

40
2^{es.}



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“AUDIO DIGITAL”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

ROBERTO PEDRO GALVAN DE SAMPEDRO

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

2680000
1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
 AVENIDA DE
 MEXICO

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Audio Digital".

que presenta el pasante: Roberto Pedro Galván de Sampedro
 con número de cuenta: 8661801-2 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A T E N T A M E N T E.
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 16 de octubre de 1998

PRESIDENTE	Ing. Jaime Rodríguez Martínez	
VOCAL	Ing. Ramón Osorio Galicia	
SECRETARIO	Ing. Juan González Vega	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Anselmo Angoa Torres	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. José L. Barbosa Pacheco	

A

LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO Y
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN.

Con agradecimiento por la formación que medio.

A

Los ingenieros:

Juan González y Anselmo Angoa.

Por su ayuda para la realización de este trabajo.

A

Todos mis maestros.

Por compartir sus experiencias y conocimientos.

A

Mis padres:

Pedro Galván P.

Barbara de Sampedro.

A quien dedico con todo mi cariño este trabajo.

A

Mi mujer y mis hijos:

Guadalupe Montes.

Daniel Galván.

Roberto Galván.

A

Mis hermanos.

Por la ayuda que me dan.

A

Todos mis amigos:

Enrique, Miguel Angel, Jose, Hector, etc.

Por su apoyo.

A

Mis compañeros de trabajo:

Hector Mondragón, Luis Tames, Monica Pérez, Ricardo Sanches,

Jose Luis, Rene, Marco Antonio Escobar, Fany Viguera, etc.

G R A C I A S.

ÍNDICE

	pág.
Introducción.....	1

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1	El sonido	3
1.2	Características del sonido.....	8
1.3	Función Auditiva.....	24
1.4	Requisitos de los equipos de audio.....	26
1.5	Potencia (acústica y eléctrica).....	26
1.6	Diseño Práctico del Equipo de Audio.....	32

CAPITULO II

POLARIZACIÓN Y REPRODUCCIÓN

2.1	Introducción	41
2.2	El proceso de registro	42
2.3	Polarización	44
2.3.1	Polarización por corriente continua	45
2.3.2	Polarización por corriente alterna.....	46
2.4	La relación señal ruido	47
2.5	Ecuación	48

CAPITULO III

DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE AUDIO

3.1	Introducción.....	52
3.2	Modulación de pulsos codificados (PCM).....	54
3.3	Recuperación de la señal analógica de audio a partir de la señal (PCM).....	64
3.3.1	Sistema PCM no lineal.....	65
3.3.2	Sistema PCM diferencial (DPCM).....	66
3.3.3	Sistema de Modulación Delta (MD).....	68
3.4	Sistemas adaptativos.....	72
3.4.1	Sistema MD- Adaptativo.....	72
3.4.2	Sistema DPCM-Adaptativo.....	73
3.4.3	Sistema "Coma Flotante".....	74
3.5	Valoración de los distintos sistemas de conversión.....	79
3.6	Sistemas de detección de errores.....	80
3.6.1	Tipos de errores de código.....	80
3.6.2	Sistema de paridad simple.....	82
3.6.3	Códigos de chequeo de ciclo.....	83

CAPITULO IV

LA GRABACIÓN DIGITAL

4.1	Introducción.....	88
4.2	Sistema Audio File.....	89
4.3	Sistema Synclavier.....	92
4.4	Sistema Audio Frame.....	94
4.5	Compac disc.....	95
	Conclusiones.....	104
	Glosario.....	105
	Bibliografía.....	108

INTRODUCCIÓN

Desde las épocas más remotas de la historia de la humanidad, los fenómenos acústicos han formado parte de la vida de esta, ya que casi todos los seres vivos producen sonidos y responden a los mismos. Esto nos permite suponer que los seres humanos, en su necesidad de comunicarse entre sí, produjeron diferentes sonidos, constituyendo a la vez como la primera fuente sonora.

En el siglo VI antes de Jesucristo, Pitágoras considera la música como ciencia, el cual vera al número como fundamento de la misma. Aunque la música no se consideraba como ciencia esta siempre estuvo con el hombre, tanto en sus alegrías como en sus tristezas.

Sin embargo el hombre no siempre podía escuchar música a cualquier hora ya que, en el mundo no había suficientes músicos y que además tocarán bien los instrumentos.

Corría el año de 1878, cuando un hombre llamado Thomas Alva Edison de procedencia americana invento un aparato al que llama fonógrafo, y que tenía la característica de registrar los sonidos para ser reproducidos posteriormente. Alrededor de 1925 se inicia la grabacion eléctrica, pero el estilo acústico todavía se usaba, principalmente en el sistema de reproducción del sonido

Con el paso del tiempo el hombre ha ido perfeccionando los sistemas de registro, reproducción de sonido, creando grandes industrias para investigar, fabricar y comercializar sus productos. Además de las empresas, ingenieros, economistas, músicos, comerciantes y otras mas, se mueven y viven alrededor de los equipos de alta fidelidad.

Estamos en la última década del siglo y son pocos los hogares que no disponen de un tocadiscos, grabadora o modular cuya calidad de reproducción es mucho más alta que la del primitivo fonógrafo. Es en esta última década, cuando se inicia una nueva aventura La del registro digital, que es una autentica revolución para el audio, mejorando la calidad de música.

CAPITULO I

GENERALIDADES

Son diversas las disciplinas relacionadas con el estudio del sonido. La Física aporta datos sobre el comportamiento del sonido. La Acústica, como rama de la Física define al sonido como una vibración mecánica transmitida por un medio elástico como el aire, a través del cual se transmite la energía, de un modo continuo, desde la fuente por ondas sonoras progresivas

1.1 SONIDO

Muchas son las experiencias de acústica que prueban la naturaleza del sonido.

A continuación se exponen las más clásicas:

Para la producción de un sonido no es suficiente la presencia de un cuerpo que vibre, si no que además es preciso que dicho cuerpo se encuentre dentro de un cuerpo material adecuado en el cual pueda propagarse. Si colocamos un timbre en el interior de una campana de vidrio y lo hacemos funcionar, observaremos que el sonido es perfectamente audible desde el exterior de la campana, pero si extraemos todo el aire que contenga, el sonido deja de percibirse. Ello es debido a que deja de existir el medio de transmisión de la vibración ó el aire.

Consideremos ahora una varilla de acero sujeta entre dos puntos (A y B), si se pulsa en la parte central, los diversos puntos de aquella siguen por efecto de la perturbación, oscilaciones en dirección perpendicular a la misma, al rededor de su primitiva posición de equilibrio.

La amplitud de dichas oscilaciones va decreciendo a medida que se traslada del centro hacia extremos. Correspondiendo a las oscilaciones, la varilla emite un sonido que se apaga de manera gradual y rápida a causa de la resistencia ofrecida por el aire circundante.

Al dar un golpe sobre un tambor, se percibe un sonido, esto se debe al desplazamiento que el aire circundante produce en su membrana.

En primer lugar, la acción del impacto expande la superficie del tambor y comprime el aire en el lado opuesto, con lo que origina un aumento de la presión de aire. Esta área de alta presión se transmite entonces a la capa contigua de aire

Después de la expansión, la membrana del tambor comienza a replegarse, y ocasiona un descenso de presión en la zona de alta presión situada junto a la membrana. Hasta que la membrana del tambor recupere su posición de reposo, se creará por encima del tambor una intensidad rítmica, aun que decreciente, de presión (Fig. 1.1).

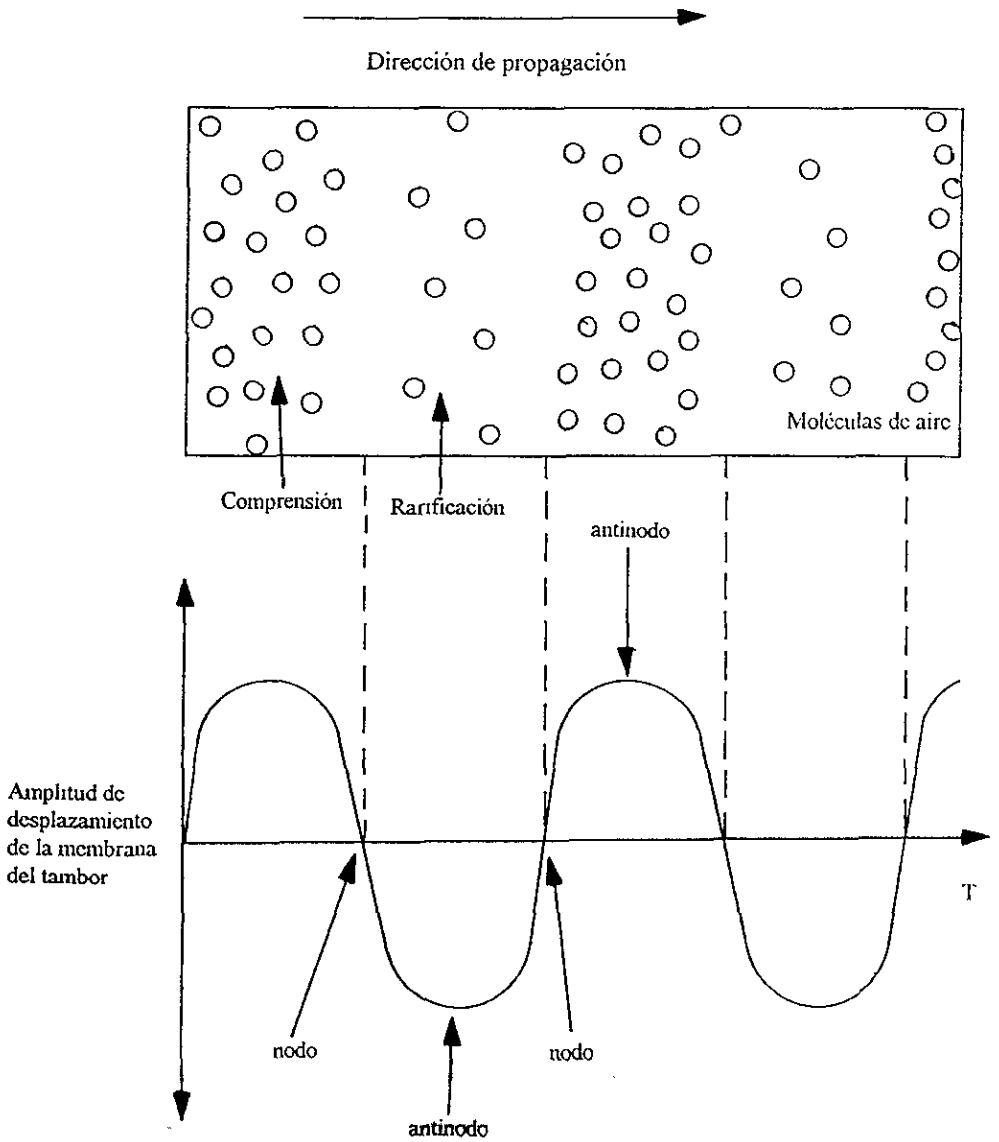


Fig 1.1 Propagación del sonido en un medio transmisible

Para que estos cambios de alta y baja presión puedan ser escuchados, la onda de sonido debe alcanzar a mover el tímpano del oído humano.

En este caso, los cambios de presión originaran en el tímpano una vibración semejante a la de la membrana del tambor, y el cerebro humano interpretará dicha vibración y la convertirá en un sonido reconocible.

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL SONIDO

La velocidad de propagación del sonido es constante para cada medio de propagación y tan sólo depende de este.

Si llamamos X a la longitud de onda y sabiendo que

$$\text{velocidad} = \frac{\text{espacio}}{\text{tiempo}}$$

Se afirma que, la velocidad de propagación del sonido en un medio dado es igual a:

$$V = \frac{X}{T}$$

Donde:

X = Es la distancia recorrida en metros (mts.).

T = Es el tiempo que tarda en recorrer la distancia en segundos (seg.)

V = Es la velocidad de propagación de la onda en m/s

A continuación se tiene en la tabla la velocidad de propagación del sonido en diferentes medios:

TABLA 1

Hule vulcanizado	.....	34 m/s
Oxígeno	.....	317.2 m/s
Aire a 20 °C	.....	343 m/s
Plomo a 20 °C	.....	1230 m/s
Hidrogeno puro a 0 °C	.....	1290 m/s
Agua dulce	.....	1450 m/s
Agua de mar	.....	504 m/s
Cobre 20 °C	.....	3650 m/s
Acero	.....	5000 m/s
Aluminio 20 °C	.....	5100 m/s
Granito	.....	6000 m/s

Tabla 1

Algunas velocidades del sonido en diferentes medios

1.2 CARACTERISTICAS DEL SONIDO

Los sonidos audibles pueden ser periódicos o pseudoperiódicos, con o sin carácter musical o también no periódicos (ruidos) . Los sonidos periódicos podemos distinguirlos por su tono que aumentan cuando se pasa de los sonidos graves (bajas frecuencias) a los sonidos agudos (altas frecuencias), por su timbre y por su intensidad.

TONO O ALTURA

El tono también llamado altura es la característica de un sonido musical que se determina por su frecuencia de los pulsos u ondas que chocan en el oído.

El tono en otras palabras indica la diferencia de altura de un sonido. Cuando, con más rapidez suceden las vibraciones del cuerpo sonoro, más cortas resultan las ondas producidas y más agudo es el tono del sonido, esto se representa en la figura (Fig.1 2)

Es decir, mientras mayor sea la frecuencia de la vibración, el sonido será más alto

Por lo que para determinar el tono de un sonido, se debe contar el número de vibraciones que produce un cuerpo sonoro, esto se hace de varias maneras, pero todas coinciden, usando la sirena de Cagniard de Latour

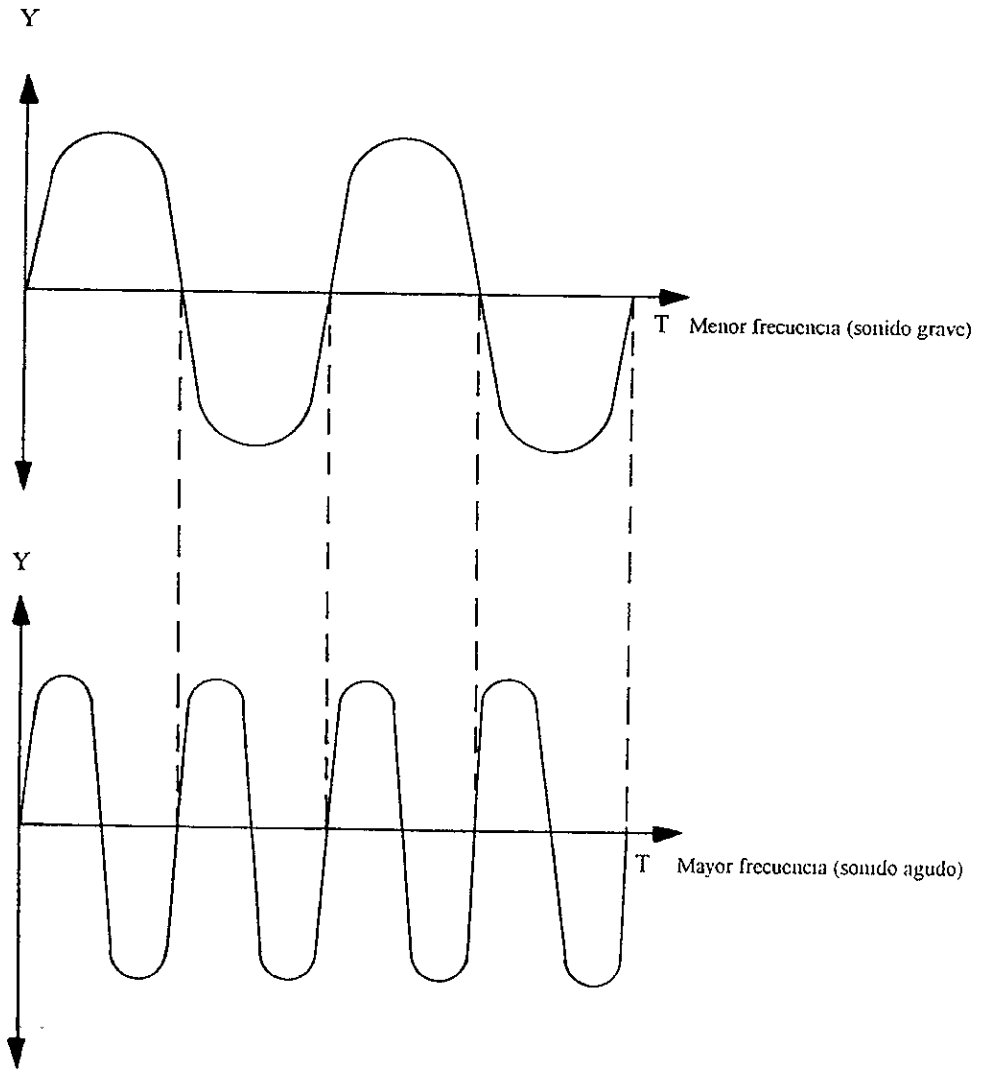


Fig.1.2 Espectro senoidal del sonido a diferentes frecuencias

A continuación se muestra un diagrama de los niveles aproximados de varios sonidos en decibeles (Fig. 1.3).

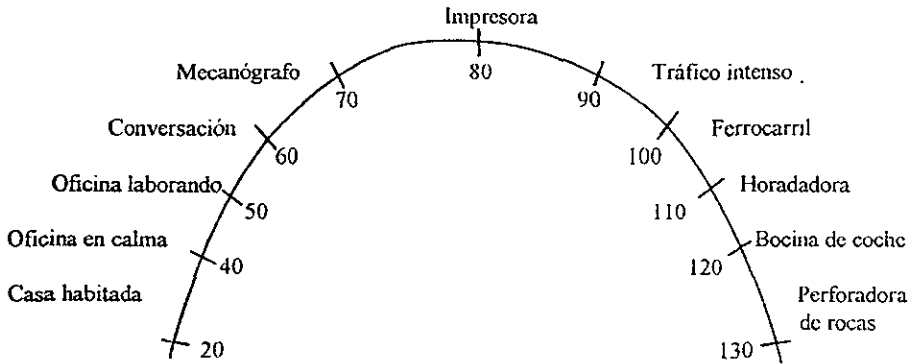


Fig.1.3 Diagrama de niveles aproximados en decibeles (La unidad de valoración de la tonalidad es el mel).

La Ley de dependencia entre la tonalidad y la frecuencia no es lineal. En la gráfica de la figura (Fig. 1.4), se ilustra esta dependencia.

Por lo tanto la ley que determina la altura del tono es la misma ley de distribución de los puntos de máxima excitación de la membrana basilar, para cada frecuencia y que en casos anormales puede ser diferente para cada oído en la misma persona. Esta alteración se manifiesta, si al oír un sonido, se percibe una tonalidad distinta en cada oído.

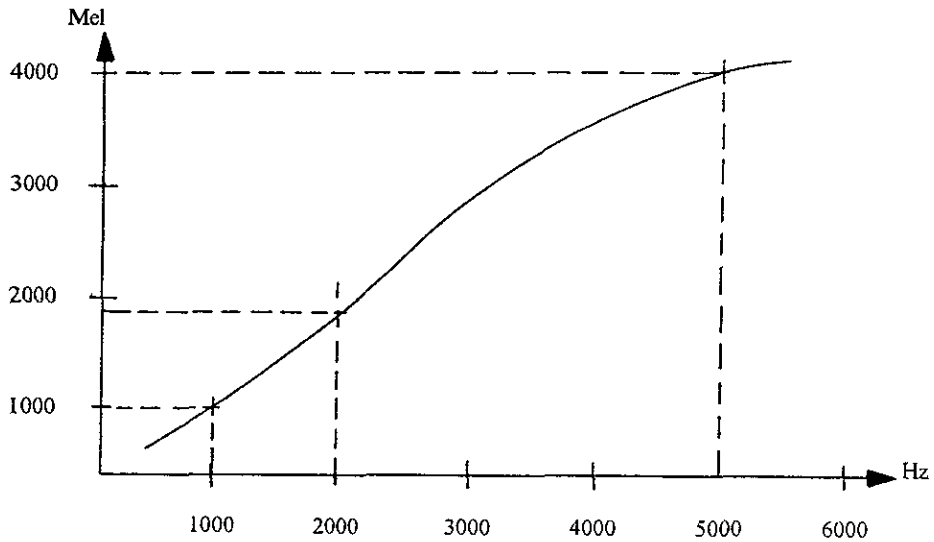


Fig. 1.4 Relación entre la tonalidad en mel y la frecuencia en Hz.

La discrepancia se acentúa en las altas y bajas frecuencias

TIMBRE

Es otra característica de un sonido musical, y sirve para distinguir una misma nota producida por diversos instrumentos y por diversas voces. Aún los oídos poco educados en asuntos musicales distinguen un sonido del piano, de los del violín, o de otros instrumentos. Las ondas de los sonidos varían con el tono, el timbre y la intensidad.

Si la intensidad es fuerte o débil, la amplitud cambia. Así, si un diapasón en su caja de resonancia es golpeado fuerte, se oye en un auditorio, y si se golpea quedo apenas se escuchara en un salón de clases.

De la misma manera, si el tono es alto o bajo, la longitud de onda cambiará y las frecuencias variaran. En el caso del timbre se escuchara si es un sonido puro (sin ruido), pero cuando aparecen armónicos , se presenta una compleja armonía y su gráfica es distinta a la de los sonidos puros. Los tonos producidos por vibraciones adicionales, producen generalmente el timbre de sonido. Los batimientos se producen tomando en cuenta las tres características del sonido: Tono, Timbre e intensidad

INTENSIDAD DEL SONIDO

La intensidad de las ondas sonoras, lo mismo que la de los demás movimientos ondulatorios depende de la amplitud y se mide en micro wattios , decibeles y fons.

En general la intensidad de un sonido, es la medida de la energía que produce un sonido al pasar cada segundo a través de una área en cm^2 y perpendicular a la dirección del propio sonido. El oído humano es un detector de sonidos sumamente versátil y sensible

Nuestro oído es capaz de detectar sonidos de intensidades ampliamente variables y de formular juicios aproximados de sonoridad comparativa.

En la figura (Fig 1.5) se puede observar que el oído actúa sobre una escala aproximadamente logarítmica, en lugar de responder linealmente a la energía sonora.

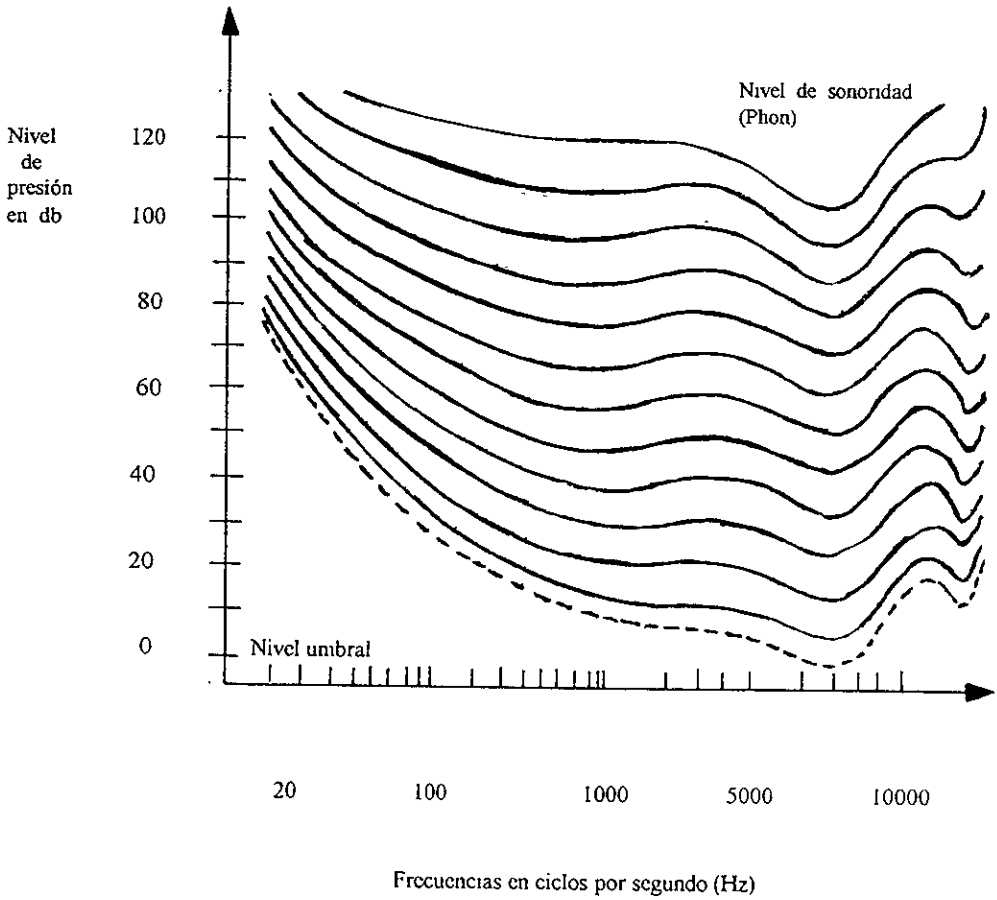


fig. 1.5 Curvas normalizadas de igual sonoridad

En este sentido, su respuesta es muy semejante a la del ojo humano. Esta es una circunstancia afortunada, puesto que nos permite detectar un intervalo extraordinariamente amplio de intensidades sonoras.

La intensidad de la onda sonora se define como la energía por segundo transportada a través de una área, unida por dicha onda, el área se ha de tomar perpendicular a la dirección de propagación de la onda, la unidad de intensidad del sonido es la potencia por unidad de superficie esto queda expresado como

$$\text{Intensidad} = \frac{P}{A}$$

Donde:

P = Es la intensidad de la potencia (Vatios)

A = Es el área donde pasa la energía (m²)

A continuación se muestra una tabla (Tabla 2) de varios sonidos audibles

Obsérvese el enorme intervalo de intensidades que el oído puede registrar. El sonido de mínima intensidad que puede ser oído es de 10⁻¹² vatios/ m². Por otra parte, los ensayos psicológicos muestran que, el ser humano juzga la sensación sonora de acuerdo con una escala aproximadamente logarítmica (Fig 1.5)

TABLA 2

Tipo de sonido	Intensidad	Nivel de intensidad
	(vatios /m ²)	(decibelios)

Cohete (despeje)	1.6	200
Avión de reacción	1	120
Taladro	10 ⁻²	100
Trafico urbano denso	10 ⁻³	70
Conversación ordinaria	10 ⁻⁶	60
Conversación silenciosa	10 ⁻¹⁰	20
Crujir de hojas	10 ⁻¹¹	10
Sonido apenas perceptible	10 ⁻¹²	0

Tabla 2. Diferentes sonidos con sus correspondientes valores de intensidad.

Quando analizamos un sonido los cambios que perciben en ellos son muy finos

Por esta razón, ha llegado a ser muy usual el medir niveles de intensidad sonora mediante una nueva unidad que se adapta mejor al concepto de intensidad acústica subjetiva o sensación sonora. Esta unidad se denomina decibelio, en honor a Alexander Graham Bell.

Para encontrar el nivel de intensidad en db se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de intensidad en decibelios} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Donde:

I_0 = Es la intensidad del sonido más débilmente audible

I = Es la intensidad del sonido recibida.

DIFRACCIÓN DE LAS ONDAS SONORAS

La difracción se da cuando, al producir una onda sonora en un medio de propagación continuo y esta onda es interceptada por un obstáculo (una rendija, un agujero, etc) todos los puntos de esta, afectados por la perturbación sonora, se convierten a la vez en centros emisores de ondas esféricas coherentes elementales.

El haz difractado que se aleja del obstáculo en todas direcciones, tiene la máxima intensidad en la dirección perpendicular al plano que contiene al agujero e intensidad decreciente hasta anularse, en la dirección radial a dicho plano.

El efecto de difracción se produce también cuando una onda sonora encuentra un obstáculo en su camino. En este caso rodea el objeto, causando corrientes parásitas detrás de él, además de esto, ondas de baja frecuencia rodean un obstáculo más fácilmente que las de alta frecuencia.

REFLEXIÓN DEL SONIDO

Cuando un rayo sonoro incide sobre una superficie lisa (Fig. 1. 6) , este mismo vuelve hacia atrás siguiendo la ley de reflexión, que dice: Si i es el ángulo formado por un rayo incidente con la normal a la superficie en el punto de incidencia, entonces r será el ángulo de reflexión formado por el rayo reflejado con respecto a la misma normal.

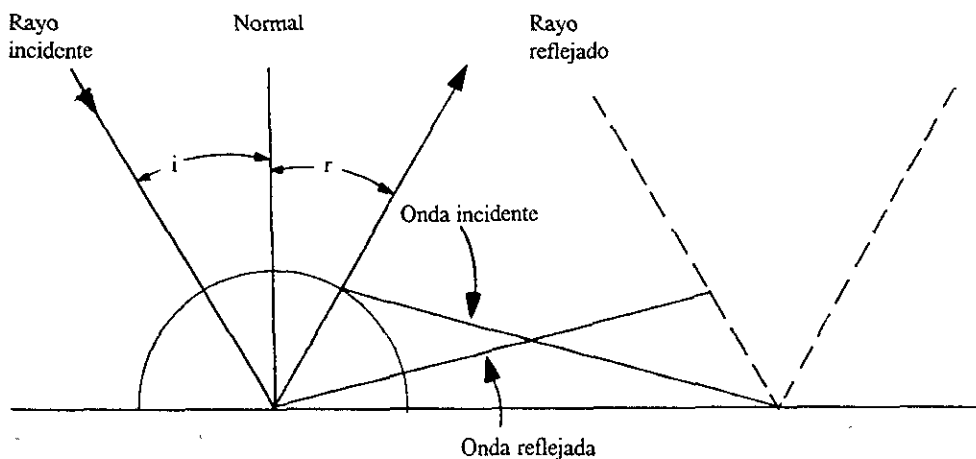


Fig. 1.6. Reflexión de un sonido en un medio

De la figura anterior se reafirman las leyes de reflexión que nos dicen

- 1) El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, es decir $i = r$
- 2) El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal al punto de incidencia estén en un mismo plano.
- 3) Cuando el rayo incide perpendicularmente a la superficie, el rayo reflejado también es perpendicular a dicha superficie.

Un fenómeno bien conocido y que pone de manifiesto la reflexión de las ondas sonoras es el eco.

REVERBERACIÓN

La reverberación o retumbo es la persistencia del sonido dentro de un recinto, después de que el sonido original haya cesado. Son múltiples ecos cuyas intensidades van decreciendo

La reverberación debe evitarse en los lugares públicos, tales como teatros, iglesias, aulas escolares, etc., ya que se tiene una pérdida considerable de nitidez. El periodo de reverberación es el tiempo requerido para que el sonido en un recinto caiga hasta una millonésima parte de su intensidad original, o decrezca 60 db(decibeles).

El tiempo de reverberación de un recinto se calcula como:

$$T = \frac{0.16 \times V}{A \times S}$$

Donde:

T = Es el Tiempo de reverberación en segundos (seg.).

V = Es el Volumen del local en metros cúbicos (m³).

A = Es el Coeficiente de absorción medio del recinto (Obtenido por medio de tablas).

S = Es el Superficie total en metros cuadrados (paredes, techo y suelo) en metros cuadrados(m²).

Por lo tanto mientras más pequeño sea el tiempo de reverberación será mejor, la percepción del sonido.

Para evitar esta reverberación se colocan en las paredes de dichos locales, materiales absorbentes del sonido, aunque no totalmente, ya que en tal caso el eco desaparecería totalmente y el local resultaría sordo.

En la siguiente tabla se expone el coeficiente de absorción de algunos materiales a diferentes frecuencias

TABLA 3	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN
---------	---------------------------

Coefficiente de absorción del material
--

	0.5 KHz	1KHz	4KHz
Pared revocada	0.015	0.020	0.025
Mármol	0.010	0.015	0.015
Pavimento de madera	0.080	0.090	0.100
Pavimento de baldosas	0.015	0.015	0.020
Pavimento de linóleo	0.030	0.030	0.040
Alfombra de goma	0.080	0.120	0.100
Cortina de terciopelo	0.350	0.450	0.350
Lona de vidrio	0.550	0.750	0.900
Vidrieras	0.025	0.025	0.020
Panel de madera	0.150	0.100	0.050
Panel de yeso agujerado	0.800	0.600	0.050

Tabla 3. Coeficientes de absorción de distintos materiales a diferentes frecuencias

REFRACCIÓN

La refracción del sonido es el cambio de dirección que experimenta una onda sonora al pasar de un medio a otro de distinta densidad, por ejemplo del aire a una pared de concreto.

Esto sucede cuando una onda sonora pasa de un medio A, a un medio B, en el cual se propaga con la velocidad V_1 cambiando su dirección de propagación. Si \hat{i} es el ángulo de incidencia del rayo sonoro sobre la superficie de separación de los dos medios (Fig.1.7), entonces en el medio B, el rayo forma con la normal a la superficie de separación un ángulo de refracción r , tal que:

$$\frac{\text{Sen } \hat{i}}{\text{Sen } r} = \frac{V_1}{V_2}$$

Donde:

\hat{i} = Es el ángulo de incidencia

V_1 = Es la velocidad con que choca

r = Es al ángulo de refracción.

V_2 = Es la velocidad con que sale.

La ecuación anterior nos dice que la magnitud que tenga el cociente entre los ángulos será igual a la misma magnitud del cociente entre las dos velocidades.

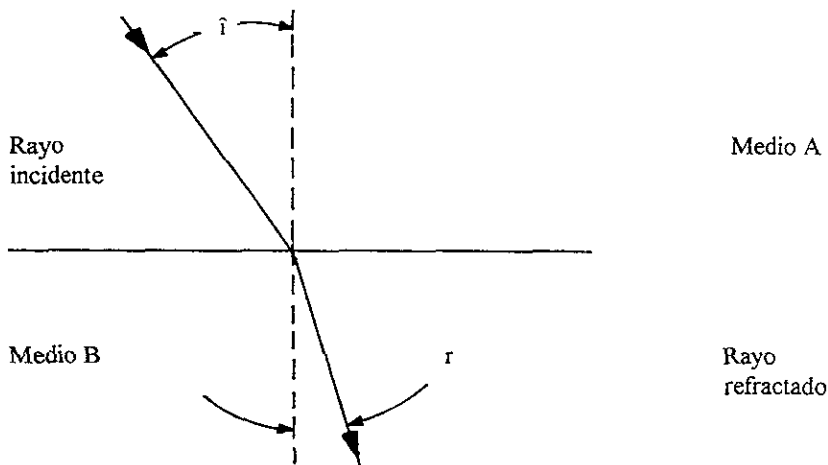


Fig. 1.7. Refracción de un sonido en dos medios diferentes.

Apoyados con la figura anterior, las leyes de refracción de las ondas sonoras pueden resumirse de la siguiente forma:

- 1) Los ángulos de incidencia y de refracción que están en un mismo plano, son tales que

$$\frac{\text{Sen } \hat{i}}{\text{Sen } r} = \frac{V_1}{V_2}$$

- 2) El cociente $V_1 / V_2 = n$, recibe el nombre de índice de refracción del segundo miembro respecto al primero.

RESONANCIA

El fenómeno de resonancia aparece en todos los campos de la Física

Este importante fenómeno se produce siempre que un sistema recibe una perturbación periódica de frecuencia igual a la frecuencia propia del sistema. Por ejemplo, si disponemos de dos cuerdas idénticas separadas una de la otra por una corta distancia podremos observar que al pulsar una de ellas, al pasar un tiempo determinado, la otra entra en vibración con una frecuencia igual a la primera, es decir ha entrado en resonancia. El fenómeno de resonancia de los tubos sonoros es utilizado para determinar la longitud de onda de un sonido.

EFEECTO DOPPLER

El efecto Doppler consiste en la vibración de la frecuencia de un sonido cuando el emisor, el observador o ambos estén en movimiento. Se distinguen tres casos fundamentales de efecto Doppler:

- 1) Emisor parado y observador en movimiento.
- 2) Emisor en movimiento y observador parado
- 3) Emisor y observador en movimiento

En otras palabras es el cambio aparente de la frecuencia producida por el movimiento relativo de una fuente de sonido y un observador (la sirena de la ambulancia, la sirena de la patrulla o la sirena de los bomberos). Si la fuente de sonido está lejos del observador, este percibe menos ondas por segundo y aprecia el sonido como grave. Cuando la fuente de sonido se acerca, el observador percibe más ondas por segundo, por lo que el sonido le resulta agudo.

1.3 FUNCIÓN AUDITIVA

ESTRUCTURA DEL OÍDO HUMANO

El oído es el órgano receptor que convierte el estímulo acústico en sensación sonora(Fig.1.8). Se compone de tres partes: el conducto auditivo externo, el oído medio y el oído interno

El conducto auditivo esta cerrado interiormente por la membrana timpánica, exteriormente termina en el pabellón u oreja que actúa de colector de sonido.

El oído medio consiste en una cavidad con cuatro ventanas:

La timpánica, la oval, la redonda, cerradas por una membrana y la ventana que comunica con la garganta a través de la trompa de Eustaquio. Esta última, normalmente cerrada, se abre en los momentos en que entra el sonido. Entre la membrana timpánica y la ventana oval existe un puente de unión formado por la cadena de huesillos martillo, yunque y estribo. Las ventanas oval y redonda son los accesos del oído interno

El oído interno esta formado por un túnel con tres canales arrollado en forma de caracol, el canal o rampa vestibular, el canal o rampa timpánica y entre los dos canales esta , el canal coclear, en el interior se encuentra alojada la parte más noble del oído. El órgano de Corti

El sonido se propaga a través del conducto auditivo externo, pone en vibración la membrana timpánica y a través del juego de palancas de la cadena acicular la vibración alcanza la platina del estribo.

SECCIÓN DEL OÍDO

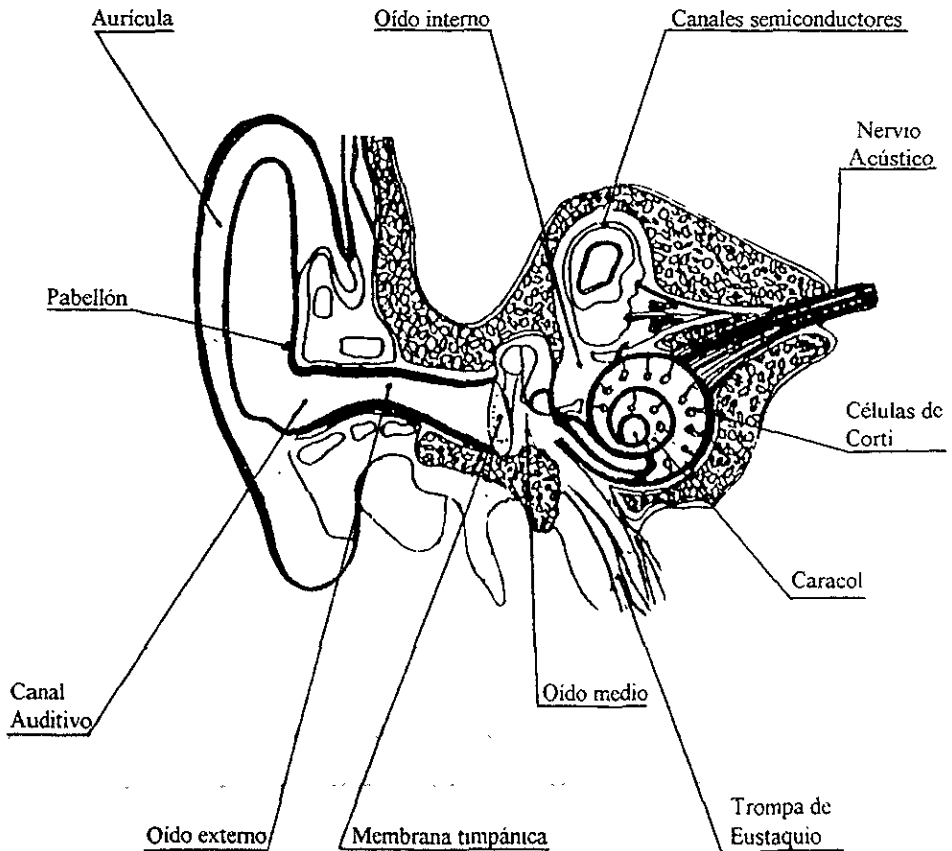


Fig. 1.8. Corte esquemático del oído

1.4 REQUISITOS DE LOS EQUIPOS DE AUDIO

Al diseñar equipos de sonido se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Lugar donde se va a trabajar
- 2 - Aplicación del equipo de sonido
- 3.- Datos técnicos del manual de transistores.
- 4.- Tabla de valores para amplificadores con acoplamiento.
- 5.- Gráficas técnicas

1.5 LA POTENCIA DE AUDIO

Antes de iniciar los cálculos del diseño práctico, se debe tener un concepto claro de lo que es la potencia de audio frecuencia, la cual se debe interpretar en dos formas.

1.- POTENCIA ACÚSTICA

Se entiende por potencia acústica a la intensidad real o efectiva del sonido, es decir, está potencia se considera como la presión o fuerza con que la bocina modula las capas de aire al ejecutar su acción convertidora de potencia eléctrica a potencia acústica.

2.- POTENCIA ELÉCTRICA

La potencia eléctrica de audio es aquella cantidad de watts eléctricos que el equipo de sonido entrega en sus bornes de salida

Tanto la potencia eléctrica como la acústica, se conocen si se emplean las gráficas, que han sido trazadas experimental y teóricamente con minucioso cuidado. Estas gráficas nos indica relativamente la cantidad exacta de potencia, ya sea acústica o eléctrica que se necesita para llenar de sonido determinada superficie. Al hacer el cálculo de potencia, se debe de tomar en cuenta el lugar donde se va a trabajar el amplificador, es decir si la instalación del equipo será al aire o en local cerrado, pues la potencia calculada para cada caso es muy diferente

En cálculos para instalaciones al aire libre, el único factor a considerar es la potencia en relación a la superficie a cubrir

Sin embargo, para locales cerrados, es necesario tomar en cuenta múltiples datos, como son:

- 1.- Volúmen de la sala.
- 2.- Número de asientos
- 3.- Superficie de las aberturas que tengan la sala
- 4.- Material empleado en los techos y pisos.
- 5.- Material usado para revestir paredes
- 6 - Tiempo de reverberación.
- 7.- Absorción acústica reflexión, etc

GRÁFICAS PRACTICAS PARA CALCULAR LA POTENCIA

En la siguiente figura (Fig. 1.9) se muestra una gráfica con la cual se calcula la potencia eléctrica que el equipo de sonido debe aportar para instalaciones al aire libre.

