

EXPERIMENTOS DE FÍSICA DE ONDAS Y PARTÍCULAS



Aldemar José de Moya Camacho
María Consuegra Peña
Lorenleyn de la Hoz Alford
Sindy Henríquez Cera
Francisco Mejía Acuña
Eliceo Cortes Gómez
Oscar Martínez Castro

EDICIONES
UNIVERSIDAD
SIMÓN BOLÍVAR



EXPERIMENTOS



FÍSICA DE ONDAS
Y PARTÍCULAS

ALDEMAR JOSÉ DE MOYA CAMACHO

MARÍA CONSUEGRA PEÑA

LORENLEYN DE LA HOZ ALFORD

SINDY HENRÍQUEZ CERA

FRANCISCO MEJÍA ACUÑA

ELICEO CORTES GÓMEZ

OSCAR MARTÍNEZ CASTRO

Barranquilla, Colombia

2025

Experimentos de física de ondas y partículas / autores Aldemar José De Moya Camacho [y otros 6] – Barranquilla: Ediciones Universidad Simón Bolívar, 2025.
68 páginas: figuras y gráficas a blanco y negro; 21 cm.

ISBN 978-628-7852-01-3 (versión impresa)
978-628-7852-02-0 (versión electrónica)

1. Física 2. Péndulo 3. Calor específico 4. Calor de vaporización I. De Moya Camacho, Aldemar José, autor II. Consuegra Peña, María, autor III. De la Hoz Alford, Lorenleyn, autor IV. Henríquez Cera, Sindy, autor V. Mejía Acuña, Francisco, autor VI. Cortes Gómez, Eliceo, autor VII. Martínez Castro, Óscar, autor VIII. Universidad Simón Bolívar. Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas. Grupo de Investigación en Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Aplicadas IX. Título

SCDD 534 E965 2025 edición 22

Universidad Simón Bolívar – Sistema de Bibliotecas

<https://doi.org/10.17081/r.book.2025.09.17010>



Impreso en Bogotá D.C., Colombia.

Depósito legal según el Decreto 460 de 1995.

El Fondo Editorial Ediciones Universidad Simón Bolívar se adhiere a la filosofía del acceso abierto y permite libremente la consulta, descarga, reproducción o enlace para uso de sus contenidos, bajo una licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Experimentos de física de ondas y partículas

© Aldemar José de Moya Camacho
María Consuegra Peña
Lorenleyn de la Hoz Alford
Sindy Henríquez Cera
Francisco Mejía Acuña
Eliceo Cortes Gómