

UNIVERSIDAD DE SONORA

UNIDAD REGIONAL SUR

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, MATEMÁTICAS E INGENIERÍA

PROTOTIPO PARA VISUALIZAR LA DIRECCIÓN DEL SONIDO

TRABAJO ESCRITO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL
Y DE SISTEMAS

PRESENTAN

RAMÓN MARTÍNEZ QUIJADA

JOEL LEAL MONTIJO

Director: Dr. Lamberto Castro Arce

NAVOJOA, SONORA

DICIEMBRE DE 2012

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA
UNIDAD REGIONAL SUR
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA
Departamento de Física, Matemáticas e Ingeniería

Navojoa, Sonora a 17 de Diciembre de 2012

Ing. Ma. del Rosario Castrejón Lemus
Jefe de Departamento de Física, Matemáticas E Ingeniería
Unidad Regional Sur
PRESENTE:

Por este conducto, hago de su conocimiento que estamos de acuerdo que se realice el examen profesional de los alumnos

RAMON MARTINEZ QUIJADA
JOEL LEAL MONTIJO

el día Viernes 21 de Diciembre de 2012 en la Sala BS101 del edificio B a las 12:30 horas.

A T E N T A M E N T E

MIEMBROS DEL JURADO

	NOMBRE
PRESIDENTE	DR. LAMBERTO CASTRO ARCE, 24475
SECRETARIO	ING. ARACELI AGUILAR ANGELES, 30676
VOCAL	M.I. EMMY GETSEL SANCHEZ CORDOVA, 30501
SUPLENTE	DR. IGNACIO YOCUPICIO VILLEGAS, 24188

FIRMA


Araceli Aguilar Angeles

AGRADECIMIENTOS

Mi más grande agradecimiento es para **DIOS** por darme la oportunidad de llegar a este momento.

A LA UNIVERSIDAD DE SONORA, por brindarme su apoyo a lo largo de mis estudios como profesionista

A mi padre y madre por su gran apoyo.

A mis maestros por brindarme sus conocimientos.

Con especial reconocimiento a mi director de trabajo profesional **DR. LAMBERTO CASTRO ARCE**, por su tiempo, apoyo, consejos, dedicación y su gran esfuerzo para llevar a cabo este trabajo profesional.

DEDICATORIA

El autor Ramón Martínez Quijada dedica el logro de este trabajo a sus padres: Ramón Martínez Zayas y Dolores Quijada Corrales y a todos mis seres queridos, familiares y amigos (as).

Gracias a todos por darme la fortaleza de seguir adelante y sobre todo de confiar en mí.

El autor dedica el logro de este trabajo a sus padres: Joel Isaac Leal Araujo y Leticia Montijo Villegas y a todos mis seres queridos, familiares y amigos (as).

Gracias a todos por darme la fortaleza de seguir adelante y sobre todo de confiar en mí.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
INDICE	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iiii
LISTA DE ANEXOS.....	v
RESUMEN	v
I INTRODUCCION.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivo.....	2
1.4 Alcances del trabajo.....	2
1.4.1 Limitaciones del Trabajo.	2
II MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Propiedades físicas del sonido.....	3
2.1.1 Presión Sonora.	3
2.1.2 Velocidad de partícula.....	5
2.1.3 Intensidad Sonora.....	5
2.1.4 Densidad de energía.....	6
2.1.5 Potencia Sonora.	9
2.1.6 Índice y factor de directividad.....	10
2.2 Cajas acusticas.	11
2.2.1 Objetivo.....	13
2.2.2 Proceso.....	13
2.2.3 Funcionamiento de modulo.....	15
IV CONCLUSIONES	17
V BIBLIOGRAFÍAS.....	18
VI ANEXOS.....	19

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
2.1	Prototipo	18

LISTA DE ANEXOS

Anexo
A

Descripción
Definición de palabras

página
19

RESUMEN

Se ha realizado el diseño de un prototipo para que se construya y funcione en el Laboratorio de Ultrasonido y Acústica de la Universidad de Sonora, Unidad Regional Sur. Con este diseño se pretende desarrollar alguna práctica, la cual, sería no solo para estudiantes que cuentan con el conocimiento científico, sino para otras personas que no tienen ningún conocimiento de la materia y además para fines de divulgación científica. En esta práctica, a la vez, se enseñan y demuestran algunos conceptos sobre la manera en que se propaga el sonido y la energía de las ondas propagantes, se muestra la ubicación de la fuente sonora y los efectos a sus alrededores.

El trabajo comprende una revisión teórica de los fenómenos acústicos. Considerando a esta como materia asociada tanto al sonido como al aire y a su medio de propagación.

I INTRODUCCION

Uno de los principales problemas que debe enfrentar un ingeniero al resolver un problema de Sonido o Ruido, en el ejercicio de sus actividades profesionales, es el desconocimiento del público en general de la actividad que desempeña, por ello, se crea la necesidad de educar a la gente en todos los temas relacionados hacia el ejercicio de su profesión. Este problema es aún mayor en países donde la carrera de ingeniería acústica no existe, como es el caso de México.

Ante esta problemática, cuya solución requiere de un prolongado trabajo por parte de quienes se dedican a esta rama de la ingeniería, surge la posibilidad de comenzar a educar a los niños, jóvenes y adultos por medio de un medio masivo como lo es un museo de ciencia interactivo.

Este documento inicia con el proceso de diseñar una propuesta de construcción de un prototipo interactivo, para enseñar y demostrar principios básicos de acústica.

1.1 Planteamiento del Problema.

La propagación del ruido es un problema que afecta la salud de los que laboran alrededor de un equipo industrial, de los cuales, existe una gran diversidad a través de muchas empresas. Los diseños de instalación de este tipo de equipo deben considerar la dirección que toma el ruido y los lugares que afecta. Mediante un Prototipo es posible mostrar el funcionamiento de un principio básico de Ingeniería Acústica, el cual, es de mucha ayuda en el diseño de espacios industriales de producción en condiciones óptimas para la percepción del sonido.

1.2 Justificación.

El desconocimiento en lo que respecta a una óptima instalación de un equipo industrial, trae como consecuencia la generación de condiciones no aptas para el trabajo en una empresa específica, la generación de contaminación por ruido, la cual, depende en mucho de la dirección en que este se propaga. En este trabajo, se planea mediante el diseño de un prototipo, analizar el fenómeno de direccionalidad del ruido.

1.3 Objetivo.

Diseñar un módulo haciendo uso de los principios básicos de acústica con el fin de detectar el fenómeno de Direccionalidad del Sonido tomando en cuenta los diversos aspectos técnicos y teóricos que ayuden a identificar la forma más adecuada en que se instala un equipo industrial.

1.4 Alcances del trabajo.

Aplicación de los principios básicos de acústica y realización de cálculos en el diseño de un Prototipo que muestre la dirección en la que se propaga el ruido, lo cual, sirve en gran medida para apoyar la instalación de un equipo Industrial.

1.4.1 Limitaciones del Trabajo.

Las Limitaciones estarán en función de los recursos y materiales para su construcción, así como el tiempo de diseño.

II MARCO TEÓRICO.

2.1.1 Propiedades físicas del sonido

Sonido se denomina como la percepción que se tiene de una forma de movimiento de las partículas bajo ciertas condiciones determinadas. En general se define el sonido como una perturbación que se propaga en un medio elástico causando variaciones periódicas de presión y desplazamiento o variación de la velocidad de desplazamiento en las partículas que conforman dicho medio.

Esta perturbación produce cambios de presión y densidad en el medio, desplazamiento y aceleración de las partículas que lo conforman, variaciones de temperatura, y como en cualquier proceso mecánico se produce un intercambio de energía debido al movimiento generado. A continuación se definen estos parámetros y se establecen las relaciones entre ellos.

2.1.1.2 Presión Sonora

Al analizar lo que pasa con un fluido como el aire, cuando una onda sonora se propaga en él. Para esto supongamos que tenemos un volumen de aire infinitesimal pero lo suficientemente grande, con respecto al tamaño de las moléculas, como para considerarlo como un solo cuerpo. Antes de que comience la perturbación, el volumen de aire se encuentra a una presión inicial, P_0 que en condiciones normales tiene un valor del orden de 10^5 [Pascales]. Cuando la perturbación alcanza una de las caras de nuestro volumen de aire, supongamos en dirección perpendicular a la superficie del volumen, las partículas que están en su frontera se desplazan generando una fuerza sobre el área de una de las caras del volumen, produciendo un cambio de presión en ese punto. Esta variación de

presión con respecto a la presión inicial, medida en un instante t se denomina *presión sonora instantánea* ($p(t)$).

Sin importar la dirección en que se propague el sonido, siempre existirá una componente normal a alguna de las superficies del volumen, por lo que el análisis anterior es válido sin importar la trayectoria de la onda sonora. Siendo el aire un medio isotrópico y homogéneo, podemos suponer que el comportamiento será igual para todas las partículas que lo conforman (se asume que el volumen infinitesimal es igual al volumen de la partícula) La *presión sonora eficaz* (P) en un punto es el valor cuadrático medio de la presión instantánea en un intervalo de tiempo en el punto determinado.

Como se mencionó, esta variación de presión es periódica y el número de variaciones por segundo se denomina frecuencia y se mide en Hertz (Hz).

La mínima variación de presión que puede percibir el oído humano es de 20 [mPa] y la máxima antes de generar daño auditivo permanente es de 100 [Pa]. (El daño auditivo también depende del tiempo de exposición al sonido y varía con la frecuencia. Este valor dado aquí es como referencia). Debido a que el rango de valores a manejar es bastante amplio y a que el oído humano responde a las variaciones de presión en forma logarítmica, se utilizan los decibels (dB) para medirlas, los cuales se definen como el logaritmo base 10 de la relación entre dos potencias.

Para medir las variaciones de presión sonora de manera que represente el comportamiento del oído humano, se define el nivel de presión sonora como (9):

$$NPS = 10 \text{Log} \left(\frac{P_{rms}^2}{P_{ref}^2} \right) \text{dB}.$$

Donde:

P_{rms} : presión sonora eficaz: 2×10^{-5} [Pa]

Se puede apreciar como el nivel de presión sonora es nulo cuando p_{ref} es igual a 20 [μ Pa], que es la mínima variación de presión que detecta el oído humano.

2.1.1.3 Velocidad de partícula

Siguiendo con nuestro análisis anterior, la propagación de la onda sonora produce un desplazamiento de las partículas del medio. El valor de esta velocidad con respecto al movimiento del medio considerado como una unidad, medido en un punto específico, se denomina *velocidad instantánea de partículas* ($\mathbf{u}(t)$) y se mide en metros por segundo. Si medimos la velocidad instantánea de partícula en un intervalo de tiempo y calculamos su valor cuadrático medio obtenemos la velocidad eficaz de las partículas (\mathbf{u}).

2.1.1.4 Intensidad Sonora

Se define la intensidad sonora como el valor medio de la velocidad de transmisión de la energía, a través del área unitaria perpendicular a la dirección considerada en un punto dado; la unidad en el sistema MKS es [Watt / m²]. En otras palabras es la cantidad de energía por unidad de tiempo por unidad de área.

La intensidad sonora (\vec{I}) es una cantidad vectorial que tiene magnitud y dirección. Para un punto determinado, considerando la energía producida por la presión sonora, podemos deducirla expresión para la intensidad de la siguiente forma (9):

$$\vec{I}(\vec{r}, t) = \frac{dE}{dA \cdot dt}$$

Como $dE = F_r \cdot dr$

$$\text{Entonces } I(r, t) = \frac{F_r}{dA} \cdot \frac{dr}{dt}$$

De aquí obtenemos $I(r, t) = p(r, t) \cdot u(r, t)$

Debido a la variación del tiempo, habitualmente se mide la intensidad promedio $I(r,t)$

$$I(r) = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T p(r,t) \cdot u(r,t) \cdot dt$$

Donde T es el periodo de oscilación.

Al igual que la presión sonora (9), la intensidad se suele expresar en escala logarítmica con respecto a un valor de referencia como muestra la expresión siguiente:

$$L_I = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ dB}$$

Donde:

I: Intensidad Sonora [Watts/m²]

I₀: 10⁻¹²[Watts/m²]

2.1.1.5 Densidad de Energía

Es la cantidad de energía sonora contenida en una parte infinitesimal dada del medio dividida por el volumen de esa misma parte. La unidad es [Watt-s/m³]. Este

concepto, entre otras cosas, nos permite analizar la distribución de energía producida por una fuente.

Debido a que tanto el oído, como la mayor parte de medidores de los niveles sonoros, responden a la presión sonora eficaz, establecer una relación entre estas dos variables, nos proporciona una herramienta muy útil para analizar el comportamiento del sonido.

Para encontrar esta relación debemos tener en cuenta que cuando una onda sonora se propaga en un fluido, la energía que transporta, ésta conformada por dos partes: la energía cinética debida al movimiento de las partículas y la energía potencial del trabajo realizado por la presión acústica (3,7). Ahora, volviendo a nuestro análisis de la partícula de fluido, sabemos que cuando no existe perturbación del medio, tiene un volumen V_0 y se mueve con el fluido a una velocidad u_r ; entonces podemos calcular la energía cinética asociada con este movimiento como se muestra en la expresión

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot \rho_o \cdot u^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{V_o} \cdot u^2$$

Donde:

ρ_o : es la densidad específica del aire (1.18 Kg/m³)

U la energía potencial E_p asociada a un cambio de volumen de V_0 a V , suponiendo que es la única fuerza que actúa sobre el mismo, como (2):

$$E_p = -\frac{1}{V_o} \cdot \int_{V_o}^V p dV$$

Al analizar la expresión anterior, nos damos cuenta que una disminución de volumen provoca un aumento en la energía potencial. Si llevamos esta deducción

al examen que estamos haciendo del comportamiento de la partícula de fluido, cuando la onda sonora la alcanza, se comprime, disminuyendo su volumen y aumentando su energía potencial.

Para poder solucionar esta integral debemos describir la expresión de tal manera que quede en función de una sola variable. Para esto se usa la ley de los gases ideales (ley de Charles-Boyle) y asumiendo que cuando la onda se propaga en el fluido el proceso es adiabático, debido a la baja velocidad de transferencia de calor comparada con la velocidad del sonido.

Entonces podemos llevar a cabo el siguiente procedimiento de la expresión (2):

$$P \cdot V^\gamma = C$$

La cual es la Ley de Charles-Boyle

Donde:

C: es una constante

γ : es la relación del calor específico a presión y volumen constante, (para el aire tiene un valor de 1.4)

Entonces,

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\gamma \cdot V}{V_0}$$

Por lo tanto

$$dV = -\frac{V_0 \cdot dp}{\gamma \cdot p_0}$$

Finalmente

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{p^2}{\gamma \cdot \rho_o}$$

Ahora si sumamos las dos componentes tenemos el valor de la densidad instantánea de energía total debida a la onda sonora

$$D_T = \frac{1}{2} \cdot \left(\rho_o \cdot u^2 + \frac{p^2}{\gamma \cdot \rho_o} \right)$$

Donde p y u son funciones del tiempo y el espacio, la densidad instantánea de energía no es constante a través del fluido.

2.1.1.6 Potencia Sonora

La potencia sonora (5) es una característica propia de la fuente y nos dice cuanta energía entrega al medio que la rodea por unidad de tiempo. La potencia instantánea se define como el producto entre la fuerza que se ejerce sobre las partículas ubicadas en una superficie imaginaria s y la velocidad u que ellas alcanzan. Esta ecuación se muestra en la expresión

$$W = F \cdot u = p \cdot s \cdot u$$

Para conocer la potencia de una fuente, debemos cuantificar la energía total que emite en todas las direcciones posibles. Por lo tanto la superficie s debe encerrar a la fuente. Si reemplazamos las ecuaciones anteriores y suponemos una superficie cerrada entonces podemos calcular la potencia de la siguiente forma (2):

$$W = \oint I \cdot \hat{n} \, ds$$

Debido a que es una característica propia de la fuente, la potencia no varía con la distancia, las condiciones ambientales o de la ubicación de la misma. Si no

tenemos en cuenta el desgaste propio de los materiales por su uso, la potencia de una fuente sería igual en todo momento.

Por la misma razón que la presión, la potencia usualmente se expresa de manera logarítmica y se mide en dB.

$$L_W = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right) \text{ dB}$$

Donde W es la potencia sonora de la fuente y W_0 es la potencia de referencia (10^{-12} watts).

2.1.1.7 Índice y factor de directividad.

Aunque el índice y factor de directividad (9), al igual que la potencia, no son características propias del sonido sino de las fuentes que producen perturbaciones en un medio (en nuestro caso, el medio es normalmente aire) los incluimos en esta parte del trabajo debido a que nos permiten caracterizar mejor a los generadores de sonido.

Se define el factor de directividad $Q(f)$, como la relación de la intensidad sobre un eje determinado de un radiador a una distancia dada r y la intensidad que se produciría en el mismo punto con una fuente puntual que radiara la misma potencia acústica que el radiador. Se asume que las mediciones se realizan en campo libre y normalmente se mide en el eje de mayor radiación de la fuente. También es común medir este parámetro en otros ángulos de radiación para tener una mejor representación del comportamiento de la fuente. La utilidad de este parámetro es tener un número único que nos describa el comportamiento direccional de la fuente y que nos permita realizar comparaciones rápidas. El índice de directividad se define de la siguiente manera:

$$DI_o = 10 \log Q(f) = 10 \log \frac{I}{I_{ref}}$$

Aunque en general los patrones direccionales (2,9) de las fuentes son muy complejos, lo que nos produce campos sonoros de igual o mayor complejidad, normalmente aproximaciones a campos sonoros generados por ondas esféricas, cilíndricas o planas son suficientes para resolver los problemas comunes en acústica sin embargo podemos usar las siguientes consideraciones cuando queremos tener una idea del patrón de radiación de una fuente sonora:

- 1). Cuando la longitud de onda del sonido emitido es muy grande en comparación con las dimensiones de la fuente, el sonido se irradia uniformemente en todas las direcciones. Entonces decimos que la fuente es omnidireccional.
- 2). Cuando la longitud de onda es pequeña comparada con las dimensiones de la fuente, el sonido irradiado desde la superficie de la fuente tiende a confinarse en un haz relativamente estrecho; así, mientras más alta sea la frecuencia, más estrecho es el haz.

2.1.2 Cajas Acústicas

Debido a lo extenso y complejo que es el tema de construcción de cajas acústicas y abordarlo está fuera de los intereses propuestos para este trabajo. En esta sección sólo se harán las consideraciones principales y factores que se deben tener en cuenta para la construcción de cajas acústicas cerradas.

Las cajas acústicas se utilizan para mejorar la respuesta en bajas frecuencias de los altavoces de radiación directa. Esto se logra debido a que la caja aumenta la impedancia de radiación del parlante, que es la expresión cuantitativa de la manera cómo el medio (aire que rodea la superficie que vibra) reacciona contra el movimiento de una superficie vibrante.

El aumento en la impedancia de radiación se debe a que un parlante montado en una caja tiene un comportamiento que se asemeja al que tendría si se monta en un sonodeflector infinito.

En la práctica esto se logra si la caja es muy grande y bien amortiguada en su interior con material absorbente.

Para que el desempeño de un parlante montado en la caja se asemeje, al que tendría si se montara en un sonodeflector infinito, esta debe ser totalmente hermética, para aislar idealmente el volumen interior de aire del exterior y las paredes de la caja deben ser lo más rígidas posibles.

Se coloca material absorbente en su interior, para atenuar los modos normales que se producen dentro de la caja en el rango de frecuencia donde el volumen de la caja deja de actuar como compliancia acústica. Este material debe ser muy absorbente en la frecuencia del primer modo de vibración de la caja (9).

Para las frecuencias en las cuales el coeficiente de absorción del material absorbente al interior de la caja es superior a 0.8, el parlante se comporta como si realmente estuviera montado en un sonodeflector infinito. Otro efecto que tiene este material es que aumenta el volumen efectivo del aire encerrado por la caja, aumentando la compliancia acústica (9) de la caja.

Si la superficie frontal de la caja es mayor a 0.587 m^2 se considera que el parlante ésta montado en un sonodeflector infinito. Si es menor se considerara como que ésta montada al extremo de un tubo.

2.2 DISEÑO

En este capítulo se explicara el funcionamiento y desarrollo del prototipo.

2.2.1 Objetivo

Mostrarle al estudiante como dependiendo de la frecuencia, el sonido es emitido de diferente manera por una misma fuente, siendo las frecuencias bajas radiadas con igual intensidad en todas las direcciones y las altas radiadas con diferentes intensidades dependiendo de la dirección.

2.2.2 Proceso

Por costos, facilidad de manejo, requerimientos y versatilidad, la fuente seleccionada fue altavoz de radiación directa montado en una caja acústica cerrada. Para poder mostrar la relación entre dirección, intensidad y frecuencia del sonido se hace rotar la fuente mientras genera sonidos en distintas frecuencias manteniendo constante la distancia con el receptor (el usuario del módulo) y el nivel de intensidad del sonido. Para lograr esto, se diseñó una estructura en la que se ubica la fuente en una base de madera, que el estudiante hace girar sobre su eje vertical por medio de una manivela conectada a un sistema de engranaje (se utiliza el sistema de piñones y cadena de una bicicleta). El usuario se sienta a una distancia aproximada de 1.5 metros de la fuente, asegurando que se encuentre fuera del campo cercano de la fuente para frecuencias superiores a 100 Hz. Un esquema del montaje se muestra en la figura 2.1

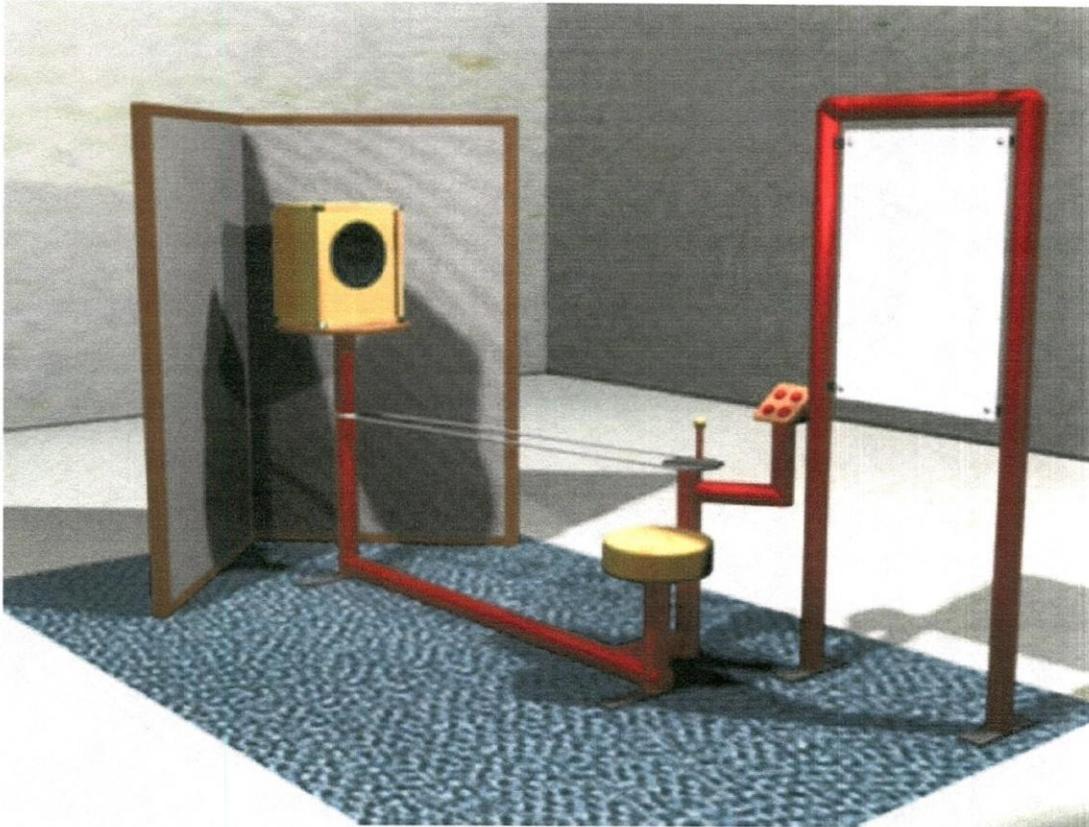


Figura 2.1 Distribución de los elementos del prototipo diseñado, para la observación en la propagación del sonido o ruido en un laboratorio de acústica o centro de divulgación científica en este campo.

Al lado derecho de la silla se ubica el panel de control del módulo y el letrero con las instrucciones de uso y la explicación del fenómeno. En la parte posterior se ubican dos paneles, sostenidos por un marco de madera, con lana mineral en su parte frontal, cubiertos con un paño.

Los sonidos escogidos para ser emitidos por el altavoz, son un tono puro de 100 [Hz], un tono puro de 5000 [Hz].

Con el primer tono puro el usuario del módulo podrá apreciar claramente cómo, sin importar la posición del parlante, siempre escucha la frecuencia baja a la misma intensidad, lo que no ocurre al activar el tono de 5000 [Hz], que escuchará con mayor intensidad cuando el parlante esté frente a él. Al escuchar los dos tonos

la música estará en capacidad de relacionar el comportamiento de los tonos con la variación de la percepción en la música. Se puede asumir el comportamiento direccional de la fuente, basándose más que todo en la experiencia propia.

En el panel de control se ubican cuatro botones, los que activan cada uno de los sonidos.

La duración de cada uno de ellos es de 20 segundos y el nivel generado por la fuente debe ser mínimo de 85 [dB] en la posición del usuario, para estar por encima de los niveles de ruido de fondo. Sin embargo el ajuste final de nivel se debe realizar una vez instalado el módulo en su ubicación definitiva.

La señal de salida de esta unidad se conecta a un amplificador y este al parlante. El sistema se ubica en el interior del panel de control, y el amplificador al interior de la caja cerrada.

Para reducir peso y facilitar el movimiento de la fuente se diseñó una caja cerrada, la cual nos permite tener un tamaño más reducido de caja con una respuesta aceptable. Aunque no es el parlante ideal para instalar en una caja cerrada, se tuvo en cuenta la resistencia, durabilidad y bajo costo debido a que cualquier montaje que se haga en un laboratorio debe ser diseñado lo suficientemente robusto como para soportar el mal uso que le puedan dar los estudiantes de la universidad.

2.2.3 Funcionamiento de módulo

Pasos para el funcionamiento del módulo:

- 1). La persona se sienta y oprime el primer botón en el panel de control, haciendo que parlante reproduzca un tono puro de 100 Hz.

2). A continuación mueve la manivela, haciendo rotar la caja hasta que el tono puro deje de sonar.

Después repite el procedimiento.

3). Oprimiendo el segundo botón lo que genera un tono puro de 5000 Hz.

Al dejar de sonar el tono puro repite el procedimiento con el tercer botón, que activa el sonido de los dos tonos puros simultáneamente y el cuarto hace sonar música.

IV. Discusión y Conclusiones

En el presente trabajo fue abordada la problemática de la contaminación por ruido, generada por los diferentes dispositivos existentes en las diferentes industrias. En la primera parte, se hace una descripción teórica acerca de la fenomenología involucrada: *Fuente de Emisión de Sonido, Propagación de Sonido y Receptor de Sonido*. Posteriormente, en el segundo bloque del contenido del trabajo, se muestran los rasgos principales del diseño de un prototipo cuya función es la de visualizar la dirección de propagación del sonido.

El prototipo propuesto en este trabajo posee una variada funcionalidad, desde la enseñanza puramente académica hasta la de aplicarse en el acomodo adecuado de instrumentos ruidosos de la industria, los cuales, conllevan a causar serios daños auditivos en los empleados de la industria, también, en exposiciones divulgativas así como una herramienta para elaborar prácticas en los laboratorios de la Universidad de Sonora. Así pues, su funcionalidad resulta ser considerablemente amplia y en diferentes contextos existentes.

Finalmente, es importante mencionar que la elaboración de este prototipo, es una primera parte de un proyecto más grande relacionado con la percepción y visualización del sonido.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-Arnoldo Gonzales Arias. 2001. Que es el magnetismo. Primera edición. Universidad de salamanca. España.
- 2.-B. M. Yavorski, A. A. Detlaf. 1988. Prontuario de física. Mir Moscú. Rusia.
- 3.-García Jiménez. 2003. Las imágenes del sonido. Castilla-la mancha. España.
- 4.-Heinz Haberle. 1980. Electrónica de telecomunicación (tomo III). Reverte. España.
- 5.-Raymundo A. Serway. 1997. Física tomo I. McGRAW-HILL. Cuarta edición. México.
- 6.-Robert Resnick, David Halliday, Kenneth S. Krane. 2011. Física (Volumen 1). Patria. Cuarta edición. México.
- 7.-Robert Resnick, David Halliday, Kenneth S. Krane. 2011. Física (Volumen 2). Patria. Cuarta edición. México.
- 8.-Romilio Tambutti. Héctor Muñoz. 2002. Física 2. Limusa. México.
- 9.-Sally M. Walker, Andy King. 2008. El sonido. Minneapolis. USA.

<http://www.faxter.es>

<http://www.analfatecnicos.net>

<http://gcm.upc.edu/microfono>

<http://www.buenastareas.com>

ANEXO A

Acústica: es una rama de la física interdisciplinaria que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, es decir ondas mecánicas que se propagan a través de la materia (tanto sólida como líquida o gaseosa) (no pueden propagarse en el vacío) por medio de modelos físicos y matemáticos. A efectos prácticos, la acústica estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción o reproducción del sonido. La ingeniería acústica es la rama de la ingeniería que trata de las aplicaciones tecnológicas de la acústica.

La acústica considera el sonido como una vibración que se propaga generalmente en el aire a una velocidad de 343 m/s (aproximadamente 1 km cada 3 segundos), ó 1235 km/h en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm y 20 °C).

Densidad: es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

Direccionalidad: es algo que puede orientarse o dirigirse hacia una dirección. Esta cualidad se conoce como direccionalidad, un concepto que está asociado a la idea de dirección (el trayecto que realiza un cuerpo al moverse, la tendencia hacia una cierta meta o la guía que permite dirigir a alguien o algo).

Homogéneo: es aquel sistema material que está formado por una sola fase, es decir, que tiene igual valor de propiedades intensivas en todos sus puntos o de una mezcla de varias sustancias que da como resultado una sustancia de estructura y composición uniforme. Una forma de comprobarlo es mediante su visualización. Si no se pueden distinguir las distintas partes que lo forman, éste será homogéneo.

Impedancia: es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente. Tiene especial importancia si la corriente varía en el tiempo, en cuyo caso, ésta, el voltaje y la propia impedancia se describen con números complejos o funciones del análisis armónico.

Infinitesimal: Un infinitesimal o infinitésimo se puede definir como una cantidad infinitamente pequeña, se usa en el cálculo infinitesimal, se definen estrictamente como límites y se suelen considerar como números en la práctica.

Irradia: Es despedir o emitir un cuerpo rayos de luz, calor u otro tipo de energía.

Isotrópico: es la característica de los cuerpos cuyas propiedades físicas no dependen de la dirección. Es decir, se refiere al hecho de que ciertas magnitudes vectoriales conmensurables, dan resultados idénticos con independencia de la dirección escogida para dicha medida. Cuando una determinada magnitud no presenta isotropía decimos que presenta anisotropía.

Ley de Boyle: investigó el comportamiento de una cantidad fija de gas sometido a diversas presiones, y encontró una relación muy sencilla entre su volumen y su presión:

"El volumen (V) de una masa definida de un gas, a temperatura (T) constante, es inversamente proporcional a la presión aplicada (P) sobre él"; la expresión matemática de esta ley es:

$V=k(1/P)$, donde k es una constante de proporcionalidad.

Ley de Charles: descubrió la relación existente entre el volumen y la temperatura de un gas, siempre y cuando su presión se mantenga invariable. Para ello utilizó el mismo diseño empleado un siglo antes por Boyle, pero ahora variando la temperatura y manteniendo constante la presión.

A presión constante, el volumen ocupado por una masa definida de una muestra de gas es directamente proporcional a la temperatura (kelin o absoluta). Matemáticamente esta ley puede expresarse de la siguiente forma:

$V=kT$ donde k es una constante de proporcionalidad; a presión y cantidad de materia (n) constantes.

Oscilación: En el caso del sonido, se trata de un fenómeno basado en la propagación de ondas de tipo sonoro, las cuales provocan oscilaciones de la presión del aire. Estas ondas sonoras son transformadas por el oído del ser humano en ondas mecánicas.

Perturbación: es un fenómeno que altera las características de un sistema. Esta perturbación produce movimiento de todas las moléculas de la superficie de contacto y más tarde de las de más moléculas. La onda es una perturbación que se propaga en el espacio.

Propagación: Se llama propagación al conjunto de fenómenos físicos que conducen a las ondas del transmisor al receptor. Esta propagación puede realizarse siguiendo diferentes fundamentos físicos, cada uno más adecuado para un rango de frecuencias de la onda a transmitir.

Prototipo: es un ejemplar o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa. Cuando el prototipo está suficientemente perfeccionado en todos los sentidos requeridos y alcanza las metas para las que fue pensado, el objeto puede empezar a producirse.

Ruido: es una perturbación eléctrica que interfiere en la transmisión o el procesamiento de la señales. La agitación térmica de las moléculas del material que forma los conductores o el movimiento desordenado de los electrones y de otros portadores de corriente son algunas de las causas del ruido.

Sonido: para la física, el sonido implica un fenómeno vinculado a la difusión de una onda de características elásticas que produce una vibración en un cuerpo, aun cuando estas ondas no se escuchen.

El sonido audible para los seres humanos está formado por las variaciones que se producen en la presión del aire, que el oído convierte en ondas mecánicas para que el cerebro pueda percibir las y procesarlas.

Visualizar: es representar en nuestra mente, no solo imágenes, sino vivencias y acontecimientos que queremos atraer a nuestra vida ya que con la visualización creativa modificamos nuestra realidad.