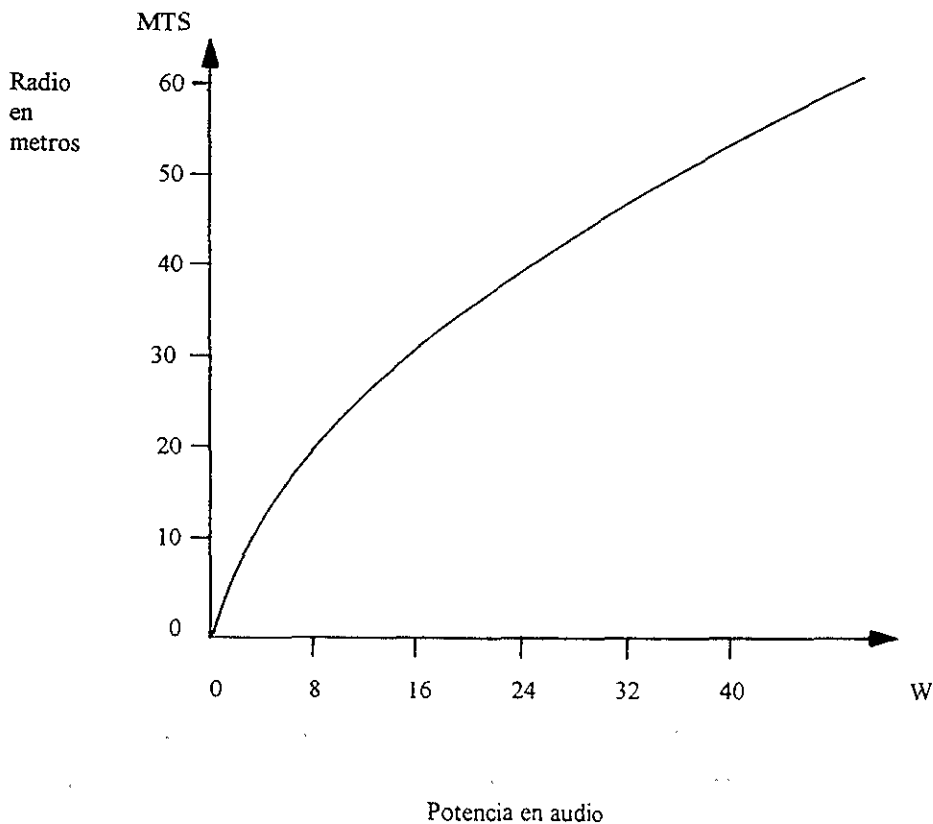


Fig. 1.9. Gráfica para calcular la potencia de audio en instalaciones al aire libre

La gráfica anterior revela la potencia eléctrica en función del radio en metros de la superficie a cubrir.

Así por ejemplo, una potencia de 16 watts (eléctricos) será suficiente para cubrir una área de 30 metros de radio o bien una superficie igual al producto que nos aporte la siguiente formula:

$$S = \pi \times (R)^2$$

Donde,

S = Superficie en metros cuadrados (m²).

$\pi = 3.1416$

R = radio en metros

Aplicando la fórmula

$$S = 3.1416 \times (30)^2$$

$$S = 3.1416 \times 900 = 2827.44$$

El total de superficie cubierta por el sonido será de .

$$2827m^2.$$

Observando la gráfica anterior, se notará la necesidad de conocer el radio de la superficie a cubrir, para saber con exactitud la potencia eléctrica, que estará dada por:

$$R = \sqrt{(S/ \pi)}$$

A continuación se tiene la gráfica (Fig.1 10) para calcular la potencia acústica que el equipo de sonido debe entregar, en instalaciones a local cerrado en relación al número de asientos

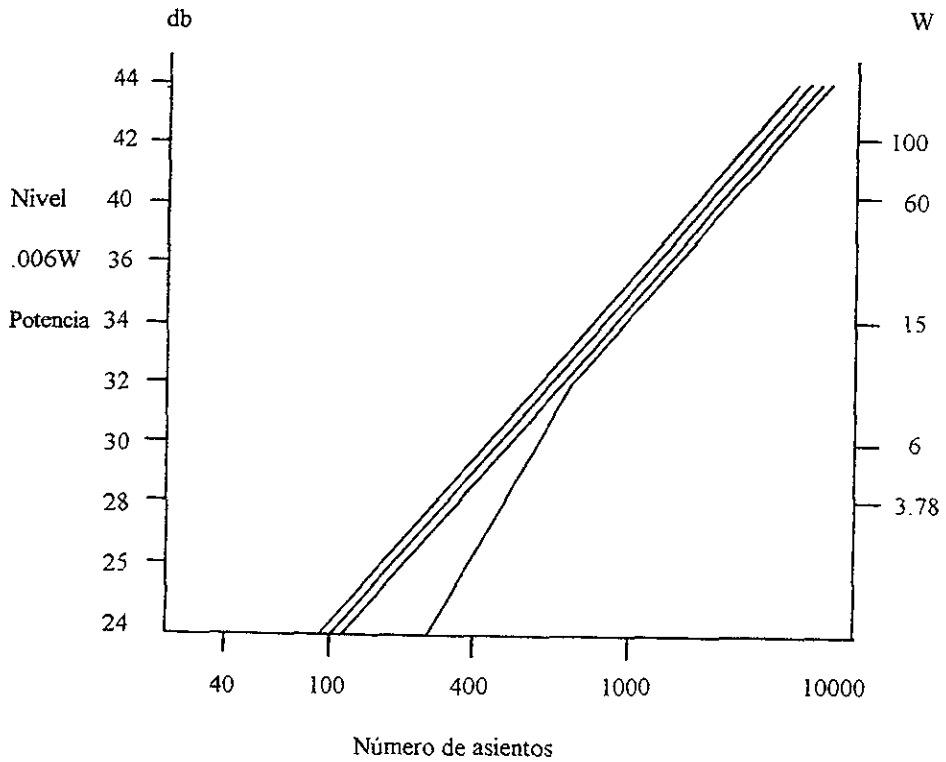


Fig 1.10 Gráfica para calcular la potencia de audio en interiores y con relación al número de asientos.

La potencia acústica también se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{V}{3000}$$

Donde,

P = Potencia acústica en watts.

V = Volumen de la sala en metros cúbicos

Nota: Se debe tener en cuenta que si el amplificador solo trabaja con voz y además lo hace en sala tranquila, la potencia necesaria, es mucho menor, pudiendo llegar a ser la décima parte del valor obtenido al aplicar la fórmula anterior.

1.6 DISEÑO PRACTICO DEL EQUIPO DE SONIDO

Cuando se conoce la potencia acústica, el siguiente paso a seguir será conocer la potencia que la bocina demanda para entregar esa energía sonora, para lo cual se debe tener en cuenta que el rendimiento de las bocinas fluctúan entre un 5 % a un 35 % menor que el especificado.

Esa potencia se conoce aplicando la siguiente formula:

$$P_{bv} = \frac{P \times 100}{R}$$

Donde:

P_{bv} = Es la Potencia eléctrica en la bobina de voz en watts.

P = Es la Potencia aplicada en watts.

R = Es el % de rendimiento de la bocina.

Posteriormente, se calcula la potencia eléctrica que debe entregar el paso de salida, para ello debe tomarse en cuenta el rendimiento del transformador de salida. Esta potencia se conocerá si aplicamos la siguiente formula:

$$P_e = \frac{P_{bv} \times 100}{R_f}$$

Donde :

P_e = Es la Potencia eléctrica en watts que debe entregar el paso de salida.

P_{bv} = Es la Potencia eléctrica en watts puesta en la bobina de voz de la bocina

R_f = Es el % de rendimiento del transformador de salida

DISEÑO PRACTICO DEL PASO DE SALIDA

Conocida la potencia que debe entregar la etapa de potencia, el paso siguiente será seleccionar los circuitos para obtener una salida adecuada. Para obtener una elevada potencia y mejorar el rendimiento del circuito, se utilizan los montajes simétricos o en contrafase, denominados también en push-pull. Los montajes en contrafase transistorizados pueden ser de tres tipos fundamentales: Tipo A, Tipo B y Tipo AB.

El que un montaje pertenezca a uno u otro tipo, depende del punto de funcionamiento elegido para los transistores sobre la curva característica $-I_c = f(-V_{BE})$, es decir de la tensión $-V_{BE}$ aplicada entre base y emisor (Fig.1.11)

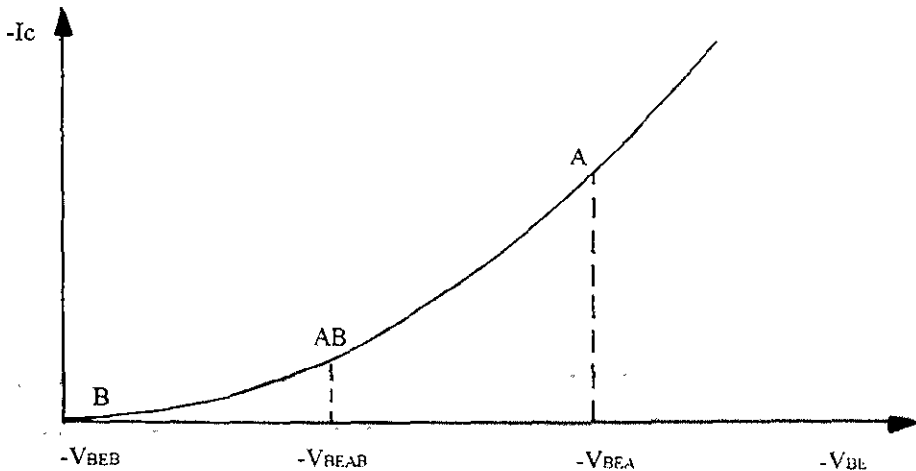


Fig 1.11 Curva característica de los circuitos amplificadores (tipo A, B y AB)

El tipo de amplificador en contrafase depende del funcionamiento elegido para los transistores sobre la curva característica - $I_c = f(-V_{BE})$. En la figura (Fig 1.12), se tiene un ejemplo del circuito en contrafase clase AB.

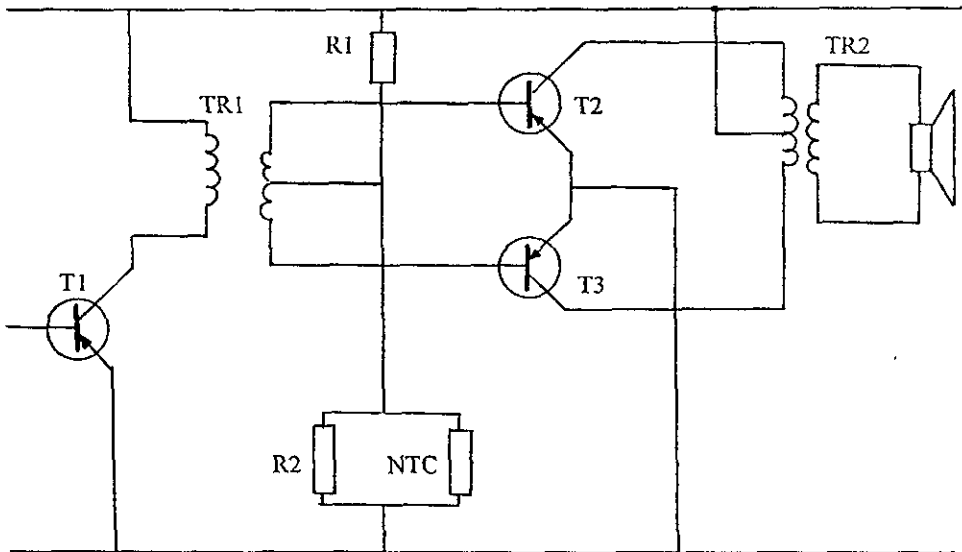


Fig.1.12 Amplificador final en contrafase, utiliza una resistencia térmica (NTC) para lograr la estabilización.

El funcionamiento del circuito es como sigue:

La señal, procedente de las etapas amplificatorias anteriores es aplicada al primario del transformador TR1, y en los devanados secundarios aparecen dos señales iguales, pero de polaridad opuesta (desfasadas 180°), que son aplicadas a las bases de los transistores T2 y T3 montados en contrafase.

Las señales alternas quedan superpuestas a dicha tensión negativa y, por lo tanto los transistores amplificaran alternativamente cada uno de los semiciclos de la señal alterna. Los dos semiciclos de la señal alterna amplificada circulan alternativamente por cada uno de los devanados primario del transformador de salida TR2 obteniendo en su secundario la suma de ambos semiciclos, o sea la señal completa. La estabilización se logra mediante una resistencia NTC en derivación con la resistencia R2 del divisor de tensión. Cuando la temperatura aumenta, el valor de la resistencia NTC disminuye y la base de los transistores se hacen más negativas con respecto a sus emisores, disminuyendo así las corrientes de los colectores automáticamente. Finalmente debe indicarse que en todo circuito en contrafase es condición imprescindible para su correcto funcionamiento que las corrientes de los colectores sean idénticas. Para lograrlo, la característica de entrada - $I_c = F(V_{CE})$ y el factor de amplificación de corriente de ambos transistores deben ser idénticas. Por lo tanto cuando un transistor se averíe deberán sustituirse los dos transistores y ajustar R1 de nuevo.

El transformador de salida TR2 se lleva a cabo tomando en cuenta los siguientes datos

- 1.- Potencia eléctrica de audio que se va a manejar.
- 2.- Tipos de montajes
- 3.- Impedancia de carga recomendada en el primario (Z_p)
- 4 - Impedancia secundaria (Z_s)
- 5.- Calidad

Nota al seleccionar el transformador de salida conviene elegir un tipo universal

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS AMPLIFICADORES

Las características técnicas a considerar en un amplificador de alta fidelidad son las siguientes:

- 1.- Potencia de salida.
- 2.- Respuesta de frecuencia.
- 3.- Banda de potencia.
- 4.- Relación señal ruido.
- 5.- Nivel de entrada.
- 6.- Nivel de saturación de cada entrada
- 7.- Nivel de salida.
- 8.- Margen de atenuación de los controles de graves y agudos
- 9 - Características de actuación del compensador.
- 10 - Actuación de los filtros
- 11.- Distorsión armónica total
- 12.- Distorsión de intermodulación
- 13 - Distorsión de intermodulación transitoria.
- 14.- Impedancia de salida
- 15.- Factor de amortiguamiento
- 16 - Tiempo de subida.
- 17 - Slew rate
- 18 - Separación entre canales.

1.- Potencia de salida

Es la potencia que puede suministrar el amplificador al altavoz

2.- Respuesta de frecuencia

Un amplificador debe amplificar fielmente todas las señales de baja frecuencia sin picos ni valles.

3.- Banda de potencia

En ocasiones la respuesta de frecuencia a la máxima potencia resulta distinta a la obtenida con baja potencia. Es un valor muy importante, ya que relaciona directamente la potencia de salida con la respuesta de frecuencia. La banda de potencia indica el margen de frecuencias sobre la cual el amplificador puede entregar al menor 50% de su potencia total sin que se excede un límite de distorsión prefijado.

4.- Relación señal / ruido

Es la relación entre la amplitud de una señal de audio frecuencia y la amplitud de los ruidos indeseados producidos por el amplificador, con su control de volumen al máximo y los controles de tono en su posición central.

5.- Nivel de entrada

El nivel de entrada indica el mínimo nivel de entrada capaz de excitar al amplificador a su máxima potencia. Se distinguen tres niveles de entrada

Entradas de muy bajo nivel, tales como las cápsulas de bobina móvil; las entradas de bajo nivel, como son el resto de cápsulas magnéticas y micrófonos dinámicos, y las entradas de alto nivel, correspondientes a sintonizadores, magnetófonos y cápsulas piezo-eléctricas.

6.- Nivel de saturación de cada entrada

El nivel de saturación indica cual es el máximo nivel de señal que puede aplicarse a cada entrada sin que el amplificador se sature, es decir sin que recorte dicha señal.

7.- Nivel de salida

El nivel de salida hace referencia a la tensión de salida del preamplificador y a la tensión de salida de grabación.

8.- Margen de actuación de los controles de graves y agudos

El margen de actuación de los controles de graves y agudos no indica ninguna calidad del aparato, ya que es un dato meramente informativo sobre qué nivel de realce o atenuación se puede obtener sobre una determinada frecuencia

9.- Características de actuación del compensador

El nivel de realce de graves y agudos del compensador viene dado por los fabricantes para un nivel de volumen determinado. No es posible dar unos valores exactos de actuación de este control, ya que cada fabricante aporta sus propios criterios en este sentido.

10.- Actuación de los filtros

En lo que respecta a los filtros la característica que debe conocerse es la denominada pendiente de actuación.

La pendiente de actuación viene dada en decibelios por octava, siendo valores satisfactorios los de 6 dB por Octava en la zona de los graves y de 12 dB por octava en los agudos.

11.- Distorsión armónica total

Indica la cantidad de armónicos creados en el amplificador.

12.- Distorsión de intermodulación

La distorsión de intermodulación es afectada también por la potencia, aumentando al aumentar ésta. Por esta razón debe conocerse si la medida se ha efectuado a la potencia nominal o a media potencia, siendo esta última medida engañosa.

13.- Distorsión de intermodulación transitoria

La distorsión de intermodulación transitoria es en cierto modo similar a la distorsión de intermodulación, puesto que es debida a la intermodulación que se produce entre dos señales que se aplican a la entrada de un amplificador con un cierto desfase.

14.- Factor de amortiguamiento

El factor de amortiguamiento se define como el cociente de dividir la impedancia del altavoz por la impedancia de salida del amplificador. Cuanto mayor es el valor del factor de amortiguamiento mejor es el amplificador

15.- Tiempo de subida

El tiempo de subida es un dato de la máxima importancia para conocer cuál será el comportamiento del equipo entre señales de tipo transitorio, siendo tanto mejor el equipo cuanto menor sea el tiempo de subida

16.- Slew rate

Este parámetro tiene en cuenta, además del tiempo de subida, la amplitud de la señal, se mide en $V/\mu s$ utilizando la máxima velocidad con la que puede variar la tensión de la señal en la salida por unidad de tiempo.

17.- Separación entre canales y diafonía

La separación entre canales indica la influencia del canal derecho sobre el izquierdo en un equipo estereofónico o entre los cuatro en los cuadrafónicos.

CAPITULO II

POLARIZACIÓN Y REPRODUCCIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

Los fundamentos del magnetismo describen el estudio del fenómeno denominado magnetización por inducción. En razón a su facilidad para imanarse, las sustancias se clasifican en tres grupos

- 1.- Ferromagnéticos: Son aquellos elementos capaces de imanarse (silicio, fierro, etc)
- 2.- Diamagnéticos: Son aquellos elementos que no admiten ninguna imanación (oro, plata, etc).
- 3- Paramagnéticos. Son aquellos elementos susceptibles a una débil imanación (cobre, etc.)

El grado de imanación de una sustancia depende de la intensidad del campo magnético al que haya sido expuesta.

Cuando se llega al grado máximo de imanación se dice que la sustancia esta saturada La cinta magnética utilizada normalmente en los magnetófonos Básicamente consiste en una película de plástico sobre la que se deposita una finisima capa de material magnético, esta capa es el medio que permita la grabación Todas las sustancias ferromagnéticas se imanar bajo el efecto de un campo magnético con arreglo a un proceso cuya representación esquemática se presenta en la figura (Fig.2.1)

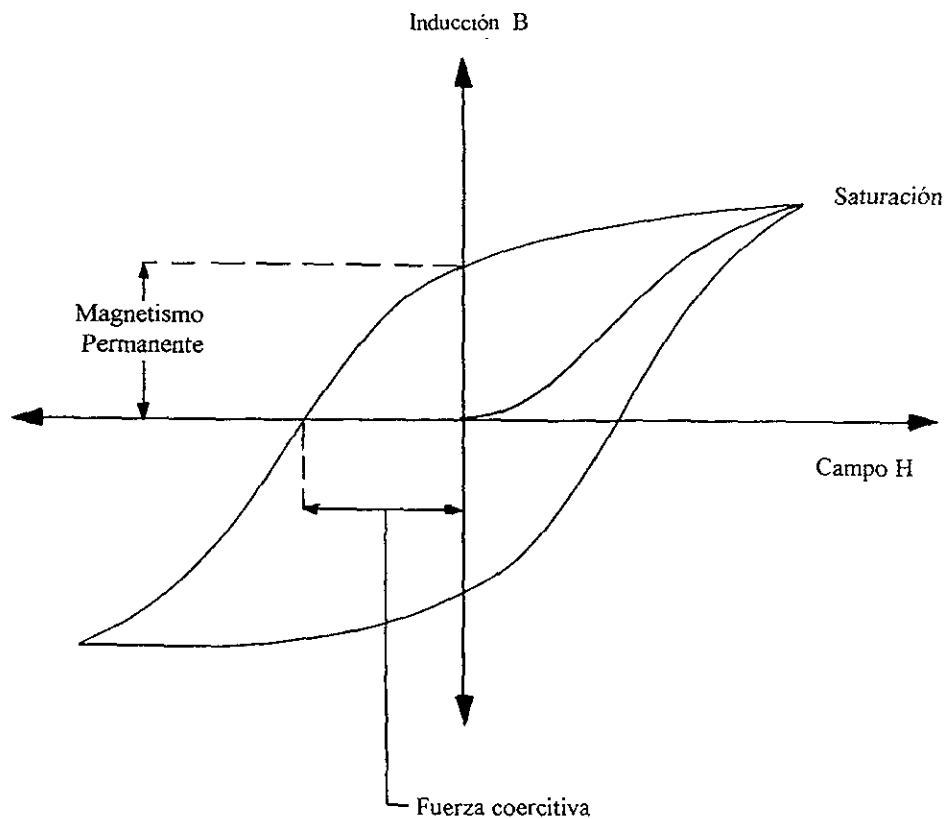


Fig 2.1. Curva de magnetización para un material ferromagnético

2.2 EL PROCESO DE REGISTRO

En la figura (Fig 2 2) se muestra la distribución interior de los elementos de una cabeza magnética, se puede observar las bobinas y las piezas polares

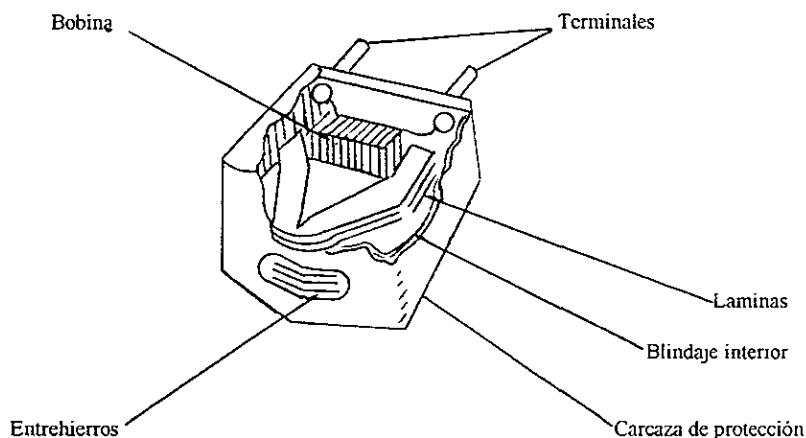


Fig. 2.2 Vista en sección de una cabeza magnética.

Dichas piezas terminan en la superficie de la cabeza, sobre la que pasa la cinta a una determinada velocidad, y están separados por un espacio de tamaño muy reducido relleno de material no magnético que separa ambos polos. Las dimensiones de dicho entrehierro se expresan en micras y su valor depende del tipo de aplicación, de la cabeza y la inversión que el fabricante haya destinado a su producción. A continuación, se explica el funcionamiento de este dispositivo

La bobina, al recibir las variaciones eléctricas de la señal de audio, produce un campo magnético en el entre hierro, campo que varía en intensidad y polaridad de acuerdo con los cambios de dicha señal. Este flujo de campo magnético circula por el óxido de la cinta para cruzar el entrehierro.

El resultado es una variación magnética, impresa en la cinta en movimiento, que corresponde a los cambios en la señal de audio. Si el entrehierro se hace demasiado pequeño, el flujo magnético tiende a circular por el entrehierro en vez de cerrar el lazo por la capa sensible de la cinta.

Lo más sobresaliente del proceso de grabación magnetofónica es relacionar el valor de la magnetización remanente en función del flujo magnético, ya que son los valores de magnetismo remanente los que quedan grabados en la cinta

2.3 POLARIZACIÓN

PRINCIPIO DE POLARIZACIÓN

Cuando se registra una señal alterna, la cabeza de grabación somete a la cinta en movimiento, a un campo proporcional a esta señal. Debido a la característica de registro en la figura (Fig. 3.3), se tiene el trazo de la relación entre la señal y la inducción remanente existente en cada punto de la cinta, originalmente neutra

El sistema que se aplica a la curva de registro tiene cierta similitud con la polarización de un dispositivo electrónico activo y por esta razón se denomina <<polarización>>. A la corriente que se superpone a la señal de registro se conoce como corriente de polarización

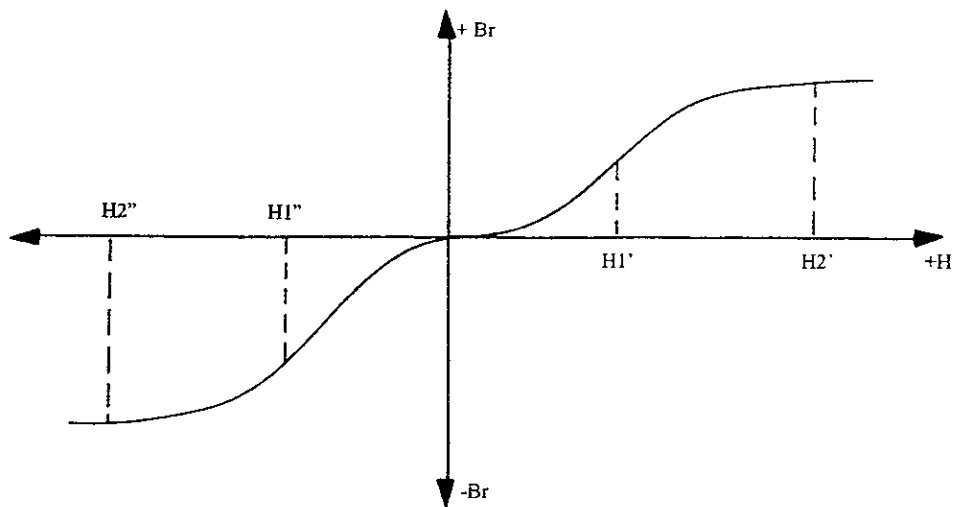


Fig.2 3. Gráfica que relaciona remanencia magnética con campo magnetizante

2.3.1 POLARIZACIÓN DE CORRIENTE CONTINUA

Aunque este sistema ya casi no se aplica se describe a continuación: Consiste en añadir una corriente continua sobre la cabeza de registro a la que también se le aplica la corriente de baja frecuencia a registrar. Además de presentar graves inconvenientes

- 1.- La característica de registro es mala, ya que sólo se utiliza una rama de la curva.
- 2.- La magnetización de la cinta no se interrumpe en las zonas de pausa de la señal de grabación
- 3 - La reproducción va acompañada de un ruido de fondo importante

2.3.2 POLARIZACIÓN POR CORRIENTE ALTERNA

En este sistema se superpone la señal de grabación a una tensión de alta frecuencia de nivel fijo en la forma representada en la figura (Fig. 2.4)

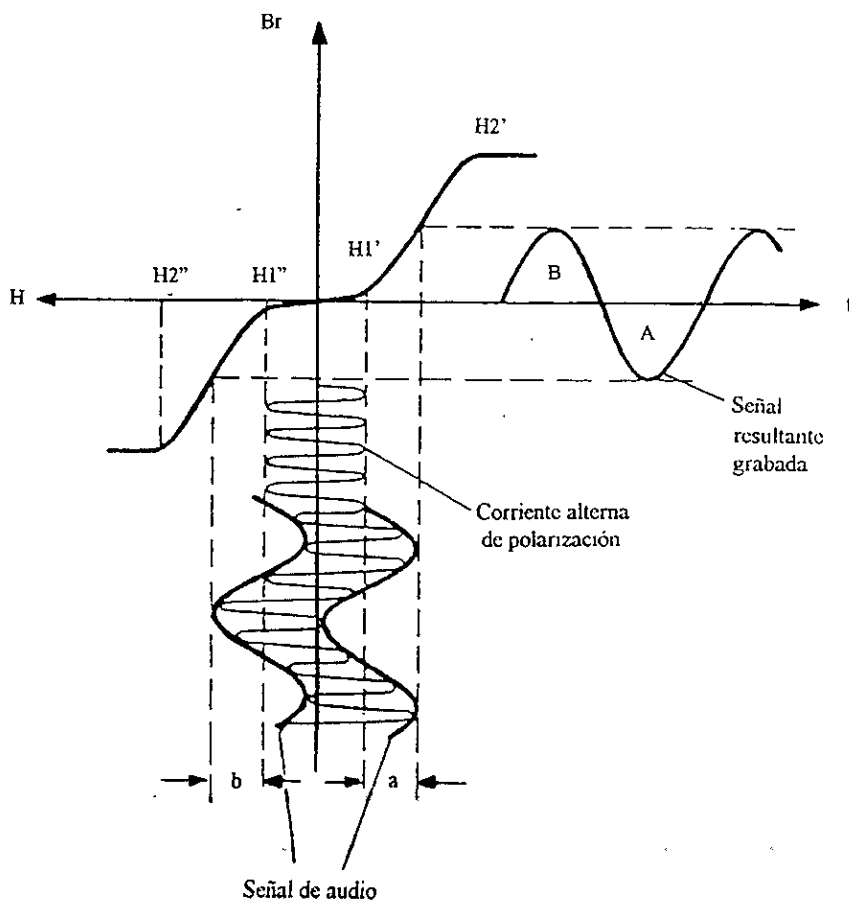


Fig. 2.4 Gráfica de grabación con corriente alterna de polarización.

En la gráfica se observa que es posible evitar la zona de la curva de transferencia que coincide con el eje horizontal, aplicando un valor adecuado para la señal de alta frecuencia

Es importante hacer constar que no se trata de un proceso de modulación de amplitud de la corriente de polarización por la señal de audio, como a veces erróneamente se interpreta, si no simplemente de una superposición que no debe confundirse con una modulación. En este proceso la construcción correcta de la forma de onda de la señal requiere un ensamblaje entre las semi-ondas positiva y negativa, en el que el ajuste preciso del nivel de alta frecuencia tiene un papel de primera importancia.

Con este sistema el grado de rendimiento de la grabación magnetofónica es óptimo, obteniéndose las siguientes ventajas:

- 1.- La distorsión se reduce considerablemente
- 2.- En ausencia de la señal de baja frecuencia la inducción remanente es nula.
- 3 - Se aprovechan las dos partes lineales de la curva.

2.5 LA RELACIÓN SEÑAL / RUIDO

Este factor es de gran importancia ya que en todos los sistemas de transmisión de información en la grabación magnetofónica existen ruidos que inevitablemente son inherentes. Estos ruidos provienen ya sea de la cinta magnética o de las cabezas magnéticas

Estos ruidos se pueden reducir teniendo en cuenta los siguientes factores

- 1.- Anchura de pista.- mientras mayor sea la anchura de la cinta o pista a grabar, mayor será la tensión de salida en los bornes de la cabeza

- 2.- Longitud del entrehierro.- Aumentando la longitud del entre hierro crece la tensión de salida, pero como contrapartida, se reduce la respuesta en frecuencias altas. En la práctica , el diseño de las cabezas de reproducción se realiza siempre teniendo en cuenta el compromiso entre nivel de señal y respuesta en frecuencia.

2.6 ECUALIZACIÓN

Al grabar discos una amplitud excesiva de sonidos graves resulta peligrosa para el surco, por que la aguja incisora podría muy bien saltarse a una pista contigua durante su movimiento de lado a lado. Por esta razón los tonos graves se atenúan durante la grabación y, por supuesto, esta atenuación debe compensarse en la reproducción

Por otro lado, el ruido puede reducirse si en la grabación se refuerzan los agudos y en la producción se reduce en la misma medida , de modo que el ruido resulta disminuido en idéntica proporción a este proceso de información se la llama ecualización. Además las características de un tipo particular de cinta puede necesitar una cierta compensación en la reproducción

Volviendo al tema de la grabación magnética, los circuitos grabados del magnetófono están calculados para que una amplitud de señal constante a cualquier frecuencia que los recorra produzca una corriente constante en al cabeza grabadora (Fig. 2 7).

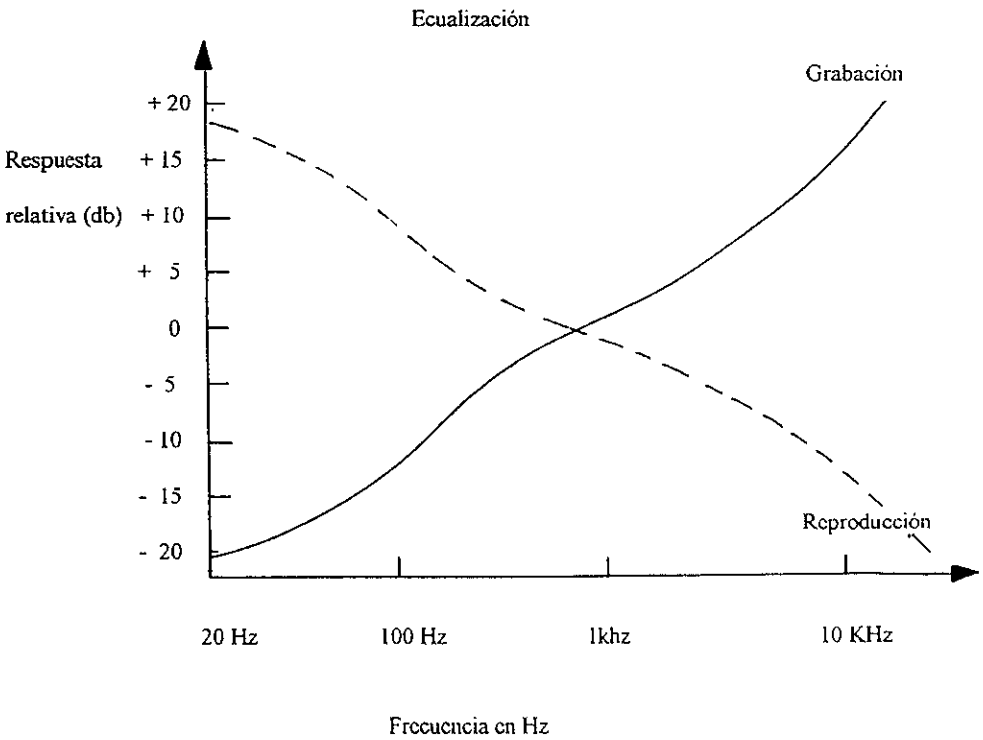


Fig. 2.7 Curvas de ecuación de discos

No es necesario decir que nunca se trabajará en condiciones ideales y que a causa de las pérdidas inevitables debidas al tamaño del entrehierro o a la naturaleza del material magnético de la cinta siempre se aplica un refuerzo de agudos para compensarlos, lo que supone, ya en esta etapa una forma de ecualización.

Durante la reproducción se necesita una cantidad considerable de refuerzo de graves

Esto es debido a que el voltaje inducido en una cabeza reproductora es proporcional a la frecuencia de la señal grabada en la cinta, de manera que, de no haber ecualización la señal de salida resultaría muy pobre en graves y saturada en agudos.

En frecuencia modulada, el sonido es presentuado, con el propósito de superar el ruido que detecta el receptor junto con la señal deseada. La mayor parte de ese ruido se origina en el espacio exterior, pero también cuenta con el producido artificialmente.

Como es de imaginar, al recibir la señal, los agudos han de ser atenuados en un circuito de decentuación, y el ruido quedará igualmente reducido.

EMPLEO DE LA REALIMENTACIÓN

Para mejorar la salida se podría disponer de una red de canalización situada entre la salida del generador de la señal y la entrada del amplificador, pero esto podría ser problemático en cuanto que reduciría la amplitud de la señal, haciendo que la relación señal -ruido fuera demasiado desfavorable. El nivel de señal se reduce igualmente, si se ubica la ecualización justo en la salida del amplificador.

La técnica más usual consiste en utilizar un circuito de realimentación , en el cual la red canalizadora controla la ganancia de lazo de una etapa del amplificador (Fig 2.8).

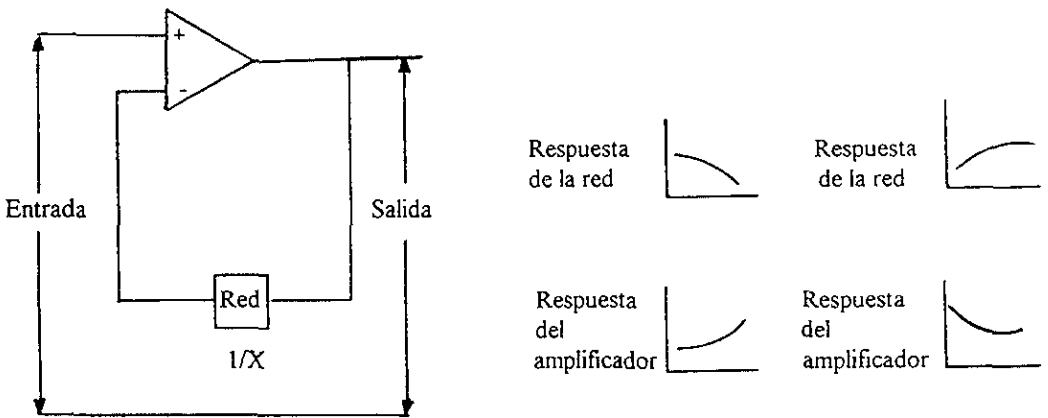


Fig. 2.8 Redes ecualizadas realimentadas

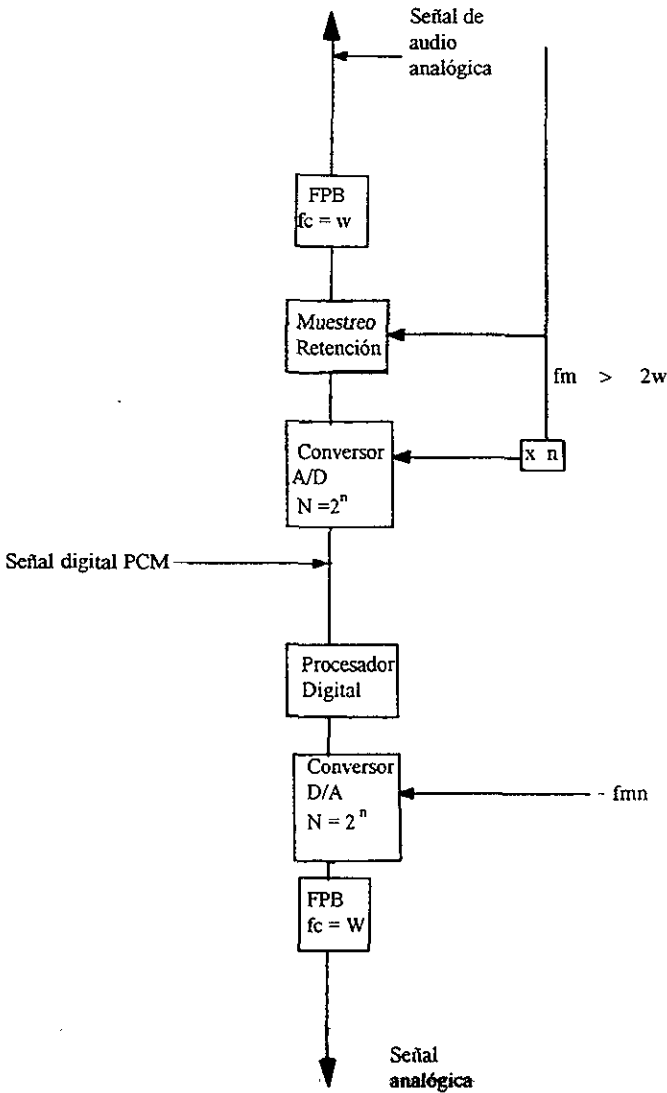


Fig. 3.1 Diagrama de bloques de un sistema PCM de digitalización.

El proceso de digitalización no produce ningún tipo de degradación ya que la señal analógica filtrada, muestreada y cuantificada posee la misma información que la señal digital codificada PCM.

GENERACIÓN DE LA SEÑAL PCM A PARTIR DE LA SEÑAL ANALÓGICA DE AUDIO

En la figura (Fig.3.2) se muestra el diagrama de bloque para generar la señal PCM. La señal analógica de audio se convierte en una secuencia de dígitos binarios (señal PCM).

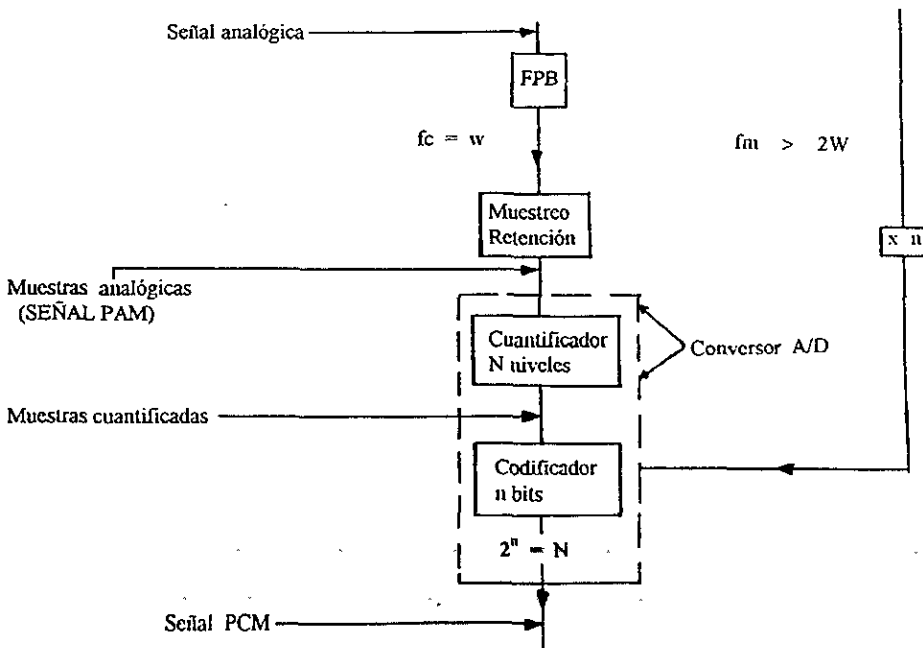


Fig. 3.2 Diagrama de bloques para generar la señal PCM.

EL FILTRO PASO BAJO Y EL MUESTREADOR-RETENCION

En los sistemas PCM no se transmite toda la señal analógica de audio, si no solamente muestras de la misma tomadas de forma periódicas (T_m) y a intervalos de tiempos constantes (Fig.3.3)

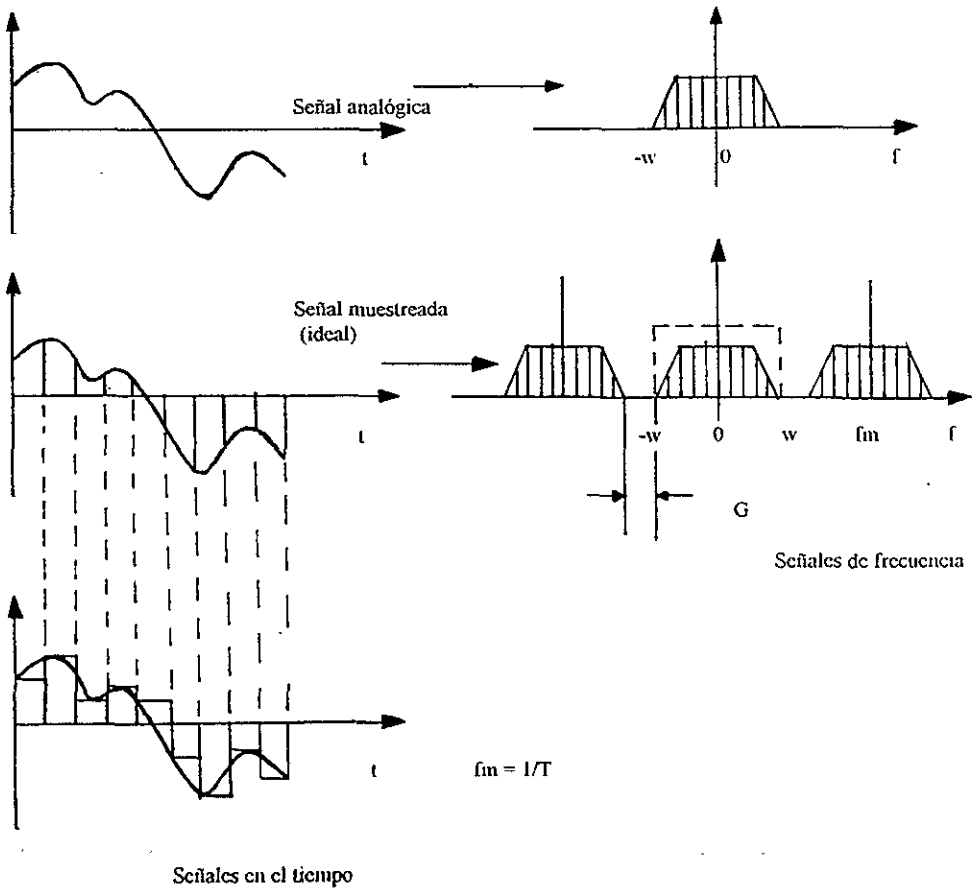


Fig.3.3 Espectro en frecuencia de una señal muestreada.

CAPITULO III

DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE AUDIO

3.1 INTRODUCCIÓN

Unos de los temas que han adquirido mucho interés, es el tema digital. Para poder entender este tema se deber estudiar las bases en que se asienta la digitalización y como funcionan los diferentes sistemas existentes. Dado el considerable desarrollo de los sistemas digitales en los últimos años, la tendencia actual de la industria del sonido es sustituir las técnicas analógicas utilizadas hasta el momento, por las nuevas y prometedoras técnicas digitales. La transmisión y procesado de la señal de audio queda garantizada con la aplicación de estas técnicas. digitalización de la señal analógica, detectores y correctores de posibles errores introducidos en la transmisión, modulaciones de canal, efectos especiales, etc

Generalmente se piensa que lo referente a lo digital es un invento reciente. Sin embargo, hace ya muchos años de su existencia. Su aparición y desarrollo se enfocaron primeramente, a conseguir evidentes mejoras en el campo de la telecomunicación, ya que gracias a este sistema se logra transmitir mayor información por diversos medios. Desde aquel día (21 de julio de 1969) en que, Niel Alden Armstrong comunicaba a la Tierra que el módulo del Apolo II se había posado en el mar de la Tranquilidad. Esta comunicación se efectuaba digitalmente

Ahora esta nueva técnica se ha adoptado a los sistemas de audio teniendo mejoras considerables.

Las señales digitales constituyen series de pulsos, que pueden encontrarse en formas diferentes. Una señal digital puede producirse entre el valor cero y un potencial positivo y un potencial negativo, o un potencial positivo y uno negativo. La utilización de señales digitales provocó un notable incremento en la proliferación de los circuitos integrados. Estos dispositivos permiten procesar las señales en forma de combinaciones de niveles altos y bajos, y detectar las diferencias en las señales en función de la frecuencia de estos cambios.

En los primeros años de la tecnología digital, se distribuyeron los controles de paneles de funciones mecánicas típicos de numerosos artículos de consumo por controles remotos simples y de suave pulsación, y controles de infrarrojo sin cable. Más tarde se desarrollaron circuitos digitales para el control de servosistemas, de modo que pudieran presentarse y regularse de forma precisa las velocidades de la cinta y el cabezal.

Ahora se utiliza la tecnología digital para crear y procesar las señales de sonido e imagen.

Los sistemas de reproducción mediante sistemas de disco compacto presentan la característica especial de encontrarse entre los primeros productos de consumo representativos de las utilidades de la tecnología digital, en todas sus formas para el control de sistemas y servosistemas, al igual que para la creación y tratamiento de la señal de sonido.

La sencillez de su uso de los circuitos digitales, a parte de las ventajas ya expuestas trae consigo otras tres importantes características con respecto a los analógicos. La primera de ellas es la estabilidad, la presión y la capacidad de manejo.

Debido a las características ya expuestas anteriormente la tecnología digital es el tema de la actualidad.

3.2 MODULACIÓN DE PULSOS CODIFICADOS. SISTEMA PCM

En la figura (Fig.3 1) se tiene el diagrama de bloques de un sistema PCM de digitalización.

Se incluye un bloque con el nombre “ procesador digital”, ya que una vez digitalizada la señal analógica de audio, el procesador digital puede trabajar con ella y realizar numerosas funciones, como pueden ser: almacenamientos temporales de la señal (retardos), filtrados, compresiones, expansiones, reverberaciones, todo tipo de efectos especiales o simplemente la transmisión de recta de la señal al receptor.

Hay que decir que, aparte de las imperfecciones de tipo tecnológico, las únicas fuentes de degradación de la señal son los filtros paso bajo (FPB) y el proceso de cuantificación.

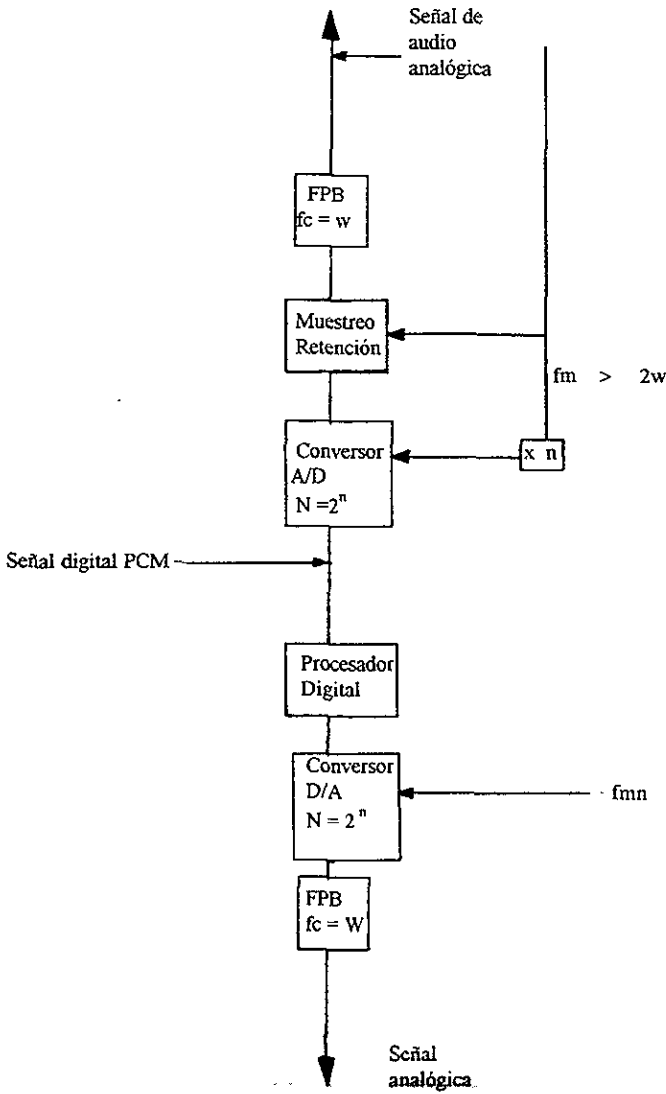


Fig. 3.1 Diagrama de bloques de un sistema PCM de digitalización

El proceso de digitalización no produce ningún tipo de degradación ya que la señal analógica filtrada, muestreada y cuantificada posee la misma información que la señal digital codificada PCM.

GENERACIÓN DE LA SEÑAL PCM A PARTIR DE LA SEÑAL ANALÓGICA DE AUDIO

En la figura (Fig.3.2) se muestra el diagrama de bloques para generar la señal PCM. La señal analógica de audio se convierte en una secuencia de dígitos binarios (señal PCM).

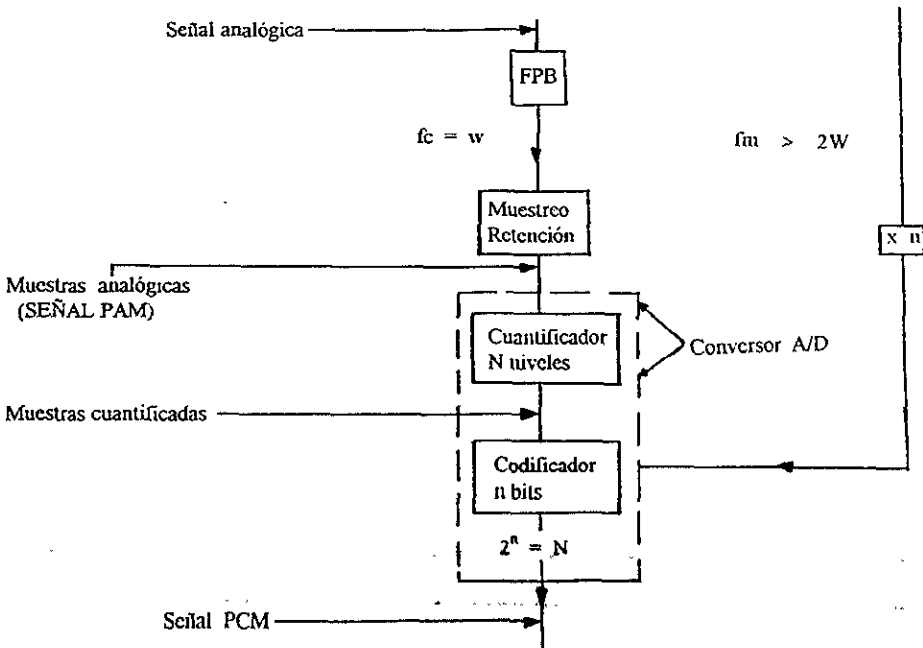


Fig.3.2 Diagrama de bloques para generar la señal PCM.

EL FILTRO PASO BAJO Y EL MUESTREADOR-RETENCION

En los sistemas PCM no se transmite toda la señal analógica de audio, si no solamente muestras de la misma tomadas de forma periódicas (T_m) y a intervalos de tiempos constantes

(Fig.3.3)

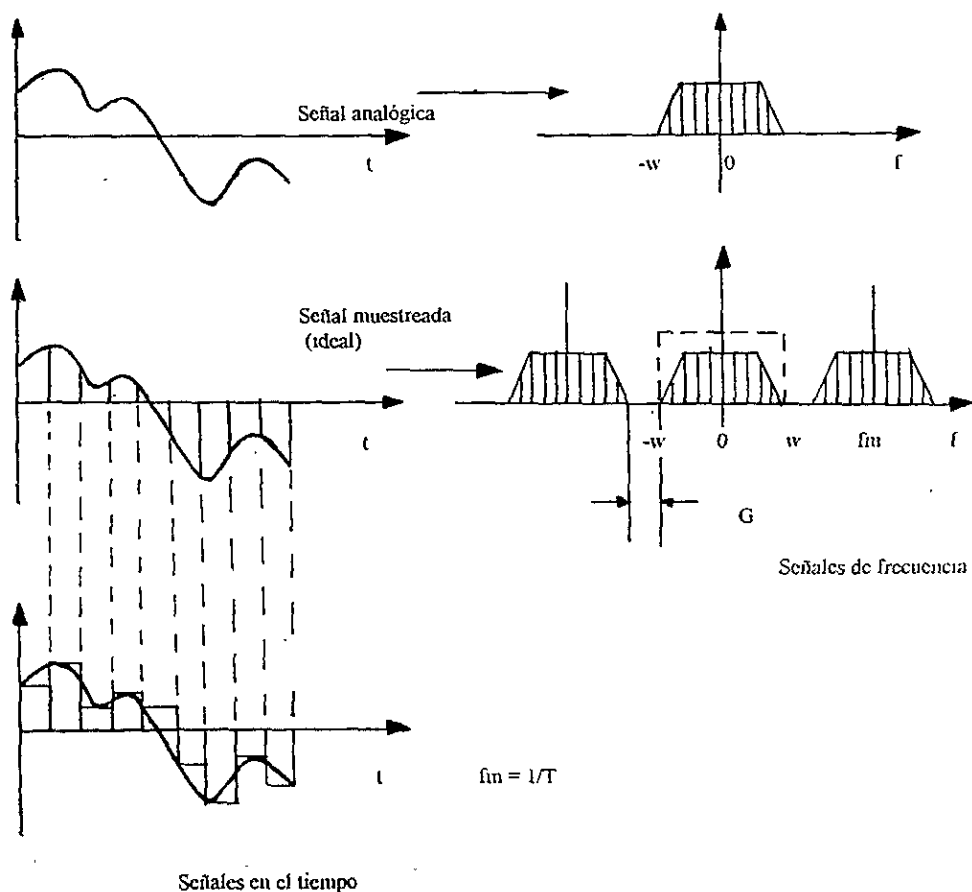


Fig.3.3 Espectro en frecuencia de una señal muestreada.

A pesar de la pérdida de información que tiene lugar entre dos muestras consecutivas, es posible la recuperación en el demodulador PCM de la señal analógica original utilizando el teorema de muestreo. Para ello es necesario que las muestras analógicas se tomen a una frecuencia de muestreo f_m mayor o igual a $2K$, siendo K el límite superior de la banda de audio ($K = 20000$ Hz), por lo que la frecuencia de muestreo tendrá que ser mayor o igual que 40000 Hz.

Observando el espectro en frecuencia de la señal muestreada, en la figura anterior, puede comprenderse cómo es posible la recuperación de la señal con sólo utilizar un FPB (filtro pasa baja) con frecuencia de corte $f_c = K$. La señal de audio es limitada en el tiempo, por lo que su espectro no está limitado en frecuencia, apareciendo componentes de frecuencia superiores a $20\ 000$ Hz que reciben el nombre de "colas espectrales". Al muestrear una señal de este tipo, se originan solapamientos de colas en el espectro de la señal muestreada (Fig. 3.4)

Por lo tanto, cuando se filtre en la recuperación de la señal, todas las frecuencias mayores a la frecuencia de corte, aparecerán a la salida del filtro en la forma de frecuencias muchos menores, es decir, se establece la siguiente relación:

$$F_m - F_l < K$$

Donde:

K = frecuencia de corte.

F_l = frecuencia de la señal a muestrear

F_m = frecuencia media

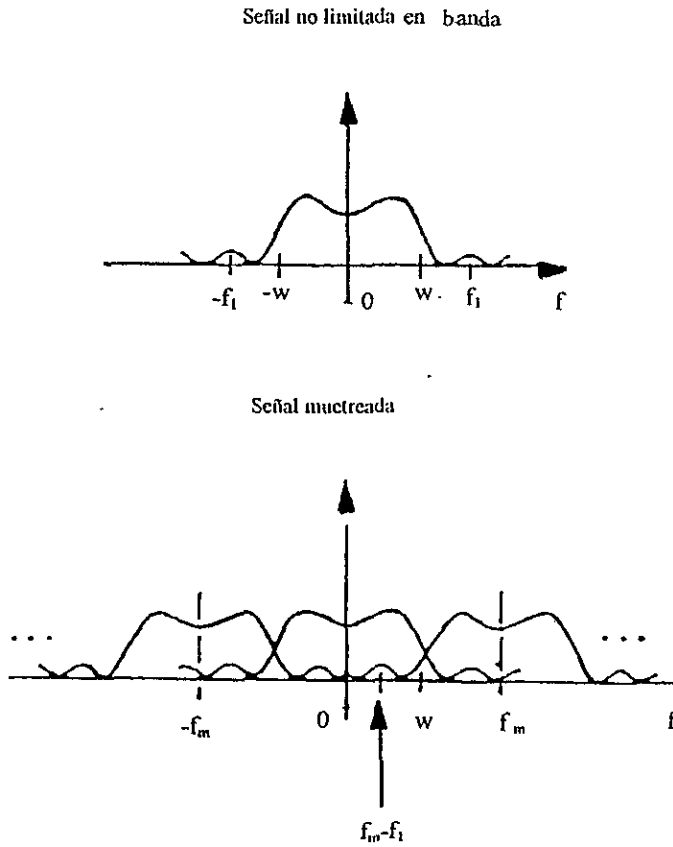


Fig. 3.4 Señal muestreada

Este fenómeno recibe el nombre de interferencia entre colas espectrales, y se evita limitando en banda la señal de audio a la frecuencia de $K = 20\ 000$ Hz y muestreando a una frecuencia f_m mayor que 4000 Hz, con el fin de obtener una banda de guarda G .

La frecuencia de muestreo recomendada en equipos domésticos de audio digital es de 44.1 Khz. Al utilizar filtros, estos producen pequeñas distorsiones de fase en la señal, que pueden llegar a ser audibles a la hora de reproducir la señal de audio digitalizada.

Existen sistemas capaces de corregir este problema. Uno de los procedimientos mas utilizados es el de muestreo-retención, que funciona de la siguiente forma:

A la salida del muestreador se obtienen niveles de tensión constantes entre dos instantes, de muestreo sucesivos. Como puede verse en la figura (fig. 3.1) en cada instante de muestreo el valor de amplitud de señal medido se retiene hasta el siguiente instante de muestreo. Esto permite al convertidor analógico /digital asignar a cada muestra una secuencia determinada de bits según su código.

EL CONVERTIDOR ANALÓGICO - DIGITAL

El convertidor A/D realiza doble función como son: la cuantificación y la codificación

EL CUANTIFICADOR

En el cuantificador, las amplitudes de las muestras analógicas tomadas a la frecuencia de muestreo son aproximadas a unos determinados valores discretos, dados por la curva de transferencia de N niveles de cuantificación (Fig.3.5).

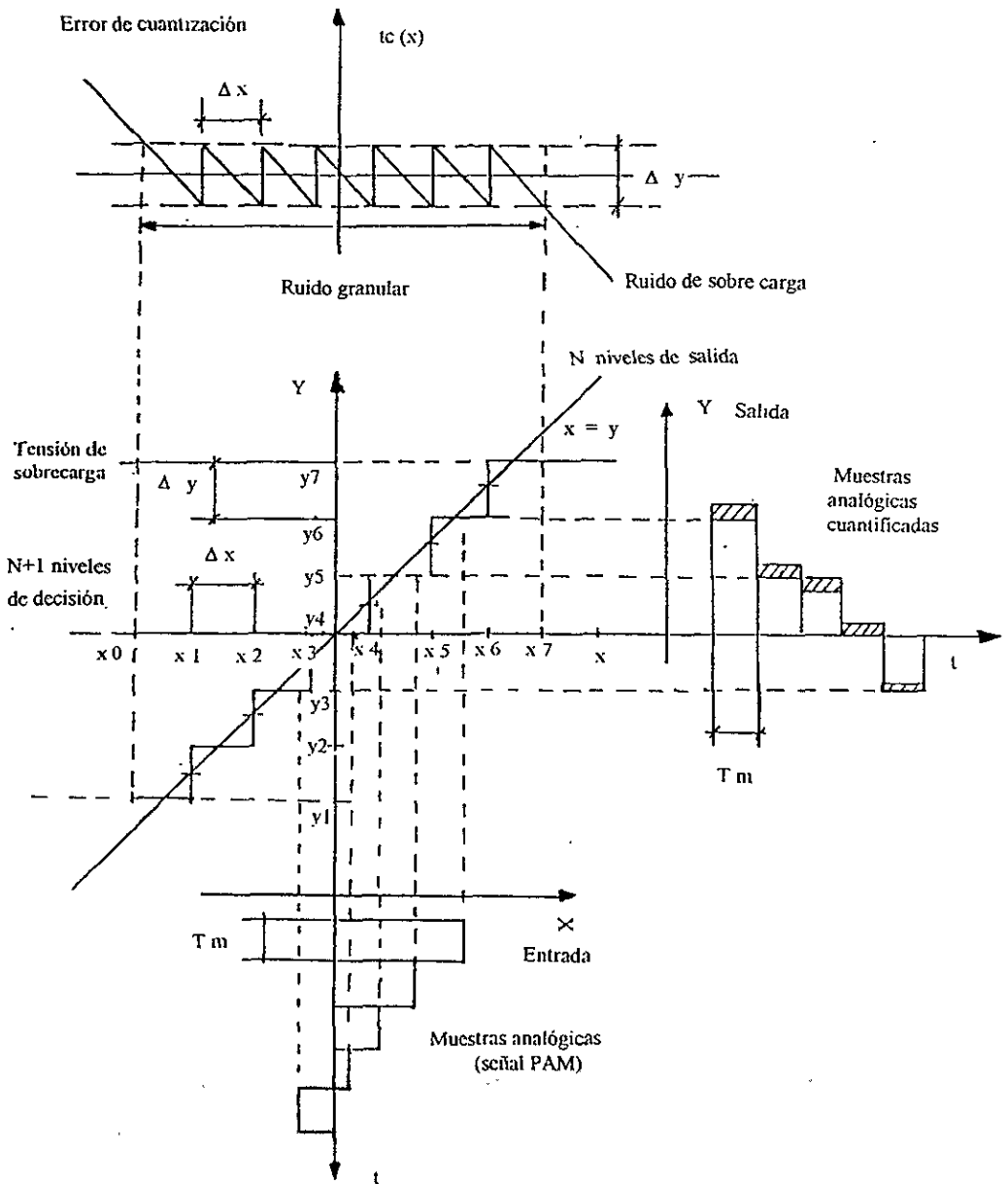


Fig. 3.5 Señal cuantificada en N niveles

En la figura anterior se muestran los niveles de cuantificación que se distribuyen de manera uniforme. Consta de $N+1$ niveles de decisión $X_0, X_1, X_2, \dots, X_N$, y un conjunto de N niveles de cuantificación $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_N$. Como el valor de una muestra en el intervalo i de cuantificación ($X_{i-1} < X \leq X_i$), le corresponde la salida cuantificada Y_i .

El resultado es que se comete un error inevitable llamado error de cuantificación.

En la figura (Fig.3.5) anterior el error de cuantificación, está representado por las áreas rayadas que aparecen en cada muestra cuantificada de la señal de salida.

En la figura (Fig. 3.6) se puede observar, una señal cuantificada correspondiente a un tono

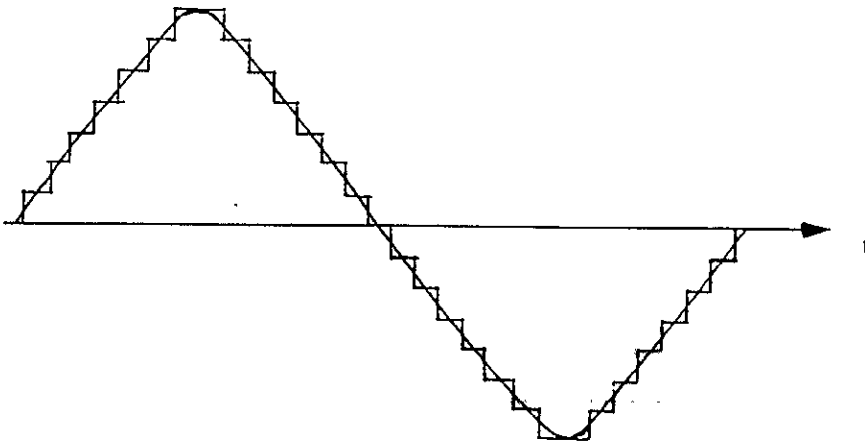


Fig.3.6 Señal cuantificada correspondiente a un tono

EL CODIFICADOR

Cada muestra cuantificada en uno de los N niveles posibles es codificada en una secuencia de n dígitos binarios o bits. El número n de bits necesarios para ello viene dado por la expresión $N=2^n$, donde $n = \log_2 N$

De lo anterior se dice, que cuanto mayor sea el número de N niveles de cuantificación, mayor será el número de n bits necesarios en la codificación.

Por ejemplo si tenemos $N=8$ niveles, aplicando la formula nos queda $n = \log_2 8 = 3$ bits, esto queda representado en la siguiente tabla y en la figura (Fig.3.5)

Nivel de cuantificación	Palabra código
Y_0	000
Y_1	001
Y_2	010
Y_3	011
Y_4	100
Y_5	101
Y_6	110
Y_7	111

En la figura (Fig.3.2) se puede observar que la frecuencia de reloj que controla el convertidor A/D es $f_{m\text{m}}$, ya que las muestras se cuantifican a una velocidad de $f_{m\text{m}}$ muestras por segundo, y se transmiten por lo tanto a $f_{m\text{m}}$ por segundo, después de la codificación.

Ahora se puede comprender que en la codificación, en el intento de disminuir el error de cuantificación a costa de aumentar el número de niveles de cuantificación nos lleva aun aumento del número de bits necesarios en la codificación, pero este tiene sus limitaciones, ya que un número excesivo de bits resultaría en un sistema, poco económico.

En sistemas de audio profesionales y equipos domésticos, se utilizan generalmente convertidores A/D de 14 ó 16 bits

3.3 RECUPERACIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA DE AUDIO A PARTIR DE LA SEÑAL PCM

En la figura (Fig.3.1) se puede observar que el convertidor D/A determina los valores de las muestras, a continuación recupera la señal original filtrándola con FPB de frecuencia. La señal analógica que se obtiene no es idéntica a la señal original, ya que el filtrado se realiza con las muestras cuantificadas a la salida del convertidor analógico D/A y no con los valores exactos de las muestras originales, y es aquí donde queda patente el error de cuantificación cometido en el proceso de conversión A/D.

El error de cuantificación puede interpretarse como una señal no limitada en banda, que se suma a la señal analógica a la entrada de un cuantificador perfecto con infinitos niveles de cuantificación y es tal que puede producir distorsión de armónicos o intermodulación; incluso puede darse el caso de pérdidas de señal. Por lo anterior es importante trabajar con este error.

En la práctica antes de transmitir la grabación en el soporte ya sea disco o cinta, se somete la señal a otro tipo de codificación que hace posible en recepción, la detección y corrección de posibles errores introducidos en el canal de transmisión.

3.3.1 SISTEMA PCM NO LINEAL

Estos sistemas tiene su máxima aplicación en equipos a los que se les exige una alta calidad de transmisión de señales vocales, ya que en este tipo de señales, los niveles bajos en las muestras ocurren con mayor probabilidad que los altos. Se consigue así un elevado margen dinámico y una relación señal- ruido más constante

En general, estos sistemas consiguen mejoras de 24 db en la relación señal/ruido de cuantificación, lo que es lo mismo, un ahorro de 4 bits por muestra codificada con respecto a la cuantificación lineal.

El filtro pasa bajo (FPB) necesario para limitar en banda a la señal analógica, debe preceder al sistema no lineal.

En los sistemas PCM no lineales, la señal dither debe añadirse después de realizada la comprensión de la señal de audio. De esta manera, la señal "dither", es sometida a un proceso de cuantificación lineal mientras que la señal de audio es cuantificada de manera no lineal, dando como resultado una modulación de ruido.

En sistemas de alta calidad se utilizan convertidores D/A, tanto para realizar la codificación como la decodificación, asegurándose de esta manera una perfecta adaptación entre el codificador y el decodificador no lineales PCM.

3.3.2 SISTEMA PCM DIFERENCIAL (DPCM)

En sistemas en los que se desea reducir el número de bits necesarios para conseguir una calidad determinada del sistema de conversión, lo que se hace es digitalizar la diferencia de amplitud entre dos muestras sucesivas de la señal analógica, ya que el margen dinámico de la señal es bastante menor que el de las muestras y por lo tanto puede reducirse el número de bits en la codificación.

En la figura (Fig.3.7) se muestra el diagrama de bloque de un sistema PCM diferencial.

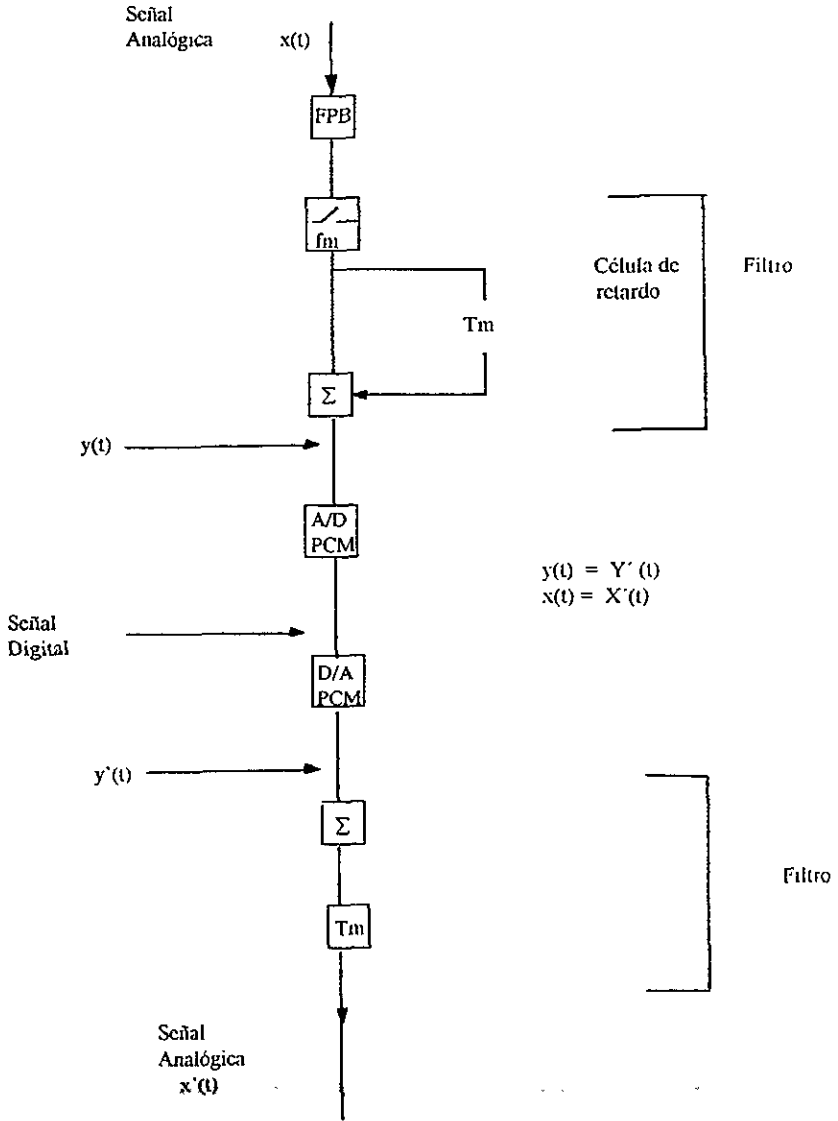


Fig.3.7 Diagrama de bloques de un sistema diferencial

Como puede observarse, el codificador genera periódicamente una señal llamada de predicción sobre la señal de entrada actual. Esta señal de predicción es la señal que había a la entrada del codificador, un tiempo T_m antes que la señal actual; es decir, la señal predictora es la señal de entrada que retarda un tiempo igual al periodo de muestreo.

La diferencia entre la señal de entrada actual y la señal de predicción es la que se digitaliza en el convertidor A / D. Del convertidor se toma la señal de predicción, sumándola con la señal de salida del convertidor D / A y da la señal actual. Esta señal retarda T_m será la nueva señal predictora que en el siguiente ciclo se sumará a la señal diferencia. Así sucesivamente, se van obteniendo las muestras analógicas a la salida del sistema.

La eficiencia de los sistemas se basa, en un conocimiento de prioridad en la señal de audio que se va a digitalizar; de lo contrario no podría ser óptimo.

3.3.3 SISTEMA DE MODULACIÓN DELTA

En los sistemas DPCM el ahorro de bits se consigue gracias a que el margen dinámico de la señal diferencia es mucho menor que el de las muestras, y por lo tanto se requieren menos bits en la codificación.

Haciendo los intervalos de muestreo lo suficientemente pequeños se consigue un margen dinámico de la señal diferencia aún menor, y por lo tanto un mayor ahorro en el número de bits.

En la llamada modulación Delta se elige convenientemente la frecuencia de muestreo, de manera que se pueda obtener la señal diferencia con un margen dinámico tan pequeño como para poder codificarla con un solo bit.

La modulación Delta es el caso límite de la modulación DPCM, y además es el método más simple para convertir una señal analógica en una señal digital.

En la figura (Fig. 3.8), se tiene un diagrama de bloques de esta conversión.

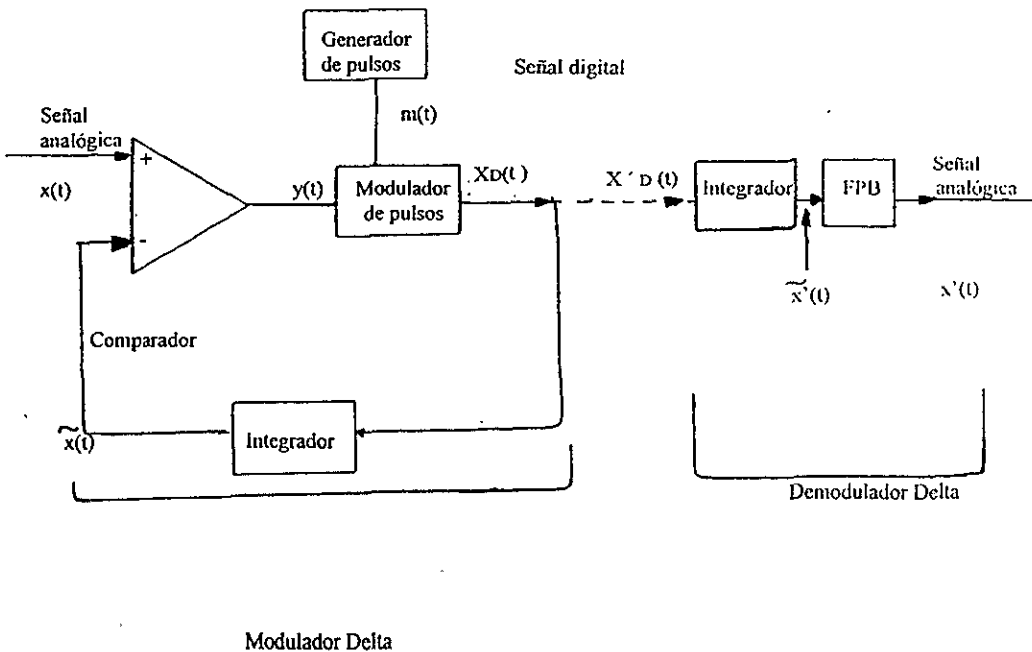


Fig. 3.8 Diagrama de bloques de un sistema de modulación Delta.

La señal analógica de audio $x(t)$ que se tiene a la entrada del modulador delta se compara con la señal predictora $\hat{x}(t)$, obteniéndose la señal diferencial $y(t) = x(t) - \hat{x}(t)$. Seguidamente, la señal $y(t)$ modula a un tren de impulsos $m(t)$, de manera que, si en un determinado instante de muestreo, la señal de diferencia es positiva o negativa, a la salida del modulador se tiene un pulso positivo o negativo, por lo tanto la señal de salida $X_D(t)$ será el tren de impulsos multiplicado por $+1$ ó -1 dependiendo si la señal $y(t)$ es positiva o negativa.

En la figura (Fig. 3.9) puede apreciarse como la señal $x_D(t)$ con respecto a la salida del sistema es una forma de señal digital binaria.

Por ejemplo

Que en un instante t_1 la señal de diferencia es positiva, se tendrá un pulso positivo en la señal, $X_D(t_1)$, y como respuesta a este pulso, el integrador dará a su salida el abrupto "escalón" de la señal predictora $\hat{X}(t)$, manteniéndose su valor durante todo el intervalo de muestreo T_m . En el siguiente instante de muestreo t_2 , la señal de diferencia se hará negativa y por lo tanto a la salida del modulador se tendrá un pulso negativo en la señal, $X_D(t_2)$.

Este pulso al pasar por el integrador dará lugar a un nuevo salto en la señal $\hat{X}(t)$, pero esta vez en sentido negativo. así sucesivamente se realiza el proceso de modulación

Como la modulación se basa en la cuantificación de la señal analógica, existe un de error de cuantificación.

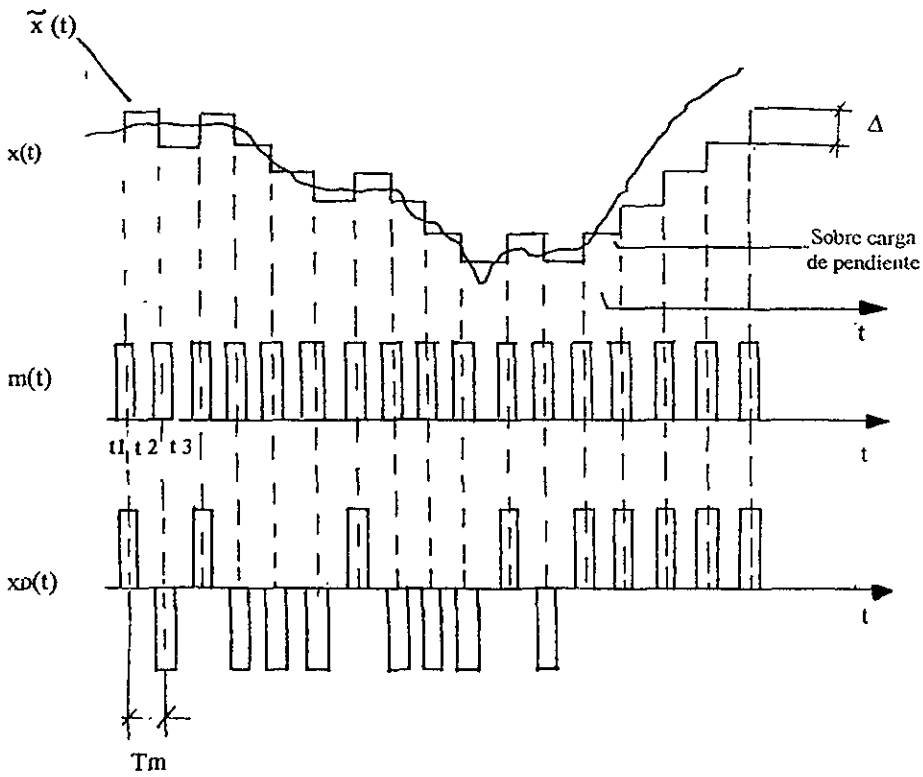


Fig.3.9 Señal muestreada y convertida a señal binaria

A pesar de que la relación señal/ruido de cuantificación en los sistemas MD es inferior a los sistemas PCM y el ancho de banda de la señal MD es mayor que la de la señal PCM

Hoy en día gracias a la aplicación de los llamados algoritmos de adaptación y a la reducción de los requisitos de ancho de banda, se puede considerar a la Md como un fuerte competidor frente a la modulación PCM, siendo su utilización cada vez más extendida en sistemas de audio digital.

3.4 SISTEMAS ADAPTATIVOS

3.4.1 SISTEMA MD ADAPTATIVO

Tanto la modulación MD como la DPCM originan un ruido constante a la señal del demodulador, de manera que la relación S/N_c (señal /ruido) es máxima sólo para señales de alto nivel.

En la figura (Fig. 3.10) se muestra un sistema MD- Adaptativo en el cual el tamaño del escalón puede seleccionarse dependiendo de los datos que se vayan a transmitir.

Por lo tanto en una serie continua ya sea de "unos" o "ceros" indicará que el integrador está en el límite de la pendiente y por lo tanto el algoritmo de selección hace incrementar el tamaño del escalón, permitiendo al integrador seguir los cambios rápidos de la señal. Pero una serie alternada de "unos" y "ceros" hace que el tamaño del escalón se reduzca. El escalón seleccionado se aplica al integrador directamente o multiplicando por -1; depende de si la señal a la salida del modulador de pulsos es positiva o negativa, respectivamente.

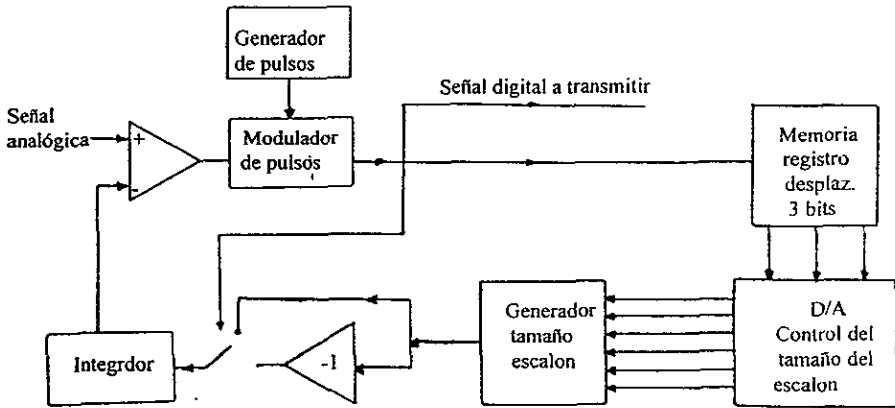


Fig. 3.10 Diagrama de bloques de un sistema MD- Adaptativo.

Uno de los mayores problemas con los que se encuentra esta técnica estriba en la dificultad de sincronizar el modulador y el demodulador después de la transmisión de bits erróneos

3.4.2 SISTEMA DPCM-ADAPTATIVO

Este sistema puede variar el tamaño de sus intervalos de cuantificación en la conversión A/D de cada muestreo basándose en el valor de la señal predictora obtenida a partir de las muestras codificadas T_m segundos antes que la señal actual.

Si este valor corresponde a los niveles de cuantificación más altos indicará que la señal está en el límite del rango de conversión y que, por lo tanto, el tamaño de los intervalos de cuantificación debe ser aumentando. Por el contrario, si este valor corresponde a los niveles de cuantificación medios o bajos, el tamaño de los intervalos debe ser disminuido.

Estos sistemas son muy utilizados cuando se trata de digitalizar señales vocales e incluso se obtiene mejores resultados que con sistemas PCM no lineales de tipo logarítmico.

3.4.3 SISTEMA "COMA FLOTANTE"

En este tipo de convertidores los niveles de cuantificación no están igualmente espaciados. Por lo tanto se trata de un sistema no lineal cuya salida es una señal digital que se compone de dos partes llamadas exponente y mantisa. La parte exponencial de la palabra digital corresponde a la representación de una ganancia que se aplica a la señal analógica de entrada antes de realizar la conversión en un sistema PCM lineal.

En la figura (Fig.3.11) se muestra el diagrama de bloques de un sistema de conversión "Coma Flotante". La señal de entrada, después de ser limitada en banda por FPB y muestreada, es amplificada o atenuada por alguna de las ganancias disponibles. El algoritmo de selección de conmutación elige aquella ganancia que haga la amplitud de la señal en el punto A, que no sea demasiado pequeña o que no exceda del rango dinámico del bloque A/D-PCM

Por lo tanto, los niveles de cuantificación se van espaciando cada vez menos, según disminuye el nivel de la señal. Aunque la señal digital de la salida del convertidor A/D (mantisa) es una señal PCM de la señal en el punto A, el verdadero valor de la entrada analógica es esta señal PCM, dividida por la ganancia seleccionada (exponente).

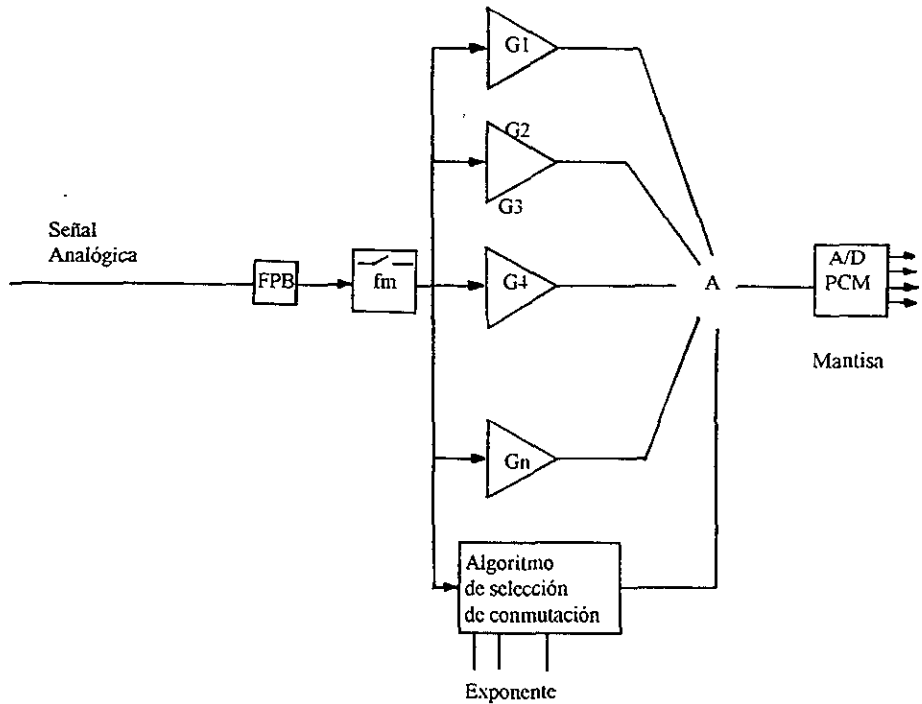


Fig. 3.11 Diagrama de bloques de un sistema de conversión "Coma flotante"

Con un sistema PCM estándar, las señales de bajo nivel abarcan sólo unos pocos intervalos de cuantificación, produciendo un error de cuantificación relativamente alto en comparación con la señal. El sistema “coma flotante” amplifica estas señales para conseguir que la señal abarque el mayor número posible de intervalos de cuantificación. Así, el error de cuantificación aumenta y disminuye con los cambios de nivel en la señal analógica, ya que es ésta la que hace cambiar la ganancia del sistema.

En la figura (Fig.3.12) se muestra el resultado de aplicar una ganancia determinada a la señal analógica de entrada. La distribución de los niveles de cuantificación varía dependiendo de la señal, para las distintas ganancias seleccionadas según el valor del exponente.

El sistema “coma flotante” con algoritmo instantánea de control de ganancia tendrá siempre seleccionada la ganancia óptima para cada muestra analógica. Dada una señal senoidal, el algoritmo selecciona la mayor ganancia entre las disponibles, de acuerdo con la amplitud de la señal.

Cuando dicha amplitud alcance la máxima permitida para la ganancia seleccionada, el conmutador elegirá la ganancia inmediata inferior y permanecerá en ella hasta que de nuevo la amplitud de la señal sea la máxima permitida.

En el sistema “coma flotante” con algoritmo silábico, al igual que con el algoritmo instantáneo, la ganancia puede reducirse durante el tiempo que dure la muestra.

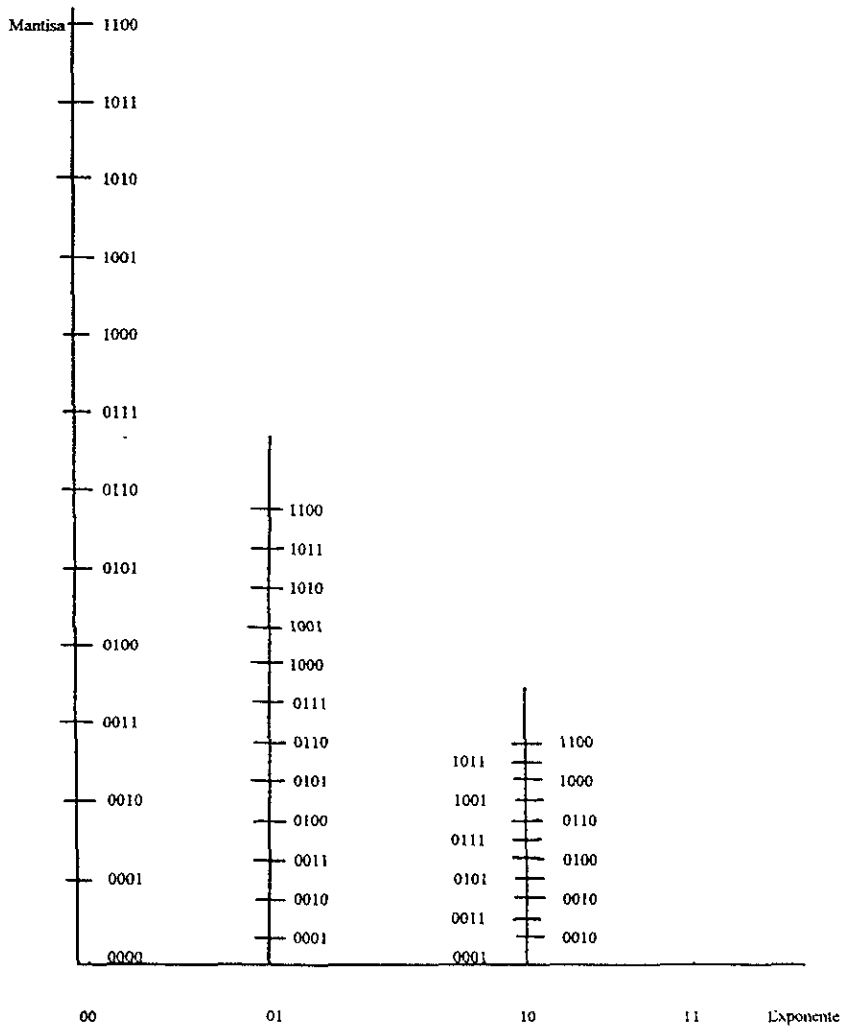


Fig. 3.12 Gráfica de la ganancia de una señal analógica, aplicando el sistema "Coma flotante"

Sin embargo, una vez que se ha reducido la ganancia, ésta es retenida durante un periodo de tiempo prefijado. Si durante este tiempo aparece algún pico de señal, el periodo de espera se incrementa. Estos periodos de tiempo de espera varían de entre 100 a 300 mseg. Esto es similar a un control automático de nivel con un tiempo de ataque rápido y un tiempo de recuperación lento. Cuando se utiliza el sistema "Coma flotante", tiene dos ventajas: su bajo costo y su reducción en el número de bits por palabra para un rango dinámico dado.

Este ahorro de bits es especialmente importante en sistemas cuyo costo es muy elevado., debido a la necesidad de almacenar información y al proceso de transmisión en sí. Bajo estas condiciones se ha ideado el sistema "coma flotante" de bloque, cuyo diagrama de bloques se muestra en la figura (Fig.3.13).

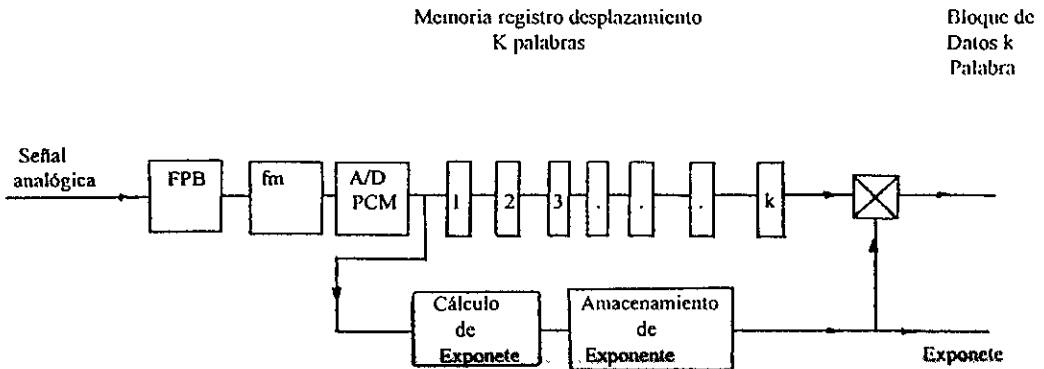


Fig.3.13 Diagrama de bloques de un sistema "Coma flotante".

En este sistema, los datos analógicos son convertidos a un formato digital utilizando un sistema PCM de muy alta calidad, o un convertidor silábico también de alta calidad, mientras que las palabras digitales resultantes de la conversión A/D se leen en el proceso de lectura de entrada a una memoria, un monitor-comprobador de amplitud de la señal analógica. Una vez que la memoria está llena, se elige el mayor factor de escala posible, de tal forma que la palabra determinada por el monitor abarque la escala completa.

3.5 VALORACIÓN SOBRE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE CONVERSIÓN A/D/A

Todas las arquitecturas de conversión A/D expuestas anteriormente tienen sus limitaciones.

Por ello puede elegirse un convertidor u otro con el fin de favorecer a una clase específica de señales analógicas. Por lo tanto tenemos:

El sistema PCM lineal que es óptimo para señales que tiene la misma probabilidad de abarcar todo el espectro de frecuencias de audio

Los sistemas "coma flotante", en cambio, suponen que las señales de alto y bajo nivel aparecen en grupos. Los sistemas adaptativos suponen que el espectro de la señal contiene principalmente energías de baja frecuencia, ya que los algoritmos no responden con suficiente rapidez a las frecuencias

79 **ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

3.6 SISTEMAS DE DETECCIÓN DE ERRORES

Existen muchas causas por las que los datos numéricos registrados en la cinta puedan perderse. Estas pérdidas de la señal binaria pueden estar producidas por cabezas sucias, una señal distorsionada, una pérdida de emulsión en la cinta, partículas de polvo adheridas, etc.

Ocasionando grandes problemas en la reproducción y que generalmente, se convierten en una deformación de la señal, traduciéndose en un ruido similar al analógico de la cinta.

3.6.1 TIPOS DE ERRORES DE CÓDIGO

Cuando se envían señales a través de un canal de transmisión, o se graban, y consecuentemente, se reproducen, pueden ocurrir muchos tipos de errores de código. Ahora en el campo digital, hasta errores pequeños pueden causar efectos audibles desastrosos, durante el proceso digital se tiene que hacer muchos esfuerzos a fin de detectar, y después corregir, tantos errores como sea posible sin complicar los circuitos extremadamente. Básicamente, se tienen las causas siguientes de errores de código.

PERDIDAS DE SEÑAL

Las pérdidas de señal son causadas por polvo o arañazos en la cinta magnética, por burbujas microscópicas en la capa de la grabación, etc. En discos, los problemas pueden causar errores aleatorios que causan una situación muy difícil para la sección de decodificación

INESTABILIDAD DE FASE

En grabadores mecánicos, es inevitable una cierta cantidad de inestabilidad de fase, debido a faltas en el mecanismo de transporte de la cinta. La inestabilidad de fase puede causar errores aleatorios de datos aislados. La definición de inestabilidad es la cantidad de inestabilidad de fase máxima que todavía permite detectar los datos correctamente.

INTERFERENCIA ENTRE LOS SÍMBOLOS

En la grabación directa, un impulso no se graba como un impulso, pero sí como una corriente negativa.

Esta es la causa de que el periodo efectivo de la señal leída en la cinta es más alto que el periodo del mismo bit. En consecuencia, si la frecuencia de bit es muy alta, el impulso detectado será más ancho que el impulso original, dando lugar a interferencias entre los bits adyacentes recibiendo el nombre de interferencias entre símbolos o diafonía de tiempo.

RUIDO

El ruido puede tener el mismo efecto que las pérdidas de la señal, pero también pueden ocurrir errores aleatorios en el caso de ruido de impulso.

EDICIÓN

La edición de cinta siempre destruye alguna información de la cinta, lo que, en consecuencia, tiene que ser corregido. Ya que, con la edición eléctrica, los errores pueden limitarse a un mínimo, la edición de corte de cinta siempre causará errores muy largos y serio

Se han desarrollado diverso sistemas de detección de errores que se darán a conocer a continuación.

3.6.2 SISTEMA DE PARIDAD SIMPLE

Aunque es la forma más sencilla , también es la más imperfecta de detectar un error. Al añadir la terminación de la palabra digital un 1 o un 0, dependiendo de su estado, el resultado será que la palabra de código contendrá siempre un bit más que la palabra de audio. Puede ser de paridad par o paridad impar.

Al hacer recuento y sumar los bits de la palabra, más el bit de paridad, sabremos si ha habido un error.

Sin en cambio tiene sus desventajas, por que cuando existe un error de dos bits, en lugar de uno, el sistema puede fallar y conducirnos a engaño, también cuando sepamos que en una palabra existe un error, no podemos determinar qué bit es el erróneo y corregirlo

Para poder tener un mayor control, que con el sistema anterior, se emplea un sistema más complejo, que incluye un mayor número de bits de paridad, donde a cada bloque de datos, se la añade un bloque de paridad este sistema se llama SISTEMA DE PARIDAD COMPLEJA.

3.6.3 CHEQUEO DE CÓDIGOS DE CICLOS DE RENUNDANCIA (CRCC)

Este sistema de codificación polinomial es uno de los más utilizados.

El CRCC toma una palabra arbitraria o bloque de datos y lo divide, asignándole un número de forma arbitraria. El resultado es memorizado o registrado junto con el bloque. El divisor constante se conoce como polinomial y contiene propiedades numéricas determinadas, capaces de detectar con exactitud dónde está el error.

Una manera muy convincente para expresar el flujo de bits es de considerarlo como un polinomio algebraico en una variable de X términos.

A grandes rasgos, el CRCC toma una palabra o bloque de datos y lo divide, asignándole un número de forma arbitraria. El resultado es memorizado o registrado junto con el bloque

CÓDIGO HAMMING

Este sistema utiliza como base un gráfico o matriz. Su forma de actuación es que para definir un punto concreto, aplica el método de paridad, seleccionando partes determinadas de la palabra de código y efectuando un chequeo de paridad vertical y horizontal. Todos los bits se graban y las líneas, y columnas se reconstruyen posteriormente en la reproducción. Los errores pueden ser detectados y corregidos por cruce.

CÓDIGO DE CRUCE

Es un sistema basado en el código Hamming utiliza palabras en lugar de bits lo que conduce a una mayor cantidad de datos y una mayor perfección. Los datos se dispersan lo más posible dentro del soporte lo que permite (siguiendo un sistema de interpolación) sustituir cualquier dato perdido.

CÓDIGO REED SOLOMON

Este nombre se le da por las dos personas que desarrollaron este sistema. Su teoría expone que cuando palabras de información A, B, C, D llevan incluidas las palabras de inspección P y G codificadas, son posibles las detecciones, tanto individual como error doble o la corrección por perdida de "salvas" de sonido. Utiliza un sistema de paridad recorriendo a sumas de columnas y filas, y efectúa sumas en diagonal, además de las verticales y horizontales.

SISTEMAS DE CORRECCIÓN

Una vez que el error ha conseguido ser detectado y localizado, es necesario efectuar una corrección del bit o palabra errónea para poderla utilizar sin que altere el resultado final

Existen varios sistemas para corregirlos u ocultarlos.

Uno de los sistemas es el de Código CIRC, Sony ha desarrollado el CIRC para el sistema de compact disc.

El formato llamado DASH para grabadores de cabeza estacionaria profesionales también utiliza una combinación fuerte de varias estrategias de corrección.

OCULTACIÓN DE ERRORES

Después de la detección y la corrección de errores, sigue la ocultación de errores, para evitar que los errores de código no corregidos afecten la calidad del sonido reproducido. Esto es conocido como ocultación, existen cuatro métodos:

a) Silenciamiento (Muting)

Es un método de ocultación bastante burdo y consecuentemente, es substituido por otro método más sofisticado.

b) Mantenimiento de la palabra previa.

Como su nombre lo indica, el valor de la palabra anterior a la palabra errónea se mantiene, de forma que en general no haya diferencia audible.

Sin embargo, este método no dará resultado satisfactorios, especialmente a altas frecuencias, donde la frecuencia de muestreo sólo es 2 o 3 veces la frecuencia de la señal.

c) Interpolación lineal.

También llamado promediado, es el método más exacto para ocultar errores. La palabra que incluye errores es reemplazada por el valor promedio de la palabra precedente y la palabra siguiente, las cuales se supone que son correctas

La capacidad de comprensión de esta interpolación es desde luego superior a la del mantenimiento de la palabra pobre.

d) Interpolación polinomial de alto orden

Da una estimación aún mejor de la muestra que falta por que tiene en cuenta más palabras previas y siguientes. Aunque sea más complicada que el sistema anterior, es muy útil en **aplicaciones muy críticas.**

EVOLUCIÓN DIGITAL

La constante aparición de equipos digitales mas accesibles hace presagiar que se habrán impuesto en los estudios, en un periodo de tiempo mucho menor que el que los expertos dan a la implantación masiva de consolas digitales.

Ahora hasta se puede pensar que la utilización de sistemas digitales que dependan de soportes mecánicos de cinta, con los consiguientes problemas de imperfección que conllevan, no son el camino adecuado, y que en un futuro muy cercano que darán absoletos y desaparecerán por completo.

Todo esto da como resultado pensar que el camino más acertado está en la utilización de los discos magnéticos "Winchester", discos ópticos, discos compactos, etc., como solución idónea para el trabajo tan exigente que requieren las grabaciones musicales, ya que el margen de una mayor seguridad y un índice menor de errores de almacenamiento, brinda la oportunidad de manejar el sonido de una forma total y absoluta, impensable en cualquier sistema de cinta.

CAPITULO IV

GRABACIÓN DIGITAL

4.1 INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de la grabación digital, una faceta importantísima es la de la grabación digital en disco duro. Así, durante los últimos años, han aparecido multitud de sistemas de grabación de disco duro, como Opps de Lexion; la Infernal Worktation de Publison; la Soundstation de Digital Audio Research, con su pantalla táctil y ocho pistas de grabación; el Pro Disk 464 de Digital Dynamics que provee de hasta 64 pistas de almacenamiento de Winchester con una codificación de datos de 16 bits en el cual se obtiene un rango dinámico de 96 db y una relación señal-ruido de 90 db que, al igual que la infernal Workestation, tienen la posibilidad de efectuar backups volando todo el contenido grabando para su archivo en cinta de 8mm.

Existen diferentes tipos de grabación entre ellas las más importantes son.

- 1.- Sistema Audio file
- 2.- Sistema Synclavier
- 3.- Sistema Audio frame

4.2 SISTEMA AUDIO FILE

Audiofile es un nuevo producto a la vanguardia de la tecnología de la grabación de audio

Su función principal es la grabación y almacenamiento de audio digital en discos duros de ordenador. Las posibilidades de audiofile van más allá que las de los magnetófonos actuales.

SEÑALES Y CANALES

A diferencia de los magnetófonos convencionales, la relación entre las pistas disponibles y el tiempo de respuesta no es rígida.

El Audiofile va equipado con dos canales de entrada para grabar y ocho canales de salida por reproducir.

CUES

Cualquier segmento de audio grabado en el sistema se convierte en un "Cue", que queda etiquetado de forma exclusiva. Un Cue puede durar una fracción de segundo o hasta el tiempo total de almacenamiento disponible. El tiempo de almacenamiento depende de la capacidad de los discos duros suministrados en el sistema

Puede grabarse hasta un máximo de 1000 Cues, siempre que la suma del tiempo de los Cues no sobre pase la capacidad de los discos.

Durante la reproducción, un Cue ocupará un canal específico. Los Cues pueden superponerse unos a otros, pero sólo se admite una superposición por canal a la vez.

Además no se pueden reproducir mas ocho events simultáneamente, lo que da un máximo de cuatro superposiciones mono simultáneas como máximo o dos superposiciones estéreo simultáneas. Una característica peculiar del Cue es que puede utilizarse varias veces durante la reproducción sin que el tiempo de almacenamiento disponible se vea afectado.

EVENTS

Un event ya montado puede constar de 2 mono Cues con una longitud de 3,4 y 5 minutos respectivamente

Los Cues correspondientes pueden ejecutarse consecutivamente a través de 3 canales, con un tiempo de ejecución de doce minutos. sin embargo, una construcción más compleja con cues reproducidos en paralelo y reutilizados varias veces, presentaría un tiempo de ejecución más largo aunque haya más información de audio, el tiempo de almacenamiento necesario es el mismo. Los Cues grabados en el sistema se colocan aleatoriamente en los discos duros

EDICIÓN DE TIEMPO

Una ventaja importante que posee audiofile, sobre los sistemas de cinta es la capacidad de desplazar Events con respecto a la referencia de sincronización. Ajustando los tiempos de comienzo de los events, la lista de Events puede resecuenciarse fácilmente.

EDICIÓN DEL AUDIO

Las características de edición se perfeccionan contantemente. Sin embargo, a un nivel básico, los puntos de comienzo y fin de un cue pueden editarse fácilmente y de forma no destructiva. Esto permite que un solo cue se utilice varias veces en una lista de events, pero empleando una parte distinta cada una de estas veces.

La característica principal del funcionamiento del audiofile es la softpage. A cada una de las tareas principales que se va a llevar a cabo se le asigna una página, en la que se visualizan la información y las operaciones de la teclas principales.

Dentro de una página puede haber distintos niveles de funcionamiento. Los nombres de las teclas soft son invariables dentro de una página específica, pero la función y denominación de algunas de ellas puede cambiar de uno a otro nivel. El nombre y las funciones de las teclas siempre se visualizan con toda claridad.

A la hora de introducir un nuevo equipo, un punto importante es la continuidad en los métodos de funcionamiento. Audiofile está creado para adaptarse a las costumbres normales de trabajo.

4.3 SISTEMA SYNCLAVIER

Synclavier es un estudio de grabación completo de 16 pistas que sustituyen con ventaja a todos los elementos de un estudio profesional. Este aspecto es muy interesante ya que contrasta completamente con las ideas expuestas por Kashisian en relación a los sistemas como el audiofile.

FUNCIONAMIENTO

Se trata de redes locales que se pueden adaptar a las necesidades específicas del trabajo que realice cada estudio, permitiendo así un costo de inversión realmente directo a las necesidades del trabajo que va a realizar, eliminando inversiones superfluas. Lógicamente, si el trabajo que vamos a realizar con la unidad va a ser de edición digital, no vamos a requerir la unidad de teclado, etc., y optaremos por la unidad POSTPRO

Esta unidad Direct-to-Disk Post pro tiene una estructura paralela a la posibilidad de utilizar sistemas semiparalelos. Tiene 4 entradas expandibles a 8 ó 16 con una cuantización lineal de 16 bits.

Dependiendo de la configuración, podemos tener entre 2 y 16 pistas absolutamente independientes, utilizando una cabeza por pista, lo que permite trabajar simultáneamente con la información de cada pista sin necesidad de perder tiempo efectuando copiadados. Cada pista tiene un tiempo de grabación de 25 minutos utilizando una frecuencia de muestreo de 50 Hz.

En otro caso se puede llegar hasta los 75 minutos por pista.

El almacenamiento de la información de las 8 ó 16 pistas se efectúa en una unidad de disco duro Winchester de 8 Mb (mega bits). Utilizando un coprocesador motorola DSP56000 Para el sistema operativo se utiliza un floppy disk de 5 1/4. Para la liberación de la información contenida en el disco duro, se utiliza un sistema de volcado o cartuchos informaticos, permitiendo un tiempo de 18.7 minutos por pista.

Para la comunicación entre el operador y el Synclavier se emplea una unidad de trabajo Macintosh II con una memoria interna de 2Mb y 20 Mb de disco duro. Va provisto de generadores y lectores de códigos SMPTE/EBU, VITC y MIDI.

Hay que destacar que cuando configuramos un subgrupo a una tecla, las pistas que hemos asignado han quedado agrupadas y no juntadas, permaneciendo perfectamente accesible la posibilidad de variar niveles de ecualización a cualquier parámetro.

4.4 SISTEMA AUDIO FRAME

El equipo es una red local con una arquitectura abierta potentísima, susceptible de ser manejado desde terminales remotas, con un máximo de ocho puestos independientes de trabajo, vía LANC (Local Area Network) de alta velocidad. Se controla desde cualquier tipo de ordenador Pc que comanda las unidades alojadas en el rack denominado Digital Audio Racks (DAR) y que puede ser configurado de acuerdo a las aplicaciones que se pretendan.

Así cada DAR contiene 10 módulos encadenados por el Bus Audio Digital de Wave Frame, 64 canales tempomultiplexados que permiten situar cada señal de audio hacia el módulo que deseemos, tarjetas de muestreo, convertidores D/A, etc. Se cree que la introducción de equipos como el Audio Frame es muy difícil, ya que los clientes de los estudios y los técnicos están acostumbrados a todo el instrumental que se ocupa. Mesas gigantescas, enormes magnetófonos, montañas de racks llenos de procesadores de señal. Es claro que con este sistema, todo que da simplemente reducido a un teclado de ordenador, un monitor de gran calidad, dos pantallas autoamplificadas y un teclado opcional. El hecho de que cada técnico pueda configurarse según sus necesidades el tipo de -masa- cualquier marca y modelo existente o una completamente nueva- añadiéndole la posibilidad de utilización interna de todo tipo de procesadores hace que se obtenga, acústicamente, el mejor de los resultados. se puede pensar que trabajar con una pantalla en lugar de una mesa física puede significar una pérdida de tiempo real. Evidentemente, se requiere un operador muy identificado con el sistema y un proceso operativo.

El acceso a cada función se resuelve de forma muy rápida y, así mismo, el acceso al inmenso banco de sonidos permite efectuar sound tracks con una rapidez sorprendente.

4.5 DISCO COMPACTO

Disco compacto o compact disc (CD), con una duración de 60 minutos, contiene a grandes rasgos la misma cantidad de información de sonido que los discos convencionales de larga duración

Esta equivalencia representa la única semejanza existente entre los dos sistemas.

Mientras que los LP (discos grandes) requieren el uso de las dos caras para guardar la información, el CD utiliza sólo una. El diámetro de los LP es de unos 300 milímetros por tan solo 120 milímetros de CD.

La clave de alta densidad de información empaquetada en un pequeño disco radica en la capacidad para comprimir la información en un punto físico del disco, denominado pozo

El pozo (Fig.4.1) puede considerarse como el equivalente del surco de sonido en el LP. La información se introduce en el disco a través de la creación de un pozo, y se recupera de él por medio de la lectura óptica de dicho pozo.

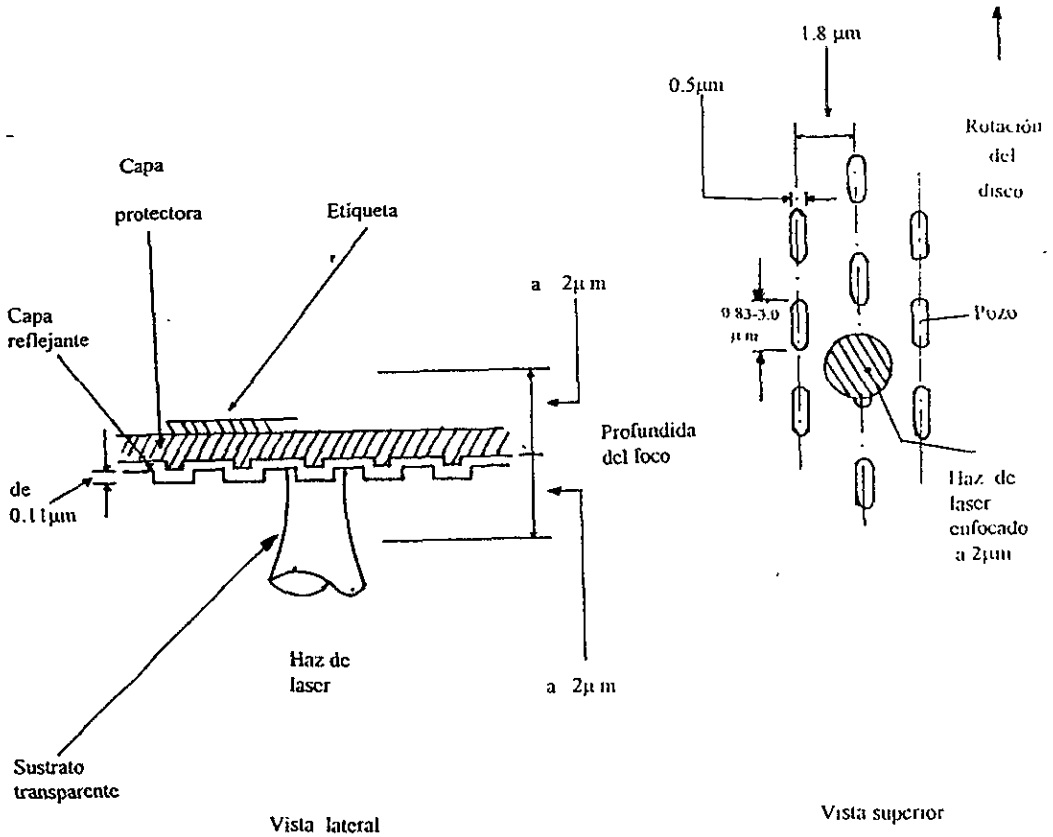


Fig.4.1 Pozos dispuestos a lo largo de una pista.

La calidad de salida debe contener una respuesta en frecuencia suficiente para reproducir la información de sonido y de código. Además, ha de producir también la información de seguimiento de los servosistemas. Se obtendrá recuperación en alta frecuencia cuando la presencia de un pozo origine una pérdida reflectiva del láser óptico. Esta condición depende de la profundidad y la anchura del pozo. Para que la luz reflejada se aproxime a cero, la profundidad del pozo ha de ser igual a la cuarta parte de la longitud de la onda del láser

Los pozos situados en el disco están separados por un distanciamiento físico de 1.6 micrómetros, que se denomina intervalo de la pista.

Con el fin de recuperar de forma adecuada la información representada en los pozos, el seguimiento del sistema debe estar incluido en la pista en cuestión y no saltar a la siguiente, tan solo 1.6 micrómetros más allá

La única variable de interés en la geometría del pozo es su longitud, que es un resultado directo de la señal utilizada en el proceso de codificación.

Si se ignora toda la información periférica codificada, como los bits de paridad, función y control, se apreciaría que la longitud del pozo es un reflejo de la información presente en la señal analógica original. Esta variación se traduce en valores de longitud de pozo comprendidos entre 0.833 y 3.054 micrómetros. La variación mínima desde una longitud de un pozo a la siguiente no puede ser inferior a 0.278 micrómetros

La profundidad real del pozo se determina durante la creación del disco maestro. La profundidad física real del pozo en el disco maestro depende de la capacidad de las sustancias químicas desarrolladas para erosionar el revestimiento de la superficie. La anchura del pozo, junto con el ángulo de inclinación depende no sólo del proceso de desarrollo sino también del modo en que se enfoque el haz de láser sobre el disco maestro durante el proceso de grabación.

El intervalo de la pista es un resultado de la velocidad de rotación del disco maestro y la velocidad a la que se aplica la señal sobre el disco.

CREACION DEL DISCO

El proceso de grabación se inicia con la recepción de la salida del codificador, completada con el código Reed-Salomón de intercalado cruzado y la modulación de ocho a catorce bits

La inserción de la señal en el soporte del disco se realiza de forma similar a la de las bobinas de conducción que controlan la aguja de grabación en los discos de LP de sonido. La señal codificada de alta frecuencia se utiliza para controlar un modulador acustoóptico que, a su vez, modula el haz de luz láser. Los datos se suministran en serie al modulador óptico. El haz se **orienta hacia un objetivo de lente y sobre el soporte del disco maestro**

Dado que el disco se encuentra en rotación constante, se requiere un sistema de enfoque muy preciso, controlado por un servosistema, para mantener una escritura exacta de la señal. El sistema de enfoque consiste en realidad en dos sistemas separados

El primero de ellos es un láser de diodo independiente que guía el objetivo de la lente hacia el mejor de los posibles focos del haz.

El segundo sistema de enfoque utiliza la luz reflejada desde el disco con el fin de realizar un seguimiento del haz y conseguir ajustes finos de enfoque

El disco maestro expuesto se mantiene en rotación mientras se aplica una solución de trazado en las zonas seleccionadas que entran en contacto con el láser. Esta solución de trazado se aplica sobre el disco hasta que se crea una geometría de pozo que refleje la señal de entrada. Se utilizan láseres adicionales durante el proceso de trazado. Mediante el enfoque de estos láseres sobre los pozos, puede controlarse el trazado del pozo a través de la medida de la intensidad de la luz reflejada.

DESARROLLO DEL DISCO

La superficie del disco se cubre con una sustancia química fotosensible que apoya la transferencia del haz del láser óptico concentrado en su superficie

Después de exponerlo al haz de láser, se gira el disco a través de una solución de trazado, que erosiona las unidades de la superficie expuesta, de esta manera se crean los pozos, que se revisten mediante un proceso de plateado. En ese instante, se forma el CD maestro, utilizado para imprimir los sellos de reproducción. Este disco tiene una estructura en negativo del disco de reproducción.

El disco resultante llamado "padre", se emplea para sellar numerosos discos en dispositivo que llamados "madres", se emplean para producir grandes cantidades de discos matriz en negativo, o "hijos". El disco matriz se utiliza para imprimir la superficie del compact disc disponible en los comercios. La razón del empleo del disco matriz en lugar de fabricar directamente los discos a partir de los "padres" originales en negativo se debe a la limitada cantidad de presión que puede obtenerse sobre éstos antes de que pierdan sus características físicas necesarias.

Dado que la producción del disco maestro resulta costosa, puede producirse y utilizarse un número mayor de discos madre y matriz mediante el empleo de un número limitado de impresiones disponibles a partir del disco padre para crear una cantidad superior de discos finales que los que podrían obtenerse a partir de un disco maestro único.

La figura (Fig. 4.2) muestra el proceso de fabricación del CD

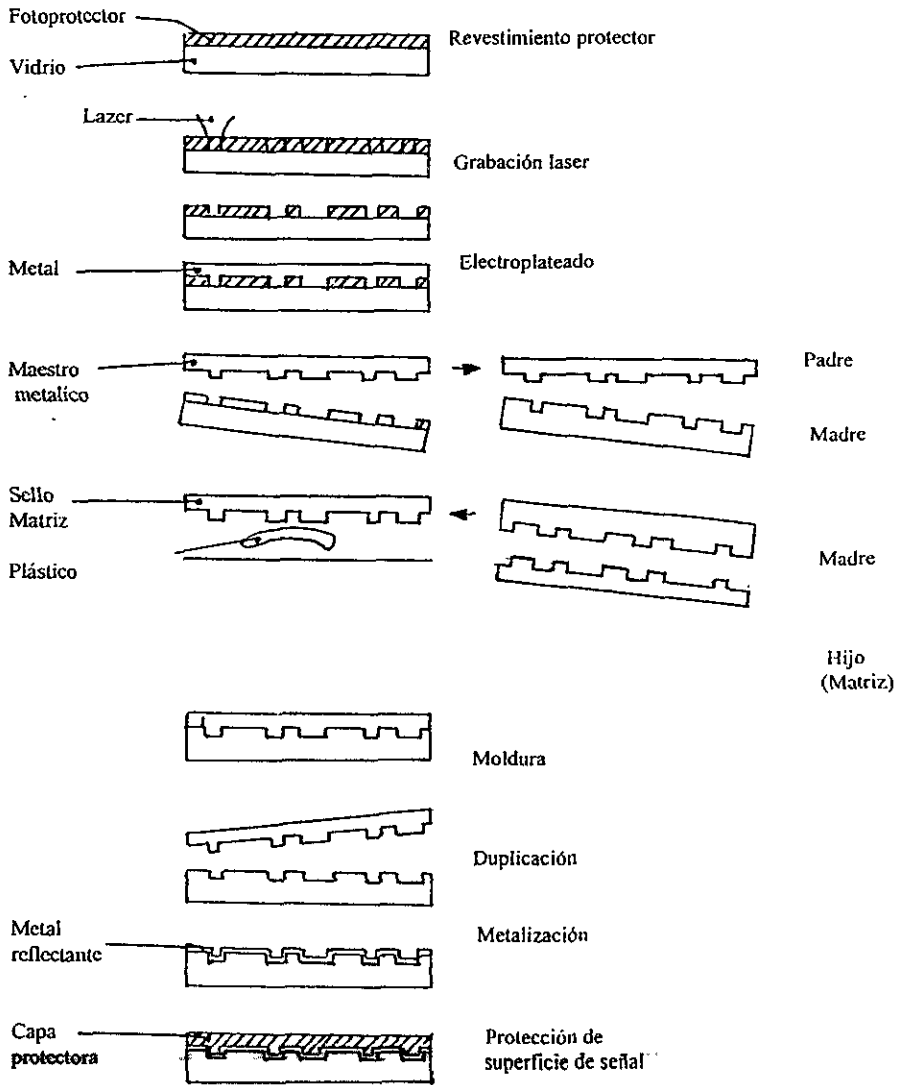


Fig.43 Proceso de fabricación del CD.

Es claro tener en cuenta que todos los defectos producidos durante la fabricación de un disco padre se transmiten por lo general a la generaciones posteriores con una cantidad de errores aún superior. Las distorsiones en la geometría pueden originar numerosos problemas, en especial la variaciones de amplitud de modulación en altas frecuencias. Los problemas de seguimiento están asociados con el intervalo entre pistas, y los ruidos en la señal producida, con inestabilidades en las formaciones de las pistas. La superficie del pozo del disco se reviste entonces con una capa de aluminio, que le confiere su brillo característico. Esta superficie se recubre de un revestimiento de laca. Por último, se superpone la etiqueta y se practica un orificio en el centro.

COMPROBACION DE ERRORES EN EL DISCO

Los requisitos específicos de la fabricación de discos recomiendan su paso por un control de calidad. Como las señales grabadas en el disco son digitales, puede verificarse su calidad. Como las señales grabadas en el disco son digitales, puede verificarse su calidad por comparación de la señal impresa con un grupo preestablecido de códigos. Aunque no existe ningún procedimiento estándar de acuerdo industrial para la comprobación de los discos, la forma habitual de transferir los datos al disco se realiza según ciertos parámetros. Las condiciones que han de comprobarse son las constituyentes de la tabla de índices (TOC).

La TOC en el canal del modo 1 de datos Q de la entrada, indica el número total de pistas, la duración y la situación de cada pista de música y el tiempo total de reproducción del disco.

El modo 2 ofrece el número de identificación del disco específico, y el modo 3, el número ISR asignado a dicho disco. Los errores se miden en función de los datos que permanecen constantes a lo largo del período prescrito del tiempo.

Debido a que la TOC se repite 3 veces en la sección de entrada de la pista, pueden llevarse a cabo dos verificaciones posibles: la primera consiste en comprobar que la TOC se produce efectivamente tres veces, la segunda, el instante de inicio de cada pista de música establecido en la TOC corresponde al momento real del comienzo de cada pista.

ERRORES

El polvo, la suciedad o los arañazos pueden ser fuentes de error durante la lectura de los códigos de error. La recuperación de errores está limitada a los que pueden corregirse mediante comprobaciones de bits de paridad e intercalado de señal.

Cuando el número de errores por segundo supera la capacidad de corrección de estos sistemas, se produce un error de código de bloque. Estos tipos de errores pueden originar distorsiones de frecuencia o un falso seguimiento del sistema. Este último produce errores de lectura en el haz de láser de reproducción, lo que provoca pérdidas en la gama de altas frecuencias. Todos estos errores pueden visualizarse en una terminal de ordenador o en una impresora. La información analizada puede incluir el número de veces y la duración de cada fallo.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo es el de dar una imagen general de los adelantos técnicos sobre el tema del audio, tomando en cuenta desde los primeros indicios de este fenómeno llamado sonido, desde los primeros personajes que estuvieron involucrados en el estudio hasta los últimos adelantos de nuestros días, como se puede observar el tema sobre audio es muy extenso por lo que en nuestra consideración tomamos los temas más básicos para abordar este proyecto.

El trabajo se desarrolla desde sus características principales, como sus cualidades y su uso de cada una de ellas.

Posteriormente se estudian las características que un equipo de audio debe tener manejando las potencias tanto acústicas como eléctricas, así como su proceso de registro.

Se analizaron los diferentes sistemas de digitalización de audio, teniendo en cuenta su detección, corrección y ocultación de errores.

Por último se analizó en forma general los sistemas de grabación en el disco compacto y sus características más generales de éste, como son su fabricación, desarrollo y detección de posibles errores.

GLOSARIO

Amplitud.- Una de las tres mediciones de la vibración de una onda sonora.

Area.- Superficie del suelo expresado en metros cuadrados (m^2).

Armonicos.- Ondas que acompañan a la señal principal y cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental.

Armonicos.- Ondas que acompañan a la señal principal y cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental.

Batimientos.- Este fenómeno sucede, cuando los sonidos no toman la misma característica, persibiendo un eco muy especial, que causa decrecimiento rítmico del sonido.

Bobina.- Devanado adecuadamente aislado.

Bit.- Es la contracción de la palabra dígito binario y es la unidad mínima de memoria

Byte.- Es el grupo formado de 8 bits.

Decibel.- Unidad usada para medir la intensidad relativa de los sonidos.

Diapasón.- Instrumento que se usa para producir ondas sonoras.

Decibelio - Es la decima parte de el belio, que es la unidad para medir la intensidad (fuerte) del sonido, el nombre se le da en honor a Alexander Graham Bell.

Digitalizar.- Es el proceso de cambio de una señal analógica a una digital.

Flujo de campo.- Fuerza electromotriz que produce la corriente de campo entre los polos de este.

Frecuencia.- Es el número de vibraciones completas por segundo de una onda, relacionada directamente con el tono de un sonido.

Impedancia.- Es la oposición a la variación del flujo de la corriente eléctrica

La Sirena de Cagniard de Latour.- Es una caja cilíndrica, cerrada por la parte de arriba, con un disco fijo y otro móvil. Se utiliza para encontrar la altura de un sonido, ya sea grave ó agudo.

Mel.- Unidad del sonido para valorar la tonalidad.

Micro wattios.- Es la millonésima parte de un wattio, que es la unidad de la potencia.

Modulación.- Es la modificación de una magnitud física a través de una información.

Periodo.- Es el tiempo necesario para que la onda recorra una distancia de una longitud de ondad.

Presentuación del sonido - Es el efecto donde los agudos aumentan en el emisor.

Principio de Huygens.- Este principio dice: Todos los puntos en un frente de onda pueden considerarse como fuentes puntuales que producen ondas esféricas secundarias. Después de un tiempo, la nueva posición del frente de onda será la superficie tangente a estas ondas secundarias.

Señal dither.- Suele ser un ruido de banda ancha.

Superposición.- Es un hecho experimental que, en muchas clases de ondas, dos o más de ellas pueden recorrer el mismo espacio en forma independiente.

Transformador.- Dispositivo que cuando se usa eleva o baja el voltaje de corriente alterna de la fuente original.

Resonancia.- Reforzamiento de un tono por ondas sonoras de frecuencia idéntica de otra fuente sonora.

Unísono.- Es la característica de los sonidos para que se escuchen, una serie de sonidos como un solo sonido.

Vibración.- Movimiento decreciente que efectúa un cuerpo de un punto a otro.

Watt.- Es la unidad de potencia de un sistema, dada en vatios ó watts.

REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS

- Alta fidelidad

Enciclopedia de la radio

Francisco Ruiz Vassallo

Ediciones CEAC 1989

- Manual de Alta Fidelidad y

Sonido Profesional

Jose Mompin Poblet

Editorial Marcombo

- Sonido Profesional

Clemente Tribaldos

Editorial Paraninfo S.A.

Reparación de Equipos de

Audio

J. Jose Diaz de Noriega

Editorial Marcombo

- Ingenieria en Alta Fidelidad

Norman H. Crowhurst

Editorial Victor Leru S.R.L.

Curso de Audio Digital Y su

Aplicación a Compact Disc

Sony Service

Editorial AURA

- Audio Frecuencia Aplicada

Angel Zentina M.

Editorial Continental S.A.