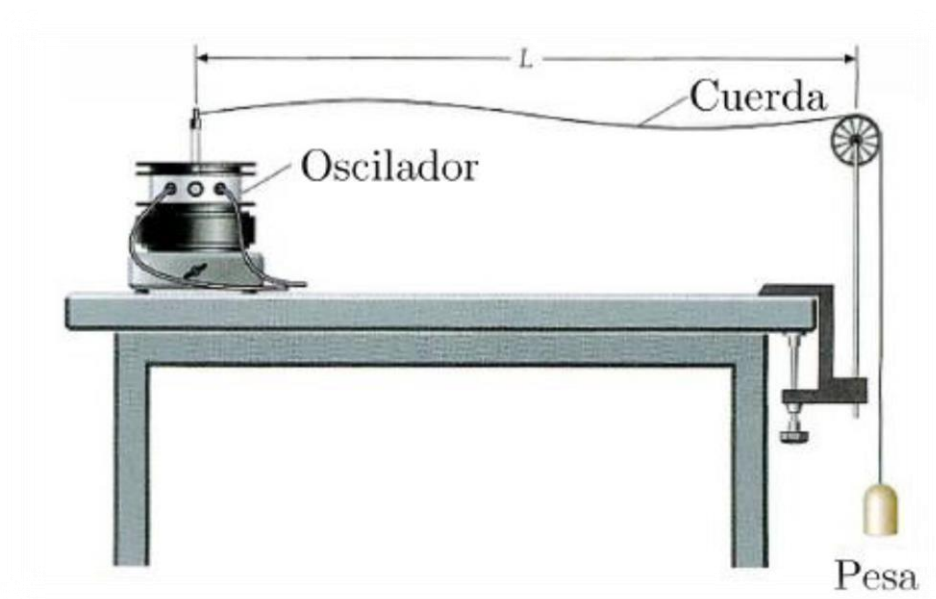


Ondas estacionarias

Álvaro García Fernández.
UO289295



Índice

1. Introducción	1
2. Instrumentos	1
3. Montaje	1
4. Realización de la práctica	2
4.1. Análisis de la frecuencia fundamental y los armónicos superiores	2
4.2. Análisis de la frecuencia fundamental y velocidad de propagación en función de la longitud de la cuerda	2
4.3. Análisis de la frecuencia fundamental y densidad lineal de la cuerda en función del peso colgado	2
5. Resultados	3
5.1. Resultados experimentales	3
5.1.1. Análisis de la frecuencia fundamental y los armónicos superiores	3
5.1.2. Análisis de la frecuencia fundamental y velocidad de propagación en función de la longitud de la cuerda	4
5.1.3. Análisis de la frecuencia fundamental y la densidad lineal de la cuerda en función del peso colgado	4
5.2. Representación gráfica	5
6. Interpretación de los datos y conclusión	6
6.1. Relación entre la frecuencia fundamental y las frecuencias de los armónicos superiores	6
6.2. Relación entre la frecuencia fundamental y la longitud de la cuerda	7
6.3. Relación entre la frecuencia fundamental y la densidad lineal de la cuerda en función del peso colgado	7

1. Introducción

En esta práctica se busca estudiar las ondas estacionarias que se forman en una cuerda cuando se hace oscilar en uno de sus extremos. Además, se estudiará la relación entre la frecuencia de vibración y la tensión y longitud de la cuerda.

2. Instrumentos

Para la realización de la práctica se utilizarán los siguientes instrumentos:

- Una **cuerda** de 1.60 m de longitud como mínimo.
- Un **oscilador**, para hacer vibrar la cuerda.
- Un **generador de oscilaciones eléctricas** que accione el oscilador.
- **Pesas** de diferentes masas para tensar la cuerda.
- Una **cinta métrica**.

3. Montaje

El dispositivo para la realización de la prueba se realizará conforme al esquema que se muestra en la figura 1:

