

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE
INSTALACIONES EN LA
EDIFICACIÓN DTIE



DTIE 2.03

ACÚSTICA EN INSTALACIONES DE AIRE

PATROCINA

ISOover

EDITA

 **Atecyr**

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 2.03 ACÚSTICA EN INSTALACIONES DE AIRE

Autores:

ESTHER SORIANO HOYUELOS

Madrid, 05/01/1972

Ingeniera Industrial, ETSIIM, Universidad Politécnica de Madrid.

Jefa de Mercado Internacional de Climatización para Saint-Gobain Isover, matriz de la división del grupo Saint-Gobain, con responsabilidad sobre el mercado internacional de HVAC de esta compañía.

IRANZU LACALLE IBARROLA

Pamplona, 09/07/1977

Ingeniera Industrial, ETSIIT, Universidad Pública de Navarra

Jefa de Productos de Climatización para Saint-Gobain Cristalería, S.A., con responsabilidad sobre el mercado español de HVAC de esta compañía.

RELACIÓN DE MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE ATECYR

Presidente: JOSÉ MANUEL PINAZO OJER

Vicepresidente: RICARDO GARCIA SAN JOSÉ

Vocales: SANTIAGO AROCA LASTRA
JOSÉ MARÍA CANO MARCOS
ALEJANDRO CABETAS HERNÁNDEZ
MARÍA CUBILLO SAGÜES
JOSÉ FERNÁNDEZ SEARA
ARCADIO GARCÍA LASTRA
AGUSTÍN MAILLO PÉREZ
ANTONIO PANIEGO GÓMEZ
PAULINO PASTOR PÉREZ
PEDRO J. POZO GÓMEZ
JUAN JOSÉ QUIXANO BURGOS
FRANCISCO JAVIER REY MARTÍNEZ
JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ TARODO
ÁNGEL SÁNCHEZ DE VERA QUINTERO
VICTOR MANUEL SOTO FRANCÉS
RAFAEL ÚRCULO ARAMBURU
ALBERTO VITI CORSI
ANTONIO VEGAS
PEDRO G. VICENTE QUILES
ANTONIO GARCIA LAESPADA
SALVADOR SOLSONA
PEDRO TORRERO GRAS
JOSÉ B. PÉREZ-ALLUÉ
JUAN TRAVESÍ CABETAS
FELIPE CEBRIÁN QUESADA

© ATECYR

Edita: ATECYR

Navaleno, 9
28033 Madrid

Producción y realización:

ATECYR

Maquetación e impresión:

GRÁFICAS ELISA, S.L.

ISBN: 978-84-95010-22-3

Dep. Legal: M-2719-2008

* Queda prohibida la total o parcial reproducción del contenido de este documento salvo expresa autorización de Atecyr.

PRESENTACIÓN

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), una entidad sin ánimo de lucro fundada en 1974, agrupa a más de 1.500 ingenieros y profesionales relacionados con los sectores de calefacción, refrigeración, ventilación y Aire Acondicionado.

Los Estatutos que rigen nuestra Asociación definen como sus fines:

El estudio de la problemática y de la ordenación, reglamentación y protección de las técnicas de calefacción, refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire, frío industrial, fontanería, uso racional de la energía y aquellas otras actividades relacionadas o anexas con las mismas, considerando su particular circunstancia de especialidades en la ingeniería del medio ambiente.

La creación, recopilación y divulgación de información científica relacionada con estas tecnologías en España respecto a dichas técnicas, cuyo objeto es el entorno ambiental del hombre y el desarrollo de la misma.

Fomentar el interés por el diseño y equipamiento de este entorno, a fin de cumplir mejor su función social.

La investigación, realización de estudios y análisis relativos a esta temática, así como la recomendación de planes de actuación.

Para la consecución de sus fines, ATECYR lleva a cabo una intensa actividad de colaboración con entes públicos y privados como AENOR, mediante la participación en grupos de trabajo para la elaboración de distintas normas; Ministerios de la Vivienda, de Industria y Comercio, como miembro de pleno derecho en la Comisión Asesora y Grupo de Trabajo Permanente del Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE), así como asesor técnico en casos de tanta relevancia como la normativa sobre la prevención de la Legionelosis; un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones Provinciales con que contamos; otras asociaciones, como la Asociación de Fabricantes Españoles de Climatización (AFEC), con la que se ha desarrollado un Plan de Calidad para las instalaciones de climatización que pronto será elevado a norma y con la Asociación de Fabricantes de Equipos y Generadores de Calor (FEGECA)

En el campo normativo es digno de resaltar la participación en la elaboración del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), publicado en 1998, así como la adjudicación del concurso restringido convocado por el IDAE para la revisión de este mismo reglamento, en diciembre de 2003 y que hoy está pendiente de aprobación.

Desde el punto de vista internacional es miembro de REHVA, asociación europea que agrupa a las asociaciones de técnicos del sector, y ASHRAE, su homónima americana, con la participación destacada de algunos de sus socios en los órganos de gobierno de las mismas.

En este ámbito, lo más destacado, en los últimos tiempos, es haber promovido, el Congreso Mediterráneo de Climatización CLIMAMED, en el que participan las asociaciones de Portugal, Francia e Italia. La segunda edición tuvo lugar en España en el año 2005, coincidiendo con el certamen CLIMATIZACIÓN 2005, la tercera edición en Lyon, Francia y la cuarta edición en Génova, Italia, en septiembre de 2007.

En sus más de treinta y tres años de vida, ATECYR no sólo ha participado en gran número de proyectos, sino que se ha convertido en un referente para todos los técnicos del sector de climatización y refrigeración.

Esto es, en gran parte, debido a la existencia de un grupo de socios comprometidos con los fines de la asociación, que han trabajado y trabajan de una forma desinteresada por mantener el nivel y el prestigio, de alguna forma heredado, evolucionando hacia las nuevas tendencias técnicas, tecnológicas y de mercado.

Una parte importante de este prestigio se debe a la labor del Comité Científico de ATECYR, ahora evolucionado hacia Comité Técnico, compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector y que, de alguna manera, han marcado las tendencias y la forma de hacer las cosas en los últimos años, ya sea desde ATECYR o desde el desarrollo de su actividad profesional.

Como no podía ser de otra manera, el Comité Técnico de ATECYR viene trabajando, desde hace años, en la elaboración de una ingente documentación de divulgación científico-técnica sobre temas relacionados con el sector de climatización y refrigeración. Entre esta documentación, se encuentran traducciones de libros y artículos considerados de interés y bibliografía propia.

Dentro de la bibliografía propia nace la colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DTIE) como una respuesta a la necesidad detectada de agrupar y ordenar la información técnica sobre una serie de temas específicos mediante la elaboración de unas guías donde se reúna toda la información que el técnico precisa sobre ese tema para desarrollar su labor.

Se trata de ofrecer al técnico una herramienta útil para la realización de su trabajo, sin tratar de condicionar su creatividad, incluyendo la última tecnología y tendencias, dejando a su interpretación las cuestiones normativas.

Por definición, el concepto de utilidad va unido inequívocamente a estos documentos, lo que nos ha hecho plantear algunos temas que, lejos de ser netamente técnicos, merecen la atención de nuestros expertos por la repercusión sobre la actividad de nuestros socios, los técnicos del sector. Me refiero a cuestiones de índole jurídico-técnico en los que nuestra actividad nos obliga a ponernos al día.

Como conclusión, esta colección de libros pretende constituirse como guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la climatización y refrigeración, enfocadas a técnicos que trabajen o que tengan inquietudes en este ámbito.

Sólo queda agradecer su aportación a los patrocinadores de estas ediciones, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto.

Jaime R. Sordo González
Presidente

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer al Socio Protector, la empresa Saint Gobain (división ISOVER), por su valiosa colaboración prestada a la edición de este DTIE, pues conocedora del proyecto emprendido por ATECYR, para la elaboración del mismo, ha decidido subvencionar su edición.

Serie ATECYR de DTIE - Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación

SERIE 1: Instalaciones sanitarias

- *1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios
- *1.02 Calentamiento de agua de piscinas
- 1.03 Cálculo de redes de distribución de agua sanitaria
- 1.04 Cálculo de redes de evacuación y ventilación

SERIE 2: Condiciones de diseño

- *2.01 Calidad del ambiente térmico
- *2.02 Calidad de aire interior
- *2.03 Ambiente acústico: origen, remedios y límites de ruidos y vibraciones

SERIE 3: Psicrometría

- *3.01 Psicrometría

SERIE 4: Tuberías

- *4 01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño. (Edición revisada)

SERIE 5: Conductos

- *5.01 Cálculo de conductos

SERIE 6: Combustible

- *6.01 Combustión
- 6.02 Diseño y cálculo de chimeneas
- 6.03 Redes de distribución de gas, diseño y cálculo

SERIE 7: Cálculo de carga, demanda y consumo

- *7.01 Cálculo de carga y demanda térmica
- 7.02 Cálculo de consumo de energía: simulación de sistema

SERIE 8: Fuentes de energía de libre disposición

- *8.01 Recuperación de energía en sistemas de climatización
- 8.02 Bomba de calor
- *8.03 Instalaciones Solares Térmicas para producción de Agua Caliente Sanitaria. Edición revisada.

SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire

- *9.01 Tipos de sistemas
- *9.02 Aplicaciones a diferentes tipos de edificios
- *9.03 Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales
- *9.04 Sistema de suelo radiante y techos fríos

SERIE 10: Sistemas de calefacción

- 10.01 Tipos de sistemas
- 10.02 Aplicaciones para edificios residenciales
- *10.03 Calderas individuales
- *10.04 Piscinas cubiertas climatizadas con aire exterior como único medio deshidratante

SERIE 11: Control

- 11.01 Esquemas de control

***SERIE 12: Aislamiento térmico**

SERIE 13: Difusión de aire

SERIE 14: Acumulación de energía térmica

SERIE 15: Salas de máquinas

SERIE 16: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento

SERIE 17: Varios

- 17.01 Análisis económico de sistemas
- *17.02 Responsabilidad Civil del Ingeniero

* Editadas

INDICE

1. CONCEPTOS BÁSICOS. GENERALIDADES	9
1. CONCEPTOS BÁSICOS	9
2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SONIDO	10
3. MAGNITUD DEL SONIDO	17
4. NIVELES	19
5. PERCEPCIÓN DEL SONIDO. SONORIDAD	25
6. PROPAGACIÓN DEL SONIDO	30
2. DISECCIÓN DE UNA INSTALACIÓN. ENCUENTRO DE POSIBLES PROBLEMAS	35
1. INTRODUCCIÓN. RUIDO AÉREO Y RUIDO DE IMPACTO	35
2. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN (CONDICIONANTE RUIDO). ANÁLISIS PREVIO	35
3. ORIGEN DEL RUIDO EN LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN	36
3. ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS Y SOLUCIONES	37
1. VENTILADOR	37
2. EQUIPOS	42
3. AMORTIGUADORES	51
4. CONDUCTOS Y REJILLAS	61
4. BIBLIOGRAFÍA	69

Generalidades.

Este capítulo trata de establecer los conceptos acústicos básicos para comprender los fenómenos acústicos, y su evaluación, por lo que se introducen brevemente los conceptos físicos, unidades de medida, tipos de representación gráfica más utilizados en acústica - bandas de octava, etc. Igualmente se tratará brevemente las peculiaridades del oído humano en cuanto a su percepción de los sonidos, curvas de percepción sonora, y correcciones.

1.- CONCEPTOS BÁSICOS. GENERALIDADES

1. CONCEPTOS BÁSICOS

SONIDO.

Se distingue por sonidos a las vibraciones mecánicas de partículas en un medio elástico, y que están dentro de los límites de la audición humana. Las vibraciones ocurridas en el aire se designan como "ruido aéreo", mientras que las vibraciones ocurridas en cuerpos sólidos se designan como "ruido estructural" o "ruido de impactos".

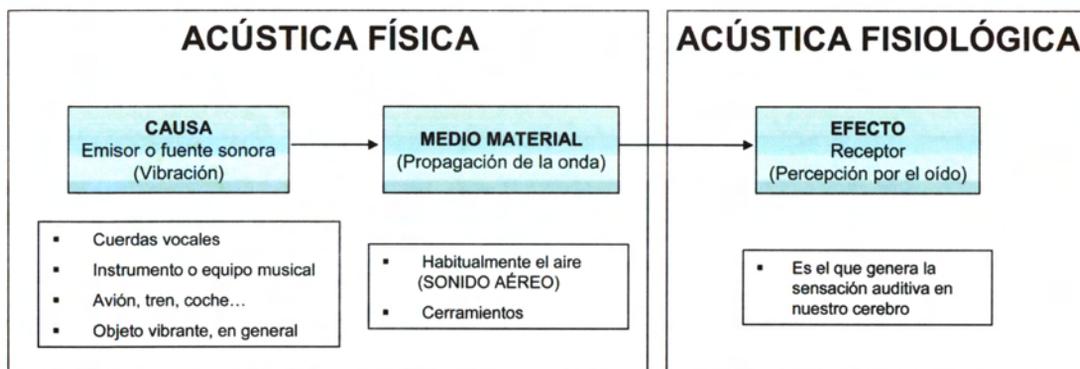
El sonido, no es más, por tanto, que una vibración (movimiento de pequeña amplitud de las partículas, que se desplazan en torno a una determinada posición media de equilibrio) que se transmite en forma de onda, y, por tanto, se designa en ocasiones como "onda acústica".

Cuando las partículas vibran en la misma dirección a la de propagación de la onda, se trata de ondas longitudinales (ondas de compresión), mientras que si lo hacen perpendicularmente, se conocen como ondas transversales. En el aire y los líquidos, sólo es posible la propagación de ondas de compresión, mientras que en un medio sólido las ondas propagadas pueden ser longitudinales y/o transversales.

SONIDO Y RUIDO.

La diferencia entre sonido y ruido se debe a apreciaciones subjetivas, y debe ser entendida desde el proceso del fenómeno auditivo:

- **El fenómeno auditivo:** El fenómeno auditivo, por el que un sonido llega a ser percibido por el oído humano, es un proceso de causa (emisor), medio (vehículo de propagación de la onda), y efecto (receptor), y puede ser esquematizado en el cuadro siguiente:



- Diferencia entre sonido y ruido:

El sonido es el fenómeno físico que se produce (y por tanto, en el cuadro anterior, estaría dentro del apartado "acústica física"). Sin embargo, el ruido comprende la valoración por parte del receptor de ese sonido (con su correspondiente carga subjetiva).

Así, se define el ruido como un sonido "no deseado", o bien un sonido caracterizado por vibraciones de distintos tonos producidas al azar y sin orden, por lo general molesto.

Esto implica determinadas características:

- la diferencia entre sonido y ruido es muy subjetiva.
- un mismo sonido puede resultar desagradable (y por tanto, ser considerado como ruido) para una persona, y en cambio, ser agradable o neutro (sonido) para otra persona diferente.
- Igualmente, el mismo sonido puede ser desagradable (ruido), o bien agradable o neutro (sonido) para una misma persona, en función de la situación, momento, o lugar.

De forma que, en lo que respecta al análisis técnico del problema, se estudia el sonido como fenómeno físico, y se acota dentro de unos límites, considerados molestos para una mayoría de la población humana.

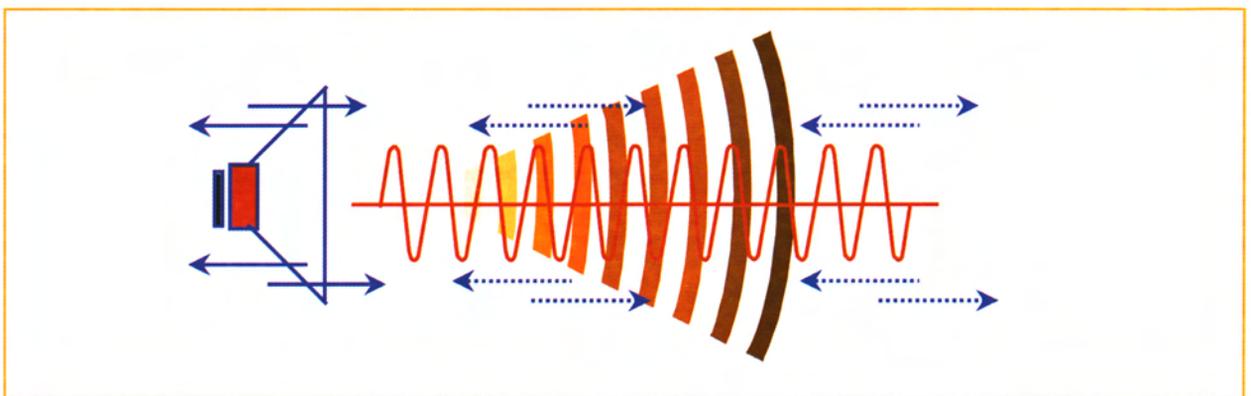
2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SONIDO

LA ONDA SONORA COMO ONDA DE PRESIÓN.

a) ¿Cómo se genera una onda acústica?

Un sonido se genera cuando hay una vibración de las partículas del medio (por lo general, partículas del aire), de forma que estas partículas se ponen en movimiento, desplazándose en torno a una posición de equilibrio, y transmitiendo esta vibración a las otras partículas del entorno. Esta propagación se conoce como "onda acústica".

El desplazamiento de las partículas, pequeño y alrededor de la posición de equilibrio, no genera propagación de materia. La onda acústica propaga energía mecánica o energía acústica.

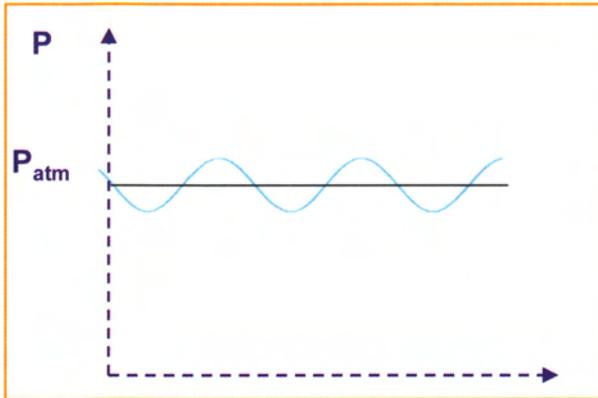


b) Variaciones de densidad y presión asociadas a la onda acústica

Cuando las partículas del aire se desplazan en torno a la posición de equilibrio, se genera:

- **Una onda de densidad:** Cuando las partículas del medio se acumulan, se crea una zona de compresión (mayor densidad), mientras que cuando se separan, se crea una zona de expansión (menor densidad).

- **Una onda de presión:** Cuando las partículas del medio se acumulan, aumenta la presión respecto de la que había antes de llegar la onda (compresión), mientras que cuando se separan, disminuye la presión respecto de la que había antes de llegar la onda (presión de equilibrio, normalmente la presión atmosférica)



Por tanto, si nos quedamos parados en un punto del espacio, y vemos cómo pasa la onda, observamos que varía la presión y la densidad en dicho punto. Y, si detuviéramos el tiempo, y viéramos todos los puntos por los que ha pasado la onda, observaríamos que varía la presión y la densidad de un punto a otro del espacio.

c) Variables asociadas a la onda acústica.

Como resultado de lo anterior, en la onda acústica hay tres variables que estudiar:

- la magnitud que varía (la presión y densidad del medio)
- el tiempo
- la posición.

En acústica arquitectónica y ambiental se suele caracterizar la onda sonora como una onda de presión. Así, la presión sonora nos informa de cómo cambia la presión al avanzar la onda, respecto a la presión que había antes de pasar. Su valor es muy pequeño respecto de las presiones habituales, y podría por tanto, expresarse la onda como:

$$P(x,t) = P(x,t) - P_0$$

Siendo

P_0 = Presión en el medio antes de que llegue la onda (presión de equilibrio)

$P(x,t)$ = Presión real en un punto x y un instante t , una vez que ha llegado la onda.

VARIABLES PARA CARACTERIZAR EL SONIDO.

a) Velocidad del sonido

Es la distancia que avanza la onda por unidad de tiempo, medida en una determinada dirección de propagación.

Su unidad del S.I es m/s.

Depende de:

- la densidad del medio
- la elasticidad del medio

(los anteriores parámetros dependen de la presión, humedad, temperatura...)

La velocidad de propagación del sonido en los gases es:

$$c = \sqrt{\frac{x \cdot p}{\rho}}$$