

## Objetivo

Observar las ondas estacionarias en una cuerda tensa con análisis y medición de algunos parámetros importantes involucrados en este fenómeno como longitud de onda, frecuencia, período, n° de armónicos, modo de vibración entre otros.

## Materiales

- Cuerda
- Masas y gancho
- Parlante
- Balanza digital
- Generador de Ondas
- Huincha de medir



Figura 1: Disposición de Materiales

## Introducción

Las ondas estacionarias no son ondas de propagación sino los distintos modos de vibración de una cuerda, una membrana, etc.

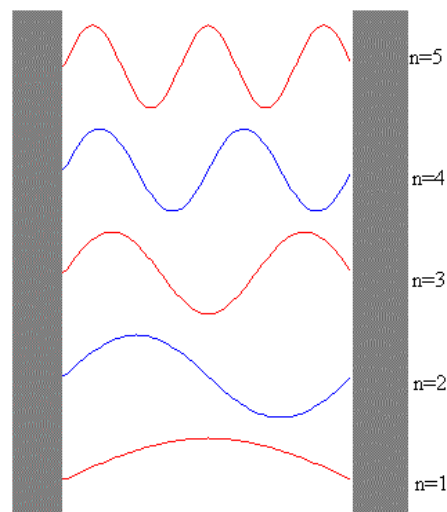
Cuando dos trenes de onda de la misma frecuencia, velocidad y amplitud, viajan en sentidos opuestos, la superposición de ellos da lugar a ondas estacionarias. Una de las características más importantes de estas ondas es el hecho de que la amplitud de la oscilación no es la misma para diferentes puntos, sino que varía con la posición de ellos. Hay puntos que no oscilan, es decir, tienen amplitud cero; dichas posiciones se llaman *nodos*.

También hay puntos que oscilan con amplitud máxima; esas posiciones se llaman *antinodos*.

En una cuerda fija en ambos extremos, se pueden formar ondas estacionarias de modo que siempre los puntos extremos son nodos. La cuerda puede oscilar con distintas formas denominadas *modos de vibración*, con nodos entre sus extremos, de tal manera que las longitudes de onda  $\lambda$  correspondientes a las ondas estacionarias cumplen con la relación:

$$n \frac{\lambda}{2} = L \quad (1)$$

donde  $L$  es el largo de la cuerda y  $n = 1, 2, 3, \dots$  son los armónicos.



Sabemos que la velocidad de propagación de una onda en un medio homogéneo, esta dado por:

$$V = \lambda f \quad (2)$$

Siendo  $f$  la frecuencia de la vibración. Por otra parte, la velocidad de propagación de una onda transversal en una cuerda, está dada por:

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (3)$$

Donde  $T$  es la tensión de la cuerda y  $\mu$  su densidad lineal.

De las expresiones (1), (2) y (3) Ud. puede deducir que:

$$f_n = \frac{nV}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (4)$$

la cuerda. Esta expresión da todas las frecuencias naturales de oscilación de la cuerda, o dicho de otra forma, las frecuencias correspondientes a los distintos modos de vibración de Para  $n = 1$ , se obtiene  $f_1 = \frac{V}{2L}$ , siendo el primer armónico o frecuencia fundamental de la cuerda. Y para  $n = 2, 3, \dots$  se obtienen  $f_2, f_3, \dots$ , llamados armónicos.

Cuando una cuerda se pone en vibración, las oscilaciones se amortiguan y se reducen gradualmente a cero. Trate Ud. de explicar las principales causas de este amortiguamiento investigando las posibles disipaciones de energía.

Es posible superar los efectos del amortiguamiento comunicando energía al sistema mediante una fuerza propulsora externa. Si la frecuencia de ésta es muy parecida a una de las frecuencias naturales de vibración de la cuerda (dada por la expresión (4)), entonces ella vibrará con esa frecuencia y con gran amplitud, fenómeno que recibe el nombre de *resonancia*.

## Montaje Experimental

- Conecte el generador de ondas al parlante
- Ubique el parlante a una distancia de 1.2 m aprox, de la polea que sería la longitud de la cuerda vibrante.
- Asegúrese de que la cuerda quede enganchada en el cono plástico ubicado en el centro del parlante.
- En el extremo contrario de la cuerda cuelgue el gancho de metal y mida su masa.

## PARTE I : CALCULO DE LA DENSIDAD LINEAL DE MASA DE LA CUERDA

### Procedimiento

- Mase una cuerda de aproximadamente 1,5 m de longitud.

- Calcule la densidad lineal de masa teórica de la cuerda ( $\mu_T$ ). Exprésela en el S.I.
- Vacíe este valor teórico (o directo) en la tabla 4.

## PARTE II : TENSION VARIABLE; FRECUENCIA Y LONGITUD CONSTANTES

### Procedimiento

- Inicialmente seleccione **una frecuencia** entre los rangos que indica el generador seleccionado en Hz, para así poder observar los modos de vibración de la cuerda al cambio de masas del gancho.
- Mida la longitud de la sección de la cuerda que vibrará (fig.2) y registre esta longitud en la tabla 1.
- Obtenga al menos 4 modos de vibración. Registre las masas y el número de segmentos o armónico y vacíe la información en la tabla 1.

