

RESUMEN DE
ESTUDIOS
ACADÉMICOS

IMPACTO DEL RUIDO EN LA EDUCACIÓN



Ecophon
SAINT-GOBAIN

EL IMPACTO DEL RUIDO EN LA EDUCACIÓN

El ruido en los centros escolares puede alcanzar niveles extremadamente altos, lo cual puede resultar perjudicial para profesores y alumnos. Pero, ¿cuánto, y hasta qué punto? ¿Y qué se puede hacer para mejorar los espacios de aprendizaje de modo que faciliten el intercambio de conocimientos, en lugar de entorpecerlo?



Descubre en este resumen los resultados de diversos estudios:

- Niveles saludables y recomendables de ruido en comparación con los niveles medios de los entornos escolares actuales
- Qué se necesita para garantizar niveles sonoros adecuados en los centros escolares
- Cómo afecta el ruido a la capacidad de aprendizaje y al comportamiento de los alumnos
- Cómo afecta el ruido a los profesores y los riesgos para su salud, tanto física como mental
- El efecto de la percepción del sonido en la concentración, y las molestias que ello supone para profesores y alumnos
- Optimizar la acústica para lograr un aprendizaje inclusivo
- Niveles de ruido y aulas de planta abierta
- Cómo afecta el ruido sobre todo a los más vulnerables

Esta información se basa en las conclusiones de estudios recogidos a lo largo de muchos años por la catedrática Bridget Shield, sin la cual este resumen no habría sido posible.

EL IMPACTO DEL RUIDO EN PROFESORES Y ALUMNOS

Sabemos que una buena enseñanza es el factor más influyente en el aprendizaje de los alumnos. Queremos ayudar a los profesores a enseñar de forma aún más eficaz, aportando para ello pruebas de la relación entre una buena acústica y un entorno interior saludable. Hemos resumido una serie de conclusiones de estudios científicos que indican la importancia de reducir el efecto adverso que tiene una mala acústica en los profesores:

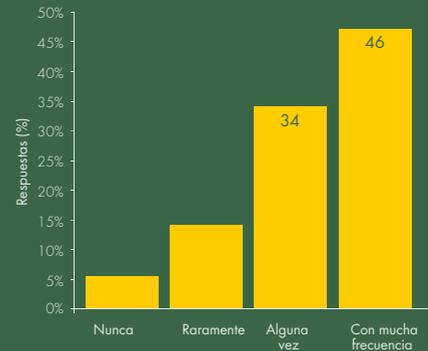
- Más del 65% de los profesores han experimentado problemas de voz a lo largo de su carrera²
- El 32% de los profesores afirman que han tenido problemas de voz, frente al 1% de profesionales no docentes³

Debemos formar a los alumnos en un rango más diverso de actividades para ayudarles a adaptarse de manera óptima a nuestra sociedad, siempre en constante cambio. Los alumnos actuales necesitan aptitudes de hoy en día, como son la colaboración, la comunicación, la creatividad y el pensamiento crítico. Estas aptitudes requieren que los alumnos participen activamente en su proceso de aprendizaje. Pero el aumento de la comunicación trae consigo un aumento del ruido en el aula, y por ello el entorno acústico se ha vuelto una cuestión mucho más importante.

Con la ayuda de una buena acústica:

- El número de niños que obtiene las calificaciones marcadas por el Gobierno aumenta hasta en un 13%⁴
- Los alumnos trabajan juntos en mejores condiciones y de forma más inclusiva⁵
- El nivel de ruido en el trabajo grupal colaborativo desciende en 13 dB (teóricamente, la reducción prevista era de tan solo 3 dB)⁵
- Los alumnos mejoran su concentración y se sienten menos cansados⁵

El 80 % de los profesores sufre estrés a causa del ruido en el aula¹



NIVELES DE SONIDO Y DE RUIDO

LO NORMAL FRENTE A LO RECOMENDABLE

La medición del sonido

El ruido se mide mediante una unidad logarítmica llamada decibelio (dB)*. Cuando se duplica la energía del sonido, añadiendo por ejemplo el doble de altavoces en una habitación, el resultado es un aumento del nivel sonoro de 3 dB. Al aumentar el nivel en 10 dB, el resultado es el doble de volumen en el sonido.

Niveles de ruido apropiados y directrices acústicas habituales para centros escolares

Las directrices basadas en estudios proporcionan un rango acústico adecuado para las aulas, tanto para el oyente medio como para quienes tienen necesidades especiales de aprendizaje y

escucha. A continuación se detallan los niveles de ruido máximos recomendados para garantizar una inteligibilidad del discurso suficiente y una buena comunicación. Estos niveles consideran el ruido de fondo cuando el aula está vacía y la diferencia necesaria para oír el habla con claridad.

- Niveles máximos de ruido ambiental para aulas vacías de 30-35 dB^{7,8}
- Para que haya buena comunicación oral debe haber una clara diferencia en la relación señal/ruido (S/R) de al menos 15-20 dB⁹
- El tiempo de reverberación (TR) debe ser aproximadamente de 0,5 segundos para aquellos espacios de aprendizaje donde es importante la comunicación verbal (se recomienda un rango de 0,3-0,6 segundos, según la normativa acústica para aulas de varios países nórdicos)

Niveles de sonido habituales en decibelios

Avión a reacción de cuatro motores a 100 m	120 dB
Ribeteado de una placa de acero a 10 m	105 dB
Taladro neumático a 10 m	90 dB
Sierra circular de madera a 10 m	80 dB
Alto nivel de tráfico rodado a 10 m	75 dB
Timbre del teléfono a 10 m	65 dB
Persona hablando a 10 m	50 dB
Un susurro a 10 m	25 dB

* Siempre que mencionemos dB en este folleto, nos referiremos a dB(A)

NIVELES DE RUIDO MEDIOS EN EL AULA

El ruido en los centros escolares viene dictado por tres factores:

- El ruido ambiental externo (aviones, trenes y coches)
- El ruido generado por los alumnos en sus actividades de aprendizaje
- Las fuentes de sonido mecánicas de dentro de la habitación (ventilación, proyectores, ordenadores)

Un estudio reciente¹⁰ ha documentado niveles de ruido en cientos de aulas de colegios mientras los alumnos estaban en clase. El resultado fue que los alumnos que aprenden en aulas más ruidosas tienen peores resultados y comportamiento.

LOS NIVELES DE RUIDO EN LAS CLASES AFECTAN AL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ALUMNOS:

Resultados científicos han revelado que las aulas con un alto nivel de ruido obtenían peores resultados en las tareas de lectura que el aprendizaje en aulas con un nivel de ruido más bajo. Esto quiere decir que la reducción de ruido mediante tratamientos acústicos es beneficioso para la lectura de los niños en muchos centros escolares.

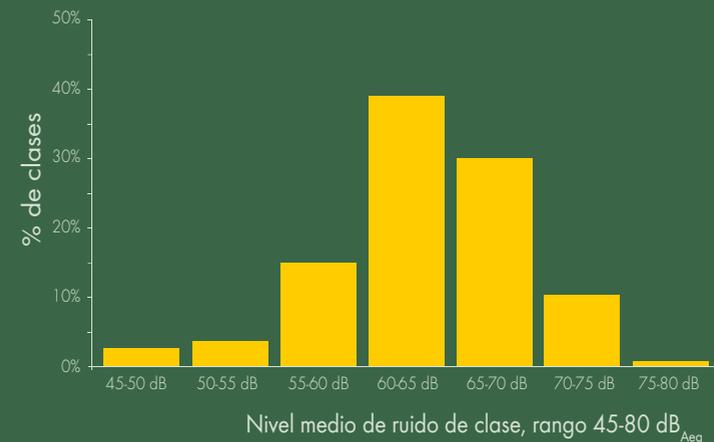
LA LEGISLACIÓN CONDUCE A MEJORAS REALES:

Cuando en 2003 se introdujo legislación sobre acústica en centros escolares de Inglaterra y Gales, el número de centros con entornos acústicos óptimos para sus alumnos se duplicó. Esto demuestra que, a nivel global, los centros escolares se benefician indudablemente de una estandarización y legislación acústicas.

LAS CONDICIONES ACÚSTICAS AFECTAN A LOS CONOCIMIENTOS Y EL COMPORTAMIENTO DEL ALUMNO:

El tiempo que necesitan los alumnos para recuperarse de las interrupciones auditivas (p. ej., alumnos que hablan o gritan) demuestra que cuando hay altos niveles de ruido, estos pueden tener un efecto adverso en la capacidad de concentración de los estudiantes^{4,10}. Dichos niveles se han relacionado también con el descenso en las calificaciones de lectura, ortografía y tareas relacionadas⁴. Este impacto es aún mayor para los niños con necesidades educativas especiales¹¹.

Estudio del ruido en 274 aulas¹⁰





LOGRAR UNA BUENA ACÚSTICA

PARA UNA COMUNICACIÓN VERBAL ÓPTIMA

Hay dos aspectos claramente identificados que influyen en el entorno acústico de un centro escolar: el ruido y el tiempo de reverberación*. En las aulas, el ruido puede tener distintos orígenes: el viento y el tráfico de los vehículos que llega de fuera, los servicios del edificio (calefacción, iluminación, sistemas de ventilación), la tecnología (proyectores, ordenadores), así como el ruido de los propios alumnos.

La calidad y la inteligibilidad del habla depende tanto del nivel de ruido como de la cantidad de sonido que rebota. El sonido rebota y es amplificado por las superficies que hay en el aula: paredes, techo, suelos, mesas, pizarras. Un exceso de reflexiones en superficies duras y lisas degrada la calidad del habla y aumenta el nivel de ruido.

Es fundamental lograr la mejor acústica posible para una buena comunicación verbal. Para apoyar todos los aspectos de la comunicación, desde el habla hasta la audición y la escucha, es necesario examinar el diseño de la construcción y la acústica desde un amplio rango de perspectivas.

Algunos factores principales de una reducción adecuada del sonido a partir de fuentes internas:

- La reducción de niveles de ruido internos (p. ej., de instalaciones y actividades)
- Acortar los tiempos de reverberación para minimizar reflexiones de sonidos no deseados
- Optimizar la inteligibilidad del habla reduciendo el tiempo de reverberación y aumentando la relación señal/ruido (S/R)

Diseñar para reducir el ruido externo

Aislamiento sonoro de fuentes externas, ruido mínimo del equipamiento interno e intrusión de ruido desde otros espacios.



* El tiempo de reverberación (TR) de un aula cuantifica cuánto rebota el sonido entre las superficies de un espacio. El TR mide el tiempo que tarda un sonido en decaer en 60 dB, y se ve directamente influido por la cantidad de materiales fonoabsorbentes que hay en el aula. El TR óptimo para el habla es más corto, en torno a 0,5 segundos, mientras que en aulas donde el habla no tiene tanta importancia (por ejemplo, auditorios de música) pueden ser aceptables tiempos de hasta 2 segundos.

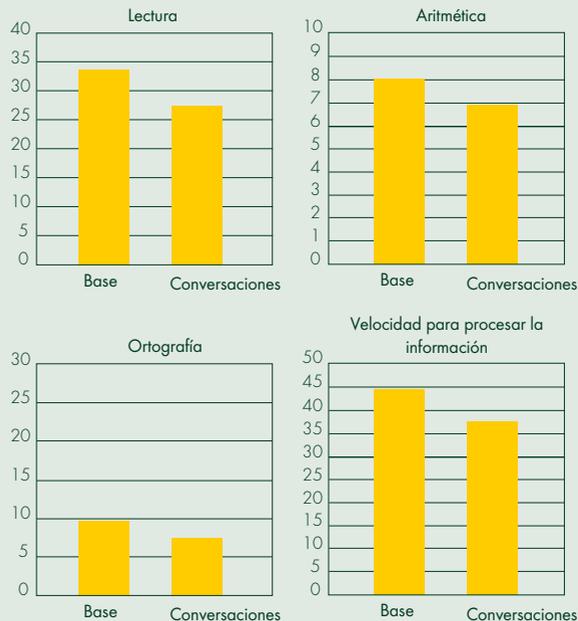
EFFECTOS EN EL RENDIMIENTO DEL ALUMNO

Este estudio⁴ comparó distintos niveles de ruido de fondo con el fin de evaluar su impacto en el aprendizaje. Al comparar el efecto que este ruido de fondo (“silencioso” vs. “normal”) tiene durante la realización de “tareas educativas habituales”, los autores de los estudios detectaron grandes diferencias de rendimiento.

Por ejemplo, la presencia de niveles de ruido de fondo “silenciosos” (bajos), hacen que los alumnos procesen información con más rapidez y respondan con mayor precisión. Este estudio también demuestra que la comprensión lectora de los adolescentes se ve afectada por los niveles excesivos de ruido en el aula. Este efecto negativo es todavía más acusado en casos donde los alumnos no están a su máximo nivel de rendimiento, como por ejemplo en caso de tener un resfriado, estar cansados, etc.

Un nivel de conversaciones habitual en el aula, de una media de 65 dB, tiene un impacto significativo en la aritmética, así como en las tareas verbales y cognitivas.

Efectos de las conversaciones en el aula sobre el rendimiento de niños de primaria



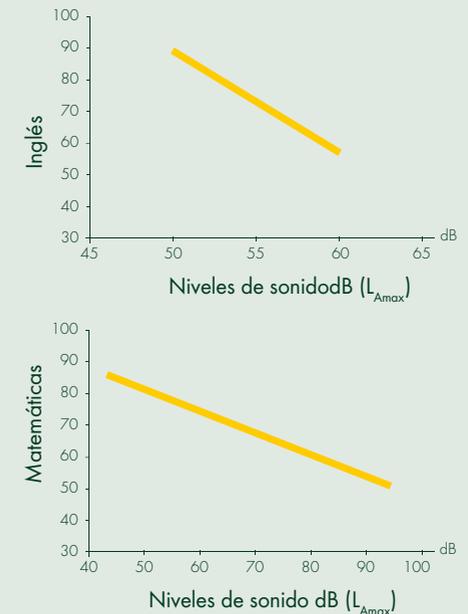
EL RUIDO INTERFIERE EN EL PROCESAMIENTO DEL HABLA

Este estudio⁴ demuestra que el impacto del ruido es perjudicial para los logros académicos de los alumnos.

Al comparar las calificaciones académicas de los alumnos más jóvenes en centros escolares con los niveles de ruido medios del aula, se descubrieron relaciones negativas muy significativas entre los niveles de ruido de fondo en el aula y las notas en varias asignaturas.

Lo interesante es que la prueba en la que se pudo apreciar una mayor relación con el ruido fue la prueba de idiomas. Estas conclusiones sugieren que el ruido de fondo en el aula interfiere en el procesamiento general del habla.

El aumento del nivel de ruido claramente afecta a las calificaciones fundamentalmente en dos asignaturas, siendo la más perjudicada la asignatura de Inglés.



UNA BUENA ACÚSTICA MEJORA LA INTELIGIBILIDAD DEL SONIDO EN MÁS DE UN 35%

Los autores de los estudios hallaron resultados muy sorprendentes⁶; principalmente, que casi todo el ruido del aula no era causado por lo que se creía que era ruido de aviones, trenes y coches, sino por los propios alumnos durante sus actividades de aprendizaje.

También se descubrió que al introducir un techo absorbente «clase A» de alto rendimiento:

- El reconocimiento de palabras de los alumnos aumentaba en un 35%
- La percepción del nivel sonoro descendía a la mitad

La reducción de niveles sonoros tiene un impacto físico y también en la conducta

El efecto teórico de instalar un techo fonoabsorbente de clase A iba a producir teóricamente una reducción del nivel sonoro de 3 dB en un aula vacía. Pero el verdadero cambio se notó en el comportamiento de los alumnos en el aula. Dado que todos podían oírse y entenderse sin tener que elevar la voz, alumnos y profesores inmediatamente empezaron a hablar más bajo; concretamente 7 dB más bajo, siendo la reducción sonora total de 10 dB.

Mejor para el aprendizaje en grupo

El tratamiento acústico redujo los niveles de ruido de fondo y acortó el tiempo de reverberación, dando como resultado un mejor rendimiento de los alumnos en las pruebas de dictados. La mejora fue especialmente positiva allí donde había muchos alumnos hablando a la vez en las aulas.



El personal que trabaja en aulas que han sido remodeladas acústicamente asegura que la diferencia es enorme. No solo no hay que gritar para hacerse entender, sino que el ambiente en el aula es en general mucho más tranquilo y relajado. Estamos encantados.

MISS CATHERINE DOUGLAS, DIRECTORA DE LA BALGREEN PRIMARY SCHOOL

Porcentaje de palabras correctamente identificadas



UNA BUENA ACÚSTICA REDUCE EL RITMO CARDÍACO

Cuando se demostró que el 80% de los profesores padecía estrés debido al ruido, los investigadores decidieron averiguar si era posible reducir el nivel de estrés mejorando el entorno acústico. Al mismo tiempo, también estudiaron cómo afecta el ruido en el aula a profesores y alumnos durante las actividades¹.

Al comparar las pulsaciones de los profesores en entornos inadecuados frente a otros adecuados (con techos y elementos de pared fonoabsorbentes acústicos de clase A) se pudo ver que el ritmo cardíaco descendía hasta en 10 pulsaciones por minuto (b.p.m.) al mejorar la acústica



Cómo fue posible

Si un aula tiene una acústica deficiente, el sonido se amplifica al rebotar en las paredes y el techo reflectantes. Esto crea ruido de fondo, lo cual a su vez distorsiona el habla, y los niveles sonoros aumentan, porque tanto alumnos como profesores deben elevar la voz para hacerse oír. A esto se le llama efecto Lombard¹⁵. Como consecuencia de ello, el ambiente se vuelve cada vez más estresante a medida que la clase (o el día) avanza. Consulta también el estudio descrito en la página 20 con relación a cómo el efecto Lombard influye en la conducta de los alumnos.

La reducción del ruido y el tiempo de reverberación contribuye a un menor estrés

Las aulas con tratamiento acústico transforman el espacio en un ambiente más relajado en el que todos se sienten más tranquilos, lo cual hace que descendan las pulsaciones del profesorado. Los docentes sienten considerablemente menos estrés en aulas con un tiempo de reverberación inferior a 0,5 segundos.

El ritmo cardíaco está considerado un factor de estrés por los médicos.
DR. GERHART TIESLER

PROBLEMAS DE VOZ

LOS PROBLEMAS DE VOZ DE LOS PROFESORES DEMUESTRAN QUE SU SALUD SE VE AFECTADA

Por desgracia, está inequívocamente demostrado que los profesores padecen más problemas de voz que otras profesiones.

Riesgos para la salud vocal de los profesores

En base a numerosos estudios sobre la salud vocal de los profesores, sabemos que son dos veces más propensos que otras profesiones a padecer problemas relacionados con la voz.

- Más del 65% de los profesores del estudio ha experimentado problemas vocales a lo largo de su carrera²
- Los profesores constituyen el 16,4% de quienes padecen problemas de la voz, siendo tan solo el 2% de la población activa examinada¹²
- El 32% de los profesores afirmó que padecía problemas de voz, frente al 1% de los no docentes³



Los profesores tienen **más del doble** de días de baja laboral que otras profesiones.

CONSECUENCIAS DE LOS PROBLEMAS DE VOZ

EN LA VIDA LABORAL DE LOS PROFESORES

Este estudio a gran escala¹³ comparó los problemas laborales relacionados con la voz y el absentismo laboral de 2400 trabajadores de diversas profesiones en el curso de un año. Los resultados demuestran que los profesores son más propensos que cualquier otro sector laboral a restringir sus actividades y tener días de baja debido a problemas relacionados con la voz.

Comparación de problemas relacionados con la voz el año pasado entre profesores y no profesores

	Prevalencia (%)	
	Profesores	No profesores
Reducción de actividad de un mínimo de un día	43	16
Faltó como mínimo un día al trabajo	18,3	7,2
Faltó más de 5 días al trabajo	3	1,3
La voz no le funciona como es debido durante más de 5 días	35	22
Puede que necesite cambiar de trabajo debido a su voz	2,0	0,78

EL IMPACTO DEL RUIDO EN

LA CONCENTRACIÓN Y EL COMPORTAMIENTO DE LOS ALUMNOS

La mejora de las condiciones acústicas tiene consecuencias en el número de actividades disfuncionales

Este estudio¹⁴ investigó si los cambios en el nivel de ruido del aula tenían relación directa con el comportamiento de los alumnos. Durante cinco clases matinales, aumentaron las actividades «disfuncionales» en las aulas con peor acústica (TR entre 0,6 y 0,75 s), mientras que las actividades disfuncionales en aulas con mejor acústica (TR entre 0,4 y 0,5 s) permanecieron estables toda la mañana.

El efecto Lombard¹⁵

A medida que avanza el día, las aulas con peor acústica experimentan una conducta más disfuncional y disruptiva a raíz del aumento progresivo en los niveles de ruido¹⁵.

Las mejoras acústicas hacen que cambie el comportamiento de los alumnos

Un techo fonoabsorbente reduce el nivel sonoro general de un aula y también el ruido causado por las actividades, modificando el comportamiento de los alumnos de manera muy positiva.

La facilidad de escucha fomenta una mejor conducta

Este estudio también supervisó las «actividades disfuncionales» durante las clases¹⁴. Aquí se incluyen las interrupciones o disrupciones provocadas por actividades no relacionadas con la clase. A medida que se iban reduciendo los niveles sonoros, también lo hacían las actividades disfuncionales, lo cual daba como resultado una mayor concentración durante la clase.

Cuando los niveles de ruido están controlados, los niveles de concentración del alumnado permanecieron estables en todas las clases. Este efecto debido a una mejor acústica elimina una de las causas principales de fatiga y estrés en el aula.

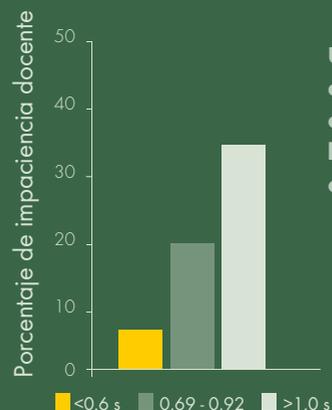
Aumento de los niveles sonoros de actividad (L_{A95}) antes y después de las reformas



UNA MALA ACÚSTICA RESULTA MOLESTA

Al investigar los efectos de la acústica en aulas en niños y profesores, los investigadores hallaron una correlación directa entre el tiempo de reverberación y la irritabilidad en ambos grupos¹⁶.

Los niños en aulas con mayor reverberación tuvieron peores puntuaciones en cuanto a motivación y calidad de interacción con sus compañeros y profesores (las recomendaciones habituales de acústica del aula son que el tiempo de reverberación esté en torno a los 0,5 segundos).



Una reverberación excesiva hace que disminuya la motivación y la interacción del alumno con los profesores

También se hizo la siguiente pregunta a los padres: «Mi hijo sufre a causa del ruido que hacen sus compañeros en el colegio». Los resultados demostraron que los niños que asistían a aulas tratadas acústicamente mostraban menos síntomas de irritabilidad.

Acústica del aula (TR)	% irritabilidad
< 0,6 s	44 %
0,7-0,9 s	51 %
>1,0 s	61 %

La reducción del TR hace que el niño se sienta menos molesto



FUENTES DE RUIDO

CONDICIONES ACÚSTICAS Y CLARIDAD DEL HABLA

Los efectos del ruido y la reverberación en la inteligibilidad del habla en un aula han sido estudiados en profundidad. Tanto las mediciones objetivas como las subjetivas apuntan al hecho de que puede haber un gran impacto en la recepción y percepción del habla.

Una forma de medir la inteligibilidad del habla es el índice de transmisión de voz (STI, por sus siglas inglesas). Cuando mayor es el STI, mayor es la calidad de la comunicación del habla para todos los estudiantes.

Descriptor de STI	STI
Malo - deficiente	0,30
Deficiente - aceptable	0,45
Aceptable - bueno	0,60
Bueno - excelente	0,75

El índice de transmisión de voz (STI) demuestra que el grado de inteligibilidad del habla va de deficiente a excelente utilizando valores que van del 0 al 1

Diversos estudios¹⁷ muestran que los valores del STI están relacionados con la calidad de la inteligibilidad del habla* para todos los alumnos. Ahora bien, el impacto es mayor entre el alumnado más joven. Ciertos tipos de ruido también tienen un mayor impacto en el STI; el ruido de las conversaciones generadas por otros alumnos tiene un mayor impacto en la inteligibilidad que los sonidos no humanos, tales como la ventilación.

Esto significa que es esencial realizar mejoras acústicas, como por ejemplo reducir el tiempo de reverberación, para menguar el impacto del ruido generado por el habla en el entorno del aula.

LA VOZ SE DEBE OÍR CON CLARIDAD

POR ENCIMA DEL RUIDO DE FONDO

Oír y entender lo que se dice en el aula requiere que el habla sea claramente inteligible a un nivel audible. Es preciso poder oír el habla por encima del ruido de fondo ambiental. A esto se le llama relación señal/ruido (S/R).

Cuanto más joven es el oyente, mayor debe ser la S/R para que se pueda escuchar el lenguaje hablado con claridad por encima del ruido. Un estudio importante sobre este tema⁹ señala que, si bien 15 dB se puede considerar una S/R satisfactoria para niños mayores (de unos once años), los más pequeños necesitan una S/R de hasta 20 dB para lograr una buena inteligibilidad del habla.

Los alumnos más jóvenes necesitan una mayor relación señal/ruido (S/R) para entender el habla

Edad	S/R necesaria para que un 75% alcance un 95 % de inteligibilidad del habla
6 años	+20 dB
8 años	+18 dB
11 años	+15 dB

Los investigadores analizaron la percepción del habla en presencia del ruido con el fin de encontrar los máximos niveles aceptables de ruido ambiental en el aula. Así, descubrieron que los niños más pequeños necesitaban una S/R superior a la de los niños mayores para lograr la misma puntuación de inteligibilidad del habla de 96% cuando el nivel de ruido de fondo era de 35 dB.

* La inteligibilidad del habla también se ve influida por la relación señal/ruido (S/R), que es la diferencia entre la señal (en este caso, el habla) y el ruido de fondo en un aula.

OPTIMIZAR LA ACÚSTICA

PARA INCLUIR A TODOS LOS ALUMNOS

Los investigadores hicieron pruebas para ver cómo afectaban los sucesivos cambios en el tratamiento acústico al nivel de ruido en el aula una vez equipada conforme a las recomendaciones para niños con pérdida de audición⁵. El resultado fue que, por cada reforma acústica realizada con el objetivo de mejorar el bienestar del alumnado con necesidades auditivas especiales, tanto los profesores como los alumnos sin necesidades especiales estaban más tranquilos y silenciosos.

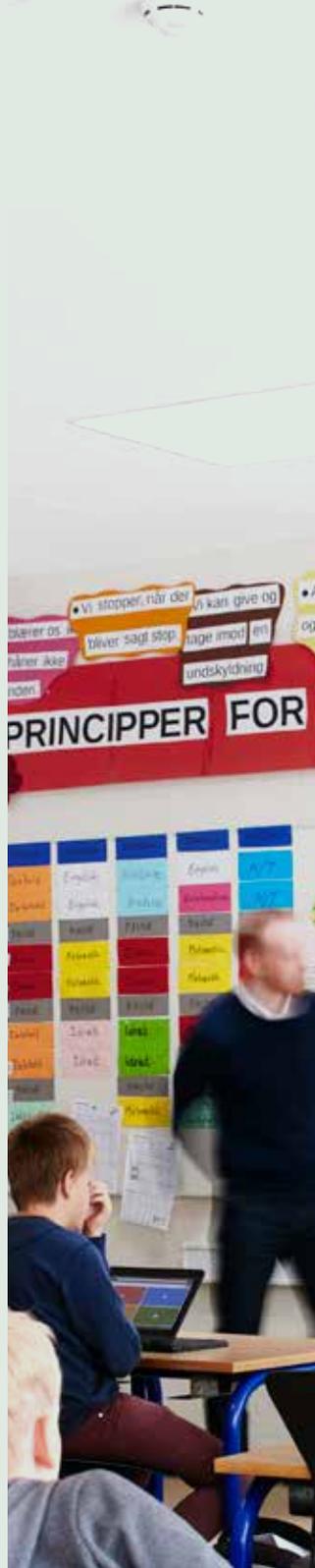
Los resultados demostraron que seguir estas recomendaciones producía un entorno sonoro que resultaba inclusivo y beneficioso para todos en el aula. Los alumnos generaban menos ruido, y los profesores no tenían que hablar tan alto ni forzar la voz.

Las mejoras acústicas dieron como resultado:

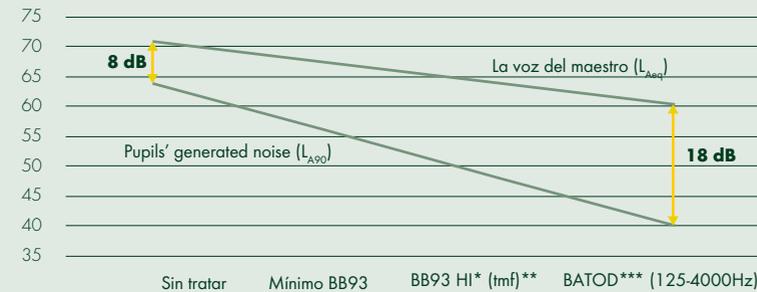
- Más interacción en el aula y más trabajo en grupo
- Una enseñanza más eficaz, con menos repeticiones

Una mayor absorción del sonido reduce los niveles sonoros en aulas llenas

Un techo fonoabsorbente reduce el nivel sonoro general. Al instalar absorbentes adicionales de bajas frecuencias, disminuye el ruido de fondo y el habla resulta mucho más clara.



El ruido en el aula y la relación señal/ruido mejoró ostentablemente debido a que el acondicionamiento se planeó para cumplir con estándares de inclusión.



- Un nivel de estrés mucho más bajo entre los profesores

En teoría, estas mejoras en el TR deberían haber dado lugar a una reducción de tan solo 3 dB en los niveles sonoros del aula. Sin embargo, los datos medidos durante la actividad demostraron que el profesor podía reducir el volumen de voz en unos 10 dB tras las reformas, gracias a que el ruido subyacente generado por los alumnos era muy inferior.

Además, la relación señal/ruido (S/R) generada entre la voz del profesor y el ruido generado por los alumnos pudo aumentar de

forma muy beneficiosa en 10 dB (de 8 a 18 dB). Esto significa que seguir las recomendaciones acústicas permitió alcanzar una S/R crítica de 15-20 dB, haciendo que las condiciones de escucha en entornos ruidosos fueran ideales para personas con pérdida de audición, así como para niños pequeños¹⁷.

Un mejor acondicionamiento acústico aumenta la S/R, y se comprobó que los alumnos debían realizar menos esfuerzos para entender al profesor, reduciendo simultáneamente su esfuerzo vocal y su estrés.