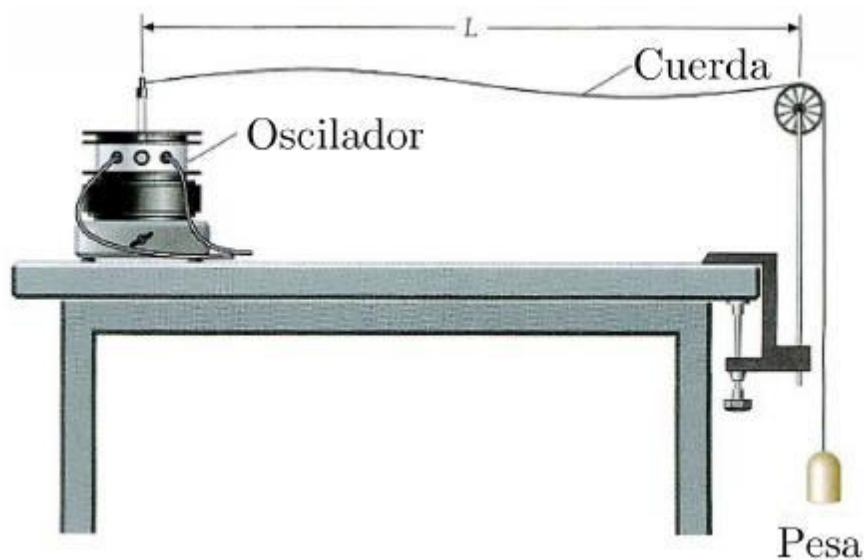


Figura 1: Dispositivo experimental para la observación de ondas estacionarias en una cuerda.

4. Realización de la práctica

Después de montar correctamente el dispositivo, encenderemos el generador y registraremos los resultados obtenidos en diferentes condiciones de estudio.

4.1. Análisis de la frecuencia fundamental y los armónicos superiores

Con la longitud de la cuerda (1,60 m) y el peso (200 g) constantes, se registra la frecuencia fundamental y las frecuencias de los armónicos superiores (hasta el octavo armónico).

4.2. Análisis de la frecuencia fundamental y velocidad de propagación en función de la longitud de la cuerda

Con un peso constante de 200 g y longitudes de cuerda entre 1 m y 1,60 m en intervalos de 10 cm, se registran las frecuencias fundamentales en cada uno de los casos.

4.3. Análisis de la frecuencia fundamental y densidad lineal de la cuerda en función del peso colgado

Con una longitud de la cuerda constante igual a 1,60 m y distintos pesos entre 150 g y 270 g, se registran las frecuencias fundamentales en cada uno de los casos.

Los datos obtenidos se representarán gráficamente.

5. Resultados

5.1. Resultados experimentales

5.1.1. Análisis de la frecuencia fundamental y los armónicos superiores

Los resultados obtenidos se recogen en la figura 2.

$L_0 = 1,60 \pm 0,01 \text{ m}$		
$P = 200 \text{ g}$		

Armonico fundamental	$f_{\text{exp}} \text{ (Hz)}$
1	7,2

Armonico	$f_{\text{Te}} \text{ (Hz)}$	$f_{\text{exp}} \text{ (Hz)}$
1	7,2	7,2
2	14,4	14,4
3	21,6	21,3
4	28,8	28,3
5	36,0	36,0
6	43,2	43,9
7	50,4	51,0
8	57,6	57,3
9	64,8	65,0

Error = $\pm 0,1 \text{ Hz}$

$f_n = n \cdot f_1$

Figura 2: Frecuencias teóricas y experimentales de los armónicos superiores.

5.1.2. Análisis de la frecuencia fundamental y velocidad de propagación en función de la longitud de la cuerda

Los resultados obtenidos se recogen en la figura 3.

$$P = 200 \text{ g}$$

$L_i \text{ (m)}$	$f_{1i} \text{ (Hz)}$	$1/L_i \text{ (m}^{-1}\text{)}$
1,60	7,2	0,63
1,50	7,8	0,67
1,40	8,2	0,71
1,30	8,9	0,77
1,20	9,7	0,83
1,10	10,8	0,91
1,00	11,1	1,00

$$\begin{aligned} \text{Error}_L &= \pm 0,01 \text{ m} \\ \text{Error}_f &= \pm 0,1 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Figura 3: Frecuencias experimentales del armónico fundamental con diferentes longitudes de cuerda.

5.1.3. Análisis de la frecuencia fundamental y la densidad lineal de la cuerda en función del peso colgado

Los resultados obtenidos se recogen en la figura 4.

$$\begin{aligned} g &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\ L_0 &= 1,60 \text{ m} \end{aligned}$$

$m \text{ (g)}$	$m \text{ (Kg)}$	$f_1 \text{ (Hz)}$	$f_1^2 \text{ (Hz}^2\text{)}$	$P \text{ (N)}$
150	0,150	6,1	37,2	1,470
170	0,170	6,8	46,2	1,666
200	0,200	7,2	51,8	1,960
220	0,220	7,5	56,3	2,156
250	0,250	8,0	64,0	2,450
270	0,270	8,4	70,6	2,646

$$\begin{aligned} \text{Error}_m &= \pm 0,001 \text{ Kg} \\ \text{Error}_f &= \pm 0,1 \text{ Hz} \\ \text{Error}_{f^2} &= \pm 0,1 \text{ Hz}^2 \\ \text{Error}_P &= \pm 0,001 \text{ N} \end{aligned}$$

Figura 4: Frecuencias experimentales del armónico fundamental con diferentes masas para la tensión de la cuerda.

5.2. Representación gráfica

Después de la toma de valores y posterior representación gráfica de los resultados obtenemos las siguientes curvas (Figuras 5, 6 y 7):

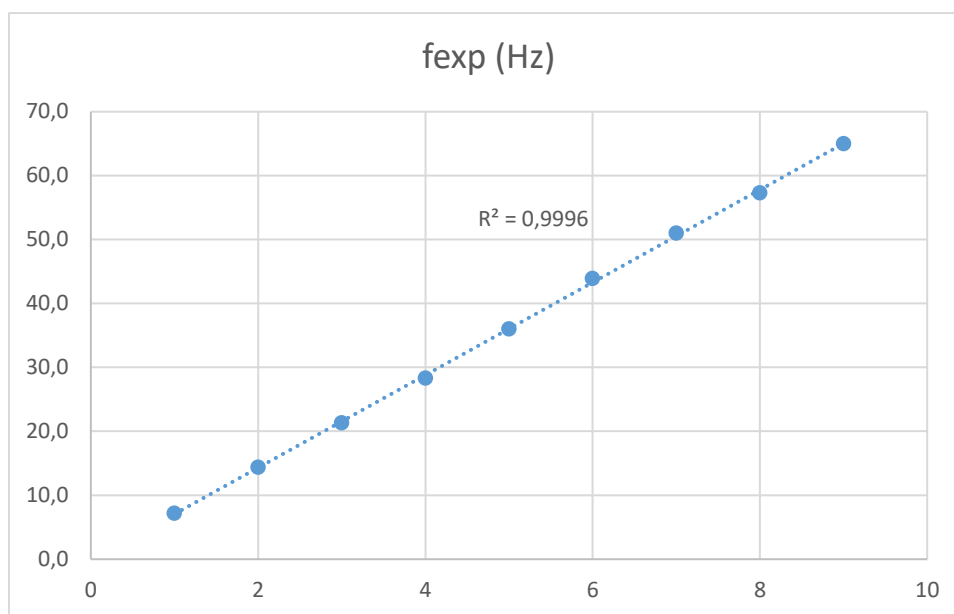


Figura 5: Representación gráfica de las frecuencias experimentales de los armónicos superiores

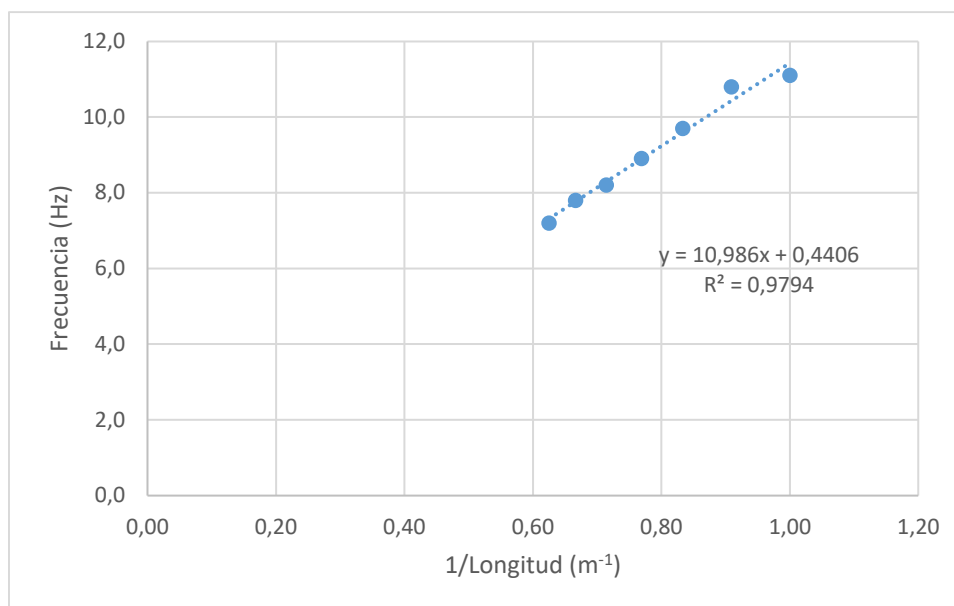


Figura 6: Representación gráfica de las frecuencias experimentales frente a la longitud a la inversa

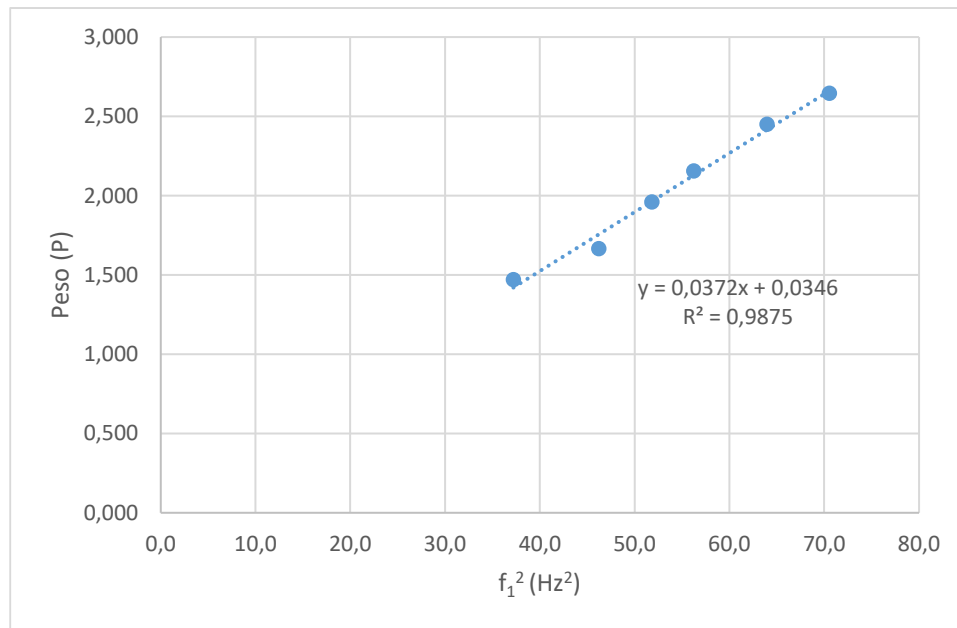


Figura 7: Representación gráfica del peso que tensa la cuerda frente a la frecuencia al cuadrado

6. Interpretación de los datos y conclusión

6.1. Relación entre la frecuencia fundamental y las frecuencias de los armónicos superiores

Comparando los resultados obtenidos experimentalmente con las frecuencias teóricas según la fórmula

$$f_n = n f_1 \quad (\text{siendo } n \text{ el número del armónico superior}),$$

podemos observar en la gráfica de la figura 5, que ambas mediciones se ajustan con un coeficiente de correlación de 0.9996, lo que indicaría que es prácticamente 1 y por lo tanto se verificaría la fórmula anterior.

6.2. Relación entre la frecuencia fundamental y la longitud de la cuerda

Utilizaremos una regresión lineal (figura 6) para ajustar los datos experimentales a una curva de la forma $y = ax + b$, donde a es la pendiente y b la ordenada en el origen.

A partir de la ecuación

$$f_1 = \frac{v}{2L}$$

se puede identificar que la pendiente es

$$a = \frac{v}{2}$$

por lo que la velocidad de propagación es de $v = 2a$. Obtenemos:

- **Pendiente** = $10,99 \pm 0.71$ m/s
- **Ordenada en el origen** = $0,44 \pm 0.57$ m/s
- **Coefficiente de correlacion** = 0,98

Aplicando la formula descrita anteriormente y la teoría de errores para calcular el error de la velocidad obtenemos:

$$\text{Velocidad} = 21,97 \pm 1,43 \text{ m/s}$$

6.3. Relación entre la frecuencia fundamental y la densidad lineal de la cuerda en función del peso colgado

Realizaremos una regresión lineal (figura 7) para ajustar los datos experimentales a una curva de la forma $y = ax + b$, donde a es la pendiente y b la ordenada en el origen.

A partir de las formulas

$$2Lf = v = \sqrt{P/\mu}; P = 4L^2\mu f^2$$

donde el peso varia linealmente frente a los cuadrados de la frecuencia fundamental, podemos deducir que la pendiente $a = 4L^2\mu$, por lo que se puede obtener fácilmente la densidad lineal $\mu = a/4L^2$. Obtenemos:

- **Pendiente** = $0,037 \pm 0.002$ N/s²
- **Ordenada en el origen** = $0,035 \pm 0.116$ N/s²
- **Coefficiente de correlación** = 0.988

Aplicando la formula descrita anteriormente y la teoría de errores para calcular el error de la densidad lineal obtenemos:

$$\mu_{\text{pendiente}} = 0.004 \pm 0.0002 \text{ kg/m}$$