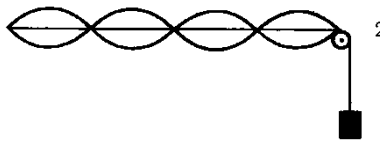


Figura 2



Figura 3

- ⑥ Para cada medición del armónico escogido mida la longitud de onda ( $\lambda$ ) correspondiente .
- ⑦ Pida a su asistente un estroboscopio luminoso. Este dispositivo es una fuente luminosa parpadeante que tiene una ampollita de Xenón de frecuencia variable. Ajuste la frecuencia del estroboscopio hasta que observe la cuerda en algún estado estacionario (ojalá de gran amplitud)

**Precaución: NO** cuelgue mas de 15 golillas en el gancho, so pena de destruir el parlante.

## Análisis

1. Describa el aspecto de la cuerda cuando el sistema cuerda-parlante está en resonancia. Muestre cada caso.
2. Con los datos obtenidos confeccione un gráfico Tensión vs  $1/n^2$ .
3. Encuentre la pendiente de la curva obtenida y su intercepto
4. Usando la pendiente, calcule la densidad lineal de masa de la cuerda ( $\mu_f$ ) Registre el valor de  $\mu_f$  obtenido en la tabla 4.
5. Relacione las mediciones de la longitud de onda ( $\lambda$ ) obtenidas con el número  $n$  y compárelo con el medido en forma experimental. Use la expresión (1) y vacíe los datos en la tabla 2. Comente por qué hay diferencias en sus valores.

$$n \frac{\lambda_{teor}}{2} = L$$

<b>PARTE III : FRECUENCIA VARIABLE; TENSION Y LONGITUD CONSTANTES</b>
---

### Procedimiento

- Cuelgue unas dos a tres golillas (Figura 2) en el gancho y registre la tensión en la tabla 3.
- Varíe el valor de la frecuencia en el generador de onda hasta que la cuerda vibre hasta un modo de vibración en estado de resonancia estacionario.
- Ajuste el valor de la frecuencia de tal forma que la cuerda vibre con tres, cuatro nodos etc., cuidando que el punto de vibración sea lo más próximo a un nodo (estable).
- Registre al menos 4 frecuencias que generen 4 armónicos diferentes.
- Vacíe los resultados en la tabla 3



Figura 2: Gancho con golillas

### **Análisis**

1. Grafique Frecuencia vs nº de segmentos ( $f$  vs  $n$ )
2. Encuentre la pendiente de la curva del gráfico realizado.
3. De la pendiente calcule la densidad lineal de la cuerda  $\mu_T$ , y registre este valor en la tabla 4.
4. Calcule el porcentaje de la diferencia entre éste valor y la medida directa del valor registrado en la tabla 4.

### **Preguntas**

1. Al incrementar la tensión, ¿Aumenta o disminuye el número de segmentos?.Justifique.
2. Al incrementar la frecuencia, ¿Aumenta o disminuye el número de segmentos?.Justifique
3. Al incrementar la tensión, ¿la velocidad de la onda aumenta, disminuye o se mantiene constante?. Explique.
4. Al observar la cuerda en algún modo de vibración y en estado de resonancia, ¿coincide la frecuencia observada con lo que marca el estroboscopio bien calibrado?. Explique.

5. ¿Cómo relaciona el  $\lambda$  medido experimentalmente con el número  $n$ ? Explique.
6. Según lo experimentado en este laboratorio ¿Cuál método experimental es el que arroja menos error en el cálculo de la densidad lineal de la cuerda y por qué?.

## TABLAS

**TABLA 1: FUERZA O TENSIÓN VARIABLE**

Frecuencia Constante  $f =$  \_\_\_\_\_ Hz    Longitud Cuerda Vibrante = \_\_\_\_\_ m

#	n( segmento)	m ( Kg)	Tensión (N)	$1/ n^2$
1				
2				
3				
4				
5				

**TABLA 2 : LONGITUD DE ONDA TEÓRICA Y EXPERIMENTAL**

$\lambda$ experimental					
$\lambda$ teórico					

**TABLA 3: FRECUENCIA VARIABLE**

Tensión = \_\_\_\_\_ (N)    L (vibrante) = \_\_\_\_\_ (m)

#	Frecuencia (f) Hz	n (n° segmentos)
1		
2		
3		
4		
5		

**TABLA 4: RESUMEN DE RESULTADOS**

<b>Método</b>	<b>Densidad Lineal de Masa (<math>\mu</math>)</b>	<b>% de Diferencia</b>
<b>Directo o Teórico</b>		
<b>Tensión vs <math>1/n^2</math></b>		
<b>Frecuencia vs n</b>		