Las aulas con un acondicionamiento acústico optimizado, incluida una absorción adicional de bajas frecuencias, obtuvieron de manera consistente las mejores puntuaciones en cuanto a acondicionamiento para el habla y la escucha.

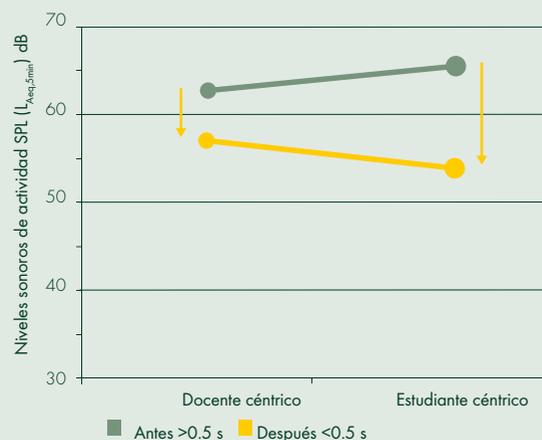
UNA MEJOR ACÚSTICA CONTRIBUYE

AL TRABAJO COLABORATIVO EN EQUIPO

Un estudio¹⁴ alemán comparó aulas con tiempos de reverberación (TR) cortos y largos. La conclusión fue una reducción significativa de los niveles de ruido entre ambas situaciones cuando las aulas estaban llenas y los estudiantes participaban en diversas actividades de aprendizaje. Los niveles sonoros del aula tratada descendieron drásticamente gracias a un TR más corto, haciendo posible:

- el trabajo colaborativo en equipo, ya que las actividades de aprendizaje se pueden llevar a cabo con niveles sonoros muy inferiores
- que el profesor pueda hablar mucho más bajo, sin tener que forzar la voz
- la reducción de la carga de trabajo gracias a la reducción del sonido

Niveles sonoros de actividad antes (verde) y después (amarillo) de realizar reformas: los espacios tratados redujeron los niveles de ruido en 6 dB para la enseñanza tradicional y 13 dB para el trabajo en grupo



Un aula con tratamiento acústico resulta especialmente beneficiosa para el trabajo en grupo, ya que pueden hablar varias personas a la vez y a volumen más bajo, sin necesidad de competir para hacerse oír.

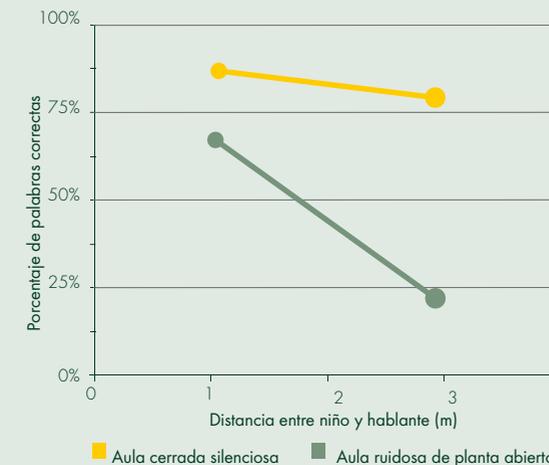
Compra una reducción sonora de 3 dB, ¡y llévate 10 dB gratis!

DR. G. TIESLER

AULAS DE PLANTA ABIERTA

Los investigadores compararon los niveles de ruido en cuatro tipos de centro preescolar con distintos diseños espaciales: uno cerrado, y tres con plantas abiertas de distintos tamaños¹⁹.

Se midió el ruido intrusivo para las actividades más tranquilas (dar clase a todo el grupo) y las actividades ruidosas (trabajo en grupo) en todas las aulas. Los niveles de ruido más molestos y que más distraían aumentaron con el tamaño del aula y el número de grupos de clase, tanto para las actividades adyacentes más tranquilas como para las más ruidosas.



En aulas de planta abierta, cuanto más lejos se hallan los oyentes del hablante, mayor es el número de respuestas incorrectas que reciben.

Incluso cuando las clases abiertas participaban en actividades tranquilas, los niños sentados en la parte de atrás de las aulas abiertas de mayor tamaño se resentían del aumento del nivel sonoro. El diagrama de arriba muestra cómo en un aula tranquila y cerrada, con ausencia de distracciones y molestias producidas por el ruido exterior, es posible oír desde el fondo de la clase.

En espacios de planta abierta, otro factor que contribuye a reducir la inteligibilidad del habla es que el oyente a menudo se encuentra alejado del hablante. Con el fin de mantener la inteligibilidad del habla en diseños de planta abierta, una técnica podría ser agrupar a los oyentes más cerca del hablante con el fin de reducir la distracción causada por sonidos distractivos de espacios adyacentes y grupos de aprendizaje.

RESPUESTAS AL RUIDO EN AULAS DE PLANTA ABIERTA

Tras analizar estudios exhaustivos²⁰, los investigadores llegaron a la conclusión de que los niveles sonoros durante las actividades no son necesariamente más altos en las aulas de planta abierta que en las tradicionales.

A pesar de la creencia generalizada de que los niveles sonoros son más altos en espacios de planta abierta, los niveles de ruido parecen ser bastante similares a los de las aulas tradicionales.

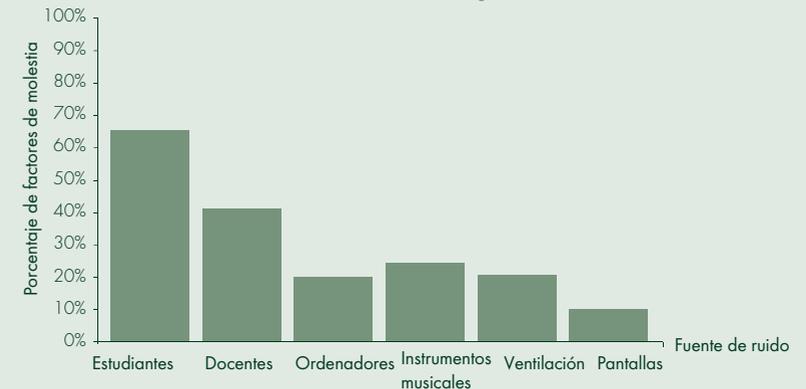


Hubo casos en que los niveles fueron más altos en un entorno de planta abierta, pero en otros fueron más bajos. Esto se debe quizá a los bajos niveles de reverberación, como resultado de una mayor absorción y/o una gestión apropiada del aula.

Ahora bien, a menudo se cita el ruido causado por estudiantes de fuera del aula como fuente de irritación y molestias para aulas de planta abierta, tanto en colegios de primaria como de secundaria. Los niños que aprenden en aulas de planta abierta son especialmente susceptibles a oír conversaciones irrelevantes y, en efecto, el habla de las zonas docentes adyacentes ha sido citado en diversos estudios de centros de planta abierta como la fuente más habitual de molestias²¹.

Cuando se pidió a los alumnos que dijeran qué sonidos eran los más molestos en las aulas de planta abierta, un 65% dijo que el de las otras clases, seguido de los profesores de otras aulas.

Sonidos que molestan a los alumnos en las clases diáfanas de la escuela primaria



LOS MÁS VULNERABLES SON QUIENES MÁS SUFREN

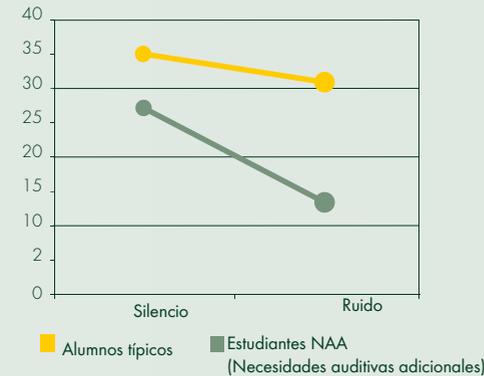
En cualquier aula nos encontraremos siempre a alumnos con necesidades educativas especiales (NEE) que influyen en su capacidad de oír el habla y hacer frente al ruido. Esto no solo incluye la pérdida de audición, sino también a personas con déficit de atención y aquellas que aprenden en su segundo idioma. Lo interesante es que es aplicable a cualquiera que no esté en condiciones óptimas; por ejemplo, a quien padece falta de sueño o se siente cansado.

Los problemas de audición agudizan el riesgo de estrés y fatiga y requieren más esfuerzo en la escucha, lo cual puede poner en peligro la capacidad del niño de aprender en un entorno ruidoso y, por tanto, afectar a su rendimiento.

Para conocer esto más a fondo, los investigadores compararon el rendimiento entre los niños de una escuela primaria con NEE y otros sin NEE en una serie de tareas, incluida la capacidad lectora y la velocidad de procesamiento⁴. Las tareas se llevaron a cabo en condiciones muy tranquilas, y también introduciendo un ruido de conversaciones a 65 dB, que es un nivel de ruido común en muchas aulas.

Los resultados demostraron que los niños con NEE fueron los más afectados, sobre todo en situaciones donde hay conversaciones. También revelaron que las calificaciones de los alumnos con necesidades adicionales caían en picado cuando el entorno se volvía más ruidoso, mientras que en los alumnos con un desarrollo más habitual el impacto negativo fue menos pronunciado.

Puntuaciones de ortografía y dictado en condiciones ruidosas frente a silenciosas



Puntuaciones de lectura en condiciones ruidosas frente a silenciosas



LOS ESTÁNDARES DE PÉRDIDA DE AUDICIÓN

ESTABLECEN LOS CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Los alumnos con necesidades de escucha adicionales/NEE son más vulnerables a entornos sonoros hostiles, pero además asisten a colegios tradicionales que no siempre están optimizados para ellos. Las políticas inclusivas y sus recomendaciones, por tanto, han sido diseñadas para dar apoyo a su aprendizaje en estos entornos.

Entre los alumnos que entran en la categoría de necesidades de escucha adicionales encontramos a aquellos con pérdida de audición y problemas cognitivos, pero también a aquellos que no aprenden en su primer idioma. Los niños del espectro autista también son vulnerables, dando ejemplo de ello de forma cada vez más frecuente a medida que el ruido ambiental aumenta²².

Una lista exhaustiva de grupos con necesidades de escucha adicionales incluye:

- Problemas de audición sensorineural/conductiva permanente
- Problemas de audición conductiva fluctuante (causada por resfriados, infecciones de oído, etc.)
- Dificultades en el habla, el lenguaje y la comunicación
- Trastorno de hiperactividad y déficit de atención (TDAH)
- Trastorno en el procesamiento auditivo (APD)

Los entornos de aprendizaje inclusivos exigen que los alumnos disfruten de una mayor inteligibilidad del habla.

Las normativas que reconocen la importancia de controlar la reverberación a bajas frecuencias para los oyentes más sensibles se encargan precisamente de eso.

- Encontrarse en el espectro autista (ASD)
- Aprendizaje en/de un idioma no materno

Todas las recomendaciones para alumnos con necesidades de escucha adicionales también benefician a los alumnos con un desarrollo habitual, así como a los profesores, ya que también

crean un mejor entorno sonoro para todos en el aula.

Además de los grupos con NEE mencionados, es importante recordar que en el aula también hay niños más pequeños con sistemas auditivos aún en desarrollo. Por tanto necesitan una relación señal/ruido (S/R) más alta para poder oír la voz del profesor por encima del ruido de fondo^{9,18}. Y eso es exactamente lo que está demostrado que se puede lograr siguiendo estas recomendaciones⁵.

A continuación mostramos un resumen de normativas del Reino Unido (BB93⁷ y BATOD⁸) sobre ruido y reverberación en aulas con NEE

Criterios acústicos - necesidades de escucha adicionales	BB93 (2015)* BATOD**	
	Nueva construcción	Reformas
Nivel de ruido ambiental en interiores*	≤ 30 dBA	≤ 35 dBA
Tiempo de reverberación*	≤ 0,4 s, promedio 125 Hz a bandas de octava de 4000 Hz	
Relación señal/ruido**	>20 dB, de 125 Hz a 750 Hz	
	>15 dB, de 750 Hz a 4000 Hz	

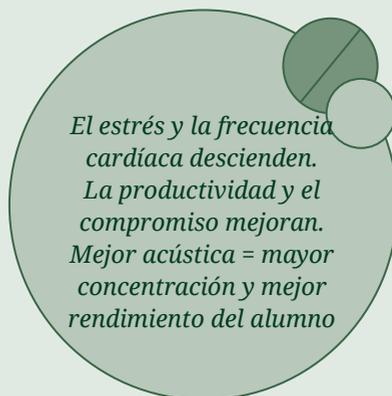


CONCLUSIÓN

Con el fin de proporcionar entornos de aprendizaje y trabajo adecuados que contribuyan al desarrollo educativo (el cual incluye aptitudes vitales para el siglo XXI), es fundamental contar con un buen entorno acústico.

Creemos que este resumen de estudios científicos puede ofrecer unos conocimientos y una conciencia muy necesarios sobre el impacto positivo de mejorar los entornos acústicos. Creemos que la acústica es un componente clave para profesores y alumnos a la hora de garantizar su salud y bienestar general durante las actividades de enseñar y aprender. Una buena acústica puede contribuir a aspectos críticos de una cultura positiva en la educación. El resultado es una mayor participación y compromiso por parte de todos. Una buena acústica, por lo tanto, facilita una enseñanza y un aprendizaje de calidad.

Los colegios diseñados con una buena acústica permiten que todo el mundo se comunique con más facilidad. La práctica de compartir conocimientos e ideas se convierte en una experiencia más productiva. Imagina el impacto exponencial que tendría el hecho de que los profesores pudieran estar centrados en enseñar, y no en tener que controlar el ruido y las interrupciones, y los alumnos pudieran dedicar más tiempo a profundizar en su aprendizaje.



El estrés y la frecuencia cardíaca descienden. La productividad y el compromiso mejoran. Mejor acústica = mayor concentración y mejor rendimiento del alumno

Los testimonios de profesores de los estudios^{5,14} sobre las mejoras en la acústica revelan:

- Mejoras significativas en las condiciones de trabajo del personal y los alumnos, describiendo las mejoras como un entorno sonoro más silencioso y tranquilo
- Mejor conducta y comprensión en clase
- Menores niveles de estrés para los profesores, sobre todo aquellos con menos experiencia
- Los alumnos con problemas auditivos participan en las clases en condiciones de mayor igualdad

Para saber más sobre el impacto de la acústica en entornos educativos, consulta el blog de Ecophon, Acoustic Bulletin (www.acousticbulletin.com), en el que examinamos más a fondo estudios, normativas y temas relativos al mundo de la educación.

REFERENCIAS ENUMERADAS A LO LARGO DEL TEXTO. POR AUTOR(ES), TÍTULO, FECHA:

1. Schönwälder, H.-G., Berndt, J., Ströver, F., Tiesler, G. Professional stress and strain in teachers (in German), Schriftenreihe der BAuA, Fb 989, NW-Verlag, Bremerhaven, Germany. 2003.
2. Comins, D. Survey of UK voice clinics 2001/2. Voice Care Network UK. 2002.
3. Smith, E., Lemke, J., Taylor, M., Kirchner, H. L., & Hoffman, H. Frequency of voice problems among teachers and other occupations. *Journal of voice*, 12(4), 480-488. 1998.
4. Shield, B., & Dockrell, J. The Effects of classroom and environmental noise on children's academic performance. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN). 2008. *Italicize "9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN)"*
5. Canning & James. The Essex study - Optimising classroom acoustics for all. 2012.
6. McKenzie & Airey. Classroom acoustics, a research project - Summary report. 1999.
7. Department for Education. Building Bulletin 93 - Acoustic design of schools: performance standards.
8. Education Funding Agency, London, 2015 British Association of Teachers of the Deaf (2001) Classroom acoustics - recommended standards. *BATOD Magazine*, January 2001.
9. Bradley, J. S., & Sato, H. The intelligibility of speech in elementary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4), 2078-2086. 2008.
10. Shield, B., Conetta, R., Dockrell, J., Connolly, D., Cox, T., & Mydlarz, C. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(1), 177-188. 2015.
11. Shield, B., Connolly, D., Dockrell, J., Cox, T., Mydlarz, C., & Conetta, R. The impact of classroom noise on reading comprehension of secondary school pupils. In *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 40, 236-244. 2018.
12. Smith, E., Gray, S. D., Dove, H., Kirchner, L., & Heras, H. Frequency and effects of teachers' voice problems. *Journal of voice*, 11(1), 81-87. 1997.
13. Roy, N., Merrill, R.M., Thibeault, S. Parsa, R. A., Gray, S. D., & Smith, E. M. Voice disorders in teachers and the general population: effects on work performance, attendance, and future career choices. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 47. 2004.
14. Tiesler, G. Communication Behaviour and Workload of Students and Teachers in Highly Absorbent Classrooms. In *Proceedings of Euronoise*. 2018.
15. Brumm, H., & Zollinger, S. A. The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research. *Behaviour*, 148(11-13), 1173-1198. 2011.
16. Klatte, M., Hellbrück, J., Seidel, J., & Leistner, P. Effects of Classroom Acoustics on Performance and Well-Being in Elementary School Children. 2009.
17. Astolfi, A., Bottalico, P., & Barbato, G. Subjective and objective speech intelligibility investigations in primary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1), 247-257. 2012.
18. Yang, W., & Bradley, J. S. Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(2), 922-933. 2009.
19. Mealings, K. T., Demuth, K., Buchholz, J. M., & Dillon, H. The effect of different open plan and enclosed classroom acoustic conditions on speech perception in Kindergarten children. *The Journal of the Acoustical Society of America* 138(4). 2015.
20. Shield, B., Greenland, E., & Dockrell, J. Noise in open plan classrooms in primary schools: A review. *Noise and Health*, 12(49), 225. 2010
21. Greenland, E. E. (2009). *Acoustics of open plan classrooms in primary schools* (Doctoral dissertation, London South Bank University). 2009.
22. Kanakri, S. M., Shepley, M., Tassinari, L. G., Varni, J. W., & Fawaz, H. M. Observational study of acoustics design and repetitive behaviors on children with autism. 2017.

Ecophon es el proveedor líder de soluciones para entornos acústicos interiores que mejoran el rendimiento laboral, el bienestar y la calidad de vida. Creemos en la diferencia que puede marcar el sonido en nuestras vidas cotidianas y defendemos apasionadamente la importancia de la acústica de una sala para el bienestar de la gente, sea cual sea el espacio, la actividad o la necesidad.

El efecto del sonido en las personas es lo que guía todo lo que hacemos. Nos sentimos orgullosos del legado sueco y el enfoque humano en el que se fundamenta esa premisa. Tenemos un compromiso absoluto con la transparencia y la sostenibilidad. Y como miembros del grupo Saint-Gobain, colaboraremos como nos corresponda para hacer del mundo un hogar mejor.



Ecophon
SAINT-GOBAIN