



CARLOS ANDRÉS CABALLERO PARRA

# La producción musical en estudio



**LA PRODUCCIÓN MUSICAL EN ESTUDIO**

**CARLOS ANDRÉS CABALLERO PARRA**





INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
Institución Universitaria

## LA PRODUCCIÓN MUSICAL EN ESTUDIO

1a. Edición: Diciembre de 2010  
© Carlos Andrés Caballero Parra  
© Instituto Tecnológico Metropolitano

ISBN: 978-958-8351-94-0  
Hechos todos los depósitos legales

**Rectora**  
LUZ MARIELA SORZA ZAPATA

**Comité editorial**  
OLGA MARÍA RODRÍGUEZ BOLUFÉ, PhD  
JOSÉ R. GALO SÁNCHEZ, PhD  
LILIANA SAIDON, PhD  
MONSERRAT VALLVERDÚ FERRER, PhD  
GIANNI PEZZOTTI, PhD  
JUAN GUILLERMO RIVERA BERRÍO, PhD  
EDILSON DELGADO TREJOS, PhD  
PAULA BOTERO BERMÚDEZ, MSc  
MARLENY ARISTIZÁBAL PÉREZ, MSc  
VIVIANA DÍAZ DÍAZ

**Corrección de textos**  
LORENZA CORREA RESTREPO  
JUAN JOSÉ ARANGO ESCOBAR

**Diseño e impresión**  
L. VIECO E HIJAS LTDA.

Hecho en Medellín, Colombia

Instituto Tecnológico Metropolitano  
Calle 73 No. 76A 354  
Tel.: (574) 440 51 97  
Fax: 440 51 01  
[www.itm.edu.co](http://www.itm.edu.co)  
Medellín - Colombia

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	25
1. GENERALIDADES.....	27
1.1 El sonido.....	27
1.2 Propiedades y características del sonido.....	28
1.2.1 Velocidad en el aire.....	29
1.2.2 Amplitud.....	29
1.2.3 Frecuencia.....	31
1.3 El decibelio (dB).....	33
1.3.1 Presión sonora.....	35
1.3.2 Nivel de presión sonora.....	36
1.4 El oído.....	36
1.5 La fase.....	38
1.6 El contenido armónico.....	39
1.7 El concepto de la octava.....	40
1.8 Los tipos de onda.....	41
1.8.1 Onda cuadrada ( <i>square</i> ).....	41
1.8.2 Onda dientes de sierra ( <i>sawtooth</i> ).....	42
1.8.3 Onda triangular ( <i>triangle</i> ).....	43
1.8.4 Onda sinusoidal ( <i>sinus</i> ).....	43
1.8.5 Ondas complejas ( <i>complex</i> ).....	44
1.9 La envolvente acústica.....	45
1.9.1 Ataque.....	45
1.9.2 Dinámica interna.....	45
1.9.3 Decaimiento.....	45
1.10 Las cualidades del sonido.....	48
2. EL ESTUDIO DE GRABACIÓN.....	49
2.1 Diseño básico de estudios.....	49
2.1.1 Acústica interna o acondicionamiento acústico.....	50
2.1.2 Aislamiento acústico.....	53
2.2 Diseño de cuartos de control.....	55
2.2.1 Sala Rettinger.....	55

2.2.2	Sala <i>non-environment</i> .....	56
2.2.3	Sala lede ( <i>Live end-dead end</i> ).....	57
2.2.4	Sala híbrida .....	59
2.2.5	Sala Jensen.....	60
2.3	Diseño de estudios según su propósito .....	61
2.3.1	Estudio multiuso .....	61
2.3.2	Estudio para orquestas .....	62
2.3.3	Estudio para audio y video .....	62
2.3.4	Estudio de masterización .....	62
2.3.5	Estudio de proyectos ( <i>project/home studio</i> ) .....	62
2.4	Cableado para el estudio de grabación.....	63
2.4.1	Cableado para el audio.....	63
2.4.2	Cableado para la alimentación eléctrica .....	63
2.4.3	Descarga a tierra .....	63
2.5	Las áreas del estudio de grabación.....	63
2.5.1	Cabina de grabación ( <i>studio room</i> ).....	63
2.5.2	Cuartos de aislamiento ( <i>isolation booths</i> ) .....	63
2.5.3	Cuarto de control ( <i>control room</i> ).....	64
2.5.4	Archivo de cintas .....	64
2.5.5	Cuarto de máquinas ( <i>machine room</i> ).....	64
2.5.6	Espacios acústicos ( <i>airlocks</i> ).....	64
2.6	Funciones del personal en el estudio de grabación.....	64
2.6.1	El artista / los artistas.....	64
2.6.2	El ingeniero/técnico .....	64
2.6.3	El productor artístico .....	65
2.6.4	El productor ejecutivo.....	65
2.6.5	El asistente .....	65
2.6.6	El ingeniero de mantenimiento .....	65
2.6.7	El <i>studio</i> manager .....	65
2.7	Los equipos del estudio.....	66
2.7.1	Sistemas de grabación.....	66
2.7.2	Consola de mezcla .....	71
2.7.3	Micrófonos.....	72
2.7.4	Altavoces .....	673
2.7.5	Procesadores .....	74
2.7.6	Instrumentos musicales.....	75
2.7.7	Accesorios.....	75

2.8	Configuración básica de un estudio de grabación casero .....	76
2.9	Niveles del equipamiento.....	78
2.9.1	La impedancia (Z).....	78
2.9.2	Las señales de audio .....	79
2.9.3	La caja directa.....	85
2.9.4	La caja <i>reamp</i> .....	87
2.9.5	Los medidores de niveles.....	88
2.9.6	Los valores de la señal de audio .....	90
3.	CONEXIONADO.....	95
3.1	Panel de conectores .....	95
3.1.1	Cómo funcionan los paneles de conexión .....	96
3.1.2	Consideraciones.....	99
3.2	Midi .....	100
3.2.1	Características del protocolo midi .....	101
3.2.2	Control local .....	104
3.2.3	<i>General Midi</i> (gm).....	104
3.2.4	Sincronismo midi.....	108
3.2.5	Código smpte.....	108
3.2.6	Puertos o interfaces midi .....	109
4.	LA PREPRODUCCIÓN MUSICAL .....	111
4.1	Repertorio .....	111
4.1.1	Selección de géneros.....	111
4.1.2	Composiciones originales o de autor.....	112
4.1.3	Composiciones propias.....	112
4.1.4	Selección de <i>covers</i> .....	112
4.2	Arreglos musicales.....	112
4.2.1	Estilo .....	113
4.2.2	Tonalidad .....	113
4.2.3	Tempo .....	114
4.2.4	Forma.....	115
4.2.5	Duración .....	119
4.2.6	Guías .....	120
4.3	Maquetación.....	120
4.3.1	Selección de secuenciador .....	120
4.3.2	Formato .....	121

4.4	Instrumentos virtuales y sintetizadores .....	122
4.5	Transcripción y registro legal .....	123
5.	TRANSDUCTORES.....	125
5.1	Los micrófonos .....	126
5.1.1	Micrófonos dinámicos .....	126
5.1.2	Micrófonos de condensador .....	127
5.1.3	Otros tipos de micrófonos.....	128
5.1.4	Micrófonos para aplicaciones especiales.....	129
5.2	Respuesta direccional - diagramas polares .....	129
5.2.1	Micrófonos omnidireccionales .....	130
5.2.2	Micrófonos cardioides (direccionales/unidireccionales).....	130
5.2.3	Micrófonos supercardioides.....	130
5.2.4	Micrófonos hipercardioides .....	131
5.2.5	Micrófonos bidireccionales (figura de 8) .....	131
5.2.6	Micrófonos de patrón polar múltiple (multipatrones) .....	131
5.2.7	Efecto de proximidad ( <i>proximity effect</i> ) .....	131
5.3	Propiedades de los micrófonos .....	132
5.3.1	Máximo nivel de dB SPL ( <i>maximum spl</i> ).....	132
5.3.2	Sensibilidad ( <i>sensibility</i> ).....	133
5.3.3	Nivel de ruido ( <i>noise level</i> ).....	135
5.3.4	Relación señal/ruido ( <i>signal-to-noise ratio, s/n</i> ) .....	136
5.3.5	Impedancia.....	137
5.4	Los parlantes .....	138
5.5	Los audífonos.....	140
6.	CONSOLAS .....	143
6.1	Consolas analógicas.....	143
6.1.1	Consolas modulares .....	143
6.1.2	Consolas no modulares .....	144
6.1.3	Consolas <i>split</i> .....	144
6.1.4	Consolas <i>in line</i> .....	144
6.2	Consolas digitales .....	145
6.3	Flujo de señal básico de la consola.....	146
6.4	Modos o estatus de la consola.....	146
6.4.1	Modo de grabación .....	146
6.4.2	Modo de mezcla.....	148

6.5	Secciones de la consola.....	149
6.5.1	El módulo de entradas y salidas i/o .....	149
6.5.2	Sección maestra ( <i>Máster</i> ) .....	150
6.5.3	Parchera ( <i>patch bay</i> ).....	154
6.6	Partes de la consola.....	154
6.6.1	Sección i/o .....	154
7.	PROCESADORES DE AUDIO .....	169
7.1	Procesadores de frecuencia .....	169
7.1.1	Filtros.....	172
7.1.2	Ecuualizadores.....	175
7.1.3	<i>Crossovers</i> .....	179
7.1.4	Procesadores psicoacústicos .....	179
7.1.5	Consideraciones.....	179
7.2	Procesadores de dinámica.....	181
7.2.1	Compresores .....	182
7.2.2	Limitadores.....	185
7.2.3	<i>DeEssers</i> .....	186
7.2.4	Compuertas ( <i>gates</i> ).....	187
7.2.5	Expansores ( <i>expanders</i> ).....	190
7.3	Procesadores de tiempo o efectos de sonido.....	190
7.3.1	<i>Delay</i> .....	191
7.3.2	Reverberación.....	195
7.3.3	<i>Flanger</i> .....	199
7.3.4	<i>Chorus</i> .....	199
7.3.5	<i>Phaser</i> .....	200
7.3.6	<i>Wah-wah</i> .....	200
7.3.7	Trémolo y vibrato .....	200
7.3.8	Distorsión .....	201
8.	GRABACIÓN Y REGISTRO .....	203
8.1	Técnicas de microfonía y captura del sonido .....	203
8.1.1	Tomas estéreo .....	206
8.1.2	Recomendaciones generales .....	218
8.1.3	Recomendaciones para la ubicación de los micrófonos según la fuente .....	218
8.2	Técnicas de registro .....	236

8.2.1	Grabación en bloque .....	237
8.2.2	Grabación separada.....	240
9.	LA POSPRODUCCIÓN MUSICAL .....	245
9.1	La mezcla .....	245
9.2	La edición.....	246
9.3	La mezcla paso a paso.....	249
9.3.1	Organización de los canales ( <i>tracks</i> ) .....	249
9.3.2	Apertura (levantamiento) del <i>fader</i> .....	250
9.3.3	Creación del canal máster .....	250
9.3.4	Chequeo de la fase .....	250
9.3.5	Agrupamiento por secciones.....	250
9.3.6	Creación del canal submáster .....	251
9.3.7	Procesamiento.....	251
9.3.8	Automatizaciones .....	252
9.3.9	Efectos espaciales .....	252
9.3.10	Mezcla final .....	252
9.4	Recomendaciones prácticas .....	252
9.5	Masterización .....	257
9.5.1	Introducción al <i>mástering</i> .....	257
9.5.2	Otros procesos .....	262
9.5.3	El <i>dither</i> .....	262
9.5.4	Estilos de masterización según la compresión.....	263
9.5.5	Estudios de mástering.....	264
	ANEXO 1. TABLA DE PANEOS.....	267
1.	BALADA POP.....	268
2.	ROCK.....	269
3.	SALSA.....	270
4.	VALLENATO .....	271
	ANEXO 2. LA INDUSTRIA MUSICAL.....	273
1.	GERENTE A&R .....	274
3.	GÉNEROS Y ESTILOS MUSICALES .....	276
4.	REQUISITOS FUNDAMENTALES PARA EL PRODUCTOR MUSICAL EN LA ACTUALIDAD.....	278
4.1	Conocimientos técnicos .....	278

4.2	Conocimientos musicales.....	279
4.3	Relaciones interpersonales.....	279
4.4	Conocimientos de mercadotecnia .....	279
5.	DIFERENTES CAMPOS DEL PRODUCTOR MUSICAL .....	280
5.1	Discos .....	280
5.2	Películas .....	280
5.3	Audiovisuales.....	281
5.4	Multimedia.....	281
5.5	Publicidad .....	281
5.6	Internet.....	281
6.	LAS GRANDES DISQUERAS INTERNACIONALES .....	281
7.	SELLOS INDEPENDIENTES.....	282
8.	EDITORAS Y ASOCIACIONES .....	283
9.	MEDIOS, PROMOCIÓN Y DISTRIBUCIÓN .....	284
10.	MÁNAGERS Y OFICINAS DE CONTRATACIÓN.....	285
11.	FINANCIACIÓN DEL PRODUCTO.....	285
12.	PRESUPUESTO PARA LA PRODUCCIÓN MUSICAL .....	287
	BIBLIOGRAFÍA .....	291

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1	El sonido en el aire .....	28
FIGURA 1.2	Representación visual de dos ondas de diferente amplitud.....	30
FIGURA 1.3	Longitudes de onda.....	32
FIGURA 1.4	Representación gráfica de una onda de sonido .....	33
FIGURA 1.5	La fase en tres diferentes combinaciones de dos ondas iguales..	38
FIGURA 1.6	Contenido armónico de la nota la de concierto (A440) en un violín y en una viola .....	39
FIGURA 1.7	El piano y las octavas de la nota La .....	41
FIGURA 1.8	Onda cuadrada .....	42
FIGURA 1.9	Onda dientes de sierra.....	42
FIGURA 1.10	Onda triangular .....	43
FIGURA 1.12	Onda compleja.....	44
FIGURA 1.11	Onda sinusoidal .....	44
FIGURA 1.13	Envolvente acústica .....	46
FIGURA 1.14	ADSR, representación electrónica.....	46
FIGURA 2.1	Difusores y trampas de graves.....	53
FIGURA 2.2	Cuarto dentro del cuarto .....	53
FIGURA 2.3	Composición de un muro separador y un piso flotante.....	54
FIGURA 2.4	Sala de control según Rettinger. Alzado y planta .....	56
FIGURA 2.5	Sala de control <i>non-environment</i> según Hidley. Vista de planta .....	57
FIGURA 2.6	Sala de control lede.....	58
FIGURA 2.7	Difusores rpg .....	59
FIGURA 2.8	Sala híbrida. Alzado y planta.....	60
FIGURA 2.9	Sala Jensen.....	61
FIGURA 2.10	Proceso de balanceo de la señal de audio.....	80
FIGURA 2.11	Cables balanceados y desbalanceados.....	81
FIGURA 2.13	Valores de la señal de audio.....	92
FIGURA 2.14	Gráfico de respuesta en frecuencia.....	92
FIGURA 3.1	Conexión en paralelo .....	97
FIGURA 3.2	Conexión medio normalizada (seminormalizada).....	97
FIGURA 3.3	Conexión normalizada .....	98
FIGURA 3.4	Conexión no normalizada.....	99

FIGURA 3.5	Puertos de conexiones midi .....	100
FIGURA 3.6	Sistema midi de tres instrumentos.....	101
FIGURA 3.7	Teclado con su correspondiente instrumento del banco <i>General Midi Drums</i> , perteneciente al software Sonar.....	106
FIGURA 6.1	Flujo de la señal en el modo de grabación ( <i>rec status</i> ) .....	147
FIGURA 6.2	Flujo de la señal en modo de mezcla ( <i>mixdown</i> ) .....	148
FIGURA 7.1	Curvas tipo campana .....	170
FIGURA 7.2	Curvas tipo <i>shelving</i> .....	170
FIGURA 7.3	Ancho de banda .....	171
FIGURA 7.4	<i>High-pass filter</i> , HPF .....	172
FIGURA 7.5	<i>Low-pass filter</i> , LPF .....	173
FIGURA 7.6	<i>Band-pass filter</i> .....	174
FIGURA 7.7	<i>Notch filter</i> .....	174
FIGURA 7.8	Ecualizador gráfico.....	175
FIGURA 7.9	Ecualizador paramétrico .....	176
FIGURA 7.10	Ecualizador semiparamétrico .....	177
FIGURA 7.11	Ecualizador paragráfico Waves Q10 .....	178
FIGURA 7.12	Compresor.....	185
FIGURA 7.13	Limitador .....	186
FIGURA 7.14	<i>DeEsser</i> Waves .....	187
FIGURA 7.15	Compuerta ( <i>gate</i> ) Waves .....	189
FIGURA 7.16	Expansor .....	190
FIGURA 7.17	Zona Hass .....	194
FIGURA 7.18	Reverberación.....	197
FIGURA 8.1	Regla del 3:1 .....	207
FIGURA 8.2	Técnica A-B, dos micrófonos omnidireccionales espaciados 91 cm.....	208
FIGURA 8.3	Técnica A-B, dos micrófonos omnidireccionales espaciados 3 m .....	208
FIGURA 8.4	Técnica A-B, tres micrófonos omnidireccionales espaciados 1,50 m.....	209
FIGURA 8.5	Técnica Faulkner a-b, dos micrófonos bidireccionales espaciados 20 cm.....	210
FIGURA 8.6	Técnica X-Y, dos micrófonos cardioides, par coincidente .....	211
FIGURA 8.7	Técnica Blumlein X-Y, dos micrófonos bidireccionales, par coincidente .....	212

FIGURA 8.8	Técnica ORTF X-Y, dos micrófonos cardioides, par casi coincidente .....	213
FIGURA 8.10	Técnica disco de Jecklin X-Y, dos micrófonos omnidireccionales, par casi coincidente .....	214
FIGURA 8.9	Técnica nos X-Y, dos micrófonos cardioides, par casi coincidente.....	214
FIGURA 8.11	Técnica <i>mid-side</i> A-B, un micrófono cardioide y un micrófono bidireccional, par coincidente.....	216
FIGURA 8.12	Técnica Decca Tree, tres micrófonos omnidireccionales arriba del director.....	217
FIGURA 8.13	Posiciones de los micrófonos <i>overhead</i> para la batería.....	221
FIGURA 8.14	Técnicas alternativas de micrófonos <i>overhead</i> para la batería.....	222
FIGURA 8.15	Ubicación de micrófonos para el bombo.....	223
FIGURA 8.16	Ubicación de micrófonos para el <i>snare</i> , los tom-toms y el <i>hi-hat</i> .....	224
FIGURA 8.17	Ubicación de micrófono para los instrumentos de cuerda frotada .....	226
FIGURA 8.18	Ubicación de micrófono para la trompeta .....	227
FIGURA 8.19	Ubicación de micrófono para los instrumentos de la familia de las maderas .....	229
FIGURA 8.20	Ubicación de micrófonos para las guitarras acústicas.....	230
FIGURA 8.21	Ubicación de micrófonos para el piano .....	231
FIGURA 8.22	Ubicación de micrófono colocado de manera perpendicular hacia el domo del parlante .....	232
FIGURA 8.23	Ubicación de micrófono colocado de manera perpendicular hacia el cono o periferia del parlante.....	233
FIGURA 8.24	Ubicación de micrófono levemente angulado, con su diafragma dirigido hacia el domo del parlante pero ubicado fuera del eje central, cerca del cono o periferia del parlante...	234
FIGURA 8.25	Utilización de micrófonos direccionales aprovechando su ángulo de mayor atenuación .....	234
FIGURA 8.26	Ubicación de micrófonos bidireccionales (figura de 8) aprovechando su ángulo de mayor atenuación.....	235
FIGURA 8.27	Micrófono para voz con filtro <i>pop stopper</i> .....	236

## LISTA DE FOTOS

Foto 2.1	Cuarto con diferentes materiales de coeficiente de absorción ...	52
Foto 2.2	Grabadora analógica de 4 <i>tracks</i> Otari .....	68
Foto 2.3	Grabadora de cinta digital Sony DASH PCM 3324.....	69
Foto 2.4	Grabadora de cinta digital Sony MDM PCM-80 .....	69
Foto 2.5	Sistema nativo de grabación externa M-Box2 Mini.....	71
Foto 2.6	Sistema de grabación ProTools HD.....	71
Foto 2.7	Consola de mezcla Euphonix CS3000 .....	72
Foto 2.8	Micrófono Shure SM58.....	73
Foto 2.9	Altavoz Yamaha NS-10M .....	74
Foto 2.10	Procesador de audio Avalon 737 .....	74
Foto 2.11	Controlador midi M-Audio Oxygen 8 .....	75
Foto 2.12	Accesorios. Audífonos y cables .....	76
Foto 2.13	Tipos de conectores .....	83
Foto 2.14	Caja directa pasiva.....	88
Foto 2.15	Caja directa activa .....	88
Foto 2.16	Medidor de promedio y de picos Dorrough 40 AES Digital Meter .....	90
Foto 3.1	Panel de conectores Switchcraft Studiopatch, 96 conectores tipo <i>bantam</i> .....	95
Foto 3.2	Panel de conectores Neutrik NYS 2 x 24 jack, 48 conectores tipo ¼”	
Foto 3.3	Contador de smpte en hh:mm:ss:ff TimeLine LINX-2 .....	109
Foto 3.4	Interfaz midi motu.....	110
Foto 5.1	Micrófono Shure SM-81 .....	133
Foto 5.2	Micrófono Sony C-800G.....	134
Foto 5.3	Micrófono Shure KSM-32 .....	135
Foto 5.4	Micrófono Neumann U87 A1 .....	136
Foto 6.1	Control máster de una consola analógica .....	153
Foto 6.2	Sección de preamplificación de una consola analógica .....	157
Foto 6.3	Panel trasero de conexiones de una consola analógica .....	158
Foto 6.4	Sección del ecualizador en una consola analógica.....	160
Foto 6.5	Envíos auxiliares de una consola analógica .....	162
Foto 6.6	<i>Fader</i> (paneo) de una consola analógica.....	163
Foto 6.7	Balística del <i>fader</i> y matriz de ruteo de una consola analógica ..	167

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1.2	Niveles de intensidad en dB de diferentes objetos y ambientes ....	34
TABLA 2.1	Armado básico de un estudio casero .....	76
TABLA 2.2	Niveles de operación estándar.....	78
TABLA 3.1	Lista de los instrumentos del banco <i>General Midi</i> , GM .....	105
TABLA 3.2	Formatos y protocolos midi usados en la actualidad .....	107
TABLA 7.1	Aplicaciones de los procesadores de frecuencia .....	175
TABLA 9.2	Parámetros del estéreo virtual .....	254
TABLA 9.3	Programación del <i>delay</i> largo para la voz .....	256

Este libro está dirigido a todas las personas que desean ser productores musicales y como material de apoyo didáctico para las materias de grabación y producción musical del programa Tecnología en Informática Musical del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín.

La idea fundamental del texto es guiar de manera amable al estudiante en formación profesional y motivar a todas aquellas personas que estén vinculadas a la producción musical, los estudios de grabación y en general al mundo de la música, sean o no profesionales, a tener una formación basada en la ciencia, los avances tecnológicos y las implicaciones que la sociedad nos presenta en este gremio, de tal manera que los conceptos aquí presentados les ayuden en su crecimiento profesional.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar debo agradecer a las directivas del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín en cabeza de su rectora, la doctora Luz Mariela Sorza Zapata, que gracias a su búsqueda de la excelencia académica ha motivado a todos los docentes de la institución a aventurarse en este maravilloso mundo de los textos académicos; a mis jefes inmediatos, Hernán Múnera Vélez, jefe del programa de la Tecnología en Informática Musical y Paula Botero, decana de la Facultad de Artes y Humanidades, por motivarme y tenerme paciencia durante todos estos meses de continua labor creativa; al corrector, editor, maestro y amigo Juan José Arango, por su inmensurable ayuda en la edición y corrección de este libro; a mis compañeros de labor académica Mauro, Naty, Julio, Dany, Plazas, Édison, Viviana, Fredy, David, Miguel, Tony, Juliana y Francisco, de los cuales he aprendido mucho; a mis alumnos, de quienes he aprendido mucho más; la compañía Discos Fuentes, por facilitarme los estudios y equipos para la realización de muchas de las fotos usadas en este texto; a mi gran amigo Jorge Parra, que me ayudó con toda su experiencia en uno de los anexos; a mi familia, que son mi soporte espiritual; a mi novia, Mónica, que con su paciencia diaria me demuestra que me ama tanto como yo a ella. Y a mi madre, a quien le dedico este libro.

## INTRODUCCIÓN

Éste, mi primer texto académico, lo realizo con la convicción de que el estudio del audio, su forma de manipulación por medio de las herramientas adecuadas desde el estudio de grabación y una buena preparación musical, nos pueden brindar la posibilidad de llegar a ser buenos productores musicales, y desde allí aportar a toda la industria cultural y creativa del mundo, la cual, en la actualidad, según cifras del Banco Mundial, puede representar cerca de un 10% del PIB del mundo. Esta cifra sigue creciendo gracias a las facilidades tecnológicas, el bajo costo de las herramientas básicas de creación y el crecimiento y la velocidad de las comunicaciones globales; dejamos de ser habitantes de nuestra región para convertirnos en ciudadanos del mundo, con un sin fin de campos de interacción como la multimedia, el cine y los espectáculos artísticos, entre otros.

Espero que las ideas aquí plasmadas, resultado del estudio y la experiencia de los años que llevo trabajando y estudiando en este fascinante mundo de la producción musical en estudio, sirva a los estudiantes y lectores profesional y espiritualmente, tanto como me han servido a mí. Porque de algo estamos seguros los que vivimos en este mundo, y es que cada vez que conocemos algo nuevo o simplemente vemos un avance tecnológico más, nos damos cuenta de que tenemos todo un mundo de conocimiento por recorrer; y eso precisamente es lo que más nos genera pasión: las ganas constantes de adquirir día tras día nuevos conocimientos.

## 1. GENERALIDADES

Antes de entrar en materia, debemos analizar algunos aspectos generales y fundamentales para todo productor musical, que son de gran importancia para la comprensión futura de temas específicos y la resolución de problemas en el estudio de grabación. Veremos, sin adentrarnos muy profundamente en los conceptos teóricos y científicos, pero sí de modo práctico, algunos temas relacionados con el sonido y sus características fundamentales.

### 1.1 EL SONIDO

La mayoría de las definiciones existentes en los diferentes tratados, métodos y libros de física acústica acerca del sonido coinciden en varios aspectos fundamentales; a continuación enumeramos algunos de éstos.

- Tipo de energía física cinética: física acústica.
- Energía que necesita un medio de propagación: aire.
- Movimiento de las moléculas: compresión y rarefacción.
- Variación de presión y vibración de partículas.

La siguiente es la definición del ingeniero y músico argentino Federico Miyara, especialista en acústica y electroacústica:

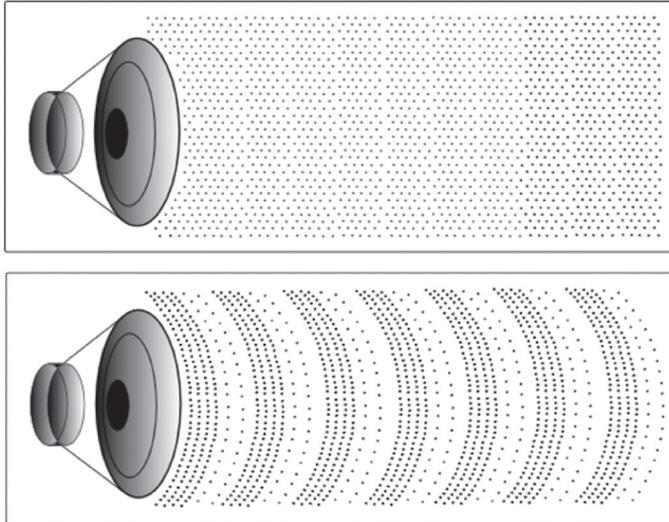
El sonido es un tipo de onda que se propaga sólo si existe un medio que sirva de soporte para su propagación. El medio más frecuente en el que se transmite el sonido es el aire, ya que está compuesto de millones de partículas que se encuentran en un equilibrio dinámico, es decir, estas partículas no están quietas, éstas se mueven caóticamente en todas direcciones debido a una agitación térmica.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Federico Miyara, 2004, *Acústica y Sistemas de Sonido*, 4.<sup>a</sup> ed., Argentina, Universidad Nacional de Rosario, p. 5.

La siguiente figura nos muestra cómo puede ser la dinámica de las moléculas de aire al ser intervenidas por una fuente sonora.

FIGURA 1.1 EL SONIDO EN EL AIRE\*



Moléculas de aire en reposo con el parlante apagado

Moléculas de aire en movimiento con el parlante encendido

## 1.2 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

El sonido posee ciertas propiedades físicas que nos sirven para identificar su fuente; por ejemplo, ¿cómo sabemos si algo es un ruido o es un golpe de un tambor o el canto de un pájaro, o, si al escucharlo, lo percibimos fuerte o débil, agudo o grave, prolongado o corto? Pues bien: estas propiedades nos explican implícitamente cómo identificar los sonidos; además, cada una de ellas posee también ciertas características y parámetros

---

\* Todas las figuras de este texto pertenecen al autor.

que pueden ser medidos, calculados y cuantificados, para posteriormente ser intervenidos de manera electrónica (digital y/o analógica), y así poderlos manipular a nuestro antojo para lograr excelentes composiciones acústicas. A continuación veremos las propiedades más importantes del sonido.

### 1.2.1 VELOCIDAD EN EL AIRE

Varía según la temperatura ambiente y la altura con respecto al nivel del mar; algunas velocidades de referencia son las siguientes:

- A nivel del mar y 23° C: 345 m/s.
- A nivel del mar y 15° C: 344 m/s.
- A nivel del mar y 0° C: 330 m/s.

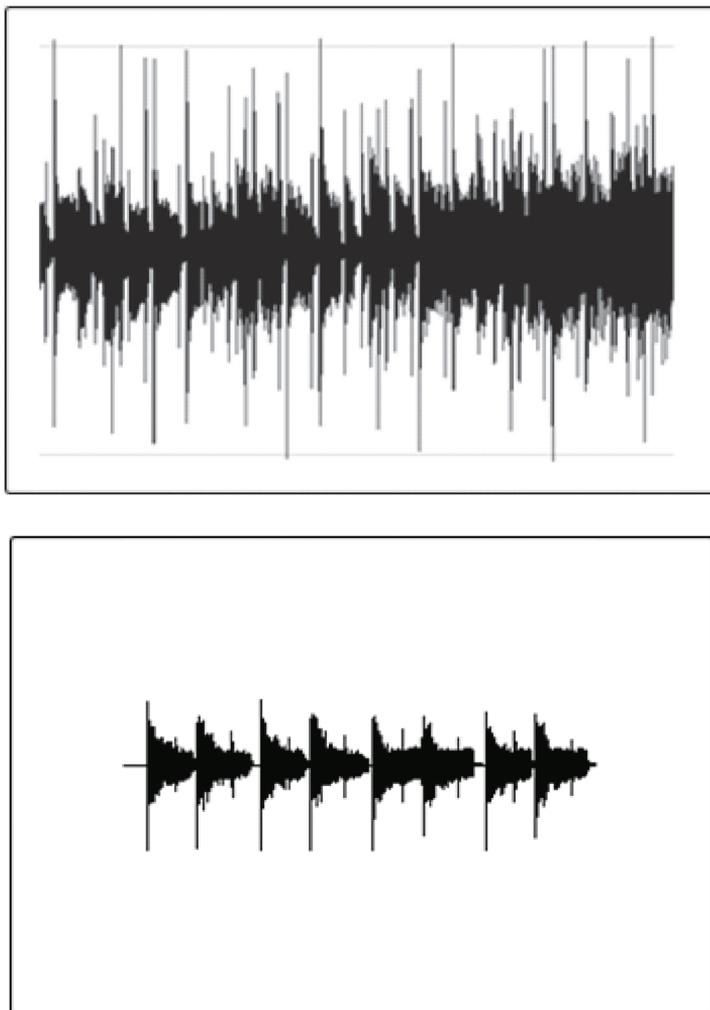
Es importante anotar que la velocidad es totalmente independiente de la frecuencia (tono) y de la amplitud (volumen); en otras palabras, el sonido rico en graves de un bajo eléctrico tendrá la misma velocidad que el sonido agudo de una flauta pícolo, y estos mismos sonidos, escuchados en los enormes parlantes de un concierto, viajarán a la misma velocidad si son escuchados en un equipo de sonido casero.

### 1.2.2 AMPLITUD

Hace referencia a la cantidad, fuerza o intensidad de energía con la que es perturbado el ambiente; se la conoce normalmente como *volumen* o, más técnicamente, como *presión sonora*. Visualmente podemos apreciarla y representarla a través de un oscilograma, aunque en la actualidad la podemos ver en cualquier *software* de grabación y edición de audio. Normalmente un sonido con mayor amplitud es aquél que en su representación gráfica

posee picos más elevados durante todo el tiempo de duración del mismo. La Figura 1.2 muestra dos ondas con amplitudes diferentes.

FIGURA 1.2 REPRESENTACIÓN VISUAL DE DOS ONDAS DE DIFERENTE AMPLITUD



### 1.2.3 FRECUENCIA

Hace referencia al número o cantidad de fluctuaciones o perturbaciones sucesivas generadas por el sonido al presionar el aire en un determinado lapso de tiempo. Cada una de estas fluctuaciones se denomina *período* o *ciclo*; según la cantidad de fluctuaciones que se producen en un segundo, los sonidos pueden ser agudos o graves. Los seres humanos estamos en capacidad de escuchar, percibir y sentir sonidos que están entre 20 y 20.000 pulsaciones o ciclos por segundo (CPS). Este concepto de ciclos por segundo es llamado *hercio* (Hz).

Por otro lado, la frecuencia está relacionada con la afinación musical; por ejemplo, la nota la que es utilizada para la afinación universal de los instrumentos, también llamada “la de concierto”, tiene una frecuencia de 440 Hz; o sea que todo instrumento musical que quiera interpretar esa nota deberá hacer vibrar u oscilar su instrumento 440 veces o ciclos por segundo.

Para entender un poco más estas dos últimas propiedades del sonido (amplitud y frecuencia), es importante revisar los parámetros que componen una onda acústica.

#### 1. Longitud de onda

“Es la distancia entre dos perturbaciones sucesivas en el espacio”;<sup>2</sup> también la podemos definir como la distancia física cubierta por un ciclo completo de una frecuencia de sonido pasando a través del aire. Es muy importante comprender que la longitud de onda está relacionada con la distancia física y el espacio que necesita un sonido para ser reproducido. Los sonidos graves, que tienen una longitud de onda larga, son “omnidireccionales” y por lo tanto tienen la propiedad de ser escuchados aun si la onda de la fuente sonora está siendo obstaculizada por algún objeto, (muro

---

2 F. Miyara, *op. cit.*, p. 5.

o persona); mientras que los sonidos agudos o de longitudes de onda corta son más “direccionales” y pueden ser interrumpidos si se obstaculiza la onda procedente de la respectiva fuente. Además, una de las características más importantes de este parámetro es que marca la diferencia en cuanto a la eficiencia de altavoces se trata; por ello, vemos normalmente que los parlantes que producen sonidos bajos son más grandes que los parlantes que producen sonidos agudos.

La longitud de onda es representada por la letra griega  $\lambda$ , y se mide en metros (m) o centímetros (cm) según su tamaño; la longitud de onda se obtiene de la siguiente ecuación:

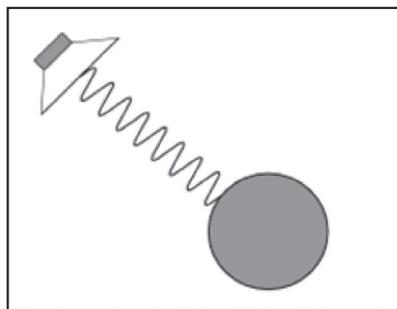
$$\lambda = \text{velocidad del sonido/frecuencia}$$

La siguiente tabla nos muestra algunas medidas de longitud de onda tomando como referencia la velocidad del sonido a 340 m/s:

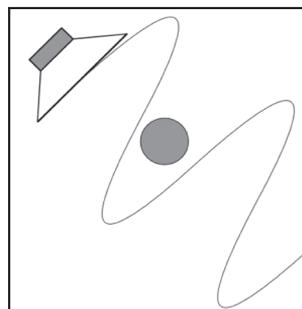
TABLA 1.1 LONGITUDES DE ONDA PARA DIFERENTES FRECUENCIAS

Frecuencia en Hz	20	50	100	500	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	10 kHz	16 kHz
Longitud de onda	17 m	6,8 m	3,4 m	6,8 cm	3,4 cm	1,7 cm	8,6 cm	4,3 cm	3,5 cm	2 cm

FIGURA 1.3 LONGITUDES DE ONDA



Ondas cortas: frecuencias altas interrumpidas por un objeto



Ondas grandes: frecuencias bajas no interrumpidas por un objeto



se puede decir que es una forma de expresar una relación o cociente en valores más comprensibles y fáciles de manipular. Las ramas del saber que más utilizan esta medida son la acústica y las telecomunicaciones.

Esta unidad de medida se utiliza para expresar entre otros, el nivel de potencia o nivel de intensidad, llamado también *nivel de presión sonora* (*Sound Pressure Level*, SPL, por sus siglas en inglés),<sup>4</sup> el nivel de voltaje (V) y el nivel de potencia (W). Se hace uso, entonces, de una escala logarítmica, porque la sensibilidad del oído humano ante variaciones de la intensidad sonora sigue una escala logarítmica y no una lineal. En la siguiente tabla se muestran algunas convenciones clásicas de intensidad del sonido.

TABLA 1.2 NIVELES DE INTENSIDAD EN DB DE DIFERENTES OBJETOS Y AMBIENTES

140 dB	Umbral del dolor
130 dB	Despegue de un avión
120 dB	Motor de avión en marcha
110 dB	Concierto
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50-60 dB	Aglomeración de gente
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Ruido de campo
0 dB	Umbral de audición

---

4 Encontraremos en el transcurso de este libro una serie de términos que generalmente son usados en el idioma inglés o lexicalizados en nuestro idioma. Así, la advertencia "por sus siglas en inglés" será omitida de ahora en adelante (N. del E.).

Para asemejarse más a la realidad auditiva, se ponderan las unidades hasta llegar a definir el *decibelio A* (dBA), que es una unidad sonora con filtro previo que suprime frecuencias muy altas y bajas y conserva las frecuencias más dañinas al oído humano; esta medida sirve como indicador de riesgo auditivo.

El decibelio es una unidad relativa; por ello, para medir valores absolutos se necesita especificar a qué unidades está referida la medida:

- $\text{dB}_{\text{SPL}}$

Hace referencia al nivel de presión sonora. Es la medida, por ejemplo, usada para referirse a ganancia o atenuación de volumen.

- $\text{dBW}$

La W indica que el decibelio hace referencia a vatios. Es decir, se toma como referencia 1 W (vatio). Así, a 1 vatio le corresponde 0 dBW.

- $\text{dBm}$

Cuando el valor expresado en vatios es muy pequeño, se usa el milivatio (mW). Así, a 1 mW le corresponde 0 dBm.

- $\text{dBu}$

El dBu expresa el nivel de señal en decibelios referido a 0,7746 voltios. 0,7746 V es la tensión que aplicada a una impedancia de  $600 \Omega$  desarrolla una potencia de 1 mW. La impedancia de  $600 \Omega$  se emplea por razones históricas.

### 1.3.1 PRESIÓN SONORA

Es la energía provocada por las ondas sonoras que generan un movimiento ondulatorio de las partículas del aire, provocando en él una variación alterna (compresión/rarefacción) en su presión

estática, o sea, pequeñas variaciones en la presión atmosférica, que es la presión del aire sobre la superficie terrestre. Se mide en Pascales, abreviado Pa, y las presiones sonoras audibles varían entre 0,00002 Pa (umbral auditivo) y 20 Pa (umbral del dolor). En otras palabras, es la cantidad de energía que se necesita para poder mover las partículas del aire y producir un mínimo de nivel sonoro, que se conoce como “umbral auditivo”.

### 1.3.2 NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Representado como SPL (*Sound Pressure Level*). Este parámetro determina la intensidad del sonido generado por una onda sonora y se mide con un aparato llamado sonómetro, que nos muestra la cantidad de presión sonora en decibelios (dB) y en determinadas escalas de medición. Cabe anotar que la frecuencia es totalmente independiente de la amplitud y viceversa.

## 1.4 EL OÍDO

Sabemos que el sonido es producido por las ondas acústicas en un movimiento de compresión y rarefacción en las moléculas del aire, que hace fluctuar la presión atmosférica nominal; estas fluctuaciones (o variaciones) son percibidas por nuestro transductor natural sensitivo, que responde por medio de una serie de procesos que ocurre dentro del órgano auditivo, es decir, nuestros oídos; las ondas de presión sonora llegan al canal auditivo –oído externo– para posteriormente ser recibidas por la membrana timpánica –oído medio–, que se las entrega a unos huesecitos encargados de generar unas vibraciones que varían según la naturaleza del sonido, para posteriormente ser percibidas por unos pequeños sensores –oído interno– con terminaciones nerviosas que se encargan de comunicarle al cerebro, por medio de impulsos eléctricos, todo este proceso; en resumidas cuentas,

el oído es un *transductor*, es decir, un instrumento que cambia una clase de energía en otra; en este caso, el oído recoge la energía acústica, la convierte en mecánica y finalmente la transforma en impulsos eléctricos.

Algunas referencias auditivas utilizadas en la producción musical son las siguientes:

- Umbral de audición  
La mínima presión sonora que puede causar algún tipo de escucha.
- Umbral de sensibilidad  
Una clase de sonidos que frecuentemente causa molestias; se produce con una intensidad de sonido de 118 dB<sub>SPL</sub> entre frecuencias de 200 Hz y 10 kHz.
- Umbral del dolor  
El sonido que causa dolor auditivo; se produce con una intensidad de sonido de 140 dB<sub>SPL</sub> entre frecuencias de 200 Hz y 10 kHz.

Nuestro oído deriva algunas características particulares que deben ser tomadas en cuenta para nuestro trabajo de producción musical: los fenómenos psicoacústicos, la percepción auditiva, el enmascaramiento, la percepción de la procedencia del sonido y la percepción del espacio. Aunque todas ellas son tratadas con más profundidad en la física acústica, por el momento las iremos mencionando en la medida en que sean útiles para nuestro estudio.

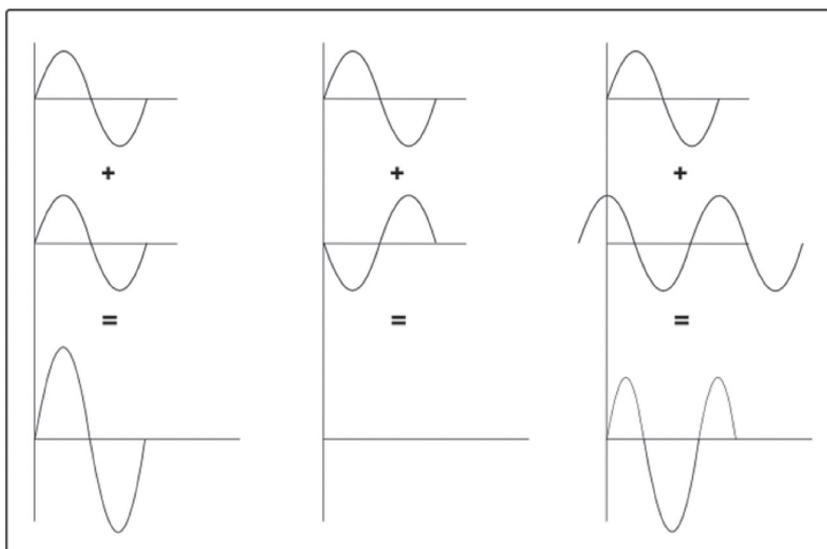
Por último, no debemos dejar de insistir en el cuidado que debemos darle a nuestro aparato auditivo: es nuestro principal instrumento de trabajo.

## 1.5 LA FASE

Es la relación de una onda con respecto a una referencia de tiempo determinada; está determinada por el ciclo completo ( $360^\circ$ ) y el momento de inicio de la onda. Según Miyara, es “el ángulo entre los picos de dos señales periódicas de igual frecuencia tomando la equivalencia 1 período =  $360^\circ$ ”.<sup>5</sup>

La fase puede ser positiva cuando la onda empieza en el cuadrante superior (entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ ); y negativa, cuando empieza en el cuadrante inferior (entre los  $180^\circ$  y los  $360^\circ$ ). Este factor se vuelve fundamental en el momento de sumar señales similares, por ejemplo, en grabaciones con micrófonos ubicados en diferentes lugares, que estén capturando una misma fuente sonora; también es fundamental en algunos sintetizadores o *samplers* virtuales, que poseen pequeñas cancelaciones de fase.

FIGURA 1.5 LA FASE EN TRES DIFERENTES COMBINACIONES DE DOS ONDAS IGUALES

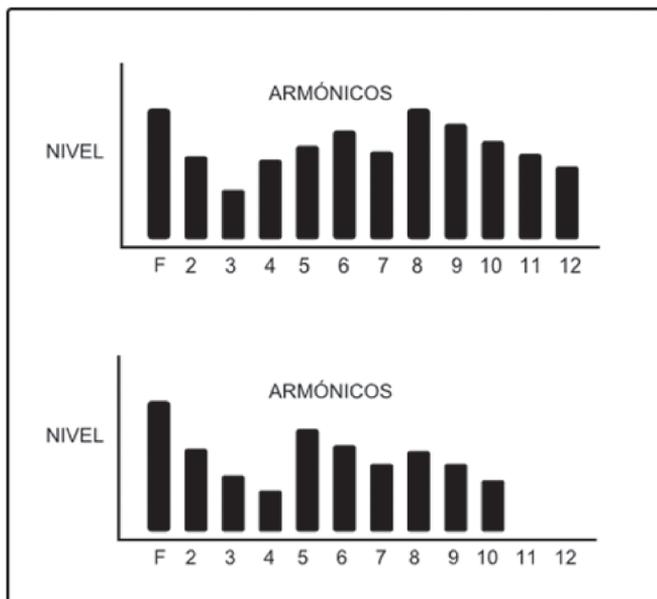


5 F. Miyara, *op. cit.*, p. 5.

## 1.6 EL CONTENIDO ARMÓNICO

Es el factor que permite diferenciar un instrumento musical de otro a partir de la presencia de diferentes frecuencias en sus ondas sonoras. Una nota musical, al ser interpretada por un instrumento, no sólo produce el sonido fundamental de dicha nota sino también otras notas o componentes, los cuales al mezclarse en diferentes niveles producen el sonido característico o *timbre* de cada instrumento; es por esto que el sonido del la 440 de un violín suena diferente a la misma nota interpretada por otro instrumento –la viola, por ejemplo–, así ambos tengan como nota fundamental dicho la 440.

FIGURA 1.6. CONTENIDO ARMÓNICO DE LA NOTA LA DE CONCIERTO (A440) EN UN VIOLÍN Y EN UNA VIOLA



Fuente: David Huber Miles, 2005, *Modern Recording Techniques*, 6ª ed., Estados Unidos, Elsevier, Fig. 2.15

Lo que en realidad ayuda a diferenciar los timbres de los instrumentos son las llamadas *frecuencias parciales*, que se suman a la frecuencia fundamental y que se encuentran por encima de ella; a estas frecuencias se las denomina *parciales superiores* o *sobretonos*, y a aquéllas que son múltiplos completos de la nota fundamental se las llama *armónicos*. Por ejemplo, el llamado la de concierto, que corresponde a la frecuencia de 440 Hz, tiene como armónicos entre otros las frecuencias de 880 Hz y 1.320 Hz, es decir, el mismo valor duplicado y triplicado respectivamente, dándonos como resultado el segundo y el tercer armónicos.

## 1.7 EL CONCEPTO DE LA OCTAVA

El fenómeno conocido como *octavas musicales* tiene que ver con la forma particular como escuchamos la música; por ejemplo, la nota la 440 Hz (A3)<sup>6</sup> la escuchamos muy “parecida” a la producida en la frecuencia 880 Hz (A4) –es decir, el doble de la frecuencia; y al mismo tiempo, la nota la 880 Hz (A4) la escuchamos relacionada –“parecida”– a la frecuencia 1.760 Hz (A5) –también el doble. Por lo tanto, todas estas frecuencias corresponden a la nota la pero en octavas superiores (Figura 1.7). A este tipo de frecuencias, como en el punto anterior, se las denomina *armónicos pares*, pues resultan de la duplicación de la frecuencia fundamental, aunque también existen *armónicos impares*, que tienen relaciones matemáticas con la nota fundamental sin que éstas no sean precisamente sus dobles.

---

6 El término “A4” hace referencia a dos cosas: primera, la letra A indica la cifra usada en la música occidental para la nota musical la; y el número 4 indica la altura o ubicación de dicha nota según su frecuencia. Por una lado, podemos decir que las octavas son la superposición del doble del valor de la anterior, y, además, musicalmente, la sucesión de los siete sonidos o notas musicales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Jaramillo Jaramillo, Ana María, 2007, *Acústica: la ciencia del sonido*, Medellín, Fondo Editorial Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Katz, Bob, 2002, *La Masterización de audio, el arte y la ciencia*, Andoain, Escuela de cine y video.
- Laurenz, Carlos, 2007, *Seminario de mástering*, asignatura del curso “Artes Electroacústicas”, Buenos Aires, Instituto de Tecnología ORT.
- Miles Huber, David, 2005, *Modern Recording Techniques*, 6ª ed., Estados Unidos, Elsevier.
- Miyara, Federico, 2004, *Acústica y Sistemas de Sonido*, 4.ª ed., Argentina, Universidad Nacional de Rosario.



*La producción musical en estudio*

se terminó de imprimir en diciembre de 2010.  
Para su elaboración se utilizó papel Bond de 70 g,  
en páginas interiores, y cartulina Propalcote 250 g para la carátula.  
Las fuentes tipográficas empleadas son Times New Roman 12 puntos,  
en texto corrido, y Myriad Pro 14 puntos en títulos.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
FONDO EDITORIAL



Serie TEXTOS ACADÉMICOS  
*¡Publicaciones de nuestros docentes para los estudiantes de Colombia!*

---

FUNDAMENTOS DE LEGISLACIÓN LABORAL  
Mónica Lucía Granda Viveros

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO E INDUSTRIAL.  
TENDENCIAS ACTUALES  
William Orozco Murillo, compilador

APRENDIENDO A SER EL MEJOR  
Yudi Amparo Marín Álvarez

EL LENGUAJE MUSICAL  
Elkin Pérez Álvarez

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA ARMONÍA  
Elkin Pérez Álvarez

FUNCIONES REALES CON MATLAB  
Yolanda Álvarez Ríos / Gloria María Díaz Londoño

ESTUDIO DEL TRABAJO: NOTAS DE CLASE  
María del Rocío Quesada Castro / William Villa Arenas

INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO BIOMÉDICO  
Luis Fernando Castrillón Gallego

ÉTICA, INNOVACIÓN Y ESTÉTICA  
Marta Palacio Sierra / Raúl Domínguez Rendón / Héctor Cardona Carmona

ESTADÍSTICA BÁSICA  
Adriana Guerrero / María Victoria Buitrago / María de los Ángeles Curieses

PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS CIVILES  
Sergio Andrés Arboleda López



GRAFICAR CON AUTOCAD

John Jairo García Mora

ACÚSTICA: LA CIENCIA DEL SONIDO

Ana María Jaramillo Jaramillo

INTRODUCCIÓN DE ERRORES EN LA MEDICIÓN

Adriana Guerrero Peña / Gloria María Díaz Londoño

METROLOGÍA. ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL. TOMO I

Jaime Restrepo Díaz

NEUMÁTICA BÁSICA

Luis Giovanni Berrío Zabala / Sandra Ruth Ochoa Gómez

ELEMENTOS BÁSICOS DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Diego Guerrero Peña

ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS DE COSTOS POR ÓRDENES

Armando García Muñoz

MANUAL DE PRÁCTICAS PROFESIONALES

Silvia Elena Rivera Escobar

GEOMETRÍA INTEGRADA

León Darío Fernández Betancur / Gustavo Saldarriaga Rivera

QUÍMICA BÁSICA. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Margarita Patiño Jaramillo

PRINCIPIOS DE ADMINISTRACIÓN

Darío Hurtado Cuartas

CÁLCULO DIFERENCIAL. LÍMITES Y DERIVADAS

Sergio Alberto Alarcón Vasco / María Cristina González Mazuelo  
Hernando Manuel Quintana Ávila

FÍSICA MECÁNICA. EJERCICIOS RESUELTOS

Richard Hamilton Benavides Palacios / Claudia Milena Serpa Imbett

CARTILLA TÉCNICA DEL DESFIBRILADOR

William Orozco Murillo / Edward Cardona Montoya



CONSULTA Y ACTUALIZACIÓN DE BASES DE DATOS MEDIANTE EQUIPOS MÓVILES  
Jaime Vásquez Rojas

INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN EN JAVA  
Fray León Osorio Rivera

BASES DE DATOS RELACIONALES. TEORÍA Y PRÁCTICA  
Fray León Osorio Rivera

MATEMÁTICAS ESPECIALES PARA INGENIERÍA. NIVEL I  
Martha Cecilia Guzmán Zapata

METROLOGÍA: ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL. TOMO II  
Jaime Restrepo Díaz

MATEMÁTICAS ESPECIALES PARA INGENIERÍA. NIVEL II  
Diego Agudelo Torres

ESPAÑOL AL DÍA. NORMAS DE USO COMÚN  
Humberto de la Cruz Arroyave

FÍSICA MECÁNICA. CONCEPTOS BÁSICOS Y PROBLEMAS  
Javier Vargas / Iliana Ramírez / Santiago Pérez / Jairo Madrigal

MATERIALES INDUSTRIALES. TEORÍA Y APLICACIONES  
Ligia María Vélez Agudelo

LÓGICA Y PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS:  
INICIO AL DESARROLLO DEL SOFTWARE  
Fray León Osorio Rivera

SECCIONES CÓNICAS: UNA MIRADA DESDE LA DERIVACIÓN IMPLÍCITA  
María Cristina González Mazuelo / Juan Guillermo Paniagua Castrillón  
Gustavo Adolfo Patiño Jaramillo

SENTENCIAS BÁSICAS USADAS EN LA PROGRAMACIÓN DE COMPUTADORES  
Roberto Carlos Guevara Calume

FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA DE LA INFORMACIÓN  
Mauricio Correa Villa

ANÁLISIS DE SEÑALES CON LAS TRANSFORMADAS DE FOURIER, GABOR Y ONDITAS  
Horacio Arango Marín



APLICACIÓN DE GEOGEBRA EN LA GEOMETRÍA INTEGRADA  
León Darío Fernández Betancur / Gustavo Saldarriaga Rivera

GEOMETRÍA INTERACTIVA  
Grupos GNOMÓN-ELIME.CEID-ADIDA

CÁLCULO INTEGRAL  
Yolanda Álvarez Ríos / Jorge Agudelo Quiceno

APLICACIONES MATEMÁTICAS EN LA INGENIERÍA  
José Benjamín Gallego Alzate

PROCESOS PRODUCTIVOS Y ADMINISTRATIVOS  
Yudi Amparo Marín Álvarez / Melba Elena Marín Ramírez

MANUAL BÁSICO DE MATEMÁTICAS FINANCIERAS  
Luis Fernando Román Henao

FUNDAMENTO SOCIAL DEL DERECHO  
Mónica Lucía Granda Viveros / Juan Fernando Gómez Gutiérrez

INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES CON PROFIBUS  
Aplicaciones con controladores lógicos programables y variadores de velocidad  
Juan Guillermo Mejía Arango

LabVIEW PRÁCTICO CON APLICACIONES  
Alexander Arias Londoño / Paula Andrea Ortiz Valencia

MÉTODOS NUMÉRICOS  
Héctor Tabares Ospina

QUÍMICA BÁSICA. PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
Margarita Patiño / Nílkar Yaír Valdés Romaña

INTRODUCCIÓN AL R  
Juan Carlos Correa Morales  
Carlos Javier Barrera Causil