UNL • FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS HÍDRICAS

Trabajo Práctico 4° - Física II - 2022

Ondas

Comisión: A

Alumnos:

- Bargas, Santiago.
- Brodsky, Paulina.
- Chumilla, Agustin.
- Demartin, Alondra.
- Furlan, Alejo.
- Saccani, Segundo.

Resumen:

Se estudiaron los conceptos de ondas mecánicas y estacionarias. Por medio de dos experimentos, el primero consistió en generar distintos números de ondas con un vibrador de ondas de frecuencia, aplicando distintas magnitudes de tensión en una piola. Para así obtener un entendimiento de cómo actúan las ondas estacionarias, dependiendo de la fuerza aplicada, además, se busca comparar los valores teóricos, con lo obtenido en la realidad. El segundo experimento consistió en generar ondas con dos sogas de diferentes grosores y también con un resorte, observando las diferencias en la amplitud, velocidad, frecuencia en las ondas generadas con los distintos elementos, se tomaron fotos para realizar cálculos luego de finalizada la actividad. Se buscaba estudiar las ondas generadas, identificando e interpretando el significado físico de los parámetros de la onda y que otros los afectan.

Introducción:

En el presente trabajo se estudian los conceptos de ondas mecánicas y estacionarias. En primer lugar definimos las ondas mecánicas como la perturbación que viaja por un material o una sustancia que es el medio de la onda. Estas se clasifican en ondas transversales, en las cuales los desplazamientos del medio son perpendiculares a la dirección en la que la onda viaja por el medio y en ondas longitudinales, donde los movimientos de las partículas son hacia adelante y hacia atrás en la misma línea que viaja la onda. La perturbación siempre viaja o se propaga por el medio con una rapidez definida llamada rapidez de propagación o, simplemente, rapidez de la onda, determinada en cada caso por las propiedades mecánicas del medio. Usaremos el símbolo v para esta rapidez.

Cuando imprimimos un movimiento repetitivo, o periódico al extremo libre de una cuerda, cada partícula de la misma tendrá un movimiento periódico al propagarse la onda, y tendremos una onda periódica. En el caso de una onda periódica, la forma de la cuerda en cualquier instante es un patrón repetitivo. La longitud de un patrón de onda completo es la distancia entre una cresta y la siguiente, o de un valle al siguiente, llamamos a esta distancia longitud de onda, denotada con λ. El patrón de onda viaja con rapidez constante v y avanza una longitud de onda λ en el lapso de un periodo T. La rapidez de la onda v está dada por $v = \lambda/T$ dado que $f = 1/T$. Entonces se tiene que :

$$v = f.\lambda$$

Para una descripción detallada de las posiciones y los movimientos de las partículas individuales del medio en instantes específicos durante la propagación de una onda, se necesita el concepto de función de onda ($y(x,t)$), la cual describe la posición de cualquier partícula en el medio en cualquier instante. Siendo esta:

$y(x, t) = A \times cos(Kx - wt)$

Donde A la amplitud, el número de onda $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, landa (λ) su longitud de onda, x su desplazamiento, la velocidad angular en radianes $w = 2\pi f$, f la frecuencia, t el tiempo transcurrido hasta un instante. El signo negativo (del término con t) nos indica que se propaga en dirección positiva a x, si ese signo es positivo se propaga en dirección contraria, es decir, -x.

Una onda estacionaria es un caso particular de interferencia que se produce cuando se superponen dos ondas de la misma dirección, amplitud y frecuencia pero en sentido contrario, en una onda estacionaria los distintos puntos que la conforman oscilan en torno a su posición de equilibrio a medida que transcurre el tiempo pero el patrón de la onda no se mueve. La frecuencia fundamental está dada por $f_1 = \frac{v}{2L}$ siendo L la longitud del hilo.

Sección experimental:

Actividad 1: Ondas Mecánicas
Materiales:

- Cuerdas de diferente sección y densidad
- Resorte
- Cinta aisladora
- Teléfono celular con cámara
- Computadora con aplicación tracker

Actividad 2: Ondas Estacionarias
Materiales:

- Vibrador de cuerdas de frecuencia fija (50Hz)
- Dinamómetro
- Hilo de algodón
- Varillas
- Poleas
- Soportes y pinzas
- Balanza
- Cinta métrica

Procedimiento:

Actividad 1: Ondas Mecánicas

En esta actividad se generaron pulsos y ondas manualmente en cuerdas y resortes. Dispusimos las cuerdas y el resorte sobre una línea recta en el piso, usando las baldosas como referencia de un eje de coordenadas.

Como primer paso tomamos una cuerda, la colocamos estirada sobre el piso y generamos manualmente pulsos transversales observando las direcciones de propagación y desplazamiento.

Seguimos manteniendo fijo un extremo de la cuerda, sin aplicar una tensión significativa, y desde el otro extremo generamos manualmente ondas. Utilizamos dos cuerdas de distinta sección y densidad y se provocaron perturbaciones con frecuencias diferentes en ambas cuerdas para así lograr que se generen ondas. Discutimos con los cambios observados en la amplitud, frecuencia, periodo y velocidad de propagación de las ondas con los integrantes del trabajo.

Para cada uno de los casos se capturó un video corto, tomado desde arriba, el movimiento de la onda generada.

Luego se retiraron las cuerdas y dispusimos un resorte sobre el piso manteniendo un extremo fijo, sin aplicar tensión significativa, y generamos manualmente pulsos transversales y longitudinales observando y discutiendo con los integrantes del grupo las direcciones de propagación y de desplazamiento.

Actividad 2: Ondas Estacionarias

Para esta actividad el sistema ya se encontraba armado por los profesores de la cátedra. El armado del sistema consistió en lo siguiente:

Se utilizó un hilo de 179 centímetros. Uno de los extremos se conectó al vibrador mecánico. El otro extremo se hizo pasar por una polea y se fijó un dinamómetro. La separación de las varillas se mantuvo fija y esa separación es la que definió la distancia L de la onda generada.

Luego de una vez armado el sistema, fuimos modificando la tensión del hilo y ajustando la posición del dinamómetro hasta que se logró observar una onda estacionaria con la cantidad necesaria de nodos que buscábamos, y así repetimos este proceso la cantidad de veces necesarias para lograr completar el análisis de resultados.

Cada vez que se logró producir una onda estacionaria con la cantidad de nodos buscada, se registró la tensión indicada en el dinamómetro.

Cabe destacar que para evitar el calentamiento de las bobinas no mantuvimos el generador funcionando durante periodos muy prolongados

Resultados:
Actividad 1: Ondas Mecánicas

1. A continuación se esquematizan las direcciones de propagación y desplazamiento de los pulsos generados en las cuerdas y en el resorte.

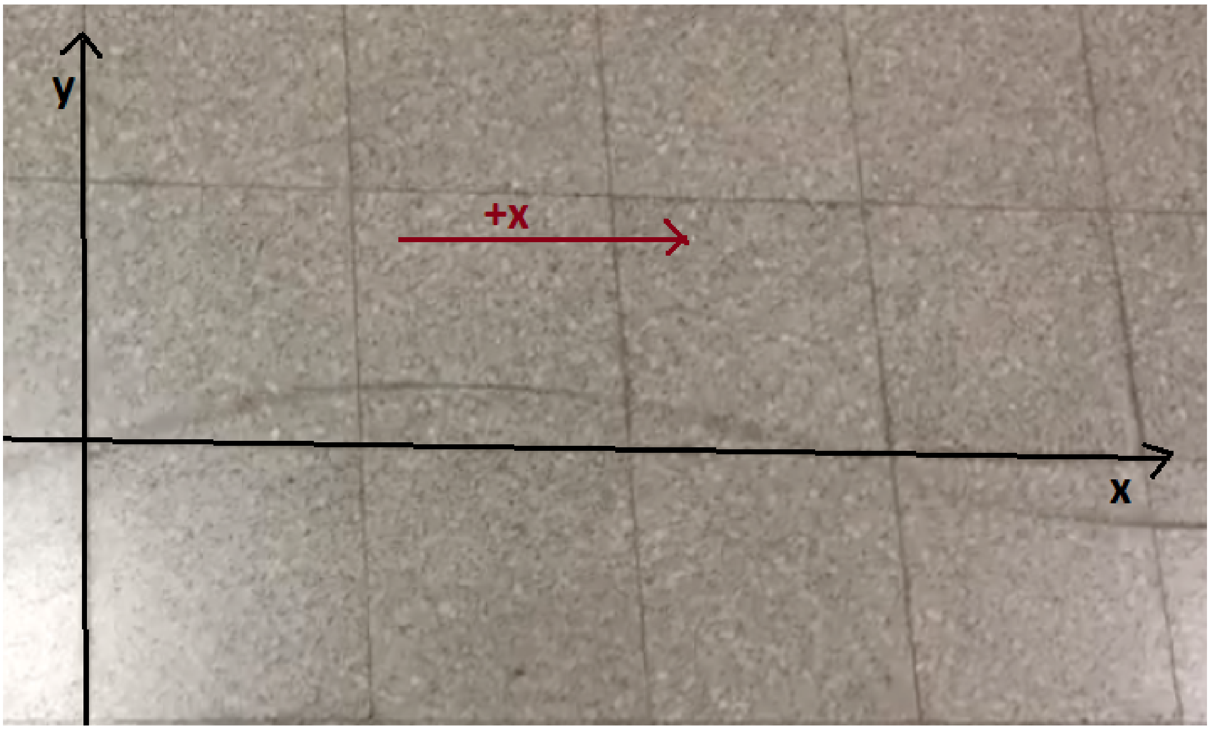

Figura 1. Dirección de propagación y desplazamiento de los pulsos generados por la cuerda.

Figura 1. Dirección de propagación y desplazamiento de los pulsos generados por el resorte.

2.
i) La frecuencia de las ondas generadas en la cuerda depende de la velocidad con la que se mueve la cuerda y de su longitud de onda.
ii) La amplitud va disminuyendo conforme se aleja de donde se produce la perturbación, ya que se disipa la energía aplicada en otras formas de energía, mediante la fricción por ejemplo. Depende de la frecuencia aplicada.
iii) $v = \sqrt{\frac{Fuerza\ de\ restitución\ que\ vuelve\ el\ sistema\ al\ equilibrio}{Inercia\ que\ resiste\ el\ retorno\ al\ equilibrio}}$, siguiendo esta fórmula, se deja ver que la velocidad de propagación (v) depende de las fuerzas aplicadas en el sistema, tanto de restitución como la inercia. En el caso estudiado, la tensión (T) actúa como la fuerza de restitución mientras que la densidad lineal de masa (μ) (μ=masa/longitud), y la fricción de la cuerda con el suelo, proporcionan la inercia que evita que la cuerda regrese instantáneamente al equilibrio.

3. A partir de la gráfica de y en función de x (Figura 3), podemos apreciar los parámetros de la onda, siendo estos la amplitud A y la longitud de onda λ. Como cada baldosa mide 0,30 m se pueden hallar los valores de A y λ.
Siendo $\lambda = 1,8\ m$ y $A = 0,12\ m$.

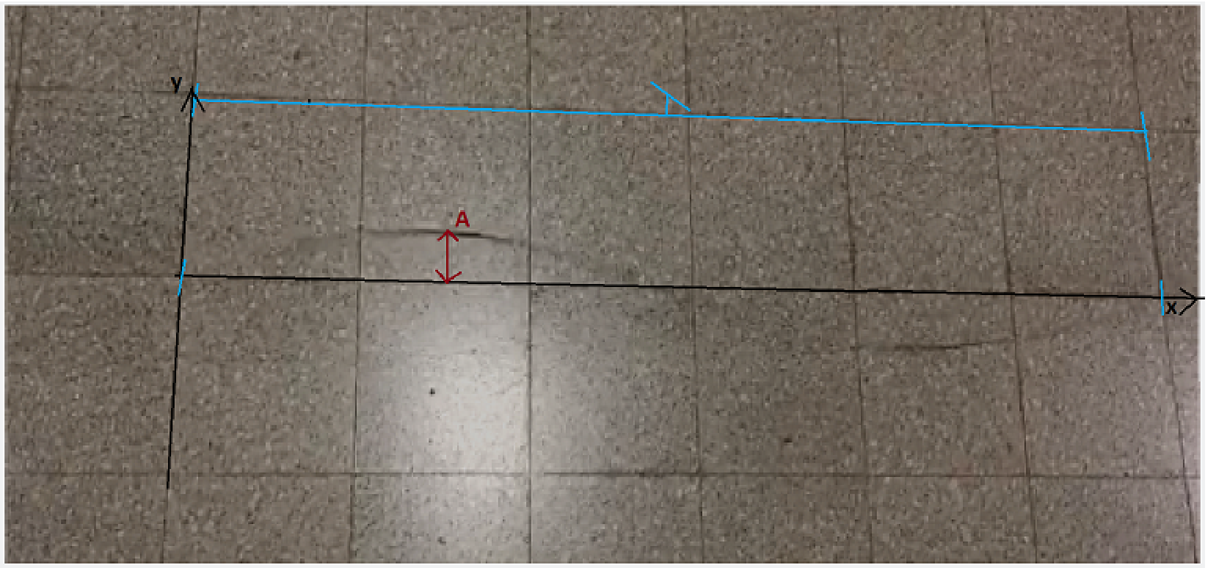

Figura 3. Gráfica de y en función de x

Para la gráfica de y en función de t los parámetros que se pueden apreciar son la amplitud A y el periodo T, siendo A el mismo valor que la gráfica anterior y $T = 0{,}12$s, como la frecuencia f es inversamente proporcional al periodo se puede calcular como $f = \frac{1}{T} = 8,33Hz$

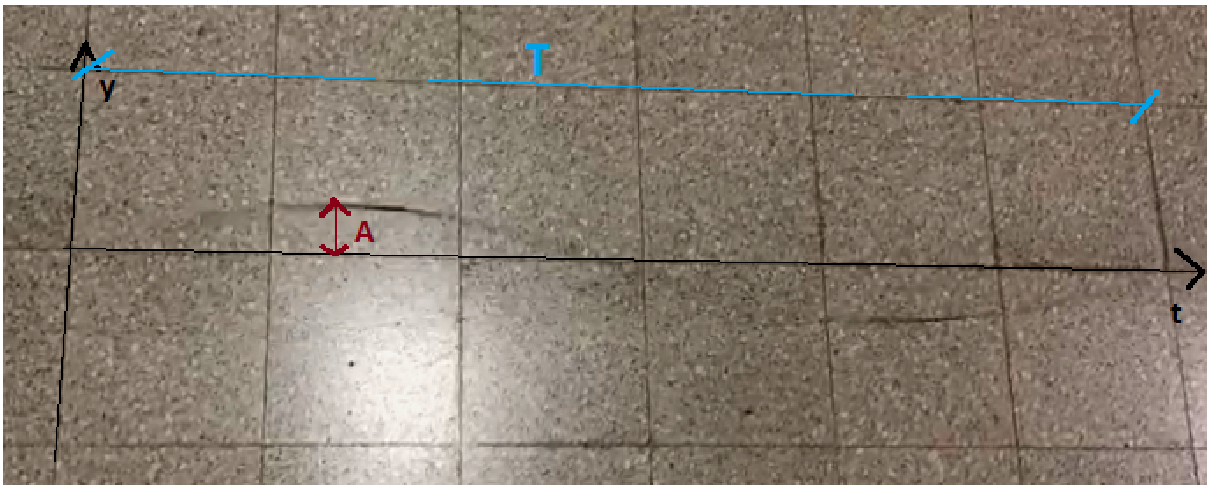

Figura 4. Gráfica de y en función de t

4. A partir de los datos obtenidos la velocidad de propagación de la onda es:
$v = \lambda f = 1,8m\,.\,8,33Hz = 15m/s$

Actividad 2: Ondas Estacionarias

Para poder realizar el cálculo teórico se obtuvieron del sistema experimental la longitudes del hilo total y la distancia entre el vibrador y el soporte**,** la masa del hilo, la fuerza de tensión a la que se encuentra sometido el hilo y la cantidad de antinodos que se obtuvieron al variar la tensión.

Los parámetros experimentales que se mantuvieron constantes fueron:

- La longitud L, es decir la separación de las varillas, y masa del hilo.
- La frecuencia (50 Hz) del vibrador de cuerdas.

Lo que se modificó para obtener diferentes cantidades de nodos y antinodos fue la tensión del hilo, ejerciendo más o menos tensión

Para que el valor de n, presente en las ecuaciones de ondas estacionarias, se refleje en la tabla se utilizó como parámetro en la tabla a los antinodos en vez de los nodos.

Tabla 2.1: Antinodos, longitud de onda, F_n experimental, F_n teórico

Antinodos	λ	F_n experimental	F_n teórico
1	1.7268 m	3 N	4.58 N
2	0.8634 m	1 N	1.15 N
3	0.5756 m	0.5 N	0.51 N
4	0.4317 m	0.25 N	0.29 N

Las diferencias que hay entre el F_n $experimental$ y F_n $teórico$ son debidas a que el valor obtenido del dinamómetro no era exacto y además este valor dependia de la tensión de la cuerda y de la fuerza que uno de los integrantes aplicaba, que pudo haber sido administrada en un eje distinto al esperado. Otras fuentes de error que pudieron estar presentes son inexactitudes surgidas al medir la cuerda (ya sea por límites de los instrumentos de medición como por errores personales), o diferencias en el valor de la frecuencia provista por el vibrador.

El error porcentual está dado por:

$$Error\ porcentual = \frac{|Valor\ teórico - Valor\ experimental|}{Valor\ teórico} * 100$$

Adjuntamos una tabla del valor porcentual en cada caso:

Tabla 2.2: Error porcentual

F_n experimental	F_n teorico	Error porcentual
3 N	4.58 N	34,49%
1 N	1.15 N	13,04%
0.5 N	0.51 N	1,96%
0.25 N	0.29 N	13,79%

Como vemos el error porcentual es muy bajo, exceptuando en el primer caso debido a los errores de medición mencionados anteriormente, por lo que no hubo una diferencia apreciable

Partiendo de la ecuación $F_n = \mu * (\frac{2*L*f}{n})^2$ para obtener una onda estacionaria con el doble de la cantidad máxima de nodos que se registró en las experiencias planteamos que $n = 2n$ y nos queda :

$$F_n = \mu * (\frac{2*L*f}{2n})^2$$

donde los valores son:

$\mu = 0.000614525 \frac{kg}{m}$; $L = 0.8634\, m$; $f = 50\, Hz$; $n = 4$ $(cantidad\ máxima\ de\ antinodos)$

$m_{hilo} = 0.0011 kg$; $l_{hilo} 1.79\, m$; $F_n = 0.25\, N$

- Variando la longitud de la cuerda, la nueva longitud será:

$L = \frac{\sqrt{\frac{F_n}{\mu}} * n}{2*f}$, reemplazando los valores mencionados en la ecuación obtenemos que $L = 1.63\, m$

- Variando la densidad de la cuerda, la masa de la nueva cuerda será:

$\mu = \frac{F_n}{(\frac{2*L*f}{2n})^2}$ donde $\mu = \frac{m}{l_{hilo}}$ reemplazando en la ecuación y despejando m:

$m = \frac{F_n}{(\frac{2*L*f}{2n})^2} * l_{hilo}$ reemplazando los valores mencionados en la ecuación obtenemos:

$m = 0,004\, kg$

- Variando la tensión de la cuerda, la tensión a utilizar será;

$F_n = \mu * (\frac{L*f}{n})^2$, reemplazando los valores mencionados obtenemos que $F_n = 0.069\, N$

Conclusión:

Se pudo a partir de las imágenes, de lo observado en el experimento, donde se generaron ondas con la soga, calcular parámetros de la onda. Como su amplitud, su longitud y con esto su frecuencia y la velocidad de propagación resultando esta de 15 m/s.
En la segunda actividad se buscó obtener distinto número de ondas, el máximo obtenido fue de 5 para la menor tensión aplicada y el mínimo de ondas 1 obteniéndose con la mayor tensión en el hilo. A partir de los datos obtenidos se calculó la Fuerza con su fórmula teórica relacionada al número de antinodos y se la comparó con la fuerza que se midió con el dinamómetro. Resultando la teórica mayor que la medida con el dinamómetro. Esto se debe a que la fuerza teórica no tiene los errores humanos que se tienen en el laboratorio. Los porcentajes de error resultaron bajos.
Por último se calculó como varían de a uno los parámetros para obtener el doble de cantidad de nodos manteniendo los otros valores fijos. Si queremos variar la longitud deberíamos tener el doble de esta. Si variamos la densidad debería ser una cuerda con casi el cuádruple de masa. Si se varía la tensión, está debería ser 0.181N más pequeña que la aplicada.