

161
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

**“ ESTUDIO Y CONTROL DE RUIDO CON UNA VALORACIÓN
DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE LA REFINERÍA
MIGUEL HIDALGO”.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A :

ERIK VALLEJO RUBIO



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D.F.

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado.

Presidente Prof. LÓPEZ TORRES ARTURO
Vocal Prof. CASTELLS GARCÍA YOLANDA
Secretario Prof. DOMÍNGUEZ BETANCUORT RAMÓN E.
1er. suplente Prof. TORRES BARRERA RODOLFO
2do. suplente Prof. RAMÍREZ BURGOS LANDY IRENE

Sitio donde se desarrollo el tema: REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"

Asesor del tema: Q.B.F. CASTELLS GARCÍA YOLANDA

Yolanda Castells García

Supervisor

Técnico:

Dr. ANDRÉS E. PÉREZ MATZUMOTO

~~*Andrés E. Pérez Matsumoto*~~

Sustentante.

VALLEJO RUBIO ERIK

Erik Vallejo Rubio

Jurado asignado.

Presidente Prof. LÓPEZ TORRES ARTURO
Vocal Prof. CASTELLS GARCÍA YOLANDA
Secretario Prof. DOMÍNGUEZ BETANCOUR RAMÓN E.
1er. suplente Prof. TORRES BARRERA RODOLFO
2do. suplente Prof. RAMÍREZ BURGOS LANDY IRENE

Sitio donde se desarrollo el tema: REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"

Asesor del tema: Q.B.F. CASTELLS GARCÍA YOLANDA _____

Supervisor
Técnico: Dr. ANDRÉS E. PÉREZ MATZUMOTO _____

Sustentante: VALLEJO RUBIO ERIK _____

ESTA TESIS LA DEDICO A MIS PADRES POR EL GRAN APOYO Y CARIÑO QUE ME HAN BRINDADO DURANTE TODO MI EXISTENCIA Y QUE DE SEGURO CONTINUARAN DÁNDOME EN MIS SIGUIENTES SUEÑOS Y DECISIONES.

PADRE TE DOY GRACIAS POR INCULCARMELA LUCHA Y LA SUPERACIÓN EN CUALQUIER SITUACIÓN, Y ASÍ PODER LEVANTARME, ANTE MEDIOS ADVERSOS.

MADRE GRACIAS POR HACER EN MÍ UN HOMBRE SENSIBLE QUE TRATA DE COMPRENDERSE. ASÍ MISMO, COMO A SUS SEMEJANTES POR LAS DIFERENTES MANERAS DE PENSAR Y SENTIR.

CON CARIÑO DE SU HIJO
ERIK VALLEJO RUBIO

A USTED CUYA MISION ES FORJAR TALENTOS, CON RESPETO Y ADMIRACIÓN, DOY TODO MI AGRADECIMIENTO POR CREER EN MÍ Y SER PILAR FUNDAMENTAL EN LA ELABORACIÓN DE ESTE TRABAJO. POR SU TIEMPO Y ENSEÑANZAS QUE HAN SERVIDO DE BASE PARA EL LOGRO DE MI ILUSIÓN, OFRECER UNA ALTERNATIVA PARA QUE NUESTRO ENTORNO EMPRESARIAL PUEDA SER MÁS COMPETITIVO Y EFICAZ.

Q.F.B. YOLANDA CASTELLS DE GARCIA

EXPRESO MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A LA REFINERIA MIGUEL HIDALGO DE PEMEX Y EN ESPECIAL AL DEPARTAMENTO DE SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD Y CONTRA INCENDIOS, POR HABERME AYUDADO A CREAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION, QUE BUSCA ALTERNATIVAS QUE AYUDEN A MEJORAR NUESTRAS EMPRESAS PARA QUE SEAN COMPETITIVAS EN CUALQUIER AMBITO.

AGRADESCO A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DIRECTA E INDIRECTAMENTE ME ESTUVIERON APOYANDO DE MUY DIVERSAS MANERAS PARA QUE PUDIERA CONCLUIR CON ÉXITO LA ELABORACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN

INDICE.

		página
1.	Objetivos.	x-1
2.	Introducción.	x-2
2.1	Antecedentes.	1
2.2	El sonido y sus propiedades.	1
2.3	Sistema auditivo.	9
2.4	Ruido.	23
2.5	Instrumentación.	29
3.	Normatividad.	42
3.1	Identificación de las fuentes.	42
3.2	Requisitos para el auditor.	45
4.	Parte Experimental.	48
4.1	Procedimiento.	48
4.2	Método de evaluación.	66
5.	Resultados.	70
5.1	Análisis de resultados.	80
6.	Control de ruido.	84
6.1	Materiales aislantes.	84
6.2	Silenciadores.	93
6.3	Protección al receptor.	97
6.4	Sugerencias en el caso Pemex	101
7.	Conclusiones.	103
8.	Bibliografía.	106
9.	Anexo A, B y C.	109
10.	Planos.	

1 OBJETIVOS:

- * Conocer los efectos en el ser humano, al ser expuestos a niveles altos de ruido así como generar una conciencia ecologista y responsable en el control de ruido.**
- * Identificar los principales conceptos y criterios en los que se fundamenta el conocimiento, para la evaluación y control de ruido.**
- * Evaluar el ruido en un centro laboral durante la jornada de trabajo para conocer los niveles de ruido a los que se encuentran expuestos los trabajadores.**

2 INTRODUCCIÓN.

Con la revolución industrial se inició el desarrollo y el crecimiento de las ciudades, situación que ha conllevado el surgimiento de contaminantes ambientales como son los humos, polvos, residuos sólidos, ruidos y otros; por lo que es necesario evitar los contaminantes que dañen tanto la salud como al medio ambiente.

En la industria actual se generan varios contaminantes que dañan al ambiente y al ser humano, tales como: compuestos químicos tóxicos que son depositados en el agua, el aire y el suelo; el ruido es otro de los contaminantes que puede dañar al ser humano y envicia el ambiente, estos problemas han dado lugar a la creación de la **Higiene Industrial**, que es una parte de la ingeniería que se encarga de detectar, prevenir, evaluar, controlar y eliminar los factores o circunstancias que puedan causar accidentes o enfermedades en los trabajadores relacionados con su entorno laboral.

El ruido es un contaminante que ha crecido en paralelo con el avance industrial, el aumento del ruido que se tiene es muy desproporcionado con la concientización de la gente en el desarrollo de métodos para poder combatirlo y controlarlo.

El ruido tiene la característica de desaparecer en el momento que se suprime su generación, a diferencia de otros contaminantes tales como los residuos peligrosos que pueden subsistir mucho tiempo después de su generación.

El hablar de ruido entre la gente se ha visto que se toma como algo molesto que no trae consecuencia en alguna forma, pero a medida que el nivel de intensidad del ruido aumenta las personas sienten un dolor que si el nivel es bastante intenso provoca que se rompa el tímpano del individuo.

El rompimiento del tímpano sería lo único que pensaría la gente que le podría provocar un ruido muy intenso, pero no es así; en los últimos años las investigaciones que se han llevado a cabo arrojan los siguientes resultados: lesiones en la parte del oído medio y oído interno, disminución en la audición, afectaciones en la conducta humana, aumento en el estrés e insomnio, que son algunas de las lesiones que se provocan; los efectos que trae el ruido se siguen investigando, ya que es un tema que falta mucho que conocer.

El presente trabajo se divide en seis capítulos que pretenden dar las bases necesarias al individuo para que se concientice y busque nuevas alternativas en el control del ruido.

Los seis capítulos de que consta el presente estudio se refieren a :

El capítulo I se dirige a conocer la parte física del sonido, como es el medio donde se propaga, las variables relacionadas en su formación, las unidades que ayudan a saber su magnitud, las medidas que se determinan para conocer sus características y los efectos que se presentan en los espacios abiertos y cerrados.

El Capítulo II trata del sistema mediante el cual el ser humano escucha e interpreta los sonidos, este sistema es el oído, aquí se abordan las partes fisiológicas y anatómicas por las que está integrado el sistema auditivo, así como los medios con que se cuenta para la reducción de niveles altos de ruido. Se presentan los diferentes exámenes y el equipo que se utiliza en la valoración de la pérdida auditiva, por exposiciones continuas e intermitentes de ruidos de gran intensidad.

El capítulo III trata de lo que es el ruido, los efectos nocivos que se producen al estar expuestos a niveles altos de ruido, los diferentes tipos de ruido que existen, las diferentes reacciones que se presentan y las combinaciones con otros factores(presbiacusia y ototóxicos) así como los niveles de ruido que provocan una rápida pérdida auditiva en las personas.

En el capítulo IV se presenta la instrumentación que hoy en día se usa en el estudio, evaluación y control del ruido. Se describen sus partes y sus funciones, todo esto con el propósito de conocer la potencialidad y las limitaciones del equipo.

El capítulo V Integra la información necesaria para clasificar las diferentes fuentes generadoras de ruido, las variables que se utilizan en la evaluación del ruido, y la información técnica que se requiere para su evaluación.

En el capítulo VI se describe el estudio de investigación que se realizó en el sector de Servicios Auxiliares de la Refinería Miguel Hidalgo, perteneciente a la empresa Pemex.

2.1 ANTECEDENTES.

2.2 SONIDO.

El sonido son vibraciones mecánicas que se transmiten en medios elásticos y produce una sensación de audición.

El sonido que no se desea es lo que comúnmente se llama **ruido**^{a, 9, 3, 6, 1}

El medio donde se producen las vibraciones puede ser, agua, aire, o cualquier otro medio elástico. Dado que todos los fenómenos acústicos a que se hará referencia se verificarán en el seno del aire, se centra el estudio en este medio.

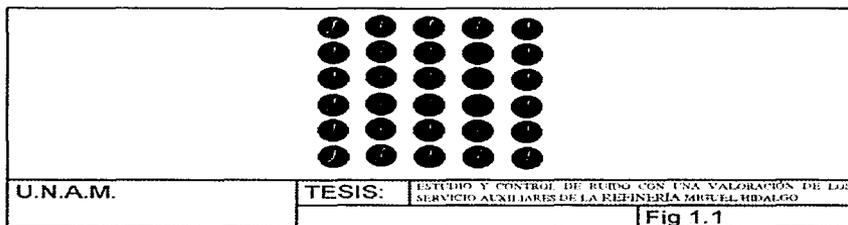
El aire consta, principalmente, de oxígeno (21 %), nitrógeno (78 %) y pequeñas cantidades de otros componentes y vapor de agua (que completan el 1 % restante). Las moléculas de estos elementos y compuestos, forman una dispersión homogénea, por lo que el aire es un medio isótropo, ya que presenta propiedades iguales en toda su composición o volumen.

Este conjunto de moléculas permanece en equilibrio a presión y temperatura constante, mientras no haya una causa que lo modifique.^{6, 16}

Al presentarse variaciones de presión en el medio, ocasionarán que se formen dos tipos de zonas: compresión y rarefacción.

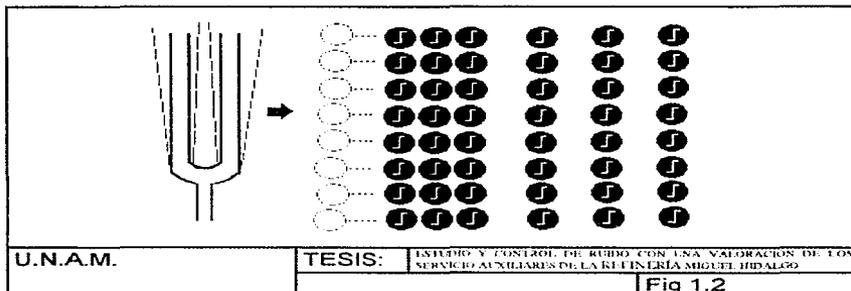
Su funcionamiento se explica con el siguiente ejemplo:

Como se puede apreciar en la figura 1.1, tenemos moléculas que están en equilibrio y equidistantes en un medio elástico^{1, 25, 17, 10}

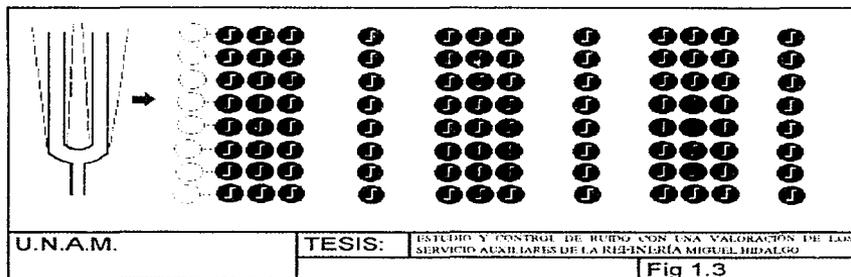


A medida que modificamos las condiciones aumentando la presión, las primeras moléculas, presentarán (debido a las propiedades elásticas del medio): un avance, que transmitirá la energía hacia las moléculas siguientes. (fig. 1.2)^{3, 1, 16, 14}

^a La anotación de los números en el superíndice al final de cada uno de los párrafos, identifican la bibliografía utilizada en la elaboración del texto, la cual se encuentra al final de trabajo.



Ya que la propagación que se origina es longitudinal (en un sólo sentido) y el movimiento molecular produce presiones locales dentro del medio, da como resultado zonas con presiones máximas en los puntos, donde existe una mayor concentración de moléculas y zonas con mínimas presiones, en donde hay menos moléculas (fig. 1.3).



Por lo tanto, cuando la perturbación se extingue (ha pasado la Onda), las moléculas recobran su posición inicial. Lo que se desplaza a grandes distancias es la energía, y no el medio material que se ve afectado.^{6,7,16}

Entonces las compresiones son aquellas regiones en donde el empaquetamiento de las moléculas es muy concentrado, esto corresponde a una región de alta presión. Mientras que las regiones con relativamente pocas moléculas, se denominan rarefacciones, lo cual corresponde a una región de baja presión.^{6,1,16}

Pero estas variaciones de presión son muy pequeñas comparadas con la presión atmosférica. Si tienen ciertas características físicas logran provocar en el sistema auditivo la sensación de sonido o ruido.

En el medio se alternarán las compresiones y las rarefacciones; a medida que las partículas de aire individuales oscilan de un lado a otro en dirección de la propagación de la onda. Si contamos con la distancia entre dos compresiones o rarefacciones sucesivas obtendremos la longitud de onda.

La oscilación senosoidal tiene las siguientes propiedades:

La longitud de onda es el espacio necesario para que se verifique un ciclo de la perturbación de energía aplicada.^{6,16,17}

2.2.1 Periodo " T " : Se define como el tiempo en segundos transcurrido para tener un ciclo completo, esta medición se hace en el mismo punto en repetirse una onda sonora completa (compresión y rarefacción).^{6,7,8}

2.2.2 Frecuencia " f " : Es el número de oscilaciones por segundo del movimiento vibratorio, o también se define como el inverso del período y se expresan en Hertz (Hz).^{7,8}

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

Si la frecuencia es alta, el sonido es agudo.

Si la frecuencia es baja, el sonido es grave.

2.2.3 Amplitud: Es la concentración máxima (presión) de la onda. Con las variables vistas existe una relación fundamental entre la longitud de onda y la frecuencia:^{6,7,8,9}

$$c = \lambda f = \lambda \frac{1}{T} \dots\dots\dots(1.1)$$

λ = Longitud de onda (m).

c = Velocidad del sonido en el aire (m/s).

T = Período (s).

f = Frecuencia de la perturbación (Hz).

Mediante la aplicación de la fórmula (1.1) podemos obtener la longitud de onda. En el caso del sonido en el aire a 20°C y 1 atm a una velocidad igual a 344 m/seg

tenemos una longitud de onda de casi 17 m para una frecuencia de 20 Hz, y de sólo 1.7 m para 20 kHz., como se observa en la siguiente tabla 1.1

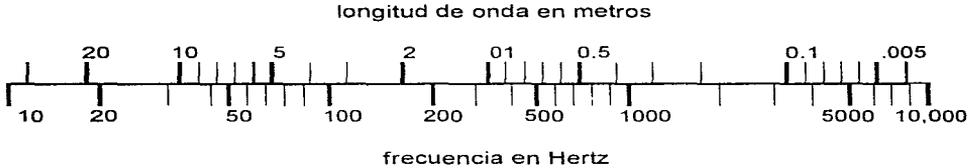


Tabla 1.1

Esta relación es importante para la selección de materiales absorbentes y de aislamiento, cuya efectividad está en función de la frecuencia.^{9,3,19}

2.2.4 Velocidad del sonido.

La velocidad de Sonido es el tiempo requerido que necesita un frente de onda para moverse de un punto de partida a otro. Por consiguiente la velocidad con que se propaga el sonido está relacionada con las características mecánicas del medio en que está inversa la fuente de la perturbación.^{1,6,9}

A continuación se presenta la ecuación de la velocidad del sonido con respecto al aire:

$$c = k \sqrt{t + 273} \dots\dots\dots (1.2)$$

t = Temperatura del gas (°C)
 K = 20.05 cte. para el aire en función de la temperatura.

Con respecto al aire, se tiene una velocidad de 331 m/s a condiciones 1 atm de presión y 0°C temperatura. A medida que se aumenta la temperatura en el medio la velocidad del sonido se incrementará.^{4,9}

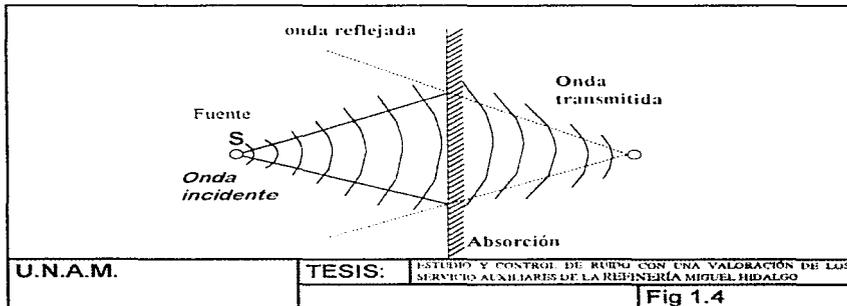
Estas propiedades que se han descrito ayudan a comprender el fenómeno del sonido, logrando crear teorías, análisis, modelos y así saber cómo se comporta. Por lo que se presenta la ecuación de onda donde se relacionan los parámetros físicos que se necesitan para estudiar el sonido.^{6,9,1}

$$\frac{d^2}{dt^2} = \frac{1}{C^2} \frac{d^2}{dx^2} \dots\dots\dots(1.3)$$

2.2.5 Reflexión, absorción y transmisión.

Una vez generado el sonido, las ondas sonoras se propagarán. Por ejemplo: si tenemos una fuente que es muy pequeña, y radia de forma igual en todas las direcciones, la presión sonora se transmite en forma esférica. A una gran distancia de la misma fuente, esta onda se observa como plana.^{9,1,6}

Si no encuentran algún obstáculo, seguirá hasta que toda su energía haya sido absorbida por las capas de aire; pero si llegan a entrar en contacto con alguna superficie (como se muestra en la fig 1.4), parte de su energía será reflejada, otra parte será absorbida y otra será transmitida a través de ella.^{9,20,19}



La onda se comporta de un modo similar al de la luz, lo cual se analizará cada una de las partes correspondientes.^{9,1,6,19}

2.2.5.1 Reflexión.

La reflexión es uno de los fenómenos más importante relacionado con la propagación del sonido.

El fenómeno de la reflexión se produce cuando el sonido se encuentra con un obstáculo de dimensiones parecidas a la longitud de onda del sonido incidente. Lo cual provoca en la onda incidente su reflexión y la onda reflejada tendrá exactamente la misma frecuencia de la onda incidente y su amplitud será una función de las características acústicas de la superficie reflejada.

Independientemente de qué tan duras acústicamente sean las superficies, este fenómeno de la reflexión es muy importante en las mediciones de sonido, pues la

presión sonora instantánea en algún punto en el campo es debida a la radiación directa de la fuente y al sonido que llega indirectamente después de una o más reflexiones en las superficies del recinto o entorno.

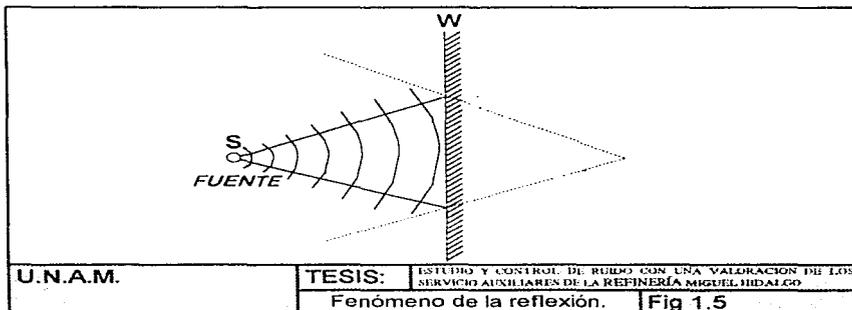
Pero además los frentes de onda reflejados y los que llegan directamente de la fuente se refuerzan o se cancelan uno con otro donde se cruzan (fenómeno llamado interferencia). Por esto resulta problemático efectuar mediciones de superficies reflejantes.^{2,6,7,9,19,20}

$$\text{Coeficiente de reflexión } r = \frac{\text{Energía reflejada}}{\text{Energía incidente}}$$

Los efectos que presenta la reflexión son:

1.- El primer efecto es el incremento en presión sonora provocado por las reflexiones. Por ejemplo se produce un sonido continuo en un recinto cerrado, uno escucha las ondas sonoras que llegan directamente a su oído desde la fuente sonora, como las ondas reflejadas.^{2,9,19}

2.- El segundo efecto de las reflexiones múltiples es la reverberación. Si se para la fuente en un momento dado estas ondas reflejadas no dejarán de existir en ese momento, sino que continuarán viajando de un lado a otro entre las superficies de la habitación.(ver figura 1.5)^{6,9,14,19}



2.2.5.2 Transmisión.

Es la energía de la onda sonora que al incidir con una superficie, se transmite a través de esta superficie, generando una nueva onda atenuada del otro lado de ellas. ^{8,9,14,19}

$$\text{Coeficiente transmisión } t = \frac{\text{Energía transmitida}}{\text{Energía incidente}}$$

Así el coeficiente de transmisión sonora representa la fracción del sonido transmitido.

2.2.5.3 Absorción.

Este fenómeno se refiere a la energía absorbida de la onda incidente por la superficie que tenga contacto con ella.

La eficacia de una superficie o material absorbente se expresa como un número entre 0 y 1, llamado coeficiente de absorción, de manera que 0 representa no absorción, es decir, reflexión perfecta y 1 corresponde a la absorción perfecta. La absorción se expresa matemáticamente como: ^{2,6,7,19,22}

$$\text{Coeficiente absorción } \alpha = \frac{\text{Energía absorbida}}{\text{Energía incidente}}$$

El coeficiente de absorción define la fracción de la energía de sonido que es absorbida sobre la superficie.

El coeficiente de absorción de un material depende de la naturaleza del mismo, de la frecuencia del sonido y del ángulo con que la onda sonora incide sobre la superficie. ^{2,6,19,22,23}

La naturaleza del material es una función que depende de la porosidad, rugosidad y flexibilidad.

Los materiales y estructuras acústicas se pueden describir, como aquellos que tienen la propiedad de absorber una parte sustancial de la energía de las ondas sonoras que chocan contra su superficie. ^{2,19,22,23}

Pueden usarse de cuatro maneras :

- 1) Como recubrimientos para paredes y techos.
- 2) Como unidades suspendidas individuales.

- 3) Como revestimiento para barreras y gabinetes usados para confinar el ruido de fuentes específicas.
- 4) Como revestimiento para reducir la transmisión de ruido a lo largo de conductos y pequeños pasajes.

El conocer la cantidad de energía absorbida por una superficie, (conocer el material absorbente), puede ser muy útil en el control de los niveles de presión sonora que se producen en un espacio determinado. Con el concepto de absorción se definirá a continuación que es un aislante acústico :

Un aislante acústico es un componente que trata de controlar la propagación de las ondas sonoras de un espacio a otro, las cuales deben reunir propiedades adecuadas en su estructura y disposición para lograr este propósito.

Los materiales absorbentes

Sirven para la corrección acústica, al reflejar la onda sonora incidente, absorben una gran parte de su energía y la transforman en calor por efecto de su porosidad, dentro de éstos podemos mencionar : la fibra de vidrio, el poliuretano y el corcho.

El fenómeno que se presenta en los materiales absorbentes se debe a una característica, que al igual que las esponjas son muy porosos. Esto provoca que al entrar las ondas sonoras en estos materiales rebotan locamente en miles de bolsas de aire hasta que pierden buena parte de su energía; la energía del movimiento se ha convertido en calor. En condiciones normales el alza de temperatura por este fenómeno es tan pequeña que sólo es perceptible mediante instrumentos especiales.

2.3 SISTEMA AUDITIVO

Las variaciones de presión sonora en el ser humano se interpretan por medio del sistema auditivo (oído).

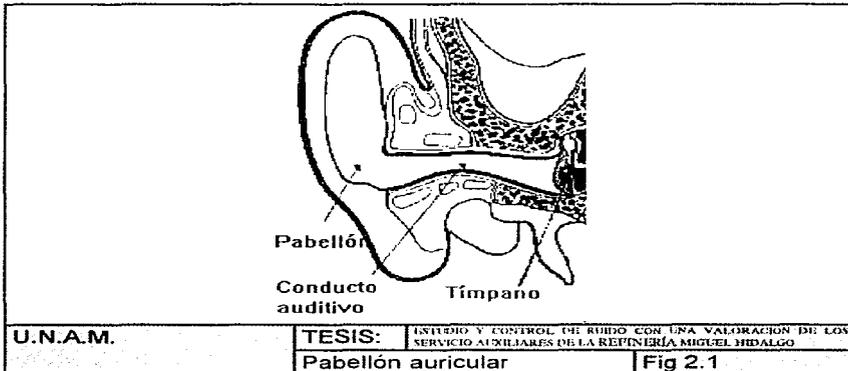
El oído humano se divide para su estudio en :^{7,13,15,16}

- Oído externo.
- Oído medio.
- Oído interno.

2.3.1 Oído externo.

La principal función del oído externo es la localización de la fuente sonora en 3 dimensiones, constituido por la cabeza, hombros, pabellón auricular y conducto auditivo externo.^{7,13,15,16}

A).- El Pabellón auricular (oreja).- Tiene como función principal la creación de una variación de presión sonora que será reconocida por el cerebro, a su vez también permitirá localizar la fuente emisora. (ver fig 2.1)^{13,15,16}



B).- Conducto auditivo externo.

El conducto auditivo externo sirve para llevar la información acústica al oído medio. Para efectos acústicos el conducto auditivo externo puede considerarse un tubo rígido de 2.5 a 3 cm de longitud, cerrado en un extremo por la membrana timpánica.^{7,13,15,16}

2.3.2 El oído medio.

Las funciones que realiza el oído medio son:

- * El oído medio permite la transmisión de las ondas sonoras al oído interno.
- * El oído medio tiene la misión de transformar y adaptar las vibraciones aéreas en variaciones de presión hacia las soluciones líquidas del oído interno, de tal forma que minimiza la pérdida de energía.^{7,13,15,16}
- * Por último, el oído medio pone límites a la energía sonora al entrar en el oído interno, gracias al reflejo estapedial.

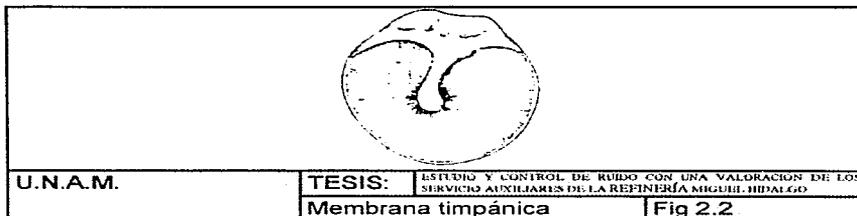
El oído medio está constituido por la membrana timpánica y huesecillos llamados: martillo, yunque y estribo (ver fig 2.3), y a su vez está comunicado con la trompa de Eustaquio.^{7,13,15,16}

a) Membrana timpánica

Las ondas sonoras que penetran en el oído externo hacen vibrar al tímpano, que es el tabique entre el oído externo y el oído medio.

El tímpano es una membrana tensa de gran movilidad que puede reaccionar a vibraciones sonoras con un nivel de presión extremadamente débil. La tensión y la elasticidad de la membrana timpánica se debe a su doble sistema de fibras radiales y circulares.^{13,15,16}

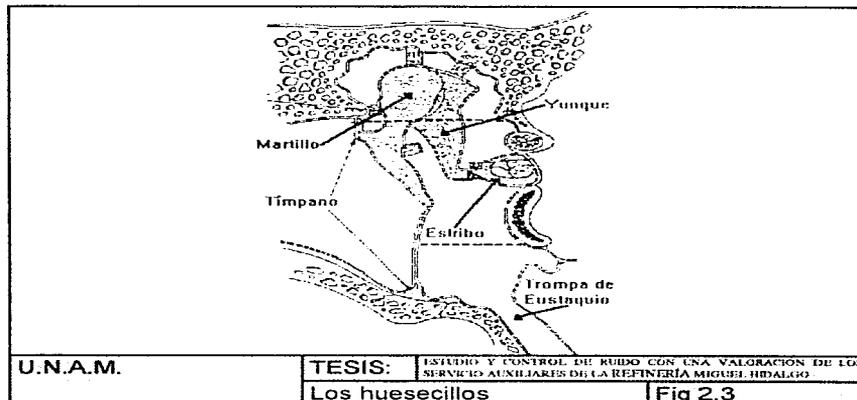
Los desplazamientos de la membrana timpánica dependen tanto de la frecuencia como de la intensidad del estímulo sonoro. (fig 2.2)^{7,13,15,16}



Después del tímpano, hay un espacio lleno de aire dentro del hueso temporal, que comunica en su parte anteroinferior con la trompa de Eustaquio y la nasofaringe, y en su parte posterior con los sistemas de celdas aéreas de la mastoides y de la porción petrosa (peñasco) del hueso temporal (ver figura 2.3).
7,13,15,16

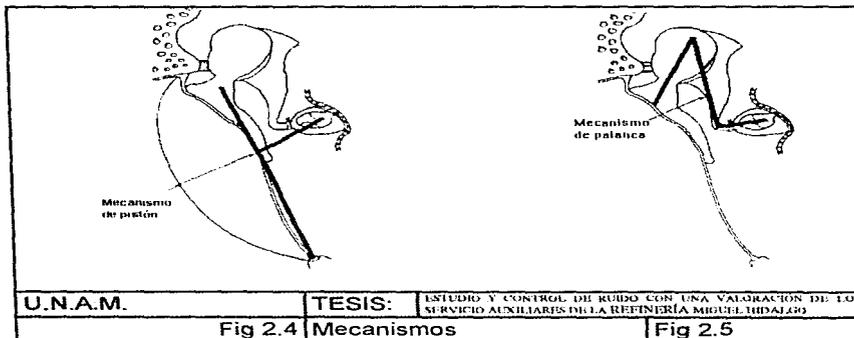
b) Los huesecillos.

El espacio lleno de aire dentro del hueso temporal en el oído medio está constituido por 3 huesecillos que reciben los nombres de : martillo, yunque y estribo, y en conjunto reciben el nombre de cadena osicular.
7,13,15,16



La Cadena Osicular es una unidad que funciona en la transmisión de las vibraciones sonoras desde la membrana timpánica hasta la ventana oval, por

medio de la base del estribo con un movimiento de pistón sobre la ventana oval (ver figura 2.4), mientras que el resto de la cadena, tiene un movimiento, de una palanca mecánica (ver figura 2.5).^{7,13,15,16}



El movimiento oscilar que se produce en la transmisión de una presión mecánica incrementa el valor de la intensidad del sonido en casi 30 dB. Esta ganancia, sin embargo, es necesaria para compensar la pérdida de energía acústica que resulta de la transferencia de energía del aire a los líquidos del oído interno.^{7,13,15,16}

c) Mecanismos de seguridad del oído medio y sus funciones.^{7,13,15,16}

La protección del oído interno es otra función del oído medio, la cual se realiza mediante diferentes mecanismos que serán presentados a continuación.

- I) Atenuación del sonido por la contracción de los huesecillos.
- II) La trompa de Eustaquio.

- I) Atenuación del sonido por la contracción de los huesecillos.

El campo dinámico de la *audición* en el ser humano representa a la cantidad de energía sonora tolerada por el sistema auditivo, es decir la que permite una discriminación sonora satisfactoria sin fatiga, ni lesión.^{7,13,15,16}

Cuando se transmiten sonidos fuertes por la cadena de huesecillos hacia el sistema nervioso central del oído interno, después de un período de latencia de 40 a 80 milisegundos tiene lugar la presencia de un reflejo en el oído medio que es llamado reflejo estapedial.^{7,13,15,16}

El reflejo estapedial reduce la intensidad de la transmisión de sonido hasta en 30 ó 40 decibeles, que viene a ser la misma diferencia que existe entre una voz fuerte y el sonido de un susurro. lo que se logra por medio de la contracción de los huesecillos, en especial el estribo. La función de este mecanismo es doble: ^{7,13,15,16}

- * Proteger a la cóclea de vibraciones lesivas producidas por sonidos excesivamente fuertes.
- ** Enmascarar los sonidos de baja frecuencia en entornos muy ruidosos. Otra función de los músculos del estribo y tensor del tímpano es la de disminuir la sensibilidad auditiva de la persona frente a su propia voz..

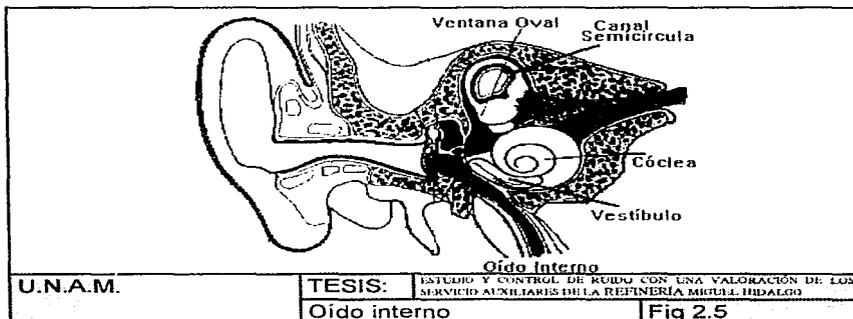
II) La trompa de Eustaquio tiene como función equilibrar las presiones estáticas del aire que puedan aparecer sobre el tímpano. ^{7,13,15,16}

2.3.3 El oído Interno.

El oído interno tiene la función de actuar como un transductor que transforma las señales de vibración mecánica en impulsos nerviosos por medio de las células ciliadas que transmiten la señal al nervio auditivo, cerebro y la espina dorsal. ^{13,15}

El oído interno está formado por dos partes diferentes, las cuales están contenidas en el Órgano de Corti (Fig.2.5): ^{7,13,15,16}

- a) La cóclea que corresponde a la parte anteroinferior
- b) Nervio acústico.



El oído interno presenta en su interior soluciones de líquidos electrolíticos. Las soluciones electrolíticas debido a su composición ayudan a propagar las señales de vibración mecánica del oído medio hacia la membrana basilar, ésta a su vez excita la células ciliares, las cuales transforman las señales mecánicas en electrolíticas que serán transmitidas hacia el nervio acústico para la interpretación del sonido.^{7,13,15,16}

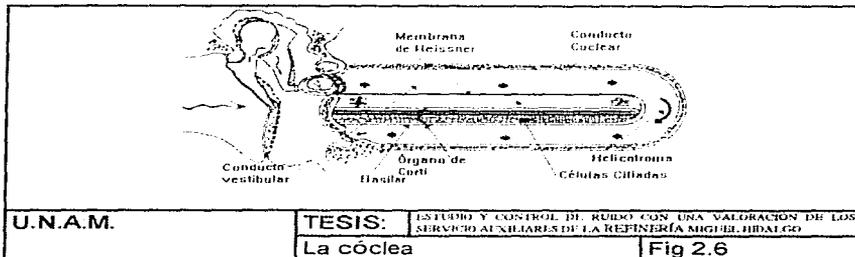
Las soluciones electrolíticas también ayudan que no se presente el fenómeno de interferencia en la señales de vibración mecánica a través del conducto coclear.

Las soluciones electrolíticas se denominan con los nombres de perilinfia y endolinfia. El primero está caracterizado por su riqueza en sodio (Na^+) y su débil contenido en potasio (K^+) y se encuentra en el vestibulo. Por el contrario, el líquido endolinfático es una disolución iónica, que contiene más cantidad de (K^+) y menos de (Na^+), se encuentra en el canal coclear.^{7,13,15,16}

a) La Cóclea.

La cóclea tiene la función de un analizador de frecuencia hidromecánico que localiza, en puntos específicos a lo largo de ella, las frecuencias de la señal sonora de excitación.

La cóclea es un tubo cerrado de sección triangular que asemeja la forma de un caracol con espiral de dos vueltas y media, de unos 35 mm de longitud y 4 mm de diámetro en el extremo que comunica a la ventana oval (ver fig.2.5 y 2.6).^{7,13,15,16}



La membrana basilar que está dentro del conducto coclear, contiene a las células sensoriales que tienen la vital importancia en el mecanismo de la audición, éstas son llamadas células ciliadas.

Como se ha mencionado, las células ciliadas ayudan a traducir las señales bioeléctricas que manda la membrana basilar, y luego las dirige hacia el cerebro por impulsos nerviosos para la comprensión de los sonidos alrededor del sistema auditivo.^{7,13,15,16}

El órgano de corti es el sistema transductor que convierte las ondas de presión hidráulica en impulsos nerviosos. Este sistema se dividió en dos partes que son: la interna y la externa.

La vertiente interna del túnel de corti contiene células ciliadas internas que forman una hilera y captan las frecuencias agudas mientras que en la vertiente externa del túnel de corti se encuentran tres hileras de células ciliadas externas y su función es la de analizar las frecuencias graves. Pero deben estar trabajando conjuntamente en la audición, las células ciliadas internas con las células ciliadas externas.^{7,13,15,16}

Se ha consignado en la literatura especializada que, pese a que las células ciliadas internas proporcionan información al 95% de las fibras nerviosas aferentes (y en consecuencia al cerebro), la eliminación de las células ciliadas externas provoca severas pérdidas auditivas.^{7,13,15,16}

Las células ciliares tienen la característica de no regenerarse cuando son dañadas por los ruidos excesivos y funcionan como analizadores de frecuencia. En el hombre existen 3500 células ciliadas internas y 12000 externas.^{7,13,15,16}

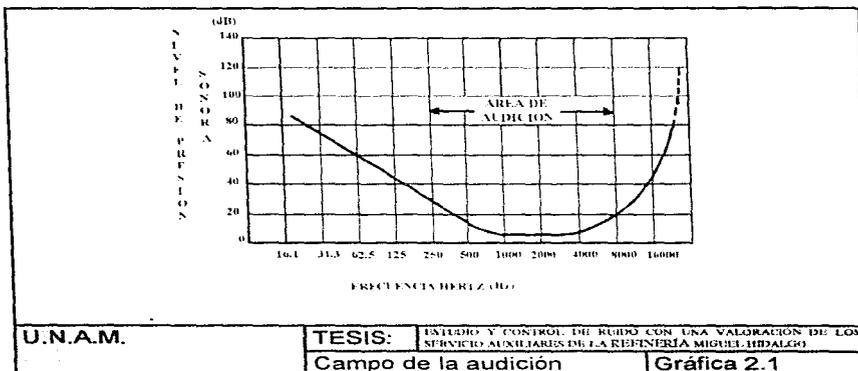
En estudios sobre la destrucción de las células ciliares demuestran que apartir de 90 dB, el ser humano presenta destrucción de sus células ciliares con el inconveniente que no se vuelven a regenerar

Como se ha mencionado al principio del capítulo, el sistema auditivo es el que ayuda a interpretar los sonidos al ser humano, pero se debe identificar la energía sonora que puede ser tolerada por el sistema auditivo. Por lo que se debe definir primero qué es la audición, y así saber cuándo el oído puede presentar daño.

Audición.- Se define como la percepción de cierta clase de estímulos vibratorios que captados por el órgano del oído van impresionar el área cerebral correspondiente, tomando el individuo conciencia de ello que le permita una discriminación sonora satisfactoria sin fatiga, ni lesión.^{17,13,15,16}

Audición vía ósea es la percepción sonora que por medio de estímulos vibratorios hacia el hueso de la mastoideas, éstos los dirige sin discriminar el nivel de energía hacia el área cerebral, ocasionando muchas veces daño en la audición de las personas.

A continuación se presenta la gráfica (2.1) que se aplica como estándar en el estudio del campo de audición del ser humano. ^{7,13,15,16}



La gráfica representa el nivel de presión sonora mínimo que puede detectar una persona a diferentes frecuencias.

En investigaciones realizadas a la audición presentan que apartir de 86 dB el humano presenta molestias en el sistema auditivo que depende del tiempo de exposición. ^{7,13,15,16}

2.3.4 Audología y Audimetría.

Al saber la anatomía y fisiología del oído, se presenta la necesidad de conocer si el órgano auditivo que ha estado sometido por un corto o largo tiempo a un ruido dañino, presenta un funcionamiento y una audición adecuada.^{7,13,15,16}
La ciencia que se encarga de esta parte es la otología.

La otología es la parte de la medicina y rama de la otorrinolaringología que estudia el órgano del oído, la audición y todos los problemas que de los mismos se derivan.^{17,13,15,16}

De la otología se deriva la especialidad llamada: La audiología.^{17,13,15,16}

La audiología es la parte de medicina que se encarga de estudiar todos los problemas de la audición tanto en el oído normal como en el hipoacúsico por medio de métodos especiales que forman la audiometría.^{7,13,15,16}

La audiometría se define como la rama de la audiología que estudia particularmente la medida de la audición desde los umbrales de baja intensidad hasta de alta intensidad sonora a través de campo acústico, así como también todos los problemas derivados de estas medidas.^{7,13,15,16}

Se describen a continuación algunos términos que se utilizan en este campo:

- * Umbral de audibilidad. Es el nivel de presión sonora mínimo que puede detectar una persona a diferentes frecuencias, se mide mediante el audiómetro y varía de persona en persona.^{7,13,15,16}
- * Hipoacusia.- Esta palabra describe una pérdida de audición expresada en decibelios. Un oído hipoacúsico, aún con una disminución importante, es capaz de responder a los sonidos amplificados.
- * Sonoridad.- Debe entenderse como la magnitud de la sensación auditiva que una persona normal experimenta en relación con un sonido dado.
- * Sordera.- El término sordera describe la falta absoluta de respuesta al sonido amplificado.^{7,13,15,16}
- * Disacusia.- Es un término que describe cualquier anomalía auditiva que no se puede medir en decibelios.^{7,13,15,16}

Presbiacusia se refiere a la disminución de la audición con relación a la edad del individuo.^{7,13,15,16}

Para conocer el estado de audición de las personas, se realizan exámenes de audiometría.

a continuación se explicará la importancia que tiene la aplicación de estos exámenes de audiometría en los individuos.^{7,13,15,16}

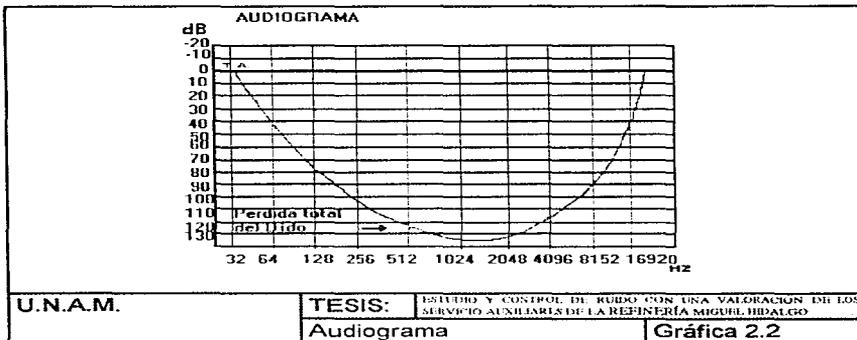
- a) Determinación del umbral mínimo de audición. El principal objetivo en la medición de la audición es la determinación del umbral mínimo de la audición, o sea encontrar la mínima cantidad de sonido que percibe el individuo.
- b) Establecimiento de un topodiagnóstico. Al realizar la audiometría se puede explorar el campo auditivo efectuando pruebas que puedan mostrar el sitio de la lesión a lo largo del camino que sigue el sonido hasta impresionar la corteza cerebral.^{7,13,15,16}
- c) Determinación del grado de invalidez auditiva para la emisión de un diagnóstico, en el caso de un peritaje de los daños ocurridos en un accidente laboral o de cualquier otro tipo.^{7,13,15,16}
- d) Dirección de prescripción de prótesis. Por medio del audiograma común y las pruebas complementarias se percibirá la utilización de un audífono.^{7,13,15,16}
- e) Identificación de los oídos lábiles a la fatiga acústica. Estos exámenes permiten descubrir a los individuos que tienen un oído predispuesto al trauma acústico.
- f) Exploración de los restos auditivos. En caso de sorderas profundas, es necesario estudiar bien la audición con el propósito de encontrar restos auditivos que hagan posible la reducción de sordera según sea el caso.^{7,13,15,16}

Al realizar la aplicación de la audiometría se debe establecer un patrón para determinar el grado de agudeza o pérdida auditiva. Para esto la audiometría ha encontrado en forma gráfica interpretarlo; se llama audiograma

El audiograma mide el umbral de audibilidad del individuo en función de la frecuencia. Entonces el audiograma se representan los espectros sonoros que muestran la pérdida auditiva del individuo en unidades de decibeles a la frecuencia correspondiente en Hz(gráfica 2.2).

El audiograma presenta en el eje de ordenadas los decibeles que están divididos de 10 en 10, comenzando con el 0 y terminando en forma descendente a 120 dB.^{7,13,15,16}

En el eje de las abscisas se encuentran las frecuencias que percibe el oído humano que van desde 128 hasta 16 000 Hz. ^{7,13,15,16}



Además el audiograma sirve para presentar los resultados obtenidos en diversas pruebas tomadas a lo largo del campo tonal, por ejemplo. ^{7,13,15,16}

- a) Nivel de intensidad
- b) Sensación de volumen es la percepción auditiva que se relaciona con la potencia en la que se escucha un tono.
- c) Umbral auditivo es la mínima cantidad de audición que percibe el oído en una frecuencia determinada.

2.3.5 Audiómetro.

Para poder llevar a cabo las mediciones y obtener los audiogramas se necesita de un equipo que determine de manera exacta y se tenga confiabilidad de los datos.

El equipo que se utiliza hoy en día es el audiómetro, es un aparato eléctrico que genera sonidos puros de diferentes tonos, que sirven para medir la audición del umbral, además explora las posibilidades auditivas. ^{7,13,15,16}

Por lo tanto la aplicación principal del audiómetro, es detectar cambios del umbral auditivo por medio de la aplicación de tonos puros de las frecuencias de 500, 1000, 2 000, 3000, 4000 y 6 000 ciclos, que pueden ser continuos o pulsantes. Los tonos se aplican mediante un par de audífonos primero el oído izquierdo y luego el derecho del sujeto que se desea examinar. ^{7,13,15,16}

Es muy importante que el sujeto esté ubicado en una cámara audiométrica o silente durante el examen audiométrico, para evitar que el sonido sea enmascarado por el ruido ambiental.

Las pruebas básicas que debe contener un estudio audiométrico tanto para el oído medio como el interno, son las siguientes: ^{7,13,15,16}

- a) Examen audiométrico vía aérea.
- b) Examen audiométrico vía ósea
- c) Examen audiométrico de logometría.

a) Examen audiométrico vía aérea.

La aplicación de la audiometría vía aérea es para encontrar los umbrales mínimos de audición y los problemas que se pueda presentar en el oído medio. Esta prueba depende del estado emocional del enfermo, así como del sistema neurológico, ya que al presentar el individuo falta de atención puede dar resultados anormales que se alejan del verdadero umbral auditivo. ^{7,13,15,16}

b) Examen audiométrico vía ósea.

El examen de vía ósea permite encontrar algún problema relacionado con el oído interno. Si relacionamos el examen de vía ósea y el de vía aérea podremos determinar si se presenta una hipoacusia conductiva o sensorial.

El término conductivo se refiere a que se ha aplicado examen a cualquier hipoacusia que resulte de una lesión del oído externo e interno o ambos. Se presenta cuando un audiograma marca niveles reducidos de conducción aérea por lo menos 15 dB más bajos que los niveles de conducción ósea. ^{7,13,15,16}

Neurosensorial:- Se aplica a todos los procesos que afectarán el oído interno, encontrando localizaciones específicas de las lesiones cocleares, retrococlear, del conducto auditivo interno, del núcleo coclear y del talo del cerebro. Se establece que cuando la conducción aérea es igual a la conducción ósea ± 10 dB se presenta la hipoacusia neurosensorial. ^{7,13,15,16}

c) Logaudiometría

Mediante la logaudiometría se busca hallar la captación y la discriminación del oído para el lenguaje, estableciendo el porcentaje de palabras entendidas correctamente con la necesaria intensidad para que sean medidas y expresadas en decibeles relativos.

Al investigar que los tonos más importantes que entran en la formación de la palabras son principalmente los que se encuentran en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz.

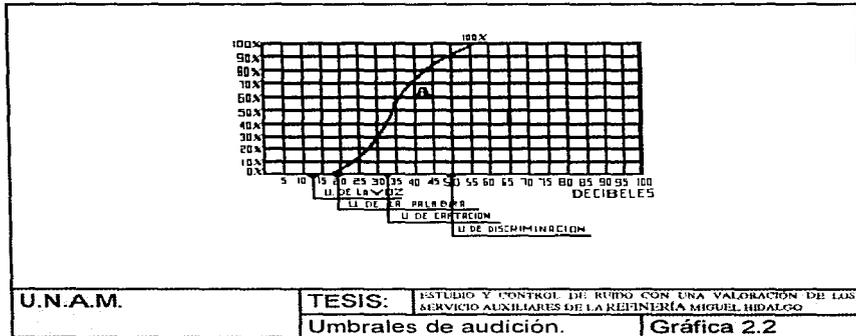
Para que las palabras empleadas en logaudiometría sean útiles tienen que tener:

- a) Significado lógico para el paciente. ^{12,11,24,6}
- b) Diferenciación fonética, lo que quiere decir que no deben confundirse entre sí.
- c) Proporcionalidad entre los diferentes sonidos de que se componga el idioma.
- d) Igual audibilidad, todas las palabras deben ser igualmente fáciles de captar por el oído para que la probabilidad en todos los casos sea la misma.

La técnica se efectúa como una audiometría común se coloca al paciente dentro de la cámara audiométrica haciéndole comprender que debe repetir las palabras que se le van a ir pasando a través del micrófono del audiómetro. ^{7,13,15,16}

Una vez realizada la prueba, los resultados se dan en un gráfico donde en el eje de ordenadas se anotan los porcentajes de palabras comprendidas y en las abscisas las intensidades en Hz. Con lo que se anotarán cuatro umbrales en la gráfica que son: (ver grafica2.2) ^{7,13,15,16}

- i) Umbral en la detectabilidad de la voz, esto es cuando se oye la voz pero no se entiende.
- ii) Umbral en la detectabilidad de la palabra, cuando se contesta correctamente la primera palabra.
- iii) Umbral de captación o inteligibilidad. Es la intensidad en la que se contestan correctamente el 50% de las palabras.
- iV) Umbral de discriminación o de máxima comprensión. En el sujeto normal llega al 100%, este umbral representa el mayor número de palabras repetidas correctamente.



Nota :

En la actualidad se conoce como es la anatomía y fisiología del sistema auditivo, pero es un campo donde falta mucho que investigar, conocer y aclarar sobre el oído. Por lo que en el presente se sigue investigando.

2.4 RUIDO

Desde tiempos ancestrales el fenómeno del ruido ha llamado la atención de los estudiosos. Que pensaban en esa época que el ruido era sólo un sonido no deseado, el cual podría causar una disminución en la agudeza auditiva; actualmente los estudios científicos llevados a cabo indican que el ruido no solo es una sensación desagradable y molesta si no que también afecta al organismo.

En los tiempos en los que vivimos a cada instante nos vemos sometidos al bombardeo sonoro generado por las fábricas, los vehículos automotores, entre otros ruidos.^{4,6,10,13,15}

El concepto de ruido es en parte subjetivo, ya que depende no sólo de sus cualidades, deseabilidad o indeseabilidad, si no también de la actitud que se tome frente a él.^{4,6,10,13,15}

Si fuese posible ver como reacciona nuestro organismo cuando empieza a funcionar una máquina ruidosa o cuando dispara una válvula de alivio en una tubería de vapor a alta presión, y nosotros estamos a pocos metros de distancia, sin duda nos sorprenderíamos por la reacción de nuestro organismo. Ya que la piel palidece, las pupilas se dilatan, los vasos sanguíneos se contraen, los músculos voluntarios e involuntarios se ponen tensos, disminuye la secreción de jugo gástrico y una gran cantidad de adrenalina penetra en la corriente sanguínea.^{4,6,10,13,15}

Los efectos del ruido sobre el individuo se pueden clasificar en tres grupos:
^{4,6,10,13,15}

Efectos fisiológicos
Efectos psicológicos
Sordera.

2.4.1 Efectos fisiológicos.

Estos efectos pueden producir lesiones en las partes media e interna del sistema auditivo que traen como consecuencia traumas y pérdida permanente de la audición.^{4,6,10,13,15}

Estos efectos fisiológicos que se producen en el ser humano se deben por la exposición de dos fenómenos que son: el ruido intermitente y continuo. A continuación se presentan los efectos de cada uno de estos ruidos : ^{4,6,10,13,15}

a) Ruidos intermitentes :

El ruido intermitente e intenso es aquel cuyo nivel sonoro máximo que alcanza súbitamente y se sostiene durante 1s, es capaz de romper el tímpano y dañar los huesecillos del oído medio.^{4,6,10,13,15}

Si la persona está expuesta frecuentemente al ruido intenso sin que su oído se haya recuperado de la exposición anterior, las células ciliares se debilitan y mueren. Consecuentemente, al no existir el elemento transductor no existe la sensación auditiva y el individuo pierde la audición permanentemente.^{4,6,10,13,15}

a) Ruidos continuos

Los efectos ocasionados por los altos niveles de ruido continuos producen la fatiga del sistema osteomuscular del oído medio, como consecuencia de ello se provoca el paso de más energía de la que puede resistir el órgano de corti, al entrar más energía al sistema reaccionan los mecanismos de seguridad del oído medio que regresarán al sistema auditivo al nivel normal de sensibilidad

El efecto que se presenta en el oído por la exposición al ruido continuo es un estado de fatiga constante y recuperación en el órgano de corti, por lo que se conocerá este efecto con el nombre de **fatiga auditiva**.^{4,6,10,13,15}

Por lo tanto, la exposición a los ruidos continuos e intensos poco a poco van a destruir las células ciliadas, como consecuencia a esta exposición, se afecta la selectividad de los sonidos que se traducirá en una sordera permanente. Por tal motivo, se considera el ruido continuo más nocivo que el intermitente.^{4,6,10,13,15}

Desde el punto de vista acústico, el ruido puede producir dos tipos de sordera: la primera, se llama fatiga auditiva, y la segunda, trauma acústico. Este trauma, cuando se produce en el trabajo o a causa de éste, recibe el nombre de sordera profesional. Ambas sorderas afectan a las mismas frecuencias en el audiograma y son tanto mayores cuando mayor es la intensidad del ruido y el tiempo de exposición a él.^{4,6,10,13,15}

i) La fatiga auditiva.

Es la disminución temporal del sistema auditivo debido a la exposición en niveles de ruido con intensidad promedio de 85 dB, este efecto desaparece al cabo de un período adecuado de tiempo, puede variar de minutos a horas, días o hasta más tiempo. Todo depende de la susceptibilidad de la persona, severidad del ruido y de la duración expuesto a él. Esta sordera se le conoce también como sordera reversible.

ii) Sordera profesional.

La sordera profesional puede definirse como un deterioro auditivo de uno o ambos oídos, parcial o total, que surge durante el desempeño de un trabajo.

Es necesario resaltar que las primeras fases de la sordera profesional suelen pasar inadvertidas por las personas que la sufren, dado que la pérdida de audición se concentra en torno a la frecuencia de 4 KHz, la que se encuentra fuera del margen de frecuencia conversacional (250 Hz a 2 KHz) por lo que la persona oye, entiende las conversaciones y cree encontrarse sano. Sin embargo, cuando se encuentran afectadas las frecuencias conversacionales, tenemos presente el fracaso, y nos encontramos con una persona con incapacidad permanente.^{4,6,10,13,15}

La sordera profesional se produce cuando se ha estado sometido a ruidos mayores de 90 dB, pero dependiendo del tiempo y la frecuencia de exposición a él. Como resultado de la exposición a un ruido agudo de alto nivel de intensidad pueden producirse los siguientes efectos :

- a) Rotura de la membrana timpánica si es de gran intensidad, por ejemplo un estallido o un ruido de percusión.^{4,6,10,13,15}

En estos casos, la rotura de la membrana actúa de hecho como una "válvula de seguridad" para evitar que de otro modo fuera mayor el daño para la cóclea.

- b) En el traumatismo acústico agudo sin rotura timpánica, las hipoacusias cocleares pueden ser totales, graves o moderadas. Se presenta el traumatismo acústico agudo, en el que se origina una lesión mecánica causada por las vibración excesivas en el órgano de corti y se dañan las células ciliadas externas.

Al tener más exposiciones intensas se produce la destrucción total del órgano de corti con rotura de la membrana de Reissner.^{6,11,12,14,19}

- Características de la sordera profesional.^{4,6,10,13,15}

Es una sordera irreversible, no evoluciona por si misma aumenta y progresa mientras se está sometido a la acción de ruidos mayores de 90 dB, dependiendo del tiempo y la frecuencia de exposición a ellos, logra quedar estable cuando el individuo deja de estar sometido a la acción de dicho ruido traumatizante.

En un principio este tipo de sordera progresa con gran rapidez, pero esta gran velocidad de progresión va disminuir hasta hacerse lenta a medida que va aumentando la pérdida de la capacidad de audición, parece como si la propia sordera actuase como medio de defensa.

Cuando inicia este tipo de sordera se daña más la recepción a la frecuencia promedio de 4000 Hz, esto se debe a que la zona de 4 Khz de la espira basal de la cóclea es el punto vulnerable, el fenómeno se debe al hecho de que estas regiones de la membrana basilar, cuyas frecuencias de vibración son más altas que la frecuencia del tono estimulador, son sacudidas más vigorosamente que las zonas que tienen una frecuencia más baja.^{4,6,10,13,15}

Pero sí el oyente sigue sometido a niveles de intensidad altos, el daño se extiende rápidamente hacia las frecuencias altas o agudas y lentamente hacia las frecuencias bajas o graves, hasta abarcar completamente el aspecto total de audición.

2.4.2 Efectos psicológicos.

El ruido también es considerado como un agente directo que produce trastornos psicológicos en el individuo, que pueden causar un accidente de trabajo, por ejemplo el trabajador puede preocuparse por las molestias que lo aquejan, ya que no pone la debida atención y la concentración en su trabajo por sus reflejos alterados, además presenta una gran disminución en su productividad.^{4,6,10,13,15}

Se pueden presentar trastornos mentales, cardiacos, nerviosos, circulares, musculares, digestivos, de conducta y sueño. Se han realizado investigaciones médicas que demuestran que son provocados por la acción directa del ruido. Es importante tener en cuenta la susceptibilidad de las personas.^{4,6,10,13,15}

El otro efecto es la susceptibilidad con que rechaza o acepta la diversidad de ruidos, que se presentan en sus actividades, por lo que es muy difícil, en los casos de sordera proporcionar los límites..

Es definitivo, que en la aparición de estos trastornos, juega un papel fundamental el individuo, así como ocurre en los casos de sordera profesional, es difícil establecer límites que determinen la peligrosidad del riesgo. Estadísticas demuestran que en niveles sonoros comprendidos entre 75 y 90 dB para frecuencias de 2000 a 10 000 Hz, se presentan trastornos con mayor frecuencia. Se ha comprobado que el simple traslado de un trabajador de una área ruidosa a una menos ruidosa hace posible desaparecer estas manifestaciones.^{4,6,10,13,15}

La carga nerviosa que representa el ruido puede estimarse por los siguientes factores.

- 1.- Un ruido discontinuo es más molesto que un ruido continuo en forma aislada aunque éste sea un poco más intenso.
- 2.- Hay interferencia en las comunicaciones entre los trabajadores, lo que provoca una insatisfacción y una fatiga debido al constante esfuerzo por una comunicación hablada más fuerte.
- 3.- Los ruidos de más intensidad, son más molestos que los de baja intensidad
- 4.- Los ruidos de mayor intensidad, hacen más difícil el trabajo desarrollado por un individuo dedicado a operaciones complejas.

En pruebas clínicas y experimentales se ha observado un aumento en el rendimiento del trabajador, cuando se mejoran o eliminan las condiciones ruidosas del medio en el cual desarrolla sus actividades. ^{4,6,10,13,15}

2.4.3 . Sordera.

Hay que tener presente que el ruido no es el único que puede provocar disminución en la audición o daños irreversibles en el sistema auditivo, ya que existen otros medios por los cuales se puede tener pérdida de la audición total o parcial, así como, también daños en las partes anatómicas del oído, tales como.

Sustancias ototóxicas

2.4.3.1 Ototóxicidad.

Los efectos de algunas sustancias químicas y medicamentos sobre la audición y el equilibrio se conocen desde hace tiempo. Con la rápida expansión de la farmacopea moderna la gama de medicamentos potencialmente ototóxicos se ha hecho bastante amplia, lo cual aumenta la responsabilidad del médico para conocer los peligros potenciales de cada una. ^{4,6,10,13,15}

Los síntomas y signos de ototoxicidad consisten en hipoacusia neurosensorial, mareo de diversas características y función vestibular deprimida. Con todo, las manifestaciones que se presentan pueden ser bastante variables y es necesaria una vigilancia constante si se quiere evitar un desastre.

Las lesiones vestibular y coclear pueden presentarse juntas o por separado, pueden estar precedidas por el vértigo y progresar insidiosamente o incluso sus efectos se pueden presentar mucho tiempo después de suprimir el agente ^{4,6,10,13,15}

A continuación se presenta una lista de sustancias y medicamentos ototóxicos.

Sustancias Químicas

Acónito
Alcohol
Tintes de anilina
Arsénico
Vapores de benceno
Disulfuro de carbono
Monóxido de carbono
Cloroformo

Cloramfenicol
Colistina
Dihidrostina
Gentamicina
Kenamicina
Tobramicina
Minociclina

Ácido etacrínico

Antipirina
Atropina
Barbitúricos
Cafeína

Antibióticos.

Diuréticos

Fármacos Diversos

Oro
Ácido cianhídrico
Yodo
Yodoformo
Plomo
Mercurio
Nitrobenzol
Aceite de quenopodio
Tabaco.

Neomicina
Farmacetina
Polimixina B
Risfocetina
Vancomicina.

Furosemida

Clordiazepóxido
Ergotamina
Bromuro de hexadimetrina

2.5 INSTRUMENTACIÓN

Es innegable la importancia de la cuantificación de los fenómenos, en este caso del sonido y ruido. Las preguntas más comunes que surgen son: medir el qué y el cómo del ruido. Seguidamente se pregunta sobre la exactitud de las mediciones y sobre las precauciones que hay que tomar para disminuir los errores que seguramente se cometen. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Si bien la medición es una ciencia en sí y requiere ejercitación prolongada antes de poder asegurar resultados, en este estudio se enumerarán sólo algunos conceptos básicos vinculados sobre el tema, pasando revista a las unidades y variables que son usadas, al instrumental comúnmente utilizado, su empleo y los resultados que pueden obtenerse con su uso. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

El ruido se propaga por vía sólida y vía aérea. La segunda es la más común y consiste en el avance de las ondas de presión dentro del aire. Al tener diferencias de presión atmosférica en diversos puntos, se producen corrientes (oscilaciones). Estas oscilaciones se hacen audibles si producen entre 20Hz y 20 Khz (Es el rango en frecuencia para el hombre normal).

La presión acústica es la variación de presión alrededor de la presión atmosférica cuyo cambio de sentido tiene lugar unos 20 a 20 000 ciclos por segundo.

Para evaluar la magnitud de la onda sonora, empleamos unidades de presión. Expresándose como una fuerza que actúa sobre un área unitaria. En el sistema internacional tenemos los Newtons/m² o Pascal. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Como se mencionó, en nuestro sistema auditivo se recibe una presión acústica expresada en Pascales. Sin embargo, esta unidad no es muy práctica por dos razones :

- a) La sensibilidad de nuestro sistema auditivo tiene un rango aproximadamente de 0,00002 a 20 Pascal; este tipo de cantidades es incómodo manejarlas y mencionarlas en la práctica.
- b) Además, nuestro sistema auditivo tiene la peculiaridad de un comportamiento logarítmico; es decir, la sensación que percibe es proporcional al logaritmo de la excitación.

Lo que necesitamos es una unidad en la que se puedan manejar las cantidades más fácilmente, y que representen una mejor relación con respecto a nuestro sistema auditivo.

Esta unidad se llama Bel (por Alexander Graham Bell), definida como el logaritmo a la base 10, de la relación de dos potencias o intensidades acústicas. Sin

embargo el Bel es una unidad muy grande para la mayoría de los casos, por esta razón, se tomó su décima parte el deciBel (dB), como unidad de uso general.
1,2,3,7,8,9,17,20

El deciBel (dB) se define entonces como (Ec.5.1):

$$n = 10 \log \frac{E}{E_0} \dots\dots\dots(5.1)$$

con :

- n = Número de decibel (dB).
- E = Energía que se está midiendo.
- E₀ = Energía de referencia.

Esta relación matemática nos representará también el concepto de nivel sonoro, el cual indica que la cantidad en cuestión tiene un cierto nivel por arriba de algún valor de referencia predefinido. Así hablamos de nivel de potencia, nivel de intensidad, nivel de presión sonora y el nivel sonoro continuo equivalente.

2.5.1 Nivel de presión sonora. (o SPL por sus siglas en inglés)

Este nivel sonoro es el más fácil de realizar, ya que es una cantidad escalar que describe la presión relativa del sonido.(Ec 5.2): 1,2,3,7,8,9,17,20

$$NPS = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0} \dots\dots\dots(5.2)$$

NPS = Nivel de presión sonora expresada en decibeles (dB) relativo a Po.

P = Presión del sonido a ser medido expresada en pascales (Pa).

P₀ = Presión Sonora de referencia. Es la mínima presión sonora audible a 1KHz. (Corresponde al umbral de sensibilidad auditiva).

La presión sonora depende no sólo de la fuente, sino donde se mida; así como de la distancia, orientación del receptor y de las condiciones ambientales del entorno.
1,2,3,7,8,9,17,20

2.5.2 El nivel de presión sonora con ponderación "A". (NPS "A").

El nivel de presión sonora en dB es un parámetro de gran utilidad que permite describir las ondas sonoras de una forma cuantitativa. La Ponderación es el término que define a las curvas de respuesta de un nivel sonoro en diferentes frecuencias que puede ser percibido. Donde se encuentra tres curvas de ponderación A (0 y 55 dB), b(55 y 85 dB) y C (para niveles mayores de 85 dB).

Se usa la curva de ponderación "A" porque intenta seguir aproximadamente la respuesta subjetiva del oído humano. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

2.5.3 Nivel de presión sonora "A" promedio del punto evaluado, nos determina el nivel que prevalece en el punto de medición. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

$$NS(A)_i = 10 \text{ Log } \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N 10^{\left(\frac{Ni}{10}\right)}$$

Donde:

n = Número de lecturas registradas del nivel sonoro "A"

Ni = Nivel sonoro "A" registrado.

NS"A" i = Nivel sonoro "A" promedio del punto i.

250 > n > 150

2.5.4 El nivel sonoro continuo equivalente NSCE (Leq siglas en ingles)

Es la energía media ponderada "A" de un ruido promediado durante un tiempo de medida. Es el parámetro que se utiliza para medir la exposición al ruido de los trabajadores. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

$$NSCE = 10 \text{ Log } \left[\sum_{i=1}^N t_i \text{ antilog } \frac{NS(A)_i}{10} \right] - 10 \text{ Log } T$$

Donde:

NS"A" i = Nivel sonoro "A" promedio del punto i.

ti = Tiempo de exposición del período i.

T = Tiempo total de exposición.

$$T = \sum_{i=1}^N t_i$$

2.5.5 Nivel de potencia sonora.

La potencia sonora es una propiedad física escalar de la fuente de ruido y es función principalmente, de la energía que radia la fuente.

Se define como (Ec 5.3): ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

$$NWS = 10 \log \frac{W}{W_0} \dots\dots\dots 1.5$$

W = La potencia acústica de la fuente expresada en watts.

W_0 = Potencia de referencia (10^{-12} W.)

El hecho de que el sonido se propague en todos los sentidos y la imposibilidad de obtener un haz sónico, hace difícil la medición de la característica de una fuente sonora o la distribución de la energía dentro de un recinto. Es necesario medirlas punto por punto dentro del espacio circundante, para obtener resultados concretos.

Es esencial conocer y estudiar el equipo que se emplea para identificar las características del ruido o sonido que desea medir. Con esto se trata de lograr desarrollar criterios para elegir y usar adecuadamente el equipo, para tener presente hasta donde se puede llegar con él. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

2.5.6 Sonómetros.

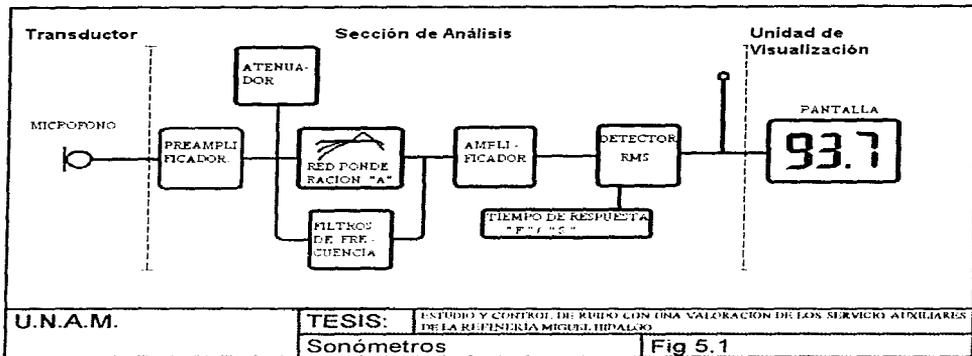
El medidor de nivel sonoro (sonómetros) es el instrumento básico para toda medición acústica.

Los sonómetros se clasifican según su grado de precisión en clase 0,1,2 y 3, siendo la clase 0 los de máxima precisión y los de la clase 1, de gran precisión. Para muchas medidas normalizadas se recomienda utilizar sonómetros que sean de clase 1 por lo menos, pues los de clase 2 y 3 presenta mayor tolerancia. Pero la precisión de los sonómetros esta en función del costo, por que si requiere un sonómetro de mayor precisión el costo será muy elevado en comparación con un sonómetro de clase 2 ó 3. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

El sonómetro portátil es el usado comúnmente para las evaluaciones del ruido ya que es un sistema de medida completo y preciso, que incluye todos los elementos que se necesita para realizar el estudio. Existe una gran variedad de modelos, que van desde el más sencillo que efectúa únicamente medidas ponderadas A, a los más complejos que incluyen todas las redes de ponderación normalizadas, y cuenta con todos los aditamentos para medir ruidos impulsivos, utilizar filtros, o integradores que permiten obtener el nivel equivalente de presión sonora. ^{6,7,9,19,20}

Los recientes desarrollos en electrónica han permitido a los diseñadores construir sonómetros con mayor número de funciones en un espacio cada vez menor, y con un peso muy pequeño. Estos sonómetros incluyen ponderaciones A, C, lineal, y lineal de banda muy ancha, respuesta RMS. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Aunque cada equipo tiene una función distinta, básicamente todos deben consistir por lo menos de las siguientes partes : un transductor, una sección de análisis y una unidad de visualización, tal y como se muestra en la siguiente figura (5.1): ^{1,2,3,7,8,9,17,21}



El transductor es una de las partes más importantes para el buen funcionamiento de los equipos. El transductor habitualmente es un micrófono capaz de convertir las variaciones de presión que supone la detección de ondas sonoras, en impulsos eléctricos proporcionales a estas variaciones.

Los micrófonos son una de las partes más importantes tanto de los sonómetros, dosímetros, como de los analizadores de intensidad. Estos ayudan en gran parte a la respuesta que tiene el equipo y la confiabilidad de los resultados. Entonces se requiere información más detallada acerca de este componente. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

El micrófono se considera que es un equivalente de nuestro órgano auditivo, se establece un cierto paralelismo entre ambos, ya que el micrófono consta de un elemento receptor o acústico, semejante al oído externo, un elemento conversor o mecánico, homólogo al oído medio y un dispositivo emisor o eléctrico equivalente al oído interno. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

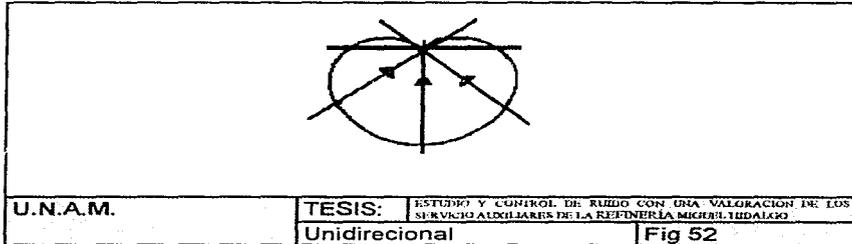
Las características que expresan el funcionamiento de un micrófono, y que determinan su correcta aplicación, son: ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

- 1) Sensibilidad o rendimiento.
- 2) Curva de respuesta. Es la gráfica representativa de la sensibilidad en función de la frecuencia. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}
- 3) Fidelidad. Es la exacta reproducción de todas las frecuencias.
- 4) Distorsión. Cuando la tensión que proporciona un micrófono no reproduce exactamente las frecuencias que registra, si no que las deforma. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

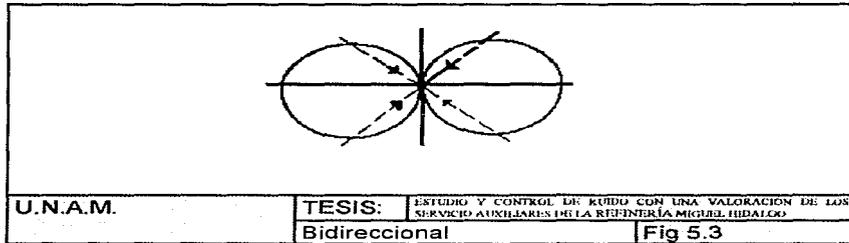
- 5) **Ruido de fondo.** Se llama así el sonido propio que tiene todo sistema electroacústico, aunque el micrófono no reciba ningún sonido, generará una pequeña tensión motivada por el calentamiento del circuito. Esta pequeña salida será tanto más pequeña cuanto más cuidada sea su construcción, pero nunca podrá suprimirse totalmente. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}
- 6) **Direccionalidad.** La sensibilidad de un micrófono varía también según el ángulo de incidencia que forma con su eje geométrico el sonido recibido; esta sensibilidad es muy desigual según los diversos tipos de micrófono, como consecuencia de los distintos dispositivos que lo componen. Hay tres tipos principales: ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Existen tres tipos de direccionalidad:

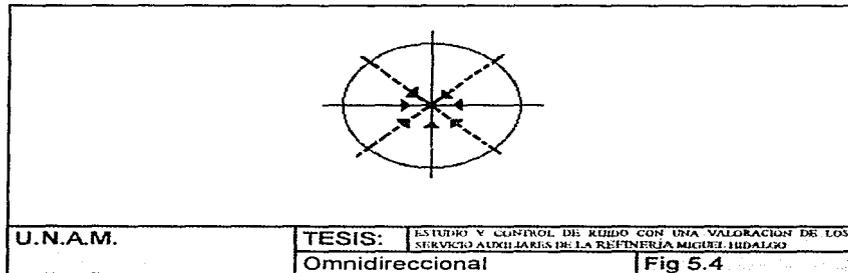
- a) **Unidireccionales.** Como su nombre lo indica, son los que presentan una diferencia de sensibilidad muy acusada en determinada dirección, siendo máxima cuando el foco sonoro se encuentra sobre la prolongación de su eje, decreciendo rápidamente a medida de incidencia, siendo muy pequeña cuando este valga 90° y nula (no registra por lo tanto el sonido), cuando el sonido llegue por la cara opuesta. (Fig 5.2)



- b) **Bidireccionales.** Presenta las características anteriores de direccionalidad por ambas caras, existe un plano de simetría perpendicular a su eje, donde no se captan los sonidos que llegan al micrófono por esta dirección. (Fig 5.3) ^{1,2,3,7,8,9,17,20}



- c) Omnidireccionales. Presenta una sensibilidad constante en cualquiera que sea la dirección por donde les llegue el sonido (Fig. 5.4). ^{1,2,3,7,8,9,17,20}



Existe una gran diversidad de micrófonos de presión que podemos clasificar en dos grupos que son:

- Micrófonos de presión
 - Condensador.
 - Piezoeléctricos.

- a) Micrófonos piezoeléctricos.

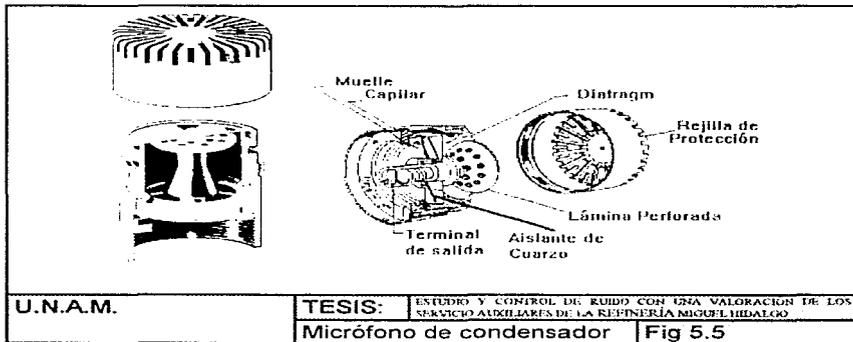
Se basan en el fenómeno de piezoelectricidad que presenta el cuarzo; su funcionamiento consiste en transformar las presiones y tracciones que actúan sobre sus caras, paralela y perpendicular al eje polar, en cargas eléctricas. Está constituido por una membrana M, un cristal C, un amplificador. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

La membrana es un dispositivo dotado con un cristal, que será capaz de transformar las presiones que recibe en potenciales eléctricos, un amplificador que esté cerca debido a que su salida de señal es muy débil.

Este tipo de micrófono es de costo elevado, resiste bien los golpes pero no los cambios bruscos de temperatura^{1,2,3,7,8,9,17,20}

b) Micrófono Condensador.

Su funcionamiento consiste en la variación de la capacidad eléctrica entre dos láminas cargadas cuando varía la distancia entre ellas. La carga se puede generar mediante una tensión de polarización externa, o por las propiedades intrínsecas del material empleado. Una de las láminas es un diafragma móvil, extremadamente ligero, que se mueve como respuesta a las variaciones de presión acústica, y el cambio de capacidad produce una tensión eléctrica que se detecta por un circuito medido (fig 5.4).^{1,2,3,7,8,9,17,20}

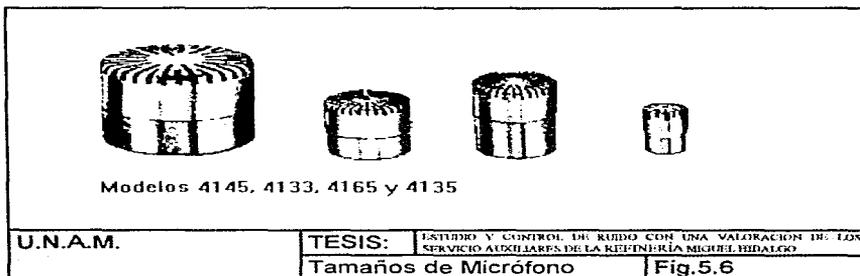


Características que se toman en cuenta para la elección de un micrófono.

- Que pueda trabajar en condiciones extremas de humedad, temperatura, contaminación atmosférica y viento.^{1,2,3,7,8,9,17,20}
- Que la respuesta en frecuencia de un micrófono para medidas precisas de ruido debe ser plana toda la gama de frecuencias que nos interesa.
- Que debe tomarse en cuenta el tipo de campo sonoro que se va medir. La respuesta del micrófono está influenciada por la alta frecuencia generado por los fenómenos de reflexión y la difracción causadas por diferentes efectos en el campo sonoro, que dependen, de la dirección de procedencia del sonido.

Existen dos tipos de campo sonoros, diferentes que son: ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

- a) El campo difuso se puede considerar que el sonido procede por igual de todas direcciones. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}
- b) El campo libre lo más normal es que el sonido llegue predominante de una dirección. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}



El tamaño del micrófono es de gran importancia , dado que cuanto mayor sea tendrá mayor sensibilidad. Sin embargo, presenta peor respuesta en frecuencia y peor omnidirectividad. En cambio cuanto menor es un micrófono mejor es su respuesta en frecuencia y omnidirectividad, pero tiene menor sensibilidad ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Ya que el micrófono convierte las variaciones de presión a impulsos eléctricos, estos los dirige hacia la sección de análisis, esta parte normalmente es la más compleja y se compone de una gran variedad de circuitos para acondicionar la señal eléctrica.

a) El primer componente donde entra la señal eléctrica es un preamplificador la función de este no es obtener un aumento de la tensión eléctrica , sino una adaptación de impedancias, y proporcionar al mismo tiempo la tensión de polarización. Después de la salida del amplificador sigue la señal entrando a otros dispositivos como son:

El atenuador, filtros de frecuencia, red de ponderación, amplificador, detector, tiempo de respuesta y visualización. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

b) Filtros de frecuencia

Los filtros de frecuencia son circuitos destinados a dejar pasar una banda de frecuencia perfectamente determinada, lo que permite evaluar la composición del ruido por bandas de frecuencia, y así se tiene un mejor conocimiento de las características del ruido, o sonido. Existen diferentes tipos de filtros según la aplicación a emplear, los filtros más habituales son: ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

- 1 octava.
- 1 octava y 1/3 de octava seleccionable.
- Los filtros infrasonido y ultrasonido.

Los filtros de 1 octava se componen, en general, de 10 filtros normalizados de frecuencia centrales comprendidas entre el rango de 31.5 Hz a 16 KHz, mientras que los de 1 octava y 1/3 de octava tiene frecuencias centrales comprendidas entre 20 y 20 Khz. Los filtros infrasonido y ultrasonido tienen como misión evaluar las componentes del ruido con frecuencias inferiores o superiores al margen audible. La ventaja de los filtros modernos es que permiten efectuar análisis automáticos en frecuencia de ruido. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

c) Redes de ponderación.

Los equipos normalmente están integrados con tres redes de ponderación de frecuencia : es decir, tres filtros electrónicos que hacen que la sensibilidad del instrumento varíe con relación a diferentes frecuencias en forma similar como hace el oído humano.

Estas redes son (A, B y C), la curva de ponderación A se adopta para los ruidos (20 a 55 dB), la curva B para ruidos (55 a 85 dB) y la curva C para Ruidos intensos (85 a 140 dB). ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Para los estudios de evaluación y control de ruido por acuerdo internacional e nacional se adopta la normalización de la escala de ponderación "A", que por medio de la experiencia es la que más se asemeja a la respuesta del oído humano normal.

d) Amplificador

Este dispositivo electrónico permite elevar la potencia de la señal electromagnética y debe compensar sistemáticamente el error a lo largo de la frecuencia. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

e) Detector de respuesta.

La mayoría de los sonidos que se necesitan medir presenta fluctuaciones muy rápidas en el nivel de sonido, provocando la imposibilidad de obtener una lectura significativa. Lo cual se le integro el detector de respuesta para poder determinar las cantidades de estas fluctuaciones. Tiene 2 características detectores de respuesta que son estandarizadas estas se conocen como: ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

- F Rápido (Fast)
- S Lento (Slow)

F contiene una constante de tiempo de 125 milisegundos y provee una respuesta rápida de exhibición, permitiendo seguir y medir no muy rápidamente las fluctuaciones de los niveles de sonido.

S posee una constante de tiempo de un segundo dando una respuesta más lenta, la cual ayuda a promediar las fluctuaciones de exhibiendolas en un medidor análogo. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

f) Detector.

El detector es un tipo de promedio matemático su importancia en la medida del sonido, se debe a que el valor del RMS esta directamente relacionado a la cantidad de energía en el sonido que se esta midiendo. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

g) Visualización.

La visualización es la última fase del medidor donde se exhibe la lectura de las variaciones de presión que se toman, y se da una respuesta en decibeles. Este tipo de pantallas anteriormente en el que manejaban la respuesta, eran las clásicas pantallas de aguja y sin embargo los avances en la electrónica han permitido disponer de unidades de lectura digitales. ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Ya que se han mencionado las partes que constituyen los instrumentos. Existe una gran variedad de equipos que se puede interconectar entre ellos. El objetivo de estos equipos es obtener una respuesta parecida a la del oído humano y garantizar una confiabilidad en los resultados. . Estos equipos se conocen con el nombre de: ^{1,2,3,7,8,9,17,20}

- Sonómetro
- Dosímetro
- Analizador de Intensidad.

2.5.7 Dosímetros.

Aunque en los sonómetros medimos el nivel de ruido que existe en determinada zona, estos valores no determinan verdaderamente el nivel de ruido al que están expuestas las personas. De aquí surge los dosímetros con el fin de proteger y conservar la audición entre los trabajadores expuestos a ruido durante su jornada laboral diaria.^{1,2,3,7,8,9,17,21}

Un dosímetro, es en realidad, un sonómetro integrador especializado que permite leer directamente la dosis de un ruido a que ha estado sometido un trabajador pero que no permite hacer promedios.^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Esta dosis de ruido es una medida de la energía sonora ponderada A que ha recibido, y expresada como un porcentaje de la dosis de ruido. La dosis no sólo depende del nivel del ruido, sino también de la duración de la exposición del trabajador.^{1,2,3,7,8,9,17,20}

El dosímetros mide la dosis de ruido acumulada, independientemente de donde haya estado el trabajador y del tiempo en que allí haya permanecido. Además, es pequeño, compacto y tan ligero que cualquier persona lo puede llevar sin sentir la más mínima molestia, pues el peso no suele exceder de 250 gramos. Asimismo, la dosis de ruido se actualiza constantemente, y se puede leer en cualquier momento sin afectar al proceso de medida.

2.5.8 Calibración

Cada micrófono y equipos (sonómetros, dosímetros y analizadores de intensidad) se calibran en fábrica y se entregan con una carta de calibración en la que aparecen las características de los mismo. La sensibilidad del micrófono y de todo el sistema de medida se debe comprobar periódicamente, pues cualquier desajuste implica errores en las lecturas de los instrumentos. Una técnica sencilla de calibración consiste en aplicar al micrófono una señal de un nivel de presión constante y conocido, y de una frecuencia fija, con lo que la calibración es inmediata mediante un potenciómetro de ajuste hasta obtener la lectura requerida. Los calibradores más adecuados son aquellos que producen un tono puro de 1KHz, debido a que se pueden calibrar aparatos que tengan sólo la ponderación " A ", pues esta ponderación, a la frecuencia de 1 KHz no tiene ni atenuación ni incremento de energía.^{1,2,3,7,8,9,17,20}

Se presentan algunos requerimientos que deben cumplir los equipos para su elección.

- El tipo de estudio que se desarrollará.

- Un factor muy importante a la hora de elegir un equipo de medida para usar fuera de un laboratorio es que sea realmente portátil, es decir, que sea ligero, fácil de calibrar y con alimentación de pilas.^{1,2,3,7,8,9,17,20}
- Que presente una respuesta igual o semejante al oído humano, como ya se ha mencionado.
- Que el manejo y uso del equipo sea sencillo.
- Que presente versatilidad en las funciones donde normalmente se requiere de varios instrumentos.
- Que ofrezca precisión en sus resultados.
- Que el costo del equipo sea económico.

3 NORMATIVIDAD.

Previo al desarrollo de cualquier programa de evaluación y control de ruido, es necesario definir el tipo de enfoque que este estudio tendrá con respecto al ruido generado; como puede ser el ruido industrial, ambiental y ocupacional. Este estudio se orientará al ruido generado por la industria, ya que se ha notado que en la actualidad la población activa permanece el mayor tiempo de su vida en los centros de trabajo y a medida que se ha desarrollado la industria, ha aumentado el ruido.^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

Antes de iniciar la realización del estudio y control de ruido es importante tener en cuenta, las fuentes generadoras de ruido, los procedimientos y equipos de medición que vamos a usar, también es conveniente haber recabado toda la información técnica necesaria, en cuanto al lugar y proceso, así como el tipo y número de personal que labora en esa área.

A continuación se describen estos puntos:

3.1 Identificación de las fuentes.

La elaboración de una evaluación o control de ruido, requiere del conocimiento fundamental de los mecanismos o fuentes generadoras del ruido, si realizáramos un estudio sobre ruido y lo concentramos solamente sobre las principales fuentes radiantes, ignorando la trayectoria mecánica de la transmisión y las fuentes de energía vibratoria, se producirían resultados marginales, por lo que hay que examinar las fuentes generadoras de ruido y las trayectorias que siguen sus emisiones.^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

Existen tres categorías de fuentes sonoras son:

Fuente de volumen (o masa) fluctuante: la función de esta fuente es convertir todo su volumen de energía a energía sonora.^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

Fuente de fuerza fluctuante: es la más común, su propiedad se presenta en cualquier superficie que vibre, debido a la fricción y a la fuerza que se ejerza sobre su área.^{2,4,6,13,15,19}

Fuente de exceso de momento fluctuante: es al flujo turbulento que se genera por el giramiento de aspas.

A las tres categorías de fuentes se les identifica con los siguientes términos: la fuente de volumen como fuente de ruido primaria, la fuente de fuerza fluctuante con el nombre de fuente de ruido secundaria y fuente de exceso de momento fluctuante como fuente terciaria.^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

3.1.1 Fuentes de ruido primarias

Se definen como aquellas fuentes que contienen una cantidad de masa en un recinto, que por medio de una presión convierten todo su volumen en energía acústica, como ejemplo tenemos; una explosión, el desfogue de un vapor y las alarmas de seguridad, etc.

3.1.2 Fuentes de ruido secundarias.

Las fuentes secundarias generan un ruido y una vibración como resultado de la transferencia de energía de fricción, impacto o acoplamiento de superficie como en el caso de los engranes, apoyos o cojinetes , válvulas, cadenas de transmisión y poleas, etc. Estas fuentes convierten una parte de su energía mecánica o aerodinámica en vibración estructural o en pulsaciones de presión. ^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

La solución teórica para el control de ruido generado por esta fuente, es reducir la fricción, mejorar el sistema de acoplamiento de las superficies y reducir la fuerza de impacto para disminuir generalmente el ruido y la vibración de las estructuras de apoyo.

Las fuentes aerodinámicas de ruido producen el ruido como resultado de la interrupción periódica del flujo del fluido y la creación de turbulencia en dichos sistemas. ^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

3.1.3 Fuente de ruido terciaria.

Las fuentes terciarias de ruido estan formadas por aquellos componentes y miembros estructurales que responden a las vibraciones del aire o de las estructuras de apoyo y transmiten esta energía a otras partes o la radia al aire produciendo ruido. Entonces el ruido se produce por movimientos mecánicos o aerodinámicos de las partes móviles de una fuente. ^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

Una vez generada la energía acústica por alguna de las fuentes, la energía sonora se transmitira normalmente a otras partes tales como las cubiertas y pisos, a tableros los cuales vibrarán y emitirán a su vez la energía en forma de ondas de perturbación de presión hacia el aire.

Si no existe ninguna barrera que impida su propagación, terminarán las ondas sonoras disminuyendo su energía en el espacio libre. Mientras que, si se presenta una barrera que impida su propagación en el espacio ocasionará un aumento en la energía sonora o un tiempo de reverberación mayor. ^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

Ya que hemos hablado de las fuentes generadoras de ruido, presentaremos algunos de los mecanismos productores de ruido que se pueden presentar en la industria.

Mecanismos productores de ruido.

- Ruidos producidos por corrientes de gases y vapores al descargarlos hacia la atmósfera, ejemplo: venteos, válvulas e alivio, purgas y alarmas de seguridad.
1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17,
- Ruidos producidos por fluidos al circular por conductos, cerrados ejemplo: válvulas de control, tuberías, etc.
- Ruidos producidos por superficies metálicas en movimiento sobre los fluidos, ejemplo: bombas, ventiladores, etc.
- Ruido producido por otros equipos, ejemplo: hornos, motores.

Venteos

El ruido generado aquí es debido a la acción del flujo de gas hacia la atmosfera que constituye uno de los mecanismos de mayor producción de ruido. Este ruido se genera por el flujo aerodinámico producido por la expansión brusca que se presenta en su descarga.
1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17,

Válvulas de control.

Las principales causas de ruido producido es por el paso de fluido a través de la válvulas son:

Vibración mecánica de los componentes en la válvulas que es el resultado de las fluctuaciones de presión dentro del cuerpo de la válvula o impacto de fluido sobre las partes móviles o flexibles de la misma.
1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17,

Ruido hidrodinámico.

La mayor fuente de ruido hidrodinámico (ruido resultante del flujo de un líquido), es la cavitación que es causada por el rompimiento de las burbujas de vapor formadas en dicho proceso.
1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17,

Máquinas hidráulicas:

Para todas aquellas clasificadas en el grupo que producen ruido por la interacción de fluidos contra superficies metálicas en movimiento (ventiladores, compresores, bombas, turbinas), el nivel de potencia sonora que se genera es función de una velocidad y de la potencia mecánica.
1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17,

Ventiladores.

Usados en sistemas de ventilación, aire acondicionado y procesos; los compresores que contienen puede ser de tres tipos: el axial, el centrífugo, y el reciprocante cada; uno de estos tipos produce ruido debido a una alteración en la presión en su trayecto de la entrada a la salida de la unidad. ^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

Bombas.

Contribuyen a elevar el nivel de ruido global de la planta. Las causas principales de producción de ruido en estos equipos son: ^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

Cavitación.

Desbalance de flecha.

Desalineamiento entre la unión del motor y la bomba.

Defectos en los rodamientos.

Mal diseño de la tubería en la succión y descarga.

Motores eléctricos:

Las fuentes de ruido en motores eléctricos son: mecánicas(soportes y rotores), aerodinámicas y magnéticas. ^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

Hornos.

Estos equipos producen ruido por la combinación de varios mecanismos como son: ruido producido por la entrada de combustible con una relación crítica de presiones, ruido ocasionado por el proceso de la combustión y ruido producido por la entrada de aire. ^{2,4,6,13,15,18,20}

3.2 REQUISITOS.

Determinar con que normatividades debe cumplir el estudio. Para este caso sera las que marca la Norma Oficial Mexicana como son: ^{1,2,3,6,7, 11,12,13,16,17.}

NOM-011-STPS-1993 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido, y la NOM-080-STPS-1993 Higiene industrial / medio ambiente laboral determinación del nivel sonoro continuo equivalente al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo.

Parte Experimental.
Recopilación preliminar:

Descripción del Centro de Trabajo	Ayuda al Auditor
A) Localización del centro de trabajo	*Ubicación. *Vías de acceso *Clima predominante durante todo el año *Condiciones
B) Descripción de las Instalaciones	*Plot-Plan. *Programas de mantenimiento. *Números de trabajadores por área (Tec-Admón). *Tiempo de operación de los equipos. *Ubicación del área de trabajo del personal.
C) Descripción del Proceso	*Descripción del proceso *DFP *Registros de producción
D) Equipos para la Evaluación	*Equipos con los que cuenta para la valoración *La antigüedad de los calibradores *Cambio de micrófono *Programas de mantenimiento como son: calibración del equipo y almacenaje
E) Control Médico	*Qué tipo de control médico se tiene para los trabajadores *Qué tipos de exámenes se aplican. *Con frecuencia se realizan estos exámenes.
- Determinar si un simple nivel de presión es suficiente o es necesario un análisis en frecuencia.	
- Averiguar la naturaleza del ruido a medir.	
- Con estos precedentes, elegir la instrumentación adecuada.	

3.2.1 Nivel de exposición permitido.

Es necesario conocer los niveles permitidos por la NOM-011-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. Así tomar un marco de referencia que nos indicara cuanto tiempo puede estar expuesto un individuo a ciertos niveles de energía sonora para no afectar su salud.

Tiempo de Exposición Permisible (horas)	NSCE dB(A)
8	90
4	93
2	96
1	99
0.5	102
0.25	105

4 PARTE EXPERIMENTAL.

El estudio del comportamiento del ruido y sus propiedades tanto en la evaluación como la problemática que se presenta por sus efectos; aportaron en esta investigación las bases necesarias para la realización de una evaluación de ruido en un centro laboral, y así poder conocer la realidad a la que los trabajadores están sometidos cada minuto de su vida por este contaminante durante el tiempo de permanencia en los centros de trabajo.

Por lo tanto, se trato de conjuntar la investigación con el campo laboral, logrando con ello el desarrollo de criterios, experiencia y encontrar posibles soluciones en la lucha contra el ruido.

El centro de trabajo donde se desarrolló la evaluación del ruido, fue en una de las refinерías que tiene a su cargo la empresa Paraestatal Pemex, en el área de Pemex Refinación, realizada en el periodo 28 de agosto al 22 de septiembre de 1995, en la refinерía "Miguel Hidalgo".

Ante cualquier paso lo primero que se planteó, fueron los objetivos que debían cumplirse y así saber que camino a seguir en la evaluación del ruido; son los siguientes:

- 1.- Determinar la existencia o inexistencia del riesgo potencial de lesión auditiva por exposición al ruido laboral.
- 2.- Aplicar los métodos que dicta la Norma Oficial Mexicana y saber si son adecuados para la evaluación del ruido.
- 3.- Identificar las fuentes generadoras del ruido.
- 4.- Delimitar los puntos de alto nivel de presión sonora de permanencia restringida.
- 5.- Conocer los programas que tiene establecido el centro de trabajo en la evaluación, control y cuidado de su personal expuesto al ruido.

PROCEDIMIENTO.

Ya en la refinерía, por su extenso tamaño, debido a las diferentes plantas que tiene integradas en su proceso y los objetivos planteados, tenía que tomarse una decisión en que área debería ser aplicada la evaluación de ruido.

Por medio del departamento de la Superintendencia General de Seguridad y Contraincendio, se me informo de los problemas que acontecen en el sector "5" por los altos niveles de ruido; como son :

Problemas en la audición entre algunos trabajadores, desinformación en el uso adecuado del equipo de protección auditiva y falta de programas para combatir el ruido, etc.

El sector "5" corresponde al área de Servicios Auxiliares (encontrándose en el los departamentos, 42610 Generación de Vapor, 42620 Generación de Electricidad, 42640 Generación de Agua). Al ser enterado de la problemática del sector "5" se realizó un recorrido sencillo por el área y se constato la inseguridad que se tiene por el ruido.

Por consiguiente, debido a que el personal del sector "5" esta sometido a niveles sonoros intensos, se decidió hacer el estudio y evaluación de ruido en esta área, para aportar con ello información para la disminución, control y cuidado del personal contra el ruido.

Por lo tanto, se preparó un programa de trabajo en base a las NOM-011 y NOM-080. Para conseguir un margen de confiabilidad en los resultados y cumplir con los requerimientos legales que nos marcan ley del equilibrio ecológico.

En primer lugar se recabo toda información para conocer acerca del problema evaluar como son : La descripción del proceso, los registros de producción, los programas de mantenimiento, la distribución del equipo, las áreas de trabajo, el número de trabajadores que labora tanto en puesto fijo como en puesto no estacionario y las opiniones del personal que labora en el área. A continuación se realizo una evaluación previa y análisis de la información obtenida para desarrollar el programa de valoración del nivel sonoro.

La valoración del ruido, se llevó acabo durante los 3 turnos laborales del sector "5". En los siguientes horarios.

1 Turno	12:00 p.m. - 08:00 a.m.
2 Turno	08:00 a.m. - 16:00 p.m.
3 Turno	16:00 p.m. - 12:00 p.m.

Al conocer el desarrollo de las labores realizadas por los trabajadores en los tres turnos, se observó que en el segundo turno había una mayor concentración de labores de mantenimiento, administrativas y producción. Por lo que se escogio el segundo turno para tomar las mediciones de los niveles de ruido.

Para entrar más en detalle de las actividades que se desarrollan en esta refinería y en particular el sector "5". A continuación hacemos los siguientes comentarios:

La refinería "Miguel Hidalgo" esta localizada en el municipio de Tula de Allende, perteneciente al Estado de Hidalgo a 8 Km. al oriente de la cabecera del municipio, y a 82 Km. al norte del área metropolitana de la Ciudad de México, la ubicación esta justificada por:

- Proximidad al valle de México.
- Ajena a los servicios municipales del distrito federal.
- Situada entre centros productores de aceite crudo y el mayor consumidor de combustibles.

La refinería de Tula tiene una capacidad nominal de proceso de 150,000 B/D (barriles diarios) de aceite crudo, siendo su función principal refinar el petróleo para obtener productos comerciales, como son: gases licuados del petróleo, gasolinas nova y extra, turbosina, diátano diesel especial y nacional, combustóleo, azufre y especialidades, como son gasolvente, gas nafta, hexano, heptano y aceite decantado. También obtiene subproductos para su uso interno como son : hidrógeno, gas combustible, propileno, butano-butileno, isobutano e isopentano. Así como la capacidad de distribuir sus productos obtenidos, de los gases licuados que recibe de la refinería de Minatitlán.

El crudo que procesa la refinería, es una mezcla de cretácico y maya, que proviene de los campos del Sureste de la República Mexicana.

El gas que se usa como combustible, es una mezcla de gas natural, que proviene desde Cd. Pemex y de gas seco que se obtiene de los diferentes proceso de la refinería.

Esta refinería consta de las siguientes plantas de refinamiento y se puede observar su ubicación en el plano de localización general de las instalaciones de la refinería (ver plano 1 .)

- Planta de Destilación Combinada.

Servicio: Separar por destilación los diferentes productos contenidos en el crudo como: el gas húmedo, gasolinas primaria, base turbosinas; querosinas primarias, gasóleos ligeros y pesado, y residuo de vacío. Tiene una capacidad de 150,000 B/D.

- Planta de Tratamiento Cáustico de Gasolina.

Servicio: Eliminar con sosa cáustica los compuestos de azufre contenidos en la gasolina. Capacidad 20,000 B/D.

- Planta Hidrosulfuradora de Gasolina

Servicio: Esta planta elimina por medio de una hidrogenación catalítica, los compuestos de azufre, oxígeno, nitrógeno, cloro, metales y olefinas, contenidos en la gasolina. Capacidad 36,500 B/D.

- Planta Hidrosulfuradora de Destilados Intermedios.

Servicio: Estas plantas eliminan por medio de una hidrogenación catalítica, los compuestos de azufre, oxígeno, nitrógeno, cloro, metales y olefinas contenidos en los destilados intermedios, base turbosina, querosina primaria y diesel. Capacidad: 25,000 B/D.

- Planta Tratadora y Fraccionadora de Hidrocarburos Ligeros y Pesados.

Servicio: Absorber con una solución de dietanolamina los compuestos de azufre de los gases y líquidos amargos de las plantas hidrosulfuradora, para obtener un gas ácido, así como el separar por destilación fraccionada, los gases licuados y hexanos para obtener especialidades. Capacidad 11,063 B/D de hidrocarburos líquidos 36.4 pies cúbicos por día de gases.

- Planta Reformadora de Nafta.

Servicio: Incrementar el octanaje de la gasolina desulfuradora por medio de reacciones químicas de reformación catalítica. Capacidad: 30,000 B/D

- Planta Desintegradora Catalítica tipo FCC.

Servicio: Esta tiene como objetivo fundamental el romper las moléculas de una mezcla de gasóleos de vacío, en gas seco, gases licuados, gasolina de alto octanaje y gasóleo ligero, lo cual se logra por medio de un catalizador y mayor temperatura. Capacidad: 40,000 B/D

- Planta Reductora de Viscosidad.

Servicio: Reducir la viscosidad del residuo de vacío, por medio de reacciones químicas de desintegración térmica, para obtener combustóleo. Capacidad: 41,000 B/D

- Planta de Azufre.

Servicio: Obtener azufre por reacción química catalítica del gas ácido recuperado en las plantas de tratamiento de hidrosulfuradora y FCC. Capacidad 90 %

- Servicios Auxiliares.

Resumen del Proceso.

El sector No.5 tiene como objetivo dotar los servicios indispensables para la operación de la refinería como son: agua, vapor, energía eléctrica y aire. observar los diagramas de flujo No. 1 y 2 de servicios auxiliares.

a).- Agua .

El agua que es uno de los recursos fundamentales para operar la refinería, se extrae del subsuelo por medio de 11 pozos, localizados a 8 Km. al norte de este centro de trabajo, almacenándose para rebombeo en un lugar llamado Mangas, el suministro se efectúa mediante un acueducto de 36" diámetro, con un flujo de 40,000m³ por día que se almacenan en tanques de concreto de 50,000 m³ cada uno, de ahí se entrega a la refinería para los siguientes servicios, con un previo tratamiento para disminuir sólidos en solución mediante un proceso de floculación.

- 1.1 Reposición de agua a las torres de enfriamiento.(Agregando Cl₂, CuSO₄).
- 1.2 Agua contra incendio.
- 1.3 Agua para alimentación a calderas y calderetas (generación de vapor). Con un tratamiento de desmineralizado.
- 1.4 Agua potable y servicios, se tienen 2 plantas desmineralizadoras de agua U.D.A No 1 con una capacidad de 341 m³/hr, y la planta U.D.A No 2 con capacidad de 525 Ton/hr.

b).- Generación de vapor.-

El agua desmineralizada junto con el condensado recuperado sirve como alimentación a 5 calderas de las mismas, características en donde se genera vapor de alta presión, Caldera CB-1, CB-2, CB-3, CB-4 y Caldera "CO"; con una capacidad de 200 Ton/hr de vapor de agua a 480°C y 60 Kg/cm² cada unidad. El vapor se distribuye de la siguiente manera:

2.1.1.- Vapor de Alta Presión (60Kg/cm², 480°C),

Es el generado en las calderas, CB-1, CB-2, CB-3, CB-4 y "CO"; se utiliza en los turboventiladores de tiro forzado de las calderas, en los turbogeneradores de la planta eléctrica, en las turbinas a condensación del soplador y compresor de la planta F.C.C. así como en las turbinas a condensación del compresor de la planta Reformadora de Naftas.

2.1.2.- Vapor de Media Presión (19 Kg/cm², 150°C).

Es el obtenido en la extracción de los turbogeneradores de la planta Termoeléctrica en la calderas de la planta F.C.C en tres estaciones reductoras de presión 60/19 kg/cm² a 360°C. la reductora No1 con capacidad de 70 Ton/hr, la reductora No 2 con capacidad de 70 Ton/hr. El vapor se utiliza en las turbinas a condensación de los compresores de las plantas hidrodesulfuradoras.

c).- Generación Eléctrica..-

Se tiene 3 turbogeneradores de corriente eléctrica TG-1, TG-2 y TG-3 , de los cuales se obtiene corriente eléctrica de alto voltaje, a 13 800 Volts. Los turbogeneradores TG-1 y TG-2 tienen una capacidad de 25 MW/hr a 13800 y el turbogenerador TG-3 8 MW/hr a 138000 Volts. Enlazandose con C.F.E(comisión federal de electricidad) con capacidad instalada de 1522 MW a 115KV para exportar o importar energía.

d).- Aire.-

la refinería cuenta con 4 compresores de aire, con una capacidad de 2000 ft³/min para uso general y el aire de instrumentos a una presión de 100 lb/in².

Lo cual hace que el sector "5" tenga una gran importancia en la refinería, ya que se trabaja los 365 días del año, por lo que es un proceso continuo. Esto trae consigo que los equipos no puedan realizar paros, a menos que sea necesario realizar labores de mantenimiento, de tal manera que si no se llevaran a cabo se puede dañar considerablemente el funcionamiento del equipo y producir un problema en el sector y por lo tanto a las demás plantas.

B) Registros de producción del mes de agosto 1995 de los Servicios Auxiliares.

-Generación de energía por los turbogeneradores 1, 2 y 3.

CLAVE	HORAS DE OPERACIÓN	GÉNERO (Kw/mes)
TG-1	720	14 859.66
TG-2	600	12 734.27
TG-3	444	2 961.92

Exportación e importación del mes de agosto.

Exp - 1 884.93 Kw/mes

Imp - 2 300.00 Kw/mes

-Consumo de vapor en los turbogeneradores.

CLAVE	VAPOR VIVO (Ton/mes)	EXTRACCIÓN (Ton de vapor/mes)	CONDENSACIÓN (Ton cond/mes)
TG-1	99 312	55 090	42 648
TG-2	118 416	82 970	35 446
TG-3	21 512	8 014	13 498
TOTAL	239 240	146 074	91 592

-Agua de enfriamiento de las torres de enfriamiento.

CT-600	CANTIDAD m ³ H ₂ O/ mes
CLAVE	
2 212 A	0
2 212 B	154 428
2 212 C	0
2 212 D	0
TOTAL	154 428

CT-501-A-A	CANTIDAD m ³ H ₂ O/ mes
CLAVE	
A	859 005
B	1 254 523
C	0
D	6 813
E	0
F	0
G	413 322
TOTAL	2 533 663

CT-501	CANTIDAD m³ H₂O/ mes
CLAVE	
2 213 A	2 856 918
2 213 B	3 379 248
2 213 C	0
2 213 D	1 544 280
2 213 E	3 379 248
TOTAL	11 159 694

CT-502	CANTIDAD m³ H₂O/ mes
CLAVE	
2 214 A	2 116 572
2 214 B	2 146 095
2 214 C	228 236
2 214 D	785 766
2 214 E	223 693
2 214 F	0
2 214 G	478 954
TOTAL	5 979 316

CT-503	CANTIDAD m³ H₂O/ mes
CLAVE	
A	3 379 248
B	3 270 264
C	3 379 248
D	3 379 248
E	3 379 248
F	3 379 248
G	3 379 248
TOTAL	23 545 752

CT-506	CANTIDAD m³ H₂O/ mes
CLAVE	
506 A	0
506 B	3 270 240
506 C	0
506 D	2 005 747
506 E	3 270 240
TOTAL	8 546 227

-Consumo total de agua.

LUGAR DE EXTRACCIÓN.	CANTIDAD m³ H₂O/ mes
Teocalco	1 087 529
Mangas	883 195
TOTAL	1 970 724

-Generación de aire por parte de los compresores.

BC-2000	CANTIDAD m ³ aire/ mes
CLAVE	
2000 A	6 117
2000 B	3 534 421
2000 C	3 792 614
2000 D	3 719 107
2000 E	1 264 664
2000 F	0
TOTAL	12 316 923

BC-2000	CANTIDAD m ³ aire/ mes
CLAVE	
2001 A	0
2001 B	1 949 090
2001 C	0
2001 D	2 028 144
2001 E	0
TOTAL	3 977 723

Consumo total de aire.

EQUIPO	CANTIDAD m ³ aire/mes
BC-2000	12 316 923
BC-2001	3 977 723
TOTAL	16 294 646

- Vapor de alta presión.

CLAVE	VAPOR (kg/hora)			
CB 1	28 155.53	27 675.70	118.74	598
CB 2	90 295.61	92 553.90	198.59	2 059
CB 3	91 721.21	90 506.00	356.37	1 571
CB 4	69 430.07	67 209.00	180.127	2 261
CB 5	95 047.34	92 692.00	631.82	2 915
TOTAL	374 649.76	370 636.60	1 418.64	9 404

CLAVE	GAS NATURAL (m ³ /mes)	COMBUSTÓLEO (m ³ /mes)	HORAS DE OPERACIÓN
CB 1	591 750	1 860	192
CB 2	857 930	6 684	744
CB 3	1 128 375	6 538	744
CB 4	9 972 030	0	578
CB 5	4 962 560	5 422	744
TOTAL	17 512 645	20 504	3 002

C) Personal que labora.

La cantidad de personal que labora en el sector "5" entre ingenieros, supervisores, operadores, especialista, ayudantes y algunos como personal administrativos es de 120 trabajadores por los tres turnos, a su vez puede incrementarse o disminuir por la razón que hay personal que realiza labores esporádicas en el sector.

D) Distribución del equipo.

Aquí se tomaron los planos del Plot-Plant del sector "5", con ellos y gracias a la ayuda del personal que labora esta área, se conocieron las zonas de trabajo tanto estacionarias como no estacionarias y la distribución del equipo. Con la experiencia que aportaron los trabajadores se amplió más el conocimiento tanto de las fuentes productoras como las zonas más influenciadas por los altos niveles de ruido.

Los planos de distribución de equipo con los que cuenta el sector presentan subdivisiones de 6x6 m. en toda el área del sector "5". En función de esta subdivisión se numeró cada sección del sector donde resultaron 644 secciones para así poder indicar el nivel sonoro "a" existente en cada una de las zonas como los puestos de trabajo.

E) Identificación de las áreas de trabajo.

Este punto es de gran importancia ya que el objetivo es conocer nivel de ruido al que están expuestos los trabajadores de puesto fijo tanto en sus áreas de trabajo como en las zonas donde circulan. Por lo tanto es necesario tener identificadas estas áreas para que los resultados obtenidos sean representativos y para que el trabajador tenga una mayor protección auditiva y evitarle la pérdida de la audición.

Los puestos se identificaron en plano 2, el plano tiene subdivisiones de áreas para conocer cada zona del sector. Empleándose letras en la identificación de los puestos de trabajo como las zonas donde transita el personal por el sector

-Se Identificaron los siguientes puestos de trabajo.

LETRA	IDENTIFICACIÓN
A	<p>Con esta letra conoceremos la sección 320 aquí se encuentra el cuarto de operación del área de bombas para la alimentación de calderas. Cuenta con 3 operadores 2 ayudantes de operación. Se Identifica como un puesto estacionario.</p>
B	<p>Comprende las secciones 295, 296, 297, 298, 299, 323, 324, 325, 326, 327, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 379, 380, 381, 382, 383, 384, en esta zona se encuentran las bombas accionadas tanto por motores eléctricos como por turbinas.</p> <p>En esta área se encuentra diverso tipo de personal como Ingenieros, mecánicos, personal de mantenimiento, de seguridad y otros. La diferencia de este personal con los operadores de bombas es que no permanece en esta área por demasiado tiempo, solo en casos en que la actividad así lo requiera.</p>
C	<p>Las secciones 348, 349, 350, 351, 376, 377, 378, 404, 405, y 406, pertenece a la Unida de Soloaire, esta unidad es considera por el personal que labora en este sector como una de las fuentes de ruido dañinas, pero debido a que se encontraba en mantenimiento mecánico se tuvo que descartar esta zona.</p> <p>Observaciones: En esta área el personal que opera en el departamento de tratamiento de agua como el personal de los otros departamentos transitan por este lugar para realizar sus labores.</p>
D	<p>Aquí se encuentran secciones 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 454, 455, 456, 458, 459, 460, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 510, 511, 513, 515, 516, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 566, 567, 568, 569, 570, 571 y 572, se localiza el laboratorio y control de la planta de tratamiento del agua, se encuentra 6 trabajadores en promedio.</p>

E	<p>Las secciones 386,387,388,389,390,392,414,415, 416 417,418, 419,420,442,443,444,445,446,447,448 esta zona se encuentra la caldera CB-4</p> <p>Observaciones: En las calderas (CB-1, CB-2, CB-3, CB-4) por lo menos se encuentran 3 fogoneros por cada 2 calderas y un 1 especialista por las 5 calderas, el número total de personal son 10 personas que operan en cada turno.</p>
F	<p>Secciones 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 330, 331, 332, 333, 334, 335 y 336 contienen a la caldera CB-3.</p>
G	<p>Secciones 162, 163, 164, 165, 166, 166, 167, 168, 190, 191, 192, 193, 194, 195,196,218,219,220,222,223 y 224 se encuentra la caldera CB-2 .</p> <p>Observaciones: Estaba en mantenimiento.</p>
H	<p>Secciones 50, 51,52,53,54,55,56,78,79,80,81,82,83,84, 106, 107, 108, 109, 110,111 y 112 se encuentra la caldera CB-1</p> <p>Observaciones: Esta caldera en el periodo de recabación de información estaba en mantenimiento y se hacian pruebas de desfogue de vapor de alta presión para una nueva conexión con un caldera.</p>
I	<p>Secciones 130, 131, 132, 158, 159, 160, 186, 187, 188, 214, 215, 216, 242, 243, 244 aquí encontramos el departamento de calderas en la parte superior de las instalaciones.</p>
J	<p>Secciones 99,100,101,102,127,128,129 y 130, se encuentra el turbo generador TG-3</p>
K	<p>Secciones 155, 156, 157, 158, 182, 183, 184, 185 y 186, aquí se encuentra el turbo generador TG-2</p>

L	<p>Secciones 211,213,213,214,239,240,241 y 242 es al zona del turbogenerador TG-1</p> <p>Observaciones: Estas zonas donde contiene a los tres turbogeneradores, se cuenta con 8 trabajadores para el control de estos equipos.</p>
M	<p>Secciones 15, 16, 17, 18, 19, 43, 44, 45, 46, 47, 71, 72, 73, 74 y 75. El área pertenece a las oficinas de los servicios auxiliares contando con personal técnico y administrativo.</p>

Observaciones Generales:

- Hay áreas donde los trabajadores de este sector no desempeña alguna actividad o no transitan en estas zonas como se muestra en plano 2. Por lo tanto se descartan estas zonas para su evaluación de ruido.
- Hay trabajadores que no se encuentra en un solo lugar sino que están por todo el sector o por toda la refinería.
- Se encontraron fugas de vapor en diferentes partes de las instalaciones.
- Hay trabajadores que no usan protectores para proteger su sistema auditivo al estar en zonas de alto riesgo.

Los trabajadores hicieron los siguientes comentarios al respecto :

- a) La desconfianza de no poder escuchar algún peligro.
- b) La incomodidad.
- c) El no darle la verdadera importancia este contaminante como a los demás.
- d) El ganar algún dinero por el daño auditivo.
- e) El poco apoyo que se da para mejorar las condiciones de trabajo.
- f) La educación del propio trabajador.

F) Programa de mantenimiento de los Servicios Auxiliares.

Como los servicios auxiliares son de gran importancia para que la refinería pueda realizar los procesos sin ningún contratiempo, cuenta con programas de mantenimiento para el buen funcionamiento de las instalaciones de este sector. El programa se divide en tres partes que son :

-Mantenimiento Predictivo. Se hacen observaciones a los equipos para prever algún posible problema, esto se lleva con el equipo trabajando.

-Mantenimiento Preventivo. Se previene la existencia de algún problema para lo cual se hacen cambios de aceite y grasa durante el funcionamiento del equipo.

-Mantenimiento Correctivo. Aquí se corrigen las anomalías que presentan y puedan generar algún problema tanto al equipo como al proceso, entonces es necesario el paro de equipo.

Observaciones generales :

En el período en el que se realizó esta evaluación tenían algunos equipos en mantenimiento, como son:

De las 5 calderas con que cuenta esta refinería dos estaban en mantenimiento, eran las calderas CB-1 y CB-2. Pero la caldera CB-1, se estaba utilizando también para crear una interconexión con una futura caldera, al realizar la instalación de la interconexión se llevaron a cabo algunas pruebas de desfogue de vapor de alta presión, durante una semana con un tiempo promedio de 12 min.

- La Unidad de Soloaire MV-2401, presentaba mantenimiento en el período que se permaneció en esta área.
- En el área de bombas había tres en mantenimiento que son: BA-2208 A,B y E, accionadas con turbina.
- Uno de los tres turbogeneradores TG-1 no trabajaba a su capacidad normal por mantenimiento.

Por lo tanto los servicios auxiliares de la refinería trabajaban un 78 % de sus actividades normales en el tiempo en que se realizó la medición del nivel sonoro "A" en esta zona, por lo que se decidió la aplicación de la valoración en este lugar.

De todas las áreas de trabajo estas instalaciones presentaron un nivel de ruido muy intenso, a simple oído, lo que provoca malestar, desconcentración y que rebundaran en un daño a la salud permanente.

Antes de describir el análisis como el propio método de evaluación de ruido, se describirá la instrumentación usada en la evaluación.

INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA.

Debido a la magnitud como la importancia que tiene Pemex cuenta con la instrumentación adecuada para la realización de un estudio de ruido confiable y serio, como es el caso de la refinería Miguel Hidalgo.

Equipo	Clase	Modelo	Marca	Número de unidades
Sonómetro de precisión	1	2230	Brüel & Kjaer	2
Analizador de intensidad	0	4433	Brüel & kjaer	1
Decibelímetro	2	890	Simpson	8
Dosímetros	-----	-----	-----	-----

a) Sonómetros 2230 Brüel & Kjaer.

Son equipos que por su construcción completa y la versatilidad lo hace ideal para toda clase de mediciones del nivel acústico incluyendo los análisis de frecuencia de un octava y 1/3 de octava utilizando un juego de filtros de fijación instantánea a precisión.

Este modelo lleva a cabo mediciones en paralelo NS"A", NSCE , Max y Min. las cuales todas pueden obtenerse por un misma señal, cuenta con 2 detectores de modalidades (RMS y Pico), 3 tiempos de ponderación (lento, rápido y impulsivo) y 4 bandas de ponderación (A, C, Lin y todas las frecuencias)

Tiene una imagen de cristal completa y clara, comprende cuatro dígitos que dan una resolución de 0.1 dB. Las imágenes son respectivamente actualizadas una vez y 64 veces por segundo.

- Es portátil y de fácil uso
- Se alimenta de 4 pilas alcalinas las cuales dan aproximadamente 8 hrs continuas de operación:

Cuenta con los siguientes accesorios:

- Un juego de filtros modelo 1625 que incluye 31 filtros de un 1/3 de octava y 31 traslapes de filtros de octava desde 20 Hz hasta 20 KHz.
- Cuentan con 3 micrófonos electroestáticos de 1/2 " modelo 4155 tiene una incidencia lineal de 0° de respuesta de frecuencia de campo libre el cual es apropiado para las mediciones en condiciones de campo libre. (mediciones al aire libre).
- Cuentan con calibradores modelo 4230 para la calibración del equipo con una señal de referencia de 94 dB con duración de 1 min.

Observaciones:

Al ver las características de este equipo se puede deducir que es un instrumento de muy buena calidad, confiable y de fácil uso.

Pero al revisar que tipos de programas de mantenimiento cuentan para su calibración y almacenaje del equipo encontré lo siguiente:

Lo que se refiere almacenaje se hallo que los 3 micrófonos que tienen para los sonómetros estaban dañados que les falta una parte de su estructura, esto se debió por la inconsciencia del personal que lo utilizo sin tener el más mínimo cuidado para su uso.

Calibración

Tanto los equipos con los que se trabaja y los calibradores que se utilizan para estos aparatos deben calibrarse por lo menos una vez al año y obtener una carta de certificación de la calibración que respalde las lecturas tomadas con estos equipos.

La ultima calibración fue realizada el 8 de mayo de 1992.

Nota:

Al observar la última fecha que fueron calibrados los equipos y micrófonos de la refinería, se realizó con la ayuda del centro de instrumentación de la UNAM, una

calibración comparativa en cada uno de los equipos que se utilizaron en la evaluación del nivel sonoro, y así obtener datos acertados que nos describan el comportamiento del ruido.

B) Analizador de Intensidad 4433 Brüel & Kjaer.

Es un equipo de clase 0 por la máxima precisión que se obtiene de los distintos parámetros de los ruidos, que se producen en el medio ambiente.

El equipo es diseñado para la obtención de las medidas como nivel de presión sonora "A", nivel de velocidad de la partícula y el nivel de intensidad sonora. Con la ayuda de estas mediciones se puede identificar el origen de la fuente de ruido.

El analizador tiene integrado un grupo de filtros de 1/1 octava con frecuencias centrales (63 Hz hasta 8 Khz) con filtros, ponderación "A" y Lin. Permite que el nivel de señales de entrada se ajuste al máximo que aceptan los filtros

Cuenta una imagen de cristal completa y clara que comprende cuatro dígitos, los cuales dan una resolución de 0.1 dB. Tiene promediación exponencial y lineal donde las imágenes son respectivamente actualizadas 0.25, 8 y 16 veces por segundo.

Manualmente tiene para la elección de los parámetros Lp A, Lp B, Lv y Li.

Cuenta con una sonda de intensidad sonora modelo 3520 con control remoto, lo integra un par de equilibrados micrófonos electrostáticos de campo libre prepolarizado de 1/2" modelo 4183 y dos preamplificadores de micrófono de 1/4" modelo 2633.

Es portátil, con alimentación de pilas alcalinas y fácil de usar.

Para su calibración se cuenta con un pistófono modelo 4220 produciendo un nivel de presión sonora de 124 Hz en 250 Hz de la misma marca.

Observaciones:

Este instrumento se encontró en muy buen estado, como las partes que lo integran (micrófonos, amplificadores y sonda). La última calibración que se le aplico a este instrumento fue el 8 de mayo de 1992

C) Decibelímetro 890 Simpson.

Es un equipo sencillo de clase 2 que realiza únicamente medidas de nivel de presión sonora en red de ponderación "A, C Y D". Tiene integrado una pantalla de aguja, cuenta con dos tiempos de ponderación (lento y rápido), una escala de

máximo nivel, con un micrófono de condensador integrado al equipo que da una respuesta omnidireccional.

Para su calibración se tiene el modelo 890 con una señal constante de nivel de presión sonora de 114 dB y duración de un minuto.

Observaciones.

Presento un buen estado y funcionamiento; el micrófono integrado a este equipo presenta por su característica de condensador una pérdida de sensibilidad y resolución de respuesta con el paso del tiempo.

La última calibración que se les dio fue el 12 de julio de 1992.

Dosímetros.

La refinería no cuenta con este tipo de instrumentos

MÉTODO DE EVALUACIÓN.

El método de evaluación que se aplicó para mi determinación del nivel sonoro "A" existente en el sector "5", es el que dictamina la Norma Oficial Mexicana NOM-080 (Higiene industrial-medio ambiente laboral determinación del nivel sonoro continuo equivalente , al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo).

La aplicación del método de la NOM-080 consistió en primer lugar en realizar una evaluación previa del NS"A" con el fin de conocer y analizar las características del ruido que persiste en el lugar, y lograr con ello la ubicación de los puntos a medir, como la determinación del número de periodos de observación en cada una de las fuentes generadoras y espacios de ruido en el sector "5".

En la previa evaluación se utilizo el decibelímetro 880 tipo 2, calibrado antes y después de ser usado, colocándose en un tripié a una altura 1.25 m para evitar los errores de paralelaje. En la toma de lecturas el decibelímetro se posiciono en su control la red de ponderación "A" (respuesta rápida) y auxiliándose con un cronómetro, una cinta métrica y el plano de distribución de equipo.

La toma de lecturas se procedió de la siguiente manera:

- 1.- Como observador en la medición me posicione en forma lateral con respecto al micrófono de campo libre del decibelímetro para no interferir en la medición.
- 2.- En los espacios con fuentes fijas de ruido, el micrófono del decibelímetro se apunto en dirección hacia la fuente a una distancia de 1 a 1.5 m.
- 3.- En las áreas que no existía fuente pero presentaba un nivel sonoro elevado el micrófono se oriento donde se registrara el máximo nivel sonoro "A".
- 4.- Durante la jornada laboral se realizaron 5 periodos de observación por cada punto de medición. Cada periodo de medición tuvo una duración de 5 min, de tal forma que se registraron 50 muestras.
- 5.- Se señalaron los puntos de medición.

Al efectuar un análisis en las lecturas previas, se encontró que el ruido que persiste en toda la zona del sector "5", es un ruido continuo, por la diferencia que presenta las lecturas en el nivel sonoro "A" que no es superior a ± 2 dB, que en parte influye las mismas características del proceso y equipo.

El saber el tipo de ruido que predomina en la zona, se empleo el método de evaluación ruido continuo que nos marca la NOM-080.

Durante el periodo de una semana del 11 al 15 de septiembre se realizó la evaluación final para la toma de lecturas en cada una de las fuentes generadoras y zonas en la planta.

En la primera etapa para la toma de muestras del NS "A" se utilizo al decibelímetro 880 tipo 2 calibrado antes y después de ser usado, con ponderación "A", colocándose en un tripié a una altura 1.25 m para evitar los errores de paralelaje.

La evaluación procedió de la siguiente manera:

- 1.- Se partio de las áreas identificas con el número 12, 13 y 14 en plano de distribución de equipo ya que es una zona donde se encontraba una constante entrada y salida del diferente personal hacia el sector "5".
- 2.- El micrófono de campo libre se posiciono donde registrara el máximo nivel sonoro "A" por los cuatro puntos cardinales, con un desplazamiento en el equipo en dirección donde se presentara una diferencia en el nivel sonoro de ± 3 dB, y así dirigir el instrumento hacia las diferentes fuentes generadoras o zonas de elevado nivel sonoro.
- 3.- Para el registro de lecturas se tomaron 3 periodos de observación, en cada una de las zonas y fuentes generadoras de ruido mayores a 90 dB. Donde cada periodo de observación tuvo una duración de 6 min, de tal forma se registraron 50 muestras cada muestra se registro aproximadamente cada 5 segundos.
- 4.- En la fuentes generadoras se partió de un 1 metro de distancia de éstas, se tuvo el cuidado cubrir toda la zona que abarcan.

- 5.- En los espacios libres el micrófono se posiciono donde registrara el máximo nivel sonoro "A" por los cuatro puntos cardinales.
- 6.- Se calculo el NSCE de la toma de las lecturas del NS"A" con el método que marca la NOM-080.

Nota:

Los valores inferiores de 90 dB no se consideraron en la evaluación ya que la NOM-011(Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido) da entender :

Toda vez que la permanencia en áreas con valores por debajo 90 sin equipo de protección auditiva se extiende aproximadamente a 16 hrs continuas, sin que se considere una sobreposición del trabajador.

En una segunda etapa se dispuso del analizador de intensidad 4433 calibrado también antes y después de usarlo, colocando la sonda de intensidad 3520 aun triplié a una altura de 1.5 m con red de ponderación "A" (respuesta lenta) para tomar un juego de lecturas mediante los filtros de banda de 1/1 octava. En cada uno de los casos en que el nivel de las fuentes generadoras y zonas causen un daño a la salud del trabajador.

Este análisis tiene el objeto de poder calcular la atenuación requerida en cada una de las bandas de frecuencia, para el uso de protectores auditivos y materiales absorbentes.

Se efectuaron 3 periodos de observación a un metro de distancia de las fuentes, donde cada periodo se registraron 15 lecturas, una cada 5 segundos por banda, los periodos se repitieron aproximadamente cada hora.

Para la realización de una tercera etapa, es necesario que la refinería cuente con el equipo adecuado para efectuar dosimetrías entre los trabajadores de sector "5". Lo requieren por ejemplo : los especialistas de campo en generadores de vapor con su operador de 2da. y elementos de personal técnico que salen constantemente al área.

Si se efecturan dosimetrías entre el personal puede dar un conocimiento veras del "NSCE" al que están verdaderamente expuestos en las zonas del sector "5" y ayudaría a llevar acabo medidas correctivas en la zona.

Caso Especial.

Quiero dejar claro sobre el caso que se mencionara a continuación; en este caso especial, se violaron los derechos de los trabajadores con respecto a su cuidado y protección sobre su salud física, mental y moral.

Por la razón que estuvieron expuestos a niveles superiores a los 105 dB, ya que por ningún motivo tanto legal como médicamente se permite que las personas estén expuestos a niveles tan elevados de ruido con o sin protección auditiva. Por lo que considero que fue una falta de responsabilidad del ingeniero a cargo del departamento de servicios auxiliares, el haber realizado las pruebas de desfogue de vapor .

Del 4 al 8 de septiembre, una semana antes de proceder a las tomas de lectura del NS"A" en la planta. Los trabajadores e ingenieros del sector "5" instalaban una nueva interconexión en la caldera CB-1 para unirla con una futura caldera. La salida de la interconexión esta unida a una válvula de compuerta y en ella un pequeño silenciador para atenuar el ruido.

La salida de la interconexión esta localizada en las áreas 20 y 21 del plot-plant No.3 y la válvula se encuentra en la parte superior de la calle NO. 102, donde ésta es muy transida por todo el personal de la refinería, y a sus alrededores se encuentran diferentes almacenes.

En el periodo que se mencionó se realizaron pruebas de desfogue de vapor de alta presión de la CB-1 a la salida de la interconexión. Para la maniobrar la válvula se utilizaron 2 trabajadores que la abrían y cerraban totalmente.

Al estar expuesto a las primeras pruebas de desfogue en el área y observar las diferentes reacciones del personal que estaba en el sitio. Tome la decisión de evaluar los desfogues y conocer el nivel de ruido que existía durante el lapso en que se efectuaban las pruebas.

En el turno 2 se realizaron un promedio de 4 pruebas con una duración aproximada de 8 min. durante 4 días. Las lecturas se tomaron con el decibelímetro 880 calibrado antes y después de usarlo. El micrófono se oriento en dirección hacia la válvula, a una distancia ± 10 m ya que la presión es muy enorme y perjudicial para el mismo observador.

5. RESULTADOS.

Al subdividir el área seleccionada, del sector "5" se obtuvieron 644 secciones de 6x6 m, en donde se evaluó el nivel sonoro "A", se detectaron 180 secciones, con el nivel sonoro "A" elevado (ver tabla No 1) y las 464 secciones restantes no presentaron valores superiores a los 85 dB, por lo que no se consideraron para el análisis final, ya que estos niveles de ruido no son un riesgo para la salud de los trabajadores.

Tabla No 1

	Área												
	70	*	183		250	*	301		354		407		472
	71	*	184		251	*	302		355		408		473
	72	*	185		252		303		356		409		474
	73	*	186	*	267		304		357		410		475
	74		187		268		305		358		411		476
	98	*	188	*	269		306		359		412	*	497
	99		210		270		307		360		413		498
*	100	*	211	*	271	*	308		361		414		500
*	101	*	212	*	272		320		362		415		501
*	102	*	213	*	273	*	323		363		416		502
	103		215	*	274		324		364		417		503
	126		216		275	*	325	*	379		418		504
*	127		217		276		327	*	380	*	419		
*	128		238		277	*	328	*	381		420		
*	129	*	239		278	*	329	*	382		441		
	130	*	240	*	279	*	330	*	383		442		
	154	*	241	*	280		331	*	384		443		
*	155	*	242		293		332	*	385		444		
*	156		243		294		333	*	386		445		
*	157	*	244		295		334		387		446		
*	158		245		296	*	335		388	*	447		
	157		246		297	*	336		389	*	448		
	158		247		298		351	*	390		469		
	160		248		299		352	*	391		470		
	182		249	*	300		353	*	392		471		

* Zonas de alto riesgo

De estas 180 secciones, 57 son de alto riesgo para el personal (marcadas con asterisco en la tabla No. 1), debido a que el nivel de ruido que se registro en estos puntos es mayor de 90 dB, lo cual quiere decir que se esta infringiendo la NOM-11(Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de

trabajo donde se genere ruido), ya que se sobrepasaron los límites que esta norma indica .

En las 123 secciones restantes , se registraron entre 86 y 92 dB , en donde debido al tiempo prolongado de exposición estos niveles pueden ser de gran riesgo para la salud de los trabajadores, por lo que los efectos producidos serian equivalentes a los producidos en las zonas de alto riesgo.

En las pruebas de desfogue de vapor se registraron valores mayores a los 115 dB que revasan por completo el límite permitido de exposición de la NOM-011, por lo que no se debio a ver realizado las pruebas, ya que se ocasiona un daño a los trabajadores como al entorno mismo.

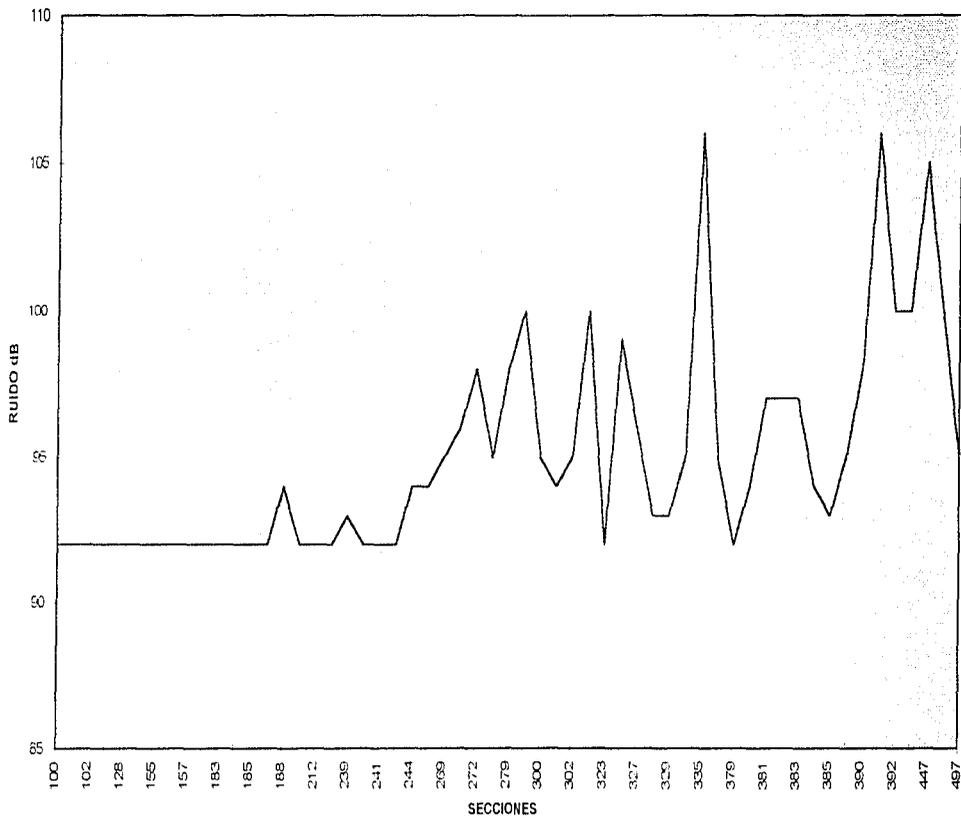
Con el registro del niveles sonoros "A" de las 180 secciones se calculó el nivel sonoro "A" promedio que marca la NOM-080 para conocer la intensidad sonora que predomina en estas secciones (ver anexo a, tabla 2 y gráfica 1)

Tabla 2.

No Secciones	Nivel sonoro promedio "A" (dB)	No Secciones	Nivel sonoro promedio "A"(dB)	No Secciones	Nivel sonoro promedio "A"(dB)
100	92	240	92	329	93
101	92	241	92	330	95
102	92	242	92	335	106
127	92	244	94	336	95
128	92	267	94	379	92
129	92	269	95	380	94
155	92	271	96	381	97
156	92	272	98	382	97
157	92	274	95	383	97
158	92	279	98	384	94
183	92	280	100	385	93
184	92	300	95	386	95
185	92	301	94	390	98
186	92	302	95	391	106
188	94	308	100	392	100
211	92	323	92	419	100
212	92	325	99	447	105
213	92	327	96	448	100
239	93	328	93	497	95
Caso Especial					
20 y 21	115				

GRAFICA 1

NIVELES DE RUIDO EN LAS SECCIONES DE MAYOR RIESGO



A continuación se describen las fuentes emisoras de ruido que influyen en las 180 secciones, así como la orientación en que fue colocado el micrófono con respecto a las fuentes, (observar los planos 3 y 4 que indican el NS"A" promedio y la orientación del micrófono).

Sección 100.

La fuente de emisión sonora en esta sección es el turbogenerador TG-3 que se encuentra localizado en la parte superior del edificio de Turbogeneradores, donde el micrófono fue colocado a 1 metro de distancia del TG-3 con orientación hacia el sur.

Sección 101.

Esta sección también se encuentra afectada por el turbogenerador TG-3, aquí el micrófono se orientó hacia el sur con una distancia de 1 metro con respecto a la fuente.

Sección 102.

La fuente de emisión en esta sección es el turbogenerador TG-3, donde el micrófono fue colocado a 1.5 m con dirección hacia el suroeste.

Sección 127.

Esta sección se encuentra afectada por la caja protectora del TG-3, aquí el micrófono se orientó hacia el oriente con una distancia 1.5 m de la fuente.

Sección 128.

Las fuentes de emisión en esta área son las cajas recolectoras de vapor y de condensado existentes en columnas y las purgas de los eyectores de arranque que se encuentran en la parte baja de la planta del edificio de turbogeneradores, donde el micrófono fue colocado a 1m con orientación hacia el oriente.

Sección 129.

Esta sección se encuentra afectada por dos fuentes que son los turbogeneradores TG-3 y TG-2 que producen una permanencia en el nivel de ruido, aquí el micrófono se orientó hacia el norte con una distancia de 1.5 m de las fuentes emisoras.

Sección 156.

Las fuentes de emisión en esta sección son los turbogeneradores TG-2 y TG-3, donde el micrófono fue colocado a 1 m con orientación hacia el sureste con respecto a la fuente.

Sección 157.

Esta sección se encuentra afectada por el turbogenerador TG-2, aquí el micrófono se orientó hacia el sur con una distancia de 1 m de la fuente.

Sección 183.

La fuente de emisión en esta sección es la caja protectora TG-2, donde el micrófono fue colocado a 2 m con orientación hacia el oeste.

Sección 212.

Esta sección se encuentra afectada por los turbogeneradores TG-1 y TG-2, aquí el micrófono se orientó hacia el sur con una distancia de 1m.

Sección 240.

Las fuentes de emisión en esta sección son las cajas recolectoras de vapor y de condensado que existen en columnas y las purgas de los eyectores de arranque, donde el micrófono fue colocado a 1m de la fuente con orientación hacia el oriente.

Notas:

Por lo que se refiere a las demás áreas localizadas en las parte superior del edificio de Generación Eléctrica, estas se ven afectadas por los tres turbogeneradores, ya que se encuentran en un espacio cerrado, y las paredes ayudan a que se propague por todo el lugar el ruido esto trae consigo que la disminución del nivel sonoro sea muy lento.

Sección 188.

Esta sección se encuentra afectada por una fuga de vapor de la válvula preñe de 14" de diámetro correspondiente al bloque principal de suministro al TG-2, aquí el micrófono se orientó hacia el poniente a 1m de distancia.

Sección 244.

La fuente de emisión sonora en esta sección es una fuga de vapor de la válvula de 6" de diámetro, su función es el bloqueo de la línea de vapor hacia la turbina de la caldera CB-2, donde el micrófono fue colocado a 1m de distancia de la fuente con orientación hacia el surponiente.

Sección 267.

Esta sección se encuentra afectada por una fuga de vapor de media que se encuentra en medio del cuerpo de la purga de vapor de la bomba BA-2208 C, aquí el micrófono se orientó hacia el sur con una distancia de 1 metro de la fuente.

Sección 269.

La fuente de emisión sonora en esta sección es una fuga de vapor de media presión que se encuentra en medio del cuerpo de la purga de vapor de la bomba BA-2208 G, aquí el micrófono se colocó a 1 metro de distancia de la fuente con orientación hacia el sur.

Sección 271.

Esta sección se encuentra afectada por una fuga de vapor de media presión que se encuentra en medio del cuerpo donde se purga el vapor de la bomba BA-2208 E, aquí el micrófono se orientó hacia el sur con una distancia de 1 metro de la fuente.

Sección 272.

La fuente de emisión sonora en esta sección es una purga de la línea de vapor de media presión, donde el micrófono fue colocado a 1 m de la fuente con orientación hacia el oriente.

Sección 323.

Esta sección se encuentra afectada por la succión de aire del motor de la bomba BA-2208 B, aquí el micrófono se orientó hacia el norte con una distancia de un 1 m de la fuente.

Sección 325.

La emisión sonora en esta sección se produce por la succión de aire por el motor bomba BA-2208 G y por la vibración que presenta en las cimentación, aquí el micrófono se colocó a 1 m de distancia de la fuente con orientación hacia el norte.

Sección 327.

Esta sección se encuentra afectada por la succión de aire del motor de la bomba BA-2208 E, aquí el micrófono se orientó hacia el norte con una distancia de 1 m de la fuente.

Sección 380.

La emisión sonora en esta sección se produce por la succión del aire del motor de la bomba BA-2205 B, en esta sección el micrófono se colocó a 1 m distancia de la fuente con orientación hacia el norte.

Sección 381.

Esta sección se encuentra afectada por una fuga de vapor que presenta la turbina de la bomba BA-2208 B, aquí el micrófono se orientó hacia el oeste con una distancia de un 1 m de la fuente.

Sección 382.

La emisión sonora en esta sección se produce por la succión de aire del motor de la bomba BA-2208 C y por la operación de purgado del vapor del desaereador, aquí el micrófono se colocó en posición horizontal respecto a las fuentes, a una distancia de 1 metro hacia el noreste.

Sección 383.

Esta sección se encuentra afectada por las fugas de vapor que tiene la turbina de la bomba BA-2208 D, aquí el micrófono se orientó hacia el poniente con una distancia de 1 m de la fuente.

Sección 274.

Las fuente de emisión en esta sección se produce por la succión de aire del motor del ventilador ME-1001 para la alimentación de aire primario y la segunda es la turbina del ventilador de aire primario MV-1002, que se dirige a la caldera CB-3, aquí el micrófono se colocó a 1 m de distancia de las fuentes con orientación hacia el sur.

Sección 279.

Esta sección se encuentra afectada por la turbina del ventilador de tiro forzado MV-1000, aquí el micrófono se orientó hacia el sureste a una distancia de 1 m de la fuente.

sección 280.

La fuente de emisión sonora en esta sección es la turbina de tiro forzado MV-1000, donde el micrófono fue colocado a 2 metros de la fuente con orientación hacia el sur.

Sección 308.

Esta sección se encuentra afectada por la turbina y el motor de tiro forzado (MV-1000 y ME-1000), aquí el micrófono se orientó hacia el poniente con una distancia de un 1 metro de la fuente.

Sección 335.

La fuente de emisión sonora en esta sección es el motor del ventilador de tiro forzado ME-1000, aquí el micrófono se colocó a 1 metro de distancia del motor con orientación hacia el oriente.

Sección 336.

Esta sección se encuentra afectada por el motor del ventilador de tiro forzado ME-1000, aquí el micrófono se orientó hacia el poniente con una distancia de 1 m de la fuente.

Sección 386.

Las fuente de emisión sonora en esta sección se produce por la succión de aire que realiza el motor del ventilador ME-1004 para la alimentación de aire primario y la turbina del ventilador de aire primario MV-1004, el cual se dirige a la caldera CB-4, aquí el micrófono se colocó a 1 m de distancia de las fuentes con orientación hacia el sur.

Sección 391.

Esta sección se encuentra afectada por la turbina del ventilador de tiro forzado MV-1003, aquí el micrófono se orientó hacia el sureste con una distancia de 1 m de la fuente.

Sección 392.

La fuente de emisión sonora en esta sección es la turbina de tiro forzado MV-1003, aquí el micrófono se colocó a 1 m de la fuente con orientación hacia el suroeste.

Sección 447.

Esta sección se encuentra afectada por el motor del ventilador de tiro forzado ME-1003, aquí el micrófono se orientó hacia el oriente con una distancia de 1 m de la fuente.

Área 448.

La fuente de emisión sonora en esta sección es el motor del ventilador de tiro forzado ME-1003, aquí el micrófono se colocó a 1 m de la fuente con orientación hacia el noroeste.

Sección 497.

Se encuentra afectada por una fuga de vapor de la línea de purga del vapor de media presión, aquí el micrófono se orientó hacia el poniente con una distancia de 1m de la fuente.

notas:

- En las secciones que comprenden al departamento de bombas para alimentación de calderas (267, 369, 270, 271, 272, 323, 325, 327, 328, 329, 379, 380, 381, 382, 383, 384 y 385); se observó que las bombas son las fuentes principales de la emisión de un nivel sonoro "A" elevado, pero la presencia de las fugas de vapor de media y alta presión influyen a que el nivel sonoro permanezca todo el tiempo.
- En los ventiladores de tiro forzado las carcasas de estos equipos provocan un aumento en el nivel sonoro, que sobre pasa los límites permitidos en la norma, por lo que se afecta no solo a este sector si no también a las zonas aledañas a la planta. Si una persona permanece por un tiempo prolongado sometido a estos niveles de ruido tendrá la sensación de que el nivel de ruido no ha desaparecido y sentirá dolor de oído, cabeza y mareos

Pese a que esta zona es un peligro para el sistema auditivo, se observó que había personal que no traía consigo los protectores, por lo que entre estos trabajadores presentaban una disminución en la audición que adquirieron durante los años que han trabajado en las calderas, consecuentemente no sentían ningún malestar para realizar sus labores.

Los ventiladores de tiro forzado en un tiempo habían sido aislados con barreras metálicas, colocándose en su interior conos de cartón (de huevo) como material absorbente.

Consecuentemente los operadores y el personal que tenía que hacer labores esporádicas en estos espacios, no estaban de acuerdo con el aislamiento de

los ventiladores, por que al entrar sentían que los tímpanos se les reventaban, debido al aumento en el nivel de ruido y esto traía consigo que los trabajadores no realizaran su actividad correctamente. El jefe del sector tomo la decisión de que estas barreras desaparecieran y quedara como muestra algunas simentaciones.

Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE).

A continuación se presenta la tabla No. 3 en donde se muestra el nivel sonoro continuo equivalente (NSCE), al que están sometidos los trabajadores, así como el tiempo real en que deben estar expuestos sin equipo de protección auditiva. (Ver anexo b)

Tabla No 3

Secciones	Exposición	NS'A ¹ dB	Tiempo de exposici ón	NSC E dB	Tiempo máximo permisible de exposición sin equipo de protección auditiva.
Turbogeneradores	8	92	6	92	4:45 Hrs
Casa de bombas	4	96	7	96.5	1:45 Hrs
Casa de bombas	1	96	3	96.5	1:45 Hrs
Turbina de ventila - dor de tiro MV1000	1	98	3	98	1:15 Hrs
Turbina de ventila- dor de tiro MV1003	1	101	3	101	40 min
Motor de ventilador de tiro ME-1003	10	106	8	110.5	5 min
Motor de ventilador de tiro ME-1000	10	105	8	109.5	6 min

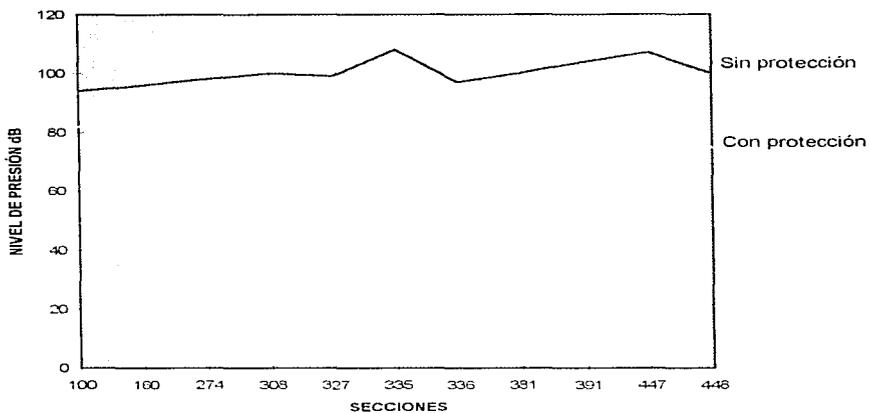
En la tabla No 4 se exhibe el factor de reducción de los cuatro modelos de los protectores auditivos en las diferentes secciones del sector 5 (Ver anexo c y las graficas donde se presenta su Factor de atenuación).

Tabla No 4

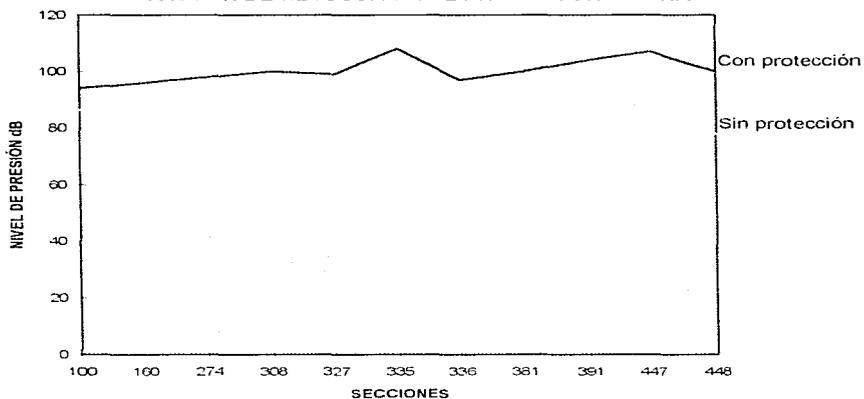
Área	NS'A" (dB)	Factor de Atenuación para las Diversas Áreas			
		Tipo Copa HBH-1 (dB)	E-A-R Auto Ajustables (dB)	Semirigido (dB)	Orejeras 3000 (dB)
100	94	11.96	20.27	7.61	13.52
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
160	96	14.62	22.36	10.45	15.36
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
274	98	19.06	28.44	16.33	20.75
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
308	100	26.88	37.90	26.35	28.78
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
327	99	23.37	29.41	16.88	25.01
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
335	108	19.54	31.65	19.77	21.65
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
336	97	21.12	32.21	20.73	23.46
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
381	100	17.03	26.08	13.47	18.72
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
391	104	21.65	29.71	16.91	23.23
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
447	107	19.32	31.98	20.37	21.80
Tiempo de exposición	(Hrs.)				
448	100	25.53	33.90	22.20	26.63
Tiempo de exposición	(Hrs.)				

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

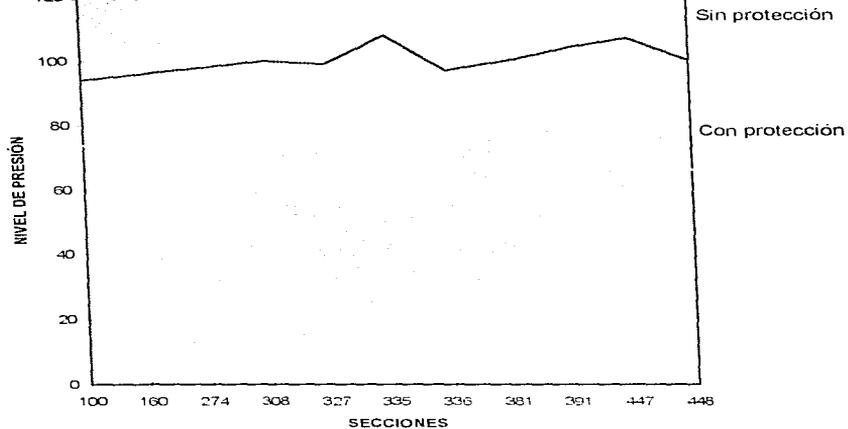
FACTOR DE REDUCCIÓN DEL PROTECTOR TIPO COPA HBH-1



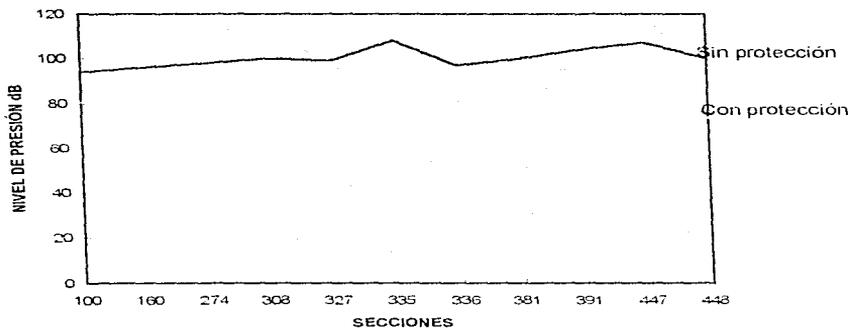
FACTOR DE REDUCCIÓN DEL PROTECTOR SEMIRÍGIDO



1. FACTOR DE REDUCCIÓN DEL PROTECTOR EAR AUTO AJUSTABLE



FACTOR DE REDUCCIÓN DEL PROTECTOR OREJERAS



5.1 Análisis de resultados.

Con los resultados de nivel sonoro "A" promedio que se obtuvieron en el sector "5", encontramos que la mayoría del ruido se origina debido a los equipos dinámicos que funcionan en la planta. El ruido que se genera por la acción de los equipos dinámicos es un ruido continuo muy elevado que produce daños irreversibles en la audición de los trabajadores como al mismo entorno.

Los equipos dinámicos son: las motobombas y turbobombas que alimentan a las calderas, los ventiladores de tiro forzado de las calderas, los motores de los ventiladores de aire primario y los turbogeneradores.

- Los ventiladores de tiro forzado, debido a la función que realizan con sus diferentes componentes, generan un nivel sonoro "A" promedio de 106 y 105 dB, con estos niveles generados se violan los niveles de exposición permitidos en el centro de trabajo por la NOM-011 (establecido en el punto 4.4.3.2 que por ningún motivo se permite exposición de trabajadores arriba de 105 dB).

El comportamiento que se observa del nivel de ruido que generan los turboventiladores en el plano 4 de curvas de isonivel sonoro, el ruido se propaga en un campo libre con características de reverberación, lo que origina en algunos lugares la disminución del nivel sonoro a medida que uno se aleja de la fuente sonora y en otros persiste o aumenta el nivel.

Características que se presenta en los ventiladores tiro de forzado:

- a) El ruido que se genera por la función de los ventiladores es un ruido primario, ya que al inyectar aire a las calderas para la combustión por medio de los ventiladores de tiro forzado, se convierte todo el volumen de aire en energía sonora que se refleja en ruido.
 - b) El ruido que se genera por los componentes de los ventiladores de tiro forzado es un ruido secundario, debido al impacto de las vibraciones que producen sus carcazas.
- Los turbogeneradores generaron un nivel sonoro promedio de 92 dB en todo el edificio de generación de electricidad; este nivel se produce por las turbinas y embalajes de los turbogeneradores, los cuales producen un ruido secundario.

El campo donde están ubicados los turbogeneradores es un espacio reverberante y cerrado, lo que ocasiona que el nivel sonoro persista con la misma intensidad por todo el espacio y tarde en apagarse.

- En el caso de las motobombas y turbobombas que presentaron un nivel sonoro promedio entre 94 a 98 dB, se generan estos niveles por los embalajes durante el funcionamiento de estos equipos.
 - a) El ruido que se genera por los embalajes es un ruido secundario, por el impacto en sus partes y las vibraciones en algunas cimentaciones de las motobombas o turbobombas.
 - b) El ruido que se genera por la función de las motobombas o turbobombas es un ruido primario, por ejemplo en las turbobombas que son accionadas por medio de vapor de media o alta presión se ocasiona que todo el volumen de presión dentro de la turbobomba se convierta en energía acústica que se refleja en ruido.

El comportamiento del nivel sonoro del área de las motobombas y turbobombas que se observa en plano 4 es un campo reverberante donde el ruido se refleja por las tuberías y equipos mismos .

- Los equipos dinámicos si bien son las principales fuentes generadoras de ruido en el sector, no son las únicas existentes, también hay otras fuentes que si no aumentan más el nivel sonoro, por lo menos provocan un efecto de reverberación, las cuales son :
 - a) Las cajas recolectoras de vapor y de condensado existentes en columnas y purgas de los eyectores de arranque de los turbogeneradores, se encuentran localizadas en la parte inferior de las áreas 128 y 240, con niveles de ruido de 92 dB, que provocan una continuidad de ruido por todo el edificio.
 - b) Las diversas fugas de vapor (de alta, media y baja presión) por todo el sector, que presentaron un nivel sonoro promedio entre 94 a 98 dB, estas fuentes tienen la propiedad de convertir todo su volumen en energía sonora, lo cual genera un ruido primario y provocan tener un nivel de ruido que prevalece en varios puntos y en algunos casos como las pruebas de desfogues de vapor generan niveles verdaderamente fatales para el trabajador.
- En las pruebas de desfogue de vapor se registraron valores mayores a los 115 dB, que rebasan por completo el límite máximo permitido de exposición de la NOM-011, con estos valores no se debió permitir que se realizaran las pruebas de desfogue de vapor, ya que el silenciador que se utilizo para la disminución del nivel sonoro no era el adecuado para tal fin. Como consecuencia se afecta a los trabajadores como al mismo entorno.

Referente a los resultados obtenidos del nivel sonoro continuo equivalente (NSCE), se encontró lo siguiente:

Por parte de los ventiladores de tiro forzado se obtuvieron valores del NSCE de 109.5 a 110.5 dB con un tiempo máximo de exposición sin equipo de protección auditiva de 5 a 6 min. que por ningún motivo se debe permitir la exposición del trabajador con o sin equipo de protección auditiva en los espacios de los ventiladores, hasta en tanto no se mejoren las condiciones del lugar.

Aunque se obtuvieron valores del NSCE de: 92, 96.5, 98 y 101 dB, con tiempos máximos de exposición sin equipo de protección auditiva de: 4:45 hrs a 40 min, es recomendable una implementación obligatoria del uso de protectores auditivos en toda la zona del sector así como controlar la permanencia en sus puestos de trabajo, durante su jornada laboral, mientras se presenten estos niveles sonoros en el sector.

El tiempo de exposición que se obtuvo del NSCE en cada una de las fuentes y zonas del sector "5", se reduce más a medida que el trabajador transita por estos espacios hacia sus puestos de trabajo o actividades que tenga que realizar, se presenta porque el trabajador va a acumular cada uno de los niveles a los que ha estado expuesto, como consecuencia el NSCE aumenta y el tiempo de permanencia se reduce a tal grado que no se debe permitir al trabajador más su permanencia en el sector "5".

Por lo tanto considero que es necesario implantar y colocar trazo de rutas de trabajo en el sector "5" en donde se busque cuidar realmente el NSCE al que están expuestos los trabajadores.

Ya que las propiedades que presenta el ruido que existe en el sector, como son sus niveles altos y su continuidad, provoca en el sistema auditivo de los trabajadores un cansancio en sus medios protectores para combatir estos niveles, y en el entorno se genera un campo viciado.

Pero una implementación del uso de los protectores auditivos no garantizará que no se presenten daños en la salud los operadores (como es daño al sistema auditivo, alteración al sistema nervioso, mareos, disminución en su eficiencia y aislamiento), si permanecen expuestos a la misma dosis durante todo el tiempo de trabajo.

Los resultados del factor de reducción de los protectores auditivos de los 5 modelos que son usados en el sector "5", el que proporciona un factor mayor de atenuación y aceptación entre los trabajadores son los tapones E-A-R Auto ajustables, seguido de las orejeras modelo 3000.

Aunque estos equipos proporcionan niveles aceptables en la reducción y cuidado del trabajador contra el ruido, Sin embargo no todos los trabajadores cuenta con el mismo equipo de protección, y como consecuencia algunos trabajadores resultan afectados por no contar con el equipo adecuado.

Sugiero que si por el momento no hay ningún cambio en control y reducción de ruido en el sector, por lo menos que todo el personal cuente con protectores auditivos.

Esto no quiere decir que no se presentaran daños en la audición con el tiempo, mas bien le ayudara a que los síntomas se presenten más lentos.

La refinería cuenta con programas que de alguna manera pretenden combatir el ruido, pero estos controles no han presentado el resultado que se esperaba en el control y el cuidado de su personal contra el ruido.

En relación al cuidado de la salud del trabajador, la refinería cuenta con dos clínicas internas de emergencia y un hospital local, los cuales no cuentan con programas de diagnóstico y ayuda a los trabajadores que están sometidos a niveles altos de ruido o en casos donde hay presencia de hipoacusias.

6 CONTROL DE RUIDO.

En este capítulo se mencionarán algunos equipos y materiales por los que se puede disminuir el ruido para lograr un lugar de trabajo más sano y seguro. Básicamente el ruido puede ser controlado en tres formas:^{1,9,19,20}

- 1.- Reducción del sonido en la fuente que lo origina por medio de un cambio de diseño, una modificación en el equipo o evitando la vibración que produzca el ruido.
- 2.- Por la selección y aplicación apropiada de materiales absorbentes de sonido (materiales acústicos), utilizados como barrera.
- 3.- La colocación de una barrera en el oído que impida percibir dichos sonidos.

6.1 Materiales Aislantes

Hay elementos que por su estructura ayuda a la atenuación del nivel de presión sonora, ya sea en un recinto cerrado o espacio abierto. Las características de estos materiales están relacionadas con algunos conceptos que se han mencionado al principio de este trabajo.

Al pensar en la elección de un material que va a ser empleado como absorbente de sonido, deberán tomarse en cuenta las siguientes características:

- 1.- Capacidad de absorción del material.- A la fecha se tienen materiales cuya capacidad de absorción están alto como el 90 %, con lo cual se logra reducir el área o el espesor en las superficies tratadas.
- 2.- Propiedades biológicas del material.- Este factor debe ser tomado en cuenta con el fin de evitar la proliferación de roedores y bacterias, etc., que perjudican la vida del material. Algunos materiales, como la lana vidrio o el asbesto (inorgánicos) no presentan riesgo de ataque por estos organismos, en cambio otros como la resina de poliuretano si puede ser atacada.
- 3.- Las propiedades incombustibles del material .- Las primas de seguro aplicables a los edificios o equipos se reducen considerablemente al contarse con plafones o elementos de construcción de carácter incombustible.

5 Basurto Moncada Jorge. Tesis revisión y actualización de la fabricación del plástico espumado de poliuretano flexible. Año 1969. Cap I, IV y V.

9 Cyril M. Harris. Handbook of noise control. Editorial Mc.Graw-Hill Año1994 Cap II, III, XV

4.- Las propiedades reflectivas de luz del material.- Es un criterio general adoptado al usar material cuyo coeficiente de reflexión de luz no sea inferior al 60%.

5.- Apariencia.- Deberá en todo caso procurarse una apariencia adecuada de un color agradable, fácil de combinar con distintos acabados.

6.- Eficiencia térmica.- En el caso donde se tengan instalaciones de aire acondicionado, la eficiencia térmica del material reviste una gran importancia, debido a los ahorros de gran magnitud que puede proporcionar al disminuirse considerablemente la inversión inicial de los equipo de refrigeración o calefacción, así como el costo de su mantenimiento y operación.

7.- Rápidez de colocación.- Debe procurarse que los materiales usados sean de rápida instalación para bajar costos.

8.- Conservación.- Deberán considerarse las facilidades que el material presenta para su limpieza.

9.- El espesor y ángulo de colocación del material absorbente, haran la diferencia de una material de uno con respecto a otro.

10.- Costo Deberá considerarse no sólo el precio inicial del producto, sino las ventajas que con él se obtienen a través de los nueve puntos.

Al conocer tanto el fenómeno físico como las propiedades que deben reunir los materiales absorbentes, se llevo a cabo una busqueda en el mercado nacional de los materiales absorbentes más utilizados en la industria del control sonoro y así encontrar alguna solución en la disminución del ruido en el sector 5.

Existen cuatro clases de materiales que se utilizan en a combatir este contaminante, a continuación se describen cada uno de ellos como sus propiedades que aportan para la reducción del ruido:

-La fibra de vidrio.

-El corcho.

-El poliuretano espumado.

-La fibra mineral.

A continuación se presenta más completo las propiedades de los materiales absorbentes.

6.1.1 Fibra de vidrio

El término fibra de vidrio se refiere al uso para tejer o para armar las resinas plásticas. Se obtiene por fusión o composición vítrea, se emplean las siguientes materias primas:

Arena de Sílica	SiO_2
Cenizas de Sosa	Na_2CO_3
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Feldespató	Si , Al , K ,Na ,Ca y Ba.
Borax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\cdot\text{H}_2\text{O}$
Carbón	C
Pedacería de vidrio.	

La fibra de vidrio goza de excelentes propiedades acústicas, puede decirse que constituye uno de los productos que ayuda a la reducción del ruido, esto es debido a los millones de pequeñas celdillas que la constituye y que contiene aire atrapado, absorben hasta un 95% del sonido llegado a su superficie.

La extensa variedad de densidades con que se fabrican los aislamientos de fibra de vidrio, proporcionan la oportunidad de elegir el producto preciso para resolver un problema específico de absorción de sonido.

Coefficientes de Absorción

Densidad Nominal (in)	Espesor (in)	Valores de Frecuencia Hz						NRC
		125	250	500	1000	2000	40000	
2	5	0.44	0.96	0.99	0.99	0.95	0.90	0.95
	4	0.43	0.89	0.98	0.94	0.85	0.91	0.91
	3	0.29	0.75	0.92	0.96	0.87	0.83	0.90
	2	0.19	0.51	0.79	0.92	0.82	0.78	0.75
	1	0.07	0.23	0.42	0.77	0.73	0.70	0.55
	1/2	0.02	0.05	0.12	0.60	0.66	0.62	0.35
2 1/2	5	0.45	0.96	0.99	0.99	0.94	0.91	0.95
	4	0.38	0.90	0.97	0.98	0.92	0.88	0.95
	3	0.29	0.77	0.94	0.96	0.88	0.84	0.90
	2	0.19	0.52	0.81	0.93	0.82	0.79	0.80
	1	0.08	0.33	0.64	0.87	0.79	0.74	0.65

Coefficientes de Absorción

Densidad Nominal (in)	Espesor (in)	Valores de Frecuencia Hz						NRC
		125	250	500	1000	2000	40000	
3 1/4	5	0.46	0.96	0.99	0.99	0.95	0.91	0.95
	4	0.39	0.91	0.98	0.98	0.92	0.88	0.95
	3	0.30	0.78	0.95	0.96	0.88	0.84	0.90
	2	0.20	0.54	0.85	0.93	0.83	0.79	0.80
	1	0.08	0.24	0.53	0.80	0.74	0.72	0.60
	1/2	0.03	0.06	0.19	0.68	0.67	0.66	0.40
4 1/4	5	0.47	0.96	0.99	0.99	0.96	0.92	0.95
	4	0.39	0.91	0.99	0.98	0.93	0.88	0.95
	3	0.30	0.80	0.96	0.97	0.90	0.85	0.90
	2	0.20	0.56	0.89	0.93	0.84	0.80	0.80
	1	0.09	0.25	0.60	0.81	0.75	0.74	0.60
	1/2	0.04	0.08	0.20	0.70	0.69	0.67	0.40
6	5	0.48	0.97	0.99	0.99	0.96	0.92	0.95
	4	0.40	0.92	0.99	0.99	0.95	0.89	0.95
	3	0.31	0.81	0.97	0.97	0.92	0.86	0.90
	2	0.21	0.57	0.92	0.95	0.86	0.81	0.80
	1	0.09	0.25	0.66	0.84	0.76	0.75	0.60
	1/2	0.04	0.08	0.27	0.70	0.69	0.68	0.40
7 3/4	5	0.49	0.97	0.99	0.99	0.97	0.93	0.95
	4	0.41	0.92	0.99	0.99	0.96	0.89	0.95
	3	0.31	0.82	0.98	0.98	0.92	0.86	0.90
	2	0.21	0.59	0.94	0.95	0.87	0.82	0.85
	1	0.10	0.25	0.70	0.86	0.77	0.76	0.65
	1/2	0.04	0.09	0.31	0.72	0.70	0.69	0.45
9	5	0.49	0.97	0.99	0.99	0.97	0.93	0.95
	4	0.41	0.93	0.99	0.99	0.96	0.90	0.95
	3	0.32	0.82	0.99	0.98	0.93	0.86	0.90
	2	0.22	0.60	0.95	0.95	0.88	0.82	0.85
	1	0.10	0.26	0.71	0.87	0.78	0.76	0.65
	1/2	0.04	0.10	0.35	0.73	0.71	0.70	0.50
10 1/2	5	0.50	0.97	0.99	0.99	0.98	0.93	0.95
	4	0.41	0.93	0.99	0.99	0.96	0.90	0.95
	3	0.32	0.83	0.99	0.98	0.94	0.86	0.90
	2	0.22	0.60	0.95	0.96	0.89	0.82	0.85

La fibra de vidrio se presenta con las siguientes dimensiones son de 3.81x 61x122cm Los aislamientos termoacústicos como la fibra de vidrio requieren para su instalación, en el caso de tratamientos acústicos, de materiales accesorios tales como clips o listones de fijación, etc. El aislamiento puede dejarse solo sin acabado o puede pintarse por aspersión si no está sujeto a tensión mecánica.

Normalmente es cubierto con un material de acabado tal como metal desplegado, metal perforado y otros.

6.1.2 Corcho.

El corcho es un producto natural : es la corteza de una variedad de alcornoque, "Quercus Suber L." que abunda principalmente en el contorno occidental Mediterráneo. Portugal es el productor más importante a nivel mundial, tiene una producción anual de 200,000 Tons.

En su estado natural, la corteza no puede utilizarse debido a su forma abombada y a las irregularidades del corte. Se hace necesario transformarla con un proceso.

Lo primero que se hace, es secar el corcho hasta conseguir que su contenido de humedad sea del 8% aproximadamente.

El corcho está formado por la yuxtaposición de minúsculas células de aire; estas últimas ocupan del 90 al 95 % del volumen aparente. Esta contextura asegura a la vez una flexibilidad notable y un coeficiente de absorción de sonido favorable. Se presenta en el mercado con los siguientes áreas :

En tableros de 1.00 x 0.50 m y 0.50 x 0.50m con espesor : 3 a 30 mm, tienen el siguiente coeficiente de absorción

Coefficientes de Absorción de Sonido.

Espesor (cm)	Valores de Frecuencia Media Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
2.5	0.10	0.10	0.30	0.60	0.34	0.49

El Corcho es un producto natural no contaminante sin sustancias perjudiciales a la salud, el cual, dada sus propiedades naturales y ventajas técnicas generalmente se usa para sistemas acústicos, térmico y anti-vibratorio dentro de la industria.

Se coloca tanto en exteriores como en interiores, puede ir encubierto o como revestimiento acústico y decorativo. Se usa también como juntas de expansión para la protección contra fisuras y resquebrajamiento de pavimentos.

Así como también, en las cámaras de refrigeración y para el asentamiento de maquinaria y equipo.

Principales Características Técnicas del Corcho

Masa volumétrica normal.	104/130 Kg/cm2
Coefficiente de conductividad técnica.	0.035 Kcal/m.h. °C
Calor específico a 20°C.	0.40 a 0.50 °C Kcal/Kg °C
Presión máxima que soporta en condiciones elásticas.	2500 Kgf / m2
Presión límite recomendada.	10,000 Kgf /m2
Tensión de ruptura a la reflexión.	1.4 a 2.00 Kgf /cm2
Baja capilaridad: Permeabilidad al vapor de agua.	0.002/0.006 g/m.h mm Hg
Temperaturas normales de utilización.	-180 °C hasta + 100 °C
Coefficiente de dilatación térmica (20°C).	25 a 50 x 10 -6
Estabilidad dimensional.	estable, no se contrae ni se dilata
No se desintegra en agua hirviendo.	
Elástico - imputrescible - no es atacado por roedores, insectos o termitas.	
Fácil de transportar- fácil de aplicar - en caso de incendio no desprende gases tóxicos.	

6.1.3 Poliuretano espumado.

Este un producto derivado de los materiales plásticos y en especial, son los plásticos espumados. Conocidos con el nombre de poliuretanos espumados donde el término poliuretano se refiere a una nueva clase de polímero. Esta espuma es sintética y liviana, se clasifica comercialmente en espumas rígidas y flexibles.



Las características de estas espumas dependerán, de la densidad, y la variación de las concentraciones. Propiedades de la espuma de poliuretano:

1.- Capacidad de absorción del material.-

Este material se presenta en el mercado con un espesor de 2,3, 4 y 6 in, y con áreas de 4 x 4 ft, 2 x 4 ft, 31 x 48 in, 24 x 48 in y 1 x 1 in. Lo cual su capacidad de absorción depende del espesor a utilizar, presenta un tamaño promedio de celdas intercomunicadas de 0.030 que ayudan a que cambie la energía sonora en energía

calorífica. Se muestra el coeficiente de absorción de este material con sus diferentes espesores:

Coefficientes de Absorción de Sonido.

Espesor (In)	Valores de Frecuencia Media Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
2	0.10	0.25	0.70	0.85	0.88	0.95
3	0.18	0.45	0.90	0.99	0.99	0.99
4	0.22	0.75	0.99	0.99	0.99	0.99
6	0.30	0.92	0.99	0.99	0.99	0.99

2.- Propiedades Inorgánicas del material.-

Es permeable al vapor de agua.

3.- Las propiedades incombustibles del material .-

Las espumas presentan la propiedad de no ser inflamables, teniendo un rango flexibilidad en temperaturas de -300 °F a 500 °F

4.- Apariencia.

Es un material que se presenta en diferentes tonalidades para dar una apariencia agradable, y tiene la facilidad de diseñarse la forma para crear una estructura estética.

5.- Eficiencia térmica.-

Asociado a los parametros con una eventual barrera al fuego, esta espuma puede formar elementos de doblaje térmicos. Su pequeño coeficiente de conductividad permite ganar un espacio apreciable, para valores iguales de resistencia térmica.

$$k = 0.0161 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ (}^\circ\text{C/m)}$$

$$k = 0.13 \text{ BTU/hr ft}^2 \text{ (}^\circ\text{F/in)}$$

6.- Rápidez de colocación.

Para la colocación de este material no es necesario el uso de equipo sofisticado

7.- Conservación.

Es un material de facil limpieza que no requiere el uso de productos químicos

6.1.4 FIBRA MINERAL.

La fibra mineral o lana mineral se elabora, con frecuencia, a partir de escoria de altos hornos. En el momento de la fusión de la escoria se añaden rocas seleccionadas, con el fin de obtener ciertas cualidades en el producto final.

La masa específica de los productos (y en consecuencia sus características térmicas y mecánicas) puede variar ampliamente. Está determinada por dos parámetros: la masa de lana depositada sobre la cinta de recepción y el espesor del producto terminado.

-Se produce en piezas de 61 cm de ancho y 122 cm der largo estándar, en espesores de 64 mm.

- Son resistentes a altas temperaturas y aglutinados con resina termofija.

- Fácil de manejo y corte, presenta rigidez vertical en muros, estabilidad dimensional excelente (aún en condiciones de humedad). No absorbe ni retiene humedad, no se asienta con el tiempo, ahorra tiempo y costos de instalación

- Baja conductividad térmica.

Espesor		Resistencia Térmica de verano a 24°C k = 0.035 W/m²K	
mm	In	m²K / W	ft²h°F/BtU
51	2	1.45	9
75	3	2.12	12
92	3.63	2.60	15
133	5.25	3.76	21
152	6	4.29	24

- Resistencia al fuego
según Astm E-84 Prop. de flama 0
Gen. de humo 0
funde a más de 1100 °C

- Asbesto no contiene

- Resistencia a bacterias, hongos y otras pestes de animales, no despidе olores aún en presencia de humedad.

- Propiedades Acústicas

La fibra mineral reduce la reflexión del sonido y por lo tanto ayuda a disminuir el tiempo de reverberación (la eficiencia de absorción depende en buena medida del montaje del material).

Es un eficiente absorbente, con valores de absorción diferentes para distintas densidades y montajes.

Montajes:

Montaje A: Material colocado directamente sobre una superficie sólida (tabique o block).

Montaje B: material colocado con separación de 400 mm. de la superficie sólida.

Montaje C: Material colocado directamente sobre lámina metálica Cal.# 24.

Tipos de fibras minerales

Flexibles con un rango de densidad en 32 a 48 Kg/m³

Semirígidas Corta el fuego con una densidad en 64 Kg/m³

Rígidas Corta el fuego con una densidad igual o mayor a 96 Kg/m³

Tipo de Montaje	Material mm	Esp mm	Valores de Frecuencia Hz						NRC
			125	250	500	1000	2000	4000	
A	Flexibles	51	0.20	0.60	0.95	0.93	0.92	1.00	0.85
		75	0.36	0.88	1.07	0.99	0.95	1.1	0.95
		133	0.66	1.13	1.06	1.00	1.03	1.118	1.05
	Semirígidas	51	0.17	0.65	0.95	1.02	0.91	0.97	0.90
		102	0.60	0.91	0.98	0.97	0.95	0.98	0.95
		Rígidas	51	0.18	0.68	1.00	1.04	0.96	0.98
	102	0.62	0.96	1.18	1.07	0.90	0.98	1.05	
B	Semirígidas	51	0.38	0.72	1.05	1.11	1.02	1.10	1.00
		102	0.65	1.00	1.10	1.09	1.06	1.16	1.05
	Rígidas	51	0.40	0.77	1.08	1.13	1.07	1.10	1.00
		102	0.70	1.12	1.16	1.12	1.10	1.17	1.10
C	Semirígidas	51	0.36	0.60	1.03	1.06	1.00	1.08	0.90
		102	0.55	0.96	0.98	1.00	0.90	0.98	0.95
	Rígidas	51	0.39	0.61	1.08	1.08	1.05	1.08	0.95
		102	0.60	1.08	1.14	1.04	0.97	1.00	1.05

6.2 SILENCIADORES.

Los silenciadores tienen la función de atenuar el ruido producido por un gas, el cual se genera por la velocidad de flujo.^{12 1}

La atenuación que realiza el silenciador es por medio del incremento en la sección transversal del flujo y la cancelación de las ondas sonoras por interacción en el flujo (sin absorción), con esto se logra eliminar el flujo turbulento que puede producir un gas, vapor y aire en un conducto.

El silenciador consiste básicamente en secciones de conductos especiales que van intercaladas para provocar del gas la energía sonora y una disminución en su nivel de ruido. A continuación se presenta algunos silenciadores con su mecanismo de función.

- a) Silenciador reactivo.
- b) Silenciador de disipación.
- c) Silenciador reactivo-absorción.

a) Silenciador reactivo.

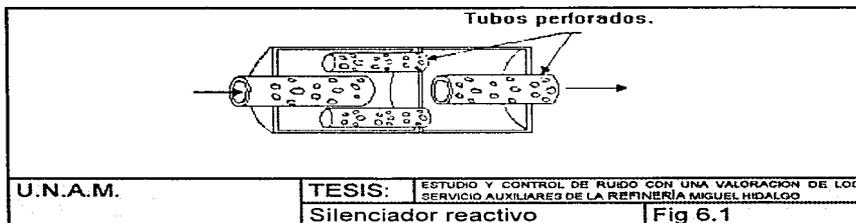
En el caso del silenciador reactivo su función se basa en la reflexión de la energía sonora por medio de las variaciones que presentan sus secciones en el conducto (cámaras de expansión).

La interacción o reacción que se presenta en el silenciador reactivo con las ondas incidentes en desfase con las reflejadas, determina la reducción del nivel de ruido. La reacción de las ondas se mejora con la inclusión de varias secciones dentro de cámaras de expansión en el dispositivo ya que se produce alteraciones en el recorrido del flujo, esto se logra con tubos perforados dentro de la cámara de expansión.

El silenciador reactivo se aplica en sonidos de bajas frecuencias, se disponen generalmente en arreglos de tubería recta de grandes longitudes. (ver Fig 6.1)

¹² Instituto Mexicano de Petróleo. Control de ruido en plantas de refinación y petroquímicas. Editado por IMP en 1985. Cap I al VI.

¹ American Gas Association. Handbook for noise control at gas pipeline facilities. Vol.1 Editado en Mayo 1 de 1977. Cap V, VII.



b) Silenciador por disipación.

En el silenciador por disipación el fenómeno que se presenta es la disipación de la energía sonora en forma de calor por absorción sobre sus superficies revestidas, estas superficies revestidas pueden ser de lana mineral, fibra de vidrio o espuma de poliuretano.

Los materiales usados en superficies absorbente deben tener las siguientes características: no ser inflamables, tener resistencia a la humedad, imputrescibles y no erosionables por el paso del flujo de aire o gases a altas velocidades. Los materiales citados con anterioridad cumplen con estos requisitos, si bien, para evitar la erosión, las superficies expuestas al flujo se protegen con fibras de vidrio o se impregnan con resinas sintéticas.

Para dar mayor tiempo de duración a los revestimientos se utiliza como acabado final, una chapa galvanizada perforada o algún metal expandido. Los silenciadores que operan con este principio se conocen como de absorción o disipativos y se aplican para disminuir el ruido de frecuencias elevadas (Ver fig 6.2)

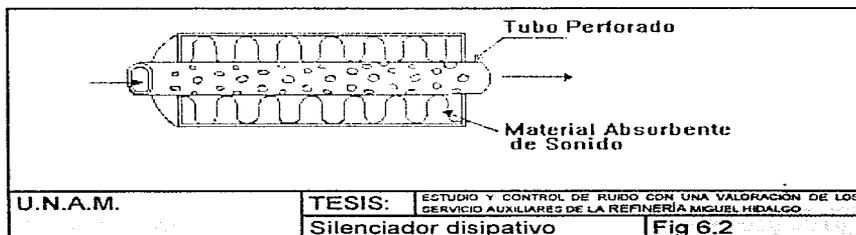


Fig 6.2

c) Silenciador reactivo-absorción.

El silenciador reactivo-absorción es la combinación de los dos mecanismos mencionados anteriormente. funcionalmente es un silenciador reactivo constituido con un material absorbente de sonido, el cual proporciona una disminución del ruido en altas frecuencias(ver fig 6.3).



La selección de los silenciadores esta en función de la frecuencia a la cual es transmitido el ruido y se muestra a continuación la tabla del rango de aplicación de frecuencia de los silenciadores.

TIPO DE SILENCIADOR	FRECUENCIA MAXIMA (Hz)
Reactivo	máximo 150
Reactivo-Absorción	150-1000
Disipativo(absorción)	sobre 1000

Los dispositivos para silenciar las corrientes fluidas, son los silenciadores por dispersión o difusores, ya que su misión es impedir la generación del ruido. Con el difusor se persigue romper las corrientes de gases que se descargan a altas velocidades, impidiendo la formación de régimen turbulento y consecuentemente del ruido ocasionado por este.

Aplicación de Silenciadores a diferentes fuentes productoras de ruido.

- Venteos

Los silenciadores utilizados para venteo suelen ser del tipo absorción-reacción, cuando la presión de la entrada es muy alta llevan incorporado un difusor.

- Válvulas

En válvulas instaladas para regular o controlar gases, la energía sonora permanece en el flujo, siendo recomendable el empleo del silenciador en línea, el cual puede ser de

tipo absorción-reacción. En las válvulas que regulan el flujo de líquido, la energía se transfiere a la tubería, siendo entonces más aconsejable el empleo de algún tratamiento adecuado del conducto, suministrándole un montaje aislante de vibraciones.

- Motores de Combustión.

La fuente más importante en un motor de combustión está constituida por el escape de los gases, encontrándose en un nivel de 8 a 10 dB más alto que al producido en la succión como en la descarga, se emplean silenciadores tipo reactivo multicámara, aunque dependiendo del tipo de motor (número de tiempos, mecanismo del motor, combustible usado) puede ser necesario el empleo de silenciadores de tipo absorción-reacción.

- Turbinas de Gas

El ruido en las turbinas de gas, se produce principalmente en la aspiración, en el escape y en el mismo cuerpo de la turbina.

El ruido de la aspiración suele tener componentes de alta frecuencia, por lo que se recomienda el uso de un silenciador tipo de reacción, con un mínimo de propiedades disipativas para la atenuación de dichos componentes. El ruido del escape es el de mayor importancia, siendo de baja frecuencia, se requieren silenciadores tipo reactivo (cámaras de expansión en paralelo o anulares).

-Ventiladores y Compresores.

El nivel de ruido en los ventiladores y compresores de desplazamiento positivo aumenta con el caudal, la relación de compresión y la velocidad periférica en la mayoría de los casos, tanto en la aspiración como en las descargas se emplean silenciadores de reacción, en cambio, para ventiladores y compresores centrífugos en los cuales el ruido es de alta frecuencia, se suelen utilizar silenciadores de tipo disipativo. En los compresores, el silenciador sólo se requiere en la aspiración, que es donde se produce el nivel más alto.

-Bombas de Vacío.

Los tipos más comunes de bombas de vacío son: Recíprocante y rotatorias selladas con agua. Las recíprocantes requieren únicamente un silenciador tipo reactivo en la descarga. Una selección adecuada del tipo de silenciador a usar, se basa en la cantidad de volumen que va a manejar, y considerando una velocidad de arranque inferior a 350 m/s. La velocidad máxima en condiciones de operación basada en la velocidad de descarga no excede a 150 m/s

Las bombas rotatorias selladas con agua normalmente no requieren un silenciador en el orificio de entrada, pero si pueden requerir un separador usado para la separación

de los líquidos en línea de vacío en la cabeza de la bomba. Si la descarga es a la atmósfera, se requiere un silenciador conectado en serie con un separador.

Usualmente se combinan varios silenciadores en serie, para mejorar el flujo de los gases, disminuyendo las pérdidas de presión. La efectividad del silenciador se contrapone al requerimiento de la mínima caída de presión. Si se ha determinado que hay que controlar el ruido, hay que consultar con ingenieros de operación en cuanto a las posibles repercusiones de la caída de presión.

6.3 PROTECCIÓN AL RECEPTOR.

Son dos las principales herramientas para proporcionar una protección eficaz al receptor, después de haber agotado todas las posibilidades de control de ruido en la fuente como en su medio de transmisión. Estas son :

- a) Equipo de protección auditiva.
- b) Educación.

a) Protectores Auditivos.

Los protectores auditivos sirven como barrera entre el oído y el ruido. La protección que dan a la audición depende tanto del diseño y propiedades del material así como las características fisiológicas y anatómicas del individuo.

Ya que el ruido puede inducirse a través del protector y oído por 4 diferentes medios.

- 1.- Paso de ruido y vibraciones por los huesos y tejidos.
- 2.- Fugas que presentan los protectores en su diseño.
- 3.- Vibración en los protectores que resultara en una generación de sonido en el canal del oído externo.
- 4.- Sellos inadecuados que proporcionan los protectores auditivos..

Ningun protector dará un 100% de protección si los niveles son muy altos, Por que el ruido alcanzará a dañar el oído por uno u otro de los medios mencionados anteriormente. Se presentan algunas características que deben reunir los protectores auditivos:

- a) Los protectores auditivos deben ser fabricados de materiales no porosos, por la razón de que si el aire puede pasar libremente a través del material, el ruido

también podrá pasar con una pequeña atenuación.

- b) Los protectores no deben ser fabricados de materiales tóxicos para el sistema auditivo y la piel.
- c) El protector debe ser diseñado para que se moldee fácilmente a la cabeza o al conducto auditivo del oído externo, así lograr un sello acústico y pueda usarse con un confort razonable.
- d) El protector debe tener un medio de apoyo o un sello que minimice la vibración del mismo.
- e) Los protectores tipo orejeras no deben colocarse sobre cabello largo, sobre anteojos, y no deben estar muy ajustados sobre el oído.

Tipos de protectores

Los protectores auditivos presentan dos modelos básicos para el cuidado del oído que son:

- I) Los Tapones
- II) Las Orejeras

De los dos modelos de protección que se mencionaron, se derivaban diversos tipos de protectores que buscan combatir los niveles de ruido, algunos pueden ser de algodón, cera, fibras sintéticas, polímeros, fibra de vidrio,

- I) Los tapones.

Para la selección de los tapones auditivos debe tenerse en cuenta que los canales del oído difieren mucho en tamaño, forma y posición, por ejemplo una misma persona puede presentar diferentes tamaños de conductos en sus oídos.

Por lo tanto se deben seleccionar los tapones auditivos que se adapten a los diversos tamaños del conducto auditivo. El conducto auditivo varía en lo ancho de 3 mm a 14 mm pero la mayoría caen en un rango de 5 a 11 mm; muchos de los conductos tienen forma elíptica y algunos son redondos, presentándose en determinados conductos una abertura que parece cortada o están dirigidos en línea recta hacia el centro de la cabeza.

Los protectores de tapón depende mucho del material del que están elaborados, ya que el material por el cual está fabricado es el que reduce el nivel de ruido, estos materiales pueden ser plástico, polímeros, algodón (este material no es muy recomendable) y etc.

Lo que se busca con este tipo de protectores que al introducirse tome las diferentes formas del conducto auditivo, para que encaje de una manera hermética, cómoda y ajustada, debe tenerse presente que debido al movimiento de la cabeza y del oído se provoca que en algunos protectores se pierda el sello hermético.

Su empleo se ha de realizar higiénicamente introduciéndolos en el oído con las manos limpias, lavándolos después de su uso, preservándolos del polvo, colocándolos en el interior de cápsulas preparadas a tal fin.

No deben ser tóxicos, deben ser de superficies suaves que puedan limpiarse fácilmente con agua y jabón, que brinde comodidad al usarlos, que guarde su tamaño y flexibilidad después de usarlo

Debe contarse con diferentes tamaños de protectores auditivos para asegurar una debida protección en el individuo.

B) Orejeras:

Las orejeras cubren completamente los oídos lograndose alcanzar una mayor atenuacion en el nivel ruido. Las orejeras tienen la ventaja de poder colocarse alrededor del cuello al abandonar el ambiente ruidoso, sin embargo en lugares calurosos resultan incómodas.

También existen orejeras especiales, por medio de circuitos electrónicos que seleccionan un margen de frecuencia en el cual atenúan en mayor proporción el nivel de ruido.

Para lograr una mayor atenuación en los niveles de ruido con los protectores auditivos, se puede formar una combinación de estos, por ejemplo colocar primero en cada conducto auditivo tapones auditivos seguidos de unas orejeras, que garantizaran una mejor protección en el individuo.

a) Educación.

La educación juega un papel principal en el uso del equipo de protección auditiva, ya que quita en los trabajadores los malos hábitos que tengan del empleo del equipo de seguridad. Ya que estudios muestran una baja efectividad en el uso del equipo de seguridad si la implementación no va acompañada antes de campañas apropiadas de concientización con relación a la seguridad personal.

Se presentan algunos protectores auditivos y el análisis de frecuencia del factor de reducción de cada equipo que ayuda atenuar el nivel sonoro existente.

Equipo

Atenuación a 125 Hz	=
Atenuación a 250 Hz	=
Atenuación a 500 Hz	=
Atenuación a 1000 Hz	=
Atenuación a 2000 Hz	=
Atenuación a 3000 Hz	=
Atenuación a 4000 Hz	=
Atenuación a 6000 Hz	=
Atenuación a 8000 Hz	=

**Protector auditivo tipo Copa HBH
RBW-71**

[16.80]	
[22.00]	
[27.40]	
[36.90]	
[39.50]	dB
[40.90]	
[37.80]	
[36.30]	
[36.50]	

Equipo

Atenuación a 125 Hz	=
Atenuación a 250 Hz	=
Atenuación a 500 Hz	=
Atenuación a 1000 Hz	=
Atenuación a 2000 Hz	=
Atenuación a 3000 Hz	=
Atenuación a 4000 Hz	=
Atenuación a 6000 Hz	=
Atenuación a 8000 Hz	=

Tapones E-A-R auto ajustables

[33.40]	
[35.70]	
[37.60]	
[40.60]	
[41.80]	dB
[44.60]	
[45.30]	
[45.80]	
[45.10]	

Equipo

Atenuación a 125 Hz	=
Atenuación a 250 Hz	=
Atenuación a 500 Hz	=
Atenuación a 1000 Hz	=
Atenuación a 2000 Hz	=
Atenuación a 3000 Hz	=
Atenuación a 4000 Hz	=
Atenuación a 6000 Hz	=
Atenuación a 8000 Hz	=

**Protector Auditivo tipo Copa MSA
MARK IV**

[12.00]	
[16.00]	
[27.00]	
[35.00]	
[37.00]	dB
[41.00]	
[47.00]	
[42.00]	
[43.00]	

Equipo

Atenuación a 125 Hz	=
Atenuación a 250 Hz	=
Atenuación a 500 Hz	=
Atenuación a 1000 Hz	=
Atenuación a 2000 Hz	=
Atenuación a 3000 Hz	=
Atenuación a 4000 Hz	=
Atenuación a 6000 Hz	=
Atenuación a 8000 Hz	=

**Protector Auditivo tipo Copa MSA
MARK - IV - MC**

[17.00]	
[21.00]	
[31.00]	
[45.00]	
[42.00]	dB
[48.00]	
[45.00]	
[36.00]	
[35.00]	

6.4 Sugerencias para el control del ruido en el caso Pemex de la refinería Miguel Hidalgo en el área de Servicios Auxiliares.

Al describir los materiales, equipos y protectores para poder controlar el ruido en el sector "5" de la refinería Miguel Hidalgo, por el momento sólo se darán algunas recomendaciones y adecuaciones de los sistemas que pueden ayudar a la disminución del ruido.

Lo anterior es por el tiempo que lleva hacer una reestructuración en la profundización del control de ruido, que es tema central que atañe a este estudio. Sin embargo cabe mencionar que esta profundización se puede llevar a cabo en un tiempo considerable en el cual se necesita tomar en cada una de las fuentes y lugares lecturas que nos describan el comportamiento más detallado del ruido; como ejemplo, realizar un análisis de frecuencia en 1/3 de octava y 1 octava en cada uno de los puntos con una mayor cantidad de periodos de observación en la toma de lecturas. Además se requiere personal adicional que necesariamente se tenga que incorporar al proyecto.

Aunque conozcamos las propiedades y frecuencias a las que se encuentra el ruido para poder controlarlo, será necesario que el material y equipo sean los adecuados; por tal motivo se torna necesario e indispensable realizar pruebas al material y equipo eligido por sus cualidades, así como sus costos en cada fuente o espacio que requiera disminuir ruido. Entre las pruebas que se pudieran llevar a cabo se encuentran las siguientes: su instalación, montaje, ángulos de colocación, propiedades, espesor, flujo en ductos, presión y frecuencia, etc.

Se deja un espacio abierto a estudios posteriores más especializados que requieran tomar como referencia este proyecto para encontrar con mayor detalle una solución y ayude a crear un entorno de seguridad entre los trabajadores.

En base a lo anterior, se hacen algunas recomendaciones que a continuación se describen; al analizar la tabla comparativa de los cuatro materiales absorbentes, el material que más se adapta a las necesidades del sector "5" para el control de ruido es la fibra mineral.

La fibra mineral tiene la característica que en el campo de frecuencia (125 a 4000 Hz) presenta excelentes coeficientes de absorción que abarcan toda la gama de frecuencia comparada con los demás materiales. Al tener estos coeficientes reduce los altos niveles sonoros generados en altas frecuencias.

La fibra mineral presenta también una resistencia al fuego, con eficiencia térmica aceptable que nos ayuda a que no se deforme con las temperaturas tan altas que se manejan en el sector "5". No es un ambiente adecuado para la generación de hongos, bacterias y roedores.

En la operación del sector "5" se manejan líneas de agua a temperaturas y presiones altas que en su recorrido de algunas líneas se condensa el vapor de agua o se presentan diversas fugas de vapor, por lo cual es importante que el material que se utilice sea resistente y no retenga humedad. Por lo que es recomendable la fibra mineral es porque no absorbe ni retiene humedad y no se deforma con el tiempo.

En las líneas de vapor de alta, media y baja presión que tienen descarga al ambiente en el área del sector "5" se recomienda el uso de silenciadores tipo reactivo-absorción, el cual proporciona una disminución de ruido muy favorable por la combinación de los mecanismos que integran al silenciador.

Se recomienda también combinar varios silenciadores de este tipo en serie, para mejorar el flujo de los gases, y así disminuye las pérdidas de presión por colocar silenciadores.

Nota: Debe tomarse en cuenta que la efectividad del silenciador se contrapone al requerimiento de la mínima caída de presión. Entonces si se determina que hay que controlar el ruido, hay que consultar con los ingenieros de operación en cuanto a las posibles repercusiones de la caída de presión.

En el caso de los protectores auditivos para los trabajadores lo primero que se recomienda es una uniformidad en el equipo de seguridad y una educación sobre el uso adecuado del equipo, así damos una mejor protección al sistema auditivo de los trabajadores.

El equipo de protección que se recomienda en el sector "5" son los tapones E-A-R auto ajustables, tipo copa MSA Mark IV y las orejeras, por el porcentaje de los coeficientes de absorción que se presentan en la gama de frecuencia audible (125 a 8000 Hz) en la disminución del ruido.

Otro punto es el material por la que están constituidos, su colocación, diseño y aceptación entre la gente.

7. CONCLUSIONES.

- La situación de ruido que presenta el sector "5" de los servicios auxiliares en la refinería rebasa los límites permisibles de exposición a éste en algunas zonas, que van desde 90 a 105 dB que marca la NOM-011. Los niveles generados por los equipos dinámicos que se operan se dividen dos magnitudes para su identificación: 92 a 105 dB y 106 dB.

El nivel de 106 dB que se obtuvo supera por completo el límite permitido y al tener este valor la NOM-011 es muy clara en el punto 4.4.3.2, donde establece que en los niveles mayores a los 105 dB por ningún motivo se debe permitir exposición alguna sin equipo de protección auditiva.

Los niveles de 92 a 105 dB que se registraron están en el rango aceptable para determinar la exposición de ruido sin equipo de protección auditiva; pero la permanencia en estos lugares sólo se debe dar por un lapso breve y con protección auditiva, porque la NOM-011 marca un tiempo de dosis para cada nivel y no se puede, estar sometido sin o con protección durante 8 horas continuas a estos niveles.

La exposición que se obtuvo sin equipo de protección auditiva en los rangos mencionados se encuentra entre 4:45 a 4:00 horas de dosis continua; por ello, es necesario implantar programas acerca del uso adecuado de los protectores auditivos en todo el sector, así como en la refinería, por las diferentes dosis y permanencia a que están sometidos los trabajadores en su lugar de actividades como al desplazarse de un punto de trabajo a otro.

Lo anterior lleva a realizar entre los trabajadores exámenes de audiometría para saber la cantidad de gente que presenta un daño o detrimento en la audición y así, buscar alternativas reales que ayuden a controlar el problema en la afectación y alteración en el sistema auditivo del trabajador al estar expuestos a estos niveles sonoros. Como ejemplo: Planear y colocar rutas de trabajo para controlar la dosis de exposición de los trabajadores y la rotación de éstos en las áreas de más a menos ruidosas.

- Así mismo, se recomienda efectuar un programa serio de control de ruido en el sector y se debe prestar atención a los materiales y equipos que nos ayudan a disminuir el ruido como es el caso de la fibra mineral, los silenciadores o en último punto los protectores auditivos; siempre tener en cuenta la seguridad del trabajador.
- Se recomienda al personal del sector la revisión de sus programas de ahorro de energía en el sector "5", por el motivo de la presencia de fugas de vapor en las tres líneas de distribución en todo el área, en el caso de las líneas de vapor de alta presión, sus fugas producen niveles sonoros de altas frecuencias, las cuales causan daños irreversibles en los trabajadores.

- Se pretende que se construyan zonas insonorizadas (ausencia de sonido) en el sector, ya que se requiere reducir los niveles nocivos que producen los equipos y generan daños al trabajador y su entorno, por lo cual es necesario realizar mediciones y revisiones periódicas
- Se espera que la información que contiene este estudio proporcione las bases necesarias para realizar estudios posteriores y seguir intentando la lucha contra el ruido en los centros de trabajo.

Corolario.

Se han dado ya algunos pasos para tratar de comprender y apreciar la trascendencia que se le debe dar al control del ruido. Pero por el momento falta mucho para que al ruido se le considere con el mismo interés e importancia que a los demás contaminantes, así como combatir sus causas y daños generados por niveles elevados y perjudiciales para el ser humano. Al lograr controlar los contaminantes y proporcionarles condiciones de seguridad a los trabajadores éstos desarrollarán en el medio laboral una mejor capacidad y concentración en el trabajo que realice, obteniendo así la empresa mejores condiciones para competir en cualquier mercado.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- **American Gas Association.** Handbook for noise control at gas pipeline facilities. Vol.1 Editado en Mayo 1 de 1977. Cap V, VII, IX y XI
- 2.- **American Industrial Hygiene Association.** Industrial noise manual. Tercera edición. Año 1980. Cap I, II, IV y VI.
- 3.- **American Petroleum Institute.** Guildes on noise. Editorial Tracor, Inc.Segunda edición. Año 1973, Cap III, pag 36 a la 52.
- 4.- **Barón Robert Alex.** La tiranía del ruido. Editorial Fondo de Cultura Económica. Año 1989
- 5.- **Basurto Moncada Jorge.** Tesis revisión y actualización de la fabricación del plástico espumado de poliuretano flexible. Año 1969. Cap I, IV y V
- 6.- **Behar Alberto.** El ruido y su control. Editoral trillas , segunda edición 1994. Capt. I al IV, pag 15 a la 35,
- 7.- **Brüel & Kjaer.** Measuring sound. Editado por Brüel & Kjaer. año 1982 pag 7 a la 24.
- 8.- **Brüel & Kjaer.** Measurement microphones. Editado por Brüel & Kjaer. Primera edición. Año 1984 capitulo V y VI.
- 9.- **Cyril M. Harris.** Handbook of noise control. Editorial Mc.GraW-Hill. Año1994 Cap II, III, XV
- 10.- **Hausman Carl.** Cómo enfrentarse a la pérdida auditiva. Editorial Diana. Primera Edición. Año 1992. Cap I, II, III al V
- 11.- **Ing. Ignacio José.** Ruido industrial. Editado Ecopetrol. Julio 1991 pag 1 a la 20.
- 12.- **Instituto Mexicano de Petróleo.** Control de ruido en plantas de refinación y petroquímicas. Editado por IMP en 1985. Cap I al VI.
- 13.- **Kryter Karl D.**The effect of noise on man. Academic Rress Usa 1970 pag 16
- 14.- **Kurtze.** Física y técnica de la lucha contra el ruido. editorial Mc Graw Hill. Año 1987. Cap II y XX.
- 15.- **Loeb Michael.** Noise and human efficiency, Año 1986 pag.- 1 a la 18.

- 16.- **Ochoa Pérez Juan M.** Medida y control del ruido. Editorial Marcombo. Año 1989, Cap IV, VII y X.
- 17.- **Pemex.** Manual para la evaluación y control de ruido. Editado por Pemex en mayo de 1986. pag 7 a la 83.
- 18.- **Reugevon, Claude.** Aislamiento acústico y térmico en la construcción. Editorial Técnicos asociados. Primera edición. Año 1988 cap III al VI.
- 19.- **Robinson Kork.** Recubrimientos y aislamientos de corcho en la industria. editado por Robinson kork. Año 1993. pag 7 a la 40.
- 20.- **Werner Bürk.** Manual de medidas acusticas para el control del ruido. Editorial Blume. Primera edición. Año 1994 pag 12 a la 35.

Artículos

- a) **Ac. Jhonson.** The ototoxic effect of toluene and the influence of noise, ectylsaliic acid. Journal article. Vol 39 pag 40.
- b) **Broners.** the use of acetone to dissolve astyrotoam impaction of the ear. Journal . Mar 1994 Vol 3 pag 580 a la 582.
- c) **Harris Hotz .** An Approach for monitoring a minoglycoside-induced ototoxic. Journal Article. Sept 1994. pag 1130 -4.
- d) **Pérez Ruiz Santiago** Revisión de los avances en el conocimiento de los mecanismos de la audición humana. CONACY 1996 VOL122.

9. Anexo "A"

Calculo del Nivel Sonoro "A" promedio.

Se muestra calculo por el cual se obtiene el nivel sonoro "A" promedio de cada una de las secciones que integran al sector 5. Se toma como ejemplo las lecturas registradas en la sección 100 durante sus 3 periodos de observación.

Al registrar las lecturas de la sección 100 en el formato que nos indica la NOM-080 en su apéndice B (ver formato No 1) , se procedió aplicar la siguiente relación matemática para determinar el NS "A" promedio.

$$NS (A)_i = 10 \text{ Log } \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{Ni}{10}\right)}$$

A cada punto tomado en los 3 periodos de observación se aplico un antilogaritmo, debido a que cada lectura es el resultado de una relación logaritmica , (por lo que no se pueden sumar directamente los puntos y así determinar el promedio sonoro), al aplicar el antilogaritmo se suman todos los valores de los puntos como se ve:

Anexo "B"

Se presenta el cálculo de como se realizó la determinación del nivel sonoro continuo (NSCE) en las 180 secciones, se define matemáticamente como:

$$NSCE = 10 \text{ Log } \left[\sum_{i=1}^N t_i \text{ anti log } \frac{NS(A)_i}{10} \right] - 10 \text{ Log T}$$

Nota. En la determinación del NSCE solamente se tomo en cuenta a los operadores de los equipos, ya que en el personal que transita por el sector no puede determinarse el valor real NSCE, por que no cuenta con dosímetros para calcular el nivel de exposición a la que están sometidos.

Las secciones 100, 101, 102, 127, 128, 129, 155, 158, 211, 212, 213, 240, 241 y 242 que es el espacio que abarca el departamento de los turbogeneradores que se encuentra operando con ocho operadores que están expuestos durante 6 hrs con un NS"A" promedio 92 dB.

Exposición	NS"A" dB	Tiempo de exposición.
8	92	6

$$\begin{aligned} NSCE &= 10 \text{ Log } \left[(8 \times 6) \text{ anti log } \left(\frac{92}{10} \right) \right] - 10 \text{ Log } 48 \\ &= 10 \text{ Log } [48 \times 1584893192] - 10 \text{ Log } 48 \\ &= 10 \text{ Log } [7.6074 \times 10^{10}] - 10 \text{ Log } 48 \\ &= 108.81 - 16.81 \end{aligned}$$

$$NSCE = 92.00 \text{ dB}$$

Nota.

Para determinar el tiempo máximo permisible de exposición por jornada de trabajo del NSCE, se obtiene de acuerdo a la NOM-011, ya que esta contiene una tabla (No. 1) y una gráfica (No. 1), que indican el tiempo de exposición encontrándose comprendido entre dos magnitudes que son: 90 y 105 dB.

Pero el único inconveniente que presenta estos valores que son tiempos calculados para jornadas de 8 Hrs diarias y ruidos continuos. Por consiguiente cuando hay un exceso en la jornada laboral, el NSCE que presenta el trabajador no podrá determinarse el tiempo máximo permisible que proporciona la NOM-011.

El NSCE que presentaron los operadores de los turbogeneradores le corresponde un tiempo de exposición.

NSCE dB	Tiempo máximo permisibles de exposición sin equipo de protección auditiva
92	4 : 45 Hrs.

La casa de bombas cuenta con 3 operadores y 2 ayudantes; Los 3 operadores y uno de los ayudantes permanecen un tiempo aproximado de 7 hrs en el área con un nivel de exposición 96 dB, mientras que el otro ayudante un tiempo 3 hrs con una exposición de 96 dB, debido a que tiene que cubrir medio turno en la caldera "CO".

El espacio que abarca la casa de bomba son las siguientes secciones 267, 269, 271, 272, 323, 325, 327, 379, 380, 381, 382, 383 y 384.

Exposición	NS"A" (dB)	Tiempo de Exposición Hrs
4	96	7
1	96	3

$$\begin{aligned}
 NSCE &= 10\text{Log} \left[(4 \times 7) \text{anti log} \left(\frac{96}{10} \right) + (3 \times 1) \text{anti log} \left(\frac{96}{10} \right) \right] - 10\text{Log}31 \\
 &= 10\text{Log} \left[(28 \times 3981071706) + (3 \times 3981071706) \right] - 10\text{Log}31 \\
 &= 10\text{Log} \left[1.2341 \times 10^{11} \right] - 10\text{Log}31 \\
 &= 110.91 - 14.91
 \end{aligned}$$

$$NSCE = 95.9 \text{ dB.}$$

NSCE dB	Tiempo máximo permisibles de exposición sin equipo de protección auditiva
96.5	1 : 45 Hrs.

La sección 279 cuenta con un operador para la turbina del ventilador de tiro forzado MV-1000 de la caldera CB-3 permanece un tiempo de 3 Hrs con una exposición promedio de 98 dB.

Exposición	NS"A" (dB)	Tiempo de Exposición Hrs
1	98	3

$$\begin{aligned}
 NSCE &= 10 \log \left[(1 \times 3) \text{anti log} \left(\frac{98}{10} \right) \right] - 10 \log 3 \\
 &= 10 \log [3 \times 6309573445] - 10 \log 3 \\
 &= 102.77 - 4.77
 \end{aligned}$$

$$NSCE = 98 \text{ dB}$$

NSCE dB	Tiempo máximo permisibles de exposición sin equipo de protección auditiva
98	1 : 15 Hrs.

La sección 391 cuenta con un operador para la turbina del ventilador de tiro forzado MV-1003 de la caldera CB-4 permanece un tiempo de 3 Hrs con una exposición promedio de 101 dB.

Exposición	NS"A" (dB)	Tiempo de Exposición Hrs
1	101	3

$$\begin{aligned}
 NSCE &= 10 \log \left[(3 \times 1) \text{anti log} \left(\frac{101}{10} \right) \right] - 10 \log 3 \\
 &= 10 \log [3.776 \times 10^{10}] - 10 \log 3 \\
 &= 105.77 - 4.77
 \end{aligned}$$

$$NSCE = 101 \text{ dB}$$

NSCE dB	Tiempo máximo permisibles de exposición sin equipo de protección auditiva
101	40 minutos

Las secciones 335 y 447 son los puntos más altos con el nivel sonoro en todo el sector que corresponde a los Motores de los Ventiladores de Tiro Forzado (ME-1000 y ME-1003), de las calderas CB-3 y CB-4, se observo en estas secciones que no se encuentra un puesto fijo de trabajo pero se realizan labores de mantenimiento como flujo de transito de personal.

Entonces para determinar el NSCE en esta secciones se tomo a los 10 operadores (el especialista, operadores, fogoneros y ayudantes) de las calderas ya que son los que mayor tiempo de exposición estan sometido, se tomara un tiempo de exposición de 8 Hrs continuas.

Área: 335

Exposición	NS*A* (dB)	Tiempo de Exposición Hrs
10	106	8

$$\begin{aligned}
 NSCE &= 10\text{Log} \left[(10 \times 8) \text{anti log} \frac{106}{10} \right] - 10\text{Log}80 \\
 &= 10\text{Log} \left[3.18485 \times 10^{12} \right] - 10\text{Log}80 \\
 &= 125.03 - 19.03
 \end{aligned}$$

$$NSCE = 106 \text{ dB}$$

NSCE dB	Tiempo máximo permisibles de exposición sin equipo de protección auditiva
110.5	5 minutos

Área:447

Exposición	NS*A* (dB)	Tiempo de Exposición Hrs
10	105	8

$$\begin{aligned}
 NSCE &= 10\text{Log} \left[(10 \times 8) \text{anti log} \left(\frac{105}{10} \right) \right] - 10\text{Log}80 \\
 &= 10\text{Log} \left[2.52982 \times 10^{12} \right] - 10\text{Log}80 \\
 &= 124.03 - 19.03
 \end{aligned}$$

$$NSCE = 105 \text{ dB}$$

NSCE dB	Tiempo máximo permisibles de exposición sin equipo de protección auditiva
109.5	6 minutos

Caso de los Desfogues

Para este caso la NOM-011 es muy clara ya que por ningún motivo se permite exposición alguna que rebase los 105 dB.

Factor de reducción de Ruido.

Anexo "C"

A continuación se presentan el análisis de frecuencia de las secciones del sector 5 y así como el cálculo del factor de reducción de ruido con los cuatro protectores auditivos, usados por el personal del sector 5;

En el sector 5 se observo en los trabajadores una variedad de protectores auditivos, se encontraron 5 modelos diferentes como son: orejeras y 4 modelos de tapones de diversos materiales y diseños.

Uno de los cuatro tapones no se tomo en cuenta para estos cálculos debido a que se desconocía el valor de atenuación en las bandas de frecuencia.

Área : 160

Frecuencia	Análisis del área (dB)	Atenuación de los Protectores Auditivos.			
		Tipo Copa HBH-1 (dB)	E-A-R Auto Ajustables (dB)	Semirígido (dB)	Orejeras 3000 (dB)
125	88	16.80	33.40	27.20	20.5
250	88	22.00	35.70	24.50	23.1
500	91	27.40	37.60	25.20	29.3
1000	93	36.90	40.30	26.10	38.6
2000	98	39.50	41.80	31.60	39.4
4000	101	38.35	43.95	32.10	36.9
8000	105	35.30	44.85	33.75	36.2

Efectuando la atenuación del nivel de presión proporcionada con los equipo tenemos para el Modelo Tipo Copa HBH-1 la siguiente correlación:

$$Q1 = 16.80 + 16.2 = 33.0 \text{ dB}$$

$$Q2 = 22.00 + 8.7 = 30.7 \text{ dB}$$

$$Q3 = 27.40 + 3.3 = 30.7 \text{ dB}$$

$$Q4 = 36.90 = 36.90 \text{ dB}$$

$$Q5 = 39.50 - 1.2 = 38.3 \text{ dB}$$

$$Q6 = 38.35 - 1.0 = 37.55 \text{ dB}$$

$$Q7 = 35.30 + 1.1 = 36.4 \text{ dB}$$

Se calculó la diferencia entre el nivel medido en la banda de frecuencia correspondiente con el valor de atenuación del protector auditivo en dicha frecuencia, se obtuvo el antilogaritmo para cada frecuencia y se sumaron todos los valores.

$$S = \sum_{i=1}^7 \text{antilog}(0.1(L_i - Q_i))$$

$$S = [\text{antilog} (0.1 (88-33)) + \text{antilog} (0.1 (88-30.7)) + \text{antilog} (0.1 (91-30.7)) + \text{antilog} (0.1 (93-36.90)) + \text{antilog} (0.1 (98-38.3)) + \text{antilog} (0.1 (101-37.5)) + \text{antilog} (0.1 (105-36.4))]$$

$$S=13756001$$

En el siguiente paso se calcula el factor de reducción de ruido (R) por medio del valor que proporciona el fabricante del equipo y la diferencia con el logaritmo de la sumatoria de los valores de frecuencia.

La sección 160 tuvo un NS"A" de 96 dB en respuesta lenta.

$$R = L_a - 10 \text{ Log } S - 10$$

R = factor de reducción.
L_a = 96 dB

$$R = 96 - 10 \text{ Log} (13\ 756\ 001) - 10$$

Se obtuvo un factor de reducción del equipo de:

$$\underline{R = 14.62 \text{ dB}}$$

Tapones E-A-R

Q1 = 33.40 + 16.2	= 49.6 dB
Q2 = 35.70 + 8.7	= 44.4 dB
Q3 = 37.60 + 3.3	= 40.9 dB
Q4 = 40.30	= 40.30 dB
Q5 = 41.80 - 1.2	= 40.6 dB
Q6 = 43.95 - 1.0	= 42.95 dB
Q7 = 44.85 + 1.1	= 45.95 dB

$$S = \sum_{i=1}^7 \text{antilog}(0.1(L_i - Q_i))$$

$$S = [\text{antilog} 0.1 (88-49.6)) + \text{antilog} (0.1 (88-44.4)) + \text{antilog} (0.1 (91-40.9)) + \text{antilog} (0.1 (93-40.3)) + \text{antilog} (0.1 (98-40.6)) + \text{antilog} (0.1 (101-42.95)) + \text{antilog} (0.1 (105-45.95))]$$

$$S=2309695.48$$

$$R = 96 - 10 \log(2 \cdot 309 \cdot 695 \cdot 48) - 10$$

$$R = \underline{22.36 \text{ dB}}$$

Tapon Semirigido.

$$\begin{aligned} Q1 &= 27.20 + 16.2 &= 43.4 \text{ dB} \\ Q2 &= 24.50 + 8.7 &= 33.2 \text{ dB} \\ Q3 &= 25.20 + 3.3 &= 28.5 \text{ dB} \\ Q4 &= 26.10 &= 26.10 \text{ dB} \\ Q5 &= 31.60 - 1.2 &= 30.40 \text{ dB} \\ Q6 &= 32.10 - 1.0 &= 31.10 \text{ dB} \\ Q7 &= 32.65 + 1.1 &= 33.75 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$S = \sum_{i=1}^7 \text{antilog}(0.1(L_i - Q_i))$$

$$S = [\text{antilog}(0.1(88-43.4)) + \text{antilog}(0.1(88-33.2)) + \text{antilog}(0.1(91-28.5)) + \text{antilog}(0.1(93-26.10)) + \text{antilog}(0.1(98-30.4)) + \text{antilog}(0.1(101-31.10)) + \text{antilog}(0.1(105-33.75))]$$

$$S = 35868889$$

$$R = 96 - 10 \log(35868889) - 10$$

$$R = \underline{10.45 \text{ dB}}$$

Orejas.

$$\begin{aligned} Q1 &= 20.5 + 16.2 &= 36.7 \text{ dB} \\ Q2 &= 23.1 + 8.7 &= 31.8 \text{ dB} \\ Q3 &= 29.3 + 3.3 &= 32.6 \text{ dB} \\ Q4 &= 38.6 &= 38.6 \text{ dB} \\ Q5 &= 39.4 - 1.2 &= 38.2 \text{ dB} \\ Q6 &= 36.9 - 1.0 &= 35.9 \text{ dB} \\ Q7 &= 36.2 + 1.1 &= 35.1 \text{ dB} \end{aligned}$$

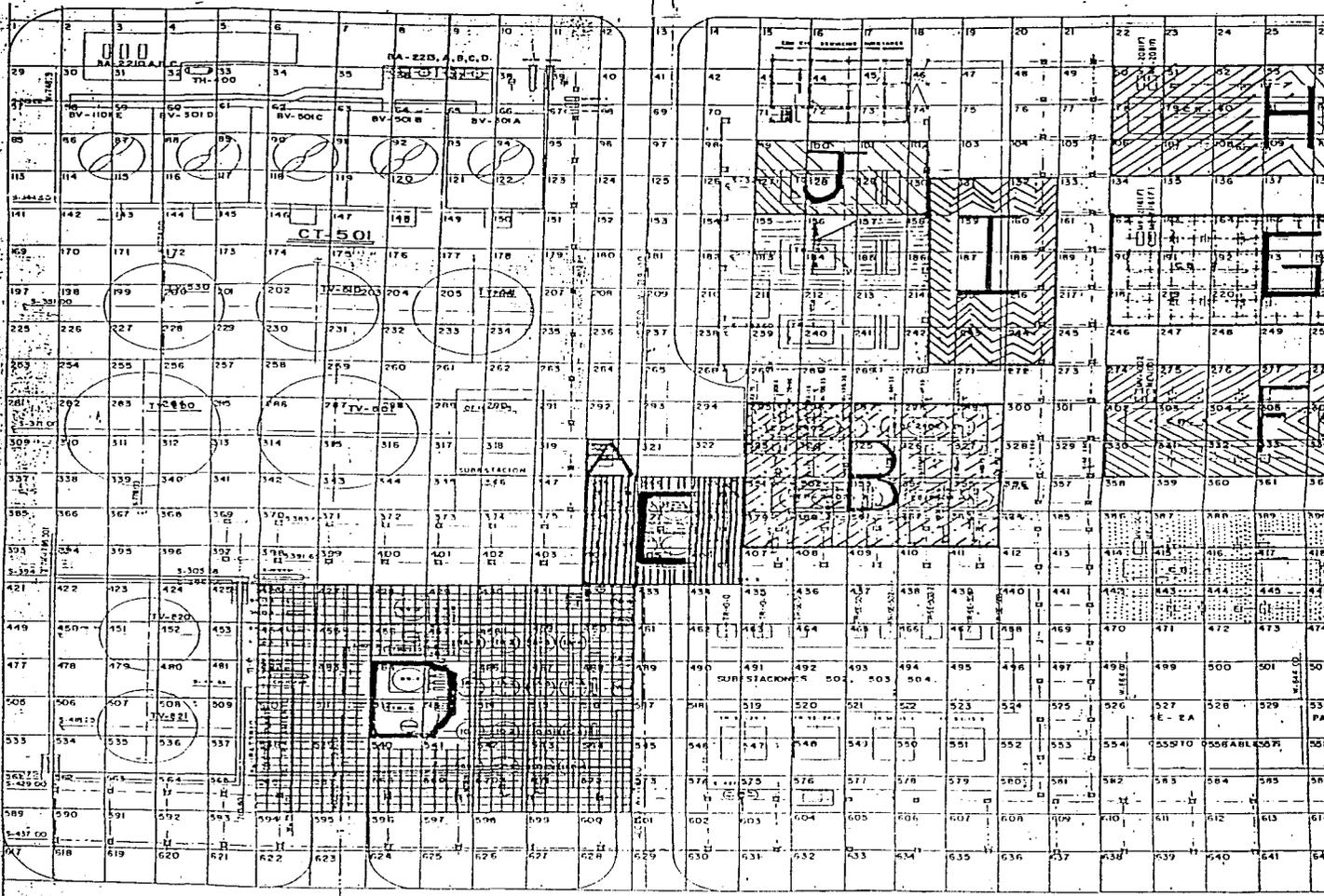
$$S = \sum_{i=1}^7 \text{antilog}(0.1(L_i - Q_i))$$

$$S = [\text{antilog}(0.1(88-36.7)) + \text{antilog}(0.1(88-31.8)) + \text{antilog}(0.1(91-32.6)) + \text{antilog}(0.1(93-38.6)) + \text{antilog}(0.1(98-38.2)) + \text{antilog}(0.1(101-35.9)) + \text{antilog}(0.1(105-35.1))]$$

$$S = 11598385.22$$

$$R = 96 - 10 \log(11598385.22) - 10$$

$$R = \underline{15.36 \text{ dB}}$$



ABRIL 1964

DESCRIPCION

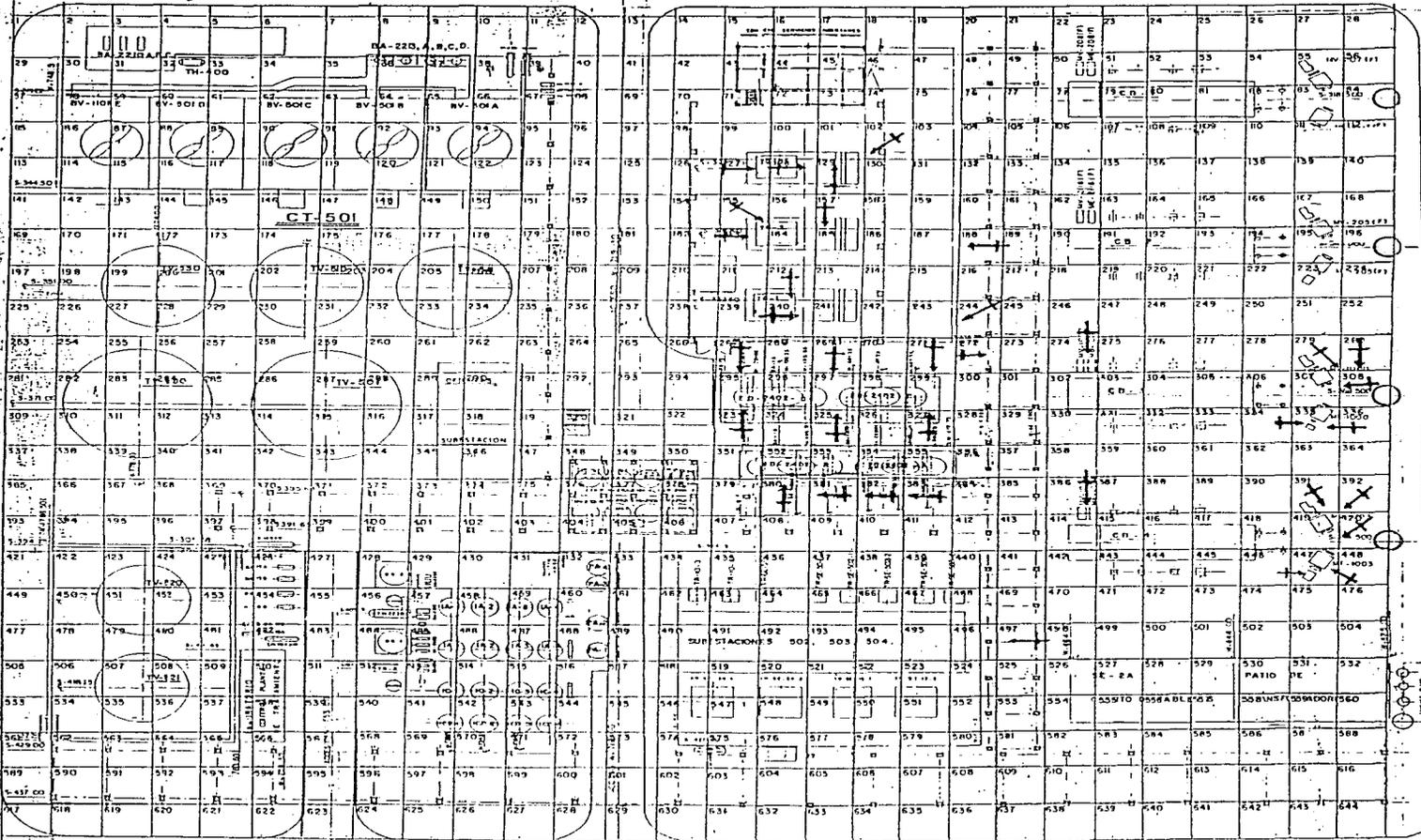
ABRIL 1964

DESCRIPCION

- | | |
|--|---|
| <p>A Clave de la zona para el tipo de uso de las parcelas de la zona
 B Area de los departamentos y apartamentos de las parcelas
 C Unidad de la zona
 D Edificio y nombre de la planta de la zona
 E Calles C-1
 F Calles C-2
 G Calles C-3
 H Calles C-4</p> | <p>J Calles C-5
 K Clave de la zona para el tipo de uso de las parcelas
 L Tipo de generador 10-3
 M Tipo de generador 10-2
 N Tipo de generador 10-1
 O Oficina de la zona</p> |
|--|---|

UNAM
 I.E.S.S. (Instituto de Estudios Sociales)
 CONSULTORIA TECNICA
 PLANIFICACION Y DISEÑO URBANO
 FLAMBO Emk

CALLE N° 102 5-300 40



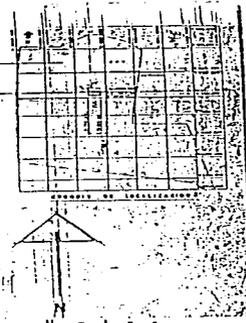
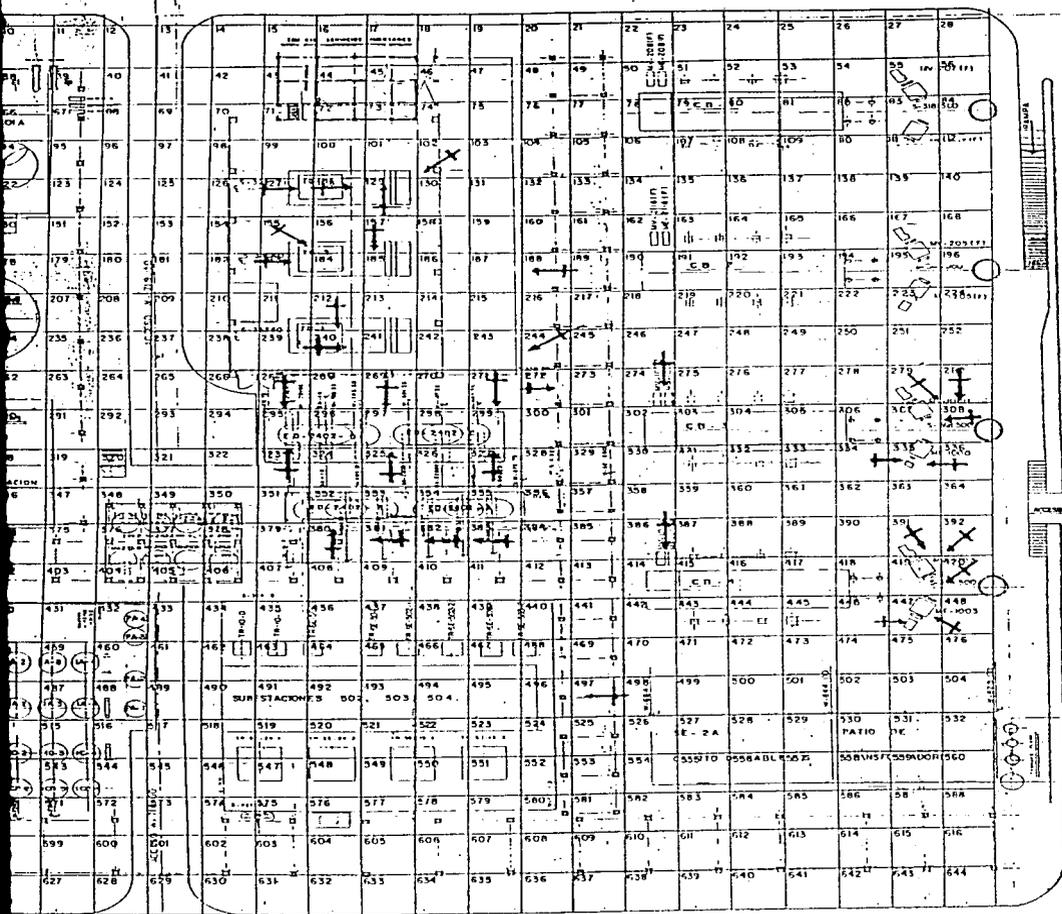
CALLE N° 102 5-300 40

MICROFONO UTILIZADO DE CAMPO LIBRE

U N A M FAC DE QUIMICA INSTITUTO CENTRAL DEL PETRO (CON UNIDAD DE CONTROL DE LOS S A D) LA REFINERIA MIGUEL MATEO PLANO 10

PLANO 10

CALLE N° 102 5-300 40



- 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58
 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120
 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140
 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160
 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180
 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200
 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220
 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240
 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260
 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280
 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300
 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320
 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340
 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360
 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380
 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400
 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420
 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440
 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460
 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480
 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500
 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520
 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540
 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560
 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580
 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600
 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620
 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640
 641 642 643 644

CALLE N° 107 4-651 10

b) Los números marcados en el centro de cada zona corresponden al nivel sonoro por punto (SPL), en decibeles.

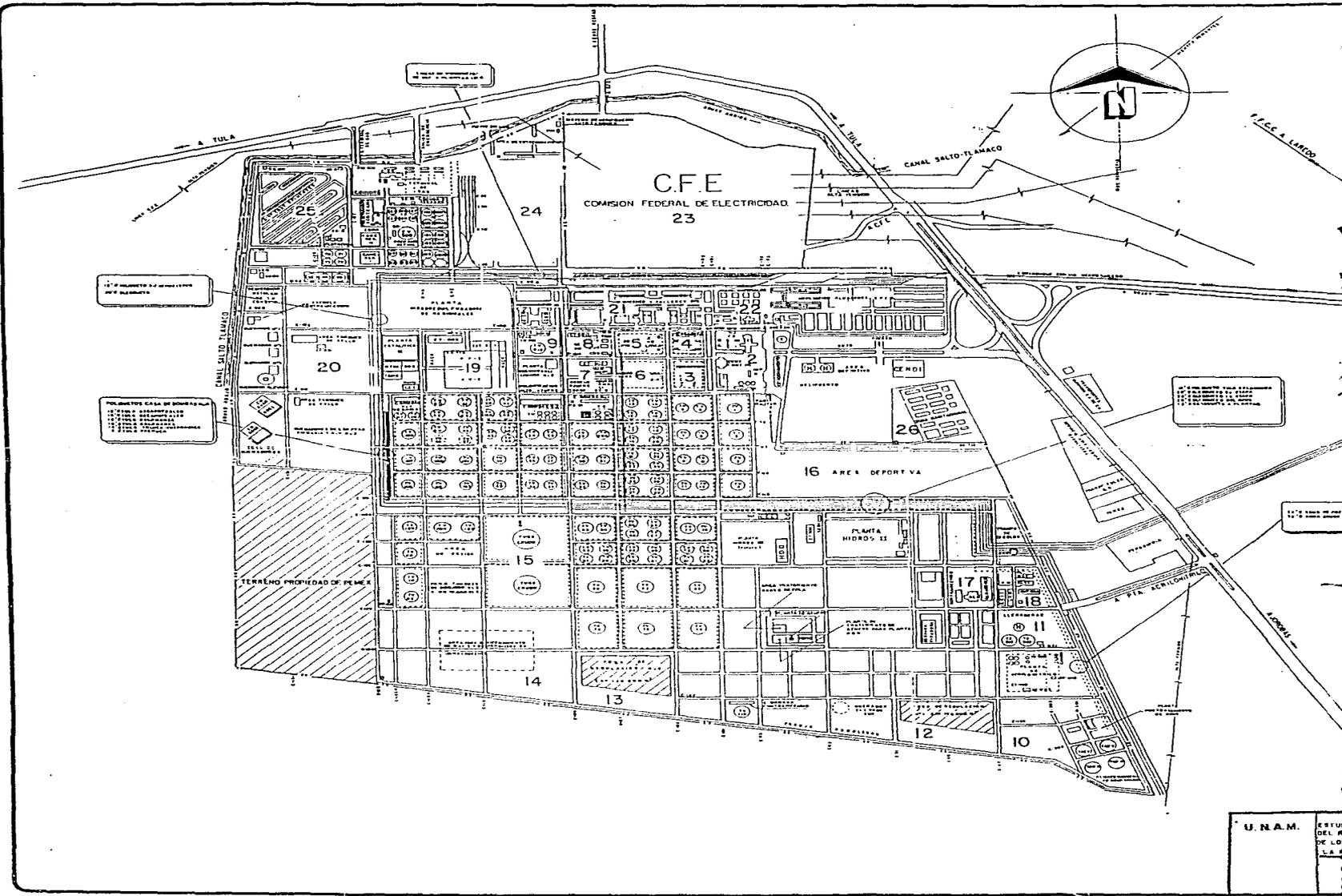
MICROFONO UTILIZADO DE CAMPO LIBRE

U.N.A.M.
 FAC. DE QUÍMICA
 TESIS E SUPO + CONTROL DEL
 RUIDO CON UNA CALIBRACIÓN DE LOS
 3 A. DE LA REGIÓN MEXICALCO
 PLANO Nº FOR CALLEJO PURO

PLANO Nº 4

PLOT PLAN SECTOR Nº 5
 SERVICIOS AUXILIARES

ORIENTACIÓN DEL MICROFONO



12 y 13 INGRESOS DEL COMPLEJO DE ESTUDIOS

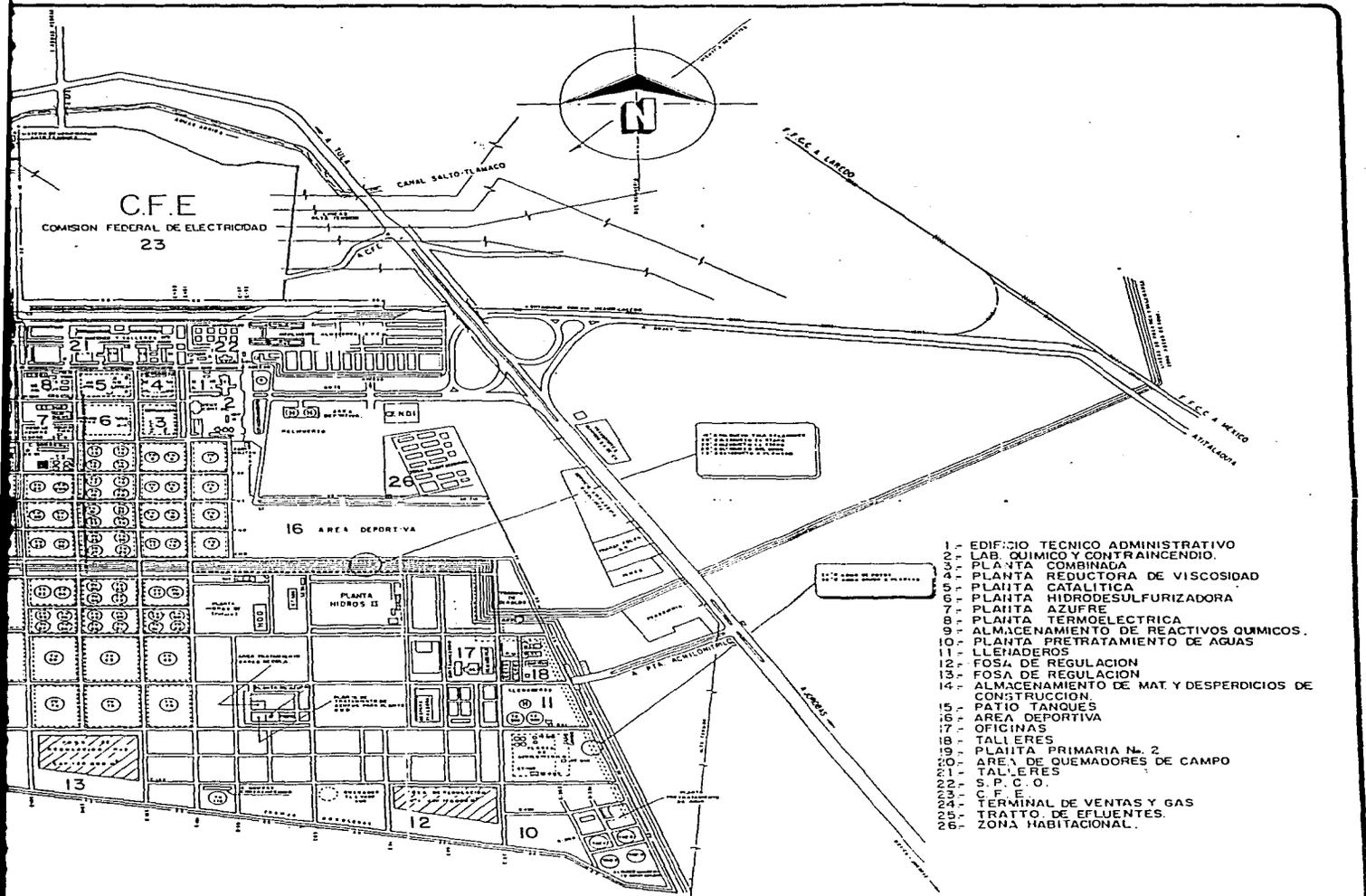
PLANTAS DE CALOR DE INGRESOS DEL COMPLEJO DE ESTUDIOS

- 12 PLANTA LABORATORIO
- 13 PLANTA LABORATORIO
- 14 PLANTA LABORATORIO
- 15 PLANTA LABORATORIO
- 16 PLANTA LABORATORIO
- 17 PLANTA LABORATORIO
- 18 PLANTA LABORATORIO

19 y 20 INGRESOS DEL COMPLEJO DE ESTUDIOS

21 y 22 INGRESOS DEL COMPLEJO DE ESTUDIOS

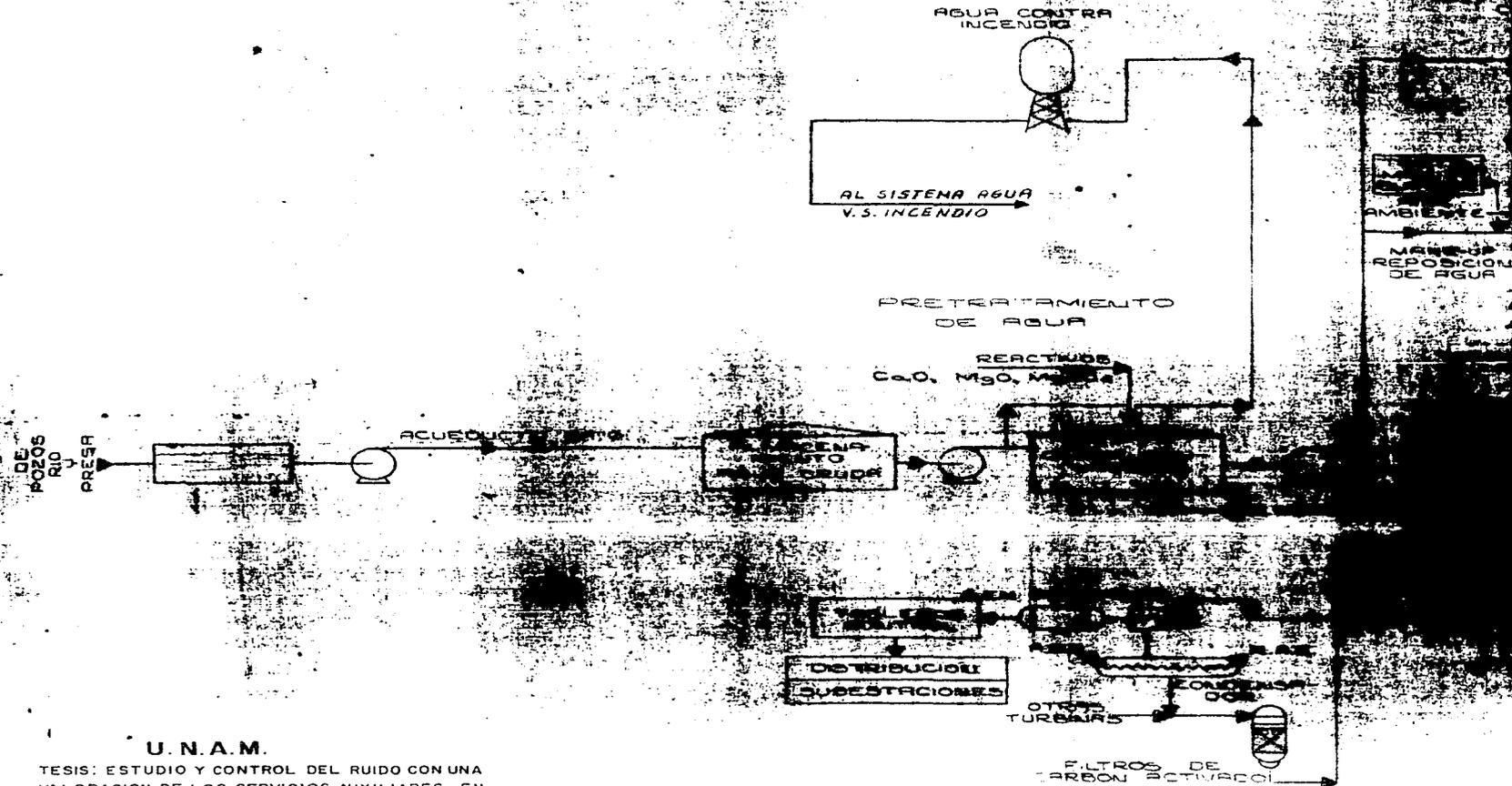
U.N.A.M.
ESTU
DEL 4
DE LO
S.A.



- 1- EDIFICIO TECNICO ADMINISTRATIVO
- 2- LAB. QUIMICO Y CONTRAINCENDIO.
- 3- PLANTA COMBINADA
- 4- PLANTA REDUCTORA DE VISCOSIDAD
- 5- PLANTA CATALITICA
- 6- PLANTA HIDRODESULFURIZADORA
- 7- PLANTA AZUFRE
- 8- PLANTA TERMOELECTRICA
- 9- ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS QUIMICOS.
- 10- PLANTA PRETRATAMIENTO DE AGUAS
- 11- LLENADEROS
- 12- FOSA DE REGULACION
- 13- FOSA DE REGULACION
- 14- ALMACENAMIENTO DE MAT Y DESPERDICIOS DE CONSTRUCCION.
- 15- PATIO TANQUES
- 16- AREA DEPORTIVA
- 17- OFICINAS
- 18- TALLERES
- 19- PLANTA PRIMARIA N. 2
- 20- AREA DE QUEMADORES DE CAMPO
- 21- TALLERES
- 22- S. P. C. O.
- 23- C. F. E.
- 24- TERMINAL DE VENTAS Y GAS
- 25- TRATTO. DE EFLUENTES.
- 26- ZONA HABITACIONAL.

U. N. A. M.	ESTUDIO Y CONTROL DEL MUNDO CON UNA VALORACION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES EN LA REFINERIA "NIGUEL HIDALGO"	LOCALIZACION GENERAL DE LAS INSTALACIONES. REFINERIA	
		N. 328-38-04	SEC-302

REV. 1



U. N. A. M.

TESIS: ESTUDIO Y CONTROL DEL RUIDO CON UNA VALORACION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES EN LA REFINERIA "MIGUEL HIDALGO" EN TULA HGO.

DIAGRAMA N° 1

ELABORO: ERIK VALLEJO RUBIO

TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE

