



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UN ESTUDIO
DE GRABACION
DE AUDIO.

TESIS QUE PRESENTAN:
EDMUNDO NAVAS HERNADEZ
HECTOR QUIJANO MARIN
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

DIRECTOR DE TESIS;
ING. CARLOS TAKAHASHI FLORES

MEXICO, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

INDICE

DISEÑO DE UN ESTUDIO DE GRABACION DE AUDIO

	PAG.
INTRODUCCION	1

CAPITULO PRIMERO

DESCRIPCION Y SITUACION DE LOS ESTUDIOS DE GRABACION

A) ¿ QUE ES UN ESTUDIO DE GRABACION?	3
B) Situación de los Estudios de Grabación en el mundo	4
C) Situación de los Estudios de Grabación en México	7

CAPITULO SEGUNDO

ANALISIS DE PARAMETROS Y CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA ACUSTICA DE LA SALA

Introducción	10
A) Dimensiones y forma de la sala	10
B) Parámetros acústicos indispensables	12
B.1) Tiempo de Reverberación	12
B.2) Coeficiente de Absorción del sonido	13
B.3) Niveles de sonido	28
3.1) Nivel de presión del sonido (SPL)	
3.2) Nivel de potencia del sonido (PWL)	
3.3) Nivel de intensidad del sonido	
B.4) Relación Señal a Ruido	35
C) Géneros musicales por grabar	38
C.1) Géneros, músicos e instrumentos	38
C.2) Localización de los músicos	46

CAPITULO TERCERO

INSTALACIONES Y EQUIPO TECNICO DE LA SALA

	PAG.
Introducción	48
A) Instalaciones	49
A.1) Iluminación de la sala	49
A.2) Sistema de aire acondicionado	54
A.3) Plafón o techo falso	59
B) Equipo técnico necesario	61
B.1) Micrófonos	61
1.1) Descripción y clasificación	
1.2) Parámetros de los micrófonos de alta velocidad	
1.2.1) Patrones de direccionalidad	
1.2.2) Respuesta en frecuencia	
1.2.3) Sensibilidad	
1.3) Selección de micrófonos	
B.2) Altavoces	76
2.1) Elementos y funcionamiento de un altavoz	
2.2) Selección de altavoces	
B.3) Equipo técnico adicional	88
3.1) Cables y conectores	
3.2) Tablero de conexión de la sala - consola	
3.3) Transformadores de acoplamiento	
3.4) Audífonos	
3.5) Biombos	
3.6) Bases para micrófonos y partituras	

CAPITULO CUARTO

LA CABINA DE CONTROL

	PAG.
Introducción	92
A) Diseño de la cabina de control	93
A.1) Diseño Arquitectónico	93
A.2) Acondicionamiento Acústico	98
A.3) Iluminación en cabina	102
A.4) Aire Acondicionado	104
B) Equipo en cabina	108
B.1) Descripción general del proceso de grabación	108
B.2) Descripción general del equipo de grabación	113
a) Consolas	113
b) Grabadoras	114
c) Equipo periférico	117
c.1) Ecuilibradores	
c.2) Compresores	
c.3) Limitadores	
c.4) Expansores	
c.5) Sistemas de reverberación	
c.6) Retrasadores de señal	
B.3) Estado actual de avance del equipo	123
B.4) Equipos y marcas de mayor prestigio actualmente	126
B.5) Selección de equipo sugerida por los autores	129
CONCLUSIONES	130
BIBLIOGRAFIA	

INTRODUCCION.

El tema de los estudios de grabación en nuestro país es pocas veces incluido en las pláticas entre compañeros de la Facultad de Ingeniería. Es mas común comentar sobre autoestéreos o equipos de audio para el hogar.

Resulta interesante cuando estamos escuchando en grupos pequeños alguna canción u obra, al observar las reacciones de sorpresa, por la potencia sin distorsión o la alta fidelidad que caracteriza ya a bastantes equipos en el mercado.

De hecho hay pocas personas que alcanzan a apreciar acústicamente, las diferencias en las especificaciones de algún equipo, aunque la mayoría de los compañeros conoce el rango de audibilidad del ser humano, dividido principalmente en tres tipos de frecuencias, agudos, medios y graves, ello no es suficiente para evaluar o comprender y por lo tanto interesarse más en la teoría musical. Sólo algunos comprenden las explicaciones o los breves comentarios que se hacen sobre algún equipo de audio. Amplificadores, tornamesas, altavoces, ecualizadores, grabadoras y autoestéreos, son en muchos casos, equipos de audio casi de empleo diario, pero que también en muchos casos son aparatos de los cuales hay un desconocimiento total.

Nuestra formación físico-matemática nos permitiría en caso de interesarnos por el campo del audio, el profundizar en su teoría y por lo mismo seguir los avances tan grandes que se realizan en la actualidad.

En particular este trabajo de investigación parte de un gusto por ese campo y por su intrínseca relación con la música, que es desde nuestro punto de vista uno de los máximos descubrimientos del ser humano.

La elección del tema de este trabajo fué una proposición hecha por nosotros y basada principalmente en la coincidencia de varios puntos de vista de personas relacionadas con la Industria de la Grabación y en experiencias propias con la misma.

La coincidencia principal se dió en un hecho real: Una gran parte de los Estudios de Grabación en México tienen deficiencias en sus diseños acústicos.

Cuando nuestra proposición del tema de tesis fué aprobada,

recorrimos varios estudios de compañías de discos y de particulares, encontrando un completo desconocimiento de los planos del diseño --- acústico de sus estudios, e inclusive de parámetros tan importantes como son el Tiempo de Reverberación y el Coeficiente de Absorción -- Promedio del Sonido en la sala.

Un punto común encontramos en casi todos los estudios de particulares, el estudio se había acondicionado y adecuado en base a la - arquitectura del recinto, cuyo uso anterior no era precisamente el de un lugar cuya finalidad fuera escuchar ó interpretar música. Por lo tanto sus parámetros acústicos resultantes eran normalmente una sorpresa.

Situación que además contradecía la filosofía de un diseño profesional, ya que este último termina y dá paso a la fase de cons--- trucción, cuando se han definido los objetivos acústicos y se ha encontrado la forma de llegar a un valor deseado del Tiempo de Reverberación.

Esto no resulta tan grave si pensamos que muchos estudios semiprofesionales y algunos profesionales en todo el mundo, se han ini-- ciado así dentro del terreno de las grabaciones y con el paso del -- tiempo han ganado prestigio. Poco a poco han mejorado y actualizado su equipo y cuando la situación lo permite han cambiado de local normalmente con un diseño propio.

Considerando lo anterior, decidimos desarrollar un proyecto de un Estudio de Grabación que incluyera todos los elementos que influyen en el diseño y funcionamiento de un estudio de grabación. Al --- principio pensamos que existiría poca literatura disponible; pero estábamos equivocados. Una cantidad muy grande de información e investigación, sobretodo norteamericana fué encontrada para los temas de -- acústica arquitectónica y equipo de grabaciones. Esto nos puso constantemente en problemas para elegir lo que debíamos incluir como material final.

Los resultados de la investigación están en las páginas siguientes. Esperamos que puedan ser de utilidad para aquellos que se interesen en saber qué hay de oculto en la reproducción de un disco o cassette y para aquellos que tengan la inquietud de introducirse al -- mundo de las grabaciones, esperamos que este trabajo les sirva como base o referencia en su proyecto particular.

CAPITULO PRIMERO
DESCRIPCION Y SITUACION DE LOS ESTUDIOS DE GRABACION

A) ¿ QUE ES UN ESTUDIO DE GRABACION ?

De una forma general, un estudio de grabación es el lugar donde la interrelación de uno o mas músicos, un ingeniero de sonido, un productor, una sala acústicamente tratada y un equipo electro-acústico, posibilitan la realización de sesiones de grabación, a partir de las cuales y mediante un proceso analógico-digital, se obtiene una cinta estereofónica llamada Cinta Master.

Los elementos arquitectónicos básicos de un estudio son dos: - la sala de grabación y la cabina de control. Es muy importante que - ambos cuartos estén aislados cuidadosamente de ruidos exteriores y - que internamente tengan un acondicionamiento acústico. Esto con el - objeto de que en las sesiones ningún ruido de intensidad considera-- ble se sume a las señales musicales.

La acústica, sobre todo de la sala tiene un papel muy importan te en el resultado final de la grabación. El capítulo segundo está - completamente dedicado a encontrar los valores de aquellos paráme--- tros, que resultan ser de vital importancia en el medio ambiente de ella.

Las instalaciones de energía eléctrica, aire acondicionado y - plafón dentro de la sala, deben contar con ciertas restricciones so- bre todo en el caso del análisis de ruido o en el caso de que se re- quiera romper con las superficies paralelas internas.

La realización de las sesiones de grabación en la sala requie- ren de un determinado equipo para efectuarlas con resultados satis-- factorios. El equipo, teoría y práctica se presenta al final del capí tulo tercero.

La cabina exige también de un buen ambiente acústico. En ella se encontrará el equipo de procesamiento de las señales que son ge- neradas en la sala, por músicos y/o cantantes. En el capítulo cuarto se encuentra una amplia descripción de los elementos que conforman - la base de un equipo analógico-digital de alta calidad.

Se incluyen además listas de marcas mas reconocidas hasta 1984 y un comentario sobre la situación actual y las tendencias en el de- sarrollo de la audiotecnología.

En resumen, en las páginas siguientes se encuentran los conceptos de mayor importancia para cualquier persona interesada en diseñar, construir o equipar un estudio de grabación.

Existen dos tipos principales de Estudios: Semiprofesionales y Profesionales. La diferencia radica en que los primeros cuentan con equipo de alguna manera limitado para realizar grabaciones de géneros musicales con gran riqueza instrumental. Su relación con la Industria de la Grabación está en función de sus intereses, ya que además la mayoría de los propietarios de estos estudios semiprofesionales hacen trabajos independientes. Sus costos son mucho más bajos que los de un estudio profesional, aunque sus posibilidades de obtener una buena grabación, dependen más bien de la creatividad del ingeniero, productor y músicos. El conocimiento profundo, la aplicación y una constante actualización del estado del avance del equipo para grabación, lleva sin duda a obtener un resultado de alta calidad, que pueda ser competitivo inclusive en el amplio mercado comercial del disco.

Los estudios profesionales tienen la capacidad de realizar producciones que impliquen una mayor inversión monetaria y que busquen la obtención de una grabación en la que no existan limitaciones, al menos en lo que a equipo se refiere.

La mayor parte de los trabajos de grabación encargados a los estudios profesionales provienen de las compañías de discos, aunque otra parte fuerte la constituyen las producciones independientes. En seguida haremos un análisis breve de la situación de los estudios en el mundo, para después centrarnos en la situación de los estudios en México.

B) SITUACION DE LOS ESTUDIOS DE GRABACION EN EL MUNDO.-

La industria de la grabación ha tenido una rápida expansión mundial a partir de 1955 año en que el Rock'n Roll surgía captando la atención juvenil de una manera excepcional. La canción "Rock around the clock" se convertiría en un grito generalizado y daría paso a la producción de la primera película de rebelión juvenil a ritmo de rock (Semilla de Maldad) a raíz de la cual se venderían 15 millones de discos en el mundo entero.

Desde ahí la industria ha tenido una evolución constante, pa---

sando por grandes momentos como al final de 1971 donde se dan a conocer cifras de los 6 primeros países consumidores de discos: Estados Unidos con 640 millones, Rusia con 140, Japón con 127, Inglaterra con 106, Alemania Federal con 76 y Francia con 69. El disco era ya en aquella época la forma de arte más difundida de nuestro siglo.

Como se muestra en las cifras anteriores, Estados Unidos es el país con mayores consumidores en lo que a discos se refiere, por lo tanto su industria de la grabación es la más extensa también. La venta de discos tan alta ha requerido de parámetros creados a mediados de los 60's. El disco que tuviera ventas por valor de un millón de dólares, recibiría un disco de oro. Esta medida se sobrepasaría en poco tiempo, ya que la venta de un millón de LP's recibiría un reconocimiento llamado disco de platino.

Toda industria que opere con resultados evidentemente positivos tiene por un lado el problema, de aglutinar a muchísimas empresas relacionadas con ella. Un problema, porque la competencia se vuelve cotidiana y no permite rezagos o descuidos, puesto que si ello sucede, el riesgo de quebrar para la compañía o empresa no es difícil que ocurra.

Por otro lado está la gran ventaja de que la investigación sobre el campo se vuelve muy profunda y constante. Se podría aventurar a decir que no hay semana que transcurra sin la presentación de nuevos equipos que no en pocas ocasiones dejan atrás a muchos de su mismo género. También estos equipos perfeccionados y sofisticados cada vez más, conducen a la obtención de grabaciones y reproducciones con altísima fidelidad, proporcionando algunas veces una profundidad, pureza y recepciones psicoacústicas muy diferentes a las que pueda estar acostumbrado un escucha promedio.

La industria de la grabación en Estados Unidos, basada en el repunte 83-84 de su economía, se ha visto estimulada a un nivel de crecimiento muy alto y muchas veces sorprendente como lo es la presencia de una transición que llevará en un futuro cercano, del campo analógico al digital.

De hecho la digitalización del audio es el tema que genera actualmente mayor controversia en las convenciones y reuniones de la gente relacionada con el audio en los países del primer mundo. Muchas ventajas se comentan al final del capítulo cuarto. Claro que existen también problemas en el terreno digital, como son los altos

costos del equipo, por ejemplo una grabadora digital de marca STUDER REVOX estaba valuada en la mitad del 84 en 20,000.00 dólares. Otro problema fuerte es el mantenimiento tan especializado que requiere el equipo digital.

Por otro lado la industria de la grabación en Estados Unidos recibió apenas hace 3 años una revitalización por la expansión de otra industria: El Video.

Los videos surgieron principalmente a raíz de una nueva ola en la música de Rock. Su finalidad era la de hacer una descripción actualizada, con muchos efectos visuales de una canción, que promoviera algún disco de una cantidad impresionante de grupos sobre todo ingleses, que empezaron a invadir el mercado americano.

La íntima relación entre el video y la música, captaron rápidamente la atención de los jóvenes norteamericanos, al grado de que en la actualidad existe un canal de televisión con sede en Nueva York que transmite sólo videos-musicales las 24 horas del día.

El año de 1983 fué un año económicamente muy bueno para los estudios de grabación que además ofrecían servicios de grabación de videos.

Las grabaciones de conciertos audiovisuales han regresado con más fuerza que nunca y muchos estudios de grabación móviles han sido acondicionados en trailers y autobuses que siguen a los grupos en sus giras o presentaciones ante el público.

El avance es tal en todas direcciones de la industria de la grabación, al grado de que ya existe una compañía con sede en Miami, Florida que ofrece cuartos acústicos prefabricados, diseñados científicamente y que se pueden adquirir en módulos o secciones. Sus aplicaciones se enfocan a las salas de grabación y cabinas de control.

C) SITUACION DE LOS ESTUDIOS DE GRABACION EN MEXICO.

Después de leer la situación de la industria de la grabación en Estados Unidos, uno tal vez imagina que la industria nacional se encuentra en una situación sino parecida, al menos similar a la de nuestros vecinos del norte. Pero la realidad es muy distinta.

La economía del país en 1984 se refleja en la situación de muchas empresas que han sido forzadas a detener su desarrollo. Los incrementos en los costos de producción, las han llevado a elevar los precios de sus productos en el mercado. Otras empresas, sobre todo transnacionales son las que han podido soportar la inflación y la crisis económica, que según declaraciones gubernamentales recientes, se encuentra bajo control.

La industria de la grabación no ha quedado excluida de la crisis económica y de los problemas que constantemente se les han presentado a varias empresas en México.

Dos partes fundamentales conforman a la industria nacional: Las compañías de discos y los estudios de grabación de particulares.

Las compañías de discos en México, son en su mayoría transnacionales. Capitol, CBS, Polygram, RCA, Gamma, Ariola, Musart y Peerless, forman el grupo de empresas que por un lado cuentan con un elenco de artistas nacionales y por otro, reciben copias de las cintas masters de artistas internacionales que graban para la misma compañía en otros países.

A excepción de Ariola las demás compañías tienen sus estudios de grabación propios, en donde se hacen normalmente las producciones musicales nacionales.

Estas compañías son las que tienen potencialmente la capacidad de adquirir nuevos equipos para actualizarse en sus grabaciones. Aunque es evidente que la infraestructura comercial es diferente a la de Estados Unidos, las ganancias que en el negocio se obtienen las hace seguir impulsando el mercado, pero con beneficios propios.

Los estudios de grabación de particulares se ven de alguna manera en desproporción para competir con la fuerza y el soporte económico de las compañías transnacionales. Aunque la mayoría de ellos sólo compite en el proceso de grabación.

Ctro de los problemas económicos que limitan los deseos de particulares en construir o adaptar un estudio de grabación profesional

es la elevada inversión inicial que se requiere para arrancar el proyecto. Además pocos estudios profesionales de particulares garantizan un trabajo de alta calidad. Golden, Lagab y Ary, son de los más reconocidos y de los que tienen su calendario de grabaciones muy saturado frecuentemente.

Un problema muy importante que limita la expansión de la industria en México, es la marcada y excesiva comercialización de la música de baladas. Este género aunado al de la música ranchera y de mariachi, dominan el espectro musical, con la complicidad de la empresa más poderosa y enajenante en lo que a medios de comunicación se refiere: Televisa.

Si éste grupo tuviera una apertura musical e ideológica, tal vez la industria de la grabación pudiera desarrollarse de una forma más natural, ofreciendo alternativas no solo a los consumidores nacionales, sino también a muchos músicos mexicanos que son marginados y obligados a realizar otras actividades complementarias que les traigan suficientes entradas para vivir. Además, las tarifas tan altas de los estudios de particulares los obligan a apartarse un poco de la música.

Esta situación ha llevado a varios músicos a tratar de realizar lo que en países del primer mundo es ya tan común y que son las Grabaciones Independientes.

En México éste tipo de producciones resulta toda una hazaña para los grupos o solistas que tengan el deseo de plasmar su concepción musical en un acetato o en un cassette. Las limitaciones económicas para rentar los estudios, el prensado del disco, la compra e impresión de las portadas, la distribución y venta de los discos, requieren en suma, una inversión monetaria que no está al alcance de muchos músicos. Esto los conduce a obtener un disco cuya calidad y presentación no son las deseadas, sino las que encuadren dentro del presupuesto.

La música clásica y en particular la contemporánea, experimentan también las restricciones de un mercado monopolizado.

Diversos géneros musicales son la motivación de una gran cantidad de músicos independientes. El Rock en casi todas sus derivaciones, el Jazz, la Canción Urbana, la Música Tradicional y la música electrónica serían suficientes para ensanchar el mercado tan pobre

en opciones, tan escaso de presentaciones y tan limitado en grabaciones.

En cambio se ha generado un movimiento juvenil tan poco interesante, pero que por supuesto reporta grandes ganancias a las compañías que han impulsado el surgimiento, un tanto apresurado de tantos grupos juveniles. Ellos mismos reducen su horizonte y centran sus esfuerzos y creatividad en grupos o solistas de calidad mínima; con sus reconocidas excepciones.

Se plantea entonces la urgente necesidad de que se genere un movimiento independiente, que luche por abrir nuevas perspectivas musicales.

Nos toca a todos aquellos que sentimos y amamos la música, el transmitir un poco de nosotros, de nuestros conocimientos e ideas, y convertirlos en proyectos y éstos a su vez en realidades.

Músicos, Ingenieros de Audio, Productores, Fabricantes de equipo, Críticos musicales y todos aquellos que sientan ésta necesidad de hacer crecer un movimiento alternativo musical, unamos nuestros conocimientos, esfuerzos y deseos para enfrentar y cambiar esta crítica situación de la música en México.

CAPITULO SEGUNDO
ANALISIS DE PARAMETROS Y CONCEPTOS RELACIONADOS
CON LA ACUSTICA DE LA SALA

INTRODUCCION

La sala de grabación es el recinto donde se verificarán las sesiones de músicos y cantantes, en los cuales su obra e interpretaciones será captada por micrófonos o por cables conectados directamente del instrumento a la consola de control, ubicada en la cabina. Dicha información musical será procesada electrónicamente para obtener como producto final una cinta master.

La sala de grabación es de vital importancia en el proceso, ya que dependiendo de algunos parámetros acústicos como son: el Tiempo de Reverberación, el Coeficiente de Absorción, los Niveles del Sonido y su Relación Señal a Ruido; además, de otros de tipo arquitectónico (Magnitudes y Forma de la Sala); dependiendo de sus efectos conjuntos los sonidos emitidos experimentarán un cambio en la atmósfera del lugar, cuyo objetivo principal es obtener una sonoridad que satisfaga tanto a músicos como a los encargados de la producción.

Cada uno de los parámetros recibe en este capítulo, un análisis suficiente para tratar sus aspectos básicos, los cuales nos llevarán al cálculo de un Tiempo de Reverberación particular de nuestro diseño.

Para finalizar el presente capítulo se ha incluido una descripción de los diversos géneros musicales que se consideraron posibles de grabar, así como de los instrumentos, sus rangos de frecuencias y patrones de radiación.

A) DIMENSIONES Y FORMA DE LA SALA.

Un aspecto que todos los buenos estudios de grabación analizan con detalle en su construcción, es el diseño arquitectónico. La forma y dimensiones de la sala ofrecen ciertas ventajas cuando sus paredes no incluyen el paralelismo entre sí, ya que de los dos tipos de ondas que inciden: axiales y oblicuas, las primeras tenderían a generar trenes de ondas estacionarias, que estarían interfiriendo a las demás señales y provocando cambios en la intensidad de la energía sonora. Las ondas oblicuas son preferidas porque con sus múltiples rebotes se atenuan en un tiempo razonable auditivamente, de duración.

Por consiguiente el diseño arquitectónico que aquí se presenta, contiene sólo dos paredes paralelas, las que podrán modificar su paralelismo mediante el empleo de biombos plegables colocados sobre las paredes a la altura de los instrumentos que pudieran incidirlas con sus ondas axiales.

En el plano arquitectónico con vista de planta, anexo al final de esta sección, se observa el número Romano I que corresponde a la sala. Dos cabinas una de solista (III) y otra de baterista (II) aislarán sus sonidos, con un Tiempo de Reverberación diferente al de la sala. Sus paredes son todas antiparalelas.

El número IV corresponde a la Cabina de Control, de la cual se hace una amplia descripción en el Capítulo Cuarto. Las paredes injertadas en la sala, llevan cristales con una inclinación que rompe también con el paralelismo de la pared de enfrente. Se ha incluido un plano en vista frontal de la misma.

El techo y el piso son dos superficies paralelas entre sí, para romper su efecto se diseñó un Plafón (Techo Falso), cuyo plano se incluye en la primera parte del capítulo siguiente.

Las dimensiones básicas de la sala, se obtuvieron de una relación experimental propuesta por H. Tremaine en su Audic Cyclopedia. Las relaciones se muestran a continuación:

T A B L A II-1			
TIPO DE SALA	ALTURA	ANCHO	LARGO
S. Pequeñas	1	1.25	1.6
S. Grandes	1	1.25	3.2
S. Promedio	1	1.6	2.5

Con la idea de diseñar una sala promedio, suponiendo una altura de 4 M., se obtuvieron las dimensiones:

ANCHO 6.4 M
 LARGO 10.0 M
 ALTURA 4.0 M

La altura de la sala es determinante, pues estudios con muy buena acústica tienen normalmente techos altos. En el caso de un estudio mediano la medida propuesta es adecuada. Los estudios grandes -- tienen en la actualidad costos de construcción muy altos, por lo que haciendo el presente proyecto más accesible a la realidad, se eligió un tamaño promedio para la sala, por consiguiente para el estudio.

B) PARAMETROS ACUSTICOS INDISPENSABLES.

Una vez concebidos los planos del estudio debemos hacer un análisis de los parámetros acústicos que tomarán participación directa durante la grabación, los más importantes son:

B.1) TIEMPO DE REVERBERACION. "T₆₀"

El término de Reverberación nos indica la persistencia del sonido emitido dentro de la sala, este fenómeno se produce debido a las reflexiones del sonido en las paredes cuando ya la fuente ha dejado de emitir energía.

El concepto anterior es la base para comprender la definición -- del Tiempo de Reverberación, esta es, el tiempo en segundos que toma al sonido (originalmente en estado estacionario) para decrecer 60 dB- ó 10⁻⁶ de su intensidad, después de que la fuente ha cesado de emitir ondas sonoras.

El "T₆₀" es un parámetro muy importante para la acústica de la sala, influyendo notablemente en la persistencia de la música que se pretenda grabar, por lo tanto es necesario optimizarlo. Para salas de grabación u otros recintos encerrados se ha encontrado que el "T₆₀" está en función del volumen de la sala y de la absorción total del sonido. La fórmula que se emplea en su análisis es:

$$T = 0.161 \frac{V}{a} \dots\dots\dots (II-a)$$

donde:

- V = volumen interno de la sala [m³]
- a = absorción total del sonido [sabines]

Para calcular la absorción total del sonido se debe emplear:

$$a = \sum \alpha_i S_i = \alpha S \dots\dots\dots (II-b)$$

donde:

α = coeficiente de absorción promedio para cada superficie

S = área de cada superficie.

El " T_{60} " óptimo depende también del lugar y de sus usos, por ejemplo en Iglesias se prefiere un " T_{60} " grande para aumentar la solemnidad tanto de la voz como de los cánticos, sucediendo lo contrario con la cabina de solistas donde se prefiere un " T_{60} " bajo.

En el caso particular de la presente investigación necesitamos conocer el Coeficiente de Absorción Promedio de la sala, al cual debemos de sumar la absorción del sonido por los músicos y por el mobiliario (instrumentos y sillas), para así obtener la absorción total del sonido. Conocido este dato ya nos hallamos en posibilidades de evaluar el Tiempo de Reverberación de la sala. En ciertas ocasiones se requiere por cuestiones técnicas de grabación que se varíe el " T_{60} " propio de la sala, en previsión de estos casos, se dispondrá en el suelo una alfombra desmontable en forma rápida con lo que se podrá incrementar el " T_{60} ".

A continuación se verá el desarrollo necesario para lograr conocer el valor del " T_{60} ".

B.2) COEFICIENTE DE ABSORCION DEL SONIDO.

El fenómeno físico de la absorción del sonido se produce cuando una onda sonora incide sobre la superficie de un material acústico y parte de la energía de esa señal es absorbida y parte reflejada. La parte de la energía que es absorbida se convierte parcialmente en calor, debido a la fricción y la resistencia viscosa de los poros y fibras del material; además una cantidad se convierte en vibración mecánica del material. La energía reflejada incidirá sobre varias superficies antes de atenuarse totalmente.

El Coeficiente de Absorción del sonido de un material, se define como la fracción decimal de absorción perfecta de la energía sonora que incide sobre un material a una frecuencia determinada, dicho fenómeno está en función del ángulo de incidencia de las ondas y del espesor del material empleado. Por ejemplo si tenemos un $\alpha = 0.6$ significa que el 60% de la energía es absorbida.

Los materiales acústicos empleados con mayor frecuencia en estu-

dios de grabación presentan ciertas características comunes óptimas - como son: eficiencia en la atenuación, en la porosidad, en la resistencia al flujo constante de propagación. Tienen buena resistencia al fuego, peso adecuado, facilidad de instalación, buena apariencia y antihigroscopicidad (que no absorbe la humedad del aire).

De los materiales existentes en el mercado se eligió la "Fibra de Vidrio" para recubrir las superficies internas de la sala de grabación. Dicha decisión estuvo en función de la experiencia obtenida en un gran número de estudios profesionales. Además al hacer nuestros cálculos del coeficiente de absorción y " T_{60} ", obtuvimos resultados bastantes satisfactorios.

Se debe aclarar que el costo del material no fué en nuestro caso determinante, ya que la fibra de vidrio elegida es de producción americana.

Como deseamos conocer el α , debemos hacer un promedio estadístico de la relación entre la energía absorbida y la incidente en todas las superficies de la sala.

Los materiales acústicos que tienen coeficientes menores al 10% (0.1), son empleados para obtener un sonido "brillante", o con bastante reflexión. Los materiales más comerciales tienen coeficientes mayores al 50% (0.5) y los absorbentes moderados se hallan en el rango de 0.1 a 0.5. En la tabla II-2 se pueden observar los coeficientes de absorción para diferentes materiales y para frecuencias hasta 4000 Hz.

T A B L A II-2

Coeficiente de Absorción del Sonido de Materiales de Construcción

Material	C O E F I C I E N T E S						[Hz]
	125	250	500	1000	2000	4000	
Tabique	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	
Tabique Pintado	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	
Alfombra sobre concreto	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65	
Concreto	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25	
Concreto Pintado	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08	
Fibra de Vidrio 2.54 cm	0.08	0.25	0.65	0.85	0.80	0.75	
Fibra de Vidrio 5.1 cm	0.17	0.55	0.80	0.90	0.85	0.80	
Madera	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	
Vidrio Grueso	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	
Vidrio Ordinario	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04	

Considerando que las frecuencias mas audibles por el ser humano - abarcan de los 100 a los 3,000 Hz, entonces es deseable la absorción - mayor de ellas, sucediendo lo contrario en los extremos del intervalo - que va de 20 a 20,000 Hz. La fibra de vidrio ofrece una actuación en - este sentido. Con un espesor de 2.54 cm, en la tabla II-2 se pueden - apreciar sus coeficientes de absorción. La fibra de vidrio será usa - da para recubrir todas las superficies a excepción del piso y la par - te con cristal.

En el piso de la sala se usará una alfombra desmontable con rela - tiva facilidad, lo cual ayudará a tener un lugar menos reflexivo y más - homogéneo en cuanto a absorción, aunque se puede dar el caso en que re

quiera incrementar la reflexión del sonido y con ello el tiempo de reverberación, para lo cual se puede recurrir a desmontar la alfombra.

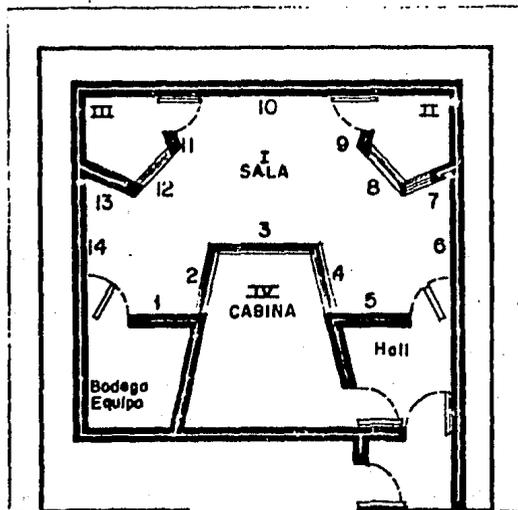
La alfombra elegida es de lana con tejido cortado, su coeficiente promedio de absorción es 0.4, su espesor es 6 mm y deberá contener un bajo-alfombra de 1.4 Kg/m^2 .

En el caso del cristal que comunicará sala y cabina, se decidió emplear un espesor de 6 mm, cuyas características se pueden observar en la tabla II-1. Se sugiere también la consulta del plano con vista interior de la sala, para apreciar la visibilidad que el ingeniero en cabina tendrá de la sala.

Aclarado el tipo y características de cada material que cubrirá las superficies de la sala, veremos los cálculos necesarios para conocer los valores del Coeficiente de Absorción Promedio y del Tiempo de Reverberación. Los valores de ambos se analizarán en dos situaciones extremas:

- a) La sala vacía y
- b) La sala a su máxima capacidad.

Antes de iniciar los cálculos debemos observar la Tabla II-3, -- donde se expresan las áreas de las paredes con su correspondiente tipo de material. La numeración de las paredes se muestra en la figura que antecede a la tabla.



NUMERACION DE SUPERFICIES PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACION DE LA SALA

T A B L A II-3

PARED	AREA POR CUBRIR M ²	TIPO DE MATERIAL		
		F. de V.	Alfombra	Vidrio
1	3 X 4	12.0		
2	1.58 X 2.5 1.58 X 1.5	3.95		2.37
3	3 X 2.5 3 X 1.5	7.5		4.5
4	Pared 4=2	3.95		2.37
5	Pared 5=1	12.0		
6	4.5 X 4	18.0		
7	2.4 X 1.5 1 X 1 1.7 X 1.0	3.6 1.7		
8	1.5 X 2.5 1.5 X 1.5	3.75		2.25
9	1.7 X 4	6.8		
10	6 X 4	24.0		
11	Pared 11=9	6.8		
12	Pared 12=8	3.75		2.25
13	Pared 13=11	6.8		
14	Pared 14=6	18.0		
PISO	Area Total - (área II, III y IV) 65-(5+5+5.25)		49.75	
TECHO	Techo = Piso	49.75		
T O T A L E S		182.35	49.75	14.74

Con los datos totales contenidos en la Tabla II-3, estamos en posibilidades de efectuar las operaciones que nos llevarán a evaluar el Coeficiente de Absorción Promedio (α prom), así como el Tiempo de Reverberación (T_{60}), para el primer caso en que la sala se encuentra sin músicos ni mobiliario.

Para ello se ha considerado que los α s de cada material tendrán los rangos de valores siguientes:

- . Fibra de Vidrio: entre .08 y 0.75
- . Vidrio : entre 0.18 y 0.40
- . Alfombra : 0.4 para todas las frecuencias.

Entonces en la Tabla II-4 se puede visualizar el α prom de los tres materiales actuando conjuntamente para 6 frecuencias distintas, desde 125 hasta 4000 Hz, que son las frecuencias más audibles por el ser humano.

T A B L A II-4		
FRECUENCIA	Hz	α prom
	125	0.15
	250	0.27
	500	0.56
	1000	0.71
	2000	0.68
	4000	0.64

De la tabla anterior se desprende el α prom total que será absorbido por los materiales, siendo en este caso su valor de:

$$\alpha \text{ prom total} = 0.5 = 50\%$$

La otra parte de la energía será reflejada en las distintas superficies sobre las que incidan las ondas, en las que se irán atenuando hasta desaparecer completamente.

Ahora ya nos hallamos en posibilidades de encontrar el T_{60} para la sala vacía. Entonces debemos recordar la ecuación vista al inicio del capítulo:

$$T_{60} = 0.161 \frac{V}{a}$$

donde:

$$a = \alpha S \text{ [sabines]}$$

$$S = \text{Suma de todas las superficies} = 246.84 \text{ m}^2$$

por lo tanto:

$$a = (0.5)(246.84) = 123.42 \text{ sabines}$$

entonces:

$$T_{60} = \frac{0.61 (049.75) (4)}{123.42} = 0.26 \text{ seg.}$$

Para determinar si nuestro T_{60} es adecuado a las dimensiones de la sala y a las características de los materiales, trasladaremos el valor de nuestro volumen 199 m^3 a la escala correspondiente en la figura II-1, de donde partiremos hasta tocar alguna de las 3 curvas ahí dibujadas. La curva (c) que es la primera en cruzarse, es una curva obtenida experimentalmente y publicada en el Manual para Ingenieros - Electrónicos (ref. 4). Esta curva es aplicable cuando se tienen entre 57 y 850 m^3 de volumen interior, lo que concuerda con nuestro caso. El T_{60} al que nos conduce dicha curva es aproximadamente 0.28 -- seg., un valor bastante próximo al nuestro.

En caso de buscar un T_{60} mayor, entonces podemos enrollar parte de la alfombra para que el piso con madera aumente la reflexión de -- las ondas sonoras.

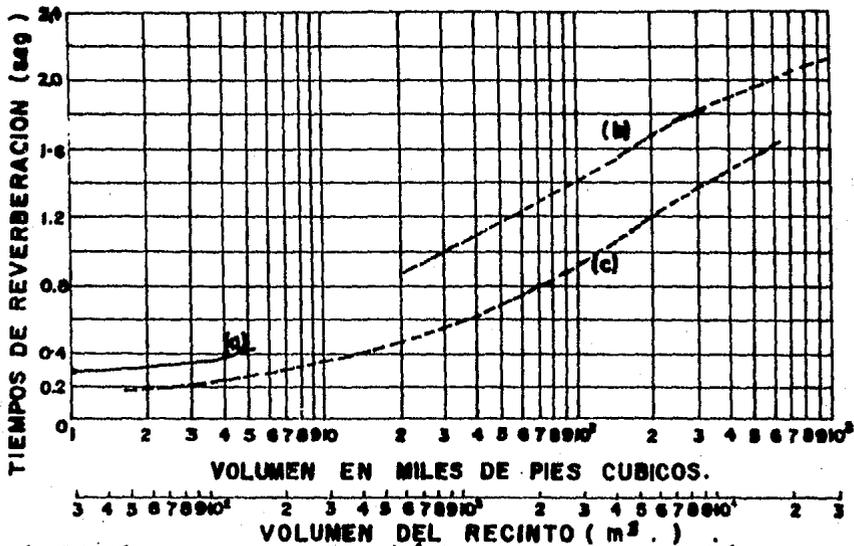
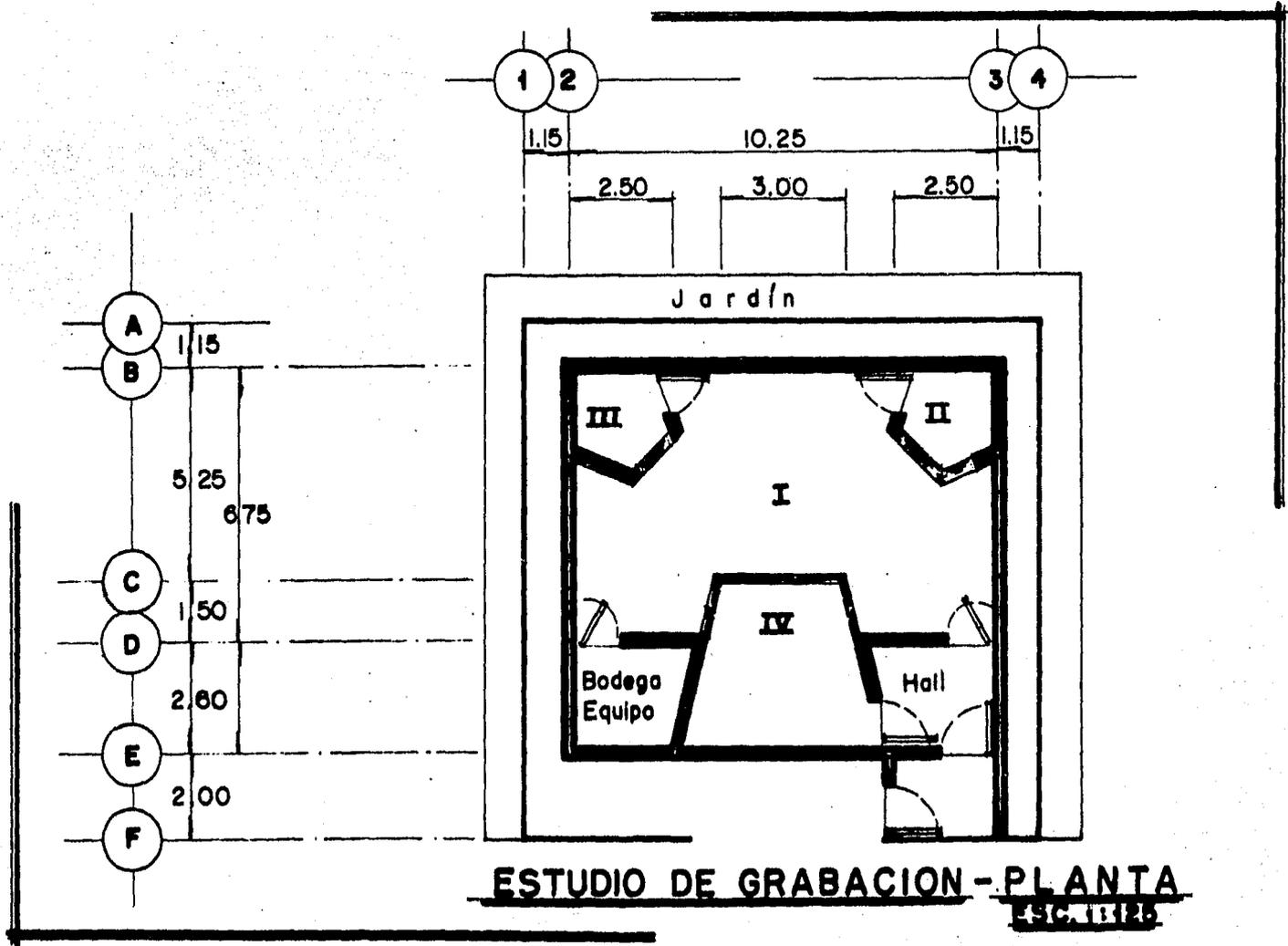


Fig. II-1 Tiempos de reverberación recomendados en función del volumen.

La curva (b) es recomendable cuando se grabe música sinfónica, -
aumentando el T_{60} hasta 1.5 seg. para un volumen de $5,000 \text{ m}^3$, por ---
ejemplo.

La curva (a) deberá ser consultada en el caso de cabinas para --
voz, cuyo volumen varíe entre 28 y 143 m^3 .



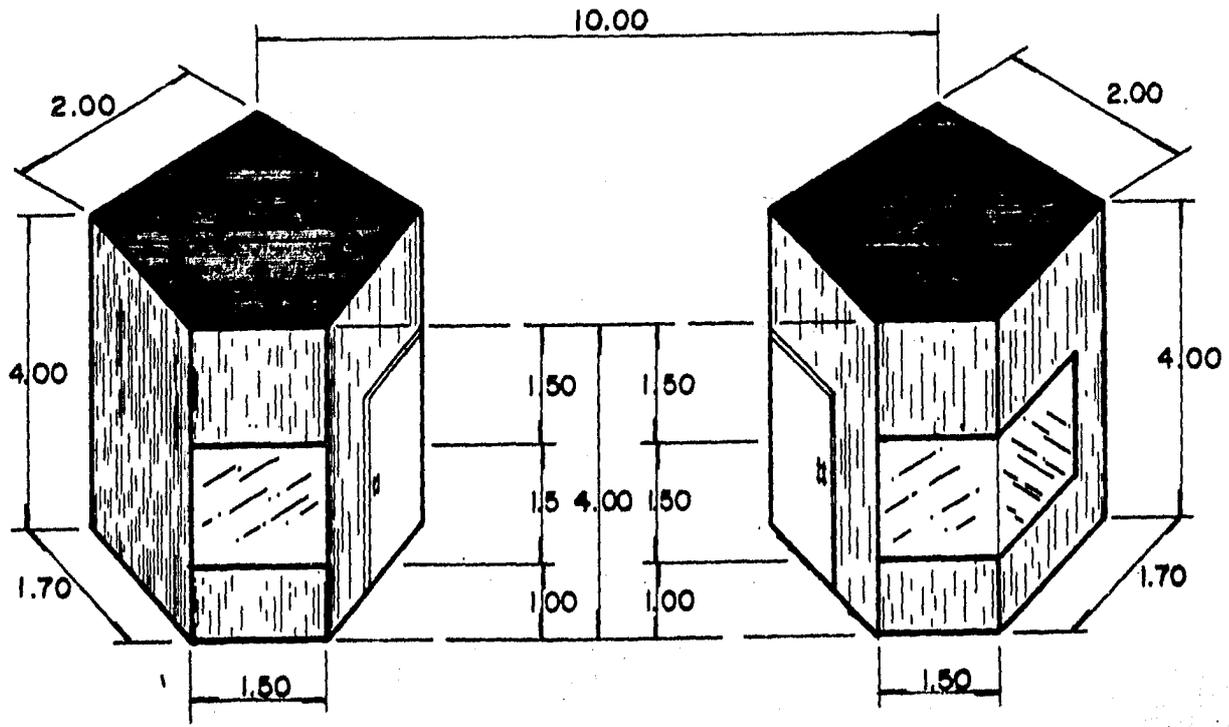
ESTUDIO DE GRABACION - PLANTA
ESC. 1:125

III CABINA SOLISTA

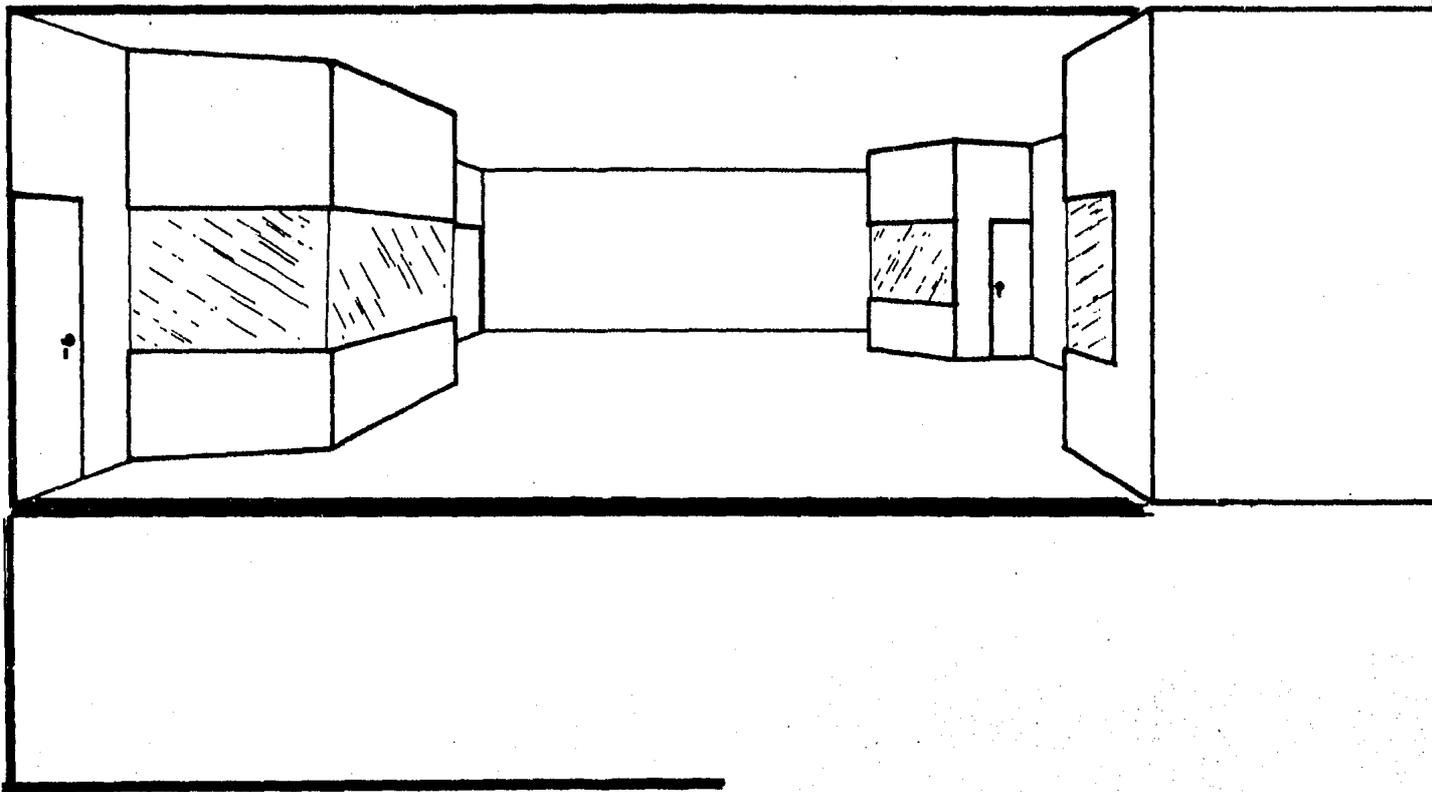
II CABINA BATERIA

ESC. 1:75 ACOT. EN METROS

22



VISTA INTERIOR DE LA SALA



LA SALA A SU MAXIMA CAPACIDAD.

Ahora pasaremos a considerar el caso extremo en que nuestra sala se halle funcionando a su máxima capacidad, esto es con 10 músicos - con sus respectivos instrumentos. De hecho cada uno deberá contar con una silla para descansar o interpretar sentado según su estilo. Ambos, personas y mobiliario ofrecerán un efecto de absorción sobre los sonidos emitidos tanto directa como reflexivamente. Por consiguiente el T_{60} se verá afectado en esta situación. Si consideramos algunos experimentos realizados en los Estudios BBC de Londres y otros efectuados por Beranek, L., (un investigador acústico reconocido a nivel mundial), entonces podemos calcular el T_{60} crítico con los datos expresados en la tabla II-5. Ahí se hicieron dos consideraciones: en la primera se asignó una separación de 1m. entre los músicos y se usaron -- Coeficientes de Absorción por m^2 por persona, incluyendo personas y - asientos.

TABLA II - 5	
FRECUENCIA (Hz)	prom
125	0.14
250	0.3
500	0.59
1000	0.76
2000	0.71
4000	0.64

Los valores de α nos conducen a un α prom total cuyo valor es:

$$\alpha \text{ prom TOTAL} = 0.5233 = 52.33 \%$$

Con este valor de absorción, se obtienen 129.17 sabines, para -- llegar finalmente a nuevo T_{60} :

$$T_{60} = \frac{(0.161)(199)}{129.17} = 0.248 \text{ seg.}$$

Si comparamos el T_{60} del caso primero con la sala vacía, y este último con la sala al máximo de cupo, notaremos una diferencia de --- 0.012 seg., lo cual auditivamente es imperceptible. Por lo tanto no - existirá un cambio determinante en la absorción del sonido mientras - grabemos 1 ó 10 músicos en acción simultánea.

El cálculo anterior es independiente de las secciones II y III, que son las cabinas de batería o percusiones y del solista, respectivamente. Estas dos cabinas son de magnitudes similares, lo que simplifica un poco los cálculos que son necesarios para conocer su tiempo de reverberación.

La decisión de aislar al baterista o percusionista del resto de los instrumentos se debe principalmente a que los platillos empleados producen frecuencias muy altas y persistentes que son difíciles de controlar porque se reflejan en trayectorias múltiples que son normalmente captadas por los otros micrófonos dispuestos en la sala, causando con ello el registro de una señal indeseable en el canal de grabación respectivo. Además de que algunos tambores también producen frecuencias muy bajas de diversa intensidad, lo que justifica el diseño de la cabina especial.

Para captar con buena fidelidad los sonidos de alguna batería, se disponen los micrófonos dependiendo de su estructura y del número de platillos y tambores, dicha disposición estará también en función del tipo de estilo musical que se desee grabar.

Las dimensiones de las cabinas se pueden apreciar en los planos anexos al final de la presente sección.

En el caso de la cabina de solista, se presenta un caso similar al de la batería, pues se pueden encontrar cantantes con muy diferentes tonos e intensidades.

Además de que la voz que es registrada por el micrófono correspondiente deberá sonar normalmente lo mas claro posible, cuando quede lista para ser mezclada. Además se requerirá tener un Tiempo de Reverberación bajo, para evitar ecos indeseables, esto se hace extensivo también para la cabina de batería.

Debido a la importancia de las cabinas mencionadas, procederemos a calcular el T_{60} teórico de ellas.

Los materiales que se emplearán serán similares a los usados en los cálculos de la sala por lo tanto tendremos:

TABLA II - 6

PARED	AREA POR CUBRIR (m ²)	TIPO DE MATERIAL		
		F. de V.	Alfombra	Vidrio
Interna	2 x 4	8		
Interna	2 x 4	8		
13	1.7 x 4	6.8		
12	1.5 x 2.5	3.75		
	1.5 x 1.5			2.25
11	Pared 11 = 13	6.8		
Piso			5.0	
Techo		5.0		
	TOTALES	38.35	5.0	2.25

La tabla anterior contiene las magnitudes de la cabina para el solista (III), esta sólo difiere de la cabina para la batería y percusiones (II) en la pared 7, donde se añade 1m² de vidrio en lugar de fibra de vidrio; por lo que los totales para la cabina II serán:

TOTALES 37.35 5.0 3.25

A raíz de estos requerimientos se obtuvo el siguiente resumen:

FRECUENCIA (Hz)	α prom	
	CAB. III	CAB. II
125	0.12	0.12
250	0.257	0.253
500	0.59	0.579
1000	0.76	0.742
2000	0.71	0.7
4000	0.675	0.659
α PROM TOTAL	0.517	0.508
T ₆₀	0.137	0.14

De los resultados obtenidos podemos inclinarnos a pensar en que los Tiempos de Reverberación de las Cabinas resultan bajos, pero como aclaramos antes, para la voz se prefiere un T₆₀ bajo. En el caso del

baterista o percusionista el T_{60} es un problema solucionado tecnológicamente, pues en la actualidad casi todas las grabaciones de estos instrumentos son procesados por un equipo llamado en inglés Digital Delay, el cual puede proporcionarnos variaciones en el tiempo de la señal. Este equipo está desplazando rápidamente a las Cámaras de Reverberación empleadas aún para lograr esos efectos.

De hecho a cualquier señal captada en la sala se le puede añadir este efecto de Reverberación, que queda al criterio del ingeniero y satisfacción de los músicos ya que muchos prefieren el sonido natural.

Concluimos así el análisis de estos parámetros acústicos de gran importancia en el funcionamiento óptimo de nuestro estudio. A continuación nos adentraremos en otros conceptos indispensables para lograr una comprensión mas amplia de los fenómenos físico-acústicos, que ocurrirán dentro de la sala de grabación.

B.3) NIVELES DE SONIDO.

Uno de los parámetros acústicos que es determinante y necesario de analizar para hacer una evaluación correcta de los factores que influyen en la optimización de la acústica de la sala, es el que se refiere a los Niveles del Sonido. Dentro del campo acústico, existen diversos niveles relacionados con el sonido, por mencionar algunos: nivel de presión del sonido, nivel de ruido ambiental, nivel de poder del sonido, nivel de interferencia de la voz y algunos más.

El objetivo de un nivel de sonido es el de establecer rápidamente una evaluación mental, de la magnitud de un valor dado dentro de una escala, la cual contiene un valor de referencia.

En nuestro estudio dedicaremos la atención a 3 escalas de orden logarítmico:

- a) Nivel de Presión del Sonido.
- b) Nivel de Potencia del Sonido.
- c) Nivel de Intensidad del Sonido.

Estos 3 niveles son de vital importancia para todas las personas interesadas en el campo del audio, ya que bastantes especificaciones de elementos electroacústicos hacen referencia de ellos.

3.1) NIVEL DE PRESION DEL SONIDO. (SPL)

El SPL es una cantidad proporcional al logaritmo de la presión del sonido y se encuentra definido por:

$$\text{SPL} = 20 \log \frac{P}{P_0} \text{ (dB)}$$

donde:

P = presión del sonido (newtons/m²)

P₀ = valor referencia de la presión, en este caso: .00002 (N/m²)

lo anterior nos lleva a:

$$\text{SPL} = 20 \log \frac{P}{.00002} \text{ (dB - SPL)}$$

La presión sonora es una función de "n" frecuencias, lo cual dá origen a un espectro variable en el tiempo. Esto ocasiona que el valor de la presión sea medido de una manera estadística.

Por otro lado, la mayoría de las fuentes de sonido muestran características direccionales en la distribución de la presión, en el medio ambiente en el que son emitidas. Esto dá como resultado un Patrón de Radiación, como un ejemplo se muestra el P.de R. de un jet --

con 4 motores, además de sus valores en decibeles.

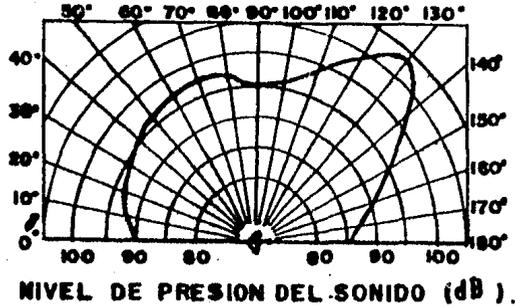


Fig. II-2 Patrón de radiación en función del SPL.

Los patrones de radiación pueden ser muy variados y están en función de la longitud de onda λ del sonido emitido. Por ejemplo cuando la λ es muy grande en comparación con las dimensiones de la fuente, - el sonido es radiado uniformemente en todas las direcciones, lo cual no ocurre cuando la λ es pequeña en cuyo caso el sonido radiado tiende a ser confinado en un haz direccional. Si tuviéramos una fuente de sonido en una atmósfera homogénea y sin disturbios, lejos de superficies reflejantes o absorbentes, el sonido sería radiado en ondas esféricas.

Debido a las mediciones del sonido en su propagación, surge una relación entre la presión y la distancia. En terminos de SPL, cada vez que la distancia con respecto a la fuente se duplica, el nivel de presión del sonido decrece 6 dB. Por ejemplo si a 1m le corresponden 94 dB, a 2m se tendrán 88 dB y a 4m habrá 82 dB y así sucesivamente. Entonces tendremos mayor presión si estamos cerca de la fuente.

En la tabla siguiente podemos comparar diferentes valores de presión producidos por diversas fuentes de sonido.

NIVELES DE SONIDO TÍPICOS.

DECIBELES

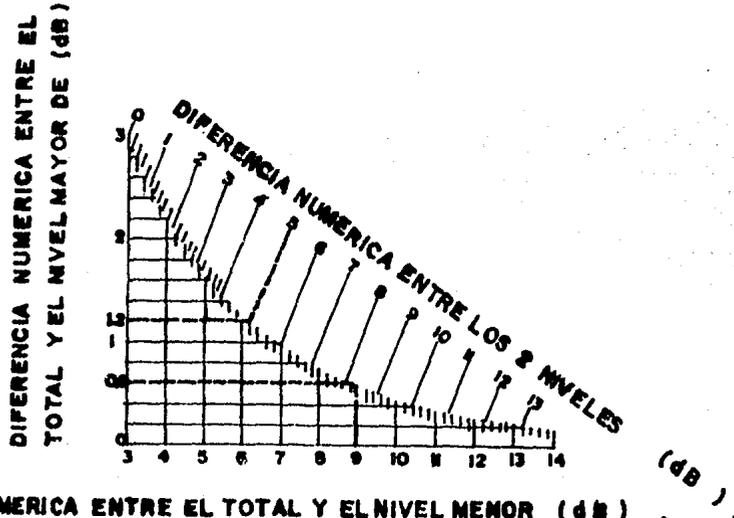
Re: .00002 (N/m^2)

Distancia de lectura (m)	Fuente	(dB-SPL)	Fuente
		140	
		130	
61	. Jet aterrizando	120	
		110	. Golpes sobre hierro.
		100	
6	. Martillo Neumático	90	. Taller de impresión gráfica.
6	. Metro	80	
30	. Vagón de tren	80	
1	. Voz	70	
		60	. Tienda comercial grande.
61	. Transformador grande	50	
		40	
1.5	. Limpiadores de carro	30	. Estudio de grabación - (Voz).
		20	. Estudio para sonorización de películas.
		10	
	. Umbral auditivo	0	

El conocer y comprender mejor el concepto de SPL, resulta de gran importancia en primer lugar, porque dentro de la sala se tendrá un número variable de fuentes de sonido muy diversas, producidos por los instrumentos que intervengan en la grabación correspondiente. Cada uno de esos instrumentos generará un valor particular de SPL que puede ser sumado a los demás valores para obtener el total. Para ejemplificar el cálculo de la suma de dos niveles, supongamos que una fuente de sonido nos produce 75 dB y otra 80 dB, la suma de ambas se realiza fácilmente consultando la fig. II-4.

Con la diferencia entre ellos (5dB) intersectamos la curva y leemos sobre el eje izquierdo en este caso el valor de 1.2, el cual es sumado al nivel más alto, quedando 80 + 1.2 dB como resultado total de la combinación. Con la misma tabla se puede obtener la diferencia entre dos niveles también.

Sería recomendable en el caso de nuestra sala de grabación el hacer pruebas y mediciones, con los diferentes grupos de músicos que estén en acción y claro está cuando la sala se encuentre vacía, para hacer comparaciones y a partir de ellas deducir cuando se puede mejorar la calidad de la música grabada, en función de la acústica particular de la sala y de la presión generada por los instrumentos individuales o en conjunto.



DIFERENCIA NUMERICA ENTRE EL TOTAL Y EL NIVEL MENOR (dB)

Fig. I-4 Gráfico para determinar el nivel combinado de señales

El instrumento diseñado para la medición del nivel de presión del sonido, consiste de un micrófono omnidireccional, un atenuador calibrado, un amplificador de señal y un indicador, como elementos básicos. Este tipo de medidores además de ser indispensables en los estudios de grabación profesionales, pueden ser utilizados en mediciones de ruido ambiental en industrias y laboratorios, o se pueden usar para conocer características acústicas de auditorios o construcciones similares.

Cuando se hace uso del Medidor de Nivel de Sonido, el cuerpo del observador y el del medidor, tienen un pequeño efecto de reflexión. Dicho efecto se puede minimizar si el eje del medidor está colocado en ángulo recto al eje del micrófono. Cuando se hacen mediciones en algún campo con reverberación alta, los ángulos de incidencia del sonido alcanzados por el micrófono son indeterminados. La equivalencia entre dB-SPL en el Sistema Internacional de Unidades es:

$$94 \text{ (dB - SPL)} = 1 \frac{\text{Nw}}{\text{m}^2}$$

Otra aplicación del concepto dB - SPL es el que veremos dentro de las secciones dedicadas a los micrófonos y altavoces.

Por último el nivel de presión del sonido está fuertemente relacionado con la potencia del mismo, como veremos a continuación.

3.2) NIVEL DE POTENCIA DEL SONIDO. (PWL)

Definido de una manera sencilla, este concepto nos indica la medida del poder acústico radiado por una fuente sonora.

La unidad en la que se mide es el dB - PWL, cuya equivalencia logarítmica es:

$$\text{db - PWL} = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

donde:

W = potencia medida (watts)

$W_0 = 10^{-12}$ watts (valor de referencia)

Dicho valor está relacionado con los valores del SPL. Además, existe una distancia a la cual se igualan numéricamente siendo su valor 0.283 m. Este valor es real cuando tenemos una fuente omnidireccional en un campo libre, lo cual no será nuestro caso, aunque sirve como una referencia para conocer la interrelación entre estos dos conceptos acústicos. Para aclarar aún más, supongamos que tenemos 1 watt de potencia; entonces a una distancia de 0.283 m., obtendremos que:

$$\text{db - SPL} = \text{dB - PWL} = 120.$$

Cuando nos encontramos con una fuente de sonido actuando, la potencia emitida se verá afectada principalmente por la distancia a la que nos hallemos de la fuente. La relación matemática que se establece es la siguiente: si la distancia desde la fuente se dobla, el área que la rodea se cuadruplica y por consiguiente disminuye la intensidad sonora a 1/4 del valor.

A partir de ello, la ecuación que nos relaciona al SPL con el --PWL, queda expresada así:

$$\text{SPL}_{\text{dB}} = \text{PWL}_{\text{dB}} - 10 \log 4 \pi r^2 + 0.5$$

PWL_{dB} = nivel de potencia del sonido.

r = distancia en metros desde el centro de la fuente generadora de ondas esféricas.

Una de las relaciones más importantes entre ambos conceptos es -

la que relaciona la potencia en watts por canal en un sistema de alta voces, en función de la sensibilidad de éstos, y el SPL resultante, - medido a 1 metro de distancia. Por ejemplo: Música Clásica Suave en - altavoces de 94 dB de sensibilidad, requerirán de 1.6 mW por canal pa ra producir 68 dB - SPL.

Ahora para complementar el tema de Niveles de sonido veremos --- otro nivel que resulta de interés en el presente estudio.

3.3) NIVEL DE INTENSIDAD DEL SONIDO.

La intensidad de un sonido es la magnitud de la sensación auditi va producida por la amplitud de las perturbaciones que llegan al oído. Este concepto está fuertemente relacionado con la Sonoridad que es -- una interpretación mental, mientras que la energía de vibración de un sonido es un fenómeno físico. Por lo tanto, la sonoridad es una cuali dad subjetiva que no puede medirse con ningún instrumento y por consi guiente no existe alguna escala para su medición absoluta.

El Sonio es la unidad acústica usada para medir la Sonoridad. El sonio se emplea para clasificar y comparar la sonoridad sobre una ba se común como el oído los escucha. Un Sonio se define como la sonoridad de un tono puro con frecuencia de 1 KHz. en un nivel de intensi dad del sonido de 40 dB . Una sonoridad de 0.001 sonio o 1 milisonio corresponde al umbral de audición del ser humano.

La diferencia primordial con el Fonio, es que éste último se em plea para medir el nivel total de sonoridad. Además de que su base de comparación en intensidad es 1 dB, con 1 Khz de frecuencia de un tono puro.

El nivel de sonoridad de un tono de 30 fonios, al igual que el - decibelio, no es la mitad de un tono de 60 fonios, debido a sus rela ciones logarítmicas.

Numéricamente, el Nivel de Sonoridad de un sonido se define como:

$$NS = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \quad (\text{fonios})$$

donde:

$$10^{-12} \quad \text{valor de referencia} \quad (w/m^2)$$

La fig. II - 6 muestra curvas de igual nivel de sonoridad en fo nios sobre toda la banda de frecuencias audibles, en función del ni vel de intensidad en dB o en (w/m^2) . La curva inferior de 0 fonios re

presenta el umbral de audición. A bajos niveles de intensidad el oído humano es más sensible a frecuencias entre 1000 y 5000 Hz.; a muy altos niveles de intensidad la respuesta es más uniforme.

La fig. II-7 es una gráfica del nivel de sonoridad en función de la sonoridad en fonios y sonios.

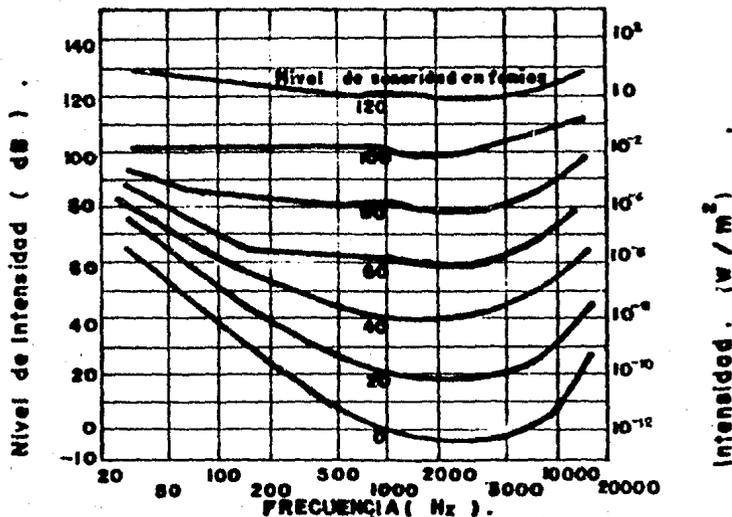


Fig. II-6 Nivel de sonoridad en función de la intensidad y la frecuencia.

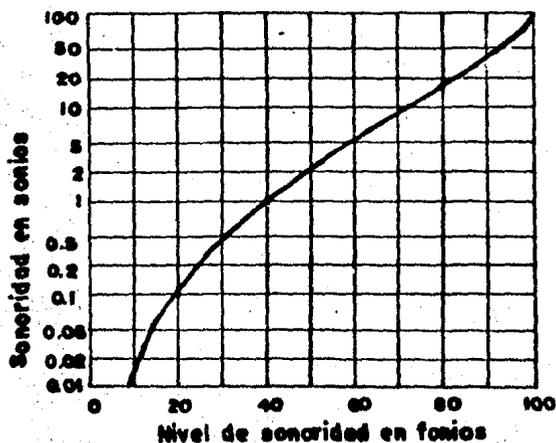


Fig. II-7 CURVA DE SONORIDAD.

Con los conceptos anteriores estamos en posibilidades de conocer cuantitativamente algunos resultados interesantes, como por ejemplo : si deseamos conocer el nivel de sonoridad cuando combinamos un tono puro de 60 dB de intensidad y 1 Khz de frecuencia, con otro tono puro de 50 db y 1 Khz también, entonces podemos auxiliarnos de la última ecuación vista para obtener que el nivel de sonoridad producto de la combinación nos dará igual a 60.44 fonios.

Por supuesto que también es posible calcular los resultados de combinar varias intensidades de sonido con diferentes frecuencias, esto podría formar parte de nuestras propias investigaciones cuando se cuente con la sala de grabación.

Para finalizar la parte correspondiente a los parámetros acústicos fundamentales, veremos el referente a la Relación Señal-Ruido.

B.4) RELACION SEÑAL A RUIDO. (SNR)

Cuando nos encontremos en sesión de grabación, el conjunto de músicos con sus respectivos instrumentos generarán una señal sonora combinada.

La señal será captada por algún micrófono y llegará a la consola de control, conteniendo además de las componentes naturales de la onda compleja resultante, otra señal sonora pero ésta con componentes aleatorias de diferentes frecuencias que no están relacionadas armónicamente y que se conoce comúnmente como ruido.

El ruido en una señal musical o de voz, causa un efecto completamente desagradable.

La potencia que contenga el ruido de la sala de grabación será una contribución principalmente del ruido que produzca la instalación eléctrica, el aire acondicionado y el equipo eléctrico que se encuentre funcionando en ese momento. El ruido proveniente del exterior, si tenemos un diseño adecuado de aislamiento, contribuirá en cantidad mínima.

Un deseo lógico en cualquier grabación es el de aumentar la SNR, para que una mayor potencia de la señal, provoque el incremento en la relación.

En nuestro caso la evaluación de la SNR requerirá de tres pasos: primero mediremos la potencia del ruido, en segundo lugar la potencia de la señal más la del ruido y en tercero se harán los cálculos correspondientes.

La potencia del ruido se debe medir cuando tengamos la sala de grabación vacía, con los equipos eléctricos prendidos y con las instalaciones de iluminación y aire acondicionado actuando simultáneamente como caso extremo, aunque se deberán hacer pruebas con el aire acondicionado sin funcionar y ver cual es el cambio que se produce.

