

ACÚSTICA DE OFICINAS Y AMBIENTES DE TRABAJO NO INDUSTRIALES

Ricardo Cabrera

somlivreuiu@gmail.com

Resumen

Cuidar de la acústica en un ambiente de trabajo como una oficina trae algunos beneficios: facilita la comunicación, aumenta la productividad y cuida del bienestar de los funcionarios. Un proyecto acústico al momento de construir o reformar un espacio destinado para oficina tiene dos objetivos importantes: alcanzar el confort acústico y garantizar un alto grado de privacidad y confidencialidad.

Este artículo trae una recopilación bibliográfica con información útil sobre los indicadores acústicos para analizar, sus rangos de valores recomendados y, en base a esa información, expone alternativas a ser implementadas con el fin de cumplir con los objetivos mencionados.

Palabras clave

Acústica en oficinas, confort acústico, privacidad, indicadores acústicos.

Introducción

Incluir un proyecto acústico al momento de proyectar, construir o reformar un espacio de trabajo no industrial como una oficina es una inversión que trae varios beneficios. Por ejemplo, una eficaz aislación y control de ruido ayuda a evitar los efectos negativos de la exposición al ruido (pérdida de la capacidad auditiva, estrés, ansiedad, depresión, etc.). Un tratamiento acústico adecuado facilita la comunicación del equipo de trabajo necesaria para la realización de actividades grupales mejorando así la productividad.

Para evaluar acústicamente el comportamiento de una sala se utilizan los llamados índices o indicadores acústicos objetivos tales como el tiempo de reverberación (T_r o T_{60}), la claridad (C_{80}), la fracción lateral (LF), etc. Algunos de estos indicadores son específicos para evaluar cierto tipo de salas de audición crítica, por ejemplo para auditorios, salas de concierto, etc.

Revisión bibliográfica

De acuerdo con Carrión (Carrión Isbert, 1998), el primer paso para realizar una evaluación acústica objetiva de un recinto específico es determinar cuáles son los usos que el local tendrá, así como datos geométricos entre los que destacan el volumen, el tamaño de la superficie útil, los tipos de revestimientos de las superficies límite, etc. A partir de allí, se definen cuáles son los parámetros acústicos que conviene estudiar. Una vez escogidos los indicadores de estudio, se procede a su obtención, sea mediante una medición in situ, mediante cálculo analítico o simulación asistida por computador. Además, es necesario determinar los criterios de aceptabilidad o rango de valores recomendados, por la literatura especializada, de cada parámetro; estos generalmente dependen del volumen de la sala. Finalmente, se procede a realizar una comparación entre los valores obtenidos del local estudiado y los valores recomendados, con la finalidad de determinar si la sala cumple o no con las recomendaciones o normas.

Las necesidades más generales que se busca satisfacer al momento de tomar en cuenta a la acústica de un ambiente de trabajo u oficina son dos:

- Alcanzar el confort acústico.
- Obtener privacidad y confidencialidad.

Según Marros (Marros, 2011) un ambiente posee condiciones para ofrecer confort acústico cuando las necesidades acústicas son atendidas satisfaciendo a sus usuarios. El confort acústico es un concepto subjetivo relacionado a diversos factores tanto internos como externos; a los ambientes y sus usuarios.

Además del uso, el ambiente acústico dentro y alrededor de un recinto es determinado por otros factores, entre ellos:

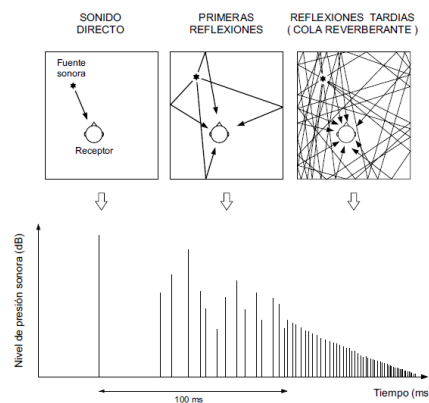
- El contexto urbanístico – ambiental.
- El tamaño, geometría y distribución de espacios.
- Los materiales de construcción y acabados.
- El mobiliario.

Tomando en cuenta que dentro de una oficina es fundamental la comunicación oral entre los diferentes miembros del equipo de trabajo, los parámetros acústicos que conviene evaluar son:

- **Tiempo de reverberación (Tr).** La reverberación es el conjunto de reflexiones que un sonido tiene al chocar con las superficies límite y con el mobiliario del local donde fue emitido como muestra la figura 1. En cada reflexión la energía acústica va a disminuir en menor o mayor medida de acuerdo a las características de absorción que presente el material del objeto con el que choca. La reverberación de una sala se mide mediante el llamado tiempo de reverberación, definido como el tiempo que demora en decaer 60dB, contado a partir del cese de su emisión, el nivel de presión sonora de un sonido emitido en el interior de un recinto. Este tiempo depende del volumen de la sala y de la cantidad de absorción que sus superficies límite y mobiliario presentan al sonido emitido. El Tr es el índice objetivo más antiguo y aún el más importante para caracterizar acústicamente a una sala.

Figura 1

Reflexiones y evolución en el tiempo



Tomado de Diseño acústico de espacios arquitectónicos (p. 50), por Antoni Carrión, 1998, Ediciones UPC

En el caso de un recinto ya edificado, este índice se puede obtener a partir de una medición in-situ que siga los procedimientos indicados en la norma ISO 3382. Además, tanto para recintos ya edificados como los que aún se encuentran en etapa de proyecto, el tiempo de reverberación puede ser obtenido a partir de cálculos, utilizando fórmulas como las de Sabine (f_1),

Eyring o Arau las que incluyen datos específicos de las salas como volumen, superficie, características acústicas de las superficies límite y del mobiliario (Arau, 2010); así como de simulación asistida por computador realizada utilizando planos 3D del recinto a evaluar en software especializado.

$$Tr = 0,161 \times \frac{V}{A_{tot}} (s) \text{ (f1)}$$

Donde:

- V es el volumen de la sala en (m³).
- A_{tot} es la absorción total que presenta la sala (m² sabines)

Debido a que un recinto está constituido por distintas superficies recubiertas de materiales diversos, se define la absorción total (A_{tot}) como la suma de todas y cada una de las absorciones individuales, es decir:

$$A_{tot} = \alpha_1 \times S_1 + \alpha_2 \times S_2 + \dots + \alpha_n \times S_n \text{ (m}^2 \text{ sabines) (f2)}$$

Donde:

- S es el área de cada una de las superficies presentes en la sala (m²)
- α es el coeficiente de absorción sonora que de cada material.

El coeficiente de absorción sonora indica la capacidad de absorción de energía acústica de cada material específico, es adimensional y sus valores se encuentran en el rango entre 0 y 1, siendo valores pequeños indicadores de poca absorción por parte del material (material reflectante), mientras que valores mayores, cercanos a 1, indican que el material absorbe mucha energía acústica (material absorbente). La capacidad de absorber o no energía acústica de cada material varía en función de la frecuencia por lo que es común que se encuentre en tablas con diferentes valores de α por cada banda de octava.

El Tr tiene como unidad al segundo y se calcula o mide por banda de octava desde la banda de 125Hz hasta al de 4KHz, teniendo de esta manera 6 valores, uno para cada banda. Sin embargo, con el fin de simplificar el número de datos, muchas recomendaciones o normas utilizan un único valor

que es el llamado tiempo de reverberación medio o T_{mid} , el cual es el promedio aritmético de los T_r de las bandas de 500Hz y 1KHz.

Existen diversas maneras y criterios de determinar cuál es el rango de valores que el T_{mid} que una oficina debería tener para garantizar confort acústico. Una de ellas es la indicada en la NTP 503 del Centro Nacional de Condiciones de Trabajo español, la cual establece un valor de 1 (s) o menor para despachos y oficinas y hasta 1,5 (s) para zonas comunes como corredores o descansos, según lo indicado en la Tabla 1.

Tabla 1

T_r recomendados para distintos locales habitables de diversos tipos de edificios

Tipo de edificio	Local	Tiempo de reverberación (s)
Residencial público y privado	Zonas de estancia	≤ 1
	Dormitorios	≤ 1
	Servicios	≤ 1
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Administrativo y de oficinas	Despachos	≤ 1
	Oficinas	≤ 1
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Sanitario	Zonas de estancia	$0,8 \leq T_r \leq 1,5$
	Dormitorios	≤ 1
	Zonas comunes	$1,5 \leq T_r \leq 2$
Docente	Aulas	$0,8 \leq T_r \leq 1,5$
	Salas de lectura	$0,8 \leq T_r \leq 1,5$
	Zonas comunes	$1,5 \leq T_r \leq 2$

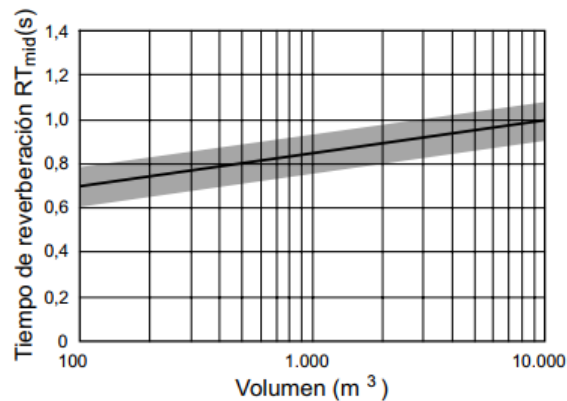
Nota: Tomado de NTP503 por Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el trabajo, 1998

(https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_503.pdf/182d0939-8e1e-488d-9f74-98fa93709759)

También se utiliza curvas como la mostrada en la figura 2, sugerida por Carrión (Carrión Isbert, 1998), la cual indica un tiempo de reverberación óptimo para salas destinadas para la comunicación oral según su volumen.

Figura 2

Valores recomendados de T_{mid} en función del volumen de la sala



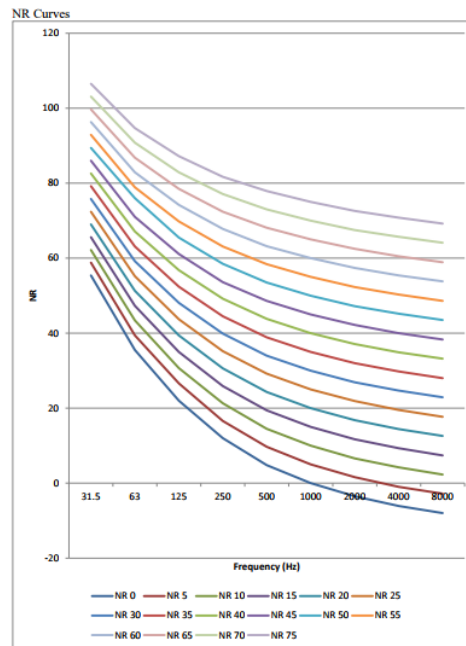
Tomado de Diseño acústico de espacios arquitectónicos (p. 140), por Antoni Carrión, 1998, Ediciones UPC

El control del tiempo de reverberación se lo realiza por medio del uso de materiales absorbentes. Este tipo de materiales se los puede utilizar como revestimiento de paredes o techos, así como en forma de paneles colgados del techo. El número o área que estos paneles deben cubrir se calcula a partir del T_r deseado (f_1).

- **Nivel de ruido de fondo o residual:** Es el ruido que percibe al interior de la oficina con todas las instalaciones funcionando sin que en ella se ejerza ninguna actividad humana propia del trabajo. Este ruido es causado por numerosas fuentes y tiene diversos componentes entre los que se cuenta: el ruido exterior, el de las instalaciones del edificio y de los equipos de oficina. Existen recomendaciones de niveles máximos de ruido por bandas para que éste no interfiera con la actividad que se realiza en el interior del local. Entre estas recomendaciones destacan las llamadas curvas NC y las curvas NR. Las curvas NR (noise rating) están establecidas en la Organización Internacional de Estandarización (ISO) en la norma ISO/R 1996:1971 y se muestran en la figura 3; cada curva representa el nivel máximo de ruido en dBZ por banda de frecuencia.

Figura 3

Familia de curvas NR



Tomado de Calculation of NR & NC curves in the optimus sound level meter and the NoiseTools software 2013 por Cirrus Research plc.

La figura 3 se complementa con la tabla 2 que indica cual curva se debería utilizar en función del uso del recinto.

Tabla 2

Ejemplos de los valores NR y sus aplicaciones.

Curva NR	Aplicación
NR 25	Salas de concierto, estudios de radio, TV y grabación, iglesias
NR 30	Domicilios, hospitales, teatros, cines, salas de conferencia
NR 35	Librerías, museos, juzgados, escuelas, hoteles, despachos.
NR 40	Salas, corredores, guardarropas, restaurantes, clubs, nocturnos, oficinas , tiendas
NR 45	Tiendas departamentales, supermercados
NR 50	Piscinas, oficinas con maquinaria
NR 60	Fábricas con maquinaria ligera
NR 70	Industria pesada

Adaptado de Calculation of NR & NC curves in the optimus sound level meter and the NoiseTools software 2013 por Cirrus Research plc

En el caso de una oficina (despachos) la norma ISO/R 1996:1971 recomienda el uso de la curva NR 35. Los valores de NPS (dBZ) de esta curva se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3

Valores de nivel de presión sonora (dBZ) por banda de octava de la curva NR 25

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR 35(dBZ)	63,1	52,4	44,5	38,9	35,0	32,0	29,8	28

Adaptado de Calculation of NR & NC curves in the optimum sound level meter and the NoiseTools software 2013 por Cirrus Research plc

El control de ruido de fondo depende mucho de la fuente emisora. En una oficina, el ruido generado internamente se puede controlar mediante diversas técnicas como la adquisición de equipos silenciosos (impresoras, computadoras, etc), su correcto mantenimiento, el establecimiento de prácticas de trabajo silenciosas, etc.

Por otro lado, el ruido generado externamente, por ejemplo el causado por tráfico terrestre o aéreo y transmitido por vía aérea, se puede controlar mediante la aislación de las fachadas y cubiertas del edificio.

- **Inteligibilidad de la palabra:** Rossell (Rossell Turull, 2016) define la inteligibilidad como la medida de la capacidad de escuchar y entender un mensaje hablado en el interior de un recinto. Para obtener un buen grado de inteligibilidad es necesario tener un bajo nivel de ruido de fondo y también una baja reverberación. La inteligibilidad se la evalúa mediante parámetros como el Speech Transmission Index (STI) o el método de Peutz (%AICons).

El STI puede ser medido in-situ mediante software, se lo puede obtener por medio de cálculo analítico así como mediante el uso de simulación asistida por computador; es un índice adimensional cuyos valores varían entre 0 y 1. La tabla 4 muestra los valores de STI junto con la valoración subjetiva de la inteligibilidad asociada a cada uno.

Tabla 4

Rangos de STI según valoración subjetiva

STI	Valoración subjetiva de la inteligibilidad
0,88 - 1	Excelente
0,66 – 0,87	Buena
0,5 – 0,65	Aceptable
0,36 – 0,49	Pobre
0,24 – 0,35	Mala

Adaptado de Parámetros para la valoración acústica de una sala (p. 7) por I. Rosell, 2016

- **Otros indicadores:** Además de los mencionados, algunos autores sugieren el uso del Preferred Speech Interference Level (PSIL) o nivel de interferencia en el habla preferencial puede ser utilizado para evaluar si el nivel de ruido existente en un ambiente es suficiente para interferir con la inteligibilidad de la palabra (Bistafa, 2011) y del Índice de ruido en oficinas (IRO) (De Anta Pérez & Enríquez Jiménez, 2013) [11].

En lo que respecta a la privacidad y confidencialidad, es necesario alcanzar un mínimo de aislación entre recintos (por ejemplo entre una sala de reuniones y un espacio adyacente o entre un despacho y otro) que impida que el mensaje oral sea correctamente percibido fuera del espacio en el que es emitido.

Se puede determinar cuánto aísla un elemento constructivo (como por ejemplo una pared o una losa) mediante los llamados índices de aislación como el índice de reducción sonora (R ó TL), la diferencia de nivel estandarizada (D_{nT} para particiones verticales y horizontales internas; $D_{2m,nT}$ para particiones externas como fachadas o cubiertas), entre otros. Estos índices se expresan en decibeles (dB) y se pueden obtener por medio de mediciones in situ (D_{nT}), mediciones en laboratorio (R), siguiendo procedimientos determinados por normas como la ISO 140 o la ISO 16283-1:2015 (Soler Rocasalbas, 2016); o mediante cálculo (R') que involucra ciertas características físicas de los materiales del elemento siguiendo modelos de predicción como los de Sharp (Sharp, 1978), Arau y otros (Mansilla, Masson, Calderón de Plama, & Pepino, 2017). Mientras mayores son los valores de estos indicadores, mejor es la aislación.

R y D_{nT} se calculan o miden por banda de octava o de tercio de octava lo que da lugar a trabajar con un amplio conjunto de valores. También es posible asignar un valor único o global a ese conjunto de datos. Este valor único se denomina R_W para el caso del índice de reducción sonora y D_{nTW} para el caso de la diferencia de nivel estandarizada. Los valores globales se obtienen aplicando una técnica de cálculo definida en la norma ISO 717. Si bien es cierto que estos valores poseen poca utilidad técnica, sí resultan útiles al momento de realizar una comparación rápida entre dos o más diferentes elementos constructivos y,

como se verá, sirven como guía al momento de seleccionar un material para una partición cuando se requiere un cierto grado de privacidad.

Weissenburger (Weissenburger, 2004) afirma que la privacidad del mensaje hablado puede ser cuantificado con un razonable grado de precisión utilizando índices como el Articulation index (AI). Estudios realizados por el American National Standards Institute (ANSI) establecen una relación entre el grado de privacidad, el ruido de fondo y el Sound Transmission Class (STC), el equivalente norteamericano del R_w .

La tabla 5 (Estellés 2005) muestra el valor del índice de reducción sonora global necesario para alcanzar un cierto grado de privacidad de acuerdo a la intensidad con que se emite el mensaje hablado.

Tabla 5

Relación entre R_w y la privacidad

R_w	Grado de privacidad de la palabra
<25	La voz normal se entiende perfectamente
30	La voz alta se entiende bastante bien
35	La voz alta es audible pero no se entiende
42	La voz alta se escucha como un murmullo
45	La voz alta se percibe con esfuerzo
48	La voz alta es escasamente audible
>50	La voz alta no se escucha en lo absoluto

Tomado de Aislación acústica (p. 4) por (Estellés, 2004)

Para aumentar la aislación (y de esta manera el R_w) que presenta un elemento constructivo se tiene diferentes técnicas, entre ellas:

- Aumentar el espesor del material del elemento. Por ejemplo, reemplazar un vidrio de 4mm por otro de 8mm. Si se duplica el espesor de un material, la aislación aumenta en 6dB.
- Cambiar el material generalmente por uno más denso y pesado. Por ejemplo, reemplazar una pared de cartón yeso por una de ladrillo.
- Utilizar un sistema masa – muelle – masa (elemento 1 – cámara de aire –elemento 2). Por ejemplo, trasdosando una pared con una pared falsa de cartón yeso, instalando ventanas con doble vidrio, montando

un techo falso de cartón yeso por debajo de la losa, etc. Mediante esta técnica se suele conseguir mejorar la aislación en al menos 6dB.

Para Soler (Soler Rocasalabas), si se quiere obtener una elevada aislación con elementos simples se necesita que estos sean contruidos con materiales muy pesados, con grosores elevados y, en estos casos, hay que tener cuidado con la llamada frecuencia de coincidencia que es una frecuencia a la cual un elemento constructivo simple presenta una disminución considerable de su capacidad de aislar. Por ello se considera más eficiente recurrir al uso de paredes dobles.

- **Consideraciones finales:** El buen suceso de un proyecto acústico para una oficina no depende sólo de la evaluación de los indicadores arriba mencionados, en caso de que estos no cumplan con los criterios de aceptabilidad establecidos, es necesario diseñar soluciones y ponerlas en práctica y realizar una nueva evaluación para determinar su efectividad. Soluciones relacionadas con la mejora de aislación generalmente requieren algún tipo de obra civil, es por ese motivo que es mejor realizar el estudio acústico antes de la conclusión del proyecto. El éxito de estas medidas depende mucho de la mano de obra y del correcto montaje en la instalación por lo cual es necesario una supervisión constante por parte de especialistas. El proceso de evaluación requiere de personal capacitado pues generalmente incluye la realización de cálculos complejos, conocimiento de normas y/o el uso de software especializado.

Referencias

- Arau, H. (2010). Revisión del tiempo de reverberación: El método del cálculo, la precisión predictiva y la ley. *41° Congreso nacional de acústica. 6° Congreso ibérico de acústica.* . León, España.
- Bistafa, S. R. (2011). *Acústica aplicada ao controle de ruido . 2°.* São Paulo: Blucher.
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos.* Barcelona: Ediciones UPC.

- De Anta Pérez, A., & Enríquez Jiménez, D. (2013). Evaluación del confort acústico en distintos ambientes. *Proyecto de fin de carrera. Universidad de Valladolid*. Valladolid.
- Estellés, R. (2004). Aislación acústica. *Curso de acondicionamiento acústico. Universidad de la República*. Montevideo.
- Mansilla, J., Masson, F. N., Calderón de Plama, I., & Pepino, L. (2017). Sound insulation of homogeneous single panels: a comparison between real construction materials and several prediction models. *24th International congress of sound and vibration*. Londres. Recuperado el marzo de 2021, de <https://www.researchgate.net>
- Marros, F. (2011). Caracterização acústica de salas para prática e ensino musical. *Dissertação (Programa de pós-graduação em engenharia civil) Universidade Federal de Santa Maria*. Santa Maria, RS, Brasil.
- Rosell Turull, I. (2016). Parámetros para la valoración acústica de una sala. Barcelona: La Salle ENG.
- Sharp, B. H. (1978). Prediction methods for the sound transmission of building elements, noise.
- Soler Rocasalbas, S. (s.f.). Visión teórica del aislamiento de un elemento constructivo: Pared Doble. Barcelona: La Salle ENG.
- Soler Rocasalbas, S. (2016). Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo. Barcelona: La Salle ENG.
- Weissenburger, J. T. (2004). Room-to-Room privacy and acoustical design criteria. *Engineering Dynamics International*. St. Louis.