evitará el efecto Lombard. En términos prácticos, esto se puede hacer instalando un techo absorbente clase A de pared a pared. Para mejorar todavía más la transmisión de información; es decir, para mejorar el parámetro acústico de la claridad del habla, se deberían colocar paneles de pared en paredes perpendiculares adyacentes. De este modo, las ondas rasantes que rebotan de manera paralela al suelo y al techo, se reducirán notablemente. En todas estas soluciones acústicas, aparte de los requisitos meramente acústicos, hay que cumplir también con los de higiene estipulados en cada caso, así como con los de mantenimiento.

En resumen, la acústica es un factor clave para las actividades que se llevan a cabo dentro de los espacios de diagnóstico dentro de los hospitales. El diseño de estos espacios no puede olvidar la acústica si pretende ser efectivo y proporcionar tanto un buen ambiente de trabajo para el personal sanitario como de recuperación para los pacientes.

### Bibliografía

1. SS 25268:2007. Acústica – Clasificación sonora de espacios en edificios: locales institucionales, salas de educación, centros preescolares y centros de ocio, salas de oficinas y hoteles. (en sueco), Swedish Standards Institute, Stockholm, Sweden.
2. UNE ISO 354:2013. Acústica – Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante, *International Organization for Standardization*, Ginebra, Suiza.
3. UNE ISO 11654:1997. Acústica – Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica, *International Organization for Standardization*, Ginebra, Suiza.
4. UNE ISO 3382:2009. Acústica – Medición de parámetros acústicos en recintos (partes 1, 2 y 3), *International Organization for Standardization*, Ginebra, Suiza.