En el segundo paso se pueden efectuar varias pruebas, puesto que si se encuentra actuando un solista o si tenemos la sala a plena capacidad de músicos o instrumentos, nuestra potencia de la señal variará notablemente. Cambiando como consecuencia la SNR de cada caso. Cuando nos encontremos en el caso crítico de tener un solo instrumento, el ruido se hará presente con mayor intensidad que en el caso opuesto -- con la sala a plena capacidad.

Finalmente, para evaluar la SNR numéricamente, debemos sumar las potencias de la señal musical más la del ruido, lo cual pasará a formar parte de un cociente, cuyo denominador será obtenido de la potencia del ruido únicamente. La relación quedaría:

$$SNR = \log_{10} \frac{P_s + P_r}{P_r}$$

donde:

P_s = potencia de la señal (watts)

P_r = potencia del ruido (watts)

Experimentalmente, se ha encontrado que en valores arriba de 60 dB de SNR, el ruido resulta prácticamente no molesto para un escucha promedio.

En la tabla siguiente se muestra un resumen de los conceptos acústicos tratados hasta el momento:

TABLA II - 8.			
CANTIDAD	STANDARD DE REFERENCIA	SIMBOLO	LOGARITMO MULTIPLICADOR
PRESION DEL SONIDO	0.00002 (N/m ²)	SPL	20
POTENCIA DEL SONIDO	10 ⁻¹² (watt)	PWL	10
INTENSIDAD DEL SONIDO	10 ⁻¹² (watt/m ²)		10
POTENCIA DE AUDIO	10 ⁻³ (watt)	dBm	10

Un concepto importante que surge a raíz de las mediciones que se hagan del ruido de la sala o de algún otro sitio encerrado, es el que da origen a las curvas de criterio de ruido (NC). En la fig. II-8 podemos observar los resultados de experimentar mediciones de ruido y - en la tabla II-9 se enlistan algunas de las curvas recomendadas según sea el caso.

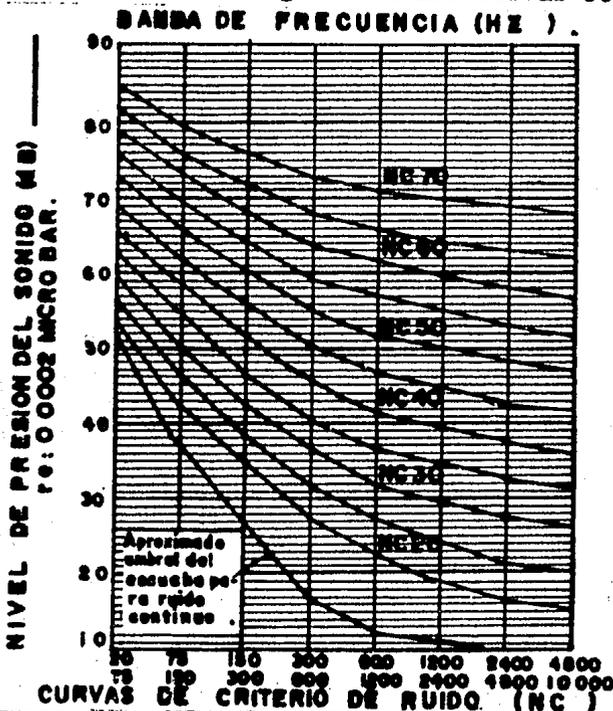


Fig. II-8

CURVAS DE CRITERIO DE RUIDO (NC)

TABLA II - 9	
TIPO DE LUGAR	CURVA RECOMENDADA
Estudios de Radiodifusión	NC 15 - 20
Salas de Concierto	15 - 20
Teatros (500 asientos)	20 - 25
Cuartos de Música	25
Estudios de Televisión	25
Hospitales	30
Iglesias	25
Bibliotecas	30
Restaurantes	45
Estadios para deportes	50

Las curvas NC, nos indican el máximo nivel de ruido permisible para espacios encerrados, medido en bandas de octavas, como una función de la frecuencia central de la banda. La curva que nos corresponde es la NC 15-20 en la cual podemos apreciar que el SPL tolerable de ruido varía entre 16 dB para frecuencias altas y para bajas podría llegar hasta 54 dB; claro que entre menos ruido tengamos será mejor para que la señal captada por el micrófono llegue con más claridad a la consola mezcladora.

Para medir el ruido de nuestra sala de grabación se puede utilizar un Medidor de Nivel de Sonido, del cual ya se explicó su funcionamiento en la sección correspondiente a Nivel de Presión del Sonido. El valor se obtendrá con todo el equipo eléctrico conectado, la iluminación funcionando y el aire acondicionado igualmente en operación.

Una solución práctica que nos puede brindar mayor información en las mediciones, es un instrumento llamado Medidor de Exposición al Ruido, el cual es puesto en el punto en que se desee conocer el nivel de ruido y es dejado actuando por el período que sea de interés, para observar si hay fluctuaciones en la intensidad del ruido de la sala. Este instrumento digital puede hacer exposiciones hasta por 10 horas y almacenar la información.

Para tener la posibilidad de analizar resultados y crear algunas hipótesis, se puede recomendar el hacer pruebas durante varias sesiones de grabación que incluyan diferentes instrumentos.

Por último, el ruido que más nos preocupa es el que adquiere la cinta debido a todo el procesamiento eléctrico de las señales. Este tema es tocado con mayor profundidad en el capítulo cuarto, en la sección del equipo en cabina.

Termina aquí la parte correspondiente a los parámetros y conceptos acústicos de mayor importancia y que deberán ser tomados muy en cuenta, tanto en la fase de planeación como en la del funcionamiento de nuestro estudio.

C) GENEROS MUSICALES POR GRABAR

C.1) GENEROS, MUSICOS E INSTRUMENTOS.

Ahora que ya hemos analizado los conceptos acústicos que más influyen en la optimización de la acústica de nuestra sala de grabación pasaremos a seleccionar los géneros musicales que se podrán grabar.

Dicha decisión estuvo en función del espacio con el que se cuenta, -- aunque con las técnicas de grabación actuales se pueden desglosar --- cierto tipo de creaciones musicales y grabarlas por partes (Técnicas de Grabación Multicanal).

Los géneros musicales escogidos son:

- a) MUSICA POPULAR, que incluye la música tradicional interpretada en diversas regiones del país y cuyas corrientes mas conocidas son los Sones, Huapangos y Corridos. Además la música Afroantillana y Tropical puede incluirse. La Balada y el Folklore latinoamericano utilizan instrumentos posibles de grabarse con resultados satisfactorios.
- b) MUSICA DE ROCK, esta manifestación musical cuenta con un número extenso de corrientes que se le han unido y que ha sabido asimilar para enriquecerse musicalmente. Blues; Jazz, Música Clásica, Tradicional, Folklorica y Electrónica, forman la extensa gama de opciones que el Rock puede fusionar.
- c) MUSICA DE JAZZ, que puede abarcar desde grupos con influencia del Be-Bop, Cool Jazz hasta asociaciones musicales modernas que interpreten Jazz-Rock, Avant o Free Jazz.

Dentro de estos tres géneros por grabar existirá una restricción muy importante: el número de músicos que pueden intervenir simultáneamente. Esto se decidió pensando en el espacio que ocuparían los músicos con sus respectivos instrumentos, además influyó el hecho de que actualmente no representa un grave problema el que se graben secciones de instrumentos por partes separadas y ya una vez dentro de la consola de control, es relativamente fácil alcanzar la mezcla de las señales en una cinta de carrete abierto, para posteriormente obtener la mezcla final en sonido estereofónico.

Por lo tanto se decidió que un número de 10 músicos en la sala, -- más uno en la cabina de baterista, mas uno en la cabina de solista, -- dando un total de 12 músicos, es un número adecuado y razonable, que no causará problemas durante la sesión de grabación. Aunque por otro lado también se puede experimentar con mas músicos, por ejemplo otros 3 para alcanzar un total de 15. Esto en caso de que sea muy necesario, pues de hecho es más fácil checar la grabación de los diversos canales de la consola si contienen sólo una o dos señales de instrumentos o voz.

La lista de instrumentos que se podrían emplear en los géneros -

musicales expresados arriba, consiste principalmente de cuatro tipos: de cuerda, de viento, de percusión y eléctricos u electrónicos. La -- clasificación quedó de la siguiente manera:

INSTRUMENTOS			
CUERDAS	ALIENTOS	PERCUSIONES	ELECTRICOS
Violines	Flautas	Batería (bombo,	Organo
Violas	Trompetas	tarola, toms,	Piano eléc--
Cellos	Saxofones	platillos).	trico
Contrabajo	Trombones	Congas o tumba-	Sintetizado-
Guitarras	Clarinetes	doras	res.
Vihuelas	Armónicas	Bongos	Melotrón
Jaranas	Chirimias	Marimba	Bajo
Piano (cuerdas de martilleo)	Quenas	Guiro	Guitarras --
		Panderos	eléctricas.
		Claves	
		Triángulos	

Todos los instrumentos musicales tienen cuatro características principales que los hacen distinguirse de otros y son: su rango de frecuencias, las intensidades máximas de sonido que pueden producir, la presión sonora que generan y sus respectivos patrones de radiación.

En lo referente al rango de frecuencias cubierto por algunos instrumentos se sugiere observar la figura II-9.

En dicha figura se pueden apreciar las diferentes frecuencias alcanzadas por los instrumentos, empleando un teclado de piano con sus 88 notas. Además se puede observar el rango de audio frecuencias para estudios de grabación y radiodifusión.

Los sonidos que producen los instrumentos se llaman Tonos. Estos corresponden a un sonido complejo con una frecuencia fundamental normalizada, de este modo la escala igualmente temperada reconoce 120 tonos discretos repartidos en el rango de las frecuencias audibles. En Estados Unidos todos los instrumentos se encuentran estandarizados a la frecuencia de 440 Hz, que es el correspondiente a la nota 49 del piano (La).

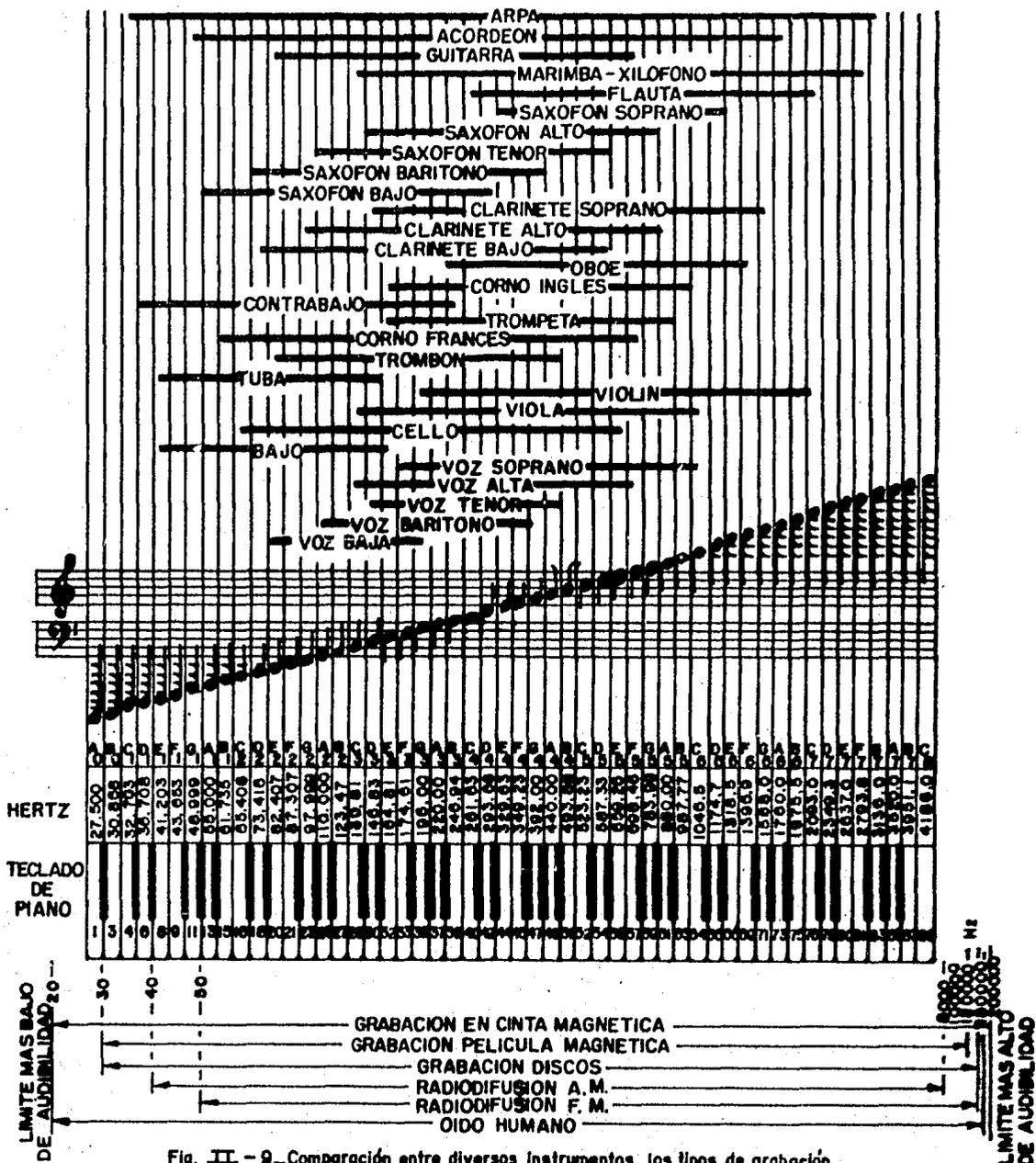


Fig. II - 9 - Comparación entre diversos instrumentos, los tipos de grabación y el teclado del piano, en función de la frecuencia fundamental

En la fig. II-10 podremos apreciar el rango de frecuencias para los instrumentos más comunes, sólo que se han considerado sus frecuencias armónicas además de la fundamental.

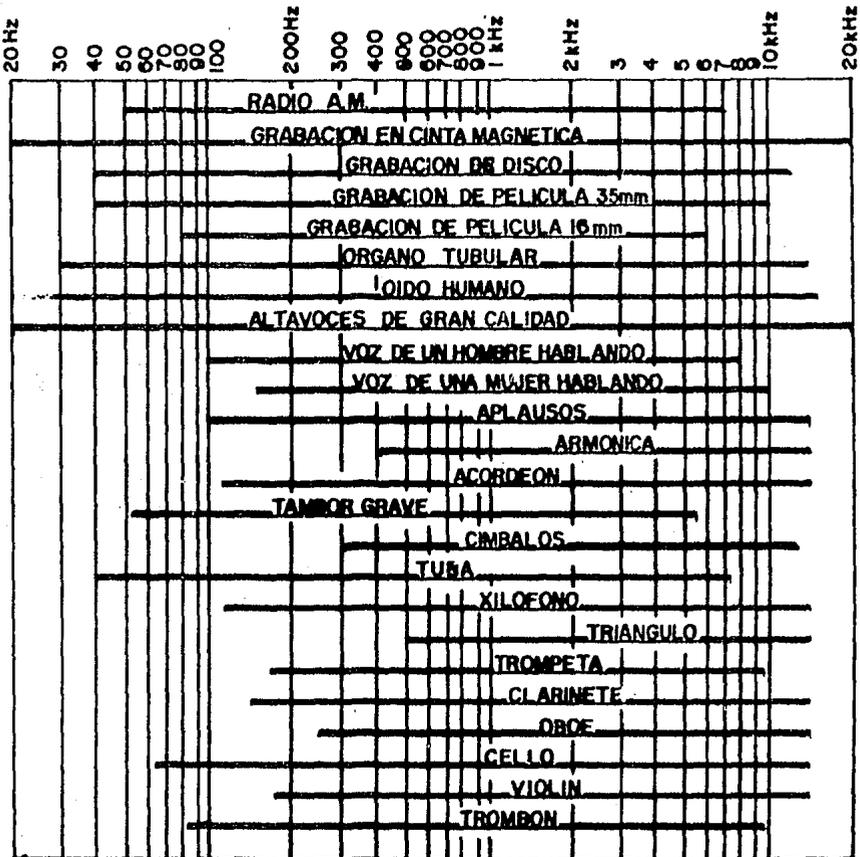


Fig. II-10. Instrumentos y grabaciones en función de las frecuencias fundamentales mas armónicas.

En el caso de que se requiera consultar los rangos de intensidad producidos por ciertos instrumentos, se puede consultar la fig. II-11, la cual considera que el umbral de audibilidad humana es de 0 dB con referencia a 10^{-16} watt/cm² y $f=1$ KHz, además que las mediciones se efectuaron a 3 metros de distancia desde la fuente sonora. Algunos límites de intensidad pueden variar de acuerdo al músico.

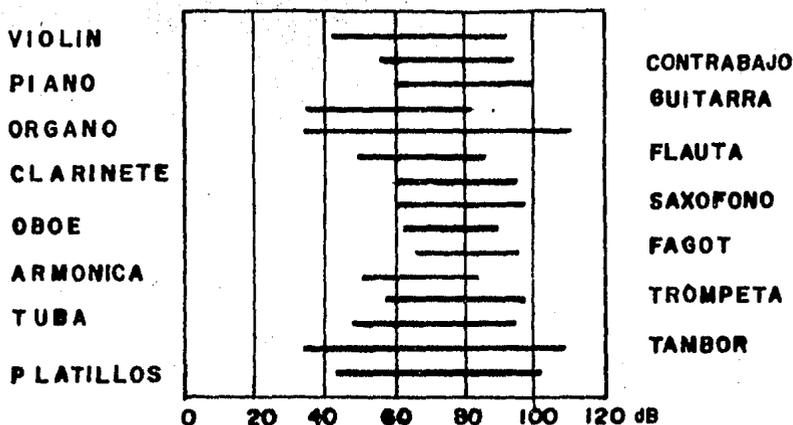


Fig. II-II INTENSIDADES DE DIVERSOS INSTRUMENTOS.

De la fig. anterior se observa que el órgano y cierto tipo de -- tambores son los que cubren un rango mas amplio de intensidad producida, por lo que se recomienda tener mayor cuidado con ellos cuando se encuentren interviniendo en alguna grabación.

La variación en la intensidad producida de cada instrumento, producirá cambios en la presión sonora de la sala y por lo tanto influirá en la reflexión de las ondas sonoras, lo que a su vez causa variaciones en las señales que son captadas por los micrófonos.

Para darnos una idea más clara de las variaciones en intensidad y potencia de los instrumentos, se enlistarán a continuación algunos de los valores picos de potencia alcanzados por varios de ellos:

tambor grave (96 cm)-----	24.6	watts
címbalo (38 cm)-----	9.5	"
tambor militar pequeño ----	11.5	"
piano -----	0.267	"
piccolo -----	0.084	"
corno francés -----	0.053	"
violín -----	0.025	"

De los datos anteriores se puede apreciar la diferencia tan grande existente entre el tambor grave y el violín por ejemplo. Esto nos sugiere la necesidad de microfonear al violín de una forma en que pueda obtenerse una amplificación de potencia que lo equipare con la potencia generada por los tambores. Esta fué una de las razones por las

que se decidió tener una cabina para el baterista y controlar así las potencias emitidas tanto por los tambores como por los platillos de su batería.

Para finalizar con las características de los instrumentos veremos en la fig. II-12 algunos patrones de radiación de instrumentos básicos, los cuales son muy importantes de conocer sobre todo para optimizar la colocación de los micrófonos y de la grabación por consiguiente.

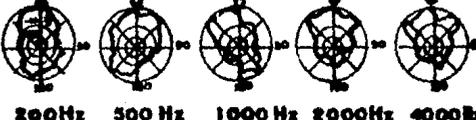
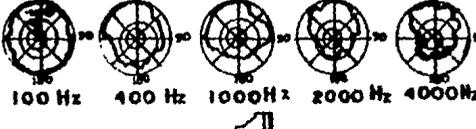
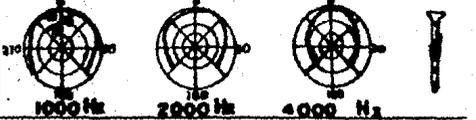
Instrumento.	Patrón de Radiación					Observaciones
Violín	 200 Hz 500 Hz 1000 Hz 2000 Hz 4000 Hz					Patrones semejantes se tienen para los demás instrumentos con arco.
Piano	 100 Hz 400 Hz 1000 Hz 2000 Hz 4000 Hz					Se coloca de forma que refleje hacia la audiencia o micrófono la mayor parte del sonido.
Flautay Flautín						Omnidireccional.
Tambor	 60 Hz 120 Hz 400 Hz					Este patrón varía de acuerdo a las dimensiones del tambor.
Trompeta, corneta y trombon	 220 Hz 480 Hz 920 Hz 1840 Hz 4000 Hz					La posición de estos instrumentos es la misma que para el clarinete.
Clarinete	 1000 Hz 2000 Hz 4000 Hz					No presenta ninguna direccionalidad marcada, excepto para muy altas frecuencias.

Fig. II-12 Algunos instrumentos, sus patrones de radiación y observaciones generales

En el caso de nuestra cabina de solista habíamos encontrado que el Tiempo de Reverberación en el interior será de 0.137 seg., cuyo valor se considera aceptable puesto que cuando estemos en la grabación de la voz, influirá más la disposición del micrófono y el tipo de voz que estemos grabando. Para facilitar esa acción, se presentan a conti nuación algunos patrones de radiación de la voz para 5 frecuencias.

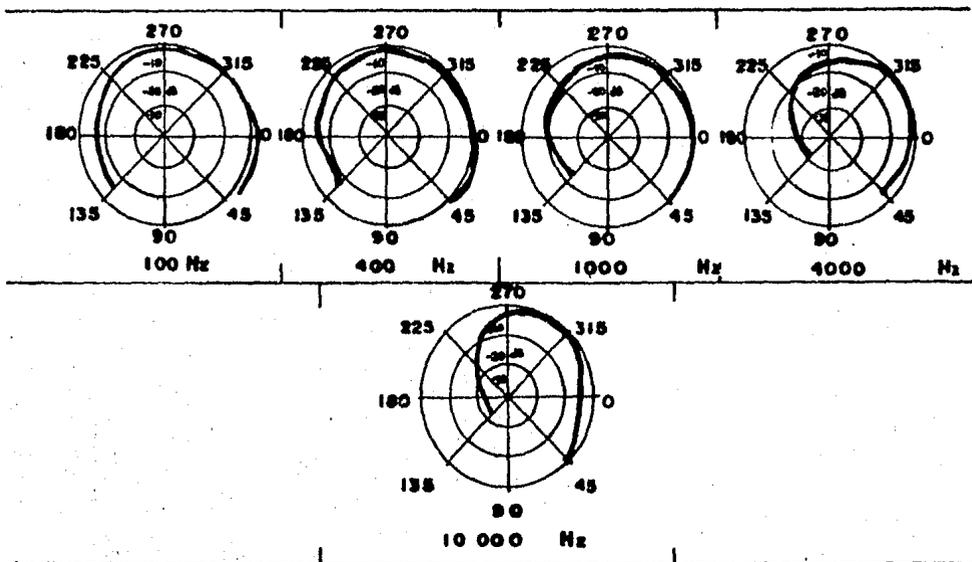


Fig.II-13 Patrones de radiación de voz a diversas frecuencias

C.2) LOCALIZACION DE LOS MUSICOS.

Para concluir con el presente capítulo, se muestran a continuación dos sugerencias para la distribución de músicos e instrumentos en una actuación conjunta.

La fig. II-14 muestra un plan para grabación monofónica. El micrófono de captación general deberá estar colocado entre 6 y 9 metros enfrente de la orquesta y suspendido a una altura de 3.5 a 5.5m. arriba del piso. En este micrófono se puede dar el caso de que el sonido reflejado sea muy significativo, entonces un acercamiento hacia la orquesta sería conveniente. De hecho la disposición de los micrófonos se puede variar, dependiendo de los instrumentos y número de solistas, lo cual provoca una mayor definición dentro de la grabación, además se deberá poner especial atención en los patrones de captación de los micrófonos. Este tipo de grabación se realiza normalmente en vivo y es muy empleada en transmisiones radiofónicas en directo.

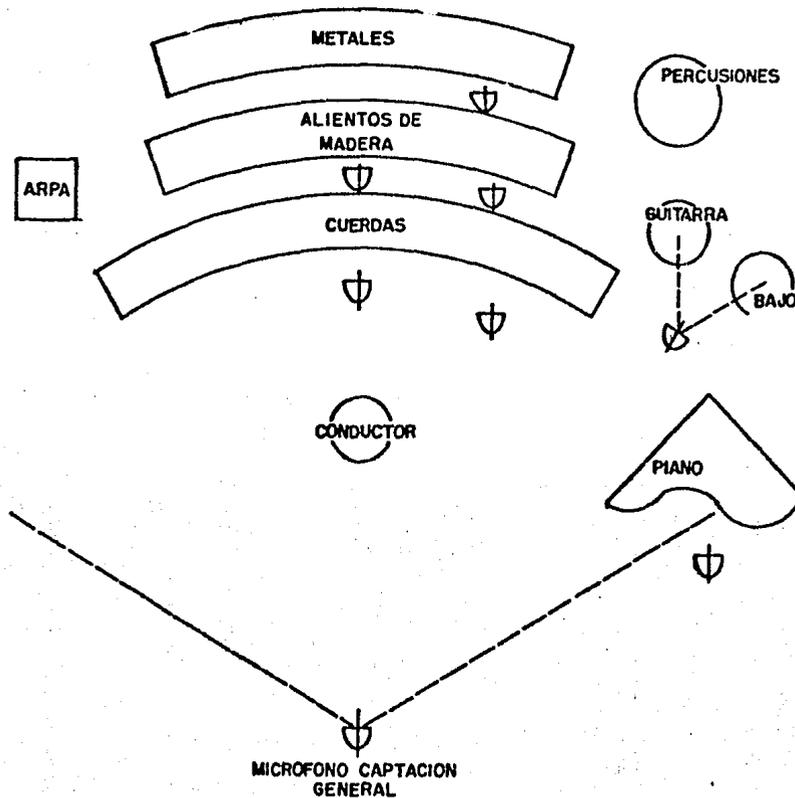


Fig. II. 14. Pion seguido para micrófonos de piso en grabación de orquesta

En la fig. II-15 podemos apreciar una distribución básica de los músicos en una orquesta sinfónica numerosa. Para grabaciones de este tipo el micrófono de captación general deberá estar a unos 4.5m. arriba del nivel de la orquesta y entre 7.5 y 10m. al frente de ella. En realidad hay en la figura pocos micrófonos indicados y asignados al vocalista y solistas. La colocación de más micrófonos para captar las diversas secciones de instrumentos obedece principalmente al criterio del ingeniero encargado de la grabación.

Un punto de gran importancia es el de cuidar que no ocurran de -fasamientos o cancelaciones de ciertas frecuencias. Para ello se sugiere consultar bibliografía sobre el tema de Técnicas de Grabación.

Debido a las dimensiones del presente estudio, una grabación de este tipo sería imposible, pero las dos últimas figuras podrían servir como una base para realizar una grabación multicanal.

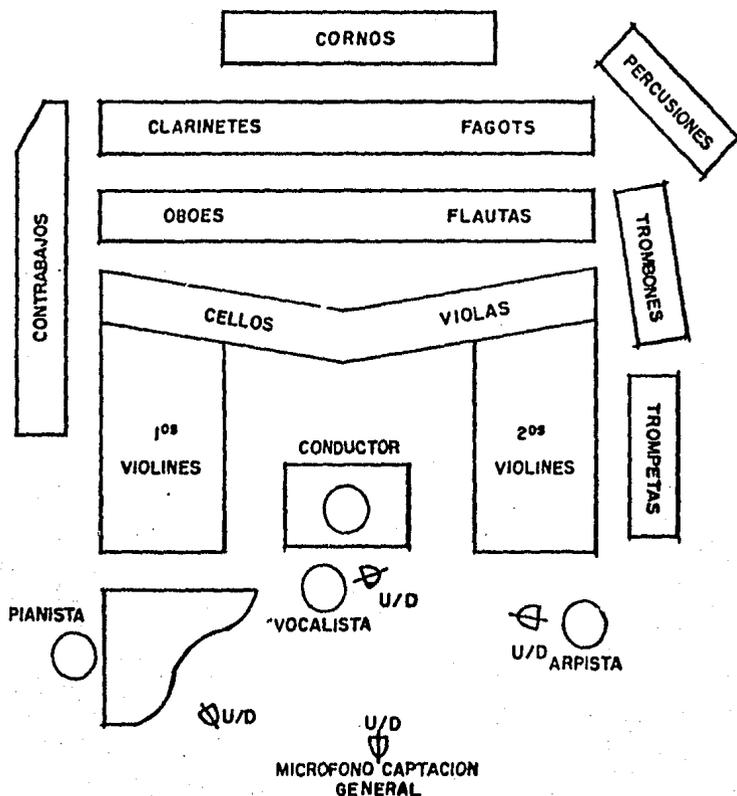


Fig. II. 15. Disposición básica de músicos en una orquesta sinfónica

CAPITULO TERCERO

INSTALACIONES Y EQUIPO TECNICO DE LA SALA

INTRODUCCION.

El presente capítulo contiene la información necesaria para complementar nuestro análisis del diseño de la sala de grabación. Los -- conceptos sobre instalaciones y equipos que serán requeridos se en-- contrarán aquí.

El capítulo está subdividido en dos temas principales de vital - importancia para la sala. El primero se refiere a las instalaciones - propias del local, cuyos subtemas son: Iluminación, Sistema de Aire - Acondicionado y el diseño del Plafón, cuya función será la de romper el paralelismo entre techo y suelo. Cada instalación genera una gran cantidad de conceptos y parámetros nuevos para muchos de nosotros, - pero imprescindible.

El siguiente tema se titula: Equipo Técnico Necesario. En él se consideró todo tipo de elementos básicos que conforman un equipo base en cualquier sala. Iniciamos con los Micrófonos por considerarse de - vital importancia su actuación dentro del proceso de grabación. Los - altavoces siguen a los micrófonos en el orden de importancia, puesto que además de su presencia en la sala los volveremos a encontrar en - el capítulo siguiente, donde se diseñará la cabina de control. En am- bos transductores electroacústicos, se incluye una teoría básica de - su funcionamiento, se analizan los parámetros de importancia mayor y por último se incluyen los principales puntos de atención para hacer una selección adecuada de ambos.

Para concluir el tema de equipo de la sala y el capítulo, se men- cionan los demás elementos que siempre deberán estar presentes en -- cualquier sala de grabación profesional.

Este capítulo nos conduce a evaluar la importancia de una gran - cantidad de conceptos para poder estar crecientemente satisfechos y - certeros de estar realizando un buen diseño del estudio de grabación en cuestión.

A) INSTALACIONES.

A.1) ILUMINACION DE LA SALA.

Una de las instalaciones necesarias de calcular, diseñar y seleccionar, es la referente a la intensidad luminosa que requerimos para el caso particular de nuestra sala de grabación. En el capítulo siguiente se harán los cálculos propios de la cabina de control.

Los factores que debemos tener en consideración al momento de hacer nuestro estudio de iluminación son:

- 1) Distribución correcta y balanceada de la intensidad luminosa.
- 2) Absorción y reflexión de muros, techo y piso.
- 3) Número y tipo de lámparas por emplear.
- 4) Ruido producido.
- 5) Mantenimiento.
- 6) Disposición calorífica.
- 7) Apariencia y economía.

De los 7 factores, se emplearán los 5 primeros para llegar finalmente al total de la energía luminosa requerida, así como al tipo y número de lámparas necesarias que proporcionarán dicha energía.

Comenzaremos mencionando que existen generalmente 4 tipos de iluminación, de los cuales hemos seleccionado para nuestra sala el clasificado como Iluminación Semidirecta, considerando como porcentajes: 70% de iluminación directa y 30% reflejada hacia arriba.

Debido a que constantemente los músicos requieren de leer sus --partituras, será necesaria una intensidad luminosa parecida a la sugerida para una biblioteca, adecuándola con los porcentajes expresados.

Cuando nos preguntamos ¿qué tipo de lámparas podemos tener como opción para cubrir nuestros requerimientos?. Nos encontramos con dos tipos: Las Fluorescentes y las Incandescentes.

Si analizamos las lámparas Fluorescentes o lámparas de mercurio con balastro, nos encontramos que en su diseño se incluyen elementos inductivos y resistivos, que son los que limitan la corriente de la lámpara y proporcionan el voltaje y corriente iniciales para realizar su trabajo. En éstas lámparas, debido a los efectos electromagnéticos de los elementos inductivos, se encontró que producen una gran cantidad de ruido, el cual se incrementa conforme van llegando al final de su vida útil, hasta 2 dB-SPL inclusive.

Este nivel también aumenta cuando el calor sobrepasa la temperatura de operación y el ruido puede alcanzar hasta 4dB-SPL. Además que dentro del espectro sonoro producido, el SPL es más intenso alrededor de los 2000Hz de frecuencia, zona altamente audible para el ser humano. Debido a estas características y a que nos interesa eliminar al máximo cualquier tipo de ruido dentro de nuestra sala, las lámparas fluorescentes son excluidas de nuestro diseño, a pesar de que para potencias iguales, su flujo luminoso es superior al proporcionado por las lámparas incandescentes.

Antes de seguir adelante conviene definir dos unidades a las que recurriremos constantemente: Lumens y Luxes.

Un lumen; es igual a la intensidad luminosa que difunde uniformemente en todas direcciones una fuente.

Un lux; es la cantidad de lumens por metro cuadrado.

Las lámparas incandescentes cubren el rango de potencia comprendido entre 15 y 2000 watts. Las que manejan de 15 a 150 watts son de bombilla al vacío, mientras que las de 200 a 2000 son de bombillas con gas inerte.

Para llegar a conocer la Intensidad lumínica total (ϕ) de las lámparas que requerimos, nos auxiliaremos de la ecuación:

$$\phi = \frac{A \cdot E}{C_a \cdot C_b} \quad (a)$$

donde:

A = Superficie del piso en(m²)

E = Cantidad de luxes conforme a tablas.

C_a= Coeficiente de utilización.

C_b= Coeficiente de mantenimiento.

De estos parámetros, solo conocemos la superficie que deseamos iluminar, esto es: 49.75 m².

Para encontrar la cantidad de luxes necesarios consultamos la tabla III-1 de la cual elegimos la sugerida para bibliotecas o aulas de escuela, o sea 160 luxes.

TABLA III - 1

VALORES DE ILUMINACION RECOMENDADOS EN LUXES	
ALMACENES	32
BANCOS	130
BIBLIOTECAS	160
CARPINTERIA	110
ESCUELAS (AULAS)	160
HOTELES	90
IGLESIAS	55
JOYERIA	540-1100
TIENDA GRANDE	165

Para el cálculo del coeficiente de utilización (Ca), existe una tabla en la cual es necesario conocer los porcentajes de reflexión en techo, muros y piso, así como un parámetro llamado Relación del Local.

Para la reflexión en el techo consultamos la tabla III-2, y como preferimos colores suaves para la tela que cubrirá la fibra de vidrio, dichos colores proporcionan una reflexión de 70%.

TABLA III- 2.

COLORES EN EL TECHO	ABSORCION %	REFLEXION %
BLANCO	15 - 20	35 - 20
MARFIL	20 - 30	20 - 70
CREMA	30 - 35	70 - 65
AMARILLO PALIDO	35 - 40	65 - 60
VERDE CLARO	40	60

Para la reflexión de los muros, de tres opciones: bastante clara 50%, media 30% y oscura 10%, escogimos la de 50% de reflexión.

Para el piso, normalmente se fija su valor en 10%.

Ahora sólo necesitamos la relación del local (R.L.) y para obtener su valor se emplea la fórmula siguiente:

$$R . L . = \frac{A \cdot B}{H(A + B)} \quad (b)$$

donde:

A = ancho (m)

B = largo (m)

H = altura de las lámparas + 0.75, sobre el piso (m)

Considerando las dimensiones totales de la sala y las lámparas a 2.5 m de altura, llegamos a :

$$R.L. = \frac{(6.5)(10)}{(2.5 + 0.75)(16.5)} = 1.21$$

Con estos datos ya podemos encontrar el Coeficiente de Utilización, haciendo uso de la tabla III-3 encontramos un valor de $C_u=0.52$.

TABLA III - 3

COEFICIENTES DE UTILIZACION										
ILUMINACION	CIELO	80 %			70 %			50 %		
	MUROS	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
	PISO	10%			10%			10%		
	RELACION DE LOCAL									
DIRECTA	1.00	.49	.42	.38	.48	.42	.38	.47	.42	.37
	1.25	.55	.49	.44	.55	.48	.44	.53	.48	.44
	1.50	.60	.54	.49	.59	.53	.49	.57	.52	.48
	2.00	.65	.60	.56	.64	.60	.55	.63	.59	.55
	2.50	.69	.64	.60	.68	.64	.60	.66	.64	.60
SEMI-DIRECTA	1.00	.42	.36	.32	.40	.35	.31	.38	.33	.30
	1.25	.43	.42	.38	.47	.41	.37	.49	.45	.36
	1.25	.54	.48	.44	.52	.47	.43	.49	.45	.41
	1.50	.58	.53	.48	.56	.51	.47	.53	.49	.45
	2.00	.64	.59	.55	.62	.57	.54	.58	.54	.51

Regresando a la ecuación (a), únicamente necesitamos el Coeficiente de mantenimiento, el cual se obtiene de la tabla III-4 donde se eligió el porcentaje para una iluminación semidirecta con estado de limpieza medio, esto es 70%.

TABLA III - 4

TIPO DE ILUMINACION	ESTADO DE LIMPIEZA		
	LIMPIO	MEDIO	SUCIO
DIRECTA	75-80%	70-75%	60-65%
SEMIDIRECTA	80	70	60
INDIRECTA	75	65	60

Tomando en cuenta los cálculos y evaluaciones hechas, podemos ahora sí, conocer la intensidad lumínica total que necesitamos para la sala de grabación:

$$\phi = \frac{A \cdot E}{C_a \cdot C_b} = \frac{(49.75) (160)}{(0.52) (0.7)} = \frac{7960}{0.36} = 22,111.2$$

$$\phi = 22,111.2 \text{ lumens.}$$

Para conocer el número de lámparas incandescentes que proporcionarían dicha intensidad lumínica, elegimos lámparas con una potencia de 150 watts, las cuales producen 2280 lumens cada una.

Por consiguiente para satisfacer la demanda de lumens totales, debemos emplear 10 lámparas, distribuidas según nuestro criterio; orientándolas de manera que se cumplan los porcentajes de 70% de iluminación directa y 30% reflejada hacia arriba.

Una marca de lámparas que ofrece calidad en el mercado actual, es Lightolier, cuyo modelo: Multigroove negro de 150 watts, es bien apreciado por su eficiencia y el ruido prácticamente imperceptible para el ser humano.

Ahora pasaremos al análisis de la instalación del sistema de Aire Acondicionado, cuya presencia en todo el estudio es de gran importancia.

A.2) SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

Una instalación que debemos tener en cuenta, durante el diseño - de nuestro estudio de grabación, es la que se refiere al sistema de - Aire Acondicionado.

La sala de grabación, las cabinas de solista y baterista así como la cabina de control, son los locales en los que tendremos variaciones de temperatura y humedad, debido principalmente al calor cedido al medio ambiente por las personas ocupantes y al calor generado - por la iluminación particular del local. Ambas fuentes provocarán (aunado a otros factores secundarios que se verán mas adelante) un incremento en la temperatura ambiente.

El estudio de este incremento en nuestro caso particular resulta de importancia por dos razones:

a) La energía acústica pierde potencia debido a la viscosidad que se presenta en el aire cuando la temperatura aumenta. Una de las pérdidas se produce por la relajación del comportamiento en los estados de energía rotacional de las moléculas del aire. Esta pérdidas son independientes de la humedad del aire. Pérdidas adicionales son debidas a una relajación del comportamiento en los estados vibracionales, de las moléculas del oxígeno en el aire, puesto que dicho comportamiento es fuertemente dependiente de la presencia de moléculas del agua en el aire (Humedad Absoluta). Ambas pérdidas de energía incrementan su atenuación conforme se incrementa la frecuencia.

La absorción de las ondas sonoras por el aire es afectada por la humedad relativa, en un grado máximo cuando dicha humedad tiene un valor entre 15 y 20%. Una marcada reducción en la absorción se obtiene a un 40%. Arriba del 50% los efectos de la absorción son prácticamente despreciables.

b) La otra razón es la que se refiere al bienestar humano. Este es un concepto que todavía no ha sido completamente establecido y que se relaciona directamente con los efectos de la humedad relativa, cuyos valores extremos son indeseables.

Un intervalo de valores obtenidos experimentalmente para lograr bienestar humano dentro de los distintos locales del estudio, es el siguiente:

$$40\% < \text{Humedad Relativa} < 60\%$$

De los dos puntos anteriores podemos comprender que el valor de la humedad relativa desempeña un papel importante dentro del análisis y selección del acondicionamiento del aire para el estudio de grabación. Por lo tanto mencionaremos su definición en termodinámica: "Es la relación entre la presión parcial del vapor tal cual existe en la mezcla y la presión de saturación del vapor a la misma temperatura".

Planteada la necesidad de un sistema acondicionador de aire, entraremos a considerar los conceptos de mayor relevancia que se presentan y se relacionan, para en base a estos lineamientos estemos capacitados en hacer un buen diseño de instalación y una buena compra.

Las funciones primordiales del acondicionamiento de aire son las de controlar la temperatura, la humedad, la circulación y la pureza del aire.

Estos 4 parámetros se deberán manejar de tal forma que su combinación produzca el sentimiento de bienestar a las personas que se hallen en los locales donde se elija controlar las variaciones que generan dichos parámetros.

Actualmente el concepto de bienestar está fuertemente ligado a otro llamado "balance térmico". El desarrollo de este último es muy extenso y corresponde a la compañía o empresa donde encarguemos el análisis particular las proposiciones que de él se deriven. Para darnos una idea de los parámetros y variables por manejar en un balance térmico, enlistaremos los más importantes:

1.- Orientación y posición geográfica de los locales. Es un parámetro importante por la gran variación climatológica que existe en las regiones del país, donde los efectos de viento, sol y sombra son variables según el lugar. Estos datos se obtienen de las tablas.

2.- Las dimensiones y los materiales de construcción empleados en los locales donde el sistema operará.

3.- La Carga Interna del local, que es la suma del calor latente generado por las personas ocupantes, la iluminación y el equipo electrónico. El calor cedido al aire ambiente por persona en una hora en un local lleno, se calcula aproximadamente de 50 calorías / hr, mientras que en un local semivacío una persona cede 75 calorías / hr. Para la iluminación se hace un cálculo de multiplicación del poder en watts de las lámparas por un factor particular y por el número de las mismas, para conocer su equivalente cedido en calorías / hr.

4.- La Carga de Humidificación. Para evaluar esta carga se deben considerar las condiciones que prevalecen en Verano separadas de las que se esperan en Invierno. Los datos que se requieren son las temperaturas de bulbo seco y húmedo, el número de renovaciones de aire necesarias por hora y el volumen del local entre otros. Se recomienda que el número de renovaciones necesarias en una hora por persona varíe entre 10 y 12. Mientras que los volúmenes de aire sugeridos para ser manejados por el sistema son:

En Invierno 20 - 25 m³/hr/persona

En Verano 40 - 50 m³/hr/persona

Las temperaturas de bienestar para estas épocas son 19°C en Invierno y 22°C en Verano. Se deberá considerar que el sistema autorregulador del hombre requiere de 2 a 3 hrs. para adaptarse a nuevas condiciones ambientales.

5.- Tipo de Control del Sistema. Para controlar las funciones del acondicionamiento de aire, debemos tener cuidado en no elegir un sistema de control completamente automático, esto se debe a que durante el funcionamiento del sistema se generan dos tipos de ruido: el del motor del ventilador y el del giro de las hojas del mismo. Ambos son transmitidos por los ductos que conducen el aire en bajas velocidades (abajo de 610 M/min) principalmente . El ruido en ductos es indeseable, por lo que deberán estar forrados de material térmico y acústico. La fibra de vidrio con un espesor de 3.8 cm., forrada en su cara externa con un foil de aluminio, proporcionan una buena opción para disminuir el ruido transmitido a través de los ductos. Aunque un reforzamiento extra en las juntas de los ductos no se deberá excluir.

Si el control del sistema operara automáticamente, un SPL de ruido entraría a nuestra sala en determinados intervalos, afectando la calidad de alguna grabación que se realizara en ese momento. Por lo tanto nos conviene elegir un sistema de control que pueda ser operado manualmente, según el criterio del ingeniero de sonido o del productor para lograr las condiciones de bienestar que demanden los músicos.

6.- Selección y Localización de los Difusores. La elección de los difusores y su número, se determinará en el estudio que haga la compañía a la que encarguemos el proyecto. Pero aquí debemos tener cuidado en checar que los difusores propuestos, puedan manejar la carga de aire calculada en función del número de renovaciones por hora necesarias dentro de la sala de grabación. Cálculo que deberá tomar en

cuenta los casos críticos de sala llena y sala con un solo músico.

También como compradores debemos pedir que nos muestren las posibilidades de los patrones de distribución del aire, a los que se pueda tener acceso con los difusores propuestos.

7.- Localización del Sistema. El lugar donde pensemos en instalar el sistema central, sus ductos y difusores, será un punto necesario de ser anáлизado y comentado con cuidado, tanto por el vendedor como por nosotros.

8.- Economía. La decisión final para seleccionar una de las propuestas queda evidentemente en función de nuestro presupuesto, aunque debemos recordar que "la elección mas cara no siempre es la mejor".

Los 8 puntos anteriores nos llevan a vislumbrar qué tan complicado y especializado resulta un análisis de acondicionamiento de aire. Cada uno de los puntos trae consigo una extensa base teórica donde se mezclan bastantes parámetros, varios de los cuales no mencionamos aquí. De hecho cuando nos presentemos a solicitar un servicio de alguna compañía de aire acondicionado, podemos llegar conociendo apenas el tema. Pero en nuestro caso particular, se sugiere acudir con datos específicos del estudio de grabación que se planeé acondicionar. Las variables y conceptos mencionados en esta sección pueden servir como una guía para preparar la visita.

Para el estudio de grabación que se esta diseñando en la presente investigación, hemos tenido que considerar que el sistema de aire acondicionado deberá ser instalado no sólo en la sala de grabación, sino también en la cabina de control, así como en las oficinas o lugares donde se considere adecuado contar con sus funciones .

En el plano arquitectónico IV - 1, podemos observar como quedó finalmente la distribución. Se decidió emplear un sistema centralizado para dar el tratamiento térmico e higrométrico del aire a los locales que lo requerían.

Dentro de la sala de grabación se decidió emplear 12 difusores del tipo "panel perforado", que pueden manejar convenientemente las renovaciones de aire necesarias por hora. La colocación de las entradas de aire quedan en la parte media superior de los muros laterales a la cabina. Además una rejilla de retorno (R.R.) se encargará de extraer el aire continuamente, para conducirlo a través de un ducto hasta el punto donde ya filtrado, se combinará con la parte del aire pro-

veniente del exterior. De esta forma, la mezcla se halla lista para efectuar la recirculación, con las características particulares del caso.

Un criterio empleado como la ventilación mínima en salones de -- clase es sugerido por Carrier (ref.), ese valor es $0,283\text{m}^3/\text{min}$ de aire standard por ocupante. En la sala y cabina de control no tendremos ventanas, por lo cual se requiere aumentar dicho criterio, --- coincidiendo con lo visto en el punto 4.

Otras recomendaciones son las de emplear baja velocidad en la -- conducción del aire por los ductos, esto es aproximadamente $150\text{m}/\text{seg}$, lo cual nos lleva a emplear baja presión en la misma operación.

Para que las cabinas de solista y batería reciban los efectos de la ventilación, deberán permanecer abiertas mientras el sistema de ai re acondicionado se encuentre operando. Dos de los difusores se colocaron pensando en la dirección de los flujos que emitirán, posibili-- tando así su acceso mas rapido a las cabinas.

En la sección correspondiente al aire acondicionado en la cabina se ofrece al final una alternativa de selección de equipo, de acuerdo a nuestras necesidades.

A.3) PLAFON O TECHO FALSO.

Como se ha mencionado anteriormente, en un estudio de grabación no deben existir superficies paralelas, tanto entre paredes como entre piso y techo, esto es para evitar principalmente trenes de ondas estacionarias. Para ello diseñamos un plafón (también llamado techo falso) con el objeto de romper el paralelismo entre el piso y el techo.

En la actualidad existen muchas técnicas arquitectónicas de plafones prefabricados y la que consideramos más apropiada para nuestro estudio es la que procedemos a describir enseguida y que se ilustra en el plano correspondiente.

Se colocará un bastidor de aluminio empotrado a la pared (desde la obra negra). Este bastidor se dividirá en dos secciones. Cada una irá de un extremo del cuarto hacia el centro de éste con una inclinación de 2° con respecto al techo fijo para unirse en el centro del estudio por medio de una barra de juntura (también de aluminio) que irá a lo ancho del estudio.

Cada sección del bastidor tendrá de dimensiones 6.5×5.0 mts. y se cubrirá con secciones iguales de fibra de vidrio. En el mercado -- existen rollos de fibra de vidrio del espesor indicado en el capítulo II (1 pulg. = 2.54 cm.; 24 a 48 Kg/m³) con un ancho de 61 a 130 cm. y 1524 cm. de largo. Debido a las posibilidades comerciales de la fibra de vidrio, cada sección del bastidor (6.5×5 m), se cubrirá con subdivisiones de este material de 1.30×2.5 mts., lo que nos dará un total de 10 rectangulares para cada sección del plafón, o sea 20 subdivisiones en total.

Como se puede apreciar en el plano, la inclinación de 2° del plafón nos restará un volumen de 5.671 m^3 del volumen total que se había calculado antes de la colocación del mismo. Ahora el nuevo volumen es de 193.33 m^3 ($199 - 5.671 \text{ m}^3$) y veremos que no afecta considerablemente al tiempo de reverberación calculado en el capítulo II que era de $T_{60} = 0.26$ seg.

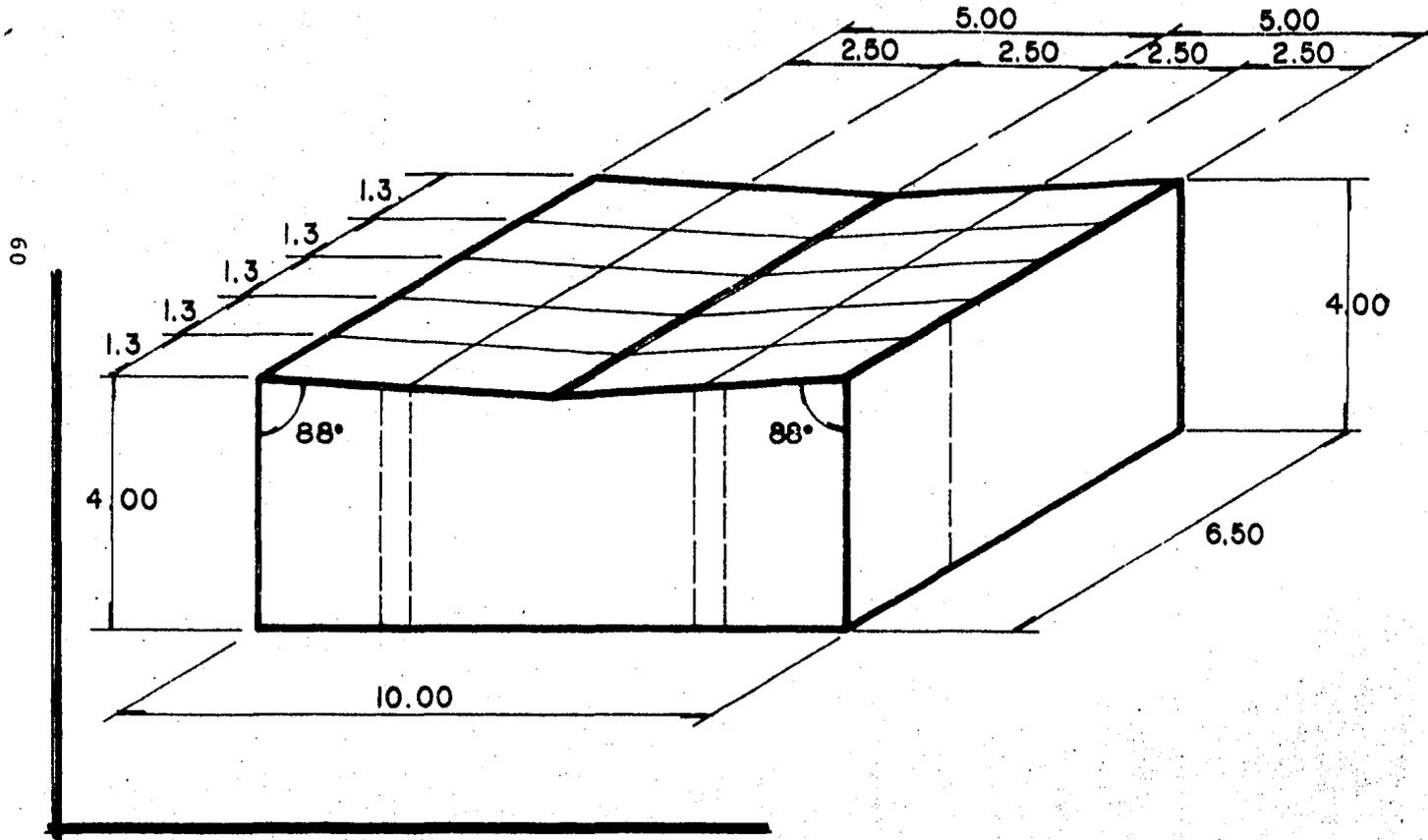
El cálculo del nuevo T_{60} : $T_{60} = \frac{0.61 (193.33)}{122.36} = 0.254$ seg.

Se observa que el T_{60} sólo varía en 0.006 seg. con la colocación del plafón de 2° de inclinación. Por lo tanto vemos que al romper el paralelismo entre techo y piso, a pesar de una reducción de volumen, no varían los parámetros acústicos anteriormente obtenidos.

PLAFON DE LA SALA

ESC. 1:100

ACOT. EN METROS



B) EQUIPO TECNICO NECESARIO.

En la presente sección hablaremos del equipo técnico imprescindible para poder llevar a cabo una grabación satisfactoria. Dicho equipo desempeña un papel muy importante dentro de cualquier tipo de grabación, ganándose una atención especial el equipo de micrófonos, al cual se eligió para iniciar esta parte del capítulo.

B.1) MICROFONOS.

1.1) DESCRIPCION Y CLASIFICACION.

El micrófono es un instrumento que sirve para transformar la energía eléctrica, la cual es procesada y amplificada con diferentes usos. El micrófono fué inventado por Alejandro Graham Bell y desde entonces se han desarrollado una gran diversidad de diseños, en la actualidad existen decenas de marcas compitiendo en el mercado internacional del audio. El micrófono es un transductor electroacústico que se asemeja en cuanto a su función al oído humano, puesto que consta de un elemento receptor semejante al oído externo, un elemento conversor homólogo al oído medio y un dispositivo conversor y emisor eléctrico, equivalente al oído interno. Sin embargo la analogía hecha tiene sus diferencias, pues nuestro sistema auditivo tiene la habilidad de poder discriminar al sonido de interés en presencia de otros, lo cual no ocurre con los micrófonos, pues ellos captan todas las señales que estén dentro de su patrón de sensibilidad.

Los micrófonos se han clasificado dependiendo de la forma en la que operan y de su diseño físico, en dos grupos: los de Presión y los de Gradiente de Presión (también llamados de Velocidad).

Los micrófonos que operan con la presión sonora, emplean un diafragma con sólo una superficie expuesta a la fuente de sonido. El desplazamiento del diafragma es proporcional a la presión del sonido. La subdivisión de ellos se hizo pensando en el principio en el cual basan su funcionamiento, así tenemos:

- 1) Micrófonos dinámicos y de reluctancia variable, basados en el efecto electromagnético.
- 2) Micrófonos de cristal y cerámicos que usan efectos piezoeléctricos.
- 3) Micrófonos de condensador que emplean efectos electrostáticos.
- 4) Micrófonos de carbón que se basan en una resistencia variable.

Los micrófonos de Velocidad son aquellos en los cuales la salida eléctrica corresponde sustancialmente a la velocidad instantánea de las partículas de la onda sonora. Se les llama también de Gradiente, porque su respuesta corresponde al gradiente de presión del sonido.

La constitución interna básica de un micrófono de este tipo la podemos apreciar en la fig. III-1. La cinta indicada es metálica y acanalada, muy delgada y se halla suspendida entre dos placas metálicas llamadas piezas polares y un imán permanente.

Cuando se presentan diferencias de presión en las caras opuestas libres la cinta las capta y experimenta un movimiento de vaivén con lo que provoca una variación en el voltaje inducido en las terminales de la cinta, todo esto ocurre en forma proporcional a las ondas sonoras incidentes.

Si observamos la fig. III-2 podremos comprender que el movimiento de la cinta es máximo cuando las ondas sonoras inciden a 0 y 180 grados, resultando el caso opuesto cuando la incidencia es a 90 y 270.

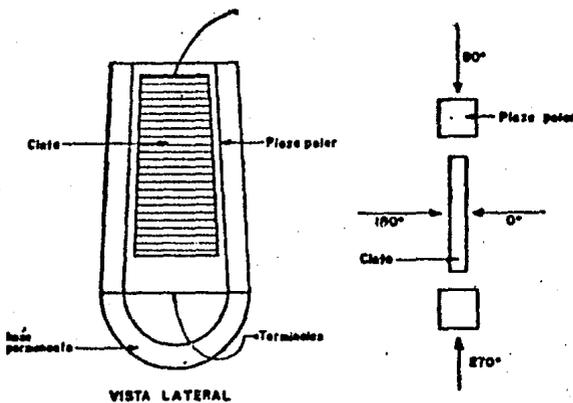


Fig. III-1. Vista lateral de un micrófono de velocidad

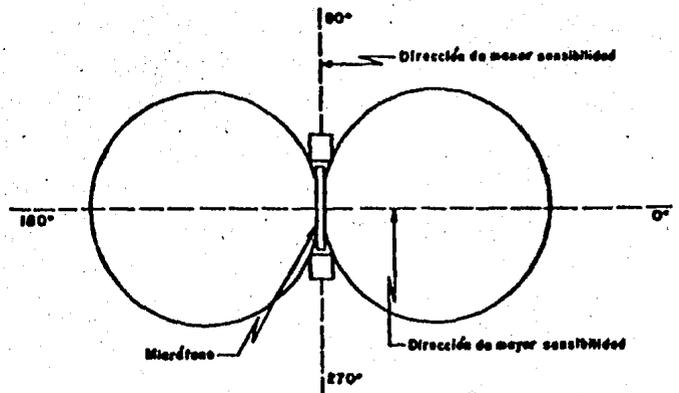


Fig. III-2. Sensibilidad de un micrófono en función de su posición.

1.2) PARAMETROS Y PROPIEDADES DE LOS MICROFONOS DE VELOCIDAD.

Cuando deseemos evaluar la calidad de un micrófono deberemos poner especial atención en los siguientes puntos:

1.2.1) Patrones de Direccionalidad.- Dependiendo del patrón de captación particular se ha hecho una clasificación de los micrófonos, la cual se muestra la figura III-3. La parte frontal del micrófono apunta a la parte superior del dibujo.

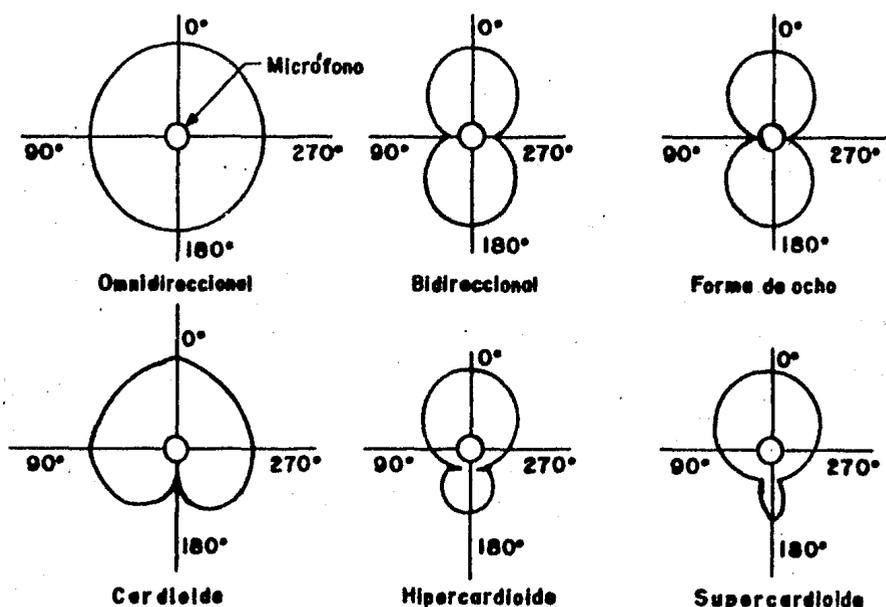


Fig. III-3. Diversos patrones de sensibilidad.

De la figura anterior se observa que los micrófonos omnidireccionales tienen la misma sensibilidad en todas direcciones y que el resto tiene bien marcada una zona donde su respuesta es óptima, por lo tanto reciben el nombre de direccionales. De ellos se puede apreciar que el Cardiode está diseñado para máxima sensibilidad en su dirección frontal (cero grados), disminuyendo poco a poco hasta llegar a un ángulo de 90° ó 270°, donde su captación disminuye hasta hacerse mínima a un ángulo de 180°. Su ventaja es que puede percibir los sonidos frontales a mayor distancia que los posteriores, de tal manera que si la mayor parte de los instrumentos que se desean grabar se encuentran en la parte frontal del micrófono, se eliminan los ruidos procedentes de la parte posterior. En el caso del micrófono Hipercardiode se ha -

descubierto que a altas frecuencias se comporta como direccional, pero a bajas frecuencias cambia a no direccional.

1.2.2) Respuesta en Frecuencia.- Otro parámetro que determina la calidad de un micrófono es el que se refiere a la respuesta en frecuencia de su funcionamiento, esta respuesta normalmente es graficada contra el nivel de salida, el cual es dado en decibeles. Generalmente esta gráfica aparece impresa dentro del catálogo de compra.

Para profundizar en las características de este parámetro, usaremos como ejemplo un micrófono de velocidad bidireccional típico, del cual se muestra su respuesta en frecuencia, además se anexa el patrón polar respectivo. De la observación de las dos figuras podemos darnos cuenta de la relación existente entre las diferentes frecuencias, el nivel de salida y los diferentes ángulos de captación. Por ejemplo se observa una respuesta constante en la frecuencia de 200 a 1500 Hz.

Un factor que es importante de tomar en cuenta en este tipo de micrófonos es la distancia a la que se hallen colocados desde la fuente de sonido, sobre todo en el caso de que ésta se halle colocada muy lejos del micrófono, puesto que se incrementaría la respuesta a bajas frecuencias.

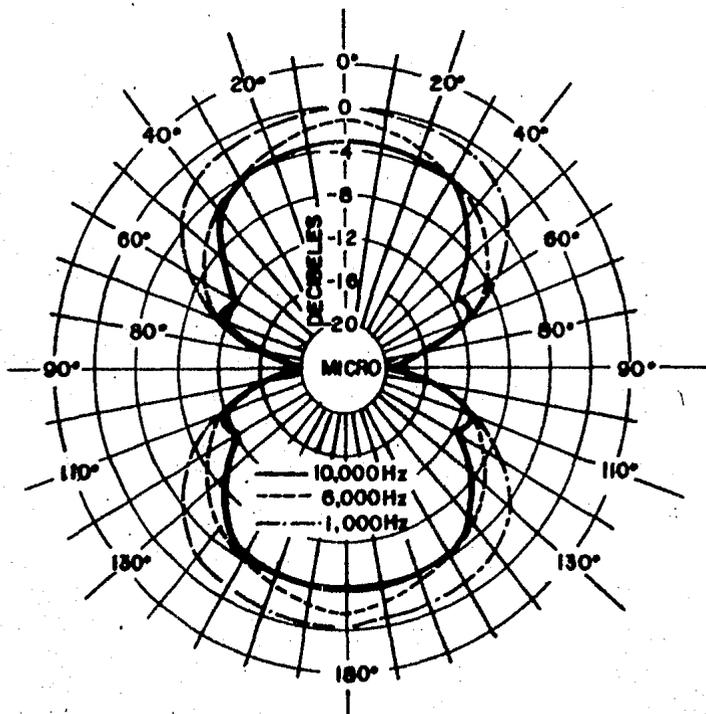


Fig. III.4b. Características direccionales de un típico micrófono de velocidad.

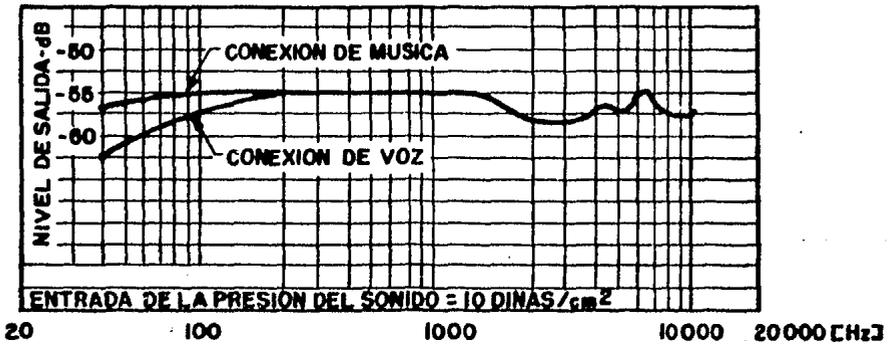


Fig. III - 4a. Respuesta en frecuencia típica para un micrófono de velocidad bidireccional.

Para evitar esto se sugiere el empleo de un atenuador que casi siempre viene integrado al mismo micrófono, por lo que comprobando lo anterior ya es posible acercar la fuente de sonido a pocos centímetros. En la fig. III-5 podemos apreciar lo anteriormente explicado.

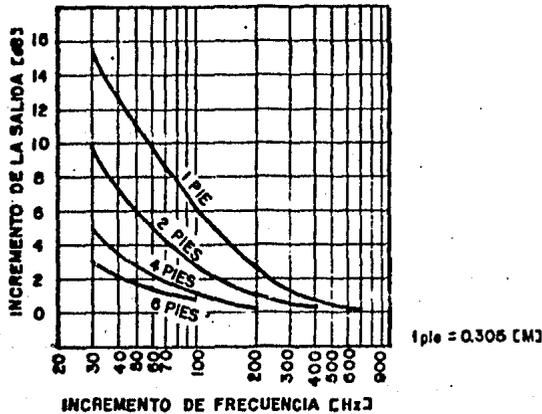


Fig. III-5. Relación entre la distancia y la respuesta en frecuencia de un micrófono de velocidad.

La placa metálica que contienen los micrófonos de velocidad es generalmente una hoja de aluminio de aproximadamente 0.001 pulgadas de espesor. La impedancia de esta hoja es de aproximadamente 0.10 ohms y su frecuencia de resonancia se encuentra entre 30 y 40 Hz.

Un buen ejemplo de los patrones de captación tanto horizontal como vertical y además de su frecuencia, se presenta a continuación con el micrófono RCA-MI-10001 C, unidireccional, que con las siguientes -

figuras facilita la comparación de la calidad del micrófono que se es
 té empleando en alguna grabación. Este modelo en la actualidad es ---
 prácticamente obsoleto, pero en este punto del análisis cumple su ob-
 jetivo.

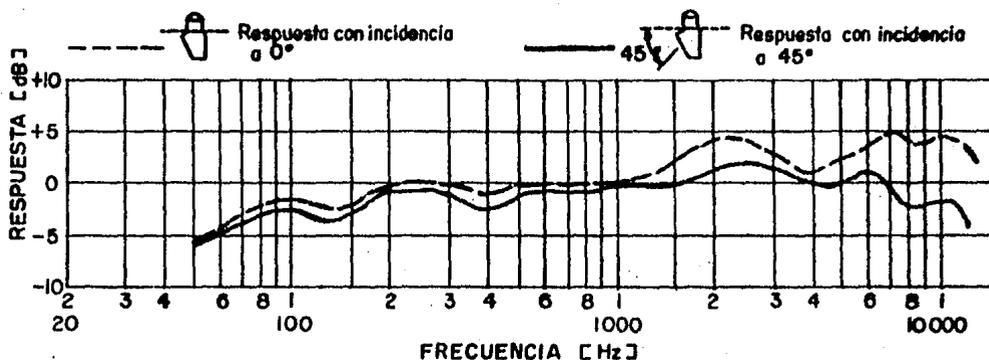


Fig. III - 6. Respuesta en frecuencia de un micrófono unidireccional RCA.

1000 Hz: -----
 4000 Hz: -----
 8000 Hz: -----

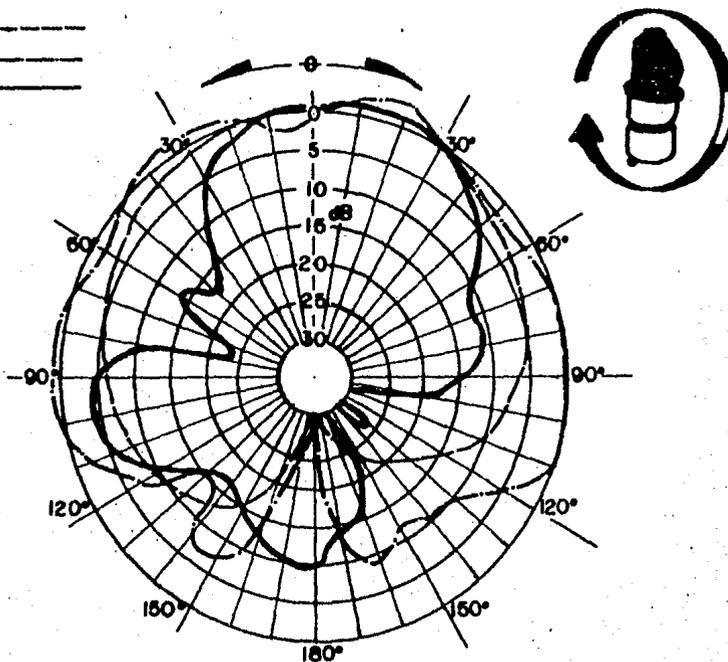


Fig. III. 7. Captación Vertical

1000 Hz: -----
 4000 Hz: -----
 8000 Hz: -----

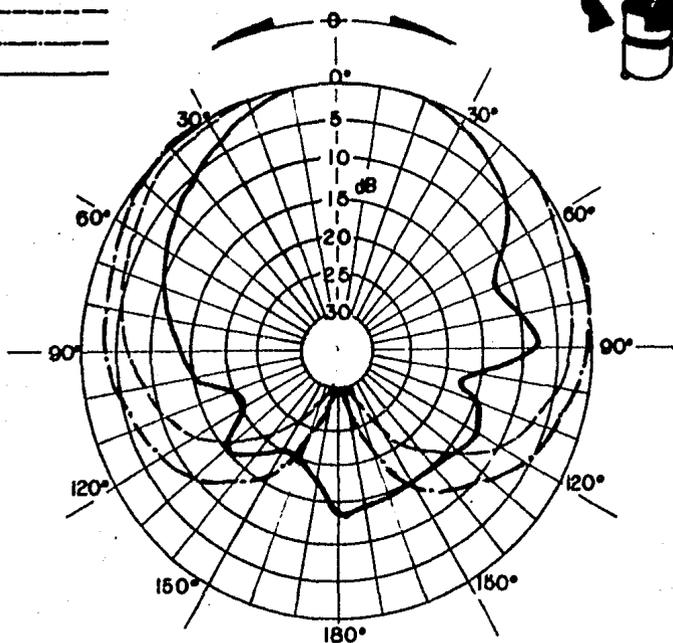


Fig. III. B. Captación Horizontal

En el mercado actual del audio compiten muchísimos modelos de micrófonos con características muy particulares entre si. Para ejemplificar esta variedad en la que incurriremos al tratar de hacer una selección adecuada, mostraremos un tipo de micrófono que tiene como característica principal la de cambiar su respuesta en frecuencia en -- función del ángulo de incidencia. Su marca comercial es Altec-Lansing y el modelo 639 B. En las gráficas que se presentan abajo podemos apreciar como con el switch que marca la opción en el patrón de captación, se generan diferentes respuestas en frecuencia, dependiendo por supuesto del ángulo de incidencia. También se puede checar en las figuras el nivel de salida en decibeles.

En nuestro caso nos interesa que nuestros micrófonos den un buen servicio y muy buena calidad durante las grabaciones, podemos sugerir la manera de hacer una evaluación efectiva de los micrófonos con los que contemos, con el objeto de obtener mejores resultados y optimizar la captación del sonido, así como evitar el tener problemas misteriosos o de difícil localización. La prueba que sugerimos es mostrada en

la fig. III-10.

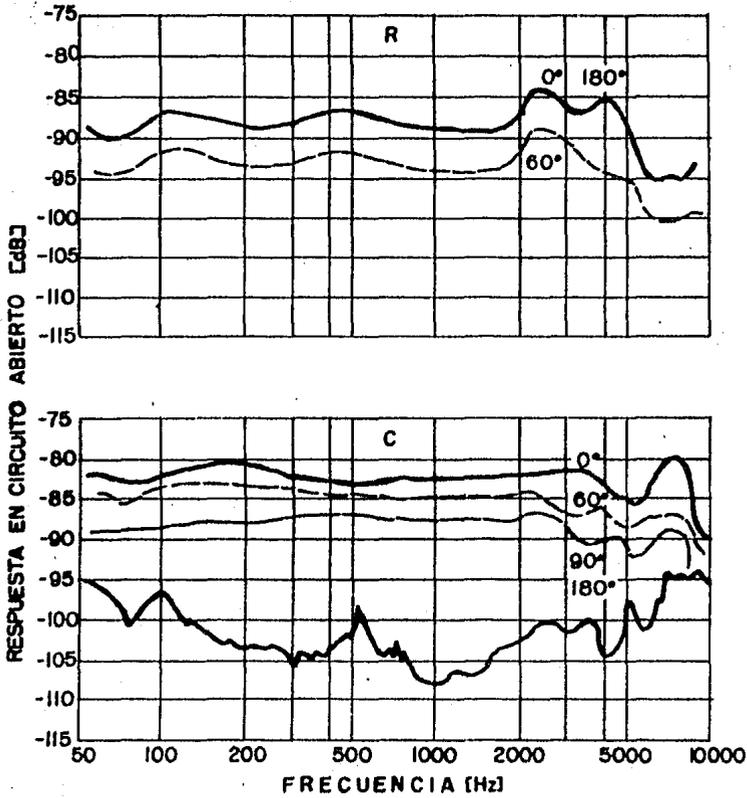


Fig. III-9. Respuesta en frecuencia para un micrófono Altec-Lansing, 2 opciones de captación con diversos ángulos de incidencia.

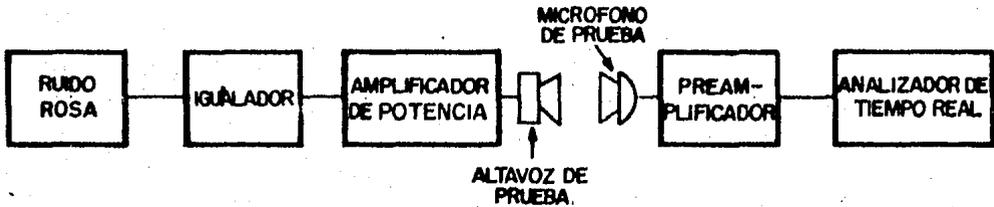


Fig. III.10. Prueba para checar la captación de un micrófono.

En ella se aprecia que el corazón de la prueba es Analizador del Espectro de Audiofrecuencia, el cual nos dá la posibilidad de visualizar la amplitud de la señal graficada contra la frecuencia.

La prueba consiste en conectar el micrófono al preamplificador, que a su vez se halla conectado con el analizador, el cual mostrará -

la señal captada por el micrófono y que será la emitida por el altavoz. De esta forma podemos checar la respuesta en frecuencia de cualquier micrófono.

1.2.3) Sensibilidad.- La sensibilidad es el otro parámetro de gran importancia para determinar la calidad de un micrófono. A partir de una prueba de sensibilidad, trataremos de explicar el concepto con más detalle.

Para la prueba de sensibilidad del micrófono emplearemos un generador de ruido rosa, un microvóltmetro con selector de frecuencias, un grupo de filtros paso bajas y paso altas, un amplificador de poder y un buen altavoz de pruebas, además del medidor de nivel de sonido, éste último nos ayudará básicamente para calibrar nuestro sistema de conexiones que deberá ser el siguiente:

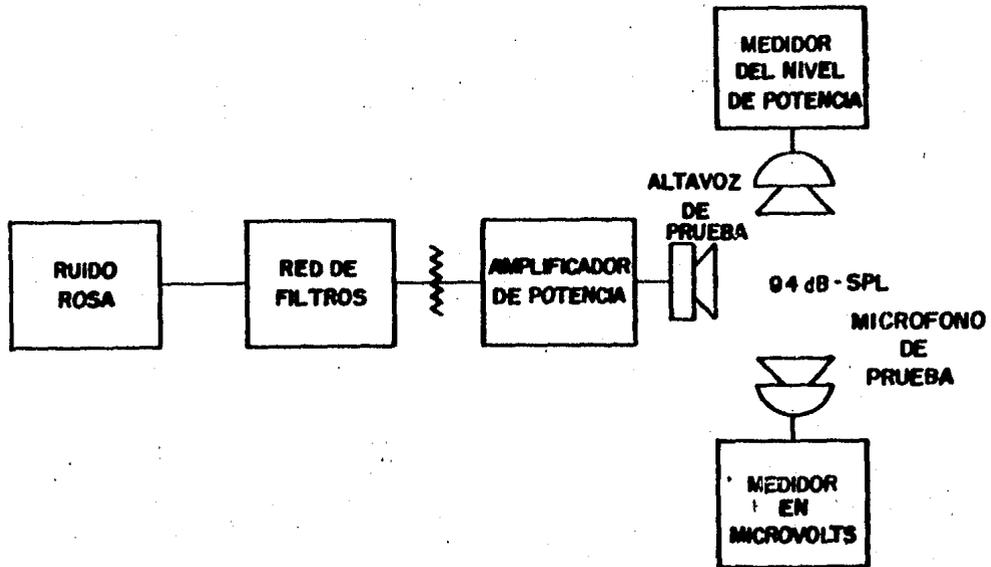


Fig. III-11. Medición de la sensibilidad de un micrófono.

Lo primero que debemos hacer es seleccionar un punto específico de prueba enfrente del altavoz, pueden ser de 1 a 2 (m). Se coloca en seguida el medidor de nivel del sonido (SLM). Se ajusta el sistema hasta que en el SLM se lea 94 dB-SPL, empleando una banda de ruido rosa con un rango desde 250 hasta 10,000 Hz. Después se coloca el micrófono que será probado en lugar del SLM. Se toma la lectura de voltaje de salida con circuito abierto, haciendo uso del microvóltmetro, en general podemos esperar valores desde 1 microvolt hasta 200 milivolts.

Con los valores SPL y del voltaje de salida, podemos hallar el valor de la sensibilidad del micrófono auxiliándonos del nomograma que se observa a continuación:

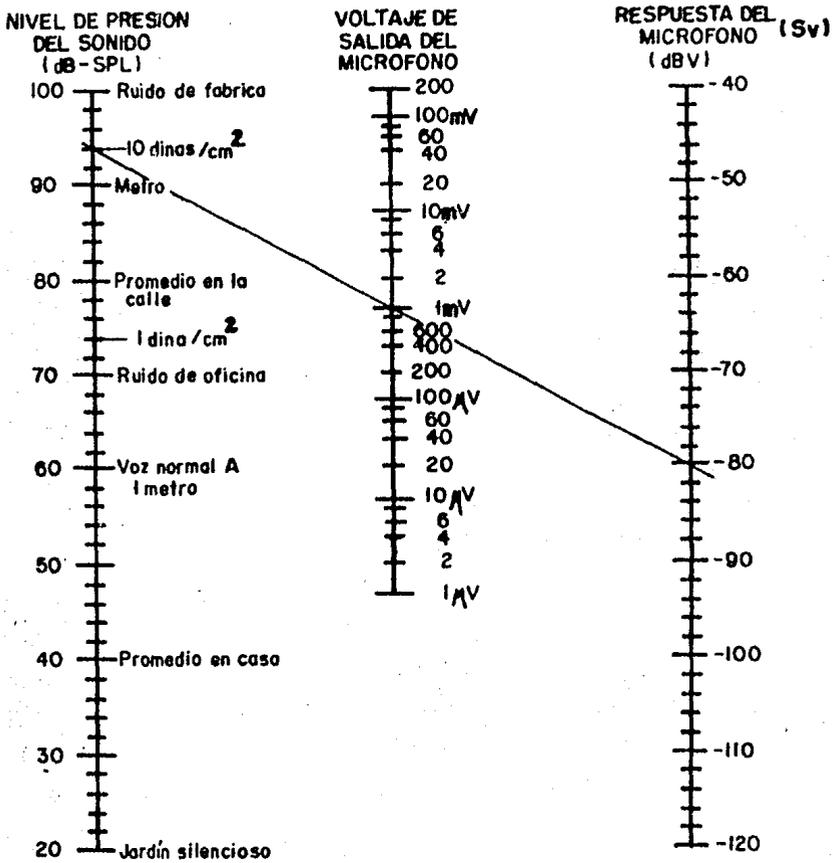


Fig. III. 12. Nomograma de la salida de un micrófono.

En dicho nomograma se ha considerado como ejemplo el conectar una entrada acústica de 94 dB-SPL y una salida eléctrica de voltaje = 0.001 volt, con lo cual podemos hallar el valor de -80dBV, que es el valor de sensibilidad acústica. Este valor se puede manejar dentro de una ecuación de manera que podamos conocer su equivalente en potencia acústica, o sea en dB-m, por lo tanto conoceremos la ecuación obtenida experimentalmente por D. Davis (ref. 5.A)

$$S_p = S_v - 10 \log Z + 44 \text{ (dB-m)}$$

donde:

S_v = Sensibilidad acústica .

S_p = equivalente en dB-m .

Z = impedancia medida del micrófono, dada por fabricante.

Entonces haciendo uso de ella para el ejemplo que venimos desarrollando y considerando una $Z=200\Omega$, nos quedaría:

$$S_p = -80 - 10 \log 200 + 44 = -59 \text{ (dB-m/10 dinas/cm}^2\text{)}$$

La sensibilidad nos determina el voltaje de salida para una sola presión del sonido, ambos valores se encuentran relacionados directamente, por ejemplo, si la presión se incrementa 10 veces, la salida eléctrica aumentará también 10 veces.

La presión del sonido es generalmente referida a $0.0002 \text{ dinas/cm}^2$, considerando la presión sonora con valor cero, siendo además un valor aproximadamente igual al umbral de audibilidad.

Las presiones típicas del sonido con respecto a 1 metro de distancia del micrófono se dan a continuación:

MUSICA DE ROCK	100 dB-SPL (más 6 dB de picos)
ORQUESTA CON 15 MUSICOS	102 dB-SPL (más 10 dB de pico)
UMBRAL DE DOLOR	130 dB-SPL
MUSICA POPULAR SUAVE	74 dB-SPL

Un aspecto importante dentro del análisis de los micrófonos es aquel que se refiere a su Relación Señal-Ruido (SNR). Este concepto se origina por el ruido térmico que produce la impedancia del micrófono. El ruido térmico relativo a 1 volt es -198 dB , con un ancho de banda de 1 Hz y 1Ω de impedancia. De lo anterior se ha deducido la siguiente ecuación, con la cual podemos llegar a evaluar la magnitud del ruido térmico generado.

$$TN/1 \text{ volt} = -198 \text{ dB} + 10 \log. (\text{A. de Banda}) \text{ Hz} + 10 \log Z$$

Si aplicamos dicha ecuación al ejemplo que desarrollamos con anterioridad, en el cual teníamos una $S_v = -80 \text{ dB}$ y una $Z = 200\Omega$, si además consideramos un ancho de banda que varíe entre 30 y $15\,000 \text{ Hz}$, entonces obtendremos:

$$TN/1 \text{ volt} = -198 + 10 \log 14970 + 10 \log 200$$

$$TN = -133 \text{ dB/1 volt}$$

Esta sería la SNR si la entrada acústica fuera de 74 dB-SPL .

Con el valor del ruido obtenido, podemos hacer la evaluación de

la SNR que sería: $133-80 = 53$ dB. Cuando tenemos una señal mayor en cuanto a potencia del sonido, por ejemplo la voz de un cantante de rock, que normalmente es una señal de alta potencia, pues se mejoraría nuestra relación señal a ruido.

Como una forma de resumir los aspectos o parámetros más importantes de verificar cuando tengamos nuestros micrófonos, se especifican ahora en tres pasos.

- 1) Hallar la sensibilidad del micrófono con respecto a la potencia, sobre la banda de 20 a 20,000 Hz.
- 2) Comprobar que la respuesta en frecuencia del micrófono corresponde al modelo y a sus especificaciones. Además se deberá observar al respuesta en frecuencia cuando se halle funcionando con otros micrófonos del estudio.
- 3) Se deberá uno asegurar que la respuesta polar tenga un cubrimiento en la dirección que nos interesa y un punto importante, que los patrones polares de los otros micrófonos sean compatibles entre sí.

Las recomendaciones anteriores llevan como objetivo fundamental el conocer las posibilidades que tenemos de obtener una grabación óptima. Si se llevan a cabo también nos podrían ayudar a detectar alguna anomalía dentro del funcionamiento de nuestros micrófonos.

1.3) SELECCION DE MICROFONOS.- Uno de los aspectos más importantes para la obtención de una grabación profesionalmente satisfactoria, es el que se refiere a la selección de micrófonos. Estos transductores electroacústicos son los que, dependiendo de su calidad y posición nos harán llegar señales de voz, música y sonidos en general, hasta nuestra consola de control.

Resulta claro y deseable obtener señales con "alta fidelidad" en una grabación de estudio profesional, en cuyo producto final influyen muchos factores acústico electrónicos, dentro de los cuales los micrófonos tienen una participación muy especial. Por lo tanto basándonos en las descripciones teóricas vistas en páginas anteriores analizaremos brevemente los factores prácticos más importantes para hacer una buena selección.

Actualmente (julio de 1984) en el mercado del audio podemos encontrarnos con dos tipos de micrófonos: omnidireccionales y direccionales, ambos se presentan en dos tecnologías comunes: dinámicos y de condensador (o electrostáticos). Los principios físicos del funcionamiento de

Los micrófonos dinámicos es similar al de los micrófonos de velocidad, analizados al inicio del presente capítulo.

Los micrófonos de condensador tienen una placa de metal fija cerca del diafragma, ambos poseen altas cargas electrostáticas. Conforme el diafragma vibra en el campo del sonido, su distancia con respecto a la placa cambia; esto es captado por los circuitos internos del micrófono, como un cambio entre la capacitancia del diafragma y la placa, generando así una salida de voltaje proporcional a la vibración.

Los micrófonos dinámicos son preferidos cuando se piensa en grabar niveles muy altos de sonido. Los micrófonos de condensador tienen también una buena aceptación entre profesionales en grabación, debido a que algunos modelos ofrecen excelente respuesta en frecuencia, buena sensibilidad y baja distorsión.

Un concepto importante de considerar es la Impedancia del micrófono. En general la impedancia de salida es aquella que se encuentra cuando alimentamos una señal al micro. Las impedancias pueden ser Bajas o Altas y sus salidas pueden ser balanceadas o desbalanceadas. Para trabajos de grabación críticos se recomienda emplear micrófonos de baja impedancia, esto es de 50 a 600 Ω para distancias menores a 200 (60m) pies. Una razón es que con dichas magnitudes es más difícil captar interferencias eléctricas las cuales causarían distorsiones en la señal. Si tuviéramos distancias grandes de cable en baja impedancia, la respuesta en altas frecuencias, decaería notablemente.

Los parámetros que nos dá a conocer el fabricante son básicamente los siguientes:

- 1) Patrones Polares, algunos de los cuales dependen de la técnica de grabación empleada.
- 2) Rango de Frecuencia.
- 3) Sensibilidad.
- 4) Impedancia.
- 5) El nivel de presión de sonido que puede soportar.
- 6) Distorsión Armónica total en el valor máximo de SPL.
- 7) Tipo de preamplificador que emplea.
- 8) Algunos accesorios adicionales.

Los anteriores parámetros son los que debemos comparar entre una marca y otra, pues el mercado del audio se haya ampliamente extendido y muchas veces suele ocurrir que por falta de información adecuada se hace una selección regular, cuando por un precio más o menos similar

se puede hacer una excelente compra.

En la tabla siguiente se muestra una lista de algunas marcas muy reconocidas en el mercado, de las cuales se indican ciertos modelos con sus especificaciones y costo actual.

Con dicha lista se puede armar un equipo excelente para grabaciones profesionales, de hecho el costo de los mejores micrófonos es alto, pero su altísima calidad justifica la compra. Existen además de estos modelos, bastantes más para cada marca, variando también su costo muchísimo.

Contando con un buen equipo de micrófonos, la parte complementaria y muy delicada en un proceso de grabación en estudio es la que se refiere a técnicas de grabación, en las cuales no ahondaremos por no ser un objetivo de la presente investigación.

Pero queremos recalcar que es de vital importancia para el ingeniero de grabación manejar algunas técnicas y experimentar constantemente para descubrir posiciones óptimas y particulares dependiendo del tipo de grabación, instrumentos y músicos.

75

75

TABLA III-5 MICROFONOS PROFESIONALES

MARCA	MODELO	ESPECIFICACIONES	COSTO EN DOLARES
AKO	C422 Condenser Stereo Mic.	9 Patrones Polares/20-20,000 Hz/Sensibilidad-42dBm/Impedancia 200 Ohms/Proatenuadores 0/-10/-20 dB/.	\$ 2,500.-
AKO	C414 EB Polydirectional Condenser Mic.	Omni/Cardioid/Hipercardioid/Fig. de 8/ 20-20,000 Hz/Sensibilidad-43.5 dBm/ Máximo SPL 138 dB Con 0.4% de Distorsión Armónica Total/200 Ohms.	\$ 795.-
BEYER DYNAMIC	M-88 Super Cardioid Mic	Patrón Supercardioid/30-20,000 Hz/.	\$ 320.-
BEYER	M-111 Omnidirectional Mic.	Patrón Omni -40-20,000 Hz/200 Ohms.	\$ 200.-
CROWN	P2M-315 Pressure Zone Mic.	Patrón Hemisférico/20-20,000 Hz/Sensibilidad -76 dB en Circuito Abierto/Máximo SPL 150 dB con 0.3% de Distorsión Armónica Total/150 Ohms.	\$ 350.-
NAKAMICHI	DM-1000 Dynamic Cardioid Mic.		\$ 300.-
NEUMAN	U 89	5 Patrones Polares	\$ 1,098.-
SENNHEISER	MD 44 U Supercardioid Mic.		\$ 469.-
SENNHEISER	MD 421 U Cardioid Mic.		\$ 332.-
SHURE	579 SB Vocal Sphere	Diseñado para Vocalizaciones de Cantantes de Rock.	\$ 97.-
SHURE	SM 56	Instrumentos de Percusión	\$ 142.-
SHURE	SM 81-10	Guitarra Acústica	\$ 327.-

B.2) ALTAVOCES.

Un elemento electroacústico imprescindible dentro de nuestra sala de grabación son los Altavoces. Comúnmente llamados bocinas o bafles, su nombre procede del inglés Loudspeaker traducido al español como altavoz.

El empleo de altavoces se asigna tanto a la sala de grabación como a la cabina de control. En ambas, operan dentro del sistema de monitoreo, que posibilita escuchar la reproducción de la cinta hasta lograr satisfacer a los músicos y al ingeniero de grabación, además, permite la comunicación entre ellos mismos.

Su importancia vital radica en el sentido de que los altavoces reproducen la música, voz y sonidos contenidos dentro de la cinta.

Para obtener una grabación muy buena será necesario estar chequeando cada canal con su ecualización particular, para lo cual un altavoz de buena fidelidad nos ayudará a trabajar con mayor rapidez y certeza.

2.1) ELEMENTOS Y FUNCIONAMIENTO DE UN ALTAVOZ.

Para adentrarnos un poco en la teoría básica del funcionamiento de los altavoces, veremos a continuación algunos de sus elementos constitutivos esenciales.

Partiendo de que estos transductores electroacústicos han sido diseñados para radiar potencia acústica en el aire, esto es crear, una pequeña variación audible en la presión del medio donde se hallen colocados. Veremos que un altavoz está conformado por un gabinete acústico (llamado baffle) en el cual dependiendo del diseño, se encuentran colocadas una o varias bocinas gobernadas por un circuito eléctrico llamado en inglés Crossover (Red de Cruce), cuya función específica es la de dividir la señal eléctrica alimentada al altavoz, en las 3 principales bandas de frecuencia: Bajas, medias y altas. Las frecuencias así divididas serán radiadas respectivamente por 3 tipos de bocinas variables en forma y tamaño, llamadas en inglés: Tweeter, woofer y midrange. Los anchos de banda de estas bocinas deberán traslaparse para así asegurar la reproducción de todas las frecuencias contenidas en el rango audible de 20 a 20,000 Hz, aunque prácticamente es muy difícil que una persona con educación auditiva normal, note la ausencia de ciertas frecuencias extremas. En el caso del estudio de grabación seguramente lo visitarán muchas personas --

que puedan captar en la reproducción, por lo tanto sugerimos poner atención en el momento de la selección de los altavoces.

Existen dos tipos principales de altavoces: los dinámicos y los electrodinámicos.

Una bocina de un altavoz dinámico está formada, básicamente por los componentes anotados en la fig. III-14.

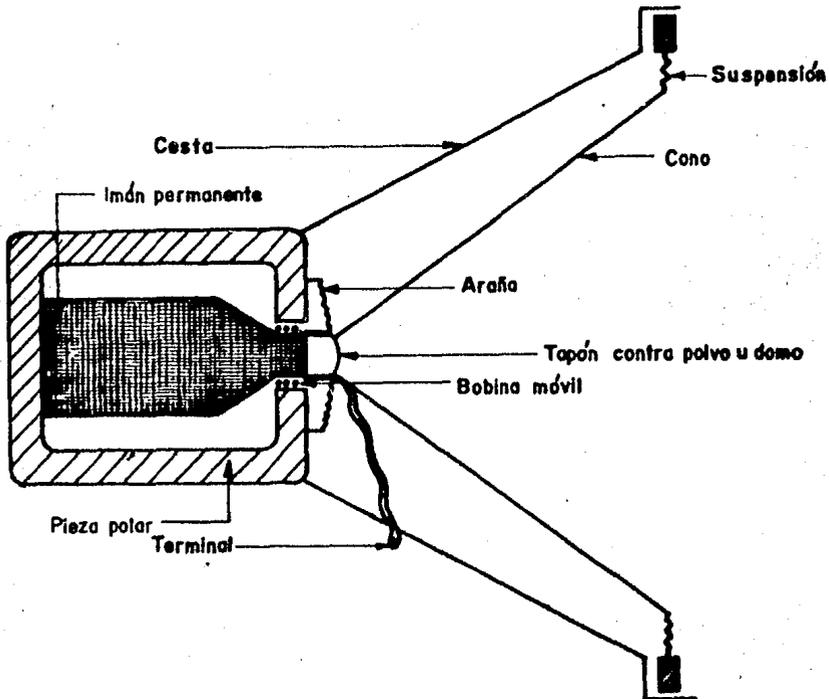


Fig. III- 14. Constitución interior de una bocina.

La bobina móvil, el imán permanente y el cono constituyen las partes fundamentales de la bocina. En ellas se llevan a cabo las sucesivas transformaciones de energía que hacen posible la conversión de una señal eléctrica en energía acústica. El diagrama siguiente nos puede ayudar en la comprensión del fenómeno:

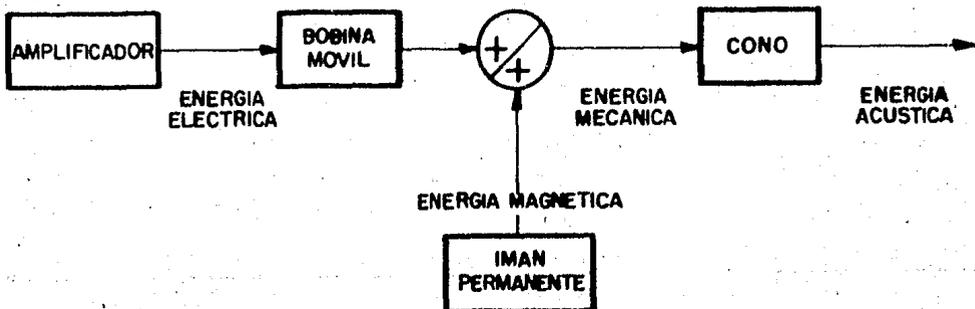


Fig. III- 15. Transformación de energía en una bocina.

El amplificador alimenta una señal eléctrica directamente a la bobina móvil, la cual está situada dentro del campo magnético creado por el imán. Debido a la interacción de la intensidad del campo con la corriente, la bobina experimenta una fuerza perpendicular y proporcional a la primera. La información eléctrica que llega a la bobina móvil es por lo tanto interpretada en forma de vibraciones mecánicas y transmitida en directo al cono, pues se hallan unidos. Pero debido a la mayor superficie del cono, éste puede mover mayor volumen de aire. Su desplazamiento es rectilíneo, hacia adelante y hacia atrás, con variación en la velocidad, dependiendo del tipo de frecuencias contenidas en la señal eléctrica, este movimiento produce compresiones y rarefacciones en el aire, las cuales al llegar a nuestros oídos se perciben como sensaciones de sonidos.

Los altavoces Electrodinámicos son el antecedente de los Dinámicos y en la actualidad han desaparecido prácticamente. Existen otro tipo de altavoces, los llamados Electrostáticos, que debido a su estructura interna proporcionan buena respuesta para frecuencias altas, ocurriendo lo contrario para las bajas. Además su eficiencia es más bien "baja" y su impedancia alta, motivos suficientes para sólo mencionar su existencia. Por lo anterior centraremos nuestra atención en los altavoces dinámicos.

El otro elemento de gran importancia en un altavoz, es el gabinete acústico o baffle. Los parámetros en los que se fija la atención --- cuando se diseña un baffle son : la forma del gabinete de madera, su -- frecuencia natural de resonancia, la posición y dimensiones de las bocinas, la potencia que se pretende manejar, así como la eficiencia del baffle. La calidad de la madera, así como la respuesta en frecuencia -- son otros dos parámetros determinantes en la construcción de un baffle.

En la fig. III-16 podemos observar un grupo de 12 baffles diferentes con los cuales experimentó H.F. Olson en los laboratorios de RCA, obteniendo las gráficas de respuesta en frecuencia para cada uno de -- los baffles.

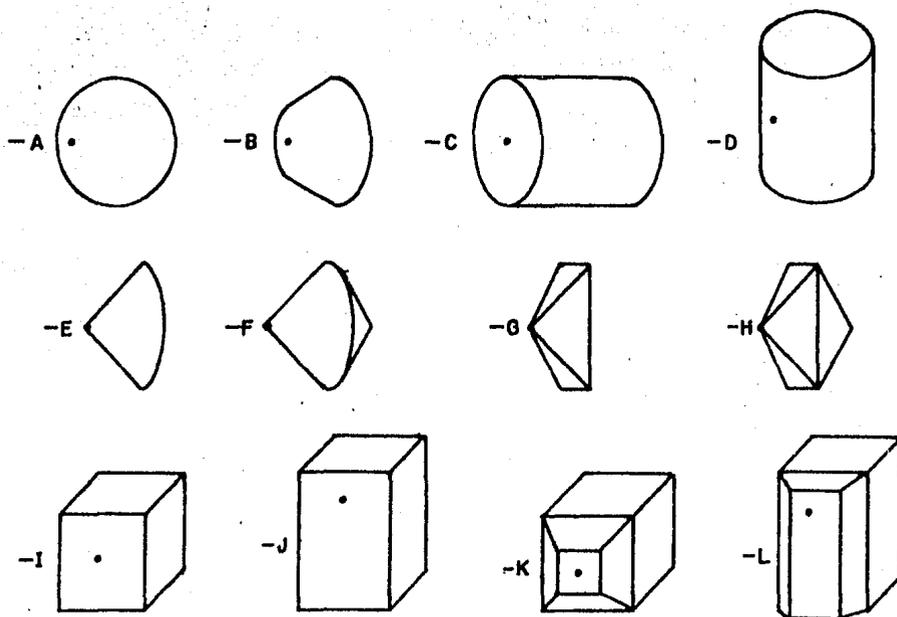


Fig. III. 16. Diversos modelos de baffles para experimentación.

De este grupo las mejores respuestas en frecuencia se obtuvieron a partir de los baffles A, B, K y L. En los demás es tan inconstante la respuesta que no se presentan aquí.

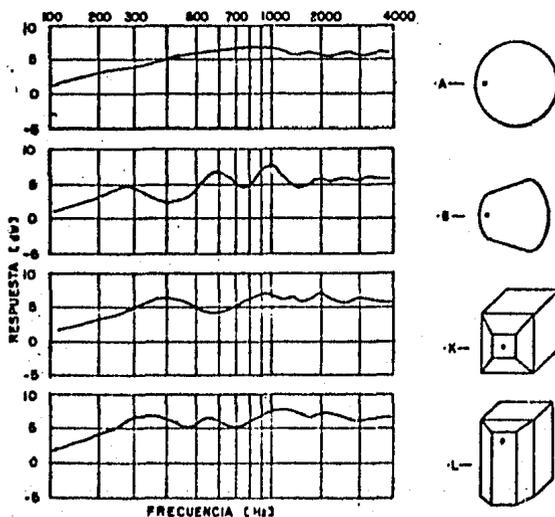


Fig. III. 17. Respuesta en frecuencia para cuatro modelos.

Otras formas experimentales en lo referente al diseño interno del baffle, se muestran a continuación. Actualmente hay una cantidad y variabilidad de diseños impresionante, compitiendo en el mercado del audio.

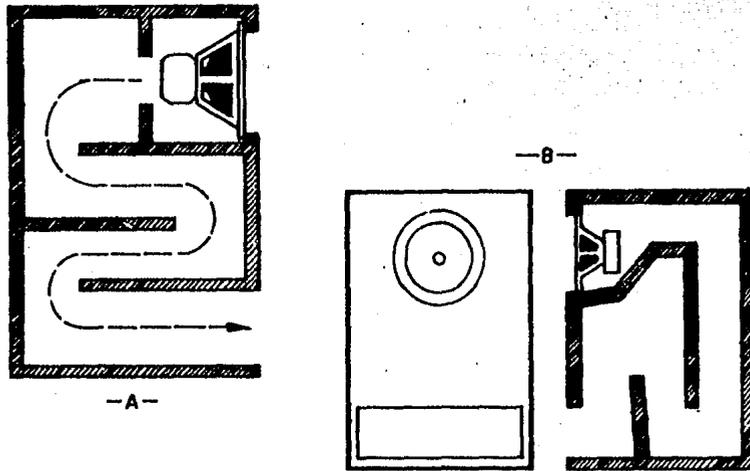


Fig. III-18. Dos diseños experimentales de baffles. Vista lateral.

2.2) DIRECTIVIDAD Y LOCALIZACION DE LOS ALTAVOCES.

Ya hemos visto el funcionamiento básico, así como los componentes principales de un altavoz. Para el caso particular de la sala de grabación, nos interesa que los músicos puedan escuchar con muy buena fidelidad los sonidos que los altavoces reproducirán. Por ello es que su localización y ángulo de posición respecto a las paredes, son puntos importantes de tomarse en cuenta.

Lo que tratamos de establecer es que tan separados estarán los 2 altavoces y que ángulo hacia la zona de escuchas, nos brindará una zona con estereofonía máxima.

Si consideramos que las bajas frecuencias se radian uniformemente desde los altavoces y que las frecuencias altas son más direccionables y radiadas en forma de haz, encontraremos que a bajas frecuencias habrá un traslape completo, mientras que para las altas habrá sólo traslape parcial. Esto se puede apreciar en la fig. III-19a, donde el escucha a pesar de recibir la señal en estereo y de captar tanto las frecuencias bajas como medias de canal, recibirá una señal acústicamente pobre porque está lejos de los ejes de frecuencias altas de los -----

altavoces. Si los altavoces estuvieran muy separados, el escucha percibiría una separación de tipo "ping-pong".

Si colocamos los altavoces muy cercanos entre si, como se muestra en la fig. III-19b, entonces los dos altavoces se juntarán en una sola reproducción dual y el efecto estéreo desaparecerá.

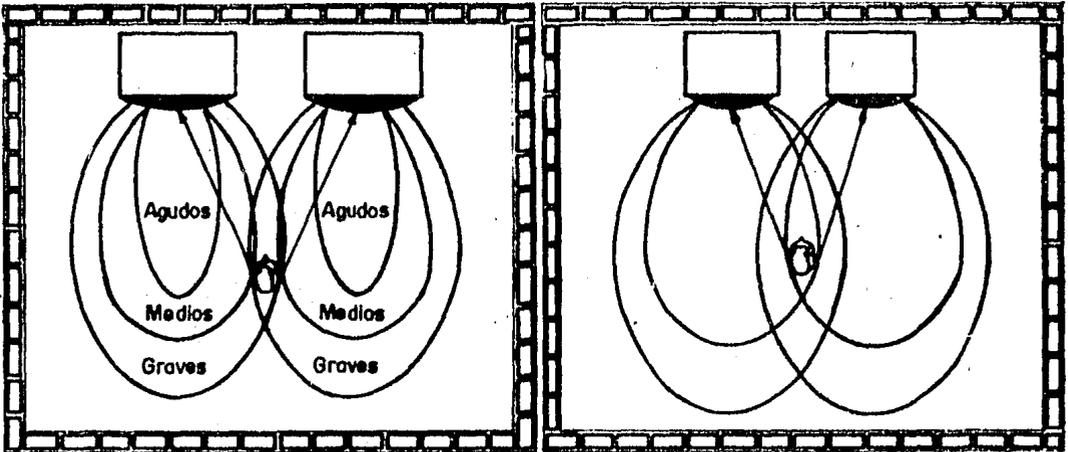


Fig. III -19 Recepción parcial de diversas frecuencias en función de la posición de los altavoces

La solución adecuada a un problema de este tipo, que además es el que se presenta en nuestra sala, es la siguiente. En primer lugar debe remos orientar los altavoces hacia el centro de la zona por cubrir, es to es para tener reflexiones simétricas y una mayor ganancia acústica.

Después de ello se observa que el área de cubrimiento estereofónico depende de la distancia entre los altavoces y su ángulo de orientación. En la fig. III-20 se ilustra lo anterior.

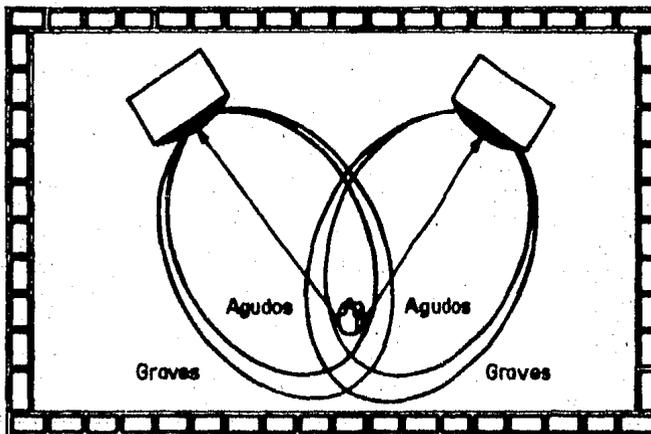


Fig. III - 20 Recepción correcta de todas las frecuencias

Existen muchas combinaciones, por ejemplo dos altavoces separados 15ft. (4.57m) deberán tener un ángulo de 40° para obtener el máximo --- traslape en estéreo de aproximadamente 50 unidades arbitrarias. Estos datos se obtuvieron basados en una bocina de 30.5cm. (12 in) con una frecuencia de corte en altas de 8KHZ. De las mediciones hechas por ---- Abraham B. Cohen se obtuvo la siguiente gráfica, la cual sirve como -- una base para la solución del problema. Actualmente los múltiples diseños de altavoces producen distribuciones de frecuencias muy variables y los traslapes de ellas son cada vez más perfectos, ocasionando que - la calidad de muchos altavoces sea de alta fidelidad.

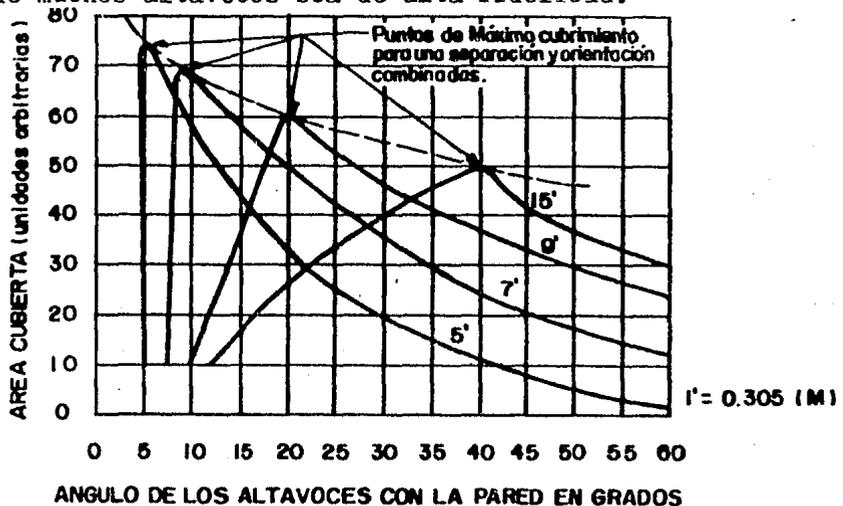


Fig. III - 21 Combinación entre separación, orientación y área cubierta por altavoces

La fig. III-21 nos muestra los parámetros que debemos considerar hasta encontrar el ángulo que satisfaga la zona que necesitamos con -- máxima estereofonía. La satisfacción es experimental. Esto quiere decir que propodremos una posición para los altavoces, basados en las consideraciones anteriores. Sin embargo el hecho de experimentar con otras alturas o ángulos puede proporcionar resultados satisfactorios.

La posición de nuestros altavoces se encontrará a dos metros de -- distancia desde la pared que divide la sala de la cabina de control, a una altura de 2.5 metros desde el suelo. Coincidiendo dicha altura con la base de los altavoces, los cuales se colocarán en posición normal. El ángulo que deberán girarse con respecto a las paredes laterales será de 65° pues con esta orientación los ejes de los altavoces coincidirían en el centro del estudio, que será la zona más recurrida por los músicos. Un ángulo más deberá considerarse, la inclinación hacia el --

frente de los altavoces, dicha inclinación se obtiene por trigonometría y resulta ser de 63° .

La distancia a la que se encontrarán los altavoces será de casi - 10 metros. Tal vez podría pensarse que es una distancia grande, pero - si consideramos que la acústica de la sala es muy buena, como es de esperarse y además contamos con muy buenos altavoces, pues definitivamente la distancia no será un factor que nos cause problemas serios.

2.3) SELECCION DE ALTAVOCES.

La selección de los altavoces para la sala de grabación es un punto importante de efectuarse con oído crítico. Si consultamos las listas de altavoces en el mercado americano encontraremos un extenso número de modelos, lo cual hace muy difícil la elección, pues al checar y comparar los parámetros y precios que el fabricante nos brinda, debemos discriminar bastantes modelos hasta llegar al que satisface nuestros requerimientos y nuestras posibilidades económicas.

Para realizar una elección adecuada, veremos rápidamente cuales son los parámetros que debemos valorar y comparar con mas cuidado. Empezaremos con la EFICIENCIA de un altavoz, la cual puede definirse como el porcentaje de una entrada de poder eléctrico que es convertida a energía acústica. La eficiencia puede variar desde 1% hasta 5% para altavoces excelentemente construidos. Una eficiencia alta significa que menos potencia eléctrica del amplificador es requerida para un control de volumen dado, pero no está directamente relacionada a la calidad del sonido. La eficiencia se encuentra ligada a las dimensiones del altavoz, una forma rápida de conocerla la proponen Takahashi, Herrera y Pérez en su trabajo de tesis (Ref. 2-8). La tabla siguiente se obtuvo de dicha fuente.

TABLA III - 6.

EFICIENCIA DEL ALTAVOZ	VOLUMEN APROXIMADO (cm ³)
Baja 1 - 2 %	Hasta 6,000
Media 3 %	De 6,000 a 100,000
Alta 4 - 5 %	Desde 100,000

El siguiente parámetro en importancia es la POTENCIA que puede manejar el altavoz, su unidad de medición es el Watt. Aquí debemos tener cuidado en seleccionar primero, el tipo de amplificador que se usará en la cabina de control, para conocer las limitaciones en cuanto a potencia al momento de elegir los altavoces. Otro punto interesante es el de interpretar los datos que nos dá el fabricante, pues muchas veces nos dan la potencia máxima de manejo, o sea la potencia pico, cuando realmente nos debe interesar la Potencia Continua o RMS (Root Mean-Square). Por ejemplo hay altavoces que pueden manejar potencias pico hasta de un kw, pero de potencia continua nos entregan 150 watts.

Tanto la eficiencia como la potencia son dos parámetros básicos en una buena elección de altavoces. Pero existen además varios facto--

res que se deben comparar cuando se tengan ya algunas opciones. A continuación se enlistan dichos parámetros:

a) Respuesta en Frecuencia.

En el caso de nuestro estudio, seguramente habrá personas con magnífico oído musical, por lo tanto se recomienda tratar de abarcar un rango de frecuencias audibles muy amplio, digamos de 18 Hz a 20 KHz.

b) Tipo de diámetro de las bocinas.

Es interesante poner atención en el número y diámetro de los woofers, midrange y tweeters, así como en sus materiales de construcción.

c) Frecuencias en el Corte de las Redes de Cruce (Crossovers).

En general es recomendable un altavoz con 3 redes de cruce.

d) Sensibilidad.

La sensibilidad de un altavoz se expresa en dB-SPL. Este parámetro ha tomado gran importancia en la actualidad, en el capítulo siguiente hay una sección donde se muestra la necesidad de poner especial atención en dicho parámetro. Se puede decir que tendremos buena sensibilidad cuando nos ofrezcan valores mayores a 90 dB-SPL.

e) Impedancia.

Se sugiere la más empleada: 8 ohms. Aunque se puede optar por una de 4 ohms si nuestro amplificador tiene la debida conexión.

f) Distorsión.

La distorsión de la señal es un problema controlado prácticamente en la producción actual. Para checarla además del dato del fabricante, debemos escuchar los altavoces a una potencia que pensemos emplear dentro del estudio. Nuestros oídos si están bien educados, notarán la distorsión en caso de ser muy audible.

f) Frecuencia de Resonancia.

Generalmente no se dá, pero está muy ligada a la eficiencia.

h) Angulo de radiación.

Es interesante checarlo y trasladarlo geométricamente a nuestro estudio en particular.

De alguna forma si son varios los parámetros por comparar para hacer una buena selección, pero los altavoces son muy importantes tanto en la sala como en la cabina, por lo tanto se justifica el tomar la decisión con cuidado.

A continuación mostraremos una tabla de las marcas mas reconocidas profesionalmente en el campo del monitoreo de un estudio de grabación. Se consideraron otras no tan conocidas, pero que por sus especificaciones logran captar la atención.

La tabla III-7 ofrece una pequeña idea de la diversidad de marcas que actualmente compiten en el mercado americano. Algunas ya reconocidas como es el caso de UREI y CETEC GAUSS habrían de ser tomadas en cuenta para cuando estemos decidiendo la compra. Se incluyen algunas especificaciones pero éstas no son suficientes, pues las dimensiones, el peso, la impedancia y ángulo de radiación podrían influir en la decisión particular. Claro que el precio ayuda a seleccionar con mas facilidad aunque sugerimos si nuestro presupuesto es corto, hacer una inversión de apoyo extra, pues la satisfacción acústica durará un buen tiempo. Los precios enlistados fueron conseguidos durante finales de 1983.

Cuando tengamos decidido qué altavoces compraremos, entonces podemos ir pensando en la estructura o la forma de sostenerlos de acuerdo a lo decidido en el punto que se refiere a posición y orientación de los altavoces.

TABLA 111 - 7

LISTA DE ALTAVOCES DE POSIBLE EMPLEO DENTRO DE LA SALA Y CABINA			
MARCA	MODELO	ESPECIFICACIONES	COSTO EN DOLARES C/U
ALTEC-LANSING	19 SS	R. en F. 36-20,000 Hz \pm 5 dB/R. de C. 1.2 KHz/Sensibilidad 100.5 dB-SPL/Potencia 10-350W.	\$1,000.-
CERWING-VEGA	D-7 SS	R. en F. 25-17,000 Hz \pm 3 dB/R. de C. a 700 Hz y 3.5 KHz/Sensibilidad 98 dB-SPL/Potencia 125 W.	\$ 400.-
ELECTRO-VOICE	Interface D Serie II	R. en F. 28-18,000 Hz \pm 2.5/R. de C. a 40,350 Hz y 3 KHz/Sensibilidad 97 dB-SPL/Potencia 1.5-500W.	\$1,250.-
ELECTRO-VOICE	Interface a Serie III	R. en F. 35-18,000 Hz \pm 2.5 dB/R. de C. 49 Hz y 1.5 KHz/Sensibilidad 92 dB-SPL/Potencia 90-250W.	\$ 840.-
ELECTRO-VOICE	Sentry 100A Professional Monitor	R. en F. 45-18,000 Hz \pm 3 dB/R. de C. 2KHz/Sensibilidad 91 dB-SPL/Potencia 30W continuos.	\$ 219.-
INFINITY	Reference Studio Monitor	R. en F. 43-32,000 Hz \pm 3 dB/R. en C. 500 Hz y 5 KHz/Potencia 35-250 W continuos/Impedancia 4-8 ohms.	\$ 400.-
JAMO	P500 SS	R. en F. 22-20,000 Hz/R.en C. 1.25 y 5 KHz/ Sensibilidad 96.0 dB-SPL/Potencia 350W musicales.	\$ 260.-
JBL	4312 Monitor II	R. de C. 1.5 y 6 KHz/Sensibilidad 91 dB-SPL/Potencia 10-200W continuos.	\$ 435.-
JBL	4435	R. en F. 30-16,000 Hz/R. de C. 1 KHz/Sensibilidad 96 dB-SPL/Potencia 375W continuos.	-----
KINETIC AUDIO	Trapezoid	R. en F. 20-22,000 Hz \pm 1.5 dB/R. de C. 175 Hz, 2 y 7.5 KHz/Sensibilidad 91 dB-SPL/Potencia 15-150W continuos.	\$ 699.-
JVC	Zero 6	R. en F. 35-100,000 Hz/Potencia 100W continuos	\$ 440.-
KOSS	CM 1030	R. en F. 29-19,000 Hz \pm 3 dB/R. de C. 300 Hz, 2.5 y 7 KHz/Sensibilidad 94 dB-SPL/Potencia 15-200W.	\$ 500.-

R.en F. = Respuesta en Frecuencia
R.de C. = Redes de Cruce

B.3) EQUIPO TECNICO ADICIONAL.

Durante el desarrollo del presente capítulo, hemos visto primero las instalaciones de iluminación y aire acondicionado de la sala, para después pasar a conocer los principios físicos básicos de los transductores electroacústicos más importantes en la sala: los micrófonos y los altavoces. Vimos además dos listas conteniendo sugerencias para su selección.

Ahora y para finalizar el capítulo tercero, veremos una serie de elementos que conforman el equipo técnico adicional. Su presencia es necesaria dentro de la sala, pues son elementos que en determinados momentos pueden ayudar a mejorar o a acelerar la grabación que estamos llevando a cabo.

3.1) CABLES Y CONECTORES.

Dentro de la industria del audio nos encontramos con algunos parámetros y elementos que se han estandarizado para facilitar tanto a fabricantes como a compradores, la instalación de cualquier sistema de sonido. Las empresas dedicadas a la producción de cables y conectores de diversos tipos, son algunas de las que se tienen que ajustar a las normas y estándares vigentes.

Siendo este tipo de elementos conductores y conectores de una señal eléctrica, nos enfocaremos a tres características que son las interesantes: la impedancia del cable, la longitud y tamaño del mismo y la forma de los conectores.

La impedancia del cable esta fuertemente ligada a sus dimensiones. Para un sistema de audio de un estudio de grabación, se recomienda emplear líneas de Baja Impedancia, puesto que nuestras distancias no serán muy grandes. El calibre del cable recomendado, en función de la longitud máxima y la impedancia, se da en la tabla III-8, obtenida por Howard Tremaine (Ref. 13-A).

En general dicha tabla nos puede auxiliar en la conexión de los altavoces con la consola de control. El otro caso más frecuente de conexiones será el de micrófonos con la misma consola. En el mercado existen varios micrófonos que ya vienen con sus cables y conectores, lo cual facilita las labores.

Los tableros de conexión sala-consola tienen un diseño estandarizado y así los conectores de patas (pin) son los que le llegan a lograr el acoplamiento con la consola.

TABLA III - 8

CALIBRE DEL CABLE	IMPEDANCIA DEL CABLE		
	4 OHMS	8 OHMS	16 OHMS
15	38	76	137
16	17.4	45.7	91.4
18	15.25	30.5	61
20	7.6	15.25	30.5

LONGITUD DEL CABLE (m)

En el caso de tener líneas de Alta Impedancia, las longitudes de cable son mas grandes y existe peligro de captar otras señales -- electromagnéticas que pueden introducir distorsión en la señal que se transmite. El mismo H. Tremaine propone otra tabla con el calibre del cable y la longitud máxima recomendada para altas impedancias.

TABLA III - 9

CALIBRE DEL CABLE	IMPEDANCIA DE CARGA		
	100 OHMS	250 OHMS	600 OHMS
16	228.5	457	900
18	122	305	610
20	76	228.5	457

LONGITUD MAXIMA DEL CABLE (m)

En nuestro estudio deberemos contar con un buen surtido de cables, pensando en el número máximo de músicos e instrumentos.

3.2) TABLEROS DE CONEXION DE LA SALA - CONSOLA.

La función específica de estos tableros es interconectar un cierto número de entradas de micrófonos con la consola de grabación. Además las entradas de dichos tableros también aceptan conexiones con los instrumentos eléctricos que requieren normalmente de un amplificador (eléctrico y acústico) para ser percibidos por nuestros oídos, estos son básicamente las guitarras eléctricas, bajos eléctricos, órganos eléctricos y todo tipo de sintetizadores.

Otra función importante de los tableros es proporcionar a los músicos la señal que estamos grabando, mediante el uso de Audífonos. -- Conviene tener una caja de conexiones para varios audífonos.

La localización y número de tableros de conexión se hace según el criterio del encargado del diseño. En nuestro caso tendremos dos tableros localizados uno sobre la parte inferior de la pared donde la cabina y la sala se comunican y el otro sobre una de las paredes ----

laterales, más o menos a la mitad del estudio.

3.3) TRANSFORMADORES DE ACOPLAMIENTO.

Estos elementos tienen como función básica la de acoplar impedancias (por medio de transformadores) de los instrumentos eléctricos.

En la actualidad existe una gran variedad de dispositivos que generan una cantidad impresionante de efectos y distorsiones de las señales eléctricas generadas por guitarras y sintetizadores básicamente. Por lo tanto en ocasiones hay que hacer acoplamiento no sólo de los instrumentos, sino también de todos los dispositivos adicionales.

3.4) AUDIFONOS.

Los audífonos son elementos electroacústicos cuyos principios físicos de funcionamiento son similares a los de los altavoces. Son dos sus funciones básicas, la primera ocurre cuando estamos empleando técnicas de grabación "Multicanal", esto es cuando grabamos primero una base armónica (por ejemplo guitarra, bajo y batería) y después agregamos las voces u otros instrumentos, entonces músicos o cantantes deberán estar escuchando la base musical para hacer sus intervenciones adecuadamente.

La segunda función es cuando el músico o cantante desea escuchar simultáneamente lo que interpreta y la forma en que graba su interpretación.

Los audífonos se conectan en lo que en el medio se llama "caja de audífonos", la cual siempre es controlada por la consola. Estas cajas pueden conectar hasta 6 audífonos, para lo cual deberemos tener cuidado en emplear impedancias iguales.

La selección de audífonos también requiere hacer comparaciones entre las especificaciones de las marcas existentes en el mercado del audio.

Los precios pueden variar desde 70 hasta 300 dólares para obtener una calidad excelente. Algunas de las marcas que recomendamos son: AKG, AUDIO-TECHNICA, BEYER DYNAMIC, KOSS, SENNHEISER, SUPEREX, Y REVOX.

3.5) BIOMBOS

Los biombos son bastidores de madera, normalmente forrados con material acústico (fibra de vidrio, lana mineral, etc.). Su finalidad es la de aislar instrumentos cuando se tenga interpretación simultánea de varios músicos.

Actualmente su empleo ha disminuido debido a la grabación multi-

canal, pero se recomienda tener algunos de ellos pues algunas veces - por diversas situaciones se deben grabar varios instrumentos en directo.

3.6) BASES PARA MICROFONOS Y PARTITURAS.

Este tipo de bases siempre será útil tener en nuestro estudio. En el caso de las bases para micrófonos, debemos conseguir varios diseños, pues eventualmente es necesario usar técnicas de grabación especiales dependiendo de los músicos e instrumentos.

Así es como con una lista básica de equipo adicional concluimos con las instalaciones y equipo técnico indispensables para nuestra sala de grabación.

El capítulo siguiente nos llevará al diseño de la cabina de control así como a la selección del equipo de audio necesario.

CAPITULO CUARTO

LA CABINA DE CONTROL

INTRODUCCION.

La cabina de control será el recinto donde el Ingeniero de grabación controlará y procesará a los sonidos emitidos por los instrumentos y/o voces de los cantantes, para obtener finalmente una grabación estereofónica en una cinta de carrete abierto, llamada comúnmente Cinta Master.

Para lograr una grabación profesionalmente excelente no sólo requerimos de una buena acústica de la sala o de buenas técnicas de microfoneo, como vimos en el capítulo anterior, sino que el diseño de la Cabina de Control aunada a la habilidad del personal que intervenga, serán en conjunto, determinantes.

La cabina deberá contar con un buen diseño arquitectónico, que posibilite una visibilidad completa de la sala, por lo tanto de los músicos. Deberá ser una estancia agradable, puesto que las sesiones de grabación son muy largas en ocasiones, además de que normalmente hay un asistente, un productor o algún (os) invitados. Se deberá proveer un sistema de aire acondicionado, una iluminación adecuada y un espacio suficiente para no entorpecer las funciones de cada persona dentro de la cabina.

El aislamiento acústico será imprescindible para la misma, pues además de evitar la infiltración de ondas sonoras hacia la sala, será necesario contar con un buen coeficiente de absorción del sonido, lo cual nos llevará a obtener un Tiempo de Reverberación adecuado, esto se apreciará cuando se haga la reproducción del contenido de la cinta en cabina. La posición de los monitores es también de gran importancia para poder evaluar con más certeza la calidad de la grabación.

Finalmente el equipo electroacústico es el factor donde se pondrá la mayor atención en el presente capítulo, ya que en realidad una buena selección de equipo, es una de las partes medulares de una grabación con calidad, la otra, muy importante es la habilidad y creatividad del ingeniero, así como la experiencia e influencia del productor y de los músicos que interpreten las piezas musicales.

I) DISEÑO DE LA CABINA DE CONTROL.

I.1) DISEÑO ARQUITECTONICO.

Considerando principalmente las dimensiones de la sala de grabación, las necesidades de espacio para equipo y personal, la orientación de los monitores con respecto al ingeniero y la optimización de la acústica de la cabina; se procedió a diseñar en planos las vistas de planta, lateral e isométrica de un prototipo de cabina, el cual fué modificándose sobre los planos hasta satisfacer los objetivos --- planteados arriba.

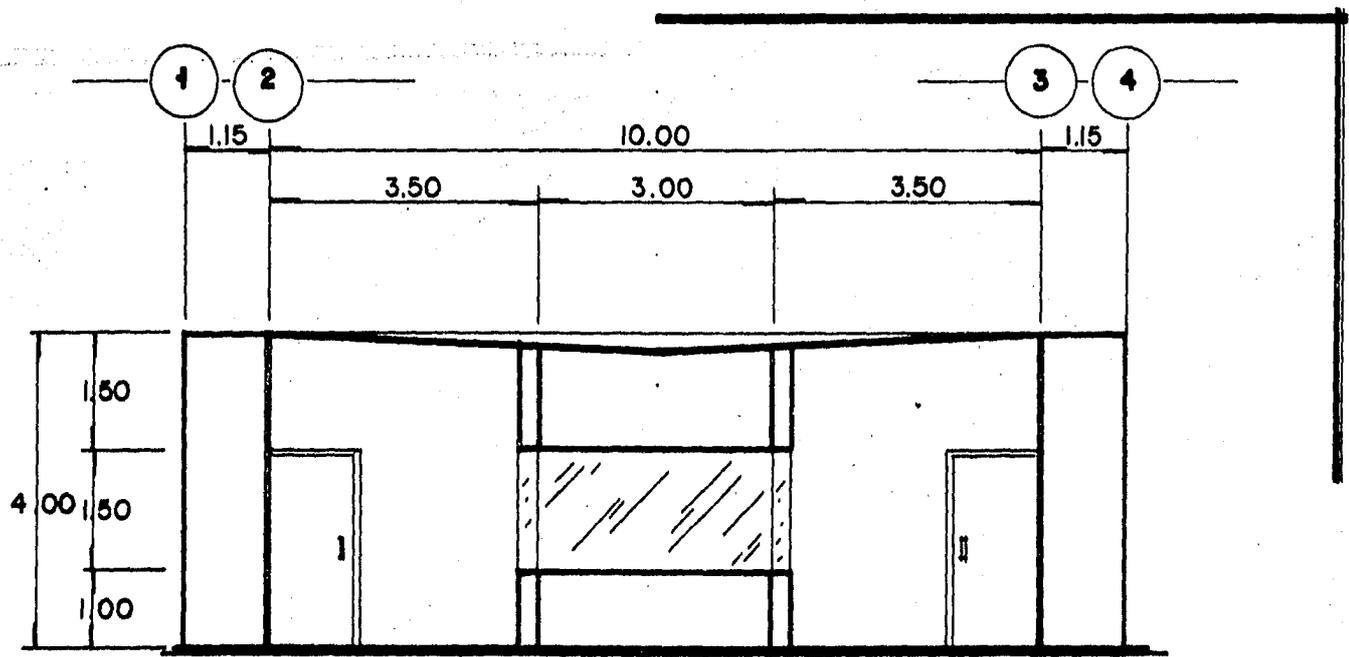
Una cabina con forma irregular es requerida debido a los razonamientos expuestos en el capítulo segundo, donde al diseñar la forma de la sala nos interesaba romper el paralelismo entre las superficies de la misma. Partiendo de esa base, las dimensiones y forma de la cabina son irregulares, como se puede apreciar en el plano isométrico correspondiente. El bloque o pared que soportará el peso de los monitores tendrá una inclinación de 45° a partir de la pared con sección de vidrio, esto lleva como finalidad alcanzar los oídos del ingeniero con una buena estereofonía.

En realidad las dimensiones finales de la cabina posibilitan un espacio adecuado para la distribución y manejo del equipo de grabación, en el plano de vista lateral podemos apreciar de una forma más exacta los espacios con que contaremos. El cálculo del Tiempo de Reverberación (T_{60}) de la cabina, considerándola con el material acústico, alfombra y vidrio nos dió un valor de 0.195 seg. Este valor comparado en la fig. II-1 (capítulo segundo), ajusta perfectamente con el volumen que contiene la cabina, cuyo valor es 47.4 m^3 . Los cálculos de T_{60} están registrados en el siguiente subtema.

También se ha incluido una vista de planta, de la cabina, para completar la visión sobre ella.

Se ha incluido además, una vista de la superficie donde los monitores quedarán empotrados. La elección de los altavoces la hicimos considerando la tabla III-7, de la cual el diseño, características y precio de la marca KOSS satisface nuestras necesidades.

Las dimensiones de cada altavoz son: longitud 0.7, ancho 0.4 y 0.3 de espesor. La separación entre ellos y su ángulo de desplazamiento con respecto a la pared que los soportará se obtuvo a partir de la figura III-21, donde para obtener la mayor área de captación en sonido estereofónico, se deberán separar 1.5 metros los altavoces y girar



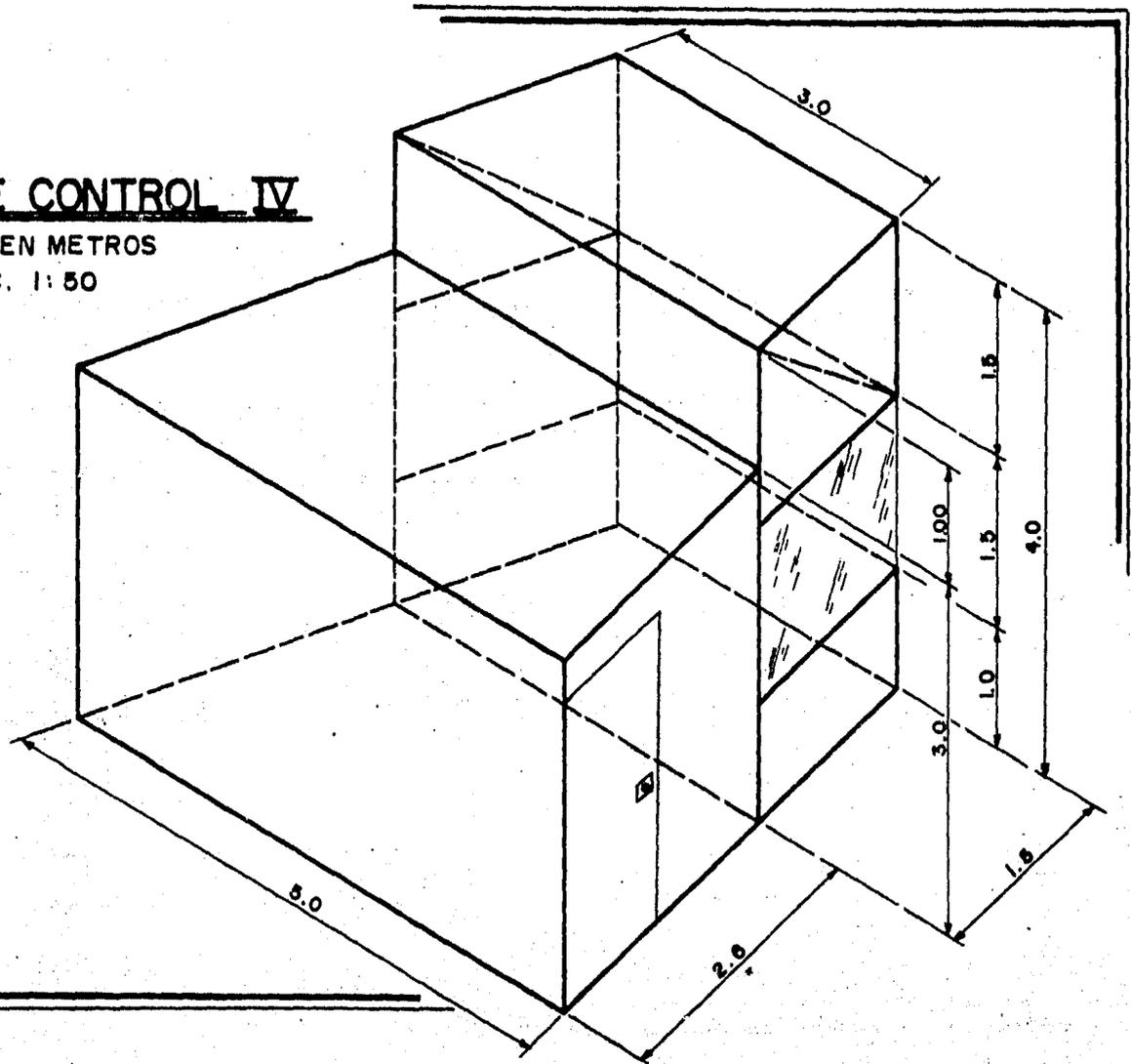
VISTA FRONTAL DE LA CABINA DE CONTROL
ESC. 1:75
ACOT. EN METROS

CABINA DE CONTROL IV

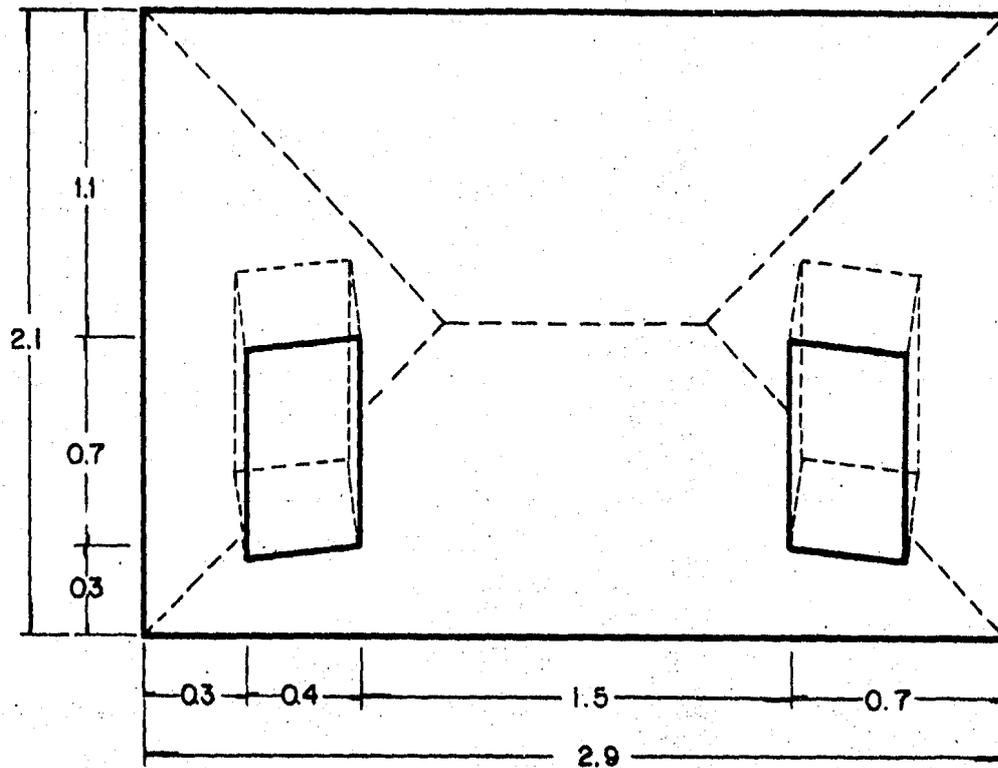
ACOT. EN METROS

ESC. 1:50

32



POSICION Y ORIENTACION DE LOS ALTAVOCES

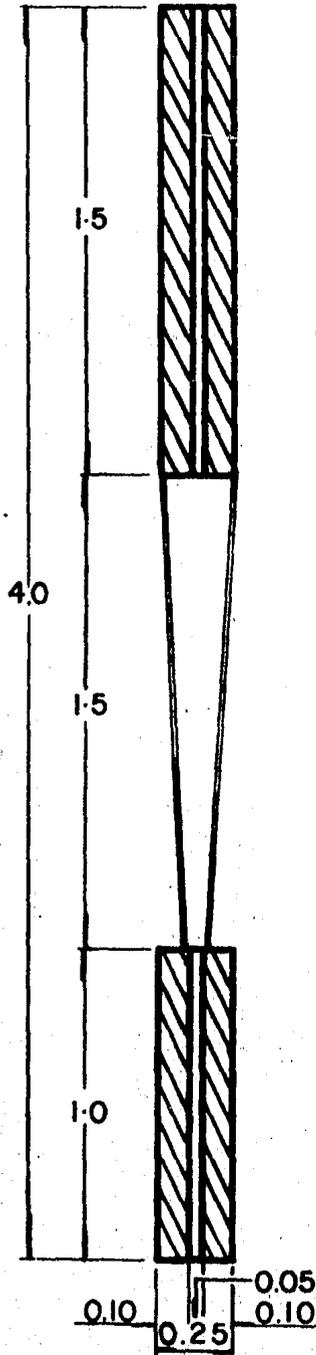


Desplazamiento de
los altavoces

$$\Theta = 5^\circ$$

Escala 1:20

CORTE SECCIONAL DEL MURO ENTRE SALA Y CABINA



Inclinación de
los vidrios

87°

Escala 1:20

los hacia el centro de la cabina con un ángulo de 5° con respecto a la pared. Para precisar lo anterior se sugiere observar el plano correspondiente a posición y orientación de los altavoces.

Finalmente en el último plano podemos apreciar una vista lateral de la inclinación de los dos vidrios que conectarán la cabina con la sala de grabación. Dicha inclinación tiene como objetivo que al incidir las ondas sonoras sobre ellos, la reflexión y refracción de las mismas tomen la dirección del piso alfombrado o del techo, tratando de evitar sobre todo la transmisión directa de las ondas hacia ambos lados de los vidrios. La inclinación de 87° resultó al tratar de mantener separados los dos vidrios para evitar sobre todo transmisiones de vibraciones en ellos. Como una sugerencia en la selección, nosotros emplearíamos CRISTAL de 6mm de espesor, debido principalmente a las características acústicas que brinda.

Pasaremos de inmediato a la sección de Acondicionamiento Acústico.

I.2) ACONDICIONAMIENTO ACUSTICO.

Como mencionamos en la introducción del presente capítulo, la cabina de control deberá contar con un acondicionamiento acústico en las superficies que se considere adecuado. Dicho acondicionamiento responde principalmente a las necesidades de obtener, primero un buen Tiempo de Reverberación (T_{60}) dentro de la cabina y segundo, un aislamiento de los ruidos externos generados tanto en la sala de grabación como en los espacios que rodean al estudio.

Para alcanzar un T_{60} óptimo se requiere además de la irregularidad del recinto, la colocación de material acústico en las superficies internas. Inicialmente consideramos forrar todas las superficies con fibra de vidrio (espesor de 2.54 cm) excluyendo únicamente el piso, el cual contendrá alfombra de lana de 1.5 Kg/m² además de su bajo alfombra de 1.4 Kg/m². La sección de cristal aunada a los materiales mencionados se emplearon en el acondicionamiento de la sala, visto en el inicio del capítulo segundo. Debido a que después de los cálculos correspondientes obtuvimos resultados muy aceptables, decidimos que las proposiciones iniciales fuerán las definitivas.

Las características de absorción del sonido para diversas frecuencias fueron tomadas de las tablas II-1 y II-2.

A continuación y de una manera similar a la realizada en el ----

capítulo segundo, mostramos los pasos realizados para obtener el Tiempo de Reverberación de la cabina.

La fórmula que posibilita el conocimiento del T_{60} es:

$$T_{60} = 0.61 \frac{v}{a}$$

donde:

v = volumen interno de la cabina (m^3)

a = absorción total del sonido (sabines)

además:

$a = S$

= coeficiente de absorción promedio para cada área.

S = área de cada superficie

Iniciamos los cálculos con el Volumen interno, para lo cual la cabina fué dividida en dos cuerpos geométricos, ambos, troncos de pirámides regulares, tal como se observa en la fig. IV-1.

La fórmula que nos conduce a calcular el volumen de los cuerpos es:

$$V = \frac{1}{3} h (B + B^1 + BB^1)$$

donde:

h = altura

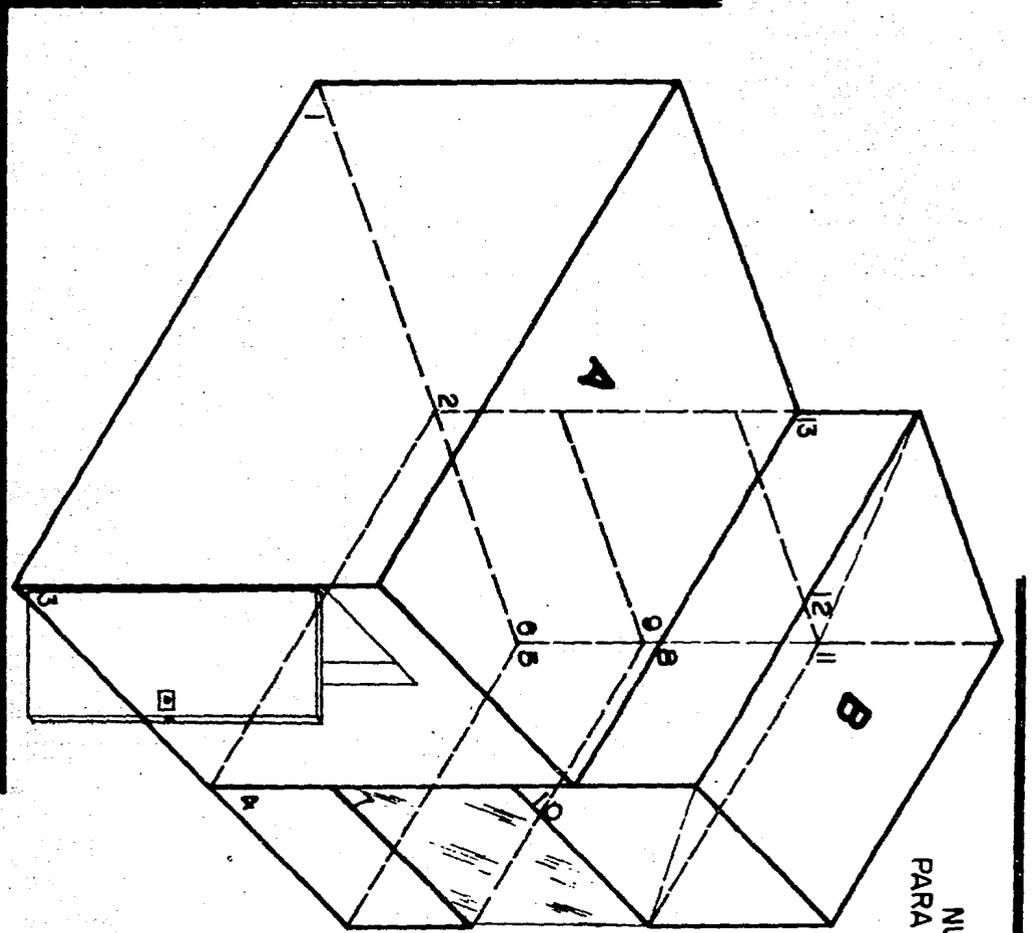
B = área de la base superior

B^1 = área de la base inferior

A partir de esta fórmula se obtuvieron los valores de:

$$V_A = 31.858 \text{ m}^3$$

$$V_B = 19.2 \text{ m}^3$$



NUMERACION DE SUPERFICIES
PARA CALCULAR EL T^º EN CABINA

Fig. IV - 1

VOLUMEN TOTAL = 47,4 M³

En el caso de V_B , debemos descontar el volumen que en la parte superior se pierde al incluir la sección inclinada donde se colocarán los altavoces; lo anterior nos conduce a un valor de:

$$V_c = 3.65 \text{ m}^3$$

Por lo que el volumen total de la cabina será:

$$V_T = 31.858 + (19.2 - 3.65)$$

$$V_T = 47.4 \text{ m}^3$$

Conocido el volumen de la cabina, ahora necesitamos encontrar el valor de la absorción total de sonido: a.

En el caso que nos ocupa tenemos bastantes superficies, por lo cual se numeraron conforme se muestra en la fig. IV-1, los números de identificación se colocaron en el ángulo inferior izquierdo de cada superficie. Las áreas de las superficies señaladas y su material respectivo se muestran en la tabla IV-1:

TABLA IV-1				
SUPERFICIE	AREA (m ²)	TIPO DE MATERIAL		
		FIBRA DE VIDRIO	CRISTAL	ALFOMBRA
1	14.1	14.1		
2	7.8	7.8		
3=2	7.8	7.8		
4	1.5	1.5		
5	3.0	3.0		
6=4	1.5	1.5		
7	2.25		2.25	
8	4.5		4.5	
9=7	2.25		2.25	
10	1.125	1.125		
11	4.8	4.8		
12=10	1.125	1.125		
13	3.5	3.5		
PISO	15.9			15.9
TECHO	11.1	11.1		
TOTALES	82.25	57.35	9.0	15.9

Los coeficientes de absorción promedio para cada uno de los materiales (para frecuencias hasta de 4 Khz) son:

Fibra de Vidrio --- 0.563
 Cristal ----- 0.0583
 Alfombra ----- 0.4

Los cálculos realizados posibilitan el llegar a conocer el coeficiente de absorción promedio de los materiales actuando conjuntamente, esto es:

$$\alpha_{\text{prom}} = \frac{(57.35)(0.563) + (9.0)(0.0583) + (15.9)(0.4)}{82.25}$$

$$\alpha_{\text{prom}} = \frac{39.172}{82.25} = 0.476$$

De donde pasamos a obtener la absorción total del sonido:

$$a = \alpha S = (0.476)(82.25) = 39.151 \text{ (sabines)}$$

Para llegar finalmente al Tiempo de Reverberación de la cabina:

$$T_{60} = 0.161 \frac{V}{a} = 0.161 \frac{47.4}{39.151} = 0.195$$

$$T_{60} = 0.195 \text{ (seg)}$$

Si observamos la fig. II-1 veremos que con el volumen que tenemos y el T_{60} calculado coincidimos muy aproximadamente con la curva (c) que es la aplicable a nuestro caso.

Aunque de hecho en la cabina no es tan necesario optimizar el T_{60} , es mejor tener un valor adecuado, pues el Ingeniero de grabación deberá escuchar con claridad y buena acústica los sonidos emitidos por los monitores, ya que de la cinta obtenida ahí depende en gran parte la calidad del producto final, ya sea disco o cassette.

A continuación veremos las instalaciones con las que debemos contar para convertir a la cabina de control, en un recinto agradable para trabajar.

I.3) ILUMINACION DE LA CABINA.

Las necesidades de iluminación para la cabina de grabación, diferirán muy poco con respecto a las planteadas en el diseño de iluminación de la sala. Por ejemplo emplearemos también Iluminación Semidirecta, pero con los siguientes porcentajes: 60% directa y 40% reflejada hacia arriba. Es claro que hay dos objetivos, importantes los cuales no debemos perder de vista: que el ruido generado sea mínimo y que tengamos una distribución balanceada de intensidad luminosa.

Como vimos al inicio del Capítulo Tercero, las lámparas incandescentes constituyen una elección necesaria. Basados en la misma sección, procedimos a efectuar los cálculos para conocer la Intensidad Lumínica total (ϕ) y el número de lámparas que generarán dicha demanda.

Partiendo de la ecuación:

$$\phi = \frac{A \cdot E}{C_a \cdot C_b}$$

donde:

A = Superficie del piso

E = Cantidad de luxes

C_a = Coeficiente de utilización

C_b = Coeficiente de mantenimiento

Observamos que sólo la superficie del piso es dato conocido, su valor es de: 15.9 m².

Para la cantidad de luxes necesarios, consultamos la tabla III-1 de donde escogimos la cantidad sugerida para Hoteles que es 90 luxes. Esto se debe a que no requerimos trabajo visual de precisión, de hecho la mayor parte del equipo electroacústico contiene indicadores iluminados, lo cual facilita el trabajo del ingeniero. Si además consideramos que muchos ingenieros prefieren emplear una iluminación parcial sobre el equipo, ya que ello les brinda una alta concentración en las sesiones de grabación; entonces podemos asegurar que la cantidad de luxes propuesta está un poco sobrada debido a que, cuando se hallan en el proceso de la mezcla final, muchos prefieren una iluminación mayor, pero no excesiva.

Siguiendo adelante, ahora para encontrar el valor de C_a, debemos conocer primero los porcentajes de reflexión seleccionados por nosotros, así como la Relación del Local, para poder emplear la tabla correspondiente. Entonces:

Reflexión en el techo50%
Reflexión en muros30%
Reflexión en el piso10%

Y para la relación del local:

$$R.L = \frac{A \cdot B}{H(A+B)} = \frac{(3.85)(4.1)}{(2.5 + 0.75)(7.95)} = \frac{15.785}{25.8375}$$

$$R.L. = 0.61$$

Los datos anteriores están basados en los conceptos y tablas vistas con anterioridad en el capítulo tercero. De la misma fuente consultamos la tabla III-3, para conocer el coeficiente de utilización. Debido a los datos particulares del caso tuvimos que interpolar para llegar al valor correspondiente que fué de: $C_a = 0.38$.

Por último de la tabla III-4 elegimos un estado de limpieza medio , o sea del 70%. Esto nos lleva a un $C_b = 0.7$.

Contando con los valores de los cuatro parámetros, estamos ya en posibilidades de conocer nuestra necesidad de intensidad lumínica total en la cabina, esto es:

$$\phi = \frac{A \cdot B}{C_a \cdot C_b} = \frac{(15.9)(90)}{(0.38)(0.7)} = \frac{1431}{0.266} = 5379.7$$

$$\phi = 5,379.7 \text{ (Lumens)}$$

Para cubrir dicha demanda, se seleccionaron lámparas incandescentes de 100 watts, las cuales emiten 1380 lumens cada una, por lo que con 4 lámparas aseguramos tener una iluminación adecuada y confortable, atendiendo a los previstos: 60% de iluminación directa y 40 reflejada hacia arriba.

I.4) AIRE ACONDICIONADO.

La instalación indispensable del aire acondicionado en la cabina, viene a reforzar la necesidad de contar con un sistema centralizado que se encargue de satisfacer las demandas del estudio de grabación.

Si consideramos que las exigencias de entrada y salida del aire tienen como objetivos primordiales: la introducción de aire de manera que se asegure una rápida mezcla con la de los locales y la reducción de la diferencia entre las temperaturas del exterior con las del estudio. Si además recordamos los conceptos anotados en el análisis del aire acondicionado para la sala (Capítulo Tercero, I.2), entonces la selección de un equipo o sistema adecuado se tornará más cuidadosa.

Expertos en el campo del Aire Acondicionado y Refrigeración, como es el caso de Carrier (ref.) recomiendan para el caso en que se tienen pocos locales, el empleo de un Sistema Centralizado, que dará el tratamiento térmico e higrométrico, con una sola instalación. En el caso particular del Estudio, esta sugerencia la tomaremos en cuenta, claro está, pensando en la posibilidad de dar servicio a otros pocos lo

cales que lo ameriten, esto dependerá del proyecto arquitectónico final.

En el capítulo tercero hablamos de realizar el cálculo de un Balance Térmico empleando todos aquellos parámetros y variables, de cuyo análisis saldrá la propuesta para elegir un equipo adecuado. Dicho análisis es muy especializado y como mencionamos corresponde a la compañía contratada, el cálculo del mismo.

Las mismas compañías tienen una forma aproximada de conocer la capacidad que deberá tener el sistema. El cálculo arroja un resultado en BTU/hr (British Thermal Units/hr) de las que obtendremos su equivalente en Toneladas de Refrigeración, unidad manejada por el Consorcio AVSA, del cual recibimos información muy interesante. La fórmula mencionada es la siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{(Area Total)} \text{ (Factor del lugar)} \text{ (Factor de Seguridad)} = \text{Capacidad} \\ \text{(ft}^2\text{)} \quad \quad \quad \text{(BTU/hr/ft}^2\text{)} \quad \quad \quad \text{(BTU/hr)} \end{array}$$

Considerando el área de la sala más cabina y tomando en cuenta que el factor lugar en este caso, la Cd. de México es 60 y sugiriendo un factor de seguridad de 1.1, tendremos:

$$(936.47)(60)(1.1) = 61,807. \quad \text{(BTU/hr)}$$

Debido a que una Tonelada de Refrigeración (T.R) equivale a 12,000 (BTU/hr), entonces requeriremos de un equipo capaz de manejar 5.15 T.R..

Finalmente para saber qué modelo seleccionar, se toman en cuenta las temperaturas interiores que se desean, en nuestro caso nos conviene 22°C en Verano y 19°C en Invierno.

Del catálogo de la compañía AVSA, encontramos que con los datos anteriores en la marca Carrier Universal, existe un modelo que excede la capacidad en un 32%, lo que consideramos adecuado ya que la ampliación del sistema es muy probable.

El modelo es: 50 DA 008 y su capacidad es de 91,000 (BTU/hr) = 22 (KCal/hr).

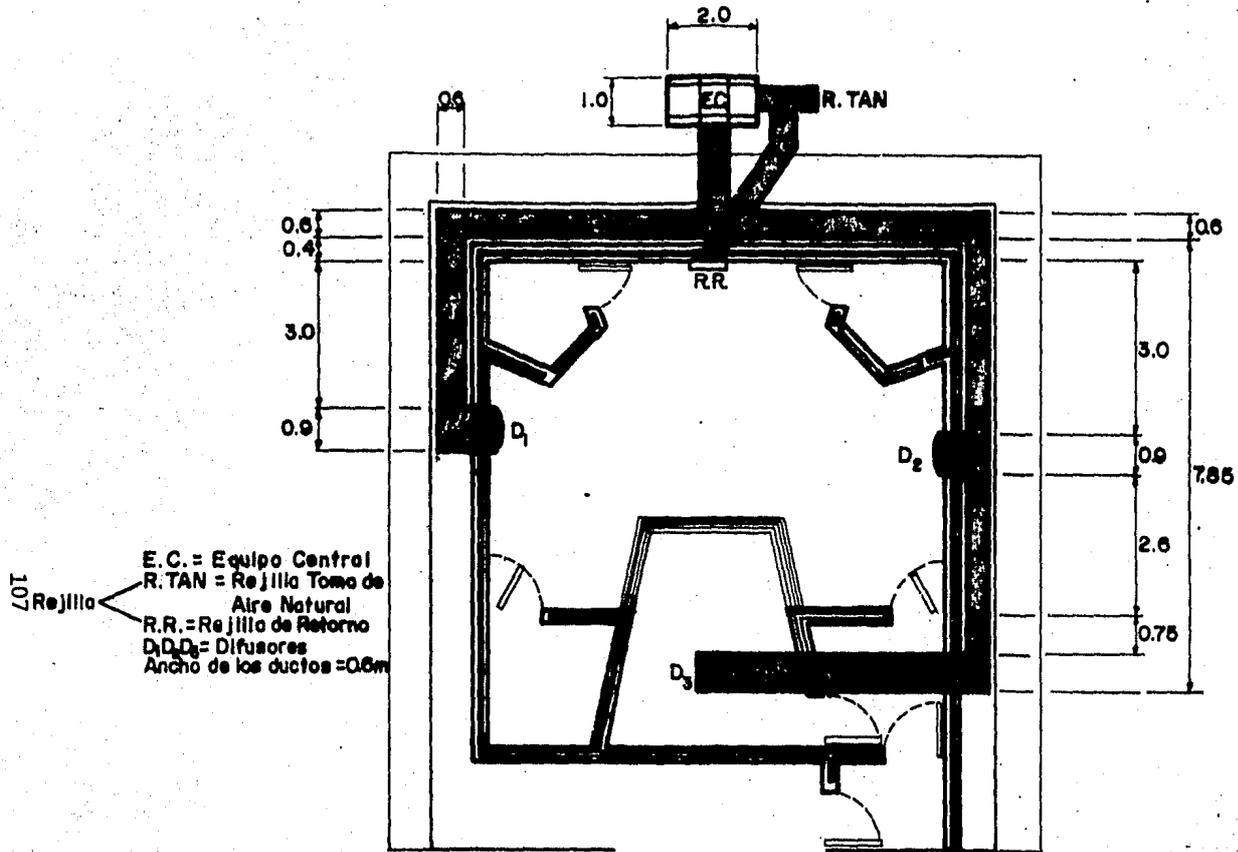
Conociendo las especificaciones del equipo, el siguiente paso es el de efectuar un diseño para optimizar la distribución de los ductos, de los difusores y del equipo central. En el plano correspondiente (al final de esta sección, se muestra una distribución sugerida por nosotros.

Como sabemos la mayor preocupación respecto al sistema de aire acondicionado es la referente al ruido que es generado por los elemen-

tos mecánicos-eléctricos que lo forman. Hay además otros ruidos indeseables: los que penetran del exterior. Los dos tipos de ruidos son conducidos por los ductos. Entonces debemos poner atención en reforzar -- las uniones entre los ductos para que la dificultad del paso al interior del ruido, sea máxima.

Este punto debemos resaltarlo con la compañía que venga a realizar la instalación. Además, el hecho de que necesitamos el mínimo de ruido en los difusores, ya que se podría dar el caso de que su operación fuese simultánea con alguna sesión de grabación. Un parámetro llamado en inglés Noise Criterion (NC) es determinante al respecto pues -- está asociado al nivel de potencia permitido del ruido (PWL) y al nivel de presión del sonido (SPL). La recomendación es que nuestra curva NC varíe entre 20 y 30, además de que se trabaje a velocidades menores de 122 (m³/min). Teóricamente el ruido producido con estas prevenciones será imperceptible. De hecho existen estudios en donde el ruido en ductos no es considerable y pueden realizarse las sesiones de grabación sin estar preocupados por el funcionamiento del sistema de aire a condicionado.

Concluimos así la primera parte, del presente capítulo. Enseguida entraremos a uno de los puntos más importantes: el equipo electrónico indispensable en cabina.



SISTEMA DE DISTRIBUCION CENTRALIZADO DE AIRE ACONDICIONADO PARA EL ESTUDIO

II) EQUIPO EN CABINA

II. 1) DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE GRABACION.-

Hasta el momento, el diseño del presente Estudio de Grabación nos ha llevado al conocimiento y desarrollo de conceptos y parámetros muy interesantes. Los diseños arquitectónicos de sala y cabina, los coeficientes de absorción del sonido, los tiempos de reverberación de cada uno de los recintos, los niveles del sonido, las instalaciones y el equipo técnico necesario en la sala así como los géneros musicales que potencialmente se podrían grabar; han sido analizados y comentados.

Toda esta infraestructura de elementos relacionados entre sí, nos conduce a la otra parte medular del funcionamiento del Estudio de Grabación, esta es la que se refiere al proceso de grabación, que a continuación describiremos a grandes rasgos.

Cuando nosotros escuchamos un disco o una cinta, normalmente no imaginamos el proceso de alguna manera complicado, que hace posible a nuestros oídos percibir una obra musical o una canción.

El inicio del proceso se da cuando el Ingeniero se halla en la sala de grabación preparando y probando el grupo de micrófonos, que según su experiencia y su técnica de microfoneo, lo llevarán a colocarlos de una forma determinada para iniciar las pruebas cuando los músicos lleguen a la sala. Los audífonos (headphones) también son chequeados para asegurar su correcto funcionamiento durante la sesión. Cuando los músicos han afinado sus instrumentos, el Ingeniero colocado ya en la cabina de control empezará a efectuar las pruebas de los niveles de intensidad emitidos por cada instrumento, cuya conexión con la consola de control se hace mediante los micrófonos asignados a cada cantante, instrumento o grupo de ellos. Normalmente las guitarras y bajos eléctricos, los sintetizadores y equipos para efectos especiales, así como algunos instrumentos de cuerdas o alientos con pastilla adaptada; son conectados mediante un transformador de acoplamiento, conocido en el medio como "caja directa".

Las posibilidades de entrada a la consola dependen de su diseño y de nuestras necesidades. Cada entrada de la caja de conexión se asigna a un canal de la consola, la cual se encuentra constituida por un conjunto de circuitos que brindan un gran número de posibili-

dades para procesar las señales individualmente o en grupos.

La consola es en realidad el cerebro técnico de una grabación, esto se puede apreciar en el diagrama que se presenta al final del subtema. Una descripción básica de sus funciones se verá enseguida.

Realmente nos interesa comentar que por medio de ella el ingeniero controlará todas las señales que lleguen desde la sala y tendrá las siguientes posibilidades:

a) Procesar independientemente cada canal buscando una adecuada ecualización (paramétrica) para los tres principales rangos de frecuencias: agudos, medios y bajos.

Esto quiere decir que se pueden cancelar las frecuencias que no le interesen en algún instrumento y por supuesto igualar a resaltar aquellas que se prefieran.

b) Puede agregarle Eco a la señal de cada canal.

c) Dos o más señales pueden combinarse sobre un canal (premezcla).

d) Uno o varios canales pueden amplificarse y asignarse del lado izquierdo o derecho del sistema de monitoreo estereofónico.

e) Uno o varios canales pueden ser enviados para satisfacción de los escuchas, hacia el Equipo Periférico del cual se hace una descripción más adelante, por el momento sólo mencionaremos las unidades que lo conforman: Ecualizador Gráfico, Ecualizador Paramétrico, Expansor, Limitador, Reductor de Ruido, Retrasadores de Señal, Reverberación, Exitador de Voz y Eliminador de Siseo; principalmente.

f) Puede variarse la ganancia de cada canal.

g) Cada señal puede ser dirigida vía switcheo hacia los audífonos de los músicos.

h) Cada señal puede ser amplificada y enviada hacia los altavoces colocados en la sala de grabación.

i) Cuando se considere adecuada una señal, puede ser enviada hacia

la grabadora multicanal, a la cual se le irán sumando las otras señales, hasta que se termine de grabar la canción u obra musical.

Existe aún otra posibilidad importante para el enriquecimiento de una obra musical, esta es la que brinda el tener grabado de antemano en otra cinta efectos especiales, ya sean electrónicos o naturales (cantos o sonidos humanos, mar, sonidos emitidos por animales, ruidos, etc.). Esta cinta puede ser reproducida por otra grabadora de cuatro canales por ejemplo y ser conectada con la consola de mezcla. La grabadora de cuatro canales también se usa para sacar copias de la cinta original o master.

En este punto convendría dar una revisión al diagrama del proceso general para clarificar un poco más las descripciones relatadas hasta aquí. En él se observa un elemento que aún no ha sido mencionado y que es: la grabadora de dos canales.

En dicha grabadora es finalmente a donde la cinta obtenida en grabación multicanal será vertida a través del proceso llamado MEZCLA, en una cinta de dos canales (estéreo) llamada cinta master.

En una mezcla multicanal, el ingeniero y el productor escucharán cuidadosamente cada canal de la cinta antes de trasladarla a su destino final en lo que cabina se refiere.

El ingeniero y el productor tienen dos focos principales de atención durante una sesión de mezcla. Consideraciones técnicas que envuelven la calidad del sonido, el tono y el nivel de cada instrumento, así como los requerimientos para obtener finalmente un disco-maestro. Consideraciones de tipo musical incluyen cuándo y cuánto enfatizar ciertos ritmos, melodías o los solos de instrumentos, sus interrelaciones y si sería benéfico o no, alterar algún o algunos instrumentos o voces, haciendo uso del equipo periférico.

Con bastante probabilidad una canción puede sonar como dos piezas enteramente diferentes, dependiendo de la forma en que sean mezcladas. Entre más canales se utilicen en una grabación y entre más complejos sean los arreglos instrumentales y vocales, mucho más complicado será el proceso de mezcla, pero se tendrá una mayor calidad en la grabación, siendo factor importante también, el tiempo dedicado a la mezcla.

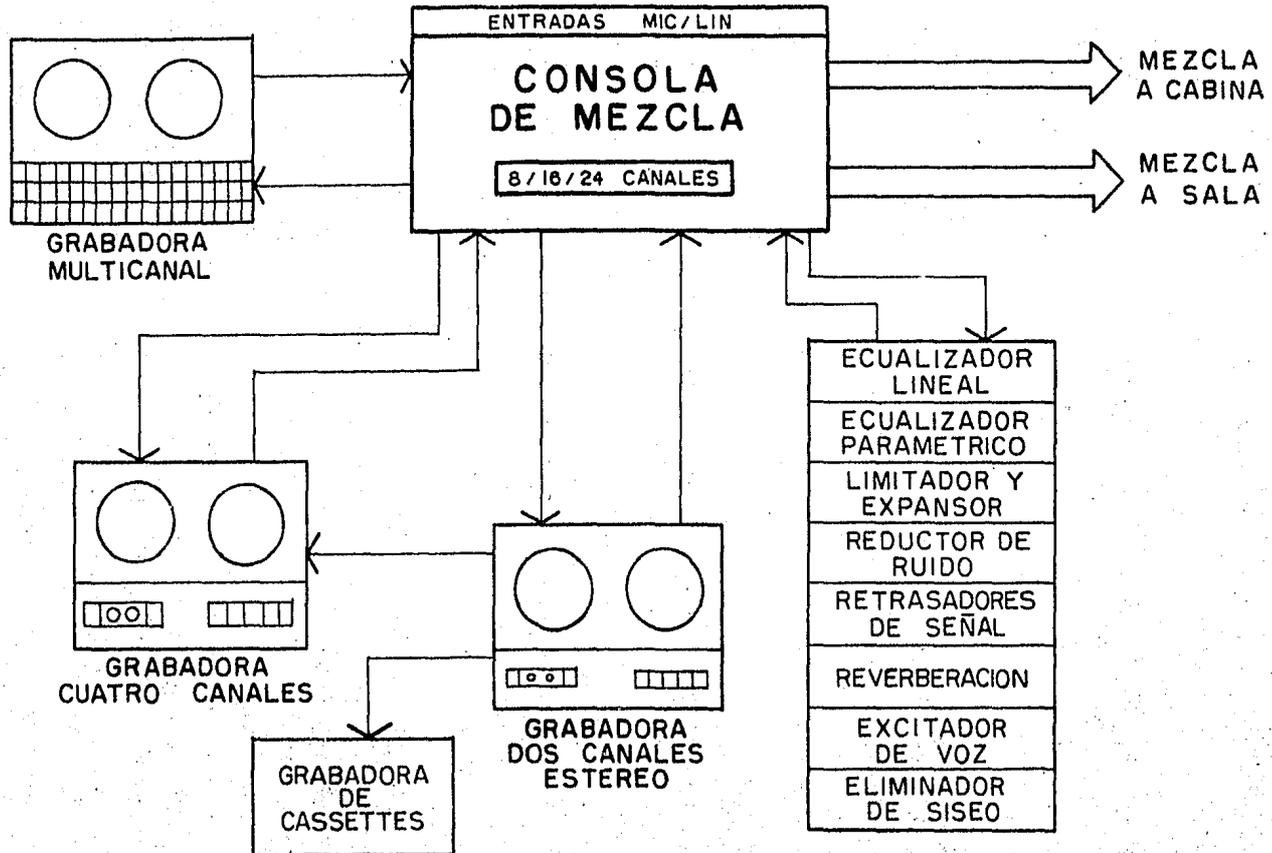
Una vez que todas las decisiones se han tomado, se procede a grabar la cinta en estéreo. De ella dependerá en gran parte la alta calidad de un disco o de un cassette.

La parte final de un proceso de grabación es la parte de la Manufactura, la cual consiste de cuatro pasos importantes: 1) Proceso de Corte. 2) Obtención de una Matriz. 3) Prensado. 4) Empaque.

De estos pasos el que más cuidado exige es el proceso de corte, pues en realidad el trabajo realizado ahí, es todo un trabajo de laboratorio donde la asepsia del local y del operador es necesaria para no afectar la calidad del acetato con polvo o alguna partícula del medio ambiente. En este lugar se efectúa la transferencia de la cinta master al acetato. Si el encargado del corte detectara alguna anomalía en la grabación, podría hacer alguna modificación de la e-cualización para mejorar la calidad.

El proceso de grabación finaliza con la introducción del disco en el mercado. Ahí en la tienda o sección de discos, al escoger un ejemplar, uno no se imagina la gran cantidad de conceptos de audiotecnología involucrados en el producto final.

DIAGRAMA GENERAL DE UN PROCESO DE GRABACION



II.2) DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO.

En el punto anterior hemos visto los pasos principales que implica la realización de una grabación en un estudio profesional. Del equipo mencionado en el proceso se hizo notoria la función de la consola de mezcla. De ella se explicaron sus posibilidades y sus relaciones con el equipo que se encontrará en la cabina.

Ahora procederemos a describir el funcionamiento general de los equipos mencionados, esto con el objeto de profundizar en la comprensión del proceso. Se hablará un poco más sobre las consolas actuales ya que existen grandes posibilidades no mencionadas en el punto anterior. Las grabadoras serán el segundo punto en importancia y finalmente al equipo periférico se le dará la atención que merece, puesto que en realidad es una herramienta que puede modificar sorprendentemente cualquier señal procesada por sus componentes.

a) CONSOLAS .-

Las consolas de mezcla han sido motivo de constantes avances en los laboratorios de investigación electrónica. Su relación con la tecnología digital y los procesos computarizados, las están volviendo cada vez más poderosas.

A la fecha la mayoría de ellas utiliza procesos analógicos cuyas funciones principales ya fueron descritas. Existen también algunas marcas que han automatizado parte y a veces la totalidad de sus funciones.

La marca SOLID STATE LOGIC (SSL) tiene en el mercado su modelo SL4000ES, cuyo cerebro es un microprocesador integrado que controla internamente todas las funciones y muestra su estado de operación en una pantalla de video. Una de sus ventajas es que puede almacenar permanentemente una gran cantidad de información, la cual queda grabada en discos conocidos en el medio de la computación como "floppys". En ellos el ingeniero puede almacenar cualquier número de mezclas de los canales y combinarlas para escuchar el resultado de su asociación. La pantalla de video ayuda a mostrar la operación, pudiendo insertar parte de una mezcla en cualquier otra. Además se puede observar el status de cada canal, según se requiera. En muchas sesiones de grabación que se extienden demasiado, tanto músicos, productor e ingeniero pueden finalizar su trabajo por ese día, dejando almacena

nada la ecualización o las mezclas de la canción que no se haya terminado de grabar. Entonces al día siguiente, todos frescos, se le pide a la SSL la información almacenada y en cuestión de segundos se encuentra lista para continuar la sesión.

Existen otras marcas de consolas cuyos sistemas de automatización de funciones las hacen muy atractivas para aquellas personas o compañías que puedan pagar su costo. La marca NEVE tiene su modelo NECAM II controlado por un microprocesador muy poderoso. La marca -- MCI también representa una opción de reconocida calidad y eficiencia.

Por supuesto que las marcas mencionadas tienen modelos menos sofisticados que actualmente ocupan un espacio principal en las cabinas de control de muchos estudios en México y sobre todo en Estados Unidos, donde la expansión de la industria de la grabación avanza día con día. Muchas marcas nuevas, variabilidad en precios, muchos perfeccionamientos y diversas actuaciones hacen difícil una elección. Se sugiere observar al final del presente capítulo la lista de equipo mas reconocida en el primer lustro de la década de los -- 80's.

b) GRABADORAS.

Las grabadoras de cinta tienen tres funciones principales: grabar el sonido, reproducirlo y borrarlo. Como los micrófonos y altavoces, ellas transforman un tipo de energía en otro.

Las grabadoras de cinta magnética convierten las señales eléctricas en magnéticas y las imprimen sobre una cinta, que consiste de un material plástico de soporte el cual está bañado con partículas metálicas (óxido férrico, dióxido de cromo, u otros óxidos metálicos) que reaccionan al estímulo de una señal electromagnética. La -- "cabeza grabadora" actuando sobre la cinta emite un flujo magnético que hace una ordenación de las partículas en patrones magnéticos -- que reflejan el sonido que se está grabando. La "cabeza borradora" satura a la cinta con una señal de altas frecuencias que destruyen los patrones previamente grabados y dejan a las partículas de la cinta otra vez en una distribución aleatoria, listas para ser rearrregladas con nuevos patrones de sonido. La "cabeza reproductora" realiza un proceso inverso al de la grabación, ya que ella convierte los patrones de la cinta en señales eléctricas, las que a su vez son procesadas y amplificadas para poder ser escuchadas en los altavoces de --

la cabina o de la sala.

Hay dos variables principales que permiten a una grabadora ser empleada con varios tipos de cintas: Bias y Ecuación.

El control de bias ajusta la intensidad del campo magnético en el que la cinta actúa óptimamente. Sin una propia corriente de bias la señal que se está grabando será distorsionada. La corriente de bias es una señal de alta frecuencia (de 100 a 350 Khz) cuyo objetivo es cambiar la relativa magnetización de las partículas para que reaccionen proporcionalmente.

El otro ajuste importante de la cinta es la ecualización particular de una cinta, que la ayuda a responder de una forma similar a todas las frecuencias.

La alineación correcta de las cabezas de una grabadora es muy importante y debe chequearse antes de cualquier sesión. Las cabezas y la cinta deben intersectarse en ángulos rectos, de otra forma existirá una pérdida de información de audio o inclusive se puede generar un desfase en los canales de grabación.

La velocidad de grabación y el ancho de la cinta también afectan la calidad de las señales. Generalmente, entre mayor es el área de la cinta expuesta a la señal de audio, menos distorsión o saturación se obtendrá. El avance de la cinta en velocidades altas, maximiza el área de la cinta expuesta a la señal de grabación.

Las grabadoras profesionales operan usualmente a velocidades de 15 ó 30 pulgadas por segundo (0.38 ó 0.76 m/seg.). La exactitud con la que una grabadora mantiene su velocidad también afecta una grabación. Variaciones en la velocidad producen "wow" and "flutter", efectos audibles de intensidad parecida a la que sus nombres sugieren.

La grabación multicanal que ha sido mencionada ya en varias ocasiones, es la capacidad de grabar cuatro o más señales sincronizadas sobre una cinta, para después mezclarlas y obtener una cinta master de dos canales. Cualquier canal puede ser reproducido, borrado y regrabado sin afectar a los otros. Esto da a las grabadoras multicanal una increíble versatilidad para grabar diferentes canales en tiempos diferentes. La sincronización de los canales crean la ilusión auditiva de que fueron grabados simultáneamente.

Las grabadoras profesionales usan cintas de media pulgada para grabar en cuatro canales, una pulgada para ocho canales y dos pulga-

das para dieciseis ó veinticuatro canales. Existe la posibilidad de emplear treinta y dos, cuarenta y ocho y sesenta y cuatro canales, - aunque se requieren usar dos o más grabadoras.

Los estudios que ofrecen grabación multicanal están normalmente equipados con su grabadora multicanal, una de dos canales para la mezcla y una de cuatro canales así como de una cassettera para la obtención de copias.

Las características de la grabación multicanal han creado la costumbre de realizar (al menos comercialmente) grabaciones en varias etapas. Por ejemplo en la primera sesión se graba la base rítmica, formada normalmente por batería, bajo, guitarra y piano; aunque ello depende del tipo de música, ya que música clásica o contemporánea en sus diversos géneros requiere de otras técnicas de grabación.

En la segunda sesión se hacen los doblajes, conocidos en inglés como overdubbing. Estas partes musicales están contenidas, la mayoría de las veces en las partituras de las canciones y en otras ocasiones el arreglista, el productor, los mismos músicos o el ingeniero dan sugerencias para enriquecer la base musical con la que se cuenta. Instrumentos de cuerdas y de alientos son usualmente los más solicitados.

Finalmente las voces, coros o efectos especiales son sumados para completar la canción.

Este proceso es el más favorecido por el campo comercial de la música y les ha proporcionado ciertas ventajas en el control de la calidad para cada instrumento, mejor distribución de espacio en la sala y la posibilidad de corregir errores en el momento en que se detectan.

Los sistemas eléctricos de una grabadora producen ruido el cual se experimenta como un "hiss" de alta frecuencia en la reproducción, -- que es más aparente cuando la música fué grabada en bajos niveles de volumen. Para atacar este problema en la década de los 70"s se experimentó con algunos sistemas reductores de ruido, que se han venido perfeccionando constantemente. Sistemas como DOLBY y dbx manipulan el rango dinámico de la señal antes de ser alcanzada por la cabeza grabadora, con el objeto de que en la reproducción el hiss caiga en un nivel inaudible.

Si un sistema reductor de ruido es empleado en la grabación, -- entonces al reproducir deberemos hacer uso del mismo, de manera que la señal manipulada regrese a su estado original. Muchos ingenieros prefieren trabajar en alta velocidad (30 pps) sin hacer uso del sistema reductor de ruido.

En lo referente a las marcas reconocidas en el mercado del audio, sugerimos de nuevo observar la lista incluida al final del capítulo.

c) EQUIPO PERIFERICO.-

En el diagrama mostrado y en la descripción del proceso de grabación se hace notar la presencia indispensable del equipo periférico. Sus componentes principales, con los cuales se asegura contar -- con herramientas suficientes para poder mejorar o modificar una señal o mezcla, son: Ecualizadores Gráficos y Paramétricos, Limitadores y Expansores, Reductores de Ruido, Retrasadores de Señal, Sistemas de Reverberación, Exitadores de Voz y el Eliminador de Siseo. A continuación daremos una breve descripción de las funciones que cada uno podría proporcionarnos.

c.1) ECUALIZADORES.-

Si buscamos un poco de historia sobre los ecualizadores, encontraremos que las primeras consolas de mezcla usaban ecualizadores de 2 bandas, el control para bajos era arriba de 100 Hz y para agudos -- variaba entre 5 y 10 Khz.

Modificaciones constantes llevaron al siguiente paso considerable: cuatro controles (2 para agudos y 2 para graves). Uno de los controles seleccionaba la frecuencia y el otro controlaba la ganancia, normalmente en pasos de 2dB. El ecualizador de 3 bandas hizo su

aparición poco tiempo después, con ello se añadió una nueva dimensión y enriquecimiento para el sistema auditivo. Agudos, medios y graves podían modificar el sonido del instrumento y compensar deficiencias del micrófono.

El primer ecualizador moderno consistió de 4 bandas: agudos, medios, medios bajos y bajos. Cada canal tenía su propio control de ganancia, que era capaz de sumar o restar hasta 15 dB en pasos de 2 dB. En la actualidad este tipo de ecualizador es el que normalmente se halla integrado a la consola.

Independientemente del ecualizador mencionado, es recomendable contar exteriormente con un ecualizador gráfico y uno paramétrico. Veamos en que radica su diferencia:

Un ecualizador gráfico proporciona control sobre muchas frecuencias simultáneamente, estas están definidas y especificadas sobre su tapa frontal de control; la posición relativa de los controles hace visualizar de forma gráfica en qué secciones se está modificando el rango de frecuencia de una señal.

Un ecualizador paramétrico ofrece la posibilidad de ecualizar entre dos frecuencias seleccionadas, mientras se varía la ganancia en ese intervalo.

Normalmente el mejor tiempo para ecualizar es durante la preparación y la sesión de grabación. Se sugiere no usar demasiado el ecualizador durante el proceso de mezcla, ya que ruido eléctrico será sumado a las señales.

Un punto muy importante será el de estudiar los rangos de frecuencias de los instrumentos que se grabarán con ello se pueden suprimir frecuencias no deseables para un determinado instrumento.

Expertos en grabación sugieren añadir un poco más de ecualización en los límites de los rangos, puesto que con el transcurso del tiempo, se tiende a una pérdida en esos extremos de la cinta.

Por último, enfatizaremos que la ecualización más importante es la que se da en la consola.

c.2) COMPRESORES.-

Los compresores reducen el rango dinámico, atenuando automáticamente el nivel de los sonidos mas fuertes. Un compresor garantiza que una señal puede ser grabada mucho más fuerte que el ruido de background, sin alcanzar a distorsionarse.

c.3) LIMITADORES.

Son similares a los compresores, excepto porque su diseño los hace cortar los picos de una señal repentinamente; como es el caso de algún cantante que emita una nota de intensidad muy alta.

Tanto compresores como limitadores tienen marcado un umbral -- que es fijado por la persona que lo emplee.

Se sugiere hacer uso de los Compresores, Limitadores y Expansores de preferencia en el proceso de mezcla.

c.4) EXPANSORES.-

Los expansores incrementan el rango dinámico en la reproducción, ellos compensan un poco el trabajo hecho por un compresor. Algunas gentes en el medio los califican como "puentes musicales", ya que tienen la capacidad de elevar una señal de intensidad baja hasta un umbral predeterminado.

c.5) SISTEMAS DE REVERBERACION.-

La construcción de estudios con tiempos de reverberación bajos fortaleció el empleo de las grabadoras multicanal, cuya ventaja era la de poder mejorar o modificar la acústica de la sala manejando los canales independientemente a través del uso de sistemas de reverberación. Actualmente muchos estudios están diseñados para grabaciones multicanal y paradójicamente grandes sumas son gastadas para controlar los tiempos de reverberación bajos.

Por otro lado los equipos de reverberación artificial han incorporado grandes expertos en audio para reproducir las características de sonidos ambientales. Las investigaciones generadas en este -- problema han conducido a nuevos caminos creativos musicales usando -- reverberación y retrasos de tiempo.

Como vimos en el capítulo segundo, el tiempo de reverberación es el tiempo que tarda una señal en decaer a 1 millonésima de su amplitud original. Obtuvimos también un T_{60} particular de la sala y de las cabinas. Pero ahora como resultado de los rápidos avances en el procesamiento de señales podemos contar en nuestro estudio con algún sistema de reverberación que modifique nuestro valor original.

Existen varias formas de modificar la reverberación de una señal; probablemente la más elegante y costosa es la que obtiene reverberación artificial usando una cámara real en donde se coloca un al-

tavoz y un micrófono, estos manejados por la consola de mezcla suman una señal reverberada atrás de la señal directa. Este sistema produce la más alta calidad de reverberación que se puede obtener, claro que la integridad del diseño y construcción de la misma serán determinantes.

Otro método como la Reverberación obtenida en base a múltiples cabezas reproductoras de la grabadora, fué muy usada después de la Segunda Guerra Mundial. Este sistema contenía muchas limitaciones.

Un sistema muy empleado es el que obtiene la reverberación a través de resortes. La marca AKG tiene varios modelos que son ampliamente usados, y que basan su diseño en el principio de Transmisión Torsional. Los costos de estos sistemas en la mayoría de los casos son bajos, pero pueden alcanzar valores como el modelo BX-25E de AKG, cuyo valor en abril de 1983 era de \$5,500 dólares.

Finalmente, encontramos que el equipo más ampliamente usado en reverberación artificial en estudios profesionales es la Reverberación por placas. El diseño de placas de metal fue originado y patentado por la compañía EMT.

El diseño de placas debe observar algunas variables críticas. La relación entre el tamaño y espesor de la placa deben ser cuidadosamente acopladas. Se ha encontrado también que la reverberación libre a partir de resonancias notables, debe tener una densidad de frecuencias de resonancia más grande que 3 por hertz en el rango de frecuencias medias. Un tamaño pequeño de placa es deseable, pero la placa resultante podría ser también muy delgada con un resultado de pérdidas en el decaimiento del tiempo en altas frecuencias, debido al amortiguamiento de la presión del aire contra la placa. Por otro lado la masa de la placa debe mantenerse pequeña debido a que la impedancia de ella determina la respuesta en frecuencia del sistema de reverberación completo.

El modelo más popular de este tipo de sistemas es el EMT-140 - pero un modelo mejorado, el EMT-240 ofrece una opción para los interesados en obtener mayor calidad, aunque con un costo mayor.

El punto final por tratar en lo referente a reverberación es el que nos relaciona al fenómeno natural con lo digital. La reverberación natural es causada por los retrasos de tiempo asociados con el sonido reflejado por las superficies de un recinto. Al principio parecía simple el duplicar un sonido reverberante con -

un número de líneas de retraso digital de longitud variable, realimentarlas una a otra y mezclarlas juntas en sus salidas. Varios problemas para alcanzar el objetivo un tanto sofisticado, mantuvieron a la reverberación digital impráctica hasta 1978.

Los campos reverberantes simples requerían de un diseño y un extenso programa que imitará cada reflexión, resonancia, atenuación, etc, todo dentro de un sistema. Pero la constancia en investigación abrió tremendas posibilidades, ya que características nunca antes logradas por sistemas mecánicos o acústicos, ahora podían ser sintetizadas. Altos niveles de software proporcionaban el control directo sobre muchos parámetros del programa para almacenar un grado impresionante de variaciones sobre el efecto de reverberación. Por ejemplo, estos parámetros incluían: pre-retrasadores ajustables; pre-ecos cada uno con nivel y retraso variable, relación controlable de decaimiento en varias partes del rango de frecuencia, controles de diferenciación entre patrones al frente y atrás de un ambiente simulado y más aún la opción de simular otros sistemas de reverberación artificial. Claramente para el usuario de estos procesadores digitales los días simples de lograr decaimiento en el tiempo y una mezcla balanceada se habían terminado. Ahora el ingeniero de grabación se enfrentaría al manejo de muchos parámetros y decisiones y tendría la oportunidad de definir precisamente su simulación del ambiente acústico.

c.6) RETRASADORES DE SEÑAL.

Los retrasadores de señal como su nombre lo indica, tienen la función principal de retardar una señal analógica, en forma digital. Existen dos tipos principales de equipos que pueden retrasar a una señal: los Retrasadores de Tiempo (Time Delay) y los Armonizadores (Harmonizers).

Los retrasadores de tiempo digitales fueron una de las primeras líneas de productos, en romper con la tradición analógica en los estudios de grabación. Desde entonces, los procesadores digitales de señal y los sistemas de reverberación digitales se han agregado en los conjuntos del equipo periférico que muchos estudios ofrecen dentro de sus servicios.

En los retrasadores digitales, la señal analógica pasa primero por un filtro paso bajas, después es muestreada y finalmente es con

vertida en digital por medio de un convertidor analógico/digital. - Los datos binarios son escrito dentro de una memoria de accesos --- aleatorios. Antes de que la memoria esté llena, los datos son leí-- dos y reconvertidos a analógicos, por un convertidor digital/analó-- gico. La fidelidad de la señal, está en función del rango de mues-- treo y de la capacidad en Bits de los convertidores.

El tiempo de retraso máximo que nos puede brindar un equipo co-- mo este, esta también en función de la capacidad de almacenamiento de su memoria. Por ejemplo, un retrasador con 256 Kbytes, que mues-- trea a una frecuencia de 41 KHz. y que cuenta con un convertidor de 12 bits, podría proporcionar retrasos de hasta 520 milisegundos. -- Hay retrasadores que pueden alcanzar hasta 4 segundos.

Los retrasadores digitales se introdujeron hace 10 años y des-- de entonces han sido motivo de constantes mejoras, hasta el grado de que se consideren actualmente indispensables en cualquier estu-- dio.

Entre las principales funciones que un retrasor de tiempo pue-- de proporcionar, están las siguientes: pueden lograrse efectos de - coros (Chorusing), de doblajes (Doubling), Vibratos, Ecos múltiples, Repeticiones infinitas, Tremolos, Efectos Doppler y Hass. Además al-- gunos cuentan con un Oscilador controlado por voltaje para la modu-- lación en el tiempo. Los rangos dinámicos que manejan son muy buenos variando entre 85 y 100 dB.

Un tipo de retrasador muy empleado para efectos especiales es el Armonizador, cuya cualidad de poder variar la tonalidad de una - señal de voz o de música, lo hace atractivo para muchos ingenieros, músicos o productores. Hasta el momento su posibilidad es la de va-- riar la tonalidad en una octava, hacia a,rrriba o hacia abajo.

Considerando los potenciales de los retrasadores de señal, de los reverberadores digitales y efectuando experimentos en la ecuali-- zación de cualquier señal, un ingeniero creativo y con un objetivo claro, puede reconstruir virtualmente una copia de cualquier medio ambiente acústico. Esto es, un acercamiento del espacio en el cual cierto género de música suena mejor.

Las posibilidades de contar con un equipo digital con estas ca-- racterísticas son aún bajas, debido a el alto costo en el mercado. El modelo DRE-2000 de la compañía SONY estaba valuado en el otoño - del 83 en la suma de 15,000 dólares.

II.3) ESTADO ACTUAL DE AVANCE DEL EQUIPO.

En Estados Unidos de Norteamérica el terreno de investigación en audio es tan extenso y competitivo, que los ha consolidado como los líderes en avances constantes. Existen por supuesto países como Inglaterra, Alemania, Francia, Suiza, Noruega y Suecia entre otros, que tienen audiotecnología propia, pero que difícilmente puede competir en el mercado de norteamérica. Un punto aparte son varias marcas japonesas que tienen una demanda muy fuerte en muchos productos de audio.

En el vecino país del norte la industria de la grabación se ha convertido en un negocio que se ha expandido a todos los estados y ciudades. La proliferación de estudios semiprofesionales y profesionales ha sido impresionante. Paralelamente los fabricantes de equipo para estudios, los diseñadores de los estudios, la diversificación de la música actual y la gran infraestructura de mercado han logrado consolidar y mantener a la industria de la grabación como una de las más fuertes, inclusive superando a la industria del cine.

En lo referente a equipo, los avances son prácticamente ya incontables. Una constante investigación y modificación, así como perfeccionamientos de funciones de cada sistema o equipo, han llevado a todos los involucrados en el medio a interesarse o actualizarse en la información que se puede conseguir.

La tendencia actual, hace pocos años introducida es la que conduce a la DIGITALIZACION DEL AUDIO.

La tecnología digital enriquece y rompe con la tradición analógica. Ningún otro avance ha hecho pensar tanto en un cambio tan drástico en la naturaleza de la industria.

Las técnicas de grabación analógica están en la actualidad recibiendo fuertes cuestionamientos por parte de los inclinados hacia lo digital. Tal vez en pocos años los estudios de grabación estadounidenses enfrenten el problema de que su equipo resulte obsoleto -- comparado con los avances y mejoras que alternativamente brindan -- los equipos digitales.

Los primeros pasos decisivos en esta revolución fueron la construcción de grabadoras completamente digitales así como la aparición de la primera consola digital presentada por la marca NEVE en mayo de 1983.

Anteriormente la automatización de varias funciones tanto de consolas como grabadoras habían conseguido captar la atención de los estudios con más recursos económicos.

La gran ventaja que proporcionaba un sistema digital, era la eliminación del ruido que una grabación adquiere durante el procesamiento eléctrico, la mezcla y el corte final. La pureza del sonido así grabado proporcionaba una nueva dimensión para los oídos que fueran capaces de captar la diferencia.

El único problema era cómo mantener esa pureza de grabación digital grabada en estereo, para hacerla llegar a los equipos de grabación caseros. El proceso de transformar la información de la cinta y hacerla llegar a los altavoces, implicaba la suma de ruido del equipo por el que tendría que pasar para llegar finalmente a convertirse en energía acústica.

A raíz de este planteamiento surgen los DISCOS COMPACTOS (Compact Disc), que son discos que almacenan la información musical en forma binaria.

Para reproducir esa información de manera acústica en un medio ambiente, se utiliza un haz de rayo laser que va transmitiendo los bits de la señal contenida en la superficie del disco compacto.

La compañía japonesa SONY introdujo en 1982 el primer disco compacto. Desde ese año varias compañías han entrado al diseño y construcción de equipos que puedan "tocar" los discos compactos.

Los estudios de grabación, sobre todo norteamericanos están muy presionados y casi obligados a dirigirse y actualizarse en la digitalización, si es que desean competir en este nuevo campo que ofrece muchísimas alternativas. La más atractiva además de la alta calidad del sonido, es la que se refiere a la gran capacidad de almacenamiento de información, muy superior a la que pueden ofrecer los discos "floppy" convencionales.

Por el momento, la gran ventaja que presenta la tecnología del disco compacto es que por una relativa pequeña inversión el consumidor puede obtener un sistema de mejor fidelidad que la de muchos estudios pequeños. Por otro lado también los fabricantes de amplificadores y altavoces se ven obligados a perfeccionar sus modelos para no demeritar la alta fidelidad que brindan los discos compactos.

Queda claro que los esfuerzos de muchas compañías se enfoca--

rán (un gran número ya lo hace) a los avances y alternativas que la digitalización pueda brindar.

En México debido a la crisis económica y al elevado costo de importación del equipo, existe una tendencia de continuar con el sistema actual tanto en grabaciones, como en producción y reproducción de los discos de vinyl. Además que los equipos digitalizados (consolas, grabadoras, reverberadores y retrasadores de señal) son aún demasiado caros inclusive dentro de los Estados Unidos de Norteamérica. La introducción de los sistemas digitales en nuestro país será mas lenta que en los países del primer mundo.

II.4) EQUIPOS Y MARCAS DE MAYOR PRESTIGIO ACTUALMENTE.

Constantemente en el mercado del audio se ofrecen una gran cantidad de marcas, precios y calidades en cada uno de los equipos ya mencionados. Los fabricantes en constante superación y competencia entre ellos, ofrecen cada día algún producto nuevo o bien modificaciones a los equipos ya existentes. A pesar de esto, existe una tendencia ó preferencia hacia ciertas marcas comerciales para cada equipo. A continuación daremos una relación del equipo preferido en la mayoría de los estudios de grabación en los Estados Unidos (E.U.A.)- y México. Estos datos fueron obtenidos en el caso de México, mediante visitas a diversos estudios de grabación.

Investigaciones y encuestas publicadas en revistas especializadas, fueron las fuentes de datos para E.U.A..

Las marcas son las siguientes:

a) CONSOLAS:

- 1.- MCI
- 2.- Harrison
- 3.- Neve
- 4.- Tascam
- 5.- Spectra Sonics
- 6.- Solid State Logic
- 7.- Soundcraft
- 8.- Sound Workshop
- 9.- Teac
- 10.- Amec

b) GRABADORAS/REPRODUCTORAS DE CINTA (sin importar número de canales):

- 1.- MCI
- 2.- Ampex
- 3.- Studer
- 4.- Otari
- 5.- Technics
- 6.- Revox
- 7.- 3M
- 8.- Tascam

c) GRABADORAS/REPRODUCTORAS DE CASSETTES:

- 1.- Nakamichi
- 2.- Studer
- 3.- Tascam
- 4.- Technics
- 5.- Sony
- 6.- Tapco
- 7.- JVC

d) AMPLIFICADORES:

- 1.- Crown
- 2.- McIntosh
- 3.- Yamaha
- 4.- BGW
- 5.- UREI
- 6.- Hafler
- 7.- Ashley
- 8.- Phase Linear
- 9.- Zetka
- 10.- Peavey

e) ALTAVOCES:

- 1.- JBL
- 2.- Auratone (solo monitores p/consola)
- 3.- Yamaha
- 4.- Altec Lansing
- 5.- Brawn
- 6.- TAD
- 7.- Bose
- 8.- Westlake
- 9.- UREI

f) MICROFONOS:

- 1.- Neumann (Mods: U-87, U-89, U-67, U-47, U-64)
- 2.- AKG (Mods: C-414, C-451, C-24, D-12, D-200)
- 3.- Shure (Mods: SM-53, SM-54, SM-57, SM-58, SM-5, SM-7)

- 4.- Crown (Mod: PZM)
- 5.- Sennheiser (Mods: 421, 441)
- 6.- Electro-Voice (Mods: RE-15, RE-20, RE-16, 635-A)
- 7.- Sony (Mod: C-37P)
- 8.- RCA (Mod: 77DX)
- 9.- Beyerdynamic (Mods: MD-160, MC-734)
- 10.- Shoeps (Mod: CM-54)

g) EQUIPO PERIFERICO:

g.1) REDUCTORES DE RUIDO:

- 1.- dbx
- 2.- Dolby
- 3.- Allison
- 4.- Orban

g.2) SISTEMAS DE REVERBERACION:

- 1.- Lexicon
- 2.- EMT
- 3.- Eventide
- 4.- Master Room
- 5.- Micmix

g.3) ECUALIZADORES:

- 1.- UREI
- 2.- Orban
- 3.- White
- 4.- Ashley
- 5.- Spectra Sound

g.4) RETRASADORES DE SEÑAL (Time Delay)

- 1.- Eventide Harmonizer
- 2.- Lexicon Super Prime Time
- 3.- Ursa Major
- 4.- Micmix
- 5.- ADR
- 6.- Ibanez

II.5) SELECCION DE EQUIPO SUGERIDA POR LOS AUTORES.

Ya que se han visto las marcas mas usadas y reconocidas en el mundo del audio, tanto en E.U.A. como en México, y también en base a experiencias personales prácticas, se propone una lista del equipo - que adquiriríamos en caso de realizar este proyecto.

Tres proposiciones surgen en función del presupuesto asignado al proyecto. Estas son:

EQUIPO	PRESUPUESTO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
CONSOLA	Yamaha PH-2000	MCI-JH-636	Solid State Logic SSL-4000 E
GRABADORA DE CINTA MULTICANAL	Ampex AG-440-B	MCI-JH-16	Studer Revox-A80 M/8-III
GRABADORA DE CINTA 2 CANALES	Teac 35-B	Ampex ATR-100	Studer A810
GRABADORA DE CASSETTE	Technics C-35	Teac M-85	Nakamichi 1000-II
AMPLIFICADORES	BGW 250D	Crown M-600	McIntosh Mc2120
ALTAVOCES	JBL-4435	UREI-813	Altec-Lansing 19-SS
MONITORES PARA CONSOLA	Auratone 5C	Auratone 5C	Auratone 5C
MICROFONOS	8 Mic. (Consultar Tabla III-5)	12 Mic.	15 Mic.
REDUCTORES DE RUIDO	dbx 165	dbx 165	dbx 165
ECUALIZADORES	UREI 539	Orban 622B	Ashly SC66
COMPRESOR/LIMITADOR/EXPANSOR	UREI 1176 IN	dbx 160	Neve 32264A
RETRASADORES DE SEÑAL Y REVERBERACION	Dynacord DRS 78	Advanced Music Systems RMX16	Eventide SP2106

CONCLUSIONES .

La autoevaluación final que todo trabajo de investigación implica, nos conduce a reconocer y darle valor a ciertos puntos de gran importancia, con los que podemos sintetizar los conocimientos que se hayan adquirido durante el desarrollo de los cuatro capítulos que integran este trabajo.

La evaluación que hemos hecho consta de tres tipos de conclusiones particulares y de una general:

DE DISEÑO Y TÉCNICAS:

Los estudios de grabación cuyos diseños incluyan análisis acústicos, tendrán ventaja en calidad de grabaciones sobre aquellos que son acondicionados en recintos improvisados.

El conocimiento de la teoría fundamental del equipo electroacústico y electrónico, es de vital importancia para comprender un proceso de grabación profundamente y por lo mismo, para optimizar sus posibilidades.

La constante actualización en el avance del diseño de estudios y sobretodo del equipo, es uno de los móviles que conducen al éxito de cualquier estudio de grabación.

Las instalaciones de aire acondicionado e iluminación, exigen en la actualidad un cuidado riguroso por su generación de ruido, sobre todo en aquellos estudios donde la tecnología digital esté en mente o en funcionamiento.

La tecnología digital en 1984 esta revolucionando al mundo del audio, en los países mas desarrollados.

DE PROYECTO:

El avance acelerado de la Industria de la Grabación en Estados Unidos, su cercanía con México y la posibilidad de conseguir equipo de grabación para un estudio semiprofesional, con una inversión relativamente pequeña, generó en nosotros la firme idea de llevar a la prácti-

ca este trabajo, en un futuro cercano.

DE COMPROMISO:

Como se planteó en la Introducción general, nuestro país requiere urgentemente de una asociación de personas que compartan ideas y esfuerzos, para buscar el mejoramiento en muchos aspectos de la vida nacional, en nuestro caso, el que relaciona a la música con la audiotecnología.

Por lo tanto, este proyecto al volverse realidad llevará el compromiso de ayudar a los músicos independientes que a su vez se sientan o estén comprometidos por medio de su expresión artística, a luchar -- por mejorar esta realidad.

CONCLUSION GENERAL:

LA INDUSTRIA DE LA GRABACION EN NUESTRO PAIS TODAVIA

TIENE UN AMPLIO CAMINO POR RECORRER.

BIBLIOGRAFIA

A) LIBROS.

- 1) ANSI Standard. S1.21-1972
Methods for the determination of the sound power output of ----
small noise sources in a reverberation room.
- 2) ASHRAE.
Handbook and Product Directory, System Volume. Chap.35, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, New York, 1976.
- 3) BERANEK L. L.
Acústica. Traducción de la 1a. edición de 1954. Buenos Aires, Hispano Americana S.A., 1961. 479 pp.
- 4) COHEN, B. Abraham.
Hi-Fi Loudspeakers and Enclosures. New Jersey, Hayden Book Co., Inc., 1968, 2a. edición revisada. 438 pp.
- 5) DAVIS, Don & Carolyn.
Sound System Engineering. Indianapolis, 4a. Edición, Howard W. Sams & Co., Inc., 1978.295 pp.
- 6) FINK, Donald G. (editor en jefe)
Electronics Engineers' Handbook. 1a. Edición. Section 19: "Sound Reproduction and Recording Systems", by Martin Daniel W. ---- McGraw-Hill, Inc., 1975.
- 7) HARRIS, Cyril M
Handbook of Noise Control. New York, McGraw-Hill Book Company, 1979, 675 pp.
- 8) HOWARD, W. Sams. Editorial Staff.
Dictionary of Audio and Hi-Fi. Indianapolis, Howard W. Sams & Co. 1975. 1a. Edición.

- 9) KINSLER, E. Lawrence & FREY, R. Austin.
Fundamentals of Acoustics. New York, John Wiley & Sons Inc., --
 1962, 2a. Edición. 524 pp.
- 10) KNUDSEN, V. O. & HARRIS, C. M.
Acoustical Design in Architecture. New York, John Wiley & Sons,
 Inc., 1950.
- 11) RAPAPORT, Diane Sward.
How to Make and Sell your Own Record. San Francisco and Tiburon
 California. The Headlands Press, Inc., 2a. Ed. 1981. 167pp.
- 12) SETO, W. William.
Teoría y Problemas de Acústica. México, Shaum-McGraw Hill. 1973.
 195 pp.
- 13) TREMAINE, M. Howard.
Audio Cyclopedia. 9a. Edición. Indianapolis, Howard W. Sams & Co.
 Inc., 1982. 1757 pp.

B) TESIS.

- 1) ESBRI, Sánchez Alejandro y DIAZ DE SANDY, Torres Oscar.
Acondicionamiento Acústico y Electrónico de un Teatro para la -
 Escuela Superior de Música. ESIME. IPN. 1983.
- 2) HERRERA, Camacho J. A., PEREZ, Alcaraz P. R., TAKAHASHI, Flores C.E.
Técnicas de Selección de Equipo Electroacústico. Fac. de Ingenie-
 ría, U.N.A.M. 1979.

C) ARTICULOS EN REVISTAS.

- 1) BLAKELY, Larry.
 "Using noise reduction to reduce disc surface noise". En Record
 ing Engineer/Producer. Noviembre-Diciembre 1973, Vol. 4, Num. 5.

- 2) HARRISON, Dave.
"The myth of the magical studio!" En Recording Engineer/Producer, Agosto 1974, Vol. 5, Num. 4.
- 3) HIRSCH, Julian.
"Digital-Ready Speakers". En Stereo Review, Junio 1984, Vol. 49, Num. 6.
- 4) JENSEN, Selmer J. & PRAMANIK, S. K.
"Dynamic Bias control with HX Professional". En Audio, Agosto - 1984, Vol. 68, Num. 8.
- 5) RADCLIFFE, A. Joe.
"Computers in the Studio". En Mix, Mayo 1984, Vol. 8, Num. 6.
- 6) JONES, Ralph.
"Digital Discussion". En Mix, Mayo 1984, Vol. 8, Num. 5.
- 7) LONG, Robert.
"Loudspeakers testing and the listening world". En High Fidelity, Junio 1981, Vol. 31, Num. 6.
- 8) PETERSEN, Geörgē.
"Analog Echo/Reverb Devices". En Mix, Abril 1983, Vol. 7, Num. 4.
"Analog Echo/Reverb Devices". En Mix, Mayo 1983, Vol. 7, Num. 5.
"Mixing Console Forum". En Mix, Mayo 1983, Vol. 7, Num. 5.
"Digital Recording". En Mix, Mayo 1984, Vol. 8, Num. 6.
- 9) POHLMANN, Ken.
"Echo, Reverb and Delay". En Mix, Marzo 1983, Vol. 7, Num. 3.
"Digital Discussion". En Mix, Marzo 1983, Vol. 7, Num. 3.

"Echo, Reverb and Delay, Part II". En Mix, Abril 1983, Vol. 7, Num. 4.

"Echo, Reverb and Delay, Part III". En Mix, Mayo 1983, Vol. 7, Num. 5.

"Digital Discussion". En Mix, Agosto 1983, Vol. 7, Num. 8.

"Digital Discussion". En Mix, Julio 1983, Vol. 7, Num. 7.

"Audio Special Effects". En Mix, Julio 1983, Vol. 7, Num. 7.

"Digital Discussion". En Mix, Junio 1984, Vol. 8, Num. 6.

"Audio Applications: Console Automation". En Mix, Mayo 1984, -- Vol. 8, Num. 5.

10) POLK, Matthew.

"Polk's SDA Speakers: Designed in stereo". En Audio, Junio 1984, Vol. 68, Num. 6.

11) RETTINGER, Michael.

"LEDE VS. EDEL". En Mix, Agosto 1983, Vol. 7, Num. 8.

12) ROCHE, Barry.

"Digital Discussion". En Mix, Marzo 1984, Vol. 8, Num. 3.