

# Riesgos Físicos I

# Ruido, vibraciones y presiones anormales

*Segunda edición*

**ECOE**  
EDICIONES



**Fernando Henao Robledo**

## **Fernando Henao Robledo**

Ingeniero mecánico de la Universidad Tecnológica de Pereira, 1971; ingeniero de salud ocupacional del ISS, Caldas 1972-2002; especialista en salud ocupacional de la Universidad de Antioquia, 1999; profesional en Salud Ocupacional de la Universidad del Quindío, 1999.

Elaboración de las siguientes normas técnicas: Calderas, Seguridad Hospitalaria, Sierras Circulares para madera y Planeadoras.

Autor de: Límites máximos permisibles; Codificación en salud ocupacional; Estadística aplicada a la salud ocupacional; Riesgos Físicos I, ruido, vibraciones y presiones anormales; Riesgos Físicos II, iluminación; Riesgos Físicos III, temperaturas extremas y ventilación; Riesgos eléctricos y mecánicos; Riesgos químicos; Riesgos en la construcción

# Riesgos Físicos I

**Ruido, vibraciones y presiones anormales**

Segunda edición

Fernando Henao Robledo

# Tabla de contenido

CAPÍTULO 1.....	1
<b>SONIDO - RUIDO</b> .....	1
1.1 Definiciones.....	3
1.2 Producción y transmisión del sonido.....	4
1.3 Parámetros que definen el ruido.....	5
1.3.1. Parámetros ondulatorios.....	5
1.4 Cualidades del sonido.....	9
1.5 Transmisión del sonido.....	12
1.6 Variaciones de los recorridos de las ondas.....	13
1.6.1 Ondas estacionarias.....	13
1.6.2 Campo directo y campo difuso.....	13
1.7.1 Leyes de la reflexión.....	15
1.8 Reverberación.....	16
1.9 Refracción.....	16
1.9.1 Leyes de la refracción.....	16
1.10 Presión sonora.....	17
1.11 Unidad de medida del sonido.....	17
1.12 Campo auditivo normal.....	19
1.12.1 Zona conversacional.....	20
1.13 Combinación de niveles sonoros.....	21
1.14 Bandas de frecuencia.....	24
1.15 Cómo percibe el oído el sonido.....	24
1.16 Curvas de igual audibilidad.....	26
1.17 Tipos de ruido.....	28
1.18 Nociones sobre anatomía y fisiología del oído.....	28
1.18.1 ¿Por qué oímos?.....	29
1.18.2 Anatomía del oído externo.....	30
1.18.3 Anatomía del oído medio.....	32
1.18.4 Anatomía del oído interno.....	33
1.18.5 Conducción ósea.....	34
1.18.6 Fisiología de la audición.....	35

1.19 Efectos del ruido.....	36
1.19.1 Sobre el sistema auditivo .....	37
1.19.2 Sorderas de transmisión .....	37
1.19.3 Sorderas de percepción.....	38
1.19.4 Grados de sordera.....	38
1.19.5 Trauma acústico .....	39
1.20 Agresividad del ruido .....	40
1.20.1 Lesiones y alteraciones .....	41
1.20.2 El trauma acústico agudo .....	41
1.21 Hipoacusia inducida por ruido (HIR): estado actual.....	42
1.21.1 Mecanismos favorecedores del daño por ruido .....	43
1.21.2 Mecanismos protectores del daño por ruido .....	44
1.21.3 Potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC) ....	45
1.21.4 Emisiones otoacústicas.....	46
1.22 La sordera profesional .....	47
1.23 Efectos del ruido ambiente .....	49
1.24 Efectos del ruido en la audición.....	51
1.24.1 Acumetría. Descripción y tipos .....	51
1.24.2 Pérdida temporal .....	51
1.25 Pérdidas auditivas por causas diferentes .....	56
1.25.1 Presbiacusia.....	59
1.26 Efectos extra auditivos del ruido .....	61
1.27 Efectos psicológicos del ruido.....	63
1.28 Efectos psíquicos .....	63
1.28.1 Estado de ánimo .....	64
1.28.2 Molestia.....	64
1.28.3 Efectividad.....	64
1.29 Factores nocivos del ruido.....	65
1.30 Instrumentos y técnicas para evaluar el ruido .....	67
1.31 Parámetros usados en la evaluación del ruido .....	67
1.31.1 Nivel promedio de presión sonora Lp (A).....	67
1.31.2 Nivel de Presión sonora equivalente continuo (Leq).....	68
1.31.3 Nivel de exposición al ruido (SEL).....	68
1.31.4 Nivel de contaminación del ruido (LPN).....	69
1.32 Técnicas para la medida del sonido.....	69
1.33 Selección del equipo de medición.....	70
1.33.1 Tipos y características .....	71
1.33.2 Calibración de los equipos .....	75

1.34 Valores límite permisibles.....	77
1.35 Espectrograma de frecuencias.....	78
1.36 Cálculos y resultados.....	80
1.37 Procedimiento para la evaluación ambiental de ruido.....	81
1.38 Mediciones .....	83
1.38.1 Medición de la exposición a ruido.....	83
1.38.2 Mediciones del nivel de presión sonora .....	83
1.38.3 Mediciones de frecuencia .....	84
1.39 Propósitos y metodología de la medición .....	84
1.39.1 Del nivel de ruido.....	84
1.39.2 Mediciones para determinación del riesgo.....	84
1.39.3 Mediciones para determinación de métodos de control o comprobación de sistemas existentes.....	85
1.40 Cálculos .....	85
1.41 Niveles de presión sonora continua equivalente.....	86
1.42 Corrección de nivel de presión sonora por ruido de fondo .....	87
1.43 Procedimientos de medición .....	88
1.44 Interpretación de resultados.....	88
1.45 Registro .....	89
1.46 Métodos de control .....	89
1.47 Control del ruido activo y pasivo.....	90
1.48 Técnicas de control de ruido .....	90
1.48.1 Control en la fuente .....	91
1.48.2 Reducción del ruido en la fuente .....	92
1.49 Procedimientos activos.....	92
1.49.1 Sustitución de equipos o procesos .....	92
1.49.2 Modificación de los procedimientos de trabajo.....	93
1.49.3 Reducción de las fuerzas generadoras de ruido.....	93
1.50 Posibilidades de actuación .....	94
1.51 Análisis de la situación.....	94
1.51.1 Reducción de las fuerzas vibratorias .....	95
1.51.2 Reducción de la respuesta a las vibraciones.....	96
1.52 Resonancia.....	97
1.53 Reverberación .....	97
1.54 Recomendaciones sobre acondicionamiento acústico de locales ....	97
1.55 Tratamientos acústicos .....	99
1.56 Selección de materiales.....	99
1.57 Métodos para el control de ruido.....	100

1.57.1 Pantallas .....	101
1.57.2 Control del campo sonoro reverberante .....	101
1.58 Absorción del ruido .....	101
1.58.1 Materiales para acondicionamiento acústico .....	102
1.59 Control en la persona expuesta o en el receptor .....	108
1.59.1 Medidas protectoras contra el ruido en el receptor .....	108
1.59.2 Reducción del ruido en el receptor .....	110
1.60 Tipos de protectores .....	111
1.60.1 Orejera .....	111
1.60.2 Tapón .....	112
1.60.3 El casco antirruído .....	113
1.60.4 La orejera con sistema de comunicación .....	114
1.60.5 El casco antirruído con sistema de intercomunicación .....	114
1.61 Programa de conservación de la audición .....	115
1.62 Componentes de un Programa de Conservación Auditiva (PCA) .....	115
1.63 Sistema de vigilancia epidemiológica .....	116
1.63.1 Atención al ambiente .....	117
1.63.2 Seguimiento y control .....	117
1.64 Atención a los trabajadores .....	117
1.64.1 Fichas de exposición a ruido .....	117
1.65 Evaluación auditiva: audiometría .....	123
1.66 Interpretación de la audiometría .....	125
1.67 Promoción y educación .....	125
1.68 Información, registro e indicadores .....	126
1.68.1 Indicadores .....	126
1.69 Organización laboral .....	128
1.70 Procedimiento para seleccionar un protector auditivo .....	129
Bibliografía .....	131
Consultas electrónicas .....	133
CAPÍTULO 2 .....	135
<b>VIBRACIONES</b> .....	135
Introducción .....	135
2.1 Definiciones básicas .....	137
2.2 Tipos de vibraciones .....	140
2.3 Vibraciones periódicas .....	143
2.3.1 Desplazamiento .....	143
2.3.2 Velocidad .....	144

2.3.3 Aceleración .....	144
2.4 Vibraciones aleatorias .....	145
2.5 Choques.....	147
2.6 Áreas a evaluar.....	147
2.7 Efectos de las vibraciones sobre el hombre.....	147
2.7.1 Vibraciones en extremidades superiores .....	149
2.8 Vibraciones globales o de cuerpo entero .....	153
2.9 Exposición.....	156
2.10 Medición de la vibración.....	158
2.11 Equipos de medida.....	162
2.11.1 Captador de vibraciones .....	162
2.11.2 Preamplificador .....	163
2.12 Circuitos integradores.....	163
2.13 Filtro.....	164
2.14 Presentación de resultados .....	164
2.15 Mediciones de campo .....	164
2.15.1 Límites máximos permisibles .....	168
2.16 Transmisión a través de la superficie de sustentación .....	170
2.17 Valoración en función de la frecuencia y la dirección.....	172
2.17.1 Vibración (segmental) mano-brazo .....	173
2.17.2 Vibración mano-brazo continua, intermitente, de impacto o impulso .....	174
2.18 Control de la vibración.....	179
2.18.1 Control de la vibración en la fuente.....	181
2.18.2 Aislamiento de la vibración en la fuente .....	181
2.19 Amortiguación estructural .....	187
2.20 Absorbedores de vibración.....	187
2.21 Control de la vibración en las vías de transmisión .....	188
2.22 Control de choques .....	188
2.23 Control de la vibración en el receptor .....	192
2.24 Vibraciones globales .....	192
2.24.1 Recomendaciones básicas .....	192
Bibliografía.....	194
Consultas electrónicas.....	195
 CAPÍTULO 3.....	 197
<b>PRESIONES ANORMALES</b> .....	<b>197</b>
Introducción .....	197



3.1 Condiciones normales .....	199
3.2 Efectos de la presión atmosférica reducida .....	200
3.2.1 Presiones de oxígeno alveolar a diferentes alturas .....	201
3.2.2 Efecto del bióxido de carbono y del vapor de agua sobre el oxígeno alveolar .....	201
3.2.3 Saturación de la hemoglobina con oxígeno a distintas alturas..	203
3.2.4 Efectos de respirar oxígeno puro sobre los valores alveolares de pO <sub>2</sub> a diferentes alturas.....	204
3.2.5 Mal de montaña.....	205
3.3 Factores climáticos.....	205
3.3.1 Condicionantes de la altitud .....	206
3.3.2 Mal agudo de montaña .....	206
3.3.3 El efecto de la enfermedad de las alturas.....	213
3.3.4 Algunos efectos físicos de la hipoxia.....	214
3.3.5 Aclimatación a baja presión.....	216
3.3.6 Aumento de la ventilación pulmonar .....	217
3.3.7 Aumento de la hemoglobina durante la aclimatación .....	218
3.3.8 Mal de montaña crónico.....	220
3.3.9 Efectos de la descompresión a grandes alturas .....	221
3.4 Enfermedades profesionales.....	221
3.4.1 Medidas preventivas .....	222
3.5 Efectos de la presión atmosférica elevada.....	223
3.6 Relación entre profundidad marina y presión .....	223
3.7 Efectos de presiones gaseosas parciales elevadas en el cuerpo .....	224
3.7.1 Narcosis a altas presiones de nitrógeno .....	224
3.7.2 Toxicidad del oxígeno a gran presión. Intoxicación aguda ..	225
3.7.3 Intoxicación crónica por oxígeno causa de trastorno pulmonar..	227
3.7.4 Problemas de toxicidad con bióxido de carbono a grandes profundidades .....	227
3.8 Efectos del helio a alta presión .....	228
3.9 Descompresión del buzo después de quedar expuesto a grandes presiones .....	228
3.10 Volumen de nitrógeno disuelto en los líquidos del cuerpo a diferentes profundidades .....	228
3.11 Enfermedad por descompresión.....	229
3.11.1 Síntomas de la enfermedad por descompresión .....	230
3.11.2 Promedio de eliminación del nitrógeno del cuerpo. Tabla de descompresión.....	230

3.11.3 Necesidad de la descompresión.....	232
3.12 Velocidad de descenso.....	232
3.12.1 Utilización de las tablas .....	232
3.12.2 Términos utilizados.....	233
3.13 Velocidad de ascenso.....	233
3.13.1 Variaciones en la velocidad de ascenso .....	234
3.13.2 Duración de las paradas .....	234
3.13.3 Estancia en las paradas .....	234
3.14 Factores que favorecen los accidentes descompresivos .....	234
3.14.1 Vigilancia al buceador.....	234
3.14.2 Inmersiones sin descompresión.....	235
3.14.3 Inmersiones Sucesivas.....	235
3.14.4 Inmersiones continuadas.....	235
3.14.5 Administración de oxígeno para descompresión más rápida...235	
3.14.6 Descompresión en un tanque y tratamiento de la enfermedad por descompresión .....	236
3.14.7 Uso de mezclas de oxígeno y helio en inmersiones muy profundas .....	236
3.15 Algunos problemas físicos del buceo.....	237
3.15.1 Volumen de aire que debe mandarse al buzo; relación con la eliminación de CO <sub>2</sub> .....	238
3.15.2 Cambios de densidad en el aire, efecto sobre la capacidad respiratoria máxima .....	238
3.15.3 Efecto del descenso rápido ( <i>squeeze</i> ).....	239
3.15.4 Expansión excesiva de los pulmones por ascenso rápido – embolia gaseosa .....	240
3.15.5 El aeroembolismo .....	240
3.15.6 El síndrome de descompresión.....	241
3.15.7 Tratamiento inmediato.....	241
3.15.8 Síntomas leves .....	241
3.15.9 Síntomas serios .....	242
3.15.10 La recompresión bajo el agua .....	243
3.15.11 Primeros auxilios .....	244
Consultas electrónicas .....	247

# Introducción

La AIHA (American Industrial Hygienist Association) define la higiene industrial como: “La ciencia y el arte dedicada al reconocimiento, evaluación y control; de aquellos factores ambientales originados en o por el lugar de trabajo, que pueden ocasionar enfermedades, menoscabo de la salud y bienestar o importante malestar e ineficiencia entre los trabajadores o entre los ciudadanos de una comunidad”.

**Además en el Artículo 9 del Decreto 614 de 1984 se define como:** “Comprende el conjunto de actividades destinadas a la identificación, evaluación y al control de los agentes y factores del ambiente de trabajo que pueden afectar la salud de los trabajadores”.

Uno de los capítulos de esta ciencia es la de los factores de riesgo que en la *Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacionales para el proceso de evaluación en la calificación de origen de enfermedad*, elaborado por el Ministerio de la Protección Social, se plantea que los factores de riesgo se clasifican desde el punto de vista del origen y no desde el efecto; definiendo el factor de riesgo físico como “los factores ambientales de naturaleza física (considerando esta como la energía que se desplaza en el medio) que cuando entren en contacto con las personas pueden tener efectos nocivos sobre la salud, dependiendo de su intensidad, exposición y concentración de los mismos”.

También se puede definir como cualquier forma de energía presente en el medio ambiente de trabajo y que puede lesionar al trabajador expuesto.

Con este documento se pretende presentar las bases teóricas para que las personas se motiven en el estudio de estos temas y posteriormente realizar estudios más profundos con el fin de diseñar sistemas de control tanto en la fuente como en el medio y como última instancia en el receptor. El objetivo no es escribir un manual que recopile todo lo escrito y estudiado sobre tan complejos temas.

En cada uno de los asuntos tratados, se plantean las definiciones básicas, su clasificación, las fuentes generadoras, los problemas de salud generados por exposición al riesgo, los instrumentos de medición, los límites máximos permisibles establecidos en Colombia y los métodos de control comúnmente utilizados para atenuarlos en los ambientes de trabajo.



## CAPÍTULO 1

# SONIDO - RUIDO

El sonido es un elemento tan útil de la vida diaria que raramente se valoran todas sus facetas. Proporciona agradables experiencias en la audición de la música o escuchando el canto de los pájaros, posibilita la comunicación con todos los que nos rodean, alerta o previene en muchas circunstancias: el timbre del teléfono, la llamada a la puerta, el sonido de la sirena, permitiendo además valorar el funcionamiento de una máquina o el soplo del corazón.

La época presente es la del motor, de la máquina, de los aviones a reacción. Sería difícil encontrar hoy una población que no esté expuesta a ruidos artificiales. El ruido lo invade todo y se convierte en una molestia, en un reto, en una agresión, capaz de provocar en el ser humano trastornos físicos y síquicos de menor o mayor importancia.

Cualquier ruido puede causar un traumatismo más o menos grave en el hombre y puede ir seguido de efectos nocivos de muy diversa índole.

El problema del ruido constituye “un riesgo para la salud del trabajador y un escándalo público” como ha dicho el Dr. Alexander Graham Bell.

Aunque se realizan campañas permanentes en contra del ruido y ya no es raro leer en avisos publicitarios frases como “el silencio es paz, el ruido es

## Otros títulos de su interés:

Seguridad y salud en el trabajo  
Conceptos básicos  
*Fernando Henao Robledo*

Riesgos en la construcción  
*Fernando Henao Robledo*

Riesgos: Temperaturas extremas,  
ventilación  
*Fernando Henao Robledo*

Lesiones profesionales e  
inspecciones de control  
*Fernando Henao Robledo*

Planes de contingencia  
*Raúl Felipe Trujillo*

Salud ocupacional  
*Francisco Álvarez Heredia*

Seguridad industrial  
*Andrés Giraldo*

# Riesgos Físicos I

## Ruido, vibraciones y presiones anormales



Se presentan las bases teóricas para que las personas se motiven en el estudio de los tres capítulos centrales: ruido, vibraciones y presiones anormales. En cada uno de los asuntos tratados, se plantean las definiciones básicas, su clasificación, las fuentes generadoras, los problemas de salud generados por exposición al riesgo, los instrumentos de medición, los límites máximos permisibles establecidos en Colombia y los métodos de control comúnmente utilizados para atenuarlos en los ambientes de trabajo.

**Colección:** Ingeniería y salud en el trabajo

**Área:** Seguridad y salud en el trabajo

ECOE  
EDICIONES

[www.ecoediciones.com](http://www.ecoediciones.com)



e-ISBN 978-958-771-101-1