

## IMPLICACIONES PRÁCTICAS DE DISEÑO ACÚSTICO DE OFICINAS ABIERTAS SEGÚN LA ISO 22955:2021

**PACS:** 43.55.Fw, 43.55.Hy, 43.55.Ka

Negreira, Juan  
Saint-Gobain ECOPHON ESPAÑA, Príncipe de Vergara 132 (6ªpl), Madrid (España),  
juan.negreira@saint-gobain.com

Brokmann, Holger; Klein, Achim; Machner, Rainer  
Saint-Gobain ECOPHON ALEMANIA, Taschenmacherstraße 8, D-23556 Lübeck (Alemania),  
holger.brokmann@ecophon.de  
achim.klein@ecophon.de  
rainer.machner@ecophon.de

**Palabras Clave:** oficinas abiertas, propagación de sonido, diseño acústico, trabajo colaborativo, bienestar.

### ABSTRACT.

Noise is consistently reported as the number 1 cause of annoyance in offices; it is an underlying cause of stress and frustration, and it is correlated with a higher number of sick leaves. The new ISO 22955 standard tries to provide a solution, from an acoustic point of view, to the coexistence of two theoretically contradictory realities at the office: oral communication and individual concentration work; also integrating the cognitive dimension of sound. This article discusses the standard, carrying out simulations attempting at correlating the recommended target values with practical design and planning solutions.

### RESUMEN.

El ruido sigue siendo la causa número 1 de descontento en oficinas, es un motivo de estrés y frustración laboral, y está correlacionado con un mayor número de bajas laborales. El nuevo estándar ISO 22955 trata de dar solución, desde un punto de vista acústico, a la convivencia de dos realidades teóricamente contradictorias en la oficina: la comunicación oral y el trabajo individual de concentración; integrando también la dimensión cognitiva del sonido. En este artículo se analiza el estándar, y se presentan simulaciones tratando de correlacionar los valores diana recomendados con soluciones prácticas de diseño y planificación.

### 1. INTRODUCCIÓN

Tanto las oficinas tradicionales como las diáfanas responden a la necesidad de las organizaciones de facilitar la toma de decisiones y la transferencia de conocimiento entre trabajadores, así como fomentar la comunicación y colaboración, o incluso contribuir a la imagen corporativa. Sin embargo, el ruido sigue siendo el gran olvidado a la hora de diseñar este tipo de espacios. Cuando hablamos de bienestar en el ámbito laboral, el ruido es la causa número 1 de

descontento en oficinas [1], y es un motivo subyacente de estrés y frustración. Así lo confirmó un estudio de la Universidad de California, Irvine. Los investigadores comprobaron que un empleado de oficina tipo es interrumpido o cambia de tarea debido al ruido cada 3 minutos y 5 segundos; y que, una vez remite esa distracción, tardaría 23 minutos y 15 segundos en volver al mismo nivel de concentración que tenía antes [2]. Estas interrupciones se pretenden compensar normalmente incrementando el ritmo de trabajo, lo que implica un mayor estrés, prisa, frustración y presión del factor tiempo. Según se ha demostrado [3], la exposición al ruido también está correlacionada con un mayor número de bajas laborales; y esta correlación es mayor cuanto más compleja es la tarea que realiza el trabajador. Además, estas distracciones tienen una repercusión notable en términos económicos para el empleador, sobre todo si se tiene en cuenta que el coste del capital humano representa el 82% de los costes de la empresa en un periodo de 10 años [4].

Para combatir estos lastres de reducción de productividad y bienestar de los trabajadores, se ha demostrado que un buen acondicionamiento acústico en oficinas puede: (i) reducir los niveles de adrenalina un 30% (que implica una reducción del ritmo cardíaco, estrés, fatiga, etc.) [5]; (ii) fomentar la resolución de tareas complejas [5]; (iii) aumentar un 66% la motivación ante una tarea; (iv) aumentar un 20% el rendimiento aritmético [6]; (v) mejorar un 50% el rendimiento en tareas que requieren concentración [7]; y (vi) reducir el estrés cognitivo un 15% [8]. Con estos datos, y si tenemos en cuenta que el 60% del tiempo que pasamos en la oficina es de concentración en silencio [5], la relevancia de un buen acondicionamiento acústico para mejorar el bienestar de los trabajadores, y en consecuencia la productividad laboral, se antoja imprescindible.

Acondicionar una oficina abierta mediante soluciones fonoabsorbentes es condición necesaria para su éxito; pero no suficiente, ya que existen muchos retos arquitectónicos a la hora de plantear un buen diseño acústico de una oficina abierta. Por una parte, se encuentra la necesidad de hablar varios “idiomas”; es decir, hay que acomodar diferentes tareas y también diferentes personalidades, que a menudo desarrollan tareas en espacios abiertos que presentan potenciales distracciones. Por otra parte, a menudo se obvia el acondicionamiento acústico porque, entre otros factores, no siempre está claro si este forma parte de la estructura (*¿es el gestor del inmueble el que debe proporcionar el espacio acondicionado?*) o si es un elemento de diseño interior que el cliente tiene que considerar al ocupar el espacio que alquila. El nuevo estándar ISO 22955 trata de dar solución, desde un punto de vista acústico, a la convivencia de dos realidades teóricamente contradictorias en la oficina: la comunicación oral y el trabajo individual de concentración, integrando la perspectiva cognitiva del sonido en el diseño. El objetivo de este documento normativo es “ofrecer principios, descriptores y métodos de medición, que sean de fácil manejo y se correlacionen bien con la percepción de los usuarios”.

En este artículo se analiza el nuevo estándar, y se presentan simulaciones tratando de correlacionar los valores diana recomendados con soluciones prácticas de diseño y planificación.

## 2. NORMATIVA ISO SOBRE PROPAGACIÓN DE SONIDO Y OFICINAS ABIERTAS

### 2.1. ISO 3382-3:2022 – ¿Cómo medir la propagación de sonido en oficinas abiertas?

La frase “oficina diáfana” denota, según la norma internacional ISO 3382-3:2022 [9], “oficinas y espacios similares donde pueden trabajar un número elevado de personas, tener una conversación o concentrarse independientemente y en puestos de trabajo bien definidos”. En línea con lo anterior, la norma también menciona los problemas de tener un acondicionamiento acústico inadecuado: “condiciones acústicas insuficientes pueden conllevar una reducción de la productividad”. En estos espacios, el sonido se propaga más fácilmente y de forma muy efectiva. A menor distancia de propagación del sonido desde la fuente sonora, menor será el número de personas distraídas. En la primera versión del estándar (2012) se mencionaba que “existen

evidencias de que se necesitan otros parámetros diferentes al tiempo de reverberación (tradicionalmente usado para evaluar el acondicionamiento acústico de salas) para describir de una forma más completa un espacio". Estos parámetros están relacionados con la propagación del sonido: decaída de los niveles de ruido, inteligibilidad, así como el ruido de fondo.

La norma internacional ISO 3382-3 especifica métodos para la medición de las propiedades acústicas de oficinas diáfanas con mobiliario. El objetivo es describir cómo el ruido se comporta y propaga en superficies largas y/o abiertas (por ejemplo, pasillos u oficinas diáfanas) para posibilitar una buena privacidad entre puestos de trabajo. Aunque la norma no establece unos valores de obligado cumplimiento, sí que presenta en el anexo valores tipo de parámetros relacionados con la propagación del sonido en (i) "oficinas con condiciones acústicas pobres" y (ii) "condiciones buenas".

## 2.2. ISO 22955:2021 – Integrando la dimensión cognitiva del sonido

El nuevo estándar internacional ISO 22955:2021 [10] trata de dar solución, desde un punto de vista acústico, a la convivencia de las dos realidades teóricamente contradictorias en la oficina: la comunicación oral y el trabajo individual de concentración. El objetivo de este documento es "ofrecer principios, descriptores y métodos de medición acústica, que sean de fácil manejo y se correlacionen bien con la percepción del entorno acústico por parte de los usuarios". Así, se pretende que el documento "ayude a los diferentes actores que trabajan en la planificación, diseño y construcción de oficinas a proporcionar a los usuarios un buen nivel de confort acústico".

Para ello, se trata de limitar las molestias entre puestos de trabajo adyacentes, así como optimizar la inteligibilidad en las conversaciones a corta distancia. Lo anterior se lleva a cabo clasificando las actividades que típicamente se desarrollan en una oficina abierta en 6 categorías:

1. Espacio diáfano: actividad aún desconocida.
2. Telecomunicación y vídeo: principalmente para comunicación externa.
3. Trabajo colaborativo intenso: comunicación verbal frecuente con compañeros cercanos.
4. Trabajo colaborativo moderado: comunicación verbal esporádica con colegas cercanos.
5. Áreas de entrada: recepción del público.
6. Espacios mixtos: combinación de dos o más actividades en el mismo espacio.

Basándose en la anterior clasificación, la norma establece, para cada una de las 6 tipologías, los diferentes retos acústicos presentes en cada "espacio de actividad", y sugiere valores de parámetros acústicos que se deben cumplir en cada uno de ellos. Estos parámetros no solo se reducen a la propagación de sonido (según la ISO 3382-3 anteriormente explicada) sino que también incluyen otros definidos en otras normas (niveles de ruido, reverberación, aislamiento entre actividades adyacentes...). La ISO 22955 también detalla algunas recomendaciones generales sobre el diseño y distribución en planta de la oficina, así como una metodología sobre el flujo de trabajo y el análisis de los espacios. Los parámetros acústicos que se definen y limitan en la norma son:

- $D_{2,S}$  [dB]: decaimiento espacial (ponderado A) de la presión sonora del discurso al doblarse la distancia (según ISO 3382-3).
- $L_{Aeq,T}$  [dB]: nivel de ruido equivalente (ponderado A) durante un tiempo T.
- $A$  [m<sup>2</sup>]: área de absorción equivalente.
- $S_{floor}$  [m<sup>2</sup>]: superficie física en planta del espacio.
- $T_r$  [s]: tiempo de reverberación (según ISO 3382-2).
- $D_{A,S}$  [dB]: atenuación in-situ del discurso. Diferencia entre el espectro de la voz (ponderado A) a 1 m de una fuente omnidireccional en campo libre y el nivel de presión sonora (ponderado A) en el receptor (según Anexo A en ISO 22955).

- $L_{p,A,S,4m}$  [dB]: nivel de ruido de voz (ponderado A), a 4 m de distancia de la fuente (según ISO 3382-3).
- $D_{nT,w}$  [dB]: índice de aislamiento a ruido aéreo ponderado (según ISO 717-1).
- $D_{nT,A}$  [dB]: suma de  $D_{nT,w}$  más el espectro de corrección C (según ISO 717-1).
- $D_{n,f}$  [dB]: aislamiento a ruido aéreo cuando la transmisión se produce únicamente a través de una vía lateral o de flanco (por ejemplo, del plenum) (según ISO 10848-2).
- $L_{max}$  [dB]: presión sonora máxima (ponderada A) durante un evento sonoro o durante la medición.

Para cada tipo de actividad de las expuestas anteriormente, y en función de los retos acústicos presentes en cada una, se presentan recomendaciones (o límites) de algunos de los parámetros acústicos descritos. Se remite el lector al estándar para su consulta más detallada.

Además de los requisitos técnicos de parámetros acústicos y valores diana, se dan unas recomendaciones generales de diseño con la intención de facilitar la interpretación y aplicación del estándar y ayudar a la consecución de los objetivos. A continuación, se resumen algunas afirmaciones que presenta el estándar ISO 22955:

- General [pág. 15 – s. 6.4.1]: el diseño acústico de espacios implica fundamentalmente revestir los paramentos de las estancias expuestos al sonido con materiales fonoabsorbentes para limitar las reflexiones. Cuanto más absorbente sea un material (por ejemplo, mayor coeficiente de absorción), mejor.
- Tratamiento de techo [pág. 16 – s. 6.4.2]: el techo es el paramento del espacio más importante a tratar en oficinas abiertas y deberá de ser tan absorbente como sea posible. Se recomienda un techo acústico pared-a-pared.
- Tratamiento de paredes [pág. 16 – s. 6.4.3]: Los absorbentes verticales de pared son una buena forma de reducir el tiempo de reverberación si la oficina abierta está escasamente amueblada (sin difusión). Asimismo, minimizan los ecos “flutter” y las reflexiones de sonido en puestos de trabajo ubicados cerca de paredes y esquinas en zonas abiertas. Los absorbentes de pared deben instalarse a la altura de los oídos de los usuarios.
- Tratamiento de suelo [pág. 16 – s. 6.4.4]: en general, el efecto del tratamiento acústico en el suelo de oficinas abiertas es poco significativo; al menos que se instalen soluciones altamente especializadas como suelos técnicos perforados. Los suelos blandos solo contribuyen con una ligera absorción a frecuencias altas. El beneficio acústico principal de las soleras blandas es minimizar el ruido de impacto de pisadas y mobiliario.
- Pantallas acústicas [pág. 17 s. 6.5.2]: las pantallas acústicas mejoran la privacidad en una oficina abierta. Lo hacen minimizando la distancia a la cual se propaga el sonido. El efecto de las pantallas acústicas depende de la calidad del diseño acústico del espacio. Cuantas menos superficies reflectantes haya, mayor será su efecto. Además, las pantallas acústicas que sobresalen tanto por encima como por debajo de los escritorios, proporcionan un mejor efecto acústico.
- Mobiliario: como regla general, los muebles no serán suficiente para satisfacer las necesidades acústicas de un espacio de oficina abierto. En su lugar, se debería priorizar el diseño a través del revestimiento y tratamiento acústico de superficies de la estancia.

### 3. IMPLICACIONES PRÁCTICAS DE LA ISO 22955

El objetivo de las simulaciones que se presentan en esta sección es investigar la aplicación práctica y la viabilidad del novedoso parámetro  $D_{AS}$  definido e introducido en el estándar

ISO 22955, en una oficina abierta multi-actividad. La oficina es ficticia, pero corresponde a una oficina tipo común, con una zona de interacción social (reuniones informales) en el centro.

El espacio modelado tiene una superficie de 316 m<sup>2</sup> y una altura de 2.83 m. El suelo está revestido de moqueta, el forjado es de hormigón y las paredes de hormigón aligerado. Los escritorios tienen unas dimensiones de 1.6 m x 0.8 m, y existen en el espacio 111 m<sup>2</sup> de doble ventana (ver Figura 1). Las simulaciones se realizaron con el software comercial CadnaR Version 2022 MR 1 (build: 135.1033), y se basan en una variante simplificada del método de medición descrito en el Anexo A del estándar.

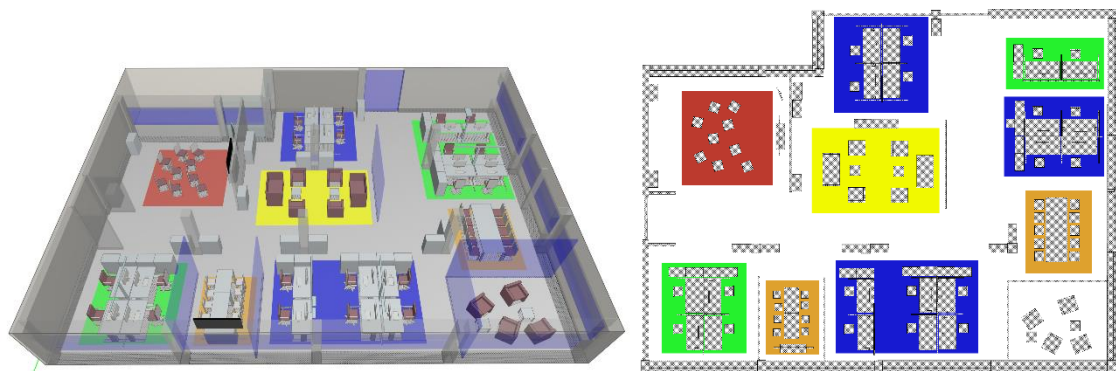


Figura 1 – Modelo referencia de la oficina simulada sin tratamiento acústico – solo mobiliario (izquierda) y plano de la misma (derecha). Cada color representa una actividad diferente (p.ej. amarillo es zona de reuniones informales y verde de trabajo no colaborativo).

La Tabla 1 resume todos los casos simulados (del Caso 1 al Caso 8), y la combinación de tratamiento de acondicionamiento para cada uno de ellos. Las imágenes de los modelos correspondientes a cada caso se pueden ver en la Figura 2.

Tabla 1 – Lista de casos estudiados con los tratamientos acústicos correspondientes.

Tratamiento acústico / Caso	1	2	3	4	5	6	7	8
Solo mobiliario								
Techo Ecophon Focus A (Clase A) <sup>1</sup>								
Techo acústico Clase C <sup>1</sup>								
Baffles Ecophon Solo <sup>2</sup>								
Islas Ecophon Solo Rectangle (cobertura 50%) <sup>3</sup>								
Islas Ecophon Solo Rectangle (cobertura 25%) <sup>4</sup>								
Pantallas divisorias Ecophon Akusto Screen 1.5 m <sup>5</sup>								

<sup>1</sup>) Plenum de 200 mm (altura libre hasta falso techo 2.63 m)

<sup>2</sup>) Baffles de 1200x200x40 mm a una distancia cc 300 mm

<sup>3</sup>) 53 piezas (1,20 m x 2,40 m) a una altura de 2.63 m = 152,64 m<sup>2</sup> ≈ cobertura 48%

<sup>4</sup>) 27 piezas (1,20 m x 2,40 m) a una altura de 2.63 m = 77,76 m<sup>2</sup> ≈ cobertura 24,6%

<sup>5</sup>) 43 pantallas 1500 mm x 1200 mm = 77,4m<sup>2</sup>

La fuente sonora considerada es la estandarizada de voz, con un nivel de 57.4 dBA, a una altura de 1.5 m y situada en el medio de la oficina (zona informal). Se ha evaluado la recepción de niveles sonoros a 1.5 m de altura en cada una de las actividades de la oficina, marcadas con letras A-G (ver Figura 3). Cabe señalar que esto difiere un poco con el estándar, que estipula que la altura tanto de la fuente como de los receptores (si están de pie) debería ser de 1.6 m, y de 1.2 m (si se encuentran sentados). No obstante, los resultados no variarán significativamente, siendo además el objeto de este estudio las diferencias relativas entre los diferentes casos.

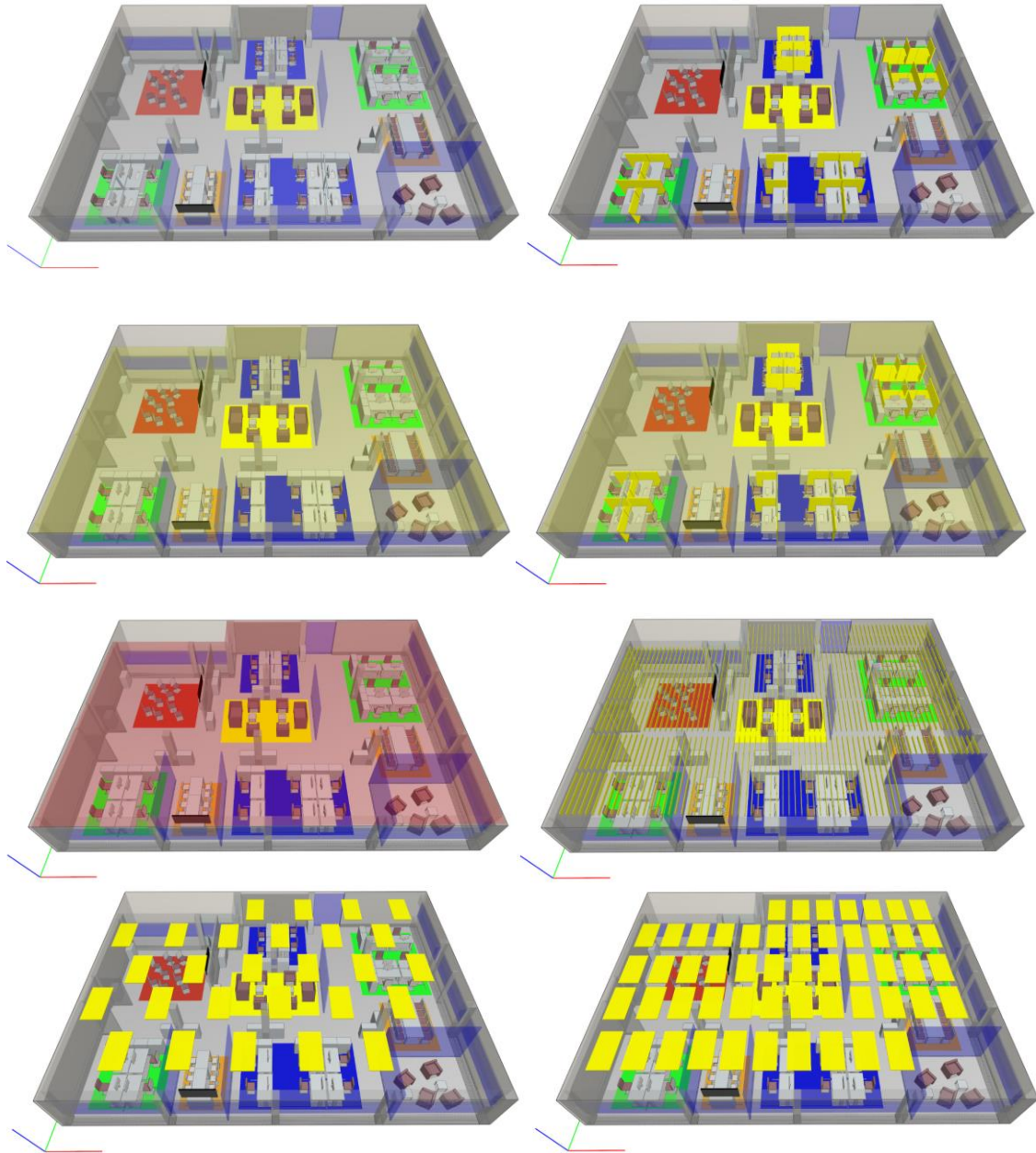


Figura 2 – Modelos correspondientes a los casos simulados según la Tabla 1 (el Caso 1 se sitúa en el ángulo superior izquierdo y el Caso 8 en el ángulo inferior derecho).

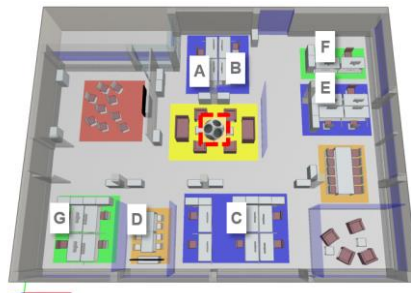


Figura 3 – Posición de la fuente sonora (centro de la oficina) y puntos de evaluación (A-G).

### 3.1. Análisis del TR del espacio abierto (actividad 6: espacio mixto)

En primera instancia, se evaluó el tiempo de reverberación y el EDT del recinto de oficina abierta (media aritmética de todos los puntos de evaluación A-G mostrados en la Figura 3). Los resultados se muestran en la Figura 4.

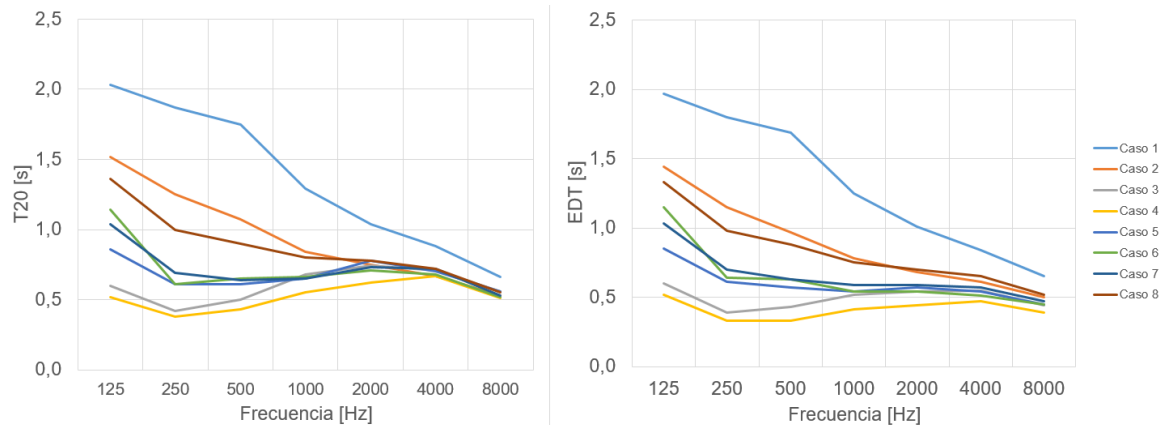


Figura 4 –  $T_{20}$  (izquierda) y EDT (derecha) del espacio. Valores medios de posiciones A-G.

Con objeto de analizar mejor las diferencias entre los diferentes parámetros, se comparan los valores de  $T_{20}$  y EDT para 3 casos diferentes (el Caso 4, 5 y 7), así como las diferentes caídas del TR (EDT incluido) para el Caso 4. Se puede observar que existe una gran diferencia entre ellos. Cabe señalar que los valores  $T_{30}$  no aportan mucho valor, debido a que el valor equivalente de la fuente - 57,4 dB(A) – no es lo suficientemente elevado para dar valores relevantes.

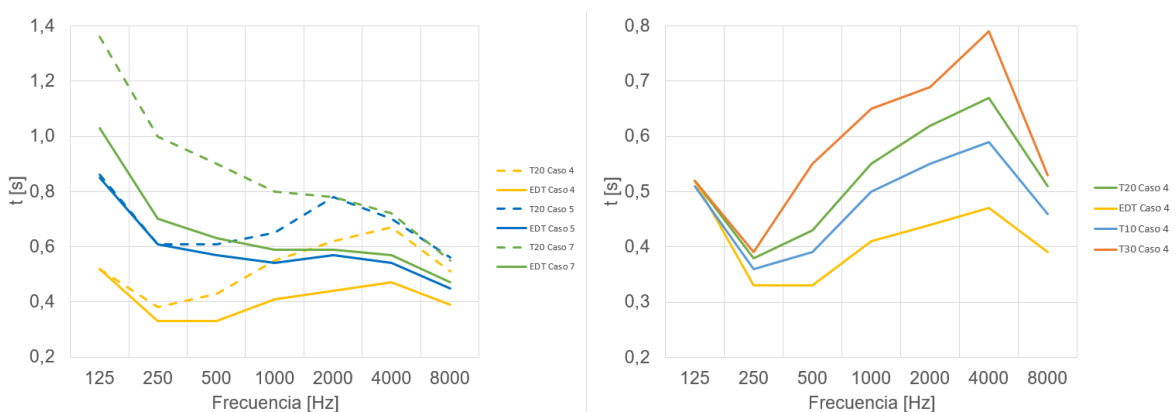


Figura 5 – Comparativa de los valores arrojados por la simulación de  $T_{20}$  y EDT para los Casos 4, 5 y 7 (izquierda), y comparativa de valores de  $T_{10}$ ,  $T_{20}$ ,  $T_{30}$  y EDT para el Caso 4 (derecha).

Se observa en las anteriores figuras que, en los casos donde existe algún tipo de tratamiento de acondicionamiento acústico (Caso 2 al Caso 8), los valores del TR serían aceptables según muchos estándares nacionales. No obstante, muy probablemente las valoraciones subjetivas in-situ del acondicionamiento por parte de los trabajadores, si esta oficina fuese real, no serían positivas. Esto puede indicar potencialmente dos cosas:

- El TR no es el mejor parámetro para describir acústicamente espacios abiertos como este (por lo menos no sin combinarlo con otros parámetros de otra naturaleza).
- Se necesita optimizar el acondicionamiento en cada caso y proyecto particular. No solo en términos de soluciones acústicas (techos, paneles de pared, pantallas, islas, baffles...) sino también en términos de los parámetros acústicos que se deberían evaluar, así como el diseño y distribución del espacio. La ISO 22955 es muy buena herramienta para ello.

### 3.1. ISO 22955: Actividad 6 (espacios mixtos). Análisis del $D_{A,S}$ [dB] entre actividades

A continuación, se analiza el potencial cumplimiento de los requisitos del estándar correspondientes a la actividad 6: espacios mixtos (ver sección 2.2) en la oficina considerada. Concretamente, los análisis se centrarán en el parámetro novedoso  $D_{A,S}$ [dB] introducido por primera vez en la ISO 22955. Este parámetro indica la diferencia de nivel de ruido in-situ, ponderada A para un espectro de voz, y se define como:

$$D_{A,S} = L_{p,A,S,1m} - L_{p,A,S} \quad (1)$$

siendo  $L_{p,A,S,1m}$  el nivel de presión sonora (ponderado en A) a una distancia de 1 m de la fuente en campo libre para un espectro de fuente de voz; y  $L_{p,A,S}$  el nivel de presión sonora (ponderada A) en un punto determinado del espacio correspondiente al receptor.

La evaluación de este parámetro se ha hecho entre el área central de reuniones informales (zona amarilla en la Figura 3) y las diferentes zonas de trabajo del espacio (etiquetadas cada una con una letra A-G). Para simplificar la presentación de los resultados, se presentarán por separado los casos donde existe un tratamiento de techo fonoabsorbente de pared a pared (Casos 2-5) y aquellos donde se acondiciona con elementos singulares suspendidos (baffles e islas; Casos 6-8). En ambas gráficas se presenta, a modo de referencia y comparación, los resultados del Caso 1 (oficina sin tratamiento acústico).

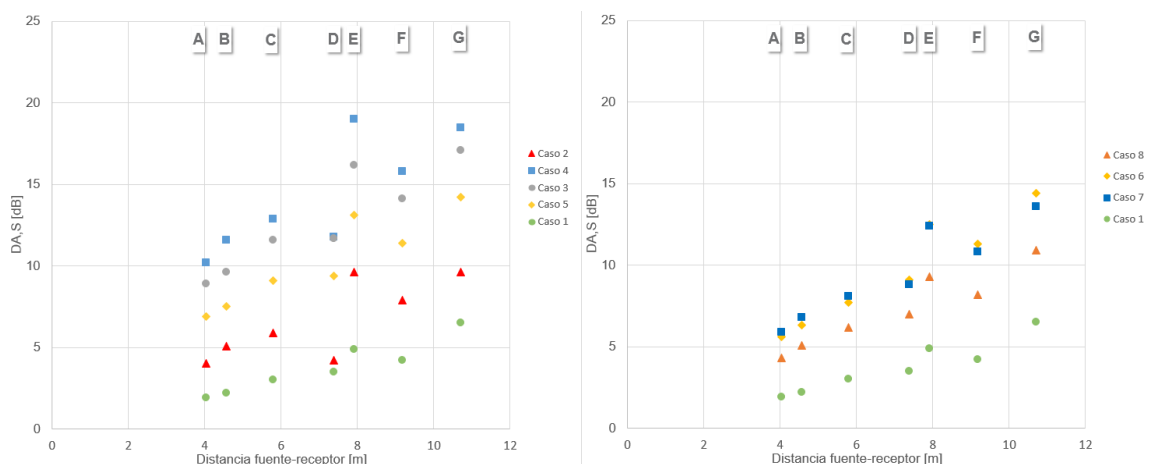


Figura 6 – Valores simulados de  $D_{A,S}$  para los casos donde hay un tratamiento de acondicionamiento de techo pared a pared (izquierda) y con elementos suspendidos (derecha).

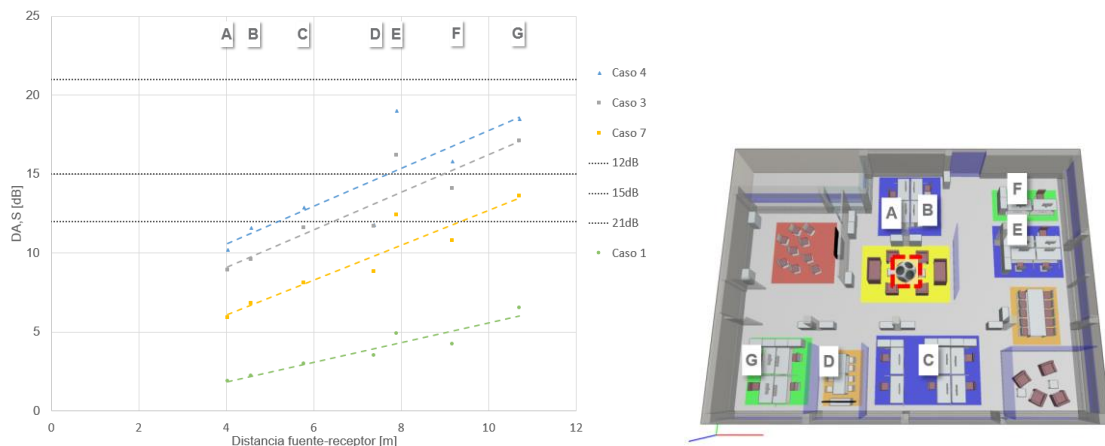


Figura 7 – Valores simulados de  $D_{A,S}$  para los Casos 1, 3, 4 y 7, y comparación con límites recomendados de  $D_{A,S}$  del estándar (izquierda) y puntos de evaluación A-G (derecha).



Se puede observar que un techo acústico fonoabsorbente clase A en combinación con pantallas (Caso 4) es el tratamiento más efectivo. La diferencia media de todas las posiciones A-G entre el Caso 1 (sin acondicionamiento) y el Caso 4 es de  $\Delta D_{A,S}=10.5$  dB, lo que pone de manifiesto la efectividad del acondicionamiento. La mínima diferencia entre ambos Casos 1 y 4 se da entre la posición central de la fuente (área informal) y el punto D, con un  $D_{A,S}=8.2$  dB; aquí la atenuación viene dada por el techo, ya que no existe ningún tipo de elemento vertical que se interponga en el camino. Por el contrario, la mayor diferencia ( $D_{A,S}=14.1$  dB) es entre la zona central y la zona marcada con la letra E; aquí, además de tener el techo existe tanto una separación vertical circundando la zona central, como pantallas fonoabsorbentes cerca de los receptores en la posición E.

Comparando el Caso 3 (acondicionado con techo fonoabsorbente Clase A) con el Caso 4 (techo y pantallas), vemos que las pantallas aportan (de media en todas las posiciones) una atenuación extra de  $\Delta D_{A,S}=1.5$  dB. La posición donde son más efectivas las pantallas son entre la posición central y la letra E, debido a su acción conjunta con la envolvente vertical de la zona informal ( $D_{A,S}=2.8$  dB), y la zona donde menos aportan (excluyendo la letra D donde no hay pantallas y por lo tanto el  $D_{A,S}$  de ambos casos son coincidentes) es entre A y C ( $D_{A,S}=1.3$  dB) debido a la proximidad entre ambos puntos.

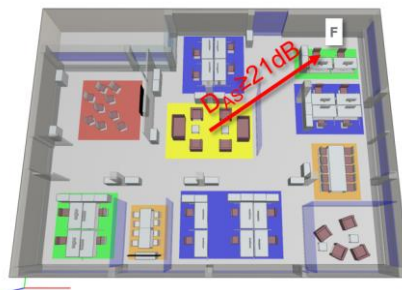
Comparando un techo pared a pared (Caso 3) con un caso de 50% cubrición de islas (Caso 7) y uno de baffles (Caso 6), se obtiene que los elementos suspendidos (islas con un 50% de cubrición y baffles) arrojan resultados de  $D_{A,S}$  muy similares en todas las posiciones. El Caso 3 se comporta mejor que los otros dos casos de elementos singulares ( $\Delta D_{A,S}=3.1$  dB).

Se puede observar también que un techo fonoabsorbente Clase A es más eficiente que un techo Clase C (Caso 3 vs. Caso 5), con una diferencia media entre la fuente y todas las posiciones de  $\Delta D_{A,S}=2.6$  dB. Esta diferencia probablemente sea mayor todavía in-situ (en el caso de que el techo Clase C sea un techo perforado) debido a la mayor dependencia angular de la absorción de un techo perforado [11] que de uno de lana mineral, y que en las simulaciones no se tiene en cuenta (se modeliza a través del  $\alpha_w$  medido en cámara reverberante según la ISO 354).

Si ahora se analiza solamente el punto de recepción correspondiente a la letra F (es decir, una zona de actividad no colaborativa) y su interacción con el centro (zona de reunión informal), los valores simulados de  $D_{A,S}$  para cada caso, son:

Tabla 2 – Tabla resumen de valores  $D_{A,S}$  obtenidos entre el punto central (zona de reuniones informales) y la letra F (zona de trabajo colaborativo). En rojo, valores inferiores a los recomendados por la norma entre este tipo de actividades; en verde los superiores o iguales.

Caso	1	2	3	4	5	6	7	8	Recomendación ISO 22955
$D_{A,S}$ [dB]	4.2	7.9	14.1	15.8	11.4	11.3	10.8	8.2	$\geq 21$



Por lo tanto, se ve que en esta zona de actividades mixtas de esta oficina, con ninguno de los tratamientos de acondicionamiento considerados se alcanzan las recomendaciones del parámetro  $D_{A,S}$  de la ISO 22955 entre una zona informal y otra de trabajo colaborativo.

### 3. CONCLUSIONES

La ISO 22955 aporta claridad sobre el diseño acústico de oficinas y abre el camino al diseño de espacios de trabajo donde prime el bienestar y la productividad. De forma más concreta, la norma:

- Mejora el conocimiento sobre espacios de trabajo y las expectativas de los involucrados.
- Proporciona una oportunidad de mejorar las condiciones acústicas de las mismas.
- Ofrece nuevos métodos de diseño acústico.
- Estipula unos objetivos de diseño claros (valores límite y recomendaciones).

En la zona mixta estudiada en este artículo, no se logró el cumplimiento de la recomendación de la norma del parámetro  $D_{A,S}$ , debido principalmente a la ubicación desfavorable del área para reuniones informales. Para acercarse lo más posible a la consecución del valor recomendado entre la zona informal central y la zona de trabajo colaborativo F ( $D_{A,S} \geq 21$  dB), sería necesario no solo acondicionar sino probablemente replantearse la distribución en planta del espacio como parte del “diseño acústico”. Asimismo, se ha visto que las normas basadas solo en valores diana del TR, hubiesen categorizado el espacio de “válido”, aunque los usuarios probablemente no estuviesen satisfechos. Con respecto al tipo de tratamiento, un techo pared a pared Clase A ha demostrado ser el más efectivo (pudiendo mejorarlo con pantallas fonoabsorbentes verticales).

En conclusión, los resultados de las simulaciones presentados van de la mano con la experiencia: el diseño de oficinas abiertas requiere una mayor atención a la planificación y las actividades. Como trabajo futuro relevante, se sugiere una campaña de medición para validar el descriptor  $D_{A,S}$  como parámetro relevante. El concepto  $D_{A,S}$  es accesible, fácil de entender, intuitivo y práctico porque está basado en actividades tipo desarrolladas en cualquier oficina, aunque la descripción de la medición deja espacio para la interpretación.

### REFERENCIAS

- [1] K. Jensen, E. Arens y L. Zagreus, «Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupants surveys,» de *Proceedings of Indoor Air*, Beijing, 2005.
- [2] G. Mark, D. Gudith y U. Klocke, «The Cost of Interrupted Work: More Speed and Stress,» University of California, Irvine, 2015.
- [3] Y. Fried, S. Melamed y H. Ben-David, «The joint effects of noise, job complexity and gender on employee sickness absence,» *Journal of Occup&Organiz. Psych.*, vol. 75, 2002.
- [4] B. Weidemann, «BOSTI: Disproving Widespread Myths about workplace design,» BOSTI associates, 2001.
- [5] E. Johnson, «Stress and open office noise,» *Journal of App. Psychology*, vol. 85, nº 5, 2000.
- [6] B. Banbury, «The disruption office-related tasks by speech and office noise,» *British Journal of Psychology*, vol. 89, pp. 499-517, 1998.
- [7] Weinstein, «Effect of noise on intellectual performance,» *Journal of Applied Psychology*, vol. 59, nº 5, pp. 548-554, 1974.
- [8] A. Seddigh, E. Berntson, F. Jönsson, C. Bodin-Danielson y H. Westerlund, «Journal of Environmental Psychology,» *The effect of noise absorption variation in open-plan offices: A field study with a cross-over design*, vol. 44, pp. 24-44, 2015.
- [9] ISO, International standard ISO 3382-3:2022 Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 3: Open plan offices, Geneva, 2022.
- [10] ISO, ISO 22955: Acoustics - Acoustic quality of open office spaces, Geneva, 2021.
- [11] J. Cucharero, T. Hänninen y T. Lokki, «Angle-dependent absorption of sound on porous materials,» *MDPI Acoustics*, vol. 2, pp. 753-765, 2020.