19.- La estación radiodifusora X.E.T. transmite con una frecuencia de 99 Kc. Si las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz, ¿cuál será la longitud de la onda generada?
{$\lambda$= 3000 m/ciclo}

20.- Si la radiodifusora X.E.N.L. transmite con una frecuencia de 860 Kc, ¿cuál será su longitud de onda y so período?
{ a) $\lambda$ = 348 m/ciclo, b) T= $1.16 \times 10^{-6}$ seg/ciclo}





# S O N I D O.

Conociendo la velocidad de propagación del sonido en el aire, puede recurrirse a ella para medir la distancia hasta un punto inaccesible. Este principio es usado comúnmente entre los excursionistas para medir la distancia que existe entre un cerro y otro. Por ejemplo, cuando grita alguien del grupo, otro excursionista chaca en su reloj el segundo exacto en que se produce el grito. Auxiliándose del eco que producen las montañas, el sonido del grito regresará hasta la parte desde donde fue lanzado y tomará un tiempo determinado para regresar. Al tiempo empleado por el sonido para ir y regresar se divide entre dos y ese será el tiempo empleado para recorrer la distancia que se quiere conocer. Este tiempo se multiplica por la velocidad del sonido y se obtiene la distancia entre el observador y la montaña.

OBJETIVOS.

1.- Definir los términos, conceptos, principios y leyes incluidos en este capítulo.

2.- Explicar por qué el sonido no se propaga en el vacío.

3.- Explicar cómo se propagan las ondas sonoras en las diferentes sustancias.

4.- Calcular a partir de datos apropiados, la velocidad del sonido.

5.- Explicar ampliamente los conceptos de difracción y refracción del sonido.

6.- Escribir el intervalo aproximado de frecuencias de sonido que es percibido por el oído humano.



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

7.- Definir lo que es la barrera del sonido y cuál es su velocidad.

8.- Enunciar los límites de frecuencia de los sonidos ultrasónicos y cuáles son sus aplicaciones.

9.- Diferenciar entre los conceptos: sonido musical y ruido.

10.- Describir los factores que determinan la frecuencia del sonido producido.

PROCEDIMIENTO.

1.- Lee en forma general el capítulo II.

2.- Subraya lo más importante del capítulo.

3.- Extracta las definiciones y analízalas ampliamente.

4.- Realiza un resumen del capítulo.

5.- Escribe en una cartulina las ecuaciones de la velocidad del sonido.

6.- Analiza detenidamente los problemas resueltos del capítulo y resuelve los que no lo están.

NOTA:

Es pre-requisito entregar completamente resueltos los problemas nones de la autoevaluación del capítulo en hojas tamaño carta.



# CAPÍTULO II.

# S O N I D O.

## 2-1 FUENTES DEL SONIDO.

Todo el sonido proviene de un cuerpo en vibración, por ejemplo: una cuerda de piano o de guitarra. En ellas puede verse como una línea borrosa cuando son accionadas, indicando que vibran. También podemos darnos cuenta que la voz es un sonido, por lo tanto, será producido por un cuerpo en vibración. En este caso el cuerpo en vibración serán las cuerdas bucales.

En los ejemplos anteriores, los cuerpos en vibración son las *fuentes de sonido*. Pero no sólo los cuerpos sólidos producen sonido. En el tubo de un órgano musical o en un silbato, vibra una columna de aire y aquí el aire en vibración será la fuente de sonido. Algunas veces las vibraciones producidas por la fuente de sonido, son ondas simples o muy sencillas que se pueden considerar como del movimiento armónico simple, pero existen ondas producidas por la fuente que son muy complicadas y para facilitar su estudio se pueden descomponer en ondas de movimiento armónico simple.

## 2-2 TRANSMISIÓN DEL SONIDO.

La transmisión del sonido desde un lugar a otro, requiere de un medio material que lo propague, este medio puede ser cualquiera de los tres estadosde la materia. Esto se puede demostrar con un ejemplo sencillo. Se coloca un timbre eléctrico en el interior de un recipiente de vacío, a medida que el aire es extraído lentamente, el sonido se recibe con menor intensidad y así se va reduciendo el sonido cada vez más hasta que al obtenerse un buen vacío, entonces, cesará el sonido y nunca podrá escucharse.



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

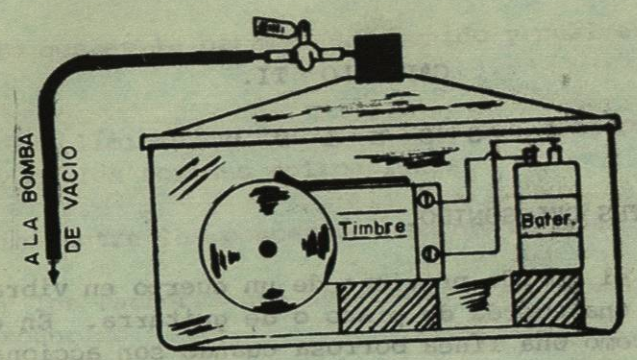


Fig. 1.

Si abrimos una válvula para que entre aire, el sonido empezará a escucharse de nuevo. Esto se debe a que las moléculas de aire chocan con el metal, estas moléculas chocan con las moléculas adyacentes y éstas a su vez, con otras moléculas del aire. Al llegar a las paredes, las moléculas -- transmiten el movimiento al recipiente, el cual se pone a - vibrar. Esta vibración es transmitida a su vez al aire que rodea al recipiente y al llegar éste al oído del observador, golpea al tímpano y lo pone en movimiento.

Al transmitir la vibración del timbre a las moléculas de aire, éstas obtienen una energía mecánica en forma de pulso. Éstas a su vez transmiten su energía mecánica a otras, y éstas a otras a su vez. Las vibraciones son transmitidas de un medio a otro por medio de ondas mecánicas llamadas *ondas sonoras*.

Las ondas sonoras, ya sea que se propaguen en sólidos, líquidos o gases, son de carácter longitudinal, por eso la energía es transmitida de molécula en molécula, como compresiones y rarefacciones que avanzan a través del medio.

## 2-3 VELOCIDAD DEL SONIDO.

Cuando oímos a una persona, creemos que el sonido es instantáneo, porque apenas mueve los labios, y el sonido -- llega a nuestros oídos. Analizando otros fenómenos nos damos cuenta de que nuestro punto de vista es incorrecto. Por



ejemplo, cuando observamos un petardo que explota en el cielo a cierta distancia de nosotros, observamos que primero llega el destello de la explosión y después de un tiempo determinado llega el sonido. Esto mismo sucede cuando en época de - lluvias vemos la luz de los relámpagos y después nos llega - el sonido.

La velocidad del sonido puede calcularse fácilmente y - con gran exactitud, basta conocer la distancia que hay entre el observador y la fuente de sonido, además el tiempo que - tarda en llegar el sonido producido.

Sabemos que $V = d/t$ donde (V) es la velocidad del sonido que es constante y (d) es la distancia entre el observador y la fuente, (t) es el tiempo transcurrido para que llegue el sonido al observador. La velocidad del sonido varía también con la temperatura del medio ambiente. Esta variación se puede medir, ya que por cada grado de elevación de la temperatura, la velocidad en el aire aumenta a razón de 0.61 m/seg/°c. La fórmula que sirve para calcular la variación de la velocidad es:

$$\boxed{V = v_o + \psi \tau} \qquad (1)$$

donde V es la velocidad final del sonido, $v_o$ es la velocidad del sonido en el aire en m/seg a 0°C, $\tau$ es la temperatura en grados centígrados y $\psi$ es la constante de variación de 0.61m/seg/°c.

Como regla general, el sonido se propaga más rápidamente en sólidos y líquidos que en los gases. Esto se ilustra por las velocidades medidas en laboratorios para varias sustancias que se indican en la tabla 1.

Ejemplos: Un vehículo que se encuentra estacionado en una carretera, acciona su claxon. Si la temperatura es de 38°c. ¿ A qué velocidad viajará el sonido ?
Solución: Tenemos como datos, la velocidad del sonido en - el aire a 0°c y la temperatura del medio ambiente = 38°c.



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

Por la ecuación $V = V_o + \Psi \tau$

Sustituyendo datos $= 331 \frac{m}{seg} + 0.61 m/seg°c\ (38°c)$

$= 354.18 m/seg$

TABLA 1. VELOCIDAD DEL SONIDO EN DIFERENTES SUSTANCIAS.

| Sustancia | Velocidad m/seg | Velocidad Km/hr |
|---|---|---|
| Aire (a 0°C) | 331 | 1191.6 |
| Hidrógeno | 1269 | 4568.4 |
| Agua | 1435 | 5166 |
| Alcohol | 1215 | 4374 |
| Hierro | 5132 | 18475 |
| Acero (a 20°C) | 4990 | 1796[illegible] |
| Vidrio | 5000 | 18000 |

Ejemplo 2. En una noche de lluvia se observó del destello de un relámpago y escuchó el estruendo 15 segundos después. Calcular la velocidad con que viajó el sonido si la temperatura era de 20°c y la distancia a la que cayó el rayo.

Solución:

a) Por la ecuación 1, tenemos:

$V = v_o + \Psi \tau$

$= 331\ m/seg + 0.61 m/seg°c \times 20°c$

$= 343\ m/seg.$



b) Como ya sabemos la velocidad a la temperatura de 20°c, y sabemos también que la velocidad a la que viaja el sonido es constante, podemos calcular la distancia por medio de la ecuación:

$$\boxed{d = vt} \qquad (2)$$

$= 343\ m/seg \times 15\ seg$

$= 5145\ m$

o sea, que el rayo cayó a una distancia de 5.145 Km. del observador.

Ejemplo 3. Dos buzos se encuentran bajo el agua separados una distancia de 600 m. Uno de ellos golpea una piedra con otra, para producir un sonido. Calcular el tiempo que tardará en llegar al otro buzo.

Solución:

Por la ecuación 2, tenemos:

$d = vt$

despejando $t = d/v$ en el agua.

$= \frac{600\ m}{1435\ m/seg.}$

$= 0.418\ seg.$



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

## 2-4 DIFRACCIÓN Y REFRACCIÓN DEL SONIDO.

Las ondas características de las notas de tonos altos tienden a viajar en línea recta; sin embargo, los sonidos de tonos bajos, de las ondas más largas, tienden a curvarse en las esquinas, a este efecto se le llama *difracción*.

Es muy notable donde se toca un conjunto de campanas, al dar una vuelta en un edificio cercano, se aprecia muy bien una reducción brusca de la intensidad de sonido en las campanas de tono alto, mientras que las campanas de tono bajo continúan escuchándose normalmente.

La desviación de las ondas sonoras en las capas de aire a diferente temperatura se llama *refracción*. Este fenómeno se puede observar de diferentes maneras y se debe a la mayor velocidad del sonido en aire caliente que en el frío. Por este motivo, los sonidos se escuchan más fuertes en la noche cuando el aire se enfría, quedando en la parte de arriba las capas de aire caliente tal como se muestra en la figura 2.

Observando la siguiente figura, vemos que al pasear en lancha por un lago o un río, la música de un radio se puede escuchar de noche, pero no de día. Esto se debe a que por las noches, el aire cercano al agua está más frío que el situado más arriba, que al estar caliente refracta o desvía las ondas sonoras hacia abajo. De día sucede lo contrario, el aire caliente cercano al agua refracta las ondas sonoras hacia arriba, como se muestra.



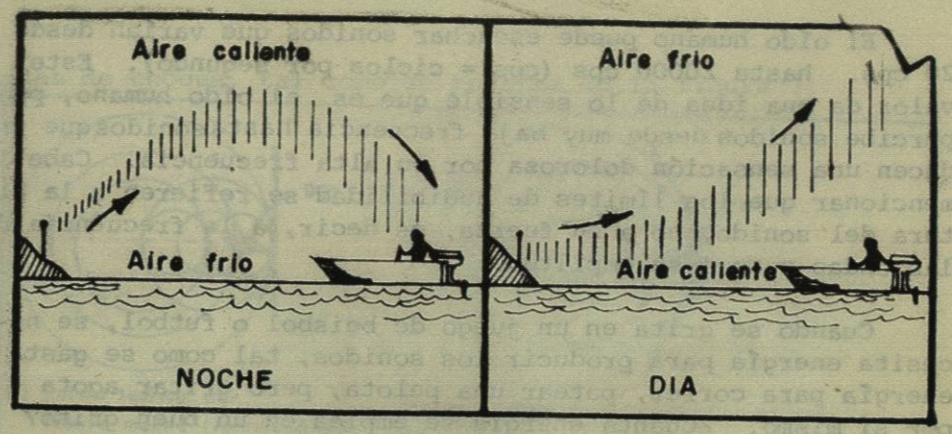


Fig. 2.

## 2-5 INTENSIDAD DEL SONIDO.

Existen tres características fundamentales de todos los sonidos:

| OBJETIVA | SUBJETIVA |
|---|---|
| Intensidad | Sonoridad |
| Frecuencia | Tono |
| Forma de la onda | Timbre |

La *intensidad* del sonido está caracterizada por la sonoridad y se mide por la cantidad de energía en un volumen dado de espacio donde se propaga el sonido. Expresado en forma diferente: las ondas constituyen un flujo de energía a través de la materia.

La *sonoridad* es una medida subjetiva de la potencia del sonido y por lo tanto es una magnitud sensorial. Por otra parte la intensidad es una medida objetiva de la potencia liberada del sonido.

La intensidad está definida como la potencia que fluye a través de la unidad de superficie tomada normal a la dirección de las ondas.



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

El oído humano puede escuchar sonidos que varían desde 20 cps. hasta 20000 cps (cps = ciclos por segundo). Este valor da una idea de lo sensible que es el oído humano, pues percibe sonidos desde muy baja frecuencia hasta sonidos que producen una sensación dolorosa por su alta frecuencia. Cabe mencionar que los límites de audibilidad se refieren a la altura del sonido, no a su fuerza, es decir, a la frecuencia de las ondas y no a su amplitud.

Cuando se grita en un juego de beisbol o futbol, se necesita energía para producir los sonidos, tal como se gasta energía para correr, patear una pelota, pero gritar agota por sí mismo. ¿Cuánta energía se emplea en un buen grito? Los científicos han encontrado que con un grito, se lanza energía con una potencia de unos 0.001 ($10^{-3}$) watts. ¡Con esta proporción se necesitaría estar gritando sin parar unas 25,000 personas para mantener encendido un foco de 25 watts.

Conociendo la potencia relacionada con el sonido se confirma el hecho de que el oído humano es un instrumento admirable. La potencia sonora de un cuchicheo es la millonésima parte de la de un grito. Es tan sensible el oído humano que puede percibir incluso los murmullos.

## 2-6 LOS ESTAMPIDOS SUPERSÓNICOS.

Cuando un avión vuela sobre un observador que lo contempla desde el suelo. Si viaja a mayor velocidad que la velocidad del sonido, el observador no lo oye acercarse, sino -- hasta después de que el avión ha pasado por encima de su cabeza empieza a percibir el sonido, después llegan dos violentos estampidos sónicos.

Los estampidos sónicos ocurren siempre que un avión "rompe la barrera del sonido". Esta barrera está tomada como la velocidad límite del sonido, o sea 340 m/seg. Cuando el avión se mueve a una velocidad mayor que la del sonido, se está moviendo más aprisa que la perturbación que se crea. Así la perturbación sigue al avión y toma la forma de varias



ondas de choque, tal como se muestra en la figura 3.

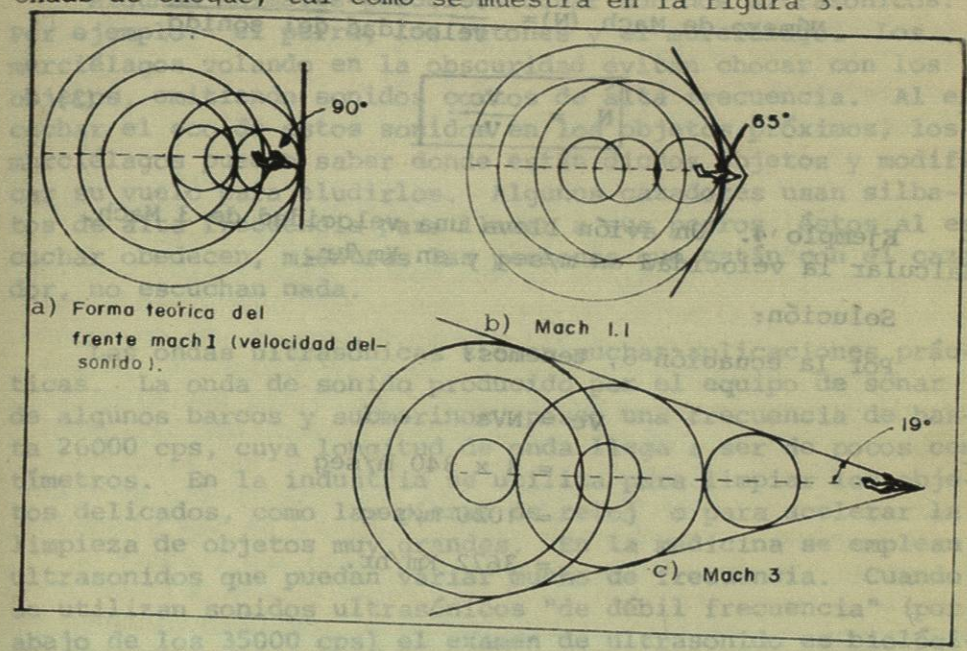


Fig. 3.

Las ondas de choque son producidas por la compresión del aire que está en la punta del avión, mientras el de la cola estará enrarecido. Esto sucede por muy aerodinámica que pueda ser su estructura. Las perturbaciones en los extremos son del mismo género que las perturbaciones sonoras.

Como regla general, siempre que el avión viaje a una velocidad mayor a la del sonido, el avión viajará delante de esa onda que él mismo produce, figuras 3b y 3c. Es por esto que en los aviones modernos, primero se ve el cuerpo del avión, y después se escucha el sonido que él mismo produce. Si el cuerpo no viaja a la velocidad del sonido, viajará dentro de la onda producida, figura 3a.

La velocidad supersónica de los aviones es muy común expresarla en *números de Mach*, que es la relación que existe entre la velocidad de un cuerpo y la velocidad del sonido. Expresado matemáticamente:



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA