



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“FUNDAMENTOS Y APLICACIONES EN LA
INDUSTRIA DEL AUDIO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

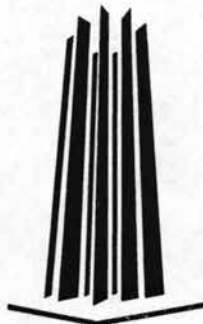
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

AREA : ELECTRICA - ELECTRÓNICA

P R E S E N T A :

JOSÉ LUIS MEDINA PERÉZ

ASESOR: ING. RAUL BARRÓN VERA



MÉXICO,

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 12 de febrero del año en curso, por la que se comunica que el alumno JOSE LUIS MEDINA PEREZ, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "FUNDAMENTOS Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DEL AUDIO", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 12 de febrero del 2004

EL SECRETARIO



LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/



A mi Madre:

Carmen Pérez Bolaños

Gracias por todo tu amor, confianza y todos tus esfuerzos,
por prepararme para enfrentar la vida
y por confiar siempre en mí...

A mi Padre:

José Luis Medina Avila

Gracias por escucharme, ser mi apoyo
incondicional y por regalarme la mejor
herencia que pudiera recibir....

Gracias por todo su cariño, consejos
y por ayudarme a realizar
este sueño....

A mis hermanos Maricela y José Antonio.

Gracias por alegrar mi vida...

A mis sobrinos Igmarr y Geraldine.

Gracias por el cariño y apoyo incondicional

A mi tía Ana Pérez Bolaños.

Gracias por ayudarme a alcanzar este logro
y darme el privilegio de contar contigo...

A Grisel Álvarez Martel.

A Erick Solano, Francisco López, Arturo Ramírez, Alfonso Matehuala,
Eugenia Isabel, Ricardo García, Lucía Sotelo, Sergio Rodríguez, Ignacio Barragán.

Gracias por darme la fortuna
de contar con su amistad.



A la Universidad Nacional Autónoma de México,
por darme el privilegio y orgullo de ser universitario.

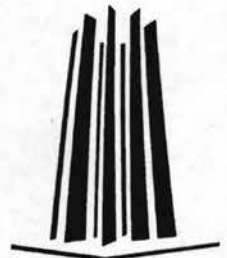
A mi asesor Ing. Raúl Barrón Vera,
porque sin su dedicación y
apoyo no hubiera sido posible la
realización de este trabajo.

Agradezco a mis sinodales

Ing. Eleazar Margarito Pineda Díaz
Ing. Adrián Paredes Romero
Ing. Javier Alain Morones Camacho
Ing. Julio Cesar Martínez Cruz

por sus valiosas indicaciones hechas para
la realización del presente trabajo.

A todos mis Maestros, por haberme transmitido
sus conocimientos y motivarme para seguir superándome.



INDICE

"FUNDAMENTOS Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DEL AUDIO"

INTRODUCCIÓN

JUSTIFICACIÓN

CAPITULO PRIMERO

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA OPERACIÓN DEL AUDIO

1.1	Antecedentes (Acústica)	1
1.2	Estructura y Fisiología del Oído Humano	1
1.2.1	Los Rangos del Oído Humano en Intensidad y Frecuencia	3
1.2.2	Interpretación de las Curvas de Fletcher-Munson	4
1.3	Sonido	5
1.3.1	Física del Sonido	6
1.3.2	Definición de una Onda	7
1.3.3	Características del Sonido	9
	a) Amplitud	9
	b) Frecuencia	10
	c) Longitud de Onda	11

d) Ancho de Banda	12
e) Fase	13
1.3.4 Reflexión, Refracción y Difracción del Sonido	14
1.4 Diferencia entre el Sonido y el Audio	16
a) Intensidad	16
b) Tono	17
c) Timbre	17
1.4.1 Respuesta en Frecuencia	17
1.4.2 Relación Señal a Ruido	18
1.4.3 Headroom	18
1.4.4 Rango Dinámico	18
1.5 El Audio Como Señal Compleja	19
1.5.1 Contenido Armónico	19
1.5.2 Medidores de Audio	20
a) VU	21
b) P.P.M.	21
c) Dorrrough	22
1.6 Los Micrófonos	22
1.6.1 Definición de un Transductor	22
1.6.2 Clasificación de los Micrófonos por su Construcción	23
1.6.3 Características de un Micrófono	25
a) Direccionalidad	25
b) Respuesta en Frecuencia	27
c) Sensibilidad	27
d) Impedancia	27

1.7	Tipos de Líneas en Audio y Niveles de Operación	28
1.7.1	Líneas Desbalanceadas	28
1.7.2	Líneas Balanceadas	29
1.8	Función de las Consolas de Audio	30
1.8.1	Característica de una Consola Mezcladora	30
1.8.2	Entradas de Micrófono y Entradas de Línea	31
1.8.3	Partes que Componen una Consola Mezcladora	31

CAPITULO SEGUNDO

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL AUDIO ESTÉREO

2.1	Estéreo	36
2.1.1	Percepción	36
2.1.2	Sonoridad	37
	a) Localización de Imagen	39
	b) Fuente Original de Sonido	39
	c) Fuente Grabada	39
2.1.3	Parámetros de Localización	39
	a) Angulo de Arribo	39
	b) Distancia	40
	1. Sonoridad	40
	2. Relación del Sonido Directo y Reflejado	40
	3. Atenuaciones en Altas Frecuencias.....	40
	4. Tiempo de Retrazo	41

2.1.4	Percepción de la Dirección	41
	a) Diferencias Interaurales de Intensidad	41
	b) Diferencias Interaurales de Tiempos de Arribo	42
	c) El Efecto del Pabellón del Oído Externo	43
2.1.5	Percepción del Espacio	43
	a) Sonido directo	44
	b) Reflexiones Tempranas o Inmediatas	44
	c) Reverberación	44
2.2	Monitoreo en la Mezcla Estéreo	45
2.2.1	Enfasamiento	47
2.2.2	Efecto Hass	48
2.2.3	Tipos de Monitores	49
	a) Monitoreo de Campo Lejano	49
	b) Monitoreo de Campo Cercano	50
2.2.4	Niveles de Monitoreo (dBspl)	51
2.2.5	Compatibilidad	52
2.3	Captura en Estéreo	53
2.3.1	Técnicas de Microfonía Estéreo	54
	a) Sistema A-B	54
	b) Sistema X-Y	55
	c) Sistema M-S	56

CAPITULO TERCERO

SISTEMA DE AUDIO DIGITAL

3.1	Sistemas Numéricos Binario y Hexadecimal	57
3.2	Valoración del Audio Digital	61
	a) Ventajas	61
	b) Desventajas	62
3.3	Construcción Típica de un Equipo Digital	62
3.4	Proceso de Digitalización del Audio	63
	3.4.1 Teorema de Nyquist	64
	3.4.2 Muestreo (sampling)	65
	3.4.3 Cuantización (quantizing)	66
	3.4.4 Relación Señal-Error	67
3.5	Proceso de Grabación	68
	3.5.1 Filtro Pasabajas	68
	3.5.2 Muestra y Retención (S/H)	69
	3.5.3 Conversión de audio Analógico a Digital	69
	3.5.4 Codificación	71
	3.5.5 Detección y Corrección de Errores	71
	3.5.6 Modulación	73
3.6	Proceso de Reproducción Digital	74
3.7	Transmisión Digital	75
	3.7.1 Finalidad de Transferencias de Audio Digital	76

3.7.2	Tipos de Formatos de Transmisión de Audio Digital (Protocolos)	77
a)	Protocolo AES/EBU	78
b)	Protocolo S/PDIF	80
c)	Protocolo MIDI	81

CAPITULO CUARTO

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

4.1	Grabadora Multitrack PCM - 800 de Sony	83
4.1.1	Fundamentos de Grabación en Cinta Magnética	84
4.1.2	Características de la Grabadora PCM - 800	88
a)	Reducción de Ruido(Block NR)	90
b)	Procesamiento Digital (Digital Processing Block)	91
c)	Reproducción y Grabación (REC/PB Block)	91
4.1.3	Sistema Servo	92
a)	Servo de Drum	93
b)	Servo de Reels	93
c)	Servo de Capstan	94
4.1.4	Sistema de Control (Syscon)	95
4.1.5	La Importancia de la Limpieza de VTR'S Profesionales	95
4.1.6	Recomendaciones para Mantener una Cinta en Buen Estado	96
4.1.7	Ventajas y Desventajas de Sistema	96
4.2	Pro Tools	97
4.2.1	Características Principales de Pro Tools	97
4.2.2	Sistema Básico de Pro Tools	97

4.2.3 Terminología	99
4.2.4 La Tarjeta DSP Farm	101
4.2.5 DAE (Digidesing Audio Engine)	103
4.2.6 Descripción de las Ventanas de Pro Tools	103
a) Ventana de Transporte	103
b) Ventana de Edición	104
c) Ventana de la Mezcladora	108
4.2.7 Plug-Ing	110
4.2.8 Ventajas y Desventajas	113
Conclusiones	114
Bibliografía	117
Glosario	119

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el audio ha tomado gran auge en nuestro país, desgraciadamente, la información con que se cuenta no basta para satisfacer las expectativas en el desarrollo de esta tecnología, con esta tesis pretendo colaborar con información que obtuve en libros, manuales y experiencia laboral; expongo temas importantes para la correcta manipulación de equipo de audio.

El capítulo uno explica los fundamentos de acústica, abarcando la fisiología del oído humano ya que es de suma importancia conocer cómo afecta psicoacústicamente el sonido a la percepción, siendo un sonido agradable ó desagradable para nuestro sentido. Dando a conocer la escala auditiva del oído humano referenciada al umbral de escucha y al umbral del dolor.

Siendo de gran importancia conocer las características del sonido para posteriormente con la ayuda de un transductor convertir dicho fenómeno físico en audio. Pues el sonido no puede ser manipulado, lo que no sucede con el audio, esta manipulación se logra con la ayuda de una mezcladora como la que se expone detalladamente en este capítulo.

Dando continuidad a los temas anteriores el capítulo dos expone la importancia de la captura del audio para imitar lo mejor posible al medio ambiente del sonido natural, para ello empleamos diversas técnicas de captura en estereo con la finalidad de semejar nuestro sistema auditivo. Otro punto importante es conocer los procesos a seguir para obtener un correcto monitoreo, esto dependerá de las características de la sala en la que se este trabajando.

En la actualidad la tendencia del audio es digital, por lo que en el capítulo tres se exponen sus características, como el sistema numérico y procesos que se utilizan para convertir una señal análoga en señal digital , facilitando su manipulación y transferencia sin pérdidas de calidad.

Por ultimo en el capítulo cuarto se hace una comparación entre el sistema PCM-800 y el sistema Pro Tools, explicando el funcionamiento y operación básica para posteriormente obtener ventajas y desventajas, ayudándonos a determinar el equipo adecuado a adquirir, dependiendo de las necesidades de la producción o post-producción que se este realizando.

JUSTIFICACIÓN

Este trabajo fue desarrollado debido al problema que enfrente cuando fui contratado por la empresa Intertrack S. A. de C. V., para desarrollar la línea de producción y post-producción de audio, desde la planeación del proyecto hasta la puesta en marcha de este. Por lo cual pude percatarme que no existe una amplia bibliografía en idioma español que muestre los fundamentos básicos para la comprensión de manuales y equipos de audio.

Cabe mencionar que la información que presento es una recopilación de libros manuales y practicas realizadas en laboratorio. Con el fin de obtener una documentación que sirva como fundamento para la fácil comprensión y manipulación del audio.

Dicha documentación fue utilizada para capacitar al personal de la empresa, ya que el conocimiento que presentaban no era suficiente para desarrollar y manipular equipo sofisticado y obtener un producto de excelente calidad.

Estos apuntes son fundamentos para la operación del audio relacionados completamente a la practica profesional ya que he mencionado técnicas de microfonía, sonoridad, Parámetros de localización, etcétera, que nos ayudan a simular lo mejor posible al sonido original, dando como resultado apuntes completos que servirán a ingenieros en electrónica, ingenieros en comunicación, licenciados en comunicación y técnicos.

Debido a mi experiencia en la reparación de equipo profesional de audio y video, comento brevemente el funcionamiento y cuidados que se deben emplear en equipos sofisticados como la grabadora PCM-800 y el software de Pro Tools.

CAPITULO PRIMERO

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA OPERACIÓN DEL AUDIO

1.1 Antecedentes (Acústica)

La acústica es la parte de la física que estudia las ondas sonoras, su producción, transmisión, recepción, análisis de sus componentes y efectos. Desde el punto de vista de los recintos es la parte de la física que estudia las cualidades que determinan conjuntamente el carácter de la misma con respecto a la percepción auditiva humana.

Se pueden considerar distintas áreas en función de las características particulares de las ondas sonoras:

Acústica Física: Estudia las leyes que gobierna la producción y desplazamiento a través de los medios así como las propiedades de estos.

Acústica Fisiológica: Estudia los órganos fonocaptadores (garganta y oídos), en cuanto a las características de los sonidos producidos, la fisiología de la percepción, las enfermedades y los elementos psicológicos que influyen en la recepción.

Acústica Arquitectónica: Estudia los recintos, tanto para su acondicionamiento acústico como el aislamiento sonoro de los mismos.

Acústica Industrial: Trata el ambiente industrial y los ruidos que éste provoca, considerando que el ruido producido no ha de sobrepasar de unas cantidades para proteger a los trabajadores de las agresiones del mismo.

Acústica Ambiental: Estudia el ruido del escenario exterior desde el punto de vista de la calidad ambiental promoviendo el control y la gestión del ruido.

1.2 Estructura y Fisiología del Oído Humano

“El oído es un órgano que lleva a cabo las funciones de audición y que desempeña ciertas actividades de equilibrio.

El oído humano se divide en tres partes:

Oído externo.- Lo forma básicamente el pabellón de la oreja y el conducto auditivo, actuando como amplificador por resonancia y es el encargado de guiar el sonido hacia el oído medio. (ver figura 1.1)

Oído medio.- Está formado por una membrana llamada tímpano y tres huesillos que reciben el nombre de: martillo, yunque y estribo. El tímpano divide al oído externo del oído medio y en una cavidad interior se encuentran los tres huesos cuya función es la de un amplificador mecánico que transmite el sonido al oído interno, pero también funcionan como un regulador de volumen para protección del oído.

Oído interno.- Está compuesto por la ventana oval, el caracol o cóclea, nervio auditivo y la trompa de Eustaquio. En esta fase se convierte la energía mecánica en impulsos nerviosos. La ventana oval va sujeta al estribo quien transmite las vibraciones mecánicas hacia el caracol o cóclea, quien en su interior está lleno de líquido y pequeñas vellosidades llamadas cilios, estos analizan las vibraciones recibidas y envía el resultado al cerebro a través del nervio auditivo (en forma de impulsos eléctricos)."¹

¹ MORRIS FISHBEIN, M. D. Enciclopedia Familiar de la Medicina y la Salud. Editorial H. S. Stuttman Co., New York, 1967, pp 534 – 538.

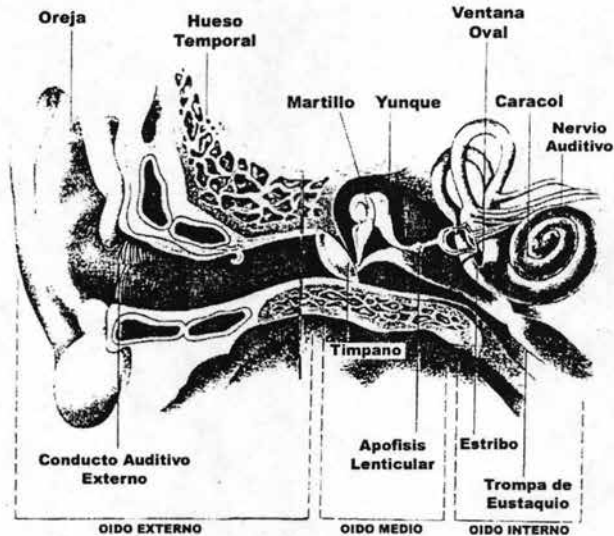


FIGURA 1.1 Esquema de la Fisiología Interna del Oído Humano

1.2.1 Los Rangos del Oído Humano en Intensidad y Frecuencia

El oído percibe ondas de presión sonora sólo a partir de un cierto nivel de presión, abajo del cual no se percibe sonido alguno. Esto significa que el punto donde hay cero audición, no necesariamente es un punto con cero presión sonora. Debido a ello fue necesario usar un sistema de unidades de nivel de presión sonora a partir del cual el oído comienza a escuchar, dando lugar a los decibeles de presión sonora (dBnps; en inglés dBspl sound pressure level). Por tanto el nivel donde comienza a escuchar el oído será llamado umbral de escucha que equivale a 0 dBspl y el máximo será llamado umbral de dolor correspondiente a 120 dBspl, más nivel provocaría al oído un daño irreversible. En la tabla 1.1 observamos los decibeles de acuerdo al fenómeno que lo genera.

SONIDO	NPS en dB
Impulsor de naves espaciales	180
Sirena de incursión aérea	140
Ametralladora	130
Taladro neumático y umbral de dolor	120
Trueno	110
Remachadora	100
Tráfico citadino	90
Música clásica fuerte	80
Interior de un automóvil en movimiento	70
Conversación	60
Oficina promedio	50
Ruido ambiental de un cine	40
Música de fondo	30
Estudio de grabación	20
Cámara anecoica	10
Umbral auditivo	0

TABLA 1.1 Escala Decibelica de Sonidos Relativos

“Mientras que el rango ó banda en frecuencia también llamada gama audible, será de los 20 hz. hasta los 20,000 hz. (20KHz) en teoría, porque realmente el oído puede captar aproximadamente desde los 30 hz. a los 17KHz en promedio.”²

Este rango se va recortando principalmente en la parte alta con la edad y si se agrega la exposición del oído a niveles altos de sonido por tiempos prolongados, se acelera dicho recorte en las altas frecuencias. Es claro que las personas que viven en el campo y que no están expuestas a todos los ruidos generados en las grandes ciudades, escucharán mejor que los que vivimos en una ciudad, porque estamos expuestos prolongadamente a ruidos de tráfico, fábricas, aviones, etcétera.

1.2.2 Interpretación de las Curvas de Fletcher-Munson

Fletcher y Munson dedujeron experimentalmente la relación que existe entre el nivel de presión sonora y la frecuencia, haciendo estudios en un gran número de

² MORRIS FISHBEIN, M. D. Enciclopedia Familiar de la Medicina y la Salud, Editorial H. S. Stuttman Co., New York, 1967, pp 539 – 540.

jóvenes de edades entre los 18 y 25 años, con niveles de audición normales. Las curvas obtenidas en dichos estudios indican que los sonidos perceptibles más débiles se producen en la zona de 4000 hz; tal como se aprecia en la figura 1.2

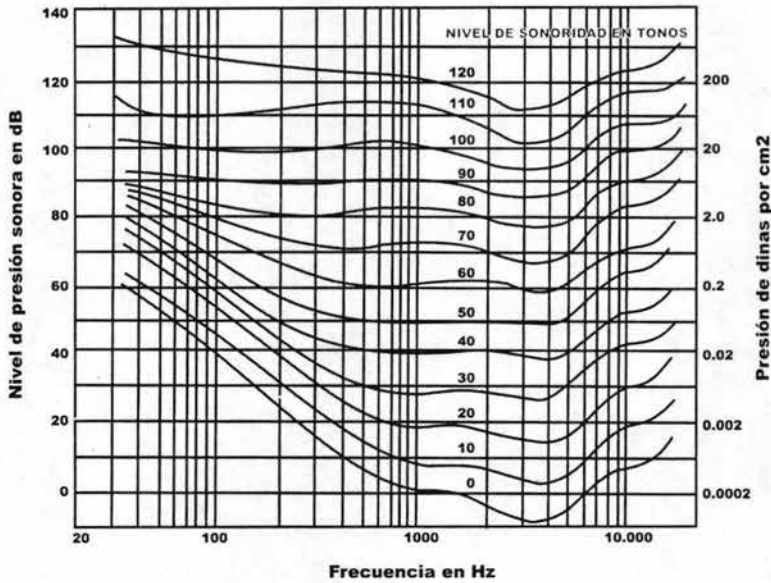


FIGURA 1.2 Curvas de Ponderación del Oído Humano

1.3 Sonido

Hay varias definiciones acerca del sonido en libros de física y acústica, pero todas ellas involucran términos muy sofisticados y difíciles de entender, por lo que en esta tesis, defino al sonido de manera muy sencilla, El sonido es todo lo que percibimos a través de nuestros oídos, no importa si es agradable ó desagradable.

El sonido es una perturbación mecánica en un medio elástico, la cual se propaga en forma de ondas que al llegar al oído son interpretadas por el cerebro; con esto se involucran los tres factores necesarios para que se dé el sonido y son:

1. Un "Emisor", que normalmente es un cuerpo en vibración.
2. Un "Medio elástico", que propagará la información acústica y comúnmente será el aire.
3. Un "Receptor", que será el oído.

De faltar alguno de éstos factores no puede decirse que hay sonido, ya que los tres son indispensables (vea la figura 1.3) y como se puede apreciar es una información en forma de presión de aire que logrará mover el tímpano del oído y así comienza la percepción sonora.

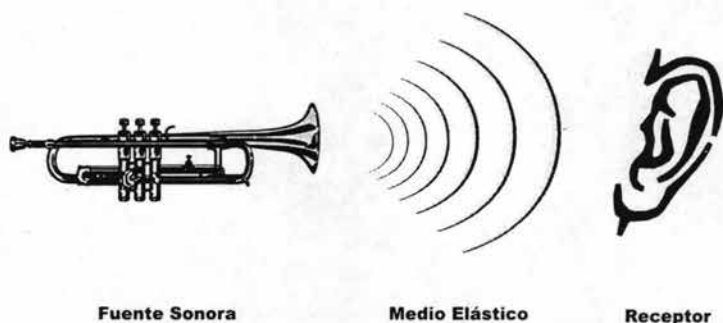


FIGURA 1.3 Factores que Intervienen en el Sonido

1.3.1 Física del Sonido

Imaginemos por un momento que nos encontramos frente a un estanque con agua en reposo total y lanzamos hacia el estanque una roca; ¿Qué es lo que sucede?. Podemos observar que al momento que la roca hace contacto con el agua, esta acción rompe con el estado de reposo del agua y la energía cinética que lleva la roca es transferida hacia el agua, la cual sirve como medio conductor para que esa energía sea transportada; y la forma en la que dicha energía viaja es por medio de las ondas que son generadas por el choque de la roca con el agua.

Del ejemplo anterior podemos entender que para que exista esa transferencia de energía se requiere:

- 1.- Una fuerza generadora de dicha energía
- 2.- Un medio capaz de transferir la energía
- 3.- Una interacción de ambas (la energía y el medio); es decir ondas.

1.3.2 Definición de una Onda

Cuando se produce una perturbación periódica en el aire, se originan ondas sonoras. Por ejemplo, si golpeamos un diapasón, las ramas del diapasón comienzan a vibrar, se emiten ondas, y el oído que actúa como receptor de estas ondas, las transmite al cerebro, el cual las interpreta como sonido.

Para ilustrar como es que son creadas las ondas de sonido analizare el comportamiento del cono de una bocina la cual esta conectada al sistema de amplificación de un equipo de audio. Cuando el cono se desplaza hacia delante, ejerce una presión a las moléculas del aire, comprimiendo el volumen del aire que se encuentra enfrente. Cuando el cono se desplaza hacia atrás, deja de comprimir el volumen de aire que se encuentra frente a el, generándose el fenómeno opuesto al de la compresión llamado rarefacción. Si este fenómeno se repite una y otra vez en el tiempo, estamos hablando de una perturbación periódica.

Utilizando el plano cartesiano representaré gráficamente dicho fenómeno. Donde el eje de las "X" represente el tiempo y el eje de las "Y" la cantidad de compresión y rarefacción, ver figura 1.4

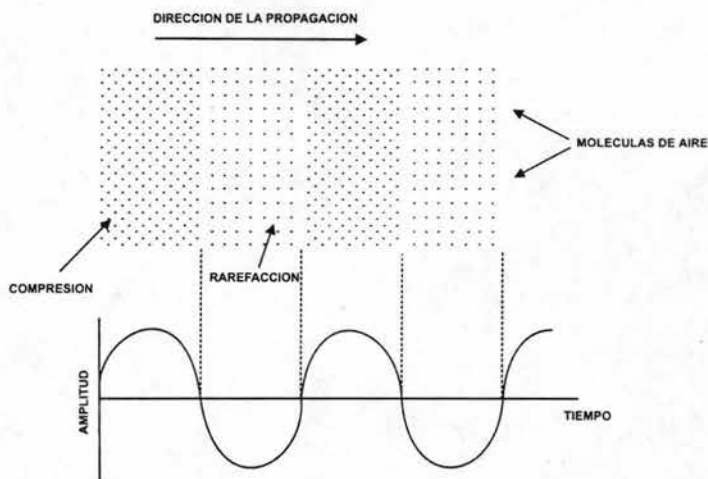


FIGURA 1.4 Proceso de Compresión y Rarefacción de las Moléculas de Aire

Antes de considerar una perturbación en la bocina, el medio circundante al cono (aire) está en estado de reposo y nuestro sistema se encuentra en estado de equilibrio. Esta condición estará representada gráficamente en el origen. Cuando se aplique una señal a la bocina (perturbación), el cono de la bocina se desplazará hacia delante, la compresión del aire aumentará en función de dicho desplazamiento y llegará a su nivel máximo cuando el cono de la bocina deje de desplazarse en la dirección inicial, como se muestra en la figura 1.5

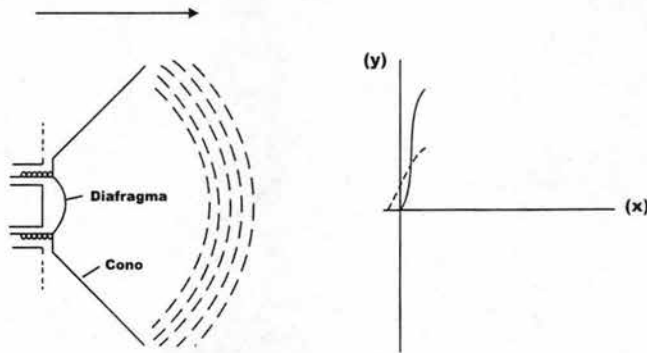


FIGURA 1.5 Compresión de Masa de Aire

En el momento en el que el cono comienza su desplazamiento en el sentido contrario (de regreso) la cantidad de compresión disminuirá e irá aumentando la cantidad de rarefacción la cual llegará a su nivel máximo cuando el cono de la bocina alcance su máximo desplazamiento en sentido contrario, mostrado en la figura 1.6

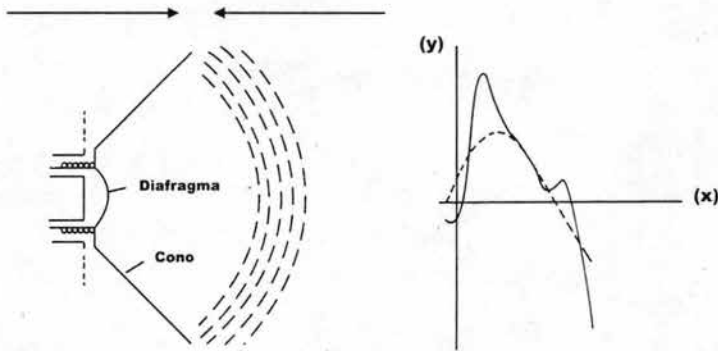


FIGURA 1.6 Transición de Estado de Compresión a Rarefacción

Una vez alcanzado el máximo desplazamiento en sentido contrario, el cono regresara a su estado inicial (de equilibrio) y cuando pase por ese punto se completara el ciclo de su movimiento (ver figura 1.7)

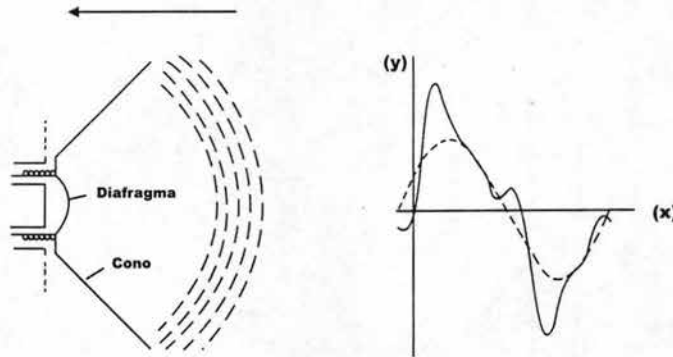


FIGURA 1.7 Rarefacción de Masa de Aire

Si observamos la grafica resultante, nos daremos cuenta que su forma corresponde a la representación de la función trigonométrica del seno, de ahí su nombre senoidal y con ella representamos las características que componen a una onda acústica.

1.3.3 Características del Sonido

a) Amplitud

En cualquier punto de la onda senoidal, la distancia vertical entre dicho punto y nuestro eje de referencia se llama NIVEL DE AMPLITUD de la onda; el punto mas alejado de la onda con respecto al eje de referencia se llamara NIVEL PICO DE LA AMPLITUD, si tomamos en cuenta el ciclo positivo de la onda. Tomando en cuenta ambos ciclos (positivo y negativo) nos referimos a esa amplitud como el VALOR PICO A PICO DE LA AMPLITUD, mostrado en la figura 1.8

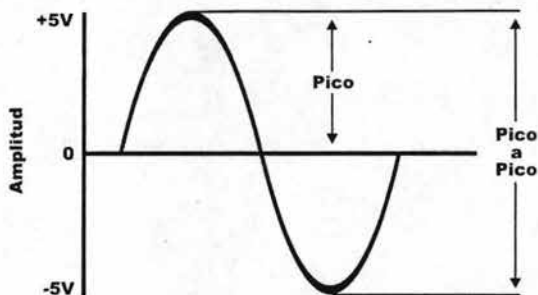


FIGURA 1.8 Onda Senoidal Mostrando el Pico Positivo y Pico Negativo

Retomando el ejemplo, entre mayor fuerza ejerza el cono de la bocina sobre el aire, ejercerá mayor compresión de moléculas del mismo y esto incrementará el nivel de pico a pico de la amplitud de la onda. A mayor nivel de amplitud más fuerte se escuchará el sonido. La Amplitud es en sí a lo que llamamos volumen y se mide en decibeles (dB).

El decibel es la relación entre dos cantidades tales como potencia y presión sonora.

b) Frecuencia

Cuando hablamos de una onda sonora, estamos hablando también de que se trata de una onda periódica, esto quiere decir que se repite varias veces. Cuando establecemos como nuestra referencia de tiempo 1 segundo, podemos definir entonces que la frecuencia es el número de repeticiones de la onda completa (ciclo) durante un intervalo de tiempo de 1 segundo. Entre más veces se repita el ciclo en un segundo, mayor será su frecuencia y a su vez, entre menos veces se repita el ciclo en un segundo, menor será su frecuencia (vea la figura 1.9), su unidad de medición es el HERTZ, el cual está referido por la siguiente fórmula:

$$1 \text{ Hz} = \frac{1 \text{ Ciclo}}{\text{Seg.}}$$

Así mismo, al recíproco de la frecuencia que es el tiempo que toma un ciclo se le da el nombre de Periodo (T).

$$T = \frac{1}{f}$$

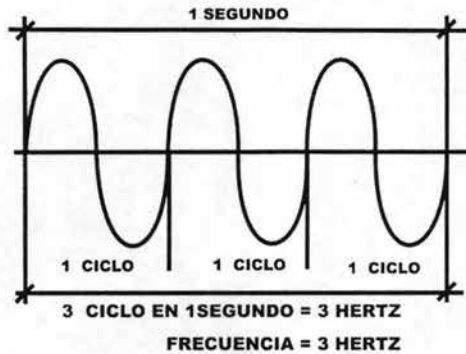


FIGURA 1.9 Muestra la Relación Ciclo-Frecuencia

c) Longitud de Onda

Podemos definir como LONGITUD DE ONDA a la distancia entre dos puntos consecutivos de máxima presión sonora o de máxima rarefacción (vea la figura 1.10). La longitud de onda se simboliza con la letra lambda (λ).

Es curioso observar que la longitud de onda de una frecuencia grave sea enorme y que la frecuencia aguda sea tan pequeña. Por ejemplo una onda de 20 KHz. tiene una longitud de onda de 0.7 pulgadas de largo, mientras que una de 20 hz. es aproximadamente de 56 pies. El oído humano tiene dificultad de escuchar una longitud de onda de este ultimo tamaño. La respuesta de frecuencia del oído humano idealmente es de 20 hz. a 20 KHz. obviamente si usted esta expuesto constantemente a niveles superiores a los 100 dBspl, su respuesta va ser menor de 20 KHz. mas o menos estará entre los 16 KHz. a 18 KHz.

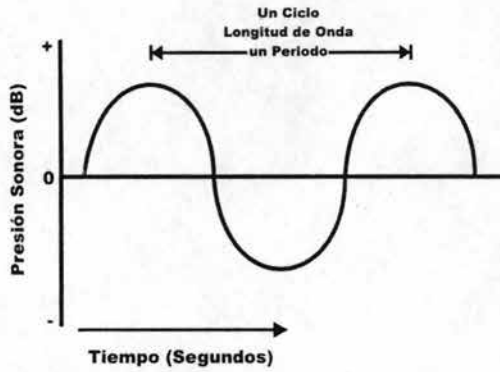


FIGURA 1.10 Muestra la Longitud de Onda de una Señal Senoidal

d) Ancho de Banda

Es el rango entre la frecuencia mas grave y más aguda en que puede operar un sistema. El ancho de banda "Q", indica qué frecuencias pueden pasar (pasa bandas) y cuáles no (supresor de bandas). La frecuencia cuya amplitud se desvanece 3 dB de su valor pasa banda es conocida como frecuencia de corte (F_c), mostrado en la siguiente figura 1.11

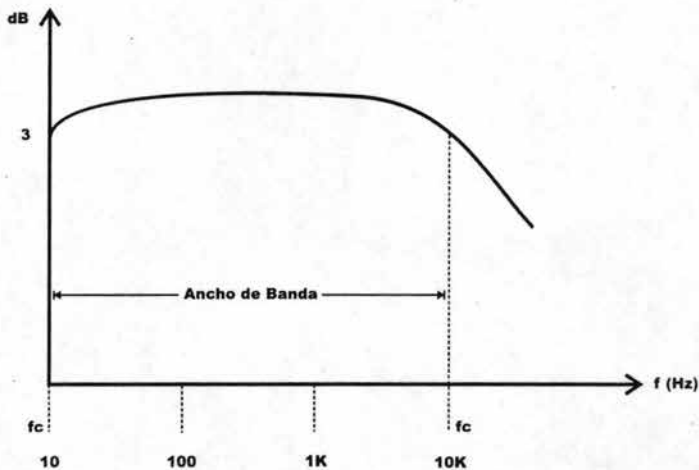


FIGURA 1.11 Ancho de Banda de una Señal Pequeña

e) Fase

Es la relación de tiempo entre dos o más sonidos (ondas) en un determinado punto de sus ciclos. La fase de un sonido se mide en grados (0° , 90° , 180° y 360°), como se muestra en la figura 1.12. Se dice que un sonido está en fase con otro cuando su relación en grados es la misma y su característica es que su amplitud se incrementa.

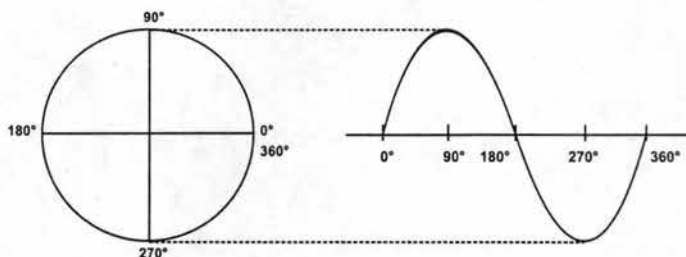


FIGURA 1.12 Relación de Grados en una Onda Senoidal

Por otro lado, cuando dos o más sonidos están fuera de fase quiere decir que su relación en grados es diferente y auditivamente decae la amplitud o sufre cancelación en algunas frecuencias, es decir baja el volumen (ver figura 1.13), o hay pérdidas por lo general, en el rango de altas frecuencias. Un ejemplo perfecto para demostrar este caso, es cuando se colocan varios micrófonos uno al lado de otro, pero si no se tiene cuidado en colocarlos a una determinada distancia pueden estar fuera de fase causando pérdida en la señal.

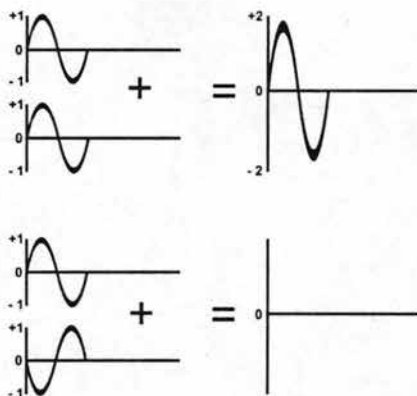


FIGURA 1.13 Cancelación de una Señal Desfasada

1.3.4. Reflexión, Refracción y Difracción del Sonido

Reflexión del Sonido

“Si la longitud de onda del sonido es pequeña en comparación con una superficie sólida en la cual choca, se lleva a cabo la reflexión”³, esto quiere decir que la onda de sonido sufre un cambio en la dirección de propagación como consecuencia del choque de la onda con la superficie en cuestión de donde, como la luz el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, ver figura 1.14.

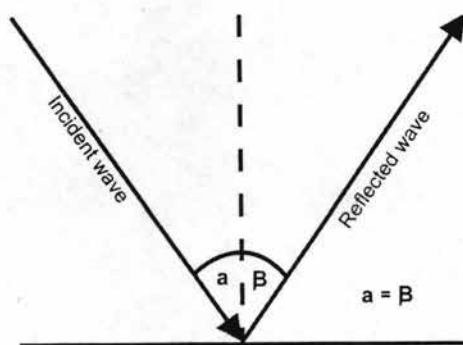


FIGURA 1.14 Reflexión del Sonido

Refracción del Sonido

Si una onda de sonido pasa de un medio a otro, no existiría refracción alguna siempre y cuando la velocidad del sonido sea la misma en ambos medios. Sin embargo, “si la onda de sonido pasa de un medio con una densidad determina a otro con otra densidad mayor, o menor, la dirección de propagación cambiará. A este fenómeno se le llama refracción”⁴ y se muestra en la figura 1.15.

³ ANTONI CARRION ISABERT, *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. Editorial Limusa, México, 1999, p 73.

⁴ ANTONI CARRION ISABERT, *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. Editorial Limusa, México, 1999, p 75.

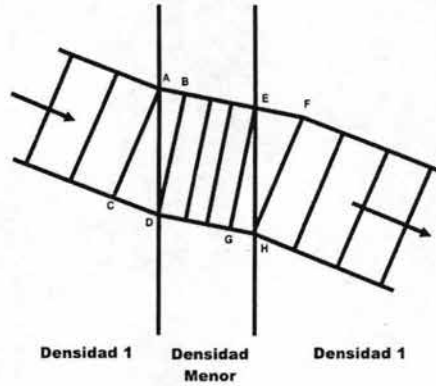


FIGURA 1.15 Fenómeno de Refracción

Difracción del Sonido

Cuando las ondas de sonido pasan por una abertura o por el borde de un obstáculo siempre se reflexionan un poco hacia la región que no está expuesta directamente a la fuente de sonido; por lo que podemos definir que "la difracción es la capacidad de las ondas de sonido para cambiar de dirección alrededor de los obstáculos que encuentren en su trayectoria"⁵, mostrado en la figura 1.16.

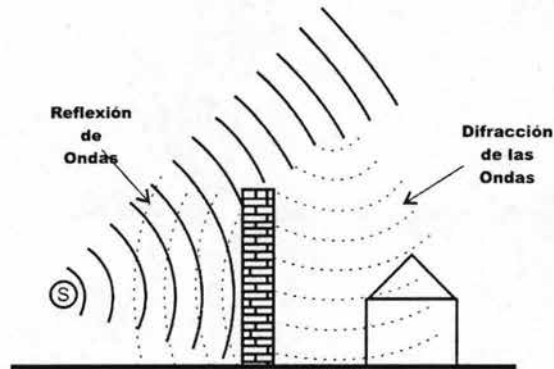


FIGURA 1.16 Comportamiento de las Ondas de Sonido

⁵ ANTONI CARRION ISABERT, *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. Editorial Limusa, México, 1999, p 76.

1.4 Diferencia entre el Sonido y El Audio

Como ya se definió anteriormente, el sonido es una perturbación mecánica en un medio elástico la cual genera ondas de presión que al ser captadas por nuestros oídos y enviada al cerebro, éste las interpreta como el fenómeno de la audición.

Cabe precisar, que es prácticamente imposible amplificar ondas de sonido (energía acústica), con esto me refiero a que no se puede sumar o manipular dicha energía. Sin embargo, la amplificación se puede realizar mediante la energía eléctrica.

Para poder cambiar la energía acústica en energía eléctrica necesitamos de un transductor, el cual mencionaré mas adelante.

Debemos conceptualizar al audio como una representación eléctrica del sonido, este comparte las mismas características (amplitud, frecuencia, fase, longitud de onda, ancho de banda) y se añaden otras que son de suma importancia ya que pueden influir en forma importante y que analizare a continuación.

a) Intensidad

Esta característica nos habla del volumen o nivel con que se escucha el sonido y se relaciona con la amplitud de la señal senoidal, es decir a mayor volumen mayor amplitud. Esta se mide con "el valor existente de cresta a valle en forma vertical de una onda senoidal" y sus unidades son los "decibeles (dB)", vea la figura 1.17.

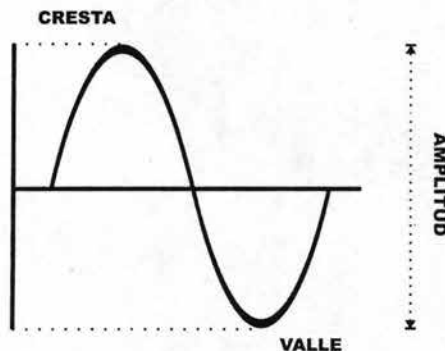


FIGURA 1.17 Onda Senoidal Mostrando Cresta y Valle

b) Tono

Esta característica indica la tonalidad del sonido, o sea que tan grave ó tan agudo se escucha y se relaciona con la "Frecuencia" de la señal senoidal, (como se mostró en el punto 1.3.3 en la parte referente a frecuencia); a menor frecuencia más grave, a mayor frecuencia más agudo. Se mide con "el número de ciclos que se forman en un segundo de tiempo", no importando que no sean exactos y sus unidades son los "Hertz (hz.)".

c) Timbre

Esta característica permite identificar quién produjo el sonido y se relaciona con la cantidad de "Frecuencias Armónicas" que produce la fuente sonora de manera natural. Estas se miden con "el número de frecuencias adicionales a la frecuencia fundamental" y será como la huella del sonido, porque aunque dos fuentes sonoras emitan la misma información, la cantidad de frecuencias emitidas así como sus amplitudes serán diferentes, un claro ejemplo es al interpretar una misma melodía con diferentes instrumentos musicales, estos tendrán el mismo tono pero diferente timbre, así podremos identificar si es una guitarra, un piano, un saxofón (ver figura 1.18).



FIGURA 1.18 Representación Gráfica de un Mismo Tono Melódico por Diferentes Instrumentos Musicales

1.4.1 Respuesta en Frecuencia

De la misma forma en que el oído humano tiene un rango de respuesta en frecuencia, los equipos que manipulan audio la tienen y está referida al mismo rango del oído humano, esto es que responden de 20hz a 20Khz. Y la condición es

que durante el barrido o verificación de dicha respuesta, el nivel (amplitud) de la señal de prueba a la que se somete el equipo permanezca constante, rango mostrado en la figura 1.19.

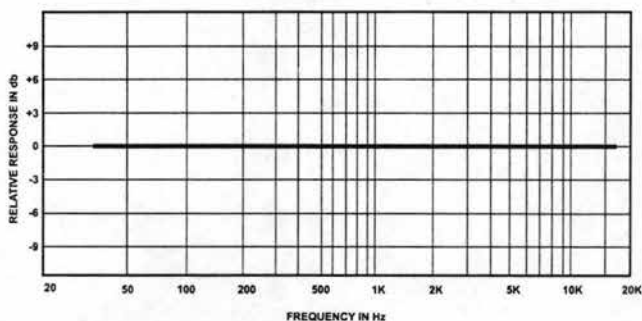


FIGURA 1.19 Respuesta en Frecuencia Plana

1.4.2 Relación Señal-Ruido

Es la relación que existe entre el nivel nominal del equipo (en equipos profesionales es de +4 dB) y el sistema mas bajo sin llegar al ruido de fondo o residual del mismo equipo.

Entendiendo como ruido residual al generado por el mismo equipo, como consecuencia del funcionamiento de sus componentes, diseño y construcción.

1.4.3 Headroom

Así como el oído humano tiene su umbral de dolor, que es el punto máximo al que puede trabajar en cuanto al nivel, también los equipos de audio tienen un punto máximo al cual pueden trabajar en cuanto al nivel antes de dañar la señal. A este punto se le llama Headroom el cual es un margen de trabajo (expresado en decibeles), entre el valor nominal de operación y el punto máximo de salida sin distorsión.

1.4.4 Rango Dinámico

De igual forma que el oído humano tiene su rango dinámico el cual abarca desde el umbral de audición hasta el de dolor, los equipos de audio lo tienen y abarca desde el nivel de ruido (relación señal-ruido) hasta el nivel máximo permisible antes de la distorsión (headroom).

Par ilustrar relación señal-ruido, headroom y rango dinámico, observe la siguiente figura.

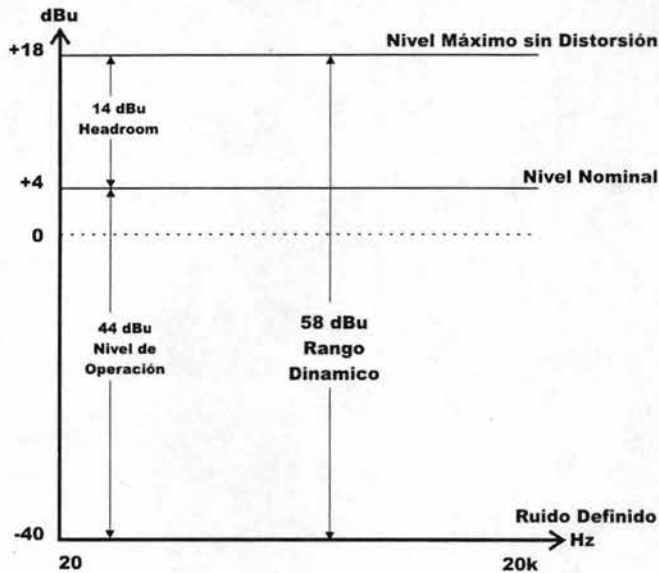


FIGURA 1.20 Relación del Rango Dinámico

1.5 El Audio como Señal Compleja

Hasta este punto he realizado un análisis tomando como señal de referencia a una señal senoidal, la cual es generada por una sola frecuencia lo que produce un tono puro. Los instrumentos musicales y toda fuente generadora de sonido en la naturaleza rara vez producen ondas senoidales puras. Si los instrumentos musicales produjeran una sola nota, sonarían igual y la música prácticamente no existiría.

1.5.1 Contenido Armónico

La característica del sonido y audio que nos permite diferenciar e identificar que está generando el sonido, es la presencia de un sin número de frecuencias que se desplazan conjuntamente con la frecuencia fundamental correspondiente y son múltiplos o submúltiplos de la frecuencia fundamental, las cuales son llamadas frecuencias armónicas.

Las ondas de sonido generadas por instrumentos musicales contienen armónicas en diversas relaciones con respecto a la amplitud y a la frecuencia fundamental.

Puede concluirse que las ondas de sonido no solo pueden ser simples ondas (onda senoidal), simétricas con respecto al eje de referencia, sino también pueden ser complejas como se muestra en la figura siguiente.

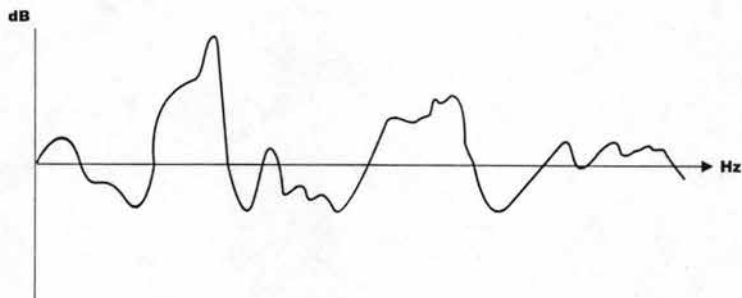


FIGURA 1.21 Señal Compleja

A pesar de la composición tan compleja de la onda de sonido, cuando ésta llega a nuestros oídos, específicamente al tímpano, el oído interno descompone la onda de sonido y la separa en sus componentes senoidales antes de transmitir el estímulo al cerebro. Las componentes armónicas son las que determinan la característica del sonido que el cerebro percibe.

Concluyendo, el contenido armónico presente y sus intensidades relativas determinan la característica sonora específica de cada fuente sonora.

1.5.2 Medidores de Audio

Debido a la naturaleza propia de la señal de audio, como señal compleja el valor R.M.S. de la señal no es de 0.707 debido a que la amplitud de la misma no es constante. El R.M.S. de una señal compleja, oscila desde un valor tan pequeño como 0.04 hasta un valor de 0.99. Para poder medir esta componente de la señal compleja es necesario auxiliarse de VU.

a) VU

Este instrumento de medición es el más conocido en el mercado ya que es el más barato. Cabe mencionar que su principal componente es un galvanómetro, que es una bobina móvil inmersa en un campo magnético, a la cual se le adhiere una aguja y esta deflexiona como consecuencia del movimiento mecánico de la bobina, la cual se mueve a consecuencia del paso de la corriente eléctrica que circula por ella y su interacción con el campo magnético. Debido a sus características de construcción las deflexiones de la aguja de dicho galvanómetro son lentas ya que solo responde al promedio de la señal de audio que estemos midiendo, es decir, que solo miden la parte de la componente del audio que nuestros oídos interpretan como intensidad de volumen; ver figura 1.22.

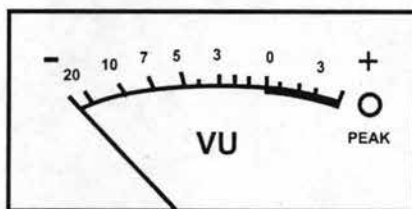


FIGURA 1.22 Carátula de un Medidor VU

b) P.P.M.

Este medidor de igual forma que el VU está compuesto de un galvanómetro pero debido a su diseño únicamente marca los picos de la señal.

A este instrumento de medición se le llama Medidor de Picos Promedio (P.P.M.). La desventaja de este instrumento estriba en que mientras mantiene la lectura del pico en pausa (Holding) no es posible medir lo que ocurre en la señal de audio durante el tiempo de decaimiento de la señal (vea figura 1.23).

Como ya sabemos, el audio requiere de una atención y un cuidado específico en el control de niveles, esto se hace con la finalidad de aprovechar en su totalidad el rango dinámico disponible desde el mínimo audible por grabación hasta el máximo disponible sin sobrepasar los límites.

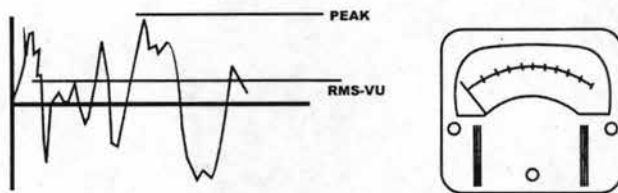


FIGURA 1.23 Relación Valor Pico-Valor Promedio

c) Dorrrough

“El Dorrrough es un instrumento de medición con un formato de fácil lectura que nos permite tener el control más preciso sobre la señal de audio que estemos operando. El Dorrrough integra en un mismo equipo y despliega en una misma escala dos tipos de balística (velocidad de respuesta) mostrándonos la relación que existe entre el nivel promedio de la señal y el nivel de pico de la misma, desplegándolas al mismo tiempo en la misma escala de lectura que esta graduada en dB⁶. Concluyendo este medidor nos dará la información completa de una señal de audio.

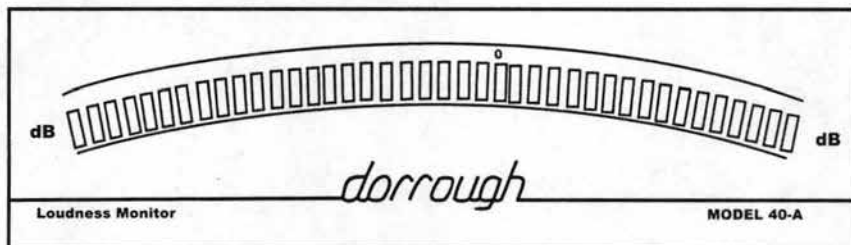


FIGURA 1.24 Carátula de Medidor Dorrrough

1.6 Los Micrófonos

El micrófono es un dispositivo con el cual se realiza la captura del sonido, éste tiene varias características que se verán en los siguientes puntos.

1.6.1 Definición de un Transductor

Un transductor “es un elemento ó dispositivo capaz de convertir una forma de energía en otra diferente”, sin alterar la información en el caso que la lleve. Por

⁶ DORROUGH ELECTRONICS. Manual Dorrrough Modelo 40-B2. Woodland Hills CA, 1998, p 5.

ejemplo, un foco es un transductor porque cambia la energía eléctrica en energía luminosa y en ocasiones calorífica también. En audio existen varios transductores, pero uno de los principales y el primero dentro de cualquier cadena de audio es el "Micrófono", éste convierte las ondas de presión sonora (captada por su pastilla ó diafragma) en impulsos eléctricos (disponibles en las terminales de su conector) manteniendo la misma información. En otras palabras, el micrófono convierte el sonido en audio, mostrado en la figura 1.25.

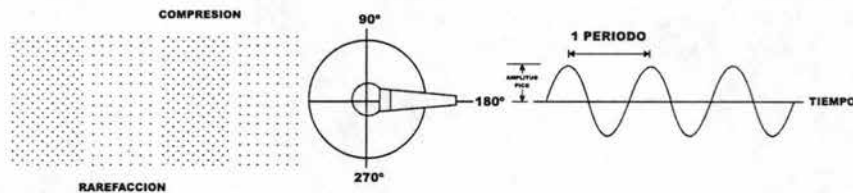


FIGURA 1.25 Micrófono Convierte el Sonido en Audio

1.6.2 Clasificación de los Micrófonos por su Construcción

Los micrófonos por su construcción se dividen en dos principales grupos: los dinámicos y los de condensador; aunque existen otros tipos como los micrófonos de cristal, de carbón, etc., pero estos son usados principalmente en sistemas de comunicación ó son de interés histórico únicamente.

Los micrófonos dinámicos (dynamic microphone) más usados en la actualidad son los llamados de bobina móvil, que funcionan basándose en el principio físico del magnetismo, donde involucra un campo magnético proporcionado por un imán y una bobina inmersa en dicho campo magnético, lo que provoca una inducción de corriente eléctrica en la bobina en cuanto ésta tenga movimiento; la corriente eléctrica inducida será en la misma proporción que el movimiento sufrido por la bobina. Si la bobina se une a un diafragma que se mueva con la presión del aire, éste movimiento se traducirá en corriente eléctrica. Estos se caracterizan porque no necesitan de una alimentación ó voltaje externo para funcionar, basta con conectarlos a un preamplificador y se logrará la captación de un sonido, mostrado en la figura 1.26.

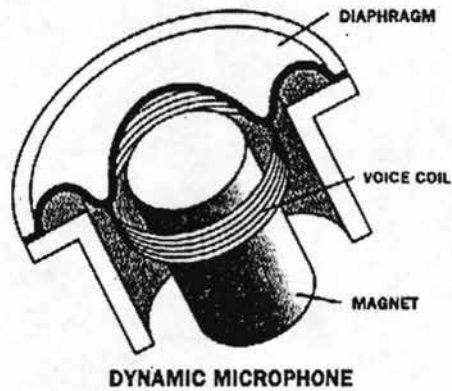


FIGURA 1.26 Estructura Básica de un Micrófono Dinámico

Por otro lado, los micrófonos de condensador (condenser microphone), llamados así, porque su funcionamiento está basado en un condensador electrónico. Se componen por dos placas separadas por un dieléctrico que en este caso es el aire (ver figura 1.27), al ser desplazadas las placas por la presión sonora nos proporcionarían corriente eléctrica. Estos necesitan de un voltaje para operar, ya sea interno a través de una pila ó por medio de una fuente de alimentación externa (llamada fuente fantasma ó phantom). Cuando se aplica éste voltaje a través de una consola mezcladora, normalmente será de 48 Volts.

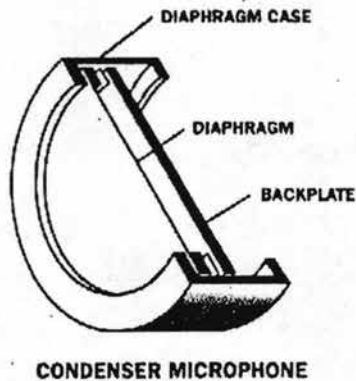


FIGURA 1.27 Estructura Básica de un Micrófono de Condensador

1.6.3 Características de un Micrófono

a) Direccionalidad

Es la forma de captación que tiene la pastilla ó cápsula de un micrófono dentro del espacio donde se encuentra, es decir el nivel eléctrico a su salida dependiendo de la dirección del sonido y generalmente es representada por el fabricante en una gráfica de coordenadas polares (Amplitud vs. Área de 360°) llamado "Patrón Polar"; Observando el patrón polar de un micrófono, se tiene una clara idea de las características de directividad del mismo y así puede determinarse su posición más adecuada.

Podemos encerrar en tres grupos a "los micrófonos por su patrón polar: los Unidireccionales (patrones Cardioide, Supercardioide e Hiper cardioide); los Bidireccionales y los Omnidireccionales"⁷ (ver figura 1.28).

⁷ NEUMANN. Neumann Field Guide. Old Lyme, 2001, pp 5, 33, 37.

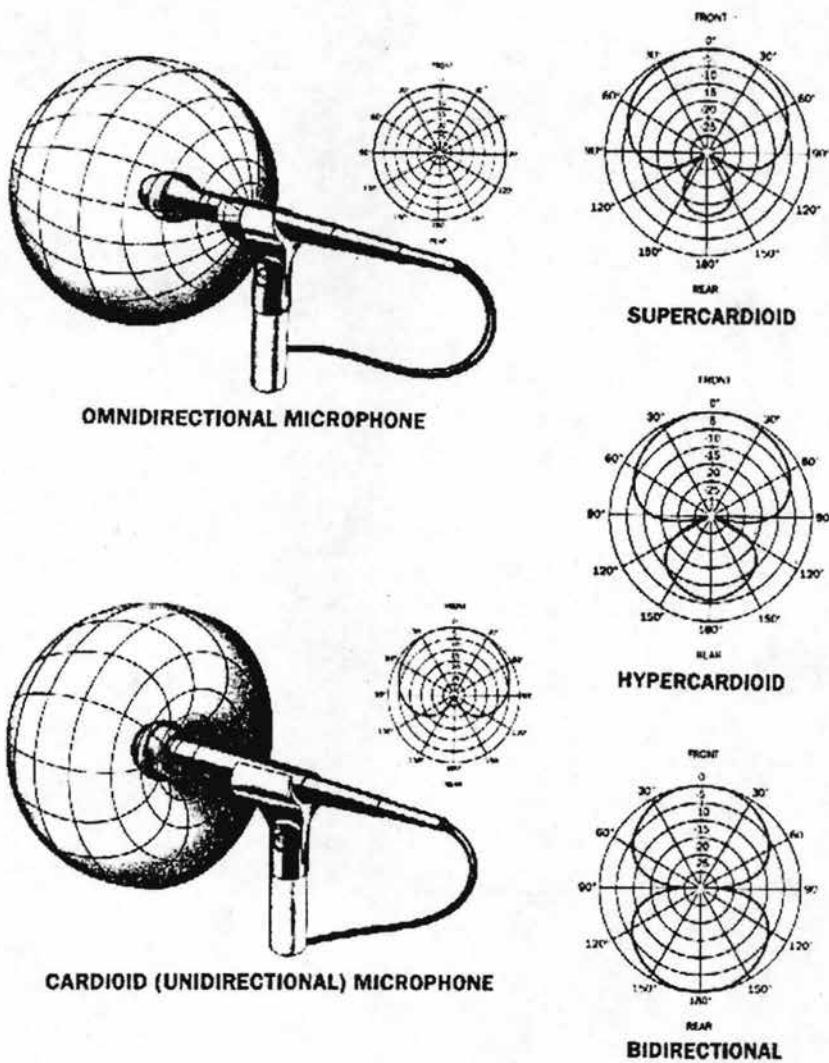


FIGURA 1.28 Patrones Polares de los Micrófonos

b) Respuesta en Frecuencia

Es la forma en que modifican las amplitudes del rango audible en frecuencia de 20 hz. a 20 KHz., En otras palabras, está definida como el rango de sonido que puede reproducir el micrófono, desde la frecuencia más baja hasta la más alta, mostrado en la figura 1.29. Los dos tipos generales de respuesta en frecuencia son: la respuesta "Plana" (Flat) y la respuesta "Arreglada" (Shaped). Estos términos se refieren a la representación gráfica de su respuesta en frecuencia ó "Curva de respuesta".

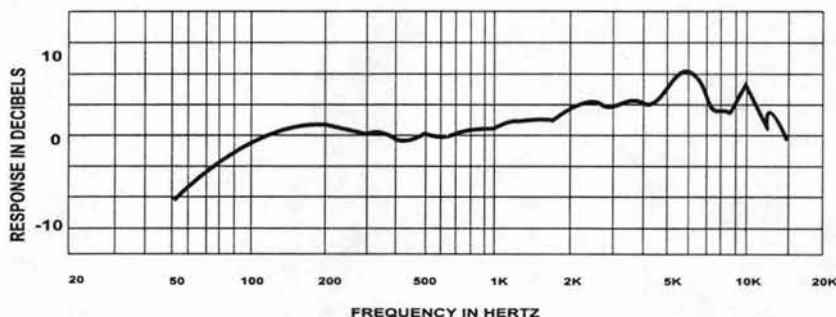


FIGURA 1.29 Respuesta en Frecuencia Shaped de un Micrófono Neumann Modelo RSM 191

c) Sensibilidad

La sensibilidad de un micrófono es definida como su nivel de salida eléctrica para un cierto nivel de sonido a su entrada. Es decir, qué nivel de presión sonora requiere el diafragma para comenzar a vibrar; en general los micrófonos de condensador tienen una sensibilidad más alta que los micrófonos dinámicos de comparable calidad.

d) Impedancia

Es la resistencia eléctrica de salida de un micrófono: de 150 a 600 ohms, es considerada "Baja impedancia" (low impedance) y de 10,000 ohms ó más es considerada "Alta impedancia" (High impedance). Mientras que la mayoría de los micrófonos caen dentro de una de estas dos divisiones, hay algunos que tienen seleccionable la impedancia a través de un interruptor.

La máxima longitud de cable que podrá usarse con los micrófonos de alta impedancia será de 6 metros, porque arriba de ésta longitud la respuesta en

frecuencia del micrófono se verá disminuida progresivamente. Los micrófonos de baja impedancia por otro lado, pueden ser usados con longitudes de cable hasta de 300 metros o más sin pérdida de calidad, por lo que son preferidos en la mayoría de las aplicaciones.

1.7 Tipos de Líneas en Audio y Niveles de Operación

Existen dos tipos de interconexión entre los equipos de audio: Las líneas Desbalanceadas (Unbalance) y las líneas Balanceadas (Balance).

1.7.1 Líneas Desbalanceadas

“Las líneas desbalanceadas ocupan dos hilos ó conductores para transportar la señal eléctrica y se denominan:

- Más vivo, positivo ó Vivo (Hot)
- Tierra, Malla ó masa (Shield)

La señal viajará por el positivo en fase y los conectores más comunes son: RCA y el plug monoaural”⁸, mostrado en la figura 1.30.

⁸ TEAC PROFESIONAL DIVISIÓN. Operation/Maintenance Mix Console M-3500. L.A. 1990, p 14.

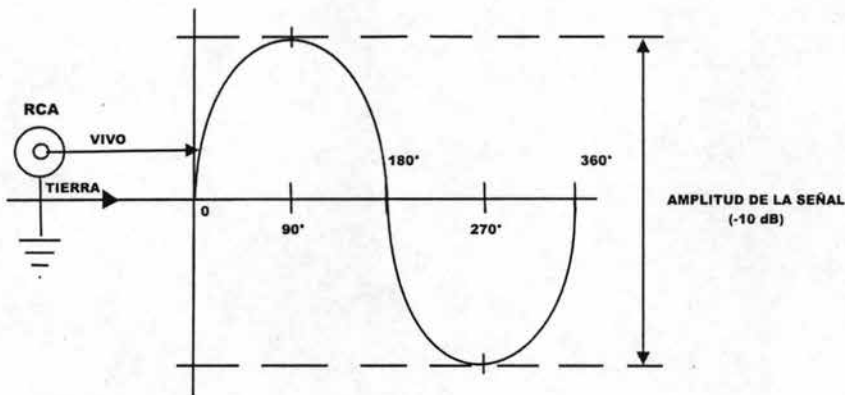
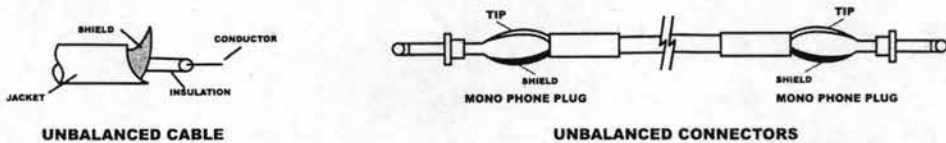


FIGURA 1.30 Topología de Línea Desbalanceada

1.7.2 Líneas Balanceadas

“Las líneas balanceadas necesitan tres hilos ó conductores para llevar las señales eléctricas y se les denominan:

- Más vivo, positivo ó Vivo (Hot).
- Menos vivo, negativo ó Neutro (Cold).
- Tierra, Malla ó masa (Shield).

La señal viajará tanto por el más vivo como por el menos vivo, pero en éste último la señal estará 180° fuera de fase ó polaridad inversa, para lograr la inmunidad al ruido inducido a lo largo de la línea y es la principal ventaja contra la línea desbalanceada. Los conectores más usados para este tipo de líneas son: el canon XLR-3 y el plug estéreo”⁹ (ver figura 1.31).

⁹ TEAC PROFESIONAL DIVISIÓN. Operation/Maintenance Mix Console M-3500. L.A. 1990, p 15.

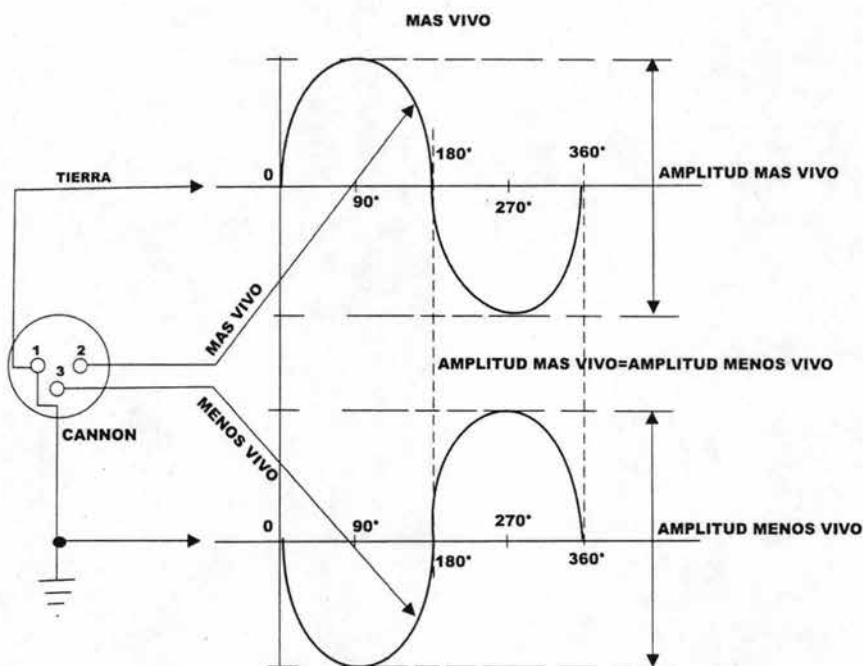
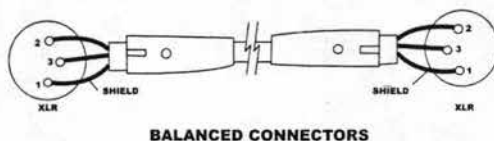
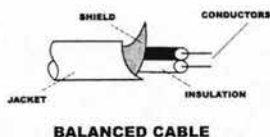


FIGURA 1.31 Topología de Línea Balanceada

1.8 Función de las Consolas de Audio

Una consola de audio ó también llamada "mezcladora de audio", tiene como función principal la de mezclar ó sumar dos o más señales eléctricas en lo que respecta a sus amplitudes, controlando independientemente el volumen ó nivel de cada señal que se desea sumar, así como el de la mezcla total, para modificar cada fuente de audio dependiendo de las necesidades.

1.8.1 Características de una Consola Mezcladora

De acuerdo a lo anterior, una consola podrá mezclar tantas fuentes de audio, como el número de señales de entrada que se le puedan conectar y manipular

simultáneamente; es a lo que se denomina “módulos de entrada”. Por otro lado, se podrán realizar tantas mezclas diferentes, dependiendo de “el número de salidas” con que cuente dicha consola. Es decir, las dos principales características de una consola son: el número de módulos de entrada y el número de salidas.

Como parte complementaria, algunas consolas cuentan con salidas y entradas secundarias que reciben el nombre de: “salidas Auxiliares” (Send ó Aux.) y “entradas de Retorno” (Return), ellas nos servirán para ampliar el número de mezclas y la cantidad de fuentes a mezclar ó procesar de manera externa.

1.8.2 Entradas de Micrófono y Entradas de Línea

Las señales que se conectan en los módulos de entrada de una consola mezcladora, se dividen en dos grupos, de acuerdo al valor de su amplitud: las señales con “nivel micrófono” y las señales con “nivel línea”.

a) Nivel Micrófono

Llamado también “Bajo nivel” (low level), son aquellos equipos que entregan ó aceptan niveles de amplitud desde -70 dBu hasta -30 dBu. Básicamente serán los niveles entregados por los micrófonos, tanto dinámicos como de condensador de aquí su nombre.

b) Nivel Línea

Llamado también “Alto nivel” o High level, son aquellos equipos que entregan o aceptan niveles de amplitud, del orden de -20 dBu hasta +24 dBu. Son los que manejan equipos como: consolas mezcladoras, ecualizadores, reproductores, grabadoras, procesadores, distribuidores, etc. Equipos que de alguna forma manejan la señal de audio amplificada.

1.8.3 Partes que Componen una Consola Mezcladora

“A continuación se explican los diferentes componentes con que cuenta una consola de audio profesional, de acuerdo a como fluye la señal eléctrica dentro de ésta y se notará que la disposición de los controles están acomodados de arriba hacia abajo en este mismo criterio (ver figura 1.32).

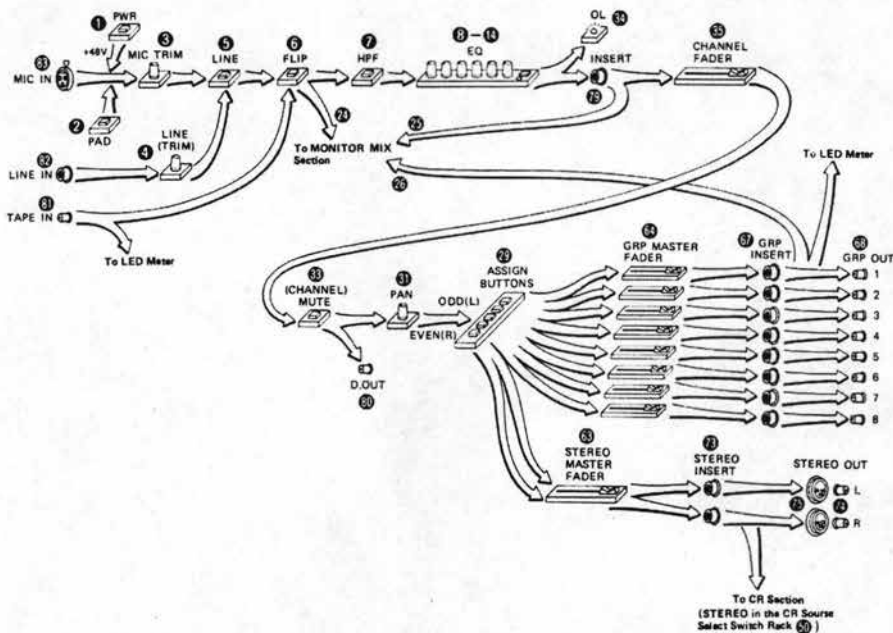


FIGURA 1.32 Direccionamiento del Mixer Tascam Modelo M-3500

Se cuenta básicamente con tres tipos de módulos: de Entrada, Master y Monitoreo¹⁰.

1. El Módulo de Entrada Contendrá las Sigüientes Etapas:

Etapa de entrada.- contiene los selectores que permitirán elegir la señal de entrada que se manipulará, así como los controles de ganancia de los preamplificadores de audio.

Ecualizador.- permite variar la tonalidad de la señal, ya que se controlan las amplitudes de bandas específicas en frecuencia.

Auxiliares.- son salidas secundarias que normalmente se ocupan para mandar la señal parcialmente a un procesador externo y darle un proceso que no tiene la consola. Existen dos formas de mandar la señal por éstas salidas: el modo "Pre-

¹⁰ TEAC PROFESIONAL DIVISIÓN. *Operation/Maintenance Mix Console M-3500*. L.A. 1990, pp 8 – 13.

fader" (la señal se toma antes de pasar por el fader del módulo) ó el modo "Post-fader" (la señal se toma después de pasar por el fader del módulo).

Asignación de salidas.- ésta etapa nos enrutará la señal a las salidas principales y ello permite ir mezclando las señales que el operador designe.

Paneo.- llamado también "panorama", éste control en conjunto con los botones de asignación de salida, permitirán enrutar la señal a una salida específica o a una combinación de dos ó más salidas. También permite dar la ubicación de una fuente sonora dentro de la señal estereofónica.

El Fader.- es el que permite controlar la amplitud de la señal que ha entrado a la consola y modificar así los niveles independientes de la mezcla de señales. Normalmente será un potenciómetro deslizable.

Inserts.- es una vía para sacar la señal de la consola y regresarla por la misma, es decir una salida auxiliar y retorno juntas. Puede tomarse la señal de diferentes puntos.

Medidores.- permite ver la dinámica de la señal y los niveles de amplitud que está procesando la consola.

PLF.- (Pre Fader Listening), botón que permite escuchar la señal individualmente en las bocinas directamente después de la etapa de entrada.

2. El Módulo Master Contendrá las Sigüientes Etapas:

Controles maestros de las salidas.- (Masters), controlan la amplitud final de las señales que fueron asignadas por determinada salida para formar una mezcla y controlar así la ganancia total de la misma.

Controles maestros de las salidas auxiliares.- (master aux. ó master sends), controlan la amplitud final de las señales que fueron asignadas por determinada salida secundaria y que será procesada fuera de la consola.

Retornos.- son entradas secundarias donde llegarán aquellas señales que salieron de la consola a través de los auxiliares, para ser procesadas externamente y poder asignarse a las salidas principales.

3. El Monitoreo Contendrá las Siguietes Etapas:

Control de volumen del monitoreo audible.- controlará la señal que es mandada al amplificador del monitoreo de audio.

Control de volumen de la salida de audífonos.- controlará la señal que quiere monitorear sé a través de los audífonos.

El Oscilador.- generador de tonos (generalmente calibrado a una frecuencia de 1000 hz.) que crea la señal de ajuste como norma de calibración. Algunas veces se podrá variar la frecuencia de éste.

La figura 1.33 muestra el modulo principal de una consola.

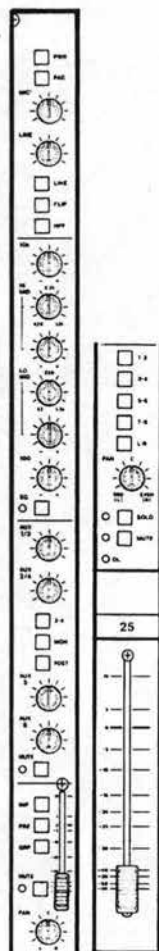


FIGURA 1.33 Modulo Principal del Mixer Tascam Modelo M-3500

CAPITULO SEGUNDO

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL AUDIO ESTÉREO

2.1 Estéreo

El origen de la palabra estéreo es griego y significa sólido o volumen, es decir que se persigue crear la ilusión de dimensión acústica para el escucha lo más cercano a lo real o natural de cómo el sonido se manifiesta.

Sin embargo, la aplicación subjetiva del concepto estéreo ha evolucionado desde su creación y una muestra de ello lo podemos apreciar en las primeras grabaciones realizadas, el ejemplo más claro se encuentra en las primeras producciones de los BEATLES donde podemos notar que los arreglos de voces se encuentran ubicados en un canal de reproducción y los instrumentos en el otro. En ese entonces ese era el concepto subjetivo del estéreo que se manejaba.

Con el desarrollo de la tecnología aplicada al audio, fue posible el desarrollo creativo de las producciones musicales, lo cual trajo como consecuencia un cambio en el concepto subjetivo del estéreo y ahora en nuestros días lo que se persigue lograr es un proceso de grabación-mezcla-masterización en estéreo, es una dimensión y entorno acústico lo más cercano a lo natural, es decir que con el estéreo buscamos recrear artificialmente las formas en las cuales se manifiesta el sonido para poder ubicar al escucha en un entorno acústico determinado, de tal forma que sienta que frente a él se encuentran las fuentes sonoras físicamente.

Para lograr tal fin se aplican todas las características anteriormente descritas las cuales están íntimamente ligadas desde el fenómeno físico del sonido, su relación fisiológica con el oído y la interpretación que de ello realiza el cerebro. Todo esto lo debemos de tener presente en el audio estéreo.

2.1.1 Percepción

Toda la información que describe de alguna manera nuestro entorno llega a nosotros gracias a nuestros sentidos, la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído, o la escucha, Cada uno de nuestros órganos sensoriales responde a un tipo particular de estímulo dentro de un rango limitado de la misma energía que lo estimula. Nuestros ojos, por ejemplo, responden al estímulo generado por las ondas

electromagnéticas que inciden en ellos, pero solamente dentro de un rango de frecuencias muy pequeño si lo comparamos con el espectro electromagnético total conocido que nos rodea.

La percepción no solo se refiere a la forma en la cual son estimulados nuestros órganos sensitivos, también abarca la codificación, transmisión y el procesamiento de esta información por nuestro sistema nervioso. Para entender como es que se da este procedimiento intervienen investigadores de diversas disciplinas como físicos, fisiólogos, psicólogos, ingenieros, matemáticos; donde gracias a los estudios realizados por ellos se determinó que muchas de las habilidades perceptivas son innatas en el ser humano y otras son desarrolladas a través de la experiencia y de la práctica.

“En términos generales el estudio de la relación entre el estímulo y la sensación subjetiva que produce es la base de la PSICOFÍSICA. Cuando hacemos referencia al estudio de las sensaciones complejas que experimenta el ser humano al encontrarse en un campo sonoro se le llama PSICOACÚSTICA.”¹¹

2.1.2 Sonoridad

Como recordaremos, el umbral de audición es el punto en el cual nuestro oído comienza a ser excitado, reflejando en el cerebro el fenómeno de la audición. En 1933 Fletcher y Munson realizaron una serie de pruebas en las cuales demostraron que el umbral de audición está en función de la frecuencia que se esté escuchando. Las pruebas demostraron que el oído es sumamente sensible a las variaciones de nivel que se encuentren cerca de la frecuencia de 4KHz, pero se hará progresivamente menos sensible conforme se vaya reduciendo la frecuencia. En un grado mayor también baja la sensibilidad del oído conforme aumenta la frecuencia por arriba de 4KHz. Esto está representado por las curvas de Fletcher y Munson que se muestran en la siguiente figura.

¹¹ ANTONI CARRION ISABERT, Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. Editorial Limusa, México, 1999, p 10.

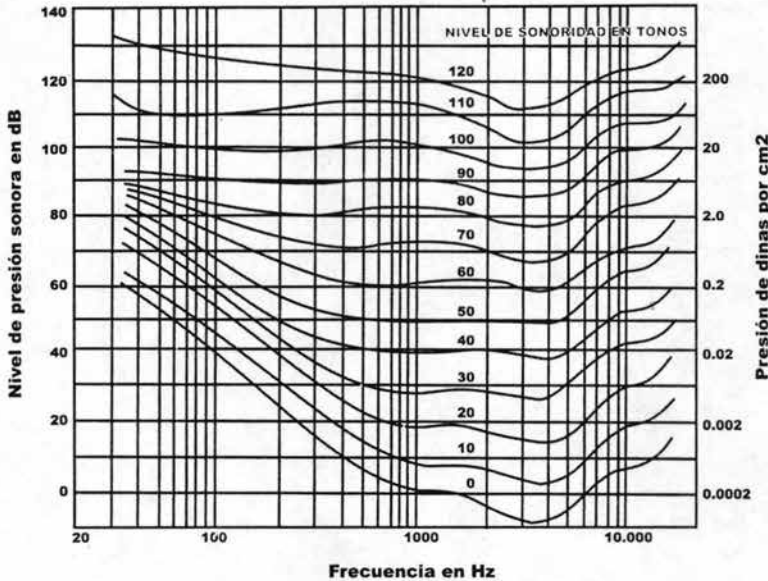


FIGURA 2.1 Curvas de Ponderación del Oído Humano

Estas curvas nos presentan la variación requerida en nivel para que nos dé la sensación de que percibimos todos los tonos de prueba a un mismo nivel de sonoridad.

La consecuencia práctica de este fenómeno es que si monitoreamos a un nivel muy alto mientras hacemos nuestra mezcla, nos quedará como resultado una mezcla con poca respuesta en bajas frecuencias al reproducirla a un nivel moderado de monitoreo, y al contrario, si monitoreamos a un nivel bajo mientras hacemos nuestra mezcla, nos quedará el material final con poca respuesta en medias y altas frecuencias y con un incremento notable en bajas frecuencias al ser monitoreada a un nivel adecuado.

Una vez comprendido lo anterior podemos concluir, que si monitoreamos con un nivel "razonable" mientras hacemos nuestra mezcla podremos estar seguros de que se escuchará mejor al ser reproducido tanto a un nivel moderado de monitoreo como a un nivel muy alto del mismo.

Antes de continuar es importante comprender los siguiente términos:

a) Localización de Imagen

El término localización de imagen se refiere al punto donde, de acuerdo a nuestra percepción, se encuentra la fuente sonora y dicha fuente estará siempre en función de la posición que tenga el escucha.

b) Fuente Original de Sonido

Está referido a todo sonido no grabado que viaja por el aire y que de forma directa llega hasta el escucha.

c) Fuente Grabada

Está referido a todo sonido grabado previamente y reproducido posteriormente usando para ello una o dos bocinas (monitoreo).

2.1.3 Parámetros de Localización

Tomando como punto de referencia la posición del escucha, la localización de una fuente de sonido puede ser determinada por dos parámetros básicos, distancia y ángulo de arribo. Para éste análisis supondremos que todos los sonidos arriban a la altura de los oídos discriminando momentáneamente el concepto de altura.

Aunque cierta cantidad de información requerida para ubicar una fuente sonora es constantemente perdida durante el proceso de grabación, es posible restaurar esas perdidas haciendo uso de modernos equipos desarrollados con tecnología de punta con el objetivo de proporcionar las herramientas básicas para que, una vez comprendidas, realicemos de mejor manera la restauración. Esto significa que los controles de paneo (panning) no son siempre la última palabra para determinar de donde viene el sonido.

a) Angulo de Arribo

Está referido a la dirección con la cual el sonido llega al escucha. Si el ángulo es de 0 grados nos indica que la fuente sonora se encuentra frente al escucha.

b) Distancia

La percepción de la distancia a la que se encuentra una fuente sonora está en función de 4 variables las cuales son:

1. Sonoridad (Loudness).
2. Relación del sonido directo y reflejado.
3. Respuesta en frecuencia (Atenuación en altas frecuencias).
4. Tiempo de retraso (Delay).

1. Sonoridad

Si la fuente sonora se encuentra cerca, se escuchara más fuerte, es decir con mayor sonoridad, sin embargo, esta característica no es suficiente para variar de manera convincente la impresión de cercanía o alejamiento de una fuente sonora ya que es necesario que intervengan de manera simultánea uno o más de las cuatro variables descritas anteriormente.

2. Relación del Sonido Directo y Reflejado

Una de las más importantes variables para determinar la distancia de una fuente sonora es la relación entre el sonido directo-reflejado que percibe el escucha, y esto lo podemos verificar si ponemos por ejemplo, una fuente sonora muy cercana al escucha y otra muy lejana del mismo. En ambos casos tendremos un sonido que llega directamente al escucha y otro el cual se origina por las reflexiones del lugar donde se encuentran dichas fuentes sonoras. En el caso de la fuente cercana, casi no se percibirán las reflexiones porque se enmascararán con el sonido directo por cuestión del nivel de sonoridad del mismo.

Por otra parte, el sonido que genera la fuente lejana vendrá acompañado de las reflexiones del lugar, dichas reflexiones llegarán al escucha justo después de que sea percibido el sonido directo; en este caso el enmascaramiento se da en menor grado porque la amplitud del sonido directo decrece con forme la onda se va desplazando en el aire, de tal forma que si es posible percibir ambas ondas.

3. Atenuaciones en Altas Frecuencias

Debido a que las ondas de sonido se desplazan a través del aire, estas sufren pérdidas graduales de su contenido en altas frecuencias ocasionado por la inercia

propia del aire. Esta atenuación en altas frecuencias que sufre la onda sonora puede ayudarnos a dar la sensación de distancia.

4. Tiempo de Retrazo

Cuando se genera una onda sonora, le toma cierta cantidad de tiempo a la misma para llegar al punto donde se encuentra el escucha.

2.1.4 Percepción de la Dirección

“El determinar la dirección de donde es originado un sonido con un solo oído no es posible, para ello necesitamos de los dos oídos. A esta habilidad para localizar la dirección de una fuente sonora dentro de un espacio acústico se le denomina localización binaural”¹², y este efecto es el resultado de la interacción de 3 variables a considerar:

- a) Diferencias interaurales de intensidad
- b) Diferencias interaurales de tiempo de arribo
- c) El efecto del pabellón del oído externo (oreja)

Analizaré el siguiente ejemplo: Supongamos por un instante que del lado izquierdo del escucha se origina un sonido, esta onda de presión sonora llegará primero al oído izquierdo con un nivel de presión mayor comparándolo con el nivel del oído derecho (ver figura 2.2), ocasionando lo que se llama una diferencia interaural de intensidad. Esto ocurre porque la cabeza propia del escucha es una sombra acústica que obstruye el paso de la onda sonora ocasionando que al oído derecho llegue solamente parte de la onda original y el resto de la información que reciba el oído derecho serán las reflexiones propias del espacio acústico donde se encuentre el escucha en cuestión, y ya que la onda sonora pierde energía cada vez que es reflejada en cualquier superficie, la intensidad del sonido percibido por el oído derecho es menor, dando como resultado que determinemos en este caso la dirección de donde se origino (el lado izquierdo).

¹² CARLOS FLORES ZAMBRANO. Operación de Audio. Editorial Televisa. México, 1999, p 39.

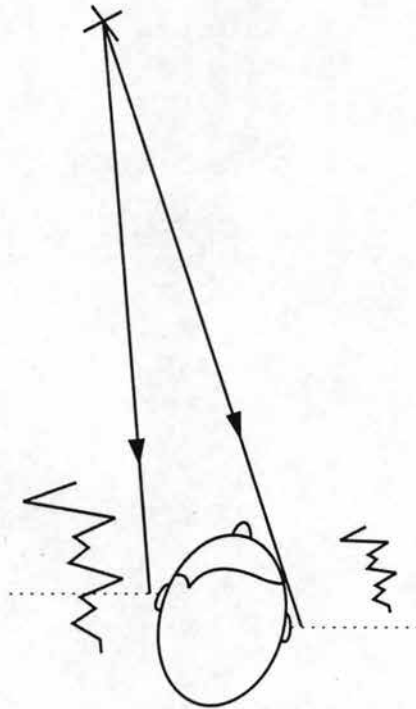


FIGURA 2.2 Percepción de la Dirección de la Fuente Sonora

El efecto descrito anteriormente es relativamente insignificante cuando se trata de ondas de bajas frecuencias ya que la longitud de onda de dichas frecuencias son mucho más grande que el diámetro promedio de la cabeza de un ser humano y fácilmente se desplazan alrededor de la misma. Sin embargo, para poder localizar la dirección de una onda de baja frecuencia se aplica el concepto de diferencias interaurales en los tiempos de arribo. Retomando nuestro ejemplo anterior, las diferencias de tiempo son ocasionadas porque la onda sonora recorre una mayor distancia para llegar al oído derecho que la que necesita para llegar al izquierdo, de tal forma que el oído derecho apreciará un nivel de presión sonora un poco de tiempo después que izquierdo.

Las diferencias interaurales de tiempos de arribo en combinación con las diferencias interaurales de intensidad nos permiten determinar de qué dirección viene la onda sonora, usando para ello todo el espectro de frecuencias audibles.

Sin embargo, estas características no son suficientes para determinar la dirección de un sonido cuando éste se genera frente o inclusive si el sonido se genera abajo del escucha. Para lograr ello, interviene la oreja.

La forma de la oreja va a ayudar a determinar la dirección del sonido; para ello intervienen dos formaciones propias de ésta, las cuales reflejan el sonido incidente en ellas dirigiéndolo hacia el canal auricular además de agregarle a dicho sonido un pequeño retraso en el tiempo (Delay).

Es interesante notar que cuando la onda sonora llega a la oreja por la parte posterior, no se presentan las reflexiones causadas por las formaciones de la oreja. Sin embargo, cuando nuestro cerebro percibe un delay de hasta 80 microsegundos entre sonidos no afectados por la reflexión, determinara por percepción que la fuente sonora se encuentra en la parte posterior del escucha; es decir, que el sonido "viene de atrás".

La formación que se encuentra en la parte casi central de la oreja provoca un delay de 100 a 330 microsegundos aproximadamente lo cual nos va a permitir determinar la localización de una fuente sonora que se encuentre en el plano vertical frente al escucha, es decir, que podremos localizar una fuente que se encuentre arriba o abajo, pero siempre frente al escucha.

La combinación de las reflexiones causadas por las dos formaciones y el sonido directo recibido, generan una respuesta en frecuencia que el cerebro está perfectamente habilitado para comparar las combinaciones recibidas por cada oído y usar esta información para determinar la dirección y localización de la fuente sonora. Pequeños movimientos de la cabeza proveen información adicional al cerebro para poder determinar con mayor precisión la posición de la fuente sonora.

2.1.5 Percepción del Espacio

Hemos analizado el oído en combinación con el cerebro y estos pueden localizar la dirección de donde proviene el sonido, además apreciar el espacio acústico en el cual el sonido se manifiesta. Cuando un sonido es generado, éste se propaga alejándose de la fuente que lo originó en todas las direcciones simultáneamente. Los ángulos de propagación estarán determinados por las características propias del sonido así como el entorno físico donde el sonido se desplace. De todas las ondas resultantes, un porcentaje del sonido original llegará al escucha de forma directa, es decir, que en su camino no encontró ningún obstáculo que modificara su dirección; pero un porcentaje mucho mayor llegará al escucha después de haber sido alterado en su dirección por causa de las reflexiones; estas reflexiones fueron causadas porque el sonido al propagarse en todas las direcciones choca con los obstáculos que se encuentra en su trayectoria, generándose una nueva onda por el fenómeno de la reflexión, siendo estas las que llegaran al oído. Si los obstáculos con los que la onda de sonido choca son

absorbentes es decir, que la onda de sonido pierde una cantidad de energía al ser reflejada, poca energía será reflejada y por lo tanto será poca la cantidad la llegará al escucha.

Cuando nos referimos a las ondas de sonido que llegan al escucha sin encontrar ningún obstáculo en su trayectoria que altere su dirección, estamos hablando del sonido directo. Cuando nos referimos a las ondas de sonido que después de haber sufrido durante su trayectoria una desviación en su dirección por causa de las reflexiones y que además llegan al escucha con un tiempo de retraso con respecto al sonido directo, se llama sonido reflejado. Como resultado de este retardo en el tiempo característico del sonido reflejado, el oído puede seguir escuchando un sonido que con anterioridad dejó de ser generado. El tiempo que el oído siga escuchando va a depender directamente del tiempo que le tome a la última onda reflejada llegar al mismo oído. El sonido que escuchamos en una habitación puede ser dividido en tres categorías que se describirán a continuación:

a) Sonido Directo

El sonido directo determina nuestra percepción de la localización de la fuente sonora y su tamaño, además de proporcionar el timbre real de la fuente, esto es porque la cantidad de absorción que ocurre cuando el sonido se refleja en determinadas superficies no es la misma para todas las frecuencias, dando como resultado que el timbre del sonido reflejado sea alterado por las características de las superficies en las que se reflejó.

b) Reflexiones Tempranas o Inmediatas

Las reflexiones tempranas o inmediatas alcanzan al oído aproximadamente en 50 milisegundos, después de que lo hace el sonido directo y son el resultado de las reflexiones que sufre el sonido con pocos obstáculos antes de llegar al oído y pueden llegar de diferentes direcciones comparando con el sonido directo.

El tiempo que transcurre entre el momento en que escuchamos el sonido directo y el inicio de las reflexiones inmediatas nos proporciona la información para poder determinar el tamaño y la influencia del lugar donde se manifiesta el sonido.

c) Reverberación

Los sonidos que llegan al escucha en un lapso mayor 50 milisegundos después de que lo hizo el sonido directo han sido reflejados por muchas superficies

diferentes y esto ocasiona que percibamos un flujo continuo del mismo sonido proveniente de diferentes direcciones. Esta cantidad de reflexiones son llamadas reverberación la cual se caracteriza por un decremento gradual en la amplitud de las reflexiones. El timbre de la reverberación es un poco diferente al del sonido directo además de tener una pérdida en altas frecuencias y como consecuencia de este, un énfasis en las bajas frecuencias.

El cerebro percibe el tiempo de reverberación y el timbre de la reverberación y usa esa información para formarse una opinión de la dureza o suavidad de las superficies circundantes del recinto. La percepción de la relación entre la sonoridad del sonido directo y del sonido reflejado le permiten al escucha determinar a que distancia se encuentra de la fuente sonora.

Podemos entonces concluir que:

- El sonido directo nos proporciona la información para determinar la localización de la fuente sonora, su tamaño y su timbre.
- La diferencia de tiempo es un conjunto de la percepción del sonido directo y las reflexiones inmediatas. Determinan nuestra impresión acerca del tamaño del recinto donde se genere el sonido, así como la forma en la que éste influye en el sonido.
- El tiempo de reverberación nos proporciona la información para determinar como influyen las características propias de las superficies en donde se refleja el sonido, además de tomar en cuenta la relación entre el sonido directo y la reverberación, permitiéndonos percibir a que distancia nos encontramos de la fuente sonora.

2.2 Monitoreo en la Mezcla Estéreo

Al mencionar los monitores, nos referimos a los altavoces ó bocinas. Una de sus principales características es la respuesta en frecuencia, tomando en cuenta que está relacionada con la cabina de control, de tal forma que en algunos puntos de la cabina de control podemos detectar tanto incrementos en el nivel de presión sonora como cancelaciones de algunas frecuencias causadas por las reflexiones. “El único lugar donde un altavoz puede representar una respuesta plana es en un cuarto anecoico que no es más que un cuarto tratado acústicamente, para que no existan reflexiones que alteren el desempeño acústico del altavoz. En un cuarto o

cámara anecoica no existen reflexiones destructivas ni constructivas que interfieran con la salida directa del altavoz"¹³, mostrado en la figura 2.3.

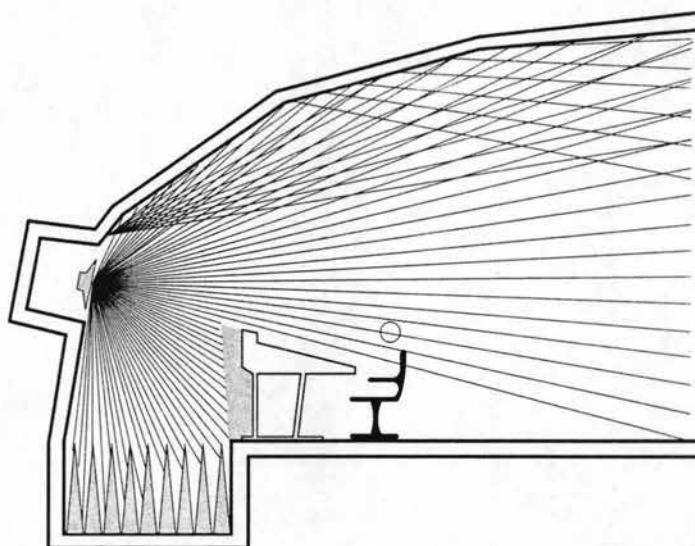


FIGURA 2.3 Cabina Anecoica

Un altavoz siempre tendrá una respuesta en frecuencia distinta en cada cabina de control que se coloque, a menos que las cabinas de control sean exactamente iguales tanto en diseño, construcción, materiales, muebles, etc. Por lo tanto el altavoz tendrá que ser probado en la cabina de control que se vaya a utilizar. Las comparaciones directas de varios altavoces en un mismo cuarto son válidas solo para demostrar diferencias entre los altavoces en cuestión, pero no son válidas para determinar cual sonará mejor en otra cabina de control que no sea la misma en la que se probó.

Este problema de los cambios de respuesta en frecuencia que los altavoces muestran de una cabina de control a otra, dificulta la opción de cambiarse a la mitad de una sesión de mezcla de una cabina a otra. Aún cuando se sigan los altos niveles de calidad en la construcción y el tratamiento acústico de las cabinas de control, nunca dos cabinas sonarán exactamente iguales. Después de terminar una sesión de grabación en una cabina de control, nos acostumbramos a escuchar el material con una respuesta en frecuencia específica propia de la relación acústica altavoz /cabina de control, si el material es llevado a otra cabina para realizar la

¹³ DOLBY. Laboratories Information. Dolby, San Francisco, 1997, p 4.

mezcla y esa nueva cabina tiene el mismo tipo de altavoces pero una relación acústica altavoz /cabina de control diferente a la anterior, existirá una pequeña diferencia en el sonido de los instrumentos. Para minimizar este problema lo que se hace es "entonar" la relación altavoz /cabina de control con el fin de obtener una respuesta en frecuencia razonablemente plana y lograr con ello una compatibilidad con la mayoría de las cabinas de control existentes. Para esto se hace uso de un ecualizador de cuarto el cual usualmente es de banda y está conectado antes del amplificador de monitoreo. Después se alimenta el sistema con ruido rosa, el cual es una señal de prueba que tiene una respuesta plana en todo el espectro de frecuencias audibles ya que cada una de las bandas tienen la misma cantidad de energía para que posteriormente la salida acústica de los altavoces sea medida banda por banda haciendo uso de un analizador de espectros. Este medidor nos proporcionará de forma visual la respuesta en frecuencia de nuestro sistema de monitoreo utilizando un micrófono omnidireccional previamente calibrado en el laboratorio, de tal forma que obtendremos lecturas instantáneas de la respuesta en frecuencia de la relación altavoz /cabina de control en el punto específico donde se coloque el micrófono.

Se utiliza un micrófono omnidireccional porque el patrón de captación de este tipo se asemeja al patrón de captación del oído humano ya que capta tanto el sonido directo como las reflexiones que dicho sonido sufre por las características de la cabina de control. Debido a que el micrófono solo puede ser colocado en un solo punto a la vez, la respuesta en frecuencia obtenida en la lectura del analizador de espectros representará el comportamiento del sonido en ese punto específico solamente.

Se utiliza el ruido rosa en lugar de un barrido en frecuencias porque el comportamiento de las componentes de dicho ruido es aleatorio y no permiten la creación de resonancias acústicas que nos podrían proporcionar errores en la lectura del analizador de espectro.

2.2.1 Enfasamiento

Es de suma importancia verificar que se encuentren correctamente polarizadas las bocinas a fin de evitar el desfasamiento acústico lo que nos dará como consecuencia una apreciación y una operación errónea de nuestra mezcla. Si los dos altavoces están correctamente polarizados cuando la misma señal llegue a ellas ocasionarán que los conos se desplacen en una misma dirección. Si se encuentran mal polarizadas, la misma señal llegará a una bocina correctamente y a la otra llegará desfasada 180 grados ocasionando que los conos se desplacen en direcciones opuestas, esto es, mientras en un altavoz se desplaza el cono hacia delante, en el otro se desplazará hacia atrás, provocando una sensación auditiva

muy peculiar corriendo el riesgo de alterar nuestra mezcla final provocando una cancelación de casi todas las frecuencias cuando se sumen los dos canales que componen nuestra señal estéreo es decir, cuando se haga monoaural, observe la figura 2.4.

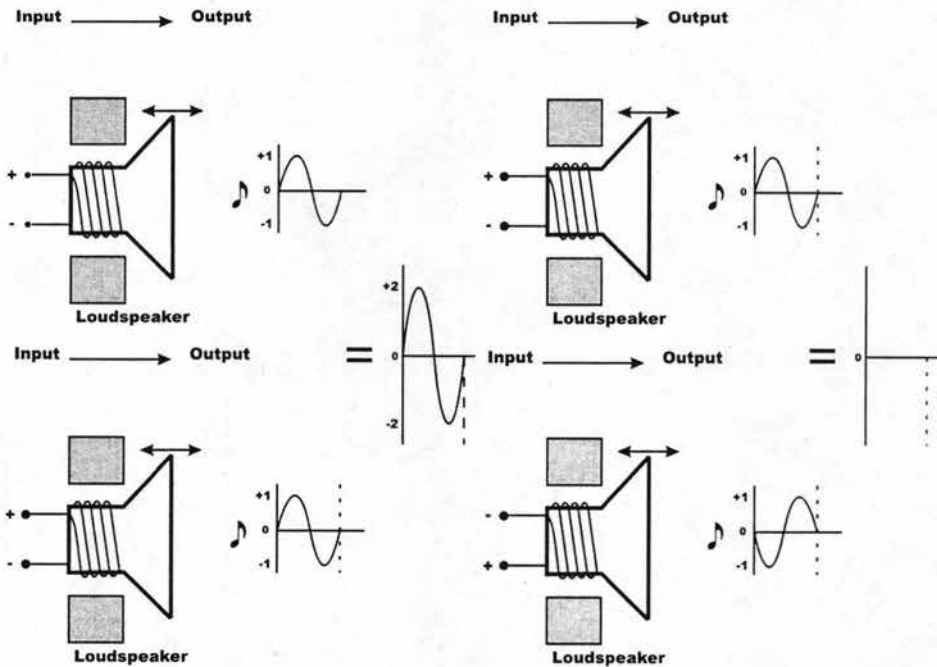


FIGURA 2.4 Características de Polarización de los Altavoces

2.2.2 Efecto Hass

“Durante la realización de la mezcla estéreo, es sumamente importante que el operador esté colocado al centro de los dos altavoces, formando un triángulo equilátero”¹⁴ como se observa en la figura 2.5, y que el nivel de presión sonora sea el mismo para ambas, si esto no se hace, al realizar la mezcla los sonidos que pretendamos colocar al centro de nuestro panorama estéreo quedarán más cargados a un lado. Si por otra parte, el operador no se coloca al centro, sufrirá el efecto Hass el cual se refiere a que escuchará con más nivel el altavoz que se encuentre más cerca a él, dando un panorama estéreo erróneo, obligándolo a

¹⁴ DOLBY. Laboratories Information. Dolby, San Francisco, 1997, p 9.

incrementar el nivel de las fuentes sonoras que quiera colocar en el altavoz más lejano a él, a fin de balancear la mezcla; por supuesto quedará mal.

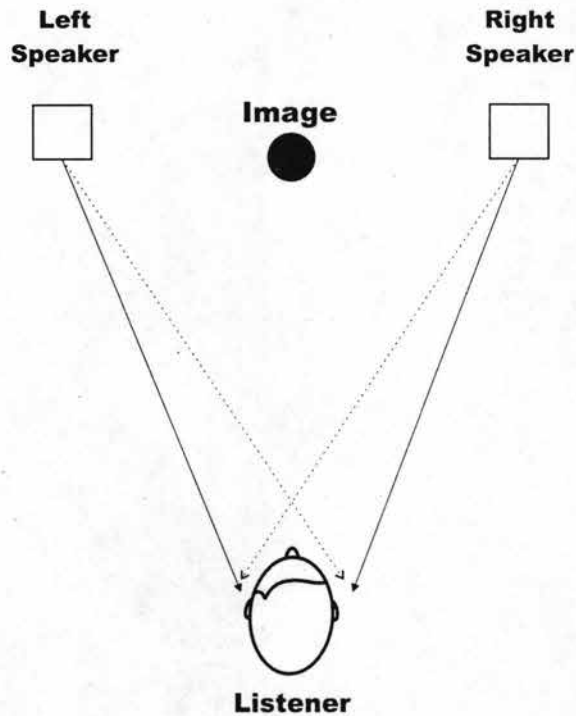


FIGURA 2.5 Posición Correcta de un Monitoreo Estéreo

2.2.3 Tipos de Monitores

Para elegir el tipo de monitoreo tenemos que evaluar el acondicionamiento acústico del cuarto de control que se va a utilizar, que tipo de altavoces tenemos o que altavoces debemos comprar, a continuación se describen las características de los dos tipos de monitores:

a) Monitoreo de Campo Lejano

El monitoreo de campo lejano proporciona el desempeño más adecuado en una cabina de control anecoico, donde no existen reflexiones destructivas ni constructivas que interfieran con la salida directa del altavoz, optimizando una respuesta en frecuencia plana con la ayuda del ecualizador de cuarto, dando como

resultado el acoplamiento acústico altavoz /cuarto de control, mostrado en la figura 2.6.

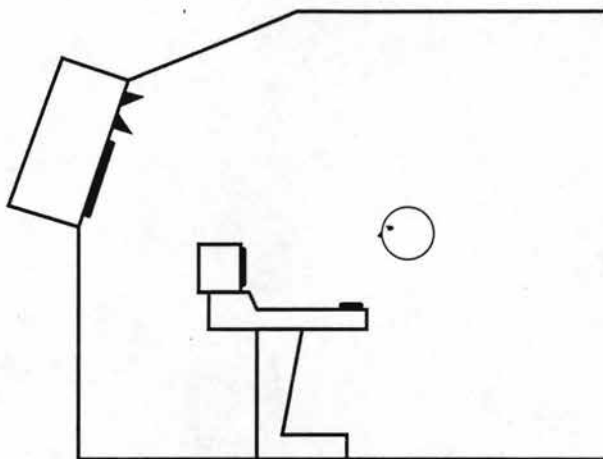


FIGURA 2.6 Cabina Anecoica con Monitoreo Lejano

b) Monitoreo de Campo Cercano

Cabe precisar, que en el caso de cabinas de control con problemas de diseño acústico donde no se logra obtener una buena respuesta en frecuencia con sus altavoces, (recordemos que es una interacción altavoz /cuarto de control) se elige utilizar la técnica de monitoreo cercano, estos se colocan muy cerca del responsable de la mezcla con el fin de evitar la influencia del cuarto de control con el desempeño de los altavoces, escuchando el sonido directo generado por los altavoces donde no intervienen las reflexiones del cuarto de control. La distancia del escucha y el altavoz no debe exceder de los dos metros para obtener buenos resultados, mostrado en la figura 2.7.

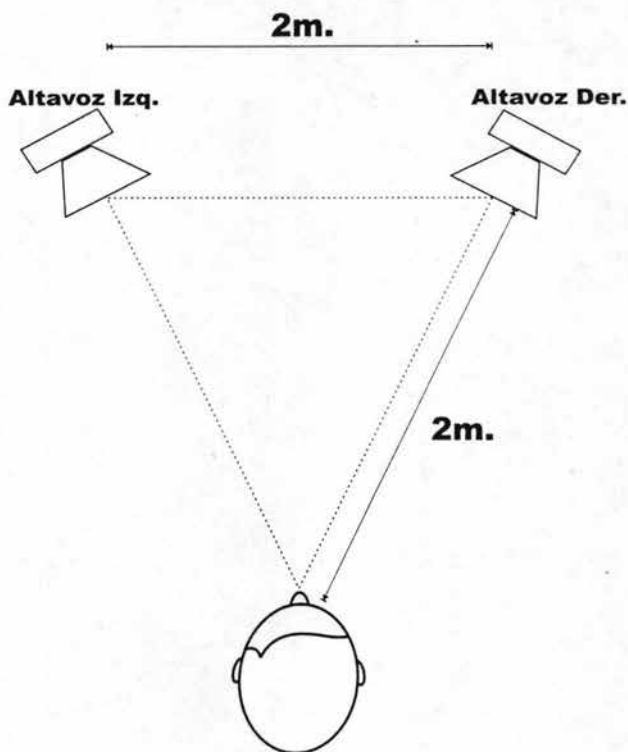


FIGURA 2.7 Patrón de Monitoreo Cercano

2.2.4 Niveles de Monitoreo (dBspl)

En la aplicación de niveles de monitoreo intervienen las curvas de FLETCHER-MUNSON las cuales muestran que la respuesta en frecuencia del conjunto de nuestra mezcla depende de manera importante del nivel de presión sonora que manejemos en nuestro sistema de monitoreo. Si nosotros realizamos nuestra mezcla con un nivel de presión sonora alto (más de 90dBspl) y después reproducimos nuestra mezcla a niveles de presión sonora menores de 60dBspl, la parte del espectro de bajas frecuencias de nuestra mezcla desaparecerá, es decir, no la escucharemos, al igual que una parte de la respuesta en altas frecuencias. Si nuestra mezcla la realizamos operando nuestro monitoreo con un nivel menor de 60dBspl, y después reproducimos nuestra mezcla a un nivel mayor 90dBspl, notaremos un incremento marcado tanto en las bajas como en las altas frecuencias.

“Debido a que no podemos determinar que tan fuerte o suave escuchará una persona una canción, melodía, etcétera, grabada previamente, el nivel de 85dBspl es el mejor para monitorear y hacer la mezcla para que al reproducir

posteriormente nuestro material terminado, sufra un cambio mínimo aparente en su respuesta en frecuencia si se escucha a un nivel mayor de 90dBspl y menor de 60dBspl.”¹⁵

El nivel de presión sonora (spl) se calibra reproduciendo ruido rosa por separado para cada altavoz, incrementando o disminuyendo el nivel de volumen dependiendo la medición del decibelímetro, para obtener los 85dBspl, ver figura 2.8.

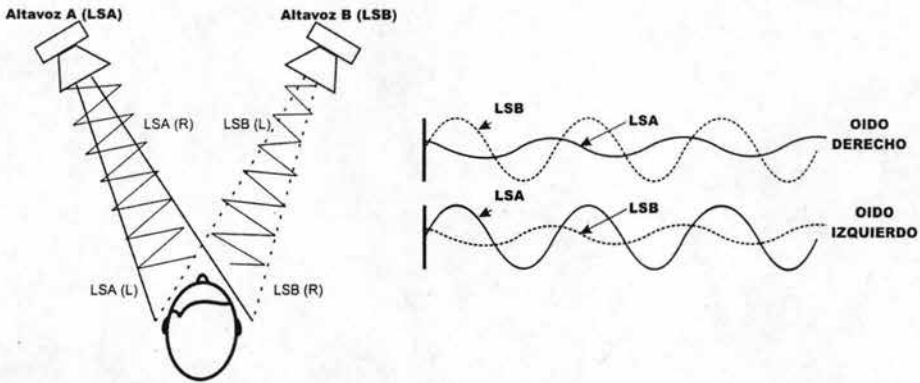


FIGURA 2.8 Nivel de Presión Sonora Calibrado

2.2.4 Compatibilidad

Otra característica importante que debemos considerar es que exista la compatibilidad entre el sistema estéreo y el monoaural, con el objeto de que si el material manejado en estéreo se reproduce en un equipo que solo maneja el sistema monoaural, no existan pérdidas en la información por desfaseamiento, ya que aún se siguen fabricando equipos monoaurales como radios, VCRs, etcétera. Para ello debemos de auxiliarnos de un medidor de fase, ya que éste muestra si la señal de audio esta desfasada.

Al aplicarle un tono de 1khz al medidor de fase desplegara una grafica de Lissajous con una inclinación de 45°, esto quiere decir que la señal que tiende a esta inclinación se encuentra en fase. Como se muestra en la figura 2.9.

¹⁵ DOLBY. Laboratories Information. Dolby, San Francisco, 1997, p 11.

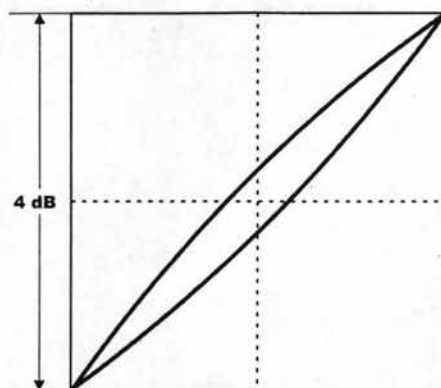


FIGURA 2.9 Gráfica de una Señal en Fase

2.3 Captura en Estéreo

El objetivo primordial que debemos alcanzar durante una grabación de sonidos es que nuestro método de captura sea lo más transparente a fin de no alterar la estructura del sonido y todo lo que ello implica.

La captación en estéreo es una técnica de grabación que nos permite capturar un evento sonoro, por ejemplo una orquesta, donde se utilizan típicamente dos o tres micrófonos. Cuando reproducimos la señal grabada con la técnica de microfónica estéreo podemos escuchar en donde se encuentran localizados los instrumentos musicales entre el par de altavoces. Las localizaciones de los instrumentos musicales que escuchamos con los altavoces corresponden con las localizaciones que tenían físicamente durante la sesión de grabación.

Para que se logre una grabación lo más cercana a la realidad sonora se deben considerar los siguientes puntos:

- La profundidad o distancia de cada instrumento.
- La distancia entre el escucha y las fuentes sonoras que intervienen.
- La percepción del espacio acústico que envuelve a las fuentes sonoras.

2.3.1 Técnicas de Microfonía Estéreo

Básicamente existen tres técnicas de microfonía utilizadas para la grabación en estéreo las cuales son:

a) Sistema A-B

“Con la técnica de microfonía A-B son colocados dos micrófonos idénticos o con las mismas características a una distancia considerable uno del otro dirigidos, de forma directa a las fuentes sonoras que se quieran grabar (ver figura 2.10). Pueden tener cualquier patrón polar, recordando que debe ser el mismo para los dos micrófonos”¹⁶, este arreglo lo que nos va a producir es:

- Que la apertura de la imagen estéreo sea muy grande, ya que para ello interviene la diferencia en el tiempo de arribo de onda sonora a los micrófonos.
- La captación de las fuentes sonoras ubicadas al centro es difusa.
- La captación del ambiente es buena.
- Debido a la distancia entre los micrófonos, pueden existir problemas de fase por diferencia en tiempos de arribo provocando incompatibilidad con el monoaural.

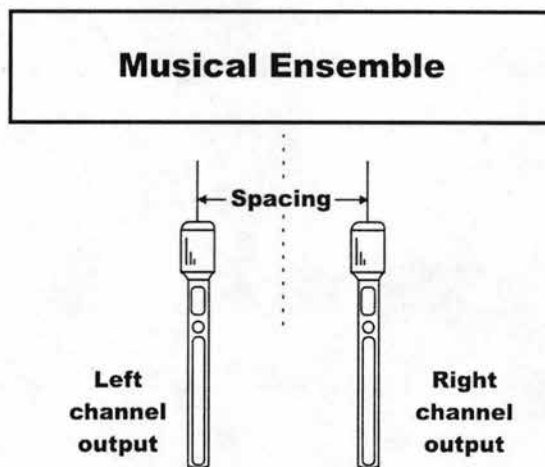


FIGURA 2.10 Sistema de Microfonía A-B

¹⁶ TIM VEAR. *Selection and Operation of Microphone Systems by SHURE*. Illinois, 1995, pp 11 – 12.

b) Sistema X-Y

“Con la técnica de microfónica X-Y dos micrófonos con patrón de captación direccional son monitoreados de forma tal que los diafragmas se encuentran uno sobre otro en un ángulo determinado que permita la captura de las fuentes sonoras que vayamos a grabar. La apertura de la imagen estéreo dependerá del ángulo de colocación que exista entre los diafragmas así como del patrón de captación que se utilice”¹⁷ (ver figura 2.11). Este arreglo lo que nos va a producir es:

- Que la diferencia de nivel captada por los micrófonos nos dará el efecto de estéreo.
- La captación de las fuentes sonoras es clara.
- Podemos modificar la apertura de la imagen estéreo desde muy abierta hasta muy cerrada.
- Es totalmente compatible con el monoaural.

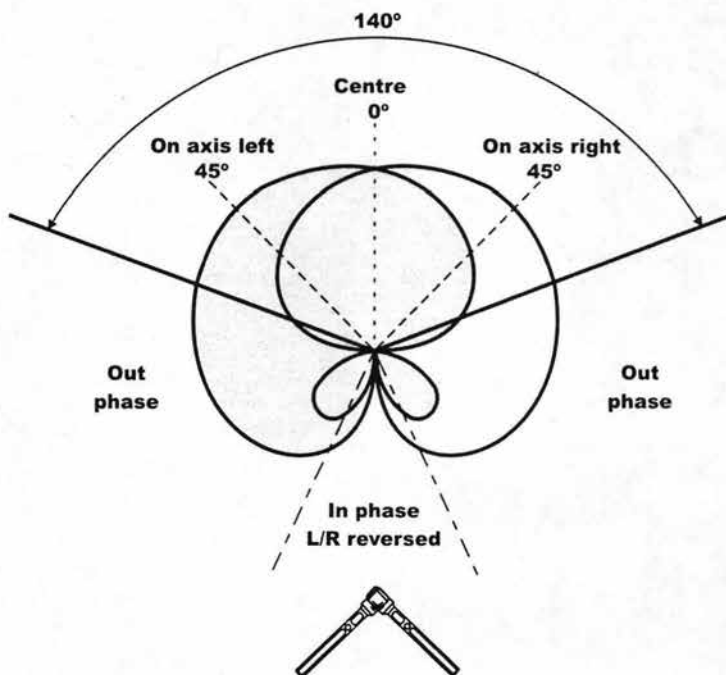


FIGURA 2.11 Sistema de Microfonía X-Y

¹⁷ TIM VEAR. Selection and Operation of Microphone Systems by SHURE. Illinois, 1995, pp 17 - 19.

c) Sistema M-S

“El sistema M-S (Mid-Side) está conformado por un arreglo de micrófonos de los cuales uno es el tipo direccional, éste tendrá un patrón de captación de tipo cardioide el cual es identificado como M y el otro de tipo bidireccional que es identificado como S. La relación entre las cápsulas será de 90 grados”¹⁸ (ver figura 2.12). Las características de este arreglo son:

- La captación de la cápsula M nos da una definición clara de las fuentes sonoras que se encuentren al centro.
- La captación de la cápsula S nos da una definición clara del ambiente acústico en el cual se encuentran las fuentes sonoras.
- La apertura de la imagen estéreo la podemos controlar al aumentar o disminuir el nivel de la señal de audio que entregue la captura de la cápsula S. Ya no es necesario mover físicamente la colocación de los micrófonos.

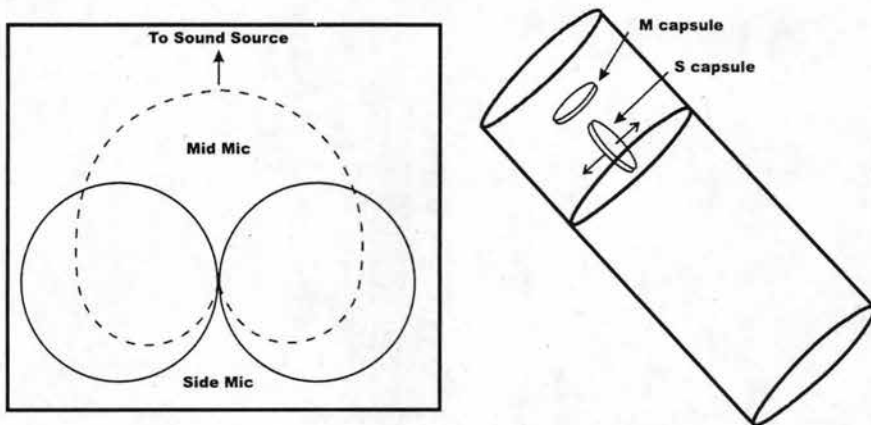


FIGURA 2.12 Sistema de Microfonía M-S

¹⁸ TIM VEAR. Selection and Operation of Microphone Systems by SHURE. Illinois, 1995, pp 28 - 30.

CAPITULO TERCERO

SISTEMA DE AUDIO DIGITAL

¿Por qué audio digital, teniendo en cuenta que empezando por los altavoces, pasando por el medio elástico y terminando en el aparato auditivo humano, todo se comporta de una manera analógica?. La respuesta está dentro de los conceptos de durabilidad y calidad. Bajo estas características podemos analizar un sistema de audio digital.

La durabilidad de los datos de un sistema digital es eterna, puesto se puede almacenar en un disco duro, una memoria, un CD, etcétera, sin que se deterioren con el paso del tiempo, característica que no tiene un sistema análogo, ya que éste por lo regular se almacena en cinta magnética o LP y al paso del tiempo se deterioran por el medio ambiente o fricción de sus sistemas de reproducción.

La calidad de un sistema análogo es buena pero es muy perceptible al ruido, la información almacenada en una cinta magnética con el tiempo va perdiendo las altas frecuencias, en cambio un sistema digital consta de una excelente calidad pues no sufre pérdidas en la respuesta en frecuencias.

Para comprender mejor el funcionamiento de un sistema digital es necesario tener conocimiento de los sistemas numéricos binario y hexadecimal que a continuación explicare.

3.1 Sistemas Numéricos Binario y Hexadecimal

Estos dos sistemas son parecidos al sistema decimal que todos conocemos. En el sistema decimal contamos del 1 al 10, pero en realidad únicamente tenemos los dígitos del 0 al 9. Cada vez que contamos y llegamos al 9, nos brincamos a la columna de las decenas (que es la columna de la izquierda), del mismo modo si seguimos contando y llegamos al número 99, entonces nos brincaremos a la columna del lado izquierdo que vendría siendo la columna de las centenas y así sucesivamente. Ahora bien, cuando observamos el número 2103 decimos que es el número "dos mil ciento tres". Bien, pero ¿Cómo lo interpretamos? Sabemos que cada columna empezando del lado izquierdo tiene un valor absoluto, la de las unidades, las decenas, las centenas y los miles. Por ejemplo, vamos a calcular la cifra ya mencionada, observe la tabla 3.1.

MILES (1000)	CENTENAS (100)
2	1
DECENAS (10)	UNIDADES (1)
0	3

TABLA 3.1 Unidades Numéricas

Si multiplicamos y sumamos:

$$(1000 \times 2) + (100 \times 1) + (10 \times 0) + (1 \times 3) = 2103$$

$$2000 + 100 + 0 + 3 = 2103$$

Así de sencillo es la aritmética en el sistema decimal. Ahora analizaremos la metodología de convertir números del sistema binario y hexadecimal al decimal.

En el sistema binario el número base o raíz es el 2 y en el hexadecimal el número 16. Para las computadoras es más fácil trabajar con los números binarios que son el uno (1) y el cero (0). Tecnológicamente el número 1 significa activado y el cero desactivado; o sea, uno significa SI y cero significa NO en lógica. La unidad mínima en que la computadora puede procesar y almacenar en memoria es el bit (binary Digit). El bit tiene dos valores, el 1 y el 0. Un conjunto de 8 bits se conoce como un byte, ya que sabemos que es un bit y que es un byte, comencemos a analizar el sistema binario.

Supongamos que tenemos el siguiente número binario 01110011 que es equivalente a un byte de información (8 bits). Prosigamos a convertirlo a su equivalente decimal. Veamos la tabla 3.2.

BITS	7	6	5	4	3	2	1	0
DECIMAL	128	64	32	16	8	4	2	1
BINARIO	0	1	1	1	0	0	1	1

TABLA 3.2 Equivalencias Numéricas

$$(128 \times 0) + (64 \times 1) + (32 \times 1) + (16 \times 1) + (8 \times 0) + (4 \times 0) + (2 \times 1) + (1 \times 1) = 115$$

Los valores decimales se obtuvieron de la siguiente manera, a propósito las computadoras empiezan a contar desde cero (0):

2 elevado a la 0 potencia	= 1	= 1
2 elevado a la primera potencia	= 2 = 2x1	= 2
2 elevado a la segunda potencia	= 4 = 2x2	= 4
2 elevado a la tercera potencia	= 8 = 2x2x2	= 8
2 elevado a la cuarta potencia	= 16 = 2x2x2x2	= 16
2 elevado a la quinta potencia	= 32 = 2x2x2x2x2	= 32
2 elevado a la sexta potencia	= 64 = 2x2x2x2x2x2	= 64
2 elevado a la séptima potencia	= 128 = 2x2x2x2x2x2x2	= 128

De esta manera es como se convierten los números binarios a decimales. Conocer este sistema es muy útil para comprender la terminología y el funcionamiento del audio digital.

El sistema hexadecimal que tiene como base raíz el número 16, es usado por las computadoras como otro método de comunicación entre ellas. Este método es muy efectivo y más sencillo de interpretar y manejar para los programadores de software. En dicho sistema hexadecimal se emplean las primeras seis letras del alfabeto para indicar los números 10, 11, 12, 13, 14 y 15 como se ilustra en la tabla 3.3.

DECIMAL	HEXADECIMAL
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	A
11	B
12	C
13	D
14	E
15	F

TABLA 3.3 Equivalencia Hexadecimal

La conversión de cifras hexadecimales a decimales, se lleva a cabo de la siguiente manera: recordando, un byte consta de ocho bits de información, también un byte se puede dividir en dos partes o dos grupos de cuatro bits cada uno y se les da el nombre de Nibles. Analicemos el siguiente ejemplo:

BYTE 0001 0000				
BINARIO	=	DECIMAL	=	HEXADECIMAL
0001 0000	=	16	=	10H
		PRIMER NIBLE		0001
		SEGUNDO NIBLE		0000

Los valores 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2 y 1, fueron calculados al elevar el 2 a las potencias del 0 al 7, tal como se realizo anteriormente en el ejemplo de sistema binario.

PRIMER NIBLE	SEGUNDO NIBLE
128 64 32 16	8 4 2 1
8 4 2 1	8 4 2 1
0 0 0 1	0 0 0 0

(10 HEXADECIMAL)

Por consiguiente:

$$(128 \times 0) + (64 \times 0) + (32 \times 0) + (16 \times 1) + (8 \times 0) + (4 \times 0) + (2 \times 0) + (1 \times 0) = 16$$

$$0 + 0 + 0 + 16 + 0 + 0 + 0 + 0 = 16$$

Como segundo ejemplo veamos el número binario 00110011:

BYTE 0011 0011

BINARIO		DECIMAL		HEXADECIMAL
0011 0011	=	51	=	33H

PRIMER NIBLE 0011

SEGUNDO NIBLE 0011

PRIMER NIBLE

SEGUNDO NIBLE

128 64 32 16
8 4 2 1
0 0 1 1

8 4 2 1
8 4 2 1
0 0 1 1

(33 HEXADECIMAL)

Por consiguiente:

$$(128 \times 0) + (64 \times 0) + (32 \times 1) + (16 \times 1) + (8 \times 0) + (4 \times 0) + (2 \times 1) + (1 \times 1) = 51$$

$$0 + 0 + 32 + 16 + 0 + 0 + 2 + 1 = 51$$

3.2 Valoración del Audio Digital

La tecnología digital ha sido investigada primero en el campo de las telecomunicaciones en los laboratorios de AT&T (American Telephone and Telegram). Esta tecnología fue rápidamente aplicada a otros campos, siendo de gran ayuda en la industria del audio.

a) Ventajas

Las diferencias y ventajas de un procesamiento digital y un analógico las percibimos en la reproducción de equipos. Los equipos analógicos no se reproducen fácilmente y siempre nos exigen de algunos ajustes para obtener la especificación requerida, en comparación del diseño y reproducción de los equipos digitales.

Las ventajas principales del procesamiento digital en comparación con el analógico son:

- Estabilidad en la operación
- Fácil reproducción de equipos
- Fácil realización de transformaciones

El procesamiento digital siempre utiliza señales de dos estados: "0" lógico y "1" lógico y esta basado en cálculos algebraicos.

b) Desventajas

La tecnología digital sigue avanzando y su investigación es continua. Esto significa que la tecnología digital aun no esta terminada, y que hay muchas cosas por superar.

Por ejemplo, el equipo digital no es fácil de reparar comparado con el analógico. Porque las frecuencias de la señal manejadas en los circuitos digitales son mucho más altas que en los analógicos, y la tolerancia mecánica de las VTR's digitales son más estrictas que las VTR's analógicas, debido a la alta densidad de grabación. Esto significa que no podemos aplicar los métodos de mantenimiento convencionales en un equipo digital.

3.3 Construcción Típica de un Equipo Digital

Casi todos los equipos digitales tienen la misma construcción, ilustrada en la figura 3.1.

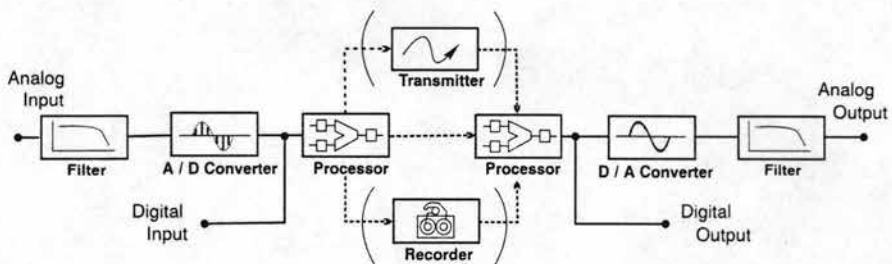


FIGURA 3.1 Construcción Típica de un Equipo Digital

“Se tienen dos filtros LPF (Filtro pasa bajas) en las etapas de entrada y salida para prevenir el "Aliasing" (Interferencia en Frecuencia) de la señal, y por supuesto los convertidores analógicos a digital (A/D) y digital a analógico (D/A). La señal digital convertida es procesada en algunas de las etapas del circuito procesador y puede ser transmitida a un receptor, o bien enviada a una grabadora para almacenarla”¹⁹.

3.4 Proceso de Digitalización del Audio

“Digitalizar una señal significa hacer un muestreo y cuantizar dicha señal. La frecuencia de muestreo tiene relación con la máxima frecuencia en la reproducción de la señal, la cual es determinada por la frecuencia de Nyquist. Esta relación entre la máxima frecuencia de la señal reproducida, la frecuencia de Nyquist y la frecuencia de muestreo se representa matemáticamente por la siguiente ecuación:

$$\text{máxima frecuencia} < \text{frecuencia de Nyquist} = 1/2 \text{ frecuencia de muestreo}$$

Por esta razón, para digitalizar una señal se necesita al menos que la frecuencia de muestreo sea dos veces más alta que la máxima frecuencia.

De otra manera, se presenta el fenómeno llamado "Aliasing" y en la señal reproducida ocurre una interferencia por un batido de frecuencia. La tabla 3.4 muestra algunos ejemplos de la relación entre el ancho de banda reproducido y la frecuencia de muestreo en el campo de aplicaciones de audio.”²⁰

Band-width	Sampling Frequency	Quantization Bits	Application
~ 20 KHz	48 KHz	16 bits	DAT Mandatory
~ 15 KHz	32 KHz	16 bits	DAT Option
~ 20 KHz	44.1 KHz	16 bits	CD Audio
~ 16 KHz	37.8 KHz	16 bits	CD Interactive
~ 20 KHz	44.056 KHz	16 bits	PCM (NTSC)

TABLA 3.4 Relación entre Ancho de Banda, Frecuencia de Muestreo y Bits de Cuantización en cada Aplicación

¹⁹ CARLOS GARCÍA QUIROZ Y HIROSHI SUZUKI. Fundamentos de la Técnica de Video, Audio y VTR Digital. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 1994, p 2.

²⁰ CARLOS GARCÍA QUIROZ Y HIROSHI SUZUKI. Fundamentos de la Técnica de Video, Audio y VTR Digital. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 1994, p 6.

Estos parámetros son también determinados por varias pruebas subjetivas con el rango dinámico requerido y el ancho de banda para cada aplicación. La figura 3.2 muestra un ejemplo del rango dinámico de equipos utilizados en aplicaciones de televisión.

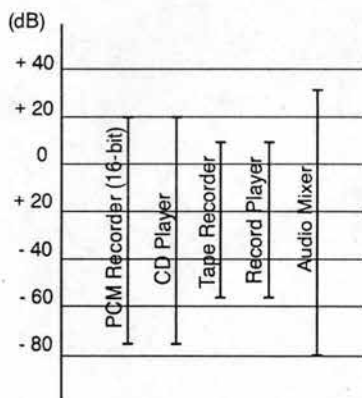


FIGURA 3.2 Rango Dinámico de Equipos de Audio

A continuación explicaré detalladamente los conceptos mencionados.

3.4.1 Teorema de Nyquist

“Este teorema nos dice: para obtener una correcta muestra de una señal, la velocidad de muestreo debe ser por lo menos dos veces más alta que la frecuencia mayor que se desea muestrear.

La razón de la frecuencia de muestreo de 44.1 KHz. se debe a que la máxima frecuencia que el oído humano puede escuchar es de 20 KHz. y no tiene sentido incrementar esa frecuencia, especialmente cuando estamos hablando de escuchar música de un disco compacto. Ahora se preguntara, ¿Porque 44.1 KHz. y no 40KHz?. Bien, en teoría un filtro "perfecto" que bloquee totalmente todas las frecuencias arriba de 20 KHz. sería ideal, pero en realidad es muy difícil diseñar y fabricar un filtro "perfecto" que pueda llevar a cabo esta función. Por esa razón una frecuencia de 44.1 KHz. es funcional y atenúa las mayores de 20 KHz. con una pendiente más suave²¹, como se puede apreciar en la figura 3.3.

²¹ JOSÉ VALENZUELA. Audio Digital. Editorial Miller Freeman Books, San Francisco, 1996, p 20.

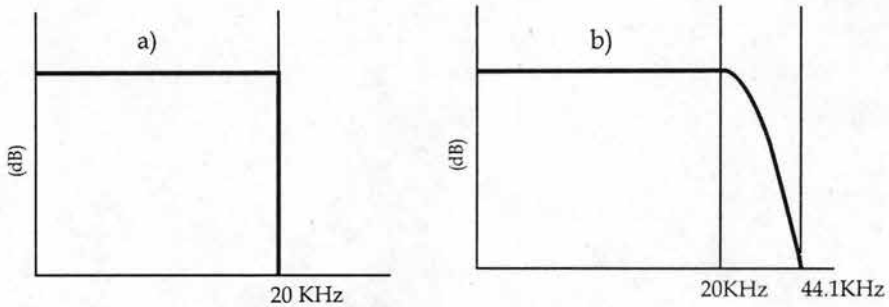


FIGURA 3.3 a) Pendiente Ideal; b) Pendiente Real de un Filtro "Antialiasing"

En un sistema digital como un reproductor de CD o una grabadora DAT por ejemplo, los filtros pasabajos usados tienen una frecuencia de corte de 20 KHz. Si observa las características de su reproductor de CD'S, notará que la resolución es de 16 bits, es decir, un rango dinámico de 98 dB y que la velocidad de muestreo (sample rate) es de 44.1 KHz., estas especificaciones son el estándar para la masterización de un CD. Por otro lado, el estándar de la industria del audio profesional es de 44.1 KHz. y de 48KHz, por eso siempre van a existir esas dos frecuencias en las grabadoras DAT, en las Adat, DA-88 o en otras grabadoras digitales profesionales.

Cuando se mezclan varias señales digitales, el ruido que generan aunque sea mínimo, es acumulativo cuando se suman y el rango dinámico ya no es tan bueno como debería. Es ahí cuando se necesitan algunos bits extras para conservar la calidad sonora que nos ofrecen los 16 bits. Por esa razón la mayoría de los procesadores de efectos, mezcladoras digitales y algunas grabadoras tendrán una resolución de 18, 20 o 24 bits, ayudando así a que el resultado de la mezcla de las señales digitales sea verdaderamente de 16 bits, o sea un rango dinámico de 98 decibeles.

3.4.2 Muestreo (Sampling).

Muestrear una señal analógica, es como tomarle una serie de fotografías por cada variación de nivel o voltaje. Cada fotografía tomada sería lo que se conoce como muestra, y la cantidad de fotografías vendría siendo la velocidad de muestreo, que es lo que determina el ancho de banda total de un sistema, es decir, si la velocidad de muestreo es de 48 KHz., Entonces cada 48 milésimas de segundo (1/48,000) se tomara una fotografía y se observa en la figura 3.4.

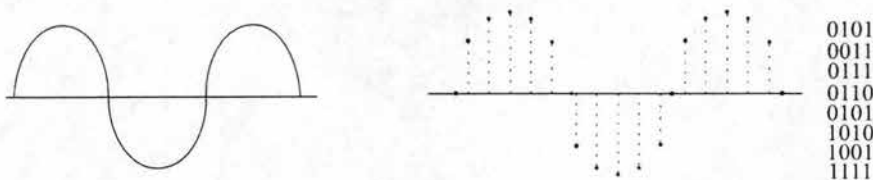


FIGURA 3.4 Ejemplo de la Conversión de una Señal Analógica a Digital

Como otro ejemplo tomaremos una señal senoidal como representación del sonido, para muestrear esta señal la dividiremos en pequeñas porciones, dependiendo de la velocidad de muestreo. Si nuestra velocidad de muestreo es de 20 KHz., entonces vamos a dividir el sonido en 20,000 partes, expresado en terminología digital, el sonido se dividirá en miles de bits o números binarios (0's y 1's) para después convertirlos en una serie de pulsos que se ilustra en la figura 3.5.

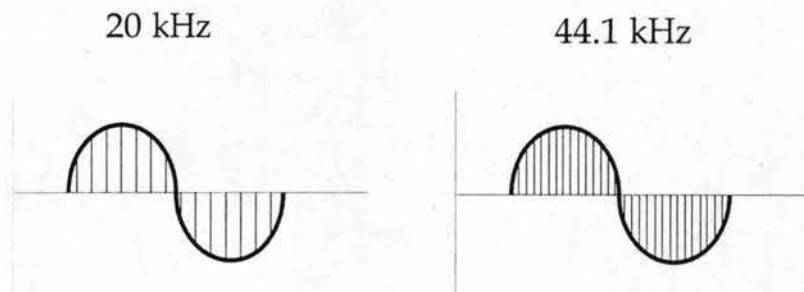


FIGURA 3.5 Ejemplo de Ondas Analógicas Muestreadas a 20KHz y 44KHz

3.4.3 Cuantización (Quantizing).

Cuando se muestrea un sonido, la amplitud de éste se divide en una serie de intervalos o valores distintos, a este proceso se le da el nombre de cuantización (quantizing) y representa la amplitud de la señal digital. A cada división de voltaje se le asigna un valor binario para después almacenarlo, a consecuencia de esto, posteriormente dicho muestreo puede reproducirse a su valor original (señal analógica).

Entre más intervalos de "cuantización" haya, más alta será la "resolución" del sonido, es decir, habrá más calidad sonora. Un buen sistema de grabación, CD ó cualquier otro sistema digital tiene una resolución de 16, 20 o 24 bits. Y a lo que se

refieren dichos valores es al rango dinámico del sistema. Entre más bits de reproducción tenga el sistema, mayor será la calidad sonora de la música. Así que un sistema profesional de 16 bits tendrá un total de 65,536 niveles. Esto es el resultado de multiplicar 2 a la 16ª potencia, es decir, $2 \times 2 \times 2 \dots \times 2$ (dieciséis veces).

Si observamos la figura 3.6 notaremos que el sistema de un bit equivale a dos niveles, al cero y al uno, el de dos bits equivale a 4 niveles o distinciones, en otras palabras, si se multiplica 2 a la potencia de 2 se obtendrá 4, el de 3 bits tendrá 8 niveles ($2 \times 2 \times 2 = 8$), el de 4 bits tendrá 16 niveles ($2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$) y así sucesivamente.

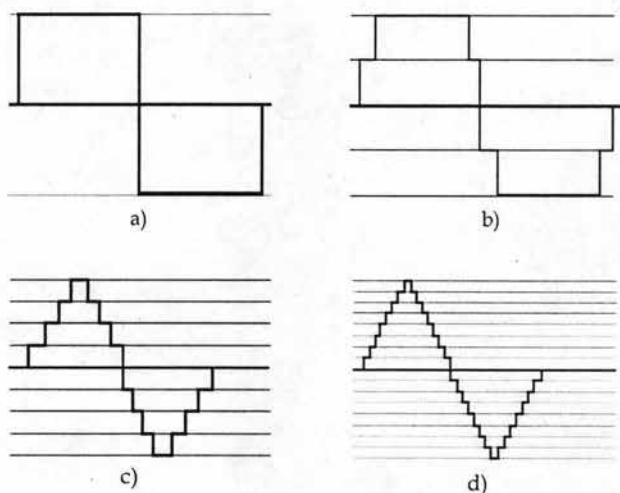


FIGURA 3.6 Ejemplo de una Cuantización de: A) Un Bit, B) Dos Bits, C) Tres Bits Y D) Cuatro Bits

3.4.4 Relación Señal-Error

Haciendo la comparación con la característica relación señal-ruido de una señal analógica, en la que se mide en decibeles la relación que muestra cuanto ruido estará presente en un sonido (ver capítulo 1, tema 1.4.2), para un sistema digital esta característica sería comparable con la señal-error (signal to error ratio), que representa el grado de precisión en que codificó la señal digital.

“Una solución para reducir el error de cuantización es la de utilizar sistemas con una resolución de 16 bits o más. Habrá notado que hoy en día algunos sistemas

ya se diseñan con resoluciones de 20 y 24 bits. Para calcular la relación señal-error de un sistema se multiplica el número de bits por 6 y sumándole al resultado 1.8:

$$\text{RELACIÓN SEÑAL-ERROR} = 6 \times (\text{NUMERO DE BITS}) + 1.8 \text{ dB}$$

El número seis es debido a que por cada bit de resolución tenemos seis decibeles de señal, por lo tanto, en un sistema de 16 bits, tendremos una relación señal-error de 97.8 dB.²²

3.5 Proceso de Grabación Digital

Durante el proceso de una grabación digital "Muestreo", en el momento que la señal entra al sistema, esta debe pasar por varias etapas para llegar al destino final, ya sea disco duro, cinta magnética o cualquier otro medio utilizado. Primero debe pasar por un filtro pasabajas, después por un circuito de muestra/retención, luego por un convertidor analógico-digital, continuando por el proceso de codificación, seguido por el proceso de modulación y finalmente la memoria. Ver figura 3.7.

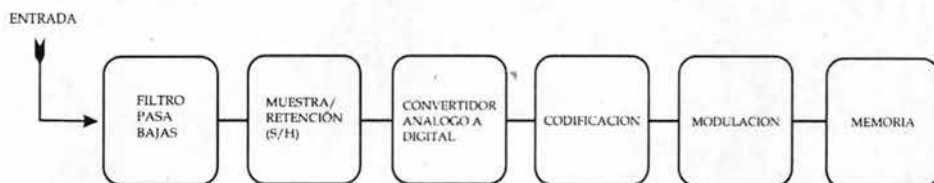


FIGURA 3.7 Ejemplo del Proceso de Grabación en Bloque

3.5.1 Filtro Pasabajas

El filtro pasabajas en un sistema digital (llamado así aunque a veces, dependiendo del sistema, la frecuencia de corte puede ser de 20 KHz.), es la primera etapa por donde pasa la señal deteniendo frecuencias arriba del límite del teorema de Nyquist. A este filtro también se le conoce como filtro antialiasing, porque filtra frecuencias ajenas (aliasing) producidas al muestrear una frecuencia que es más que la mitad de la velocidad de muestreo, es decir, si deseamos muestrear un sonido con una frecuencia digamos de 12 KHz. y su frecuencia de muestreo es de 22.05 KHz. Al hacer el cálculo para sacar la mitad de la frecuencia de 22.05 KHz. notará que el resultado es de 11.025 KHz. Y que la frecuencia que

²² JOSÉ VALENZUELA. Audio Digital. Editorial Miller Freeman Books, San Francisco, 1996, p 18.

deseamos muestrear es de 12 Khz; por esa razón algunas frecuencias "ajenas" se producirán y se mezclarán con el sonido original causando distorsión armónica.

3.5.2 Muestra y Retención (S/H)

Prosiguiendo con el proceso de grabación digital, la siguiente etapa por donde debe pasar la señal es la del circuito de muestra y retención, (S/H) Sample and Hold. El circuito básico de un S/H consiste en un capacitor que es el que retiene la carga o muestra por un determinado periodo de tiempo y un amplificador operacional (Opam) como se observa en la figura 3.8.

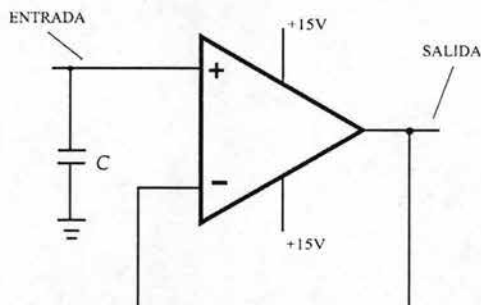


FIGURA 3.8 Ejemplo del Circuito (S/H) Sample and Hold

La función de este circuito es la de muestrear y retener el valor analógico de la señal que se va a grabar a una velocidad y tiempo determinado, es decir, la velocidad de muestreo. El valor analógico se retiene hasta que el convertidor de analógico a digital (ADC-analog to digital converter) produce el correspondiente valor binario. Una vez que este proceso termina (el de la retención de la muestra por una fracción de segundo), el capacitor suelta la carga que tiene detenida y retiene la siguiente muestra o valor analógico para que el ADC mida el valor y produzca el valor binario correspondiente. Este proceso sigue hasta que se oprime el botón STOP en la grabadora.

3.5.3 Conversión de Audio Analógico a Digital

Como mencione anteriormente, la responsabilidad de convertir la señal analógica a información digital la tiene el circuito convertidor "ADC", el cual actúa como un transductor que transforma un tipo de energía a otro. Es un elemento muy importante y crítico en un sistema de audio digital. También, es una de las partes más costosas. Este circuito o componente es el que determina cuál es la

aproximación en lo que se refiere a la cuantización real de la señal analógica que se grabara y el que produce la serie de bits que representa el valor analógico, todo esto en fracciones de segundo. Los requisitos de un buen convertidor son la velocidad en que se cuantiza y la precisión en cuanto a la exacta representación digital de la señal original, por supuesto, cualquier convertidor por excelente que sea, tendrá un porcentaje de error.

Existen varios métodos de conversión de la señal analógica a digital, uno de ellos, que por cierto es muy popular, es el llamado "aproximación sucesiva", (successive approximation). La manera en que funciona este método es comparando el voltaje de la señal con una serie de niveles de referencia, éste sigue comparando niveles hasta que encuentra el adecuado y genera el equivalente en forma digital (0's y 1's). La diferencia entre la aproximación de la señal y el valor real de la señal antes de ser convertida se le llama "error de cuantización", que en realidad escuchamos como ruido. Así que el resultado de la diferencia entre el nivel máximo que puede ser sampleado y el ruido producido por la cuantización nos da la relación señal/ruido del convertidor ADC, que se ilustra en la figura 3.9.

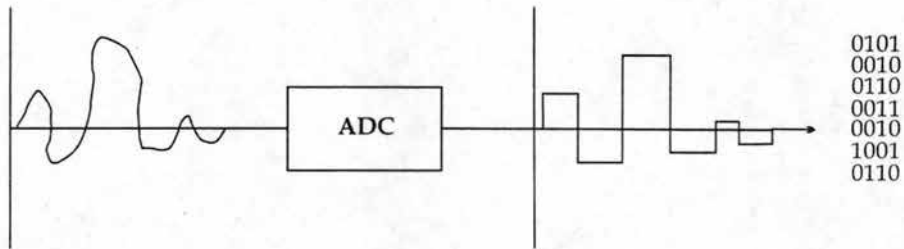


FIGURA 3.9 Ejemplo de una Conversión A/D

El proceso de grabación digital es de forma serial, es decir, las señales sampleadas se transmiten bit por bit hacia el destino final que es el medio en que se va a grabar, sea éste en cinta magnética, disco duro, etc. Pero la información digital que sale del convertidor ADC trabaja en forma paralela, así que esta información debe de convertirse a la forma serial y se lleva acabo usando un multiplexor (multiplexer). Un multiplexor es un dispositivo que cuenta con múltiples líneas de entrada y una sola de salida. Si observamos la figura 3.10, se nota que las dieciséis salidas del convertidor ADC (en el caso de un sistema de 16 bits) están conectadas a las dieciséis entradas del multiplexor y que la salida de éste es sólo una que se dirige al resto de los circuitos que llevará la señal a su destino final.

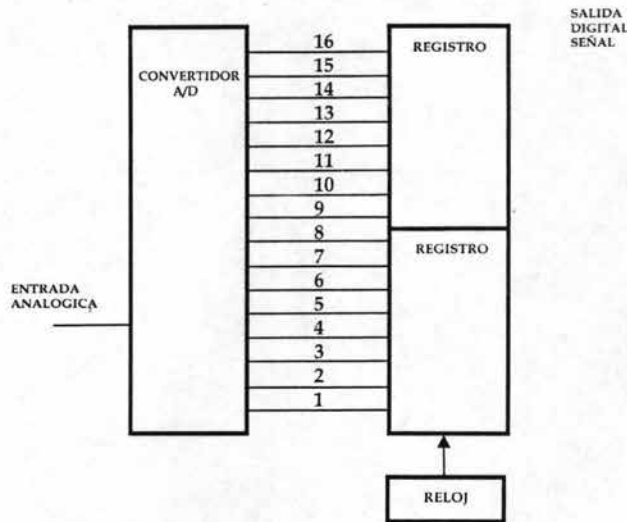


FIGURA 3.10 Ejemplo de un Circuito con un Multiplexor y un ADC

3.5.4 Codificación

Después de que la información de la señal es convertida de forma paralela a serial, la información se codifica, es decir, se le da una identificación a cada "palabra" o grupo de bits que representa la señal muestreada para que sea procesada adecuadamente. Un sistema digital puede identificar a cada grupo de bits o "palabras" por medio de un código de sincronización para que sepa donde inicia cada uno y las separe para poderlas leer fácilmente cuando sea necesario. También durante la codificación se puede (según el diseño del sistema) agregar la "dirección", de cada muestra, para que se pueda identificar fácilmente el lugar en la memoria donde quedó cada muestra o "palabra" después de la grabación. También se generan otros tipos de códigos tales como: la velocidad de muestreo, el contenido, código de tiempo etcétera.

3.5.5 Detección y Corrección de Errores

En un sistema digital es imperativo que exista algún método de detección y corrección de errores para minimizar defectos durante el almacenamiento o grabación de información en un medio. Así como en una grabación analógica cuando hay alguna caída de audio o error en la señal, probablemente es porque hay alguna partícula de oxido que se desprendió de la cinta o una basura que está entre la cinta y las cabezas de la grabadora. Este tipo de caídas de audio en la señal

ocurren también en un sistema digital, sin embargo, por la alta densidad de información en una grabación digital, las caídas son más notables, tanto que se puede escuchar como que si la señal desapareciera totalmente y reapareciera con un "click" en ella o como si la señal o grabación tuviera una especie de rayones.

En un sistema sin corrección de errores, la calidad de la grabación de audio digital sería altamente degradada. Existen varios métodos de detección y corrección de errores usados en grabadoras y otros dispositivos digitales. Uno de ellos es conocido como "cruce entrelazado" de información que básicamente "es una redundancia de información creada con la misma información de la señal original para ayudar a detectar y corregir errores"²³. En otras palabras, la información se graba dos o más veces, pero no todos los sistemas optan por este método ya que usa memoria extra y quizá el sistema no cuenta con ella, ver la figura 3.11. El método cruce entrelazado básicamente coloca la información en varios lugares diferentes de la memoria para evitar que se destruya la señal original y la copia con que se va a corregir el error.

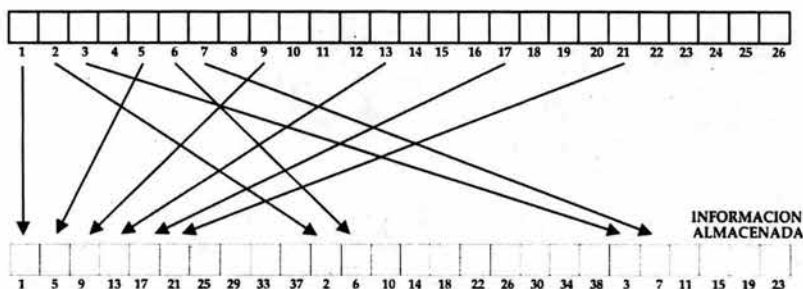


FIGURA 3.11 Ejemplo del Método de Corrección de "Cruce Entrelazado"

Otros fabricantes de equipo digital optan por usar el método llamado "chequeo de paridad" (parity checks). Una sencilla y básica explicación de este método es que cada "palabra" de 16 bits se envía con un bit extra conocido como bit de "paridad", cuando la "palabra" es leída (reproducida), si el número de unos en ese grupo es un "número par", entonces el bit de paridad es el equivalente a "1". Ahora si el uno es impar, el bit de paridad es igual a cero. Finalmente, si al leer la información y el número uno en la "palabra" y el bit de paridad no coincide, entonces el sistema detecta un error y simplemente ignora esa información (ver la tabla 3.5).

²³ JOSÉ VALENZUELA. Audio Digital. Editorial Miller Freeman Books, San Francisco, 1996, p 23.

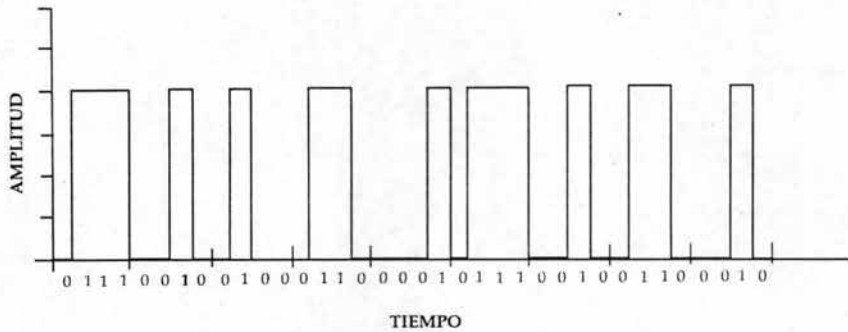
Datos	Bit de Paridad	Resultado
01010100101101	0	ok
01010101001001	1	ok
10101010101010	0	ok
01101000100010	1	error
01101001000110	0	error
11001101011001	1	ok
11010111001100	0	error

TABLA 3.5 Tabla del Método de Corrección "Chequeo de Paridad"

3.5.6 Modulación

Finalmente, después de haber filtrado, muestreado, codificado y corregido la señal en caso de errores, es tiempo de modularla. Cuando la señal se graba, en cualquier medio, ésta no puede grabarse como una serie de unos o ceros solamente, debe ser modulada en otro tipo de señal que también contenga información de tiempo para que los bits sean contados correctamente, de otra manera al querer reproducir la señal o muestra, es posible que el sistema de reproducción o receptor no distinga o interprete el sonido que debe ser, en otras palabras, que no cuente bien el número de bits, etcétera; causando un gran problema.

El sistema de modulación que se usa típicamente para grabar en cinta magnética un sonido es la Modulación Código de Pulso (PCM) el cual usa una señal de pulso constante que ocurre a la velocidad de muestreo del convertidor AD. Este tipo de modulación lleva una amplitud constante y varía en el ancho del pulso de acuerdo al valor de la muestra o señal que se esté codificando. Por ejemplo si nota en la gráfica 3.1, el ancho del pulso depende de los 1's y 0's que tenga la señal codificada. Este es el ejemplo de una palabra de cuatro bits. Por supuesto, este tipo de modulación puede usarse con cualquier número de bits en una "palabra".



GRAFICA 3.1 Ejemplo de Modulación

Finalmente, después de que la señal o muestra fue modulada, ésta se envía a su medio de almacenamiento o memoria, es decir, a la cinta, disco duro, etcétera, para usarse o reproducirse en un tiempo dado.

3.6 Proceso de Reproducción Digital

Bien, como ya se imaginará, el proceso de reproducción de una grabación digital es básicamente lo inverso al proceso de grabación.

Este proceso empieza leyendo la información desde la memoria e incluye las etapas de demodulación, decodificación, la de conversión digital a analógica, el circuito de muestra y retención y el filtro pasabajos de salida, observe la figura 3.12.



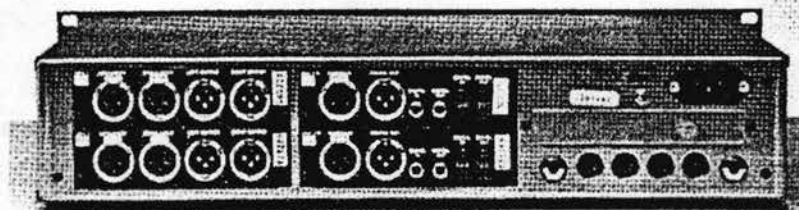
FIGURA 3.12 Proceso de la Reproducción Digital en Bloque

3.7 Transmisión Digital

En los últimos años las transferencias de audio digital se han vuelto muy populares por lo económicas y accesibles. Mucha gente aún no tiene el concepto bien definido de lo que es una transferencia o transmisión de audio digital. El sólo hecho de conectar la salida de audio de una grabadora DAT a la entrada de otra no significa que se está haciendo una copia digital del material o de la música. En realidad lo que se está haciendo es una copia del material, pero análogamente, es decir, voltajes y no números digitales cuando se conecta las salidas de las grabadoras que están marcadas como "BALANCED OUTPUT o INPUT" y no como "DIGITAL I/O" "DIGITAL OUTPUT y DIGITAL INPUT".

Habrás notado que en algunos aparatos, como procesadores de efectos, convertidores de velocidad de muestreo, muestreadores, sintonizadores, DAT, grabadoras multipistas, discos compactos, tienen en el panel posterior diferentes conectores que están marcados con sus respectivos nombres y denotan de que tipo son las salidas o entradas, es decir análogas o digitales. Algunas veces están separadas para no equivocarse.

En la fotografía 3.1, podemos observar los diferentes tipos de conectores que tienen los equipos profesionales con conectores de I/O analógicas, en la siguiente etapa se nos muestra diferentes tipos de conectores para la transferencia de audio digital y son: AES/EBU (conectores XLR o Cannon), SPDIF (conectores RCA) y OPTICAL (conectores para fibra óptica). También podrá observar que solo hay un conector para las entradas y salidas, izquierda y derecha, ya que la información de los dos canales se maneja por un solo conector y cable.



FOTOGRAFÍA 3.1 Panel Posterior del M5000 de T.C. Electronic

3.7.1 Finalidad de Transferencias de Audio Digital

Una de las razones por las cuales es necesario hacer copias digitales en lugar de analógicas, es que al realizar copias analógicas, la señal tiene que pasar por una consola para ajustar niveles para posteriormente ser grabada. Obviamente, si la grabación cuenta con buenos niveles, se pueden conectar las grabadoras directamente sin tener que pasar por una consola, pero aun así se tienen que ajustar niveles de entrada de la grabadora en que se realizará la copia. Esto es en caso de que no se tengan buenos niveles. El proceso de pasar la señal por la consola es un proceso normal, lo que pasa es que dependemos de la calidad de la consola y nos afecta directamente en la calidad del audio; si la consola induce ruido nuestra grabación quedara con ruido.

El problema del ruido en una consola se debe a que en cada etapa de la consola por donde pasa la señal, es decir, por el preamplificador, por el ecualizador, por el fader, etcétera, hay un aumento de ruido producido por los amplificadores de los circuitos. Si los circuitos usan amplificadores (OpAmps) de muy buena calidad, entonces el ruido será mínimo, de otra manera si se le sube el volumen para escuchar mas señal, también se le esta aumentando el nivel de ruido que se viene sumando de todos los amplificadores o etapas por donde pasa la señal. Ver la figura 3.13.

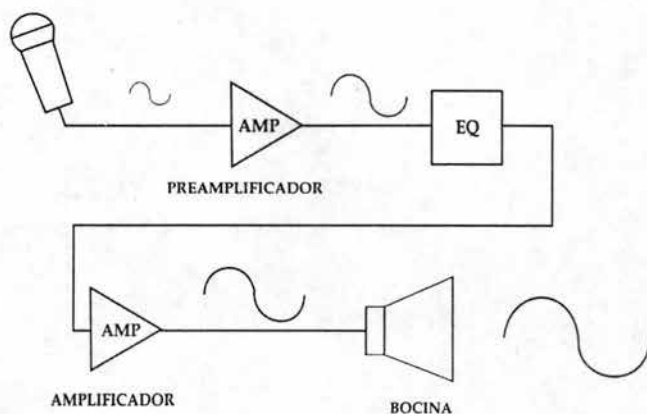


FIGURA 3.13 Una Señal Pasando por Dos Amplificadores y Un Ecualizador

Por otro lado, si en lugar de hacer la copia analógica se hace digitalmente, entonces no tendrá que ajustar ningún nivel de entrada ya que el nivel de entrada

de la DAT donde se va a copiar la información será exactamente igual al nivel que contiene la grabación original sin tener que pasar por una consola. Recuerde que lo tenemos que enviar es por un cable que interconecta las dos grabadoras que transfiere información digital (dígitos 0's y 1's) y no voltajes o audio, aun cuando se usen cables de audio común con conectores XLR o RCA.

Otra razón por la cual se deben hacer copias del material digitalmente es porque cada vez que se toca la DAT original, no se degrada ni pierde calidad sonora. En cambio en una grabación analógica en cinta magnética cada vez que se reproduce la música o material se pierde un poco de respuesta en frecuencias agudas y finalmente, después de un gran número de reproducciones el sonido que presentara será muy opaco ya que se perderá casi en su totalidad las altas frecuencias.

3.7.2 Tipos de Formatos de Transmisión de Audio Digital (Protocolos)

En primer lugar, para hacer una transmisión en cualquier formato debe seleccionarse la velocidad de muestreo en la que se llevara a cabo la misma. Por lo general los sistemas de hoy en día pueden transmitir a velocidades de 32kHz, 44kHz y 48kHz. Y la velocidad que debemos elegir dependerá de la velocidad de muestreo que tiene la grabación original, ya que si seleccionamos alguna diferente los equipos nos marcaran un error.

Si no esta muy claro el concepto de la velocidad de muestreo, solo piense como si estuviera usando una grabadora analógica donde usted tiene que seleccionar a que velocidad correrá la cinta a 15 ips (pulgadas por segundo) o a 30 ips, suponiendo que esta usando una grabadora profesional de 24 pistas con una cinta de 2 pulgadas de ancho. Vamos a suponer que grabo una canción a una velocidad de 30 ips, llega a otro estudio y coloca la cinta, entonces se da cuenta de que esa canción que se grabo se escucha más lenta y más baja de tono, bien, si observamos notara que la selección de la velocidad de la grabadora se encuentra en 15 ips y no en 30 ips.

Se preguntara, ¿Para qué quiero seleccionar una velocidad de 30 ips en lugar de 15 ips?, bien, la respuesta es que entre más rápido viaje la cinta, tendrá menos ruido de cinta, y la grabación será mejor.

La desventaja de esta, es que la cinta se usara más rápido y no podrá grabar la misma cantidad de canciones. Otro punto en contra es que el costo es elevado, aproximadamente \$140 US Dls. por cada cinta de 2 pulgadas, a menos que no haya objeción por el precio de la cinta en el presupuesto del proyecto. Por otro lado si se

graba a una velocidad de 15 ips, la cinta le rendirá mas, pero la calidad será menor y el ruido de cinta aumentara. En muchos estudios lo que se hace es grabar en 15 ips, para ahorrar cinta pero se utiliza el sistema de reducción de ruido Dolby SR.

Lo mismo pasa en una grabación digital, si usted decide grabar a una velocidad de muestreo de 48kHz, pasara lo mismo que en el ejemplo analógico, pero en lugar de gasto de cinta, será la memoria en un disco duro. Como mencione en el caso de una grabación con cinta a 30 ips, si grabamos digitalmente a 48 Khz., obtendremos una máxima reproducción y con un buen rango dinámico en la señal grabada. Ahora, cuando escuchamos un disco compacto grabado a una velocidad de 44.1kHz, la calidad sonora es también excelente y si comparamos la calidad entre una a 44.1kHz y otra a 48kHz, la diferencia es mínima, a propósito, recuerde que si grabamos a 48kHz, de todas formas tendrá que bajar la velocidad de muestreo a 44.1kHz para fabricar los CD's ya que este es el estándar de fabricación.

Bien prosigamos con el objetivo de esta sección que es la de explicar los diferentes tipos de formatos de transmisión de audio digital.

Hasta ahora los formatos de transmisión que se usan frecuentemente y son:

- AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcast Union)
- S/PDIF (Sony/Phillips Digital Interfase Format)
- MIDI (Musical Instruments Digital Interfase)

a) Protocolo AES/EBU

El Formato AES/EBU se ha convertido en el formato de transmisión de audio digital más popular. Este formato se usa para transmitir dos canales (izquierdo y derecho) simultáneamente por un cable de la línea balanceada. A este formato se le considera como profesional. "La transmisión consiste en una señal con información de tiempo para la sincronización y depende de la velocidad de muestreo, se considera auto-controlada. Trabaja usando un método de modulación de frecuencia bi-fásico, donde la polaridad es independiente, de esta manera no importa si el cable se conecta fuera de fase, de todos modos funcionara. Asimismo, fue diseñado para poder correr el cable hasta una distancia de 100 metros, y si tuviéramos la necesidad de aumentar la longitud, se utiliza un dispositivo que refuerce la señal para evitar perdidas. El voltaje de la señal puede ser entre 3 y 10 volts pico a pico con una impedancia de 110 ohms"²⁴, observe la figura 3.14.

²⁴ JOHN WATKINSON. Engineer's Guide to the Digital Transition. Editorial Nvision, Nevada, 1998, p 40.

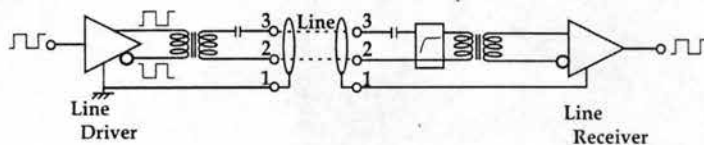


FIGURA 3.14 Interfase AES/EBU Drive/Receiver

“Una transmisión de AES/EBU se lleva a cabo por bloques de 192 bits que son organizados en veinticuatro palabras de 8 bits cada uno. En estos bloques de información se transmiten dos sub-cuadros de 32 bits durante cada periodo de muestra. Cuando se hace una transmisión de dos canales de audio, se envían en forma serial, por ejemplo, un sub-cuadro sería el canal izquierdo y otro el canal derecho, de esa manera se enviaría el primer sub-cuadro primero y después el segundo, enseguida el primero de nuevo y después el segundo y así sucesivamente. En caso de mandar una señal mono, entonces se enviaría solamente el primer sub-cuadro.

Como sabemos un sub-cuadro consiste en 32 bits, 24 de estos se usan para la información de audio de un canal (ver la figura 3.15). Los otros bits proporcionan información que le envía el equipo transmisor al equipo receptor (velocidad de muestreo, fecha y hora en que se está transmitiendo, la dirección de la información para cerciorarse de que la sincronización se está manteniendo intacta, la información de sincronización) y código maquina. En la mayoría de los casos solo se utilizan 16 o 20 bits para la información de audio, el resto, son asignados como cero, o se reservan para otras aplicaciones.”²⁵

²⁵ CARLOS GARCÍA QUIROZ Y HIROSHI SUZUKI. Fundamentos de la Técnica de Video, Audio y VTR Digital. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 1994, pp 38, 39, 40.

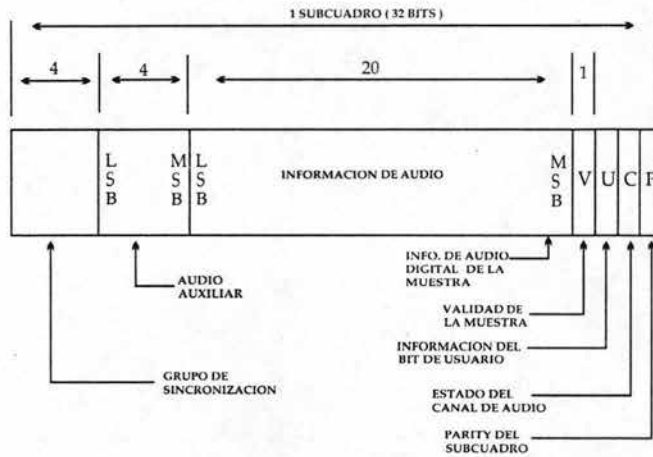


FIGURA 3.15 Estructura del Formato de Transmisión AES/EBU

b) Protocolo S/PDIF

Básicamente, el S/PDIF se diseñó para transmitir audio digital (dos canales a la vez), el tipo de conectores que utiliza son RCA, aunque en algunos casos se incorporan conectores de fibra óptica. Ver la figura 3.16.

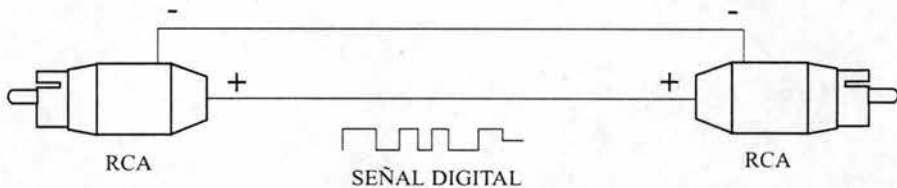


FIGURA 3.16 Conectores RCA para Realizar la Transferencia Vía S/PDIF

Las principales diferencias entre el formato AES/EBU y el S/PDIF, es en primer término el tipo de conector usado y el voltaje con el que trabaja S/PDIF es de 0.5 volts con una impedancia de 75 ohms. La transmisión es similar al del protocolo AES/EBU, en donde la información de los canales se envía en bloques de 192 bits.

c) Protocolo MIDI

“MIDI (Musical Instrument Digital Interface) es un protocolo de transmisión digital muy usado en la actualidad para controlar varios sintetizadores por medio de uno solo, conectar instrumentos musicales a la computadora, respaldar información, entre otras. Este formato utiliza un cable tipo DIN (Deutsch industry Norm) que consiste en cinco alambres conductores de los cuales únicamente se utilizan tres, los otros dos se dejan sin conexión. Para evitar la degradación de la señal digital, que como consecuencia produce falsa información mientras se transmite, dicho cable no debe exceder de 15 metros de longitud.”²⁶

- El pin 2 es de conexión a tierra (GND).
- El pin 4 es el que alimenta con +5 volts.
- El pin 5 es el que transmite la información digital MIDI.
- Los pines 1 y 3 permanecen sin conexión.

Ver la figura 3.17.

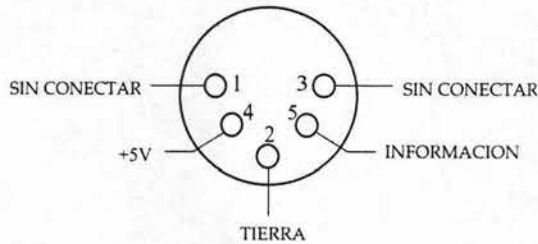


FIGURA 3.17 Diagrama de un Cable MIDI

Las aplicaciones de MIDI son ilimitadas. Los usos más comunes son:

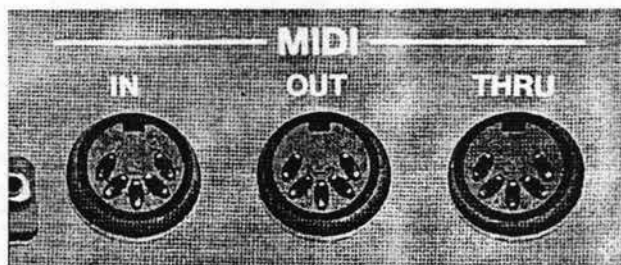
- a) Tocar varios sintetizadores de diferentes marcas con un solo teclado.
- b) Sobreponer o combinar diferentes sonidos de sintetizadores de varias marcas y crear sonidos orquestales que con un solo sintetizador sería imposible reproducir.
- c) En conciertos, este protocolo ayuda a disminuir la cantidad de teclados en el foro (stage).
- d) Por medio de MIDI se pueden controlar diferentes efectos de sonido.
- e) También se utiliza para sincronizar varios secuenciadores.
- f) Otra de las características es la de facilitar la escritura musical ya que se obtiene de manera inmediata.

Los equipos cuentan con conexiones MIDI llamadas:

²⁶ DIGIDESIGN. Reference Guide of Pro Tools. L.A. 2001, p 15.

- ENTRADA MIDI (MIDI IN)
- SALIDA MIDI (MIDI OUT)
- ENLACE DIRECTO DE MIDI (MIDI THRU)

Ver la fotografía 3.2.



FOTOGRAFÍA 3.2 Conectores Entrada MIDI, Salida MIDI y Enlace Directo MIDI

La salida transmite la información digital MIDI, la entrada recibe la información transmitida por otro sintetizador y el enlace directo es una replica de la entrada MIDI para que la información recibida en un sintetizador esclavo siga directamente sin retraso hacia el segundo sintetizador esclavo y así sucesivamente, observe la figura 3.18.



FIGURA 3.18 Ejemplo de una Transferencia vía MIDI

CAPITULO CUARTO

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

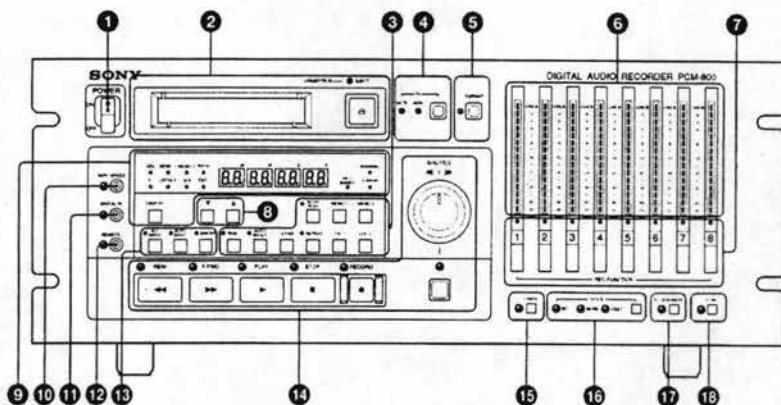
En este capítulo analizaré dos sistemas de almacenamiento de información para audio digital que en la actualidad utilizan Televisa, TV Azteca, BMG, entre otras, ya que son formatos estándares en la industria del audio.

El primer sistema es la grabadora Multitrack que consta de 8 tracks, modelo PCM-800, Marca SONY. Esta grabadora es digital y utiliza cinta magnética de formato HI-8.

Como segundo lugar presento un sistema compuesto por una computadora como hardware y PRO TOOLS como software, Marca DIGIDESING, utilizando disco duro para almacenar la información.

4.1 Grabadora Multitrack PCM-800 de Sony

En este punto hablare de los conceptos básicos en que se rige el fenómeno de almacenamiento de datos en cinta magnética, componentes de la grabadora y diagrama a bloques. En la Fotografía 4.1 se muestra la grabadora PCM-800.



FOTOGRAFÍA 4.1 Panel Frontal de la Grabadora PCM-800 de SONY

En una videgrabadora hay una relación muy estrecha entre el sistema mecánico y la circuitería electrónica, debido al diseño de estos equipos. En primer lugar, dado que la cinta viene contenida en un cartucho, se requiere un mecanismo de enhebrado que la extraiga y la coloque en trayectoria, adicionalmente como es preciso que los tracks helicoidales sean leídos por las cabezas magnéticas con una posición y velocidad constantes, es necesario que el giro de los motores de capstan y drum se encuentren vigilados por un circuito servo.

4.1.1 Fundamentos de Grabación en Cinta Magnética

Para comprender fácilmente el funcionamiento de una cabeza grabadora, tomaremos como ejemplo una barra de hierro que al colocarla cerca de un imán se magnetizará, de tal forma que la reacción del extremo de la barra junto al polo norte del imán es convertirse en un polo sur, y por lo tanto el extremo correspondiente al polo sur de dicho imán se convertirá en el polo norte de la barra de hierro. A esto se le llama magnetismo residual y es básico para la grabación magnética. Como se muestra en la figura 4.1.



FIGURA 4.1 Principio de Magnetización Residual

Aplicando el fundamento anterior a la grabadora PCM-800, la cabeza de grabación toma el papel del magneto y la cinta Hi-8 el papel de la barra de hierro.

Así como un micrófono es el que convierte el sonido en audio siendo una señal eléctrica, la cabeza de grabación es la que convierte el audio a señal magnética.

“La cabeza consiste en un cilindro de material no magnético donde se colocan los GAP’s (cabezas de grabación-reproducción). Un GAP es una estructura de material no magnético delgado en forma de hendidura, compuesto por alambre enrollado con la finalidad de crear un electroimán. Varía su estructura y su medida según el uso, refiriéndonos a audio o video, ver figura 4.2.”²⁷

²⁷ CARLOS GARCÍA QUIROZ. Fundamentos para la Ingeniería del Mantenimiento. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 1999, pp 17 – 18.

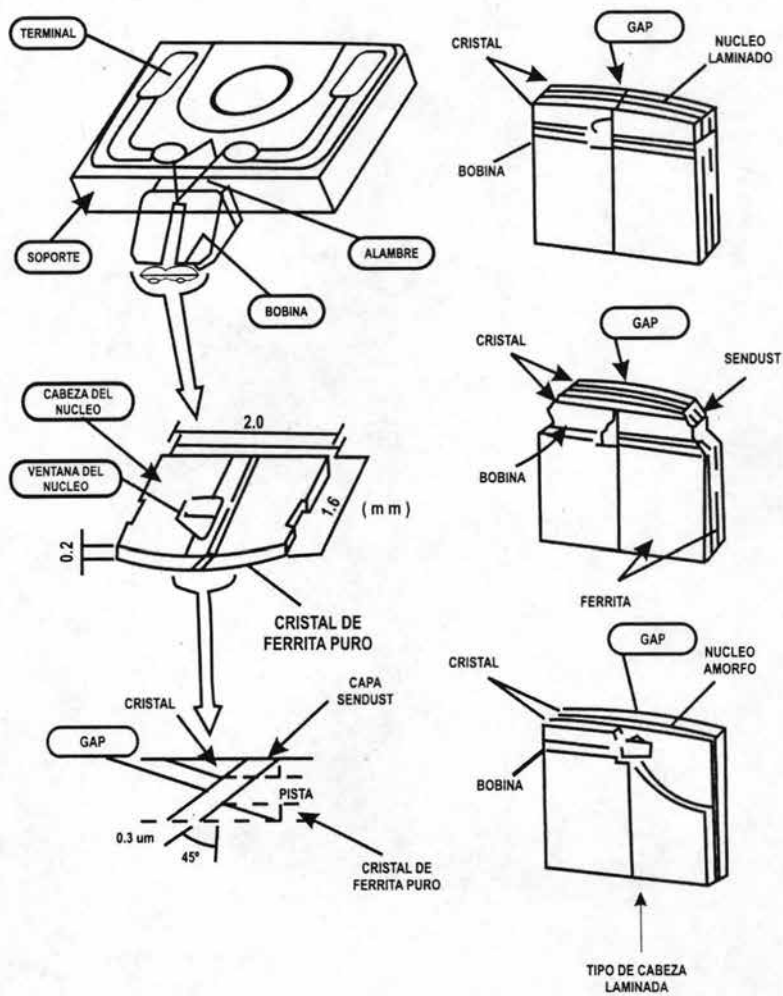


FIGURA 4.2 Estructura del GAP

La cinta de Hi-8 esta hecha de una base de poliéster sobre el cual ha sido pintado un material aglutinante compuesto de partículas magnéticas muy pequeñas, la superficie de la cinta es finamente pulida. Observe la figura 4.3.

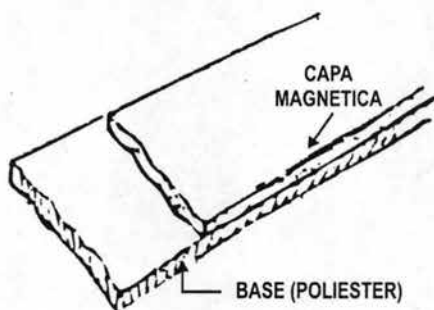


FIGURA 4.3 Composición de una Cinta de Hi-8

El material destinado en la cinta debe ser magnéticamente suave para responder a las corrientes de señal que varían continuamente.

Dicho material debe tener la característica de intensidad magnética y una buena densidad de flujo magnético residual, para que pueda conservar la grabación. Observe la figura 4.4.

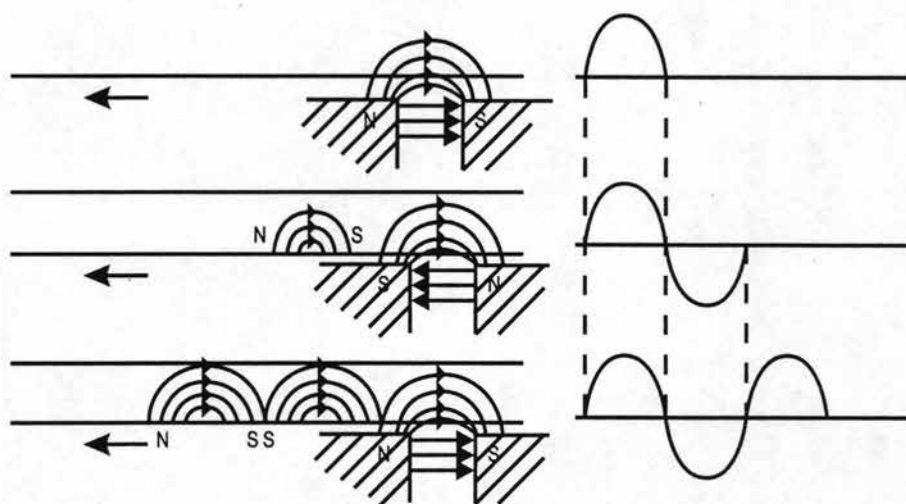


FIGURA 4.4 Información Almacenada en la Cinta

El proceso de magnetización del material, se puede representar de la siguiente forma, vea la figura 4.5 que se muestra a continuación.

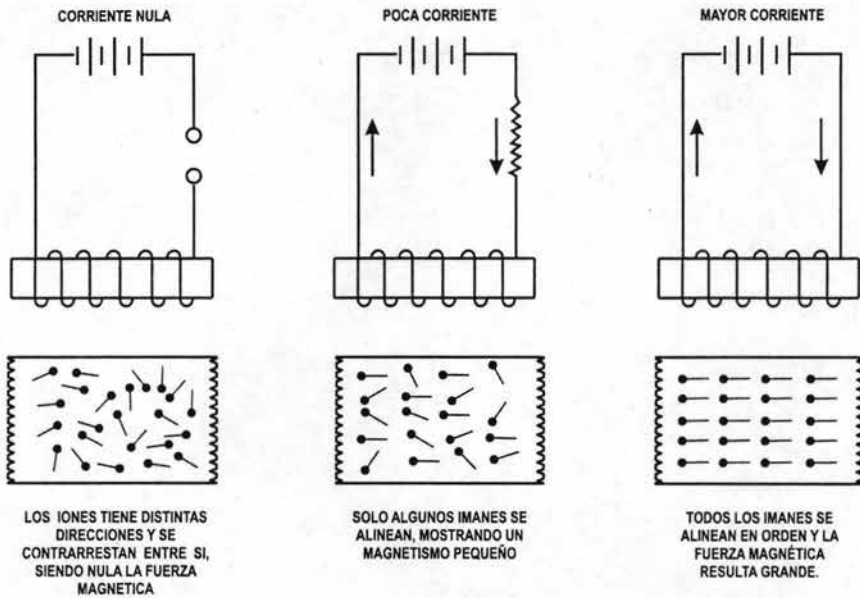


FIGURA 4.5 Respuesta Magnética de la Cinta con relación a la Corriente Suministrada

“El dominio magnético una vez formado, se mantiene más o menos con el mismo orden, aunque se aleje el campo magnético externo; al material con el magnetismo residual relativamente fuerte se denomina material de *magnetismo intenso* (Hard), y al resto se le denomina material de magnetismo suave (Soft).

Dicho proceso se muestra en la figura 4.6 y se denomina curva B-H o curva de histéresis.”²⁸

²⁸ CARLOS GARCÍA QUIROZ. Fundamentos para la Ingeniería del Mantenimiento. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 1999, pp 12 – 13.

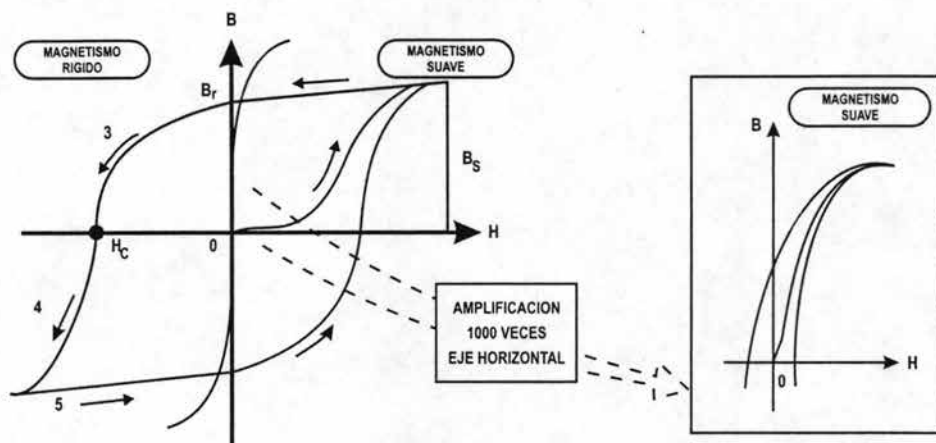


FIGURA 4.6 Curva B-H del Material Magnético, Rígido y Suave

Para expresar la característica de la curva B-H de un material, se considera:

- Hc (campo de oposición o coercitivo),
- Br (densidad de flujo magnético residual),
- Br/Bs (la relación de la forma angular de la curva B-H) y
- Bs (la densidad del flujo magnético en saturación).

4.1.2 Características de la Grabadora PCM-800

Ya que conocemos los principios básicos de cómo funciona una cabeza de grabación (Drum), hablaremos de las características de la grabadora PCM-800.

Utiliza cinta de formato Hi-8, llamada así debido a que el grosor de la cinta es de 8mm, es empleada para trabajar con frecuencias y formatos de video; esta máquina fue implementada para grabar audio en un sistema de video ya que tiene un gran desempeño.

Es una grabadora de cabeza giratoria. Se colocan dos o más GAP's en el cilindro giratorio (Drum), este mecanismo es muy similar al de una VHS, la cinta avanza lentamente del carrete izquierdo del casete al carrete derecho del mismo y el Drum gira con mayor velocidad en sentido contrario al desplazamiento de la cinta, con el fin de incrementar la efectividad de la velocidad cinta - cabeza, permitiendo una densidad más alta de información que puede ser grabada en cierta cantidad de cinta, en otras palabras se puede almacenar gran información en poca cinta, este formato adquiere altas velocidades de relación cinta - drum de hasta 2,540 ips,

disminuyendo considerablemente el consumo de cintas comparándolas con equipos de grabación de cabezas fijas (ver figura 4.7).

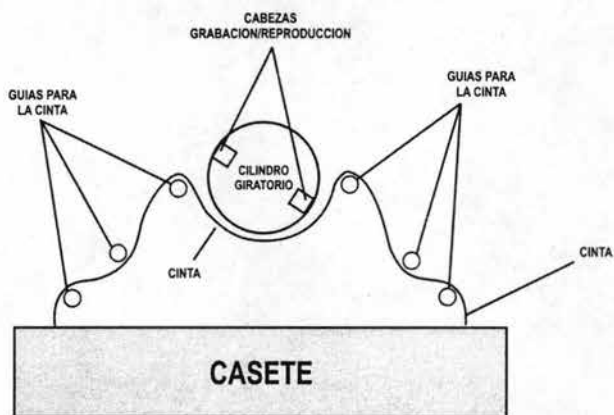


FIGURA 4.7 Transporte de una Grabadora PCM-800

“Los GAP’s son montados en el drum con la finalidad de crear una serie de pistas diagonales a lo largo de la cinta, esto se conoce como helical scans y permite grabar mayor densidad de información”²⁹. No se tienen pistas en forma longitudinal, sino diagonal. La pista de control (CTL) que va a lo largo de la cinta está también en diagonales, a esto se le conoce como helical track y sirve para mantener en sincronía a la cinta y a la cabeza. En la figura 4.8 se muestra el formato de grabación de la PCM-800.

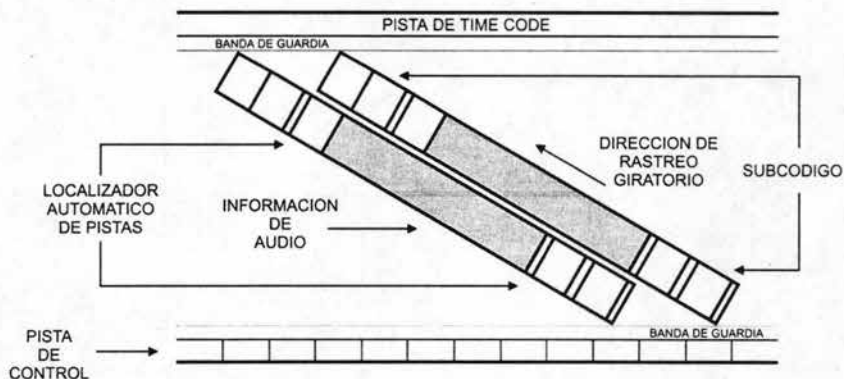


FIGURA 4.8 Formato de Cinta Hi-8

²⁹ SONY. *Service Manual Digital Audio Recorder PCM-800*. Japan, 1995, pp 18-19.

“Un sistema de grabación PCM-800 tiene una excelente calidad en la grabación ya que utiliza un sistema digital de 16 bits y tiene un rango dinámico de 48 dB, puede grabar, reproducir y editar 8 tracks, maneja 8 in/out analógicas y 8 in/out digitales utilizando el protocolo AES/EBU, también cuenta con el sistema MIDI y puede variar la velocidad de reproducción.”³⁰

Enseguida se muestra el diagrama a bloques de dicha maquina, (ver figura 4.9).

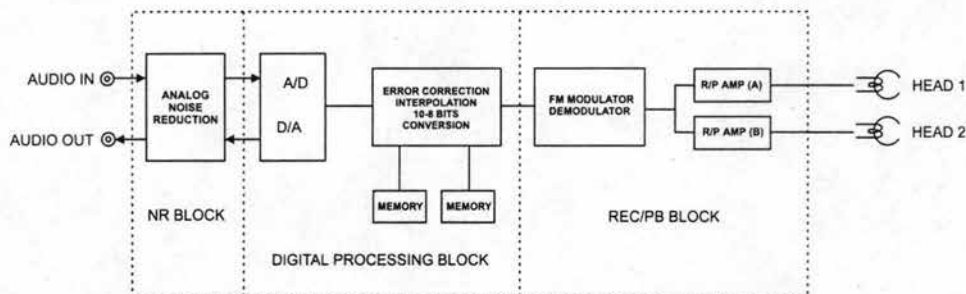


FIGURA 4.9 Diagrama a Bloques de la Grabadora PCM-800

a) Reducción de Ruido (Block NR)

Este bloque llamado Analog Noise Reduction procesa la señal analógica para reducir su ruido.

Le damos el nombre de ruido a cualquier señal no deseada independientemente de su origen o naturaleza. Podemos decir que existen dos tipos de ruido de acuerdo a su origen:

Ruidos acústicos, que son generados dentro del medio ambiente y ruidos eléctricos que se originan en los dispositivos que manejan o almacenan la señal deseada.

Los ruidos eléctricos, generalmente se originan en los sistemas que conducen o almacenan señales, si el ruido es de tipo continuo, es posible diseñar un filtro que elimine únicamente las componentes incluidas en el ruido, dejando intacto el resto de la información.

Para la reducción de los ruidos no continuos, se han desarrollado dos tipos básicos: los que operan en el dominio de las frecuencias dolby y los que obedecen a la intensidad de la señal dBx.

³⁰ SONY. Service Manual Digital Audio Recorder PCM-800. Japan, 1995, pp 28 - 29.

b) Procesamiento Digital (Digital Processing Block)

Dentro de este bloque existen tres sub-bloques que son los siguientes:

- Convertidor A/D y D/A
- Error correction
- Memory

En el primer sub-bloque se convierte la señal de analógica a digital (A/D) o de digital a analógica (D/A) dependiendo que se este realizando, reproducción o grabación como se explico en el capitulo anterior (3.5.3 Conversión de Audio Analógico a Digita), que prácticamente se basa en hacer un muestreo y cuantizar la señal analógica para obtener una información digital.

Continuando con el segundo sub-bloque se corrige la falta de información en la cinta, causado por dropouts que se refieren a imperfecciones de la cinta por un mal almacenamiento.

Y el tercer sub-bloque es una memoria RAM en la cual se almacena temporalmente información, facilitando el proceso de conversión.

c) Reproducción y Grabación (REC/PB Block)

Como ultimo bloque tenemos el REC/PB, el cual cuenta con tres sub-bloques que mencionaré enseguida:

- FM Modulator y Demodulator
- R/P Amp Head "A"
- R/P Amp Head "B"

Para almacenar información en la cinta magnética es necesario codificar la señal en Frecuencia Modulada.

El sub-bloque FM, Modula y Demodula, en otros términos, codifica y decodifica la señal dependiendo de que se esté realizando, reproducción o grabación, como se mencionó anteriormente, este sistema utiliza el método de grabación de video y la información del audio es grabada en el ancho de banda del

Subcarrier o también conocido como portadora de color que tiene un ancho de banda de 3.58 MHz. efectivos e inician de 1.25 hasta 5.25 Mhz. Aproximadamente, observe la figura 4.10.

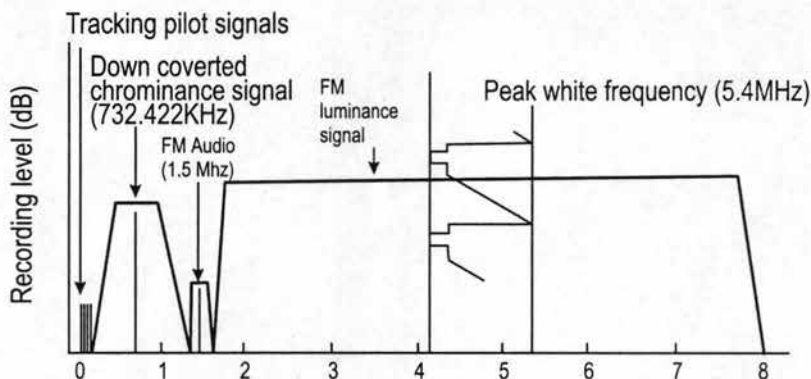


FIGURA 4.10 Ancho de Banda Utilizado por las Cabezas Rotatorias de Video

Los sub-bloques de R/P Amp. Head "A y B", son amplificadores que incrementan la amplitud de la señal proveniente de las cabezas A y B.

4.1.3 Sistema de Servo

Este sistema esta compuesto por los motores y circuitos electrónicos que los controlan .

Para realizar la grabación y reproducción en forma correcta, se debe controlar tanto el avance de la cinta como las revoluciones de la cabeza.

Si las revoluciones de la cabeza no son uniformes, el sonido presenta distorsión o ruido, para reproducir sin interferencia y defectos se necesita el control de servos. Que esta conformado por los siguiente motores:

- El motor del drum,
- El motor de Reels,
- El motor capstan que con ayuda del Pinch Roller dan avance a la cinta.

Estos tres motores son controlados por un driver, el cual compara la velocidad de los motores mencionados para tenerlos en sincronía, asegurando de esta forma, la reproducción y grabación correcta.

a) Servo de Drum

El motor de drum incluye varios sensores montados en la parte inferior del motor del drum, los cuales detectan constantemente la velocidad y fase de giro del motor (ver figura 4.11). A su vez, las señales generadas en los sensores se comparan con una oscilación fija estable de 3.58 MHz. Proveniente de las frecuencias de video, de tal manera que si detecta alguna desviación de los parámetros nominales, los circuitos respectivos incrementan o disminuyen el voltaje de alimentación del motor del drum, para que acelere o frene según el caso siendo este un sistema de auto-regulación.

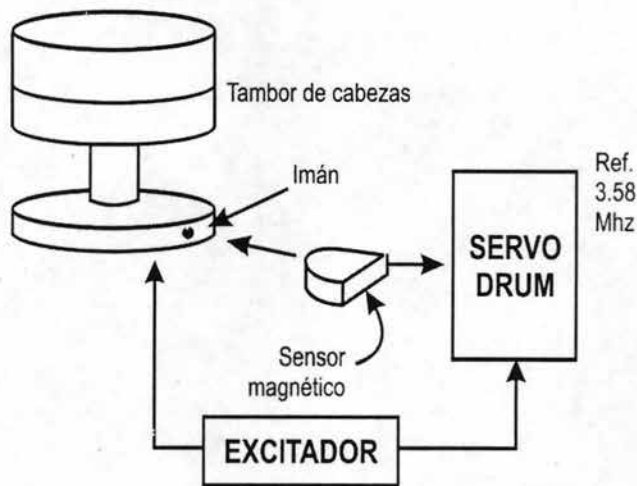


FIGURA 4.11 Sistema Servo de Drum

b) Servo de Reels

El movimiento de la cinta dentro del compartimento del casete es controlado por medio de los reel izquierdo y reel derecho, que con la ayuda de un motor controlan dicho desplazamiento. Dicho despliegue de cinta tiene que estar coordinado con la velocidad de los servos de capstan y drum. Esta sincronización se lleva a cabo con la ayuda de sensores ópticos que están colocados en la parte inferior de los reels y checa su velocidad, mostrándose en la figura 4.12.

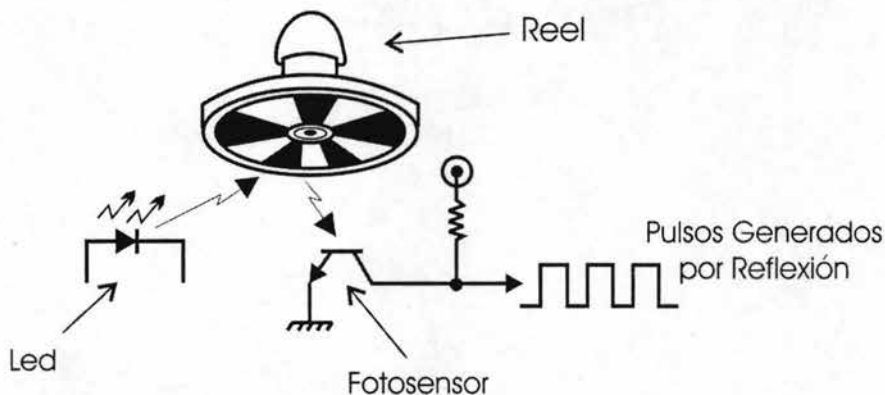


FIGURA 4.12 Control Óptico de Servo de Reel

c) Servo de Capstan

De igual forma, es necesario que la cinta se desplace a una velocidad y fase constantes, por lo que también se requiere de un servomecanismo que vigile estos parámetros. El circuito encargado de esta función es el servo de capstan, que también consta de un motor y dos sensores. Con la combinación de estos elementos se consigue que la cinta se desplace a una velocidad determinada, a fin de obtener una señal de video reproducida de la manera más fiel posible ver la Figura 4.13.

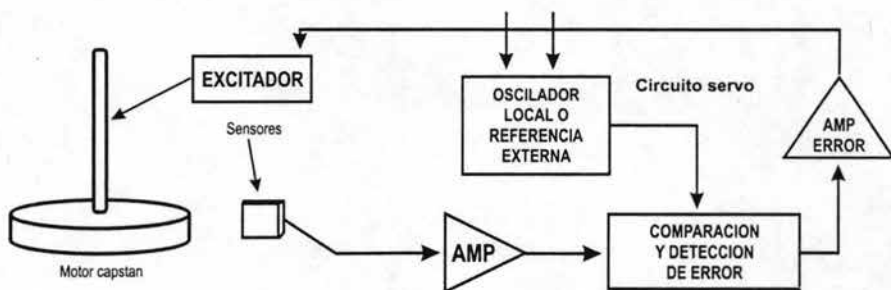


FIGURA 4.13 Sistema de Servo de Capstan

4.1.4 Sistema de Control (Syscon)

Esta etapa viene a ser como el cerebro de la videograbadora, puesto que es la que controla todas las funciones de la maquina, como son el encendido y apagado de secciones completas, el paso o bloque de señales, el movimiento de los motores y todos los mecanismos restantes.

Normalmente todo sistema de control consta de los siguientes elementos: un circuito de alta escala de integración que recibe el nombre de microcontrolador, el cual es una variante de un microprocesador ; un conjunto de sensores y varios circuitos excitadores encargados de impulsar a los motores, solenoides, etcétera, con los que se da cumplimiento a las ordenes que determine el usuario por medio del teclado de control, ver la figura 4.14.

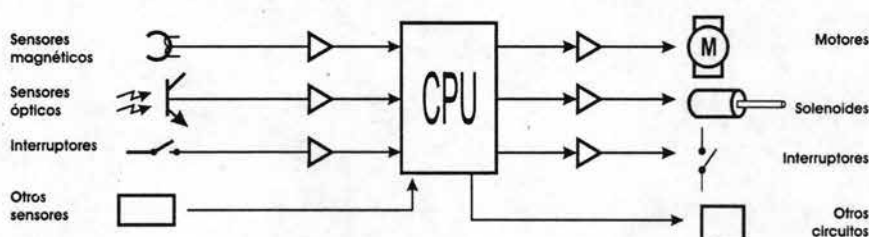


FIGURA 4.14 Sistema de Control

4.1.5 La Importancia de la Limpieza de VTR'S Profesionales

Es muy importante mantener un buen contacto entre la cinta y las cabezas de video para obtener un sonido de buena calidad. La alta densidad de grabación significa que una cantidad de información de sonido es grabada en cada unidad de área de la cinta magnética y se requiere de un perfecto contacto.

Si dejamos correr la cinta por un tiempo muy largo, diminutas partículas caen de la superficie de la cinta o el polvo que hay en el ambiente, acumulándose gradualmente en el mecanismo de la maquina, adhiriéndose en la cabeza provocando una reproducción de baja calidad.

Las partes deben de ser limpiadas con una tela llamada Popelina ya que no deja residuos textiles, esta se humedece con alcohol Isopropilico que se evapora rápidamente sin dejar rastro del solvente y proporciona una buena limpieza, las partes que deben ser limpiadas son:

Cabezas Rotatorias (Drum)
Cabezas Fijas (Cabeza de Borrado)
Trayectoria de Cinta (Guías, Capstan, Pinch Roller)

Cabe mencionar que dichos componentes se deben limpiar con movimientos horizontales siguiendo la trayectoria la cinta.

4.1.6 Recomendaciones para Mantener una Cinta en Buen Estado

Para mantener una cinta en buen estado debemos tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No tocar la cinta, ya que una impresión dactilar deja residuos de grasa por lo que se adhiere el polvo provocando daños irreversibles.
- Después de usar la cinta se debe regresar al inicio.
- Se tienen que almacenar en lugares donde la temperatura oscile entre los 15 - 25°C.
- Mientras la cinta esta almacenada asegúrese de que este en su respectiva cubierta y colocada verticalmente.
- Para propósitos de ventilación, es recomendable que la cinta se rebobine una vez al año.

4.1.7 Ventajas y Desventajas del Sistema

Ventajas

- Rápida reproducción
- Formatos de cinta fáciles de transportar
- Fácil operación de equipos de grabación

Desventajas

- Únicamente editan linealmente
- Solo manejan 8 tracks
- Casetes de almacenamiento costosos
- Mantenimiento costoso
- Limpieza de sistema mecánico constante

4.2 Pro Tools

En los últimos diez años han cambiado radicalmente las técnicas de grabar y editar audio. Para poder grabar un disco con buena calidad sonora, se tenía que ir a un estudio profesional donde se contaba con lo último en tecnología para producir un buen sonido, pero era demasiado costoso y por lo mismo poco accesible.

En 1983 se estableció el protocolo MIDI, este brindó a los compositores y músicos el poder de controlar varios sintetizadores y cajas de ritmo con un solo teclado o una computadora creando música de buena calidad

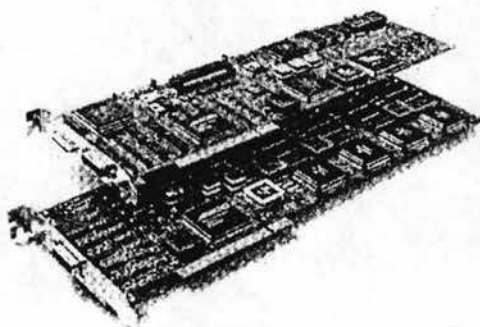
4.2.1 Características Principales de Pro Tools

- Pro Tools puede grabar y reproducir de 16 a 48 pistas directo del disco duro.
- Es posible conectar de 8 a 64 canales (entradas y salidas de audio físicas).
- Cuenta con una mezcladora virtual, con la que se puede procesar digitalmente las señales por medio de programas conocidos como Plug-Ins, también puede automatizar, asignar entradas y salidas con un path bay interno, etcétera, todo esto por medio del software TDM Bus (Time Division Multiplexing).

4.2.2 Sistema Básico de Pro Tools

Todo equipo de Pro Tools para funcionar consta de:

- Una tarjeta llamada disk I/O , que ofrece 16 pistas de grabación directa a disco duro, procesamiento de señales DSP (Digital Signal Processing). Ver la fotografía 4.2
- Otra tarjeta de nombre DSP Farm que incluye cuatro chips para poder usar la mezcladora y procesadores de efecto conocidos como Plug-Ins.



FOTOGRAFÍA 4.2 Tarjetas Disk I/O y DSP Farm de Pro Tools

- El software de aplicación para poder grabar, mezclar y editar, que incluye representación grafica de la ventana de edición, del transporte y de la mezcladora como se muestra en la siguiente figura 4.15.

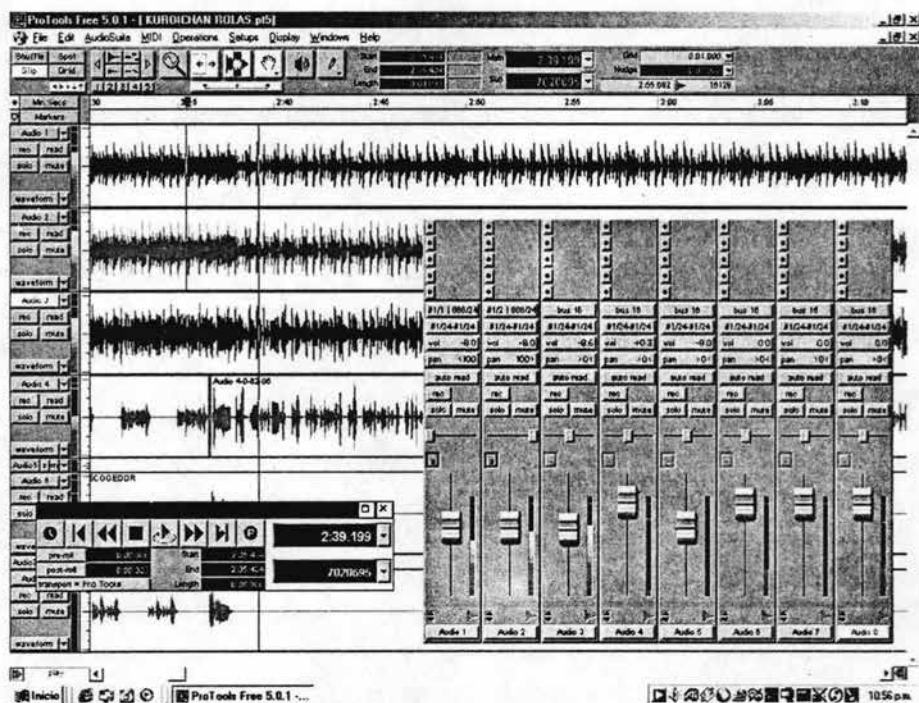
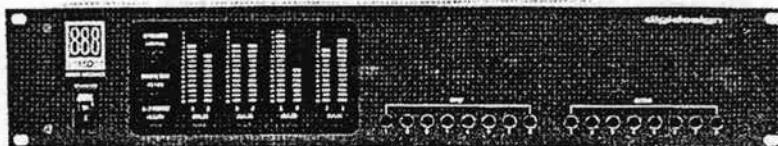


FIGURA 4.15 Ventana de Pro Tools Incluyendo Ventana de Edición, Mezcla y Transporte

- Interfase de conexión modelo 888 I/O, que sirve para conectar entradas y salidas de audio ya que es un convertidor digital-análogo y análogo-digital. Ver la fotografía 4.3



FOTOGRAFIA 4.3 Interfase de Audio Modelo 888 de Digidesign

4.2.3 Terminología

Session (Sesión): Es el documento que Pro Tools crea cuando comienza un proyecto nuevo. El software pregunta dónde se desea colocar esa sesión, es decir en que disco duro será almacenada, notará que automáticamente se crea una carpeta con el nombre que se le dio a la sesión. Esta carpeta contiene dos archivos, uno llamado Audio Files y el archivo ejecutable que tienen como icono la figura de un carrete de cinta de grabación, ver la figura 4.16. Ahora, si por alguna razón se desea transportar la sesión a otra maquina deberá copiar los dos archivos. Ya que el archivo ejecutable es solo un acceso directo a los audio files, la automatización, que está unida con la sesión, es decir, todos los ajustes que se ven en la ventana de edición.

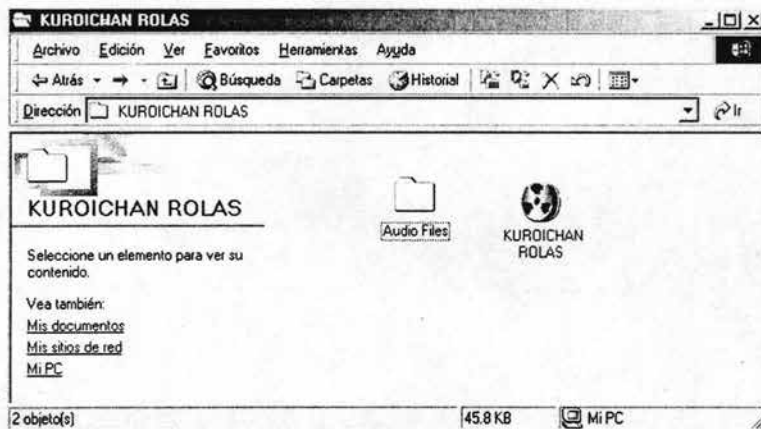


FIGURA 4.16 Ventana Mostrando Iconos de Sesión de Pro Tools

Region (Región): Es una porción de información de audio o MIDI. Una región puede ser un verso de alguna canción, un efecto de sonido o un pedazo de diálogo y es la que se visualiza en pantalla. Con esto no solo podemos escuchar el audio sino también visualizarlo. En Pro Tools, las regiones se pueden "capturar" de una sección de audio o MIDI para crear un loop y repetirlo en una región o crear una lista de regiones.

Playlist (Lista de Regiones): Es una lista de regiones en un orden específico. Por ejemplo, cuando se ordenan las canciones de un proyecto para mandarlo a masterizar y crear el disco compacto.

Tracks (Pistas): Es donde se colocan las regiones de audio o MIDI en un orden específico para ser reproducidas. Una pista puede consistir en una o varias regiones. Es importante señalar que se pueden tener o crear hasta 53 pistas virtuales por cada tarjeta Disk I/O en una sesión de Pro Tools, pero sólo 16 voces o pistas de audio digital pueden reproducirse al mismo tiempo.

Voices (Pistas audibles): Se refiere al número de eventos o pistas que se pueden reproducir al mismo tiempo. Si se contara con dos tarjetas Disk I/O y dos DSP Farm el sistema reproduciría 32 "voces", es decir 32 pistas que se pueden escuchar simultáneamente teniendo cuatro interfases 888. Sólo se pueden tocar al mismo tiempo un máximo de 48 voces es decir, tres tarjetas.

Channel (Canal): Se refiere a las entradas y salidas físicas del 888 I/O. Si se agregan tarjetas Disk I/O y Bridge I/O extras para conectarlas en las interfases de audio, el máximo número de canales será de 64.

Virtual Track (Pistas Virtuales): Son pistas que se pueden grabar, editar, automatizar pero que no se pueden escuchar al mismo tiempo. Son llamadas "virtuales" porque ofrecen virtualmente toda la funcionalidad de una pista. Se pueden crear hasta un máximo de 53 pistas virtuales por sesión.

Las pistas virtuales son dinámicamente asignadas (dynamically allocated), es decir, cuando un hueco se abre en la pista, su voice o voz queda disponible para que se pueda colocar otra pista en esa posición y empezar a reproducir su contenido.

OMS (Open MIDI System): Fue diseñado por la compañía Opcode Systems. Este programa facilita la comunicación entre la computadora, los dispositivos MIDI y Pro Tools.

TDM (Time División Multiplexing): El TDM es una mezcladora con capacidad de 256 tracks y 16 buses internos con calidad de 24 bits y actúa como una "carretera de información para el audio digital".

Al usar TDM se puede crear una mezcladora virtual con:

- Cinco puntos de inserción de ganancia unitaria por canal
- Cinco envíos auxiliares por canal (cambiables Pre/Post fader)
- 16 buses de mezcla internos
- Volumen y panorama automatizable con edición gráfica
- Retornos y entradas auxiliares mono o estéreo automatizables
- Integración de fuentes digitales/analógicas externas usando las entradas y salidas disponibles de la interfase de audio. Es decir, se pueden conectar un procesador de efectos externo y poder así controlarlo con los controles de la mezcladora interna y automatizar el efecto como el de un reverb usando las entradas auxiliares como retornos que se pueden crear en Pro Tools.

4.2.4 La Tarjeta DSP Farm

"El DSP Farm es uno de los elementos más cruciales de Pro Tools. Se puede pensar en él como si fuera una potente máquina para el proceso de señales. Un DSP Farm tiene cuatro chips modelo 56000 de Motorola que proveen la potencia para sus mezclas y programas DSP Farm o Plug-Ins. Son totalmente asignables o configurables dinámicamente, esto significa que se pueden asignar los efectos como se desee. Pero existe un límite del número de efectos y funciones, que puede usar al mismo tiempo con una sola tarjeta DSP Farm. En el mundo del TDM se dice que ciertas funciones de mezcla y proceso de señales usan un DSP o dos DSP chips; ya que una tarjeta DSP Farm sólo tiene cuatro chips, dos se usan automáticamente para las funciones básicas de mezcla, es decir, al aparecer una mezcladora en la pantalla. Así que si se tiene una sola tarjeta DSP Farm y se crea una mezcladora grande con TDM o se usan muchos envíos o efectos (Plug-Ins), rápidamente se usarán los cuatro chips de DSP y se llegará hasta el límite para mezclar y procesar, a menos que se instale una segunda tarjeta de DSP Farm. En caso de alguna duda sobre cuántas tarjetas se deberán adquirir, primero debe tomarse en cuenta el tipo de aplicaciones que se le van a dar a Pro Tools, es decir, post-producción, producción musical, etcétera. Yo recomiendo adquirir dos tarjetas DSP Farm si se tiene la posibilidad económica, pero si no es así, entonces recomiendo usar los efectos externos en lugar de los efectos internos o Plug-Ins."³¹

³¹ DIGIDESIGN. Reference Guide of Pro Tools. L.A. 2001, pp 22 - 23.

Lo que se debe tomar en cuenta para usar el DSP es:

- 1) Cuántos módulos de entrada necesitan para la mezcla
- 2) Cuántos Plug-Ins o efectos se desean usar
- 3) Cuántos envíos y buses se requieren utilizar

Por ejemplo, se puede asignar toda la potencia del DSP Farm para crear una mezcladora con docenas de canales, pero no se podrá usar ningún bus, envíos o Plug-Ins. Al mismo tiempo, se puede crear una simple mezcladora de 16 x 2 con envíos y retornos auxiliares, un submaster y un DSP Plug-In en varias pistas. También se puede empezar usando uno de los modelos de mezcladoras proporcionados cuando se instala el software como punto de partida o crear una mezcladora propia desde el principio.

Pueden usarse las siguientes reglas básicas al usar DSP en una sesión:

- 1) Por lo menos dos chips en un sistema Pro Tools se dedican automáticamente a la mezcladora.
- 2) Cada conexión de un bus o envío requiere DSP para mezclar señales. Esto significa que cada envío, retorno o entrada auxiliar que se use, utilizará un chip DSP disponible.
- 3) Cada categoría o familia de efectos o Plug-Ins requiere su propio DSP individual. Esto significa que si se usa un compresor solamente y un EQ ya se habrán usado dos chips DSP completos, ya que el EQ y el compresor son diferentes tipos de Plug-Ins. Sin embargo, pueden usarse hasta ocho diferentes Plug-Ins dinámicos en mono (compresor, expansor, gate, etcétera) y usar sólo un chip DSP ya que todos están en la misma categoría o familia de efectos.
- 4) Los Master Faders no requieren de ningún chip DSP. Pueden usarse libremente para controlar los niveles de la submezcla, el nivel maestro del envío y los niveles maestros de la salida.

Puede verse en el monitor cuántos chips DSP están siendo usados por medio del programa llamado "Allocator" que está en el archivo Utilities dentro del archivo Digidesign en el disco duro interno de la computadora. Puede observarse cuántos chips DSP quedan disponibles en la tarjeta DSP Farm en la sesión en que se está trabajando.

4.2.5 DAE (Digidesign Audio Engine)

Es el sistema operativo de tiempo real para sistemas de grabación digital de Digidesign. Sin el DAE, Pro Tools no puede funcionar. Es una aplicación en ella misma y es capaz de funcionar con cualquier software como: Studio Vision, Logic Audio, Cubase Audio, Digital Performer, entre otros, utilizan tarjetas DSP de Digidesign para grabar y reproducir audio digital. Hay que tener en cuenta que nunca se tiene que ejecutar el DAE por sí mismo. Cuando se abre el programa de Pro Tools, el DAE se abrirá automáticamente. Cuando se termina de trabajar con Pro Tools, el DAE se cierra automáticamente. Cuando se instala el software de Pro Tools, el DAE se instala en el archivo Sistema Fólder.

4.2.6 Descripción de las Ventanas de Pro Tools

Cuando se abre una sesión nueva en Pro Tools para grabar, mezclar y editar, podemos percatarnos de que existen tres ventanas o pantallas diferentes que son:

- Ventana del transporte
- Ventana de edición
- Ventana de la mezcladora

a) Ventana del Transporte

Esta ventana, como se muestra en la figura 4.17 consiste en los botones para controlar las funciones de grabación y de reproducción de Pro Tools. Es parecido a los transportes encontrados en todas las grabadoras, sean estas profesionales, de casete, Adat, etcétera, también se pueden activar con el teclado, por ejemplo, en lugar de hacer un clic en la ventana del transporte para activar la función PLAY, puede oprimirse la barra espaciadora, al oprimirlo una segunda vez, la función STOP se activará.



FIGURA 4.17 Ventana del Transporte de Pro Tools

Además de las funciones de grabación en la ventana del transporte, también se pueden asignar hasta 100 memorias de localización, es decir, si se está editando algo en alguna sección de una canción y se desea brincar a otra sin perder la posición en que se está, con grabar solamente esa posición en una memoria, se seguirá teniendo hasta que se borre. Es conveniente titular las memorias con un nombre alusivo al trabajo, asimismo, en esta ventana, se pueden asignar los tiempos de entrada y salida de grabación cuando se este usando la función de punchado - punch in/out.

Las funciones de izquierda a derecha son:

On-Line: Al oprimir este botón, una luz intermitente se encenderá significando que está esperando un código de tiempo como SMPTE para empezar a tocar o a grabar en sincronización, digamos con una señal de video.

Return to Zero: Coloca el cursor al principio de una sesión.

Rewind: Rebobina el cursor tal como se rebobina una cinta, pasando por toda la sesión comenzando desde la posición donde se encontraba el cursor en el instante en que se oprimió el botón.

Stop: Con esta función se puede detener la grabación o reproducción al instante. La misma función se logra oprimiendo la barra espaciadora del teclado.

Play: Al oprimir este botón, la sesión empezará a reproducirse y se comenzará a escuchar lo grabado.

Fast Forward: Esta función es parecida al rebobinado pero en lugar de rebobinarse, éste se adelanta pasando por la sesión.

Go To End: Al oprimir este botón, el cursor se manda hasta el final de la sesión.

Record: Activa Pro Tools para grabar. Primero se debe oprimir este botón y se notará que una luz roja empieza a destellar, significando que está listo para grabar.

b) Ventana de Edición

La ventana de edición es la que se utiliza para efectuar ediciones y grabaciones, dicha ventana se muestra en la siguiente figura:

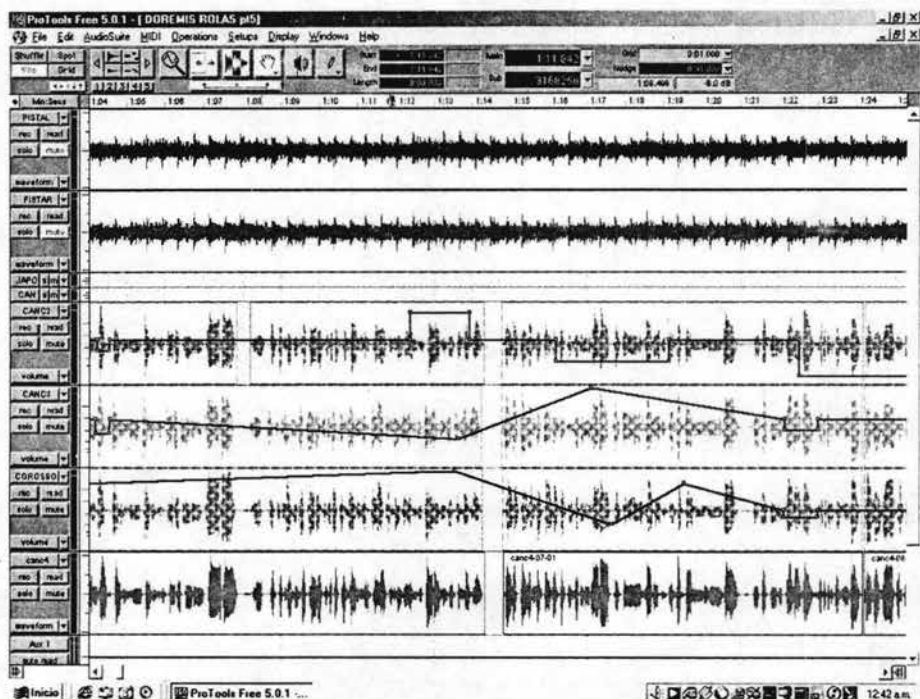
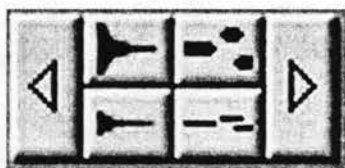


FIGURA 4.18 Ventana de Edición

En el extremo superior izquierdo aparece una serie de herramientas, con ellas se puede cortar, mover, seleccionar, escuchar, etcétera, una o varias regiones simultáneamente al estar editando. A continuación muestro una breve descripción de lo que hace cada herramienta:

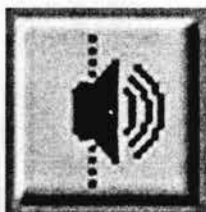
Display Scale Arrows: Esta herramienta permite ver más a detalle la forma de onda de una región cuando se necesita seleccionar un punto de la región exactamente en un tiempo específico para colocar algún efecto de sonido o cortar una pequeña sección. En otras palabras, se puede controlar el tamaño de la región con más precisión.



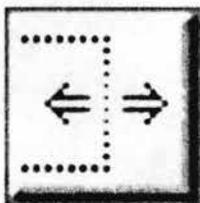
Zoomer: Esta herramienta hace básicamente lo mismo que las flechas, es decir, sirve para mirar con más detalle una región, sólo que con la lupa, se selecciona un área general que puede ser ajustada con las flechas. Si por alguna razón se selecciona un área de la región y no se sabe en qué parte de la región está, con sólo hacer doble clic en la lupa, la región volverá a su tamaño original.



Scrubber: Esta herramienta hace lo mismo que cuando uno está editando una cinta magnética para escuchar a baja velocidad donde se desea hacer el corte de la cinta.



Trimmer: Con el Trimmer se puede acotar o alargar una región rápidamente a la longitud deseada.



Selector: Con esta herramienta puede seleccionarse una porción de alguna región. Si la función Loop en el menú Options de Pro Tools está activada, entonces la selección que se hizo de la región tocará repetitiva e indefinidamente hasta que se deselectione esta región, oprima STOP o se desactive la función Loop.



Grabber: El Grabber o manita permite mover las regiones y posicionarlas en el orden deseado. Los cuatro modos de operación: Shuffle, Slip, Spot y Grid, afectan el modo en que pueden moverse las regiones.



Al lado derecho de las herramientas se encuentra la sección donde se puede seleccionar el principio, el fin y la duración de la grabación o reproducción de una región como se muestra en la figura 4.19. Se puede ajustar para que indique el tiempo en minutos y segundos, en compases para cuando se esté usando MIDI, en horas:minutos:segundos:cuadros.

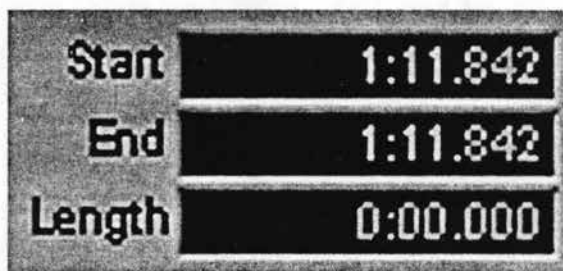


FIGURA 4.19 Sección de Principio, Fin y Duración de la Grabación

Al extremo derecho de la ventana de edición se muestra lo que se llama lista de regiones de audio y la lista de regiones de MIDI que está debajo de la de audio. Cuando se graba la música de un comercial, por ejemplo en estéreo, al oprimir el botón STOP, automáticamente lo que se grabó, se mostrará en esta línea. Si fue

MIDI lo que se grabó, entonces se mostrará en la lista de abajo. Lo que se muestra en esa lista son las regiones que se graban y las regiones de ediciones que se hayan hecho en esa sesión.

De esa lista es de donde pueden jalarsé las regiones que se necesiten para la edición. Por ejemplo, si se grabaron tres canciones diferentes, las tres aparecerán en la lista, pero si se desea que la última que se grabó sea la primera en tocar y la segunda que se grabó sea la última, entonces puede hacerse sólo con seleccionar la manita en la sección de herramientas y ponerla en las regiones en que se desea colocar la pista. Por esa razón a Pro Tools se le considera un sistema no-destructivo, porque se puede borrar de la pista las regiones y volverlas a colocar en la pista si así se desea cuantas veces se requiera y sin tener que re-grabar esas regiones.

Finalmente, en el extremo izquierdo de la ventana de edición, tenemos varias funciones básicas y comunes en cualquier mezcladora analógica y que también se encuentran en la ventana de la mezcladora como la función de SOLO, MUTE, REC (grabación) y AUTO (automatización). Esto se muestra en la figura 4.20. Abajo del botón del indicador de tiempo, tenemos la sección de la pista. Se puede dar un nombre a la pista haciendo doble clic a ese botón (AUDIO 1).



FIGURA 4.20 Funciones de Solo, Mute, Record, Auto, de una Pista

c) Ventana de la Mezcladora

Esta ventana incluye los módulos de la consola con casi todas las funciones que se encontrarían en una mezcladora o consola convencional como se muestra en la figura 4.21.

Empezando de arriba hacia abajo, podemos ver los cinco puntos de inserción (inserts) que Pro Tools nos ofrece. Una consola Mackie de 32x8 por ejemplo, sólo tiene un punto de inserción. Enseguida se muestran los 5 envíos donde podemos asignar uno de los 16 buses internos o salidas físicas para enviar una señal a un procesador externo, por ejemplo. Bajo los envíos está el patch bay donde podemos elegir una de las ocho o más (dependiendo de cuántas interfases de audio se tengan conectados) entradas (inputs) y salidas (outputs) físicas. También tenemos el indicador de volumen y del panorama que muestra la cantidad de volumen de la región y su panorama, es decir, si se está paneando a la izquierda o hacia la derecha. Estos dos indicadores trabajan con los deslizadores de volumen (fader) y de panorama (panning). En otras palabras, al mover el fader hacia arriba o hacia abajo, los números en el indicador de volumen también cambiarán. Y como mencioné anteriormente, también se encuentran las funciones ya descritas en la ventana de edición, es decir, las funciones SOLO, MUTE, AUTO y REC, la asignación de una de las 16 voces o pistas y su nombre.

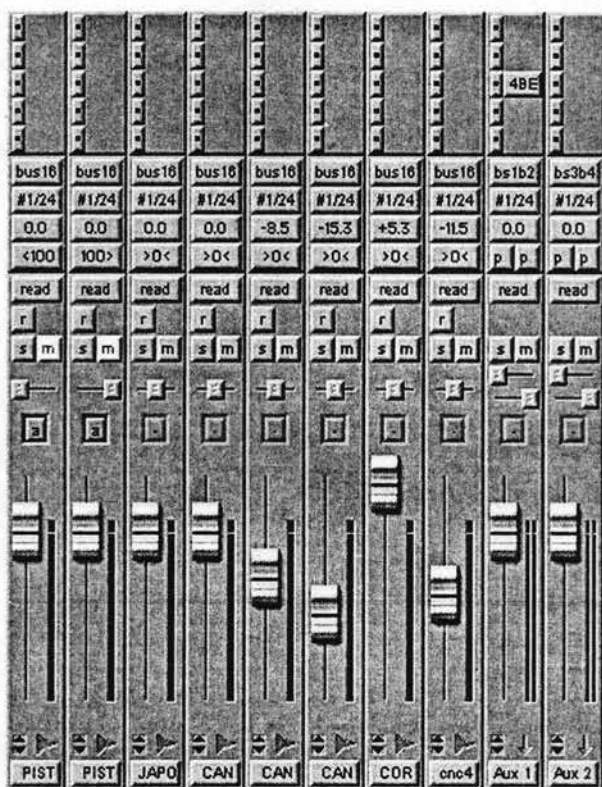


FIGURA 4.21 Ventana de Mezcladora Virtual

4.2.7 Plug-In

Un Plug-In es un programa de procesamiento digital de señales de audio (DSP) que trabaja con el sistema de Pro Tools, como aplicación de la consola virtual (TDM), en otras palabras es un programa adicional al software de Pro Tools. El TDM, como mencioné anteriormente, es una consola mezcladora digital de 256 canales y 24 bits con buses de audio internos para hacer mezclas digitales en la computadora y grabarlas directamente a DAT con una excelente calidad sonora, así como para procesar digitalmente las señales de audio. Cuando se adquiere un Plug-In, éste viene de fábrica en un disco para poder instalarlo en una computadora y hacerlo funcionar por medio de uno de los cuatro chips de la tarjeta DSP Farm.

Un buen número de compañías se han dedicado al diseño de Plug-Ins para el procesamiento de las señales de audio y se han unido a Digidesign para crear todo un ambiente digital en la computadora. Cuando se adquiere un sistema de Pro Tools por ejemplo, éste incluye algunos procesadores de audio (Plug-Ins) como EQ, Compresores, Gates, Dither, Delays. Si aún no se tiene una idea clara de qué es un Plug-In, sólo piense en que son procesadores de efectos, pero en lugar de ser físicamente una caja de metal con partes electrónicas, estos son programas para computadora que cuando activa uno de ellos aparece en la pantalla la simulación del panel frontal de un procesador con sus respectivos controles. En el caso de que sea un reverberador como el D-Verb de Digidesign, por ejemplo, como se muestra en la figura 4.22, entonces aparecerán controladores como delay time, input, mix, feedback, etcétera.

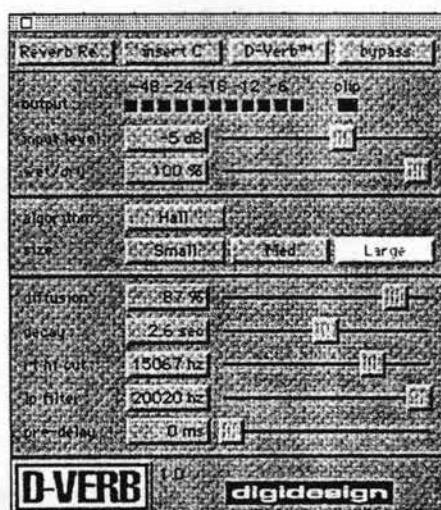


FIGURA 4.22 Ventana de Plug-In D-Verb de Digidesign

Como mencioné, algunas compañías están lanzando al mercado varios tipos de procesadores de audio, como para quitar clicks o ruido en discos como el Declicker de Steiberg, que se observa en la figura 4.23, también Digidesign tiene un Plug-In para remover ruido de hiss y zumbidos creados por problemas de tierra (ground loops), este se llama DINR. Asimismo hay procesadores de tono como el DPP-1 de Digidesign que sirve como un armonizador en el cual puede cambiarse el tono a una voz para hacerla mas gruesa, para crear efectos de sonido, etcétera. Cabe mencionar, que la compañía Arboretum Systems tiene en el mercado el Plug-In llamado Hyperprism-TDM que cuenta con una variedad de efectos como vibrato, flanging, el efecto doppler, ring modulator, chorus, filtros, etcétera, éste se muestra en la figura 4.24. Dos de estos efectos se pueden usar ocupando un solo chip de DSP en la tarjeta DSP Farm, por lo general la mayoría de los Plug-Ins necesitan de un chip de DSP entero. La compañía Waves, lanzó al mercado entre otros Plug-Ins, el popular L-1 Ultramaximizer que es un procesador que tiene la función de dither y noise shaping, éste Plug-In es usado para masterizar discos compactos, la imagen se observa en la 4.25, además la empresa Apogee Electronics Corporation tiene en el mercado un Plug-in para masterizar discos compactos llamado Master Tools y la compañía Focusrite, un ecualizador que se muestra en figura 4.26. Estos son los Plug-Ins más usados en la industria del audio.

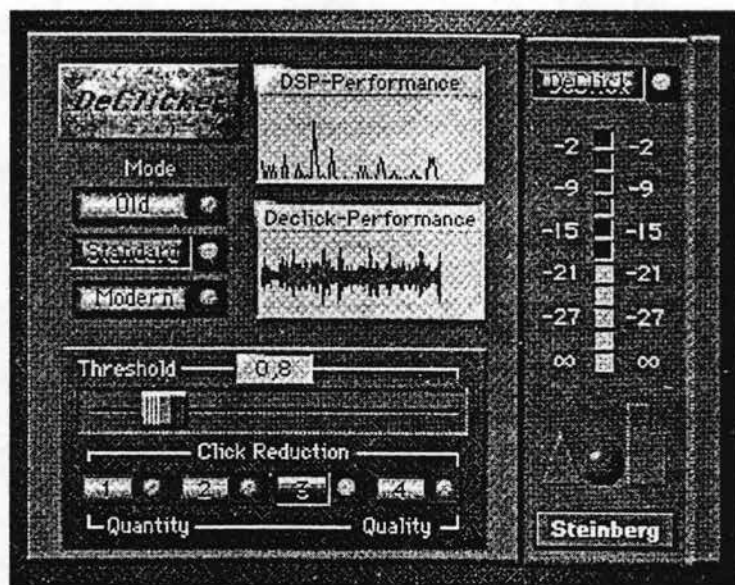


FIGURA 4.23 Plug-In De Clicker de Steinberg

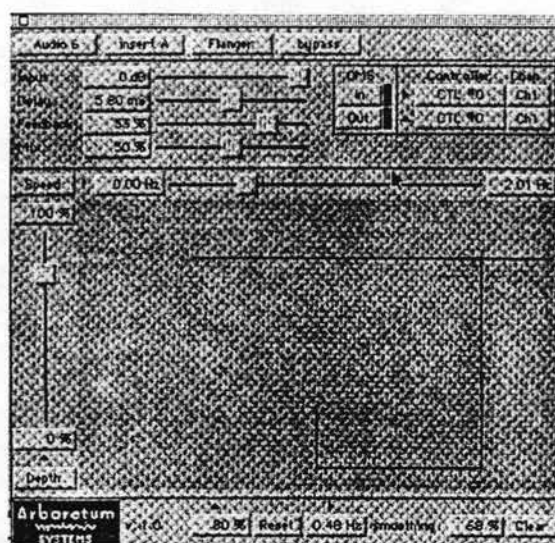


FIGURA 4.24 Plug-In del Efecto Flanging de Arboretum System

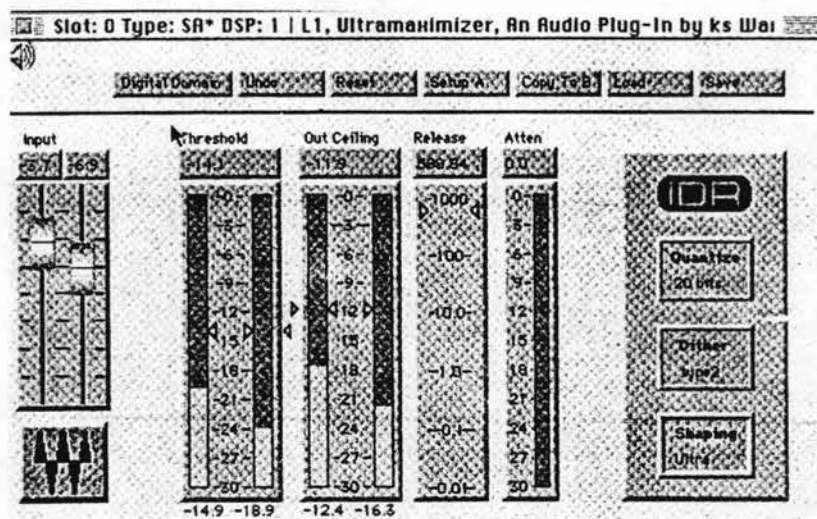


FIGURA 4.25 Plug-In L1 Ultramaximizer de Waves

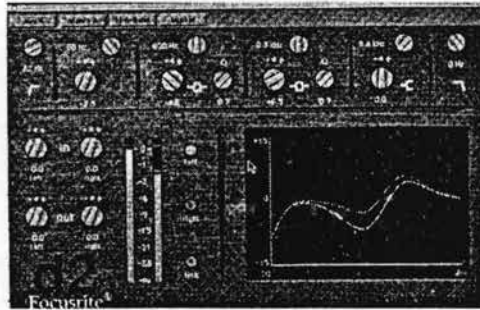


FIGURA 4.26 Plug-In d2 de Focusrite

4.2.8 Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Edición no lineal
- Fácil mantenimiento
- Maneja 256 tracks
- Fácil asignación de entradas y salidas
- Interfase de usuario amigable
- Discos de almacenamiento poco costosos
- Visualización de edición de audio
- Sencillo procesamiento de audio
- Edición no destructible

Desventajas

- Conocer sistemas operativos de PC y Mac
- Equipo muy costoso
- Con una interfase 888 solamente se tienen 8 entradas y 8 salidas
- Únicamente trabaja con procesadores Pentium II en adelante en caso de PC y Power PC 8600 en adelante para Mac
- Como mínimo se debe contar con 128 MB de memoria RAM

CONCLUSIONES

Al termino de esta investigación enfocada a la industria del audio, concluyo que para obtener un trabajo de alta calidad que va desde la captura del sonido hasta el procesamiento del audio, debe implementarse un proceso que abarque la recopilación de información necesaria para el proyecto, la documentación ó realización de apuntes que tengan aplicaciones prácticas para facilitar el aprendizaje.

Primero se establecen algunos conceptos que son de suma importancia en el ambiente del audio, tales como las características del oído humano, ya que éste es el órgano con el cual podemos percibir el sonido, partiendo de que en este trabajo el sonido es definido como "todo lo que percibimos a través de nuestros oídos", no importa si es agradable ó desagradable. Concluyo que audio y sonido, son conceptos diferentes, pues mientras el sonido es una perturbación mecánica en un medio elástico la cual genera ondas de presión, el audio es la representación eléctrica del sonido, esta conversión se realiza con la finalidad de manipularlo con la ayuda de una consola, con la cual podemos sumar varias señales y modificarlas en amplitud.

La introducción del concepto de micrófono en este trabajo, es por el hecho de que es sumamente importante conocer los tipos de micrófonos, patrones polares y demás características, debido a que la captura es un proceso muy importante para la producción, ya que lo capturado debe ser idéntico al sonido que nuestros oídos perciben directamente, debe recalcar que si tenemos una captura de mala calidad ésta no puede repararse, lo que traería como consecuencia que nuestro proceso se venga abajo.

De lo expuesto en el capítulo segundo, cabe señalar que con el estéreo se busca recrear artificialmente la forma determinada para que el escucha por medio de su sentido auditivo, sienta que realmente se encuentra frente a las fuentes sonoras físicamente. Debe subrayarse que la percepción juega un papel muy importante, ya que afectan los conceptos de reverberación y ángulo de arribo. Para recrear un sonido estereo dependemos de técnicas de microfonía en donde se emplean dos micrófonos con el mismo patrón. El monitoreo es muy importante pues deben valorarse las características de la sala donde se va a trabajar para seleccionar si utilizamos monitoreo de campo cercano o lejano ya que de no escoger el adecuado nuestra mezcla se vera afectada. La colocación de las bocinas tiene que ser exacta, de no ser así se presentara el efecto Hass.

Tomando en cuenta que el audio digital en la actualidad es la tendencia por su alta calidad es necesario conocer los sistemas numéricos que lo rigen, para que se facilite la comprensión de los conceptos de muestreo y cuantización que nos hablan de cómo se convierte una señal analógica en una señal digital. Una señal digital es mas fácil de manipular y reproducir, pero el mantenimiento de sus equipos de reproducción y grabación es bastante costoso pues se requiere utilizar instrumentos muy costosos de laboratorio certificados por el fabricante, ya que de no utilizarlos se tendrán problemas para realizar las reparaciones y será imposible calibrar al equipo con las normas correspondientes. La transferencia digital es ideal ya que se utiliza menos cable para interconectar a los equipos, comparando las conexiones analógicas con las digitales; para realizar transferencia en cada canal análogo se necesita de una línea mientras que en la transferencia digital dos canales se transmiten en una línea, este es el caso de los protocolos AES/EBU y S/PDIF. Otro protocolo de gran importancia en la industria del audio es el MIDI, porque no solo sirve para transmitir información sino también para controlar diversos periféricos que cuenten con este protocolo, facilitando la manipulación de varios sintetizadores por medio de un maestro.

Este trabajo nace a partir de un problema real, deben tomarse en cuenta las características del medio en que se trabaja, en este caso la industria del audio, actualmente las empresas mas importantes utilizan como medio de almacenamiento dos sistemas que comparo en el capítulo cuatro, dichos sistemas son formatos estándares y bastante eficaces.

El sistema PCM-800 de Sony emplea una cinta magnética como unidad de almacenamiento, esta maquina es recomendable para realizar grabaciones que no excedan de ocho tracks ya que son con los que cuenta, otra condición es que en dicha producción solo se realicen ediciones lineales, este sistema tiene una fácil reproducción ya que sus cintas son fáciles de transportar y la operación es muy amigable. Para obtener un desempeño correcto es necesario que periódicamente se realice limpieza de sus componentes mecánicos.

Por último, el sistema Pro Tools utiliza como unidad de almacenamiento un disco duro. Este sistema es mas versátil ya que se pueden tener mas de ocho tracks, se realizan ediciones no lineales y la principal ventaja es que además de escuchar el audio lo podemos visualizar, debido a sus características este equipo es muy costoso.

Concluyendo, ambos equipos son de alta calidad, para elegir que equipo nos conviene mas tenemos que valorar el tipo de producción que vamos a realizar con la finalidad de tener el equipo correcto, ya que si adquirimos un equipo muy sofisticado para realizar trabajo sencillo no nos redituara económicamente y si se adquiere un equipo limitado para se realizar una súper producción tendremos demasiadas dificultades o simplemente no la podremos realizar.

BIBLIOGRAFÍA

- SONY. Service Manual Digital Audio Recorder PCM-800. Japan, 1995.
- VALENZUELA JOSÉ. Audio Digital. Editorial Miller Freeman Books, San Francisco, 1996.
- WATKINSON JOHN. The Video Engineer's Guide to Digital Audio. Editorial Nvision, Nevada, 2000.
- MORRIS FISHBEIN, M. D. Enciclopedia Familiar de la Medicina y la Salud. Editorial H. S. Stuttman Co., New York, 1967.
- ANTONI CARRION ISABERT, Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. Editorial Limusa, México, 1999.
- DORROUGH ELECTRONICS. Manual Dorrough Modelo 40-B2. Woodland Hills CA, 1998.
- NEUMANN. Neumann Field Guide, Old Lyme, 2001.
- TEAC PROFESIONAL DIVISIÓN. Operation/Maintenance Mixig Console M-3500, L.A., 1990.
- CARLOS FLORES ZAMBRANO. Operación de Audio. Editorial Televisa, México, 1999.
- DOLBY. Laboratories Information. Dolby, San Francisco, 1997.
- TIM VEAR. Selection and Operation of Microphone Systems by SHURE. Illinos, 1995.
- CARLOS GARCÍA QUIROZ Y HIROSHI SUZUKI. Fundamentos de la Técnica de Video, Audio y VTR Digital. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 1994.
- WATKINSON JOHN. Engineer's Guide to the Digital Transition. Editorial Nvision, Nevada, 1998.
- DIGIDESIGN. Reference Guide of Pro Tools. L.A., 2001.

- CARLOS GARCÍA QUIROZ. Fundamentos para la Ingeniería del Mantenimiento. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 1999.
- WATKINSON JOHN. The Art of Digital Video. Editorial Focal Press, Oxford, 1991.
- LEOPOLDO PARRA. Fallas Resueltas de Videograbadoras. Editorial Comunicación Digital, México, 1996.
- SONY. Operation Manual PCM-800. Japan, 1995.
- YAMAHA. Operation Manual Monitor Speaker System NS-10. Japan, 1990.
- DIGIDESIGN. System Installing Guide. L.A., 2001.
- DIGIDESIGN. Midi Controllers Guide. L.A., 2001.
- DIGIDESIGN. Digirack Plug-Ins Guide. L.A., 2001.
- CARLOS GARCÍA QUIROZ. Mantenimiento de Videograbadora Betacam SP. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 2000.
- CARLOS GARCÍA QUIROZ. Mantenimiento de VTR U-MATIC. Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa SEP. México, 1998.

GLOSARIO

ADAT	Alesis Digital Audio Tape.
AES	Sociedad de Ingeniería de Audio (Audio Engineering Society).
AES/EBU	Protocolo profesional de transmisión de audio digital en forma serial.
Aliasing	Generación incorrecta de muestras, debido a la entrada de frecuencias que exceden el doble de la velocidad de muestreo.
Analog	Adjetivo que describe cualquier señal que varía continuamente, lo contrario de una señal digital que contiene niveles discretos, representado a los dígitos binarios "0" y "1".
A/D Converter	Un circuito para convertir una señal analógica en una representación digital de la señal.
Band-width	El rango completo de frecuencias sobre el cual un circuito o sistema electrónico puede funcionar con una pérdida de señal a menos de 3 dB.
Bit	Una representación binaria de "0" o "1".
Bit Serial	Transmisión de información digital bit tras bit, bajo un simple cable, tal como un cable coaxial o fibra óptica.
Byte	Un juego completo de niveles cuantizados conteniendo 8 bits.
Coding	Representación numérica de cada nivel de señal de video audio, usualmente en forma binaria.
Compresión	Apretar un cuerpo de manera que reduzca su volumen.
CPU	Unidad Central de Procesamiento.
CCIR	Comité Consultivo Internacional de Radio (International Radio Consultive Committee).
DAT	Digital Audio Tape.

Distortion	Cambio en la forma de onda de una señal de audio.
dBu	Unidad de medición del nivel de audio, cuando 0 dBu esta referenciado a 0.775 V _{RMS} .
dBm	Unidad de Medición del audio, cuando se utiliza una carga de 600Ω, con la finalidad de obtener 0 dBu.
D/A Converter	Circuito que convierte señales digitales en señales analógicas.
EBU	Unión de Radiodifusión Europea (European Broadcasting Union).
GM	MIDI General.
MIDI	Interfase Digital de Instrumentos Musicales (Musical Instruments Digital Interfase).
NTSC	Comité del Sistema Nacional de Televisión (National Television Systems Committee).
PAL	Sistema de Fase y Línea Alteradas (Phase Alternative Line).
Quantization	Proceso de convertir una señal analógica continua en una señal de niveles discretos.
Rarefacción	Dilatar un cuerpo haciéndolo menos denso que antes.
Sampling	Proceso donde las señales analógicas son muestreadas.
SMPTE	Sociedad de Ingenieros de Imágenes en Movimiento y Televisión (Society of Motion Picture and Television Engineers).
S/PDIF	Sony/Philips Digital Interface, protocolo de transmisión semi-profesional serial.
VHS	Sistema de Video en Casa (Video Home System).
Word	Juego completo de niveles cuantizados conteniendo todos los bits. Las palabras consisten de 8 a 20 bits por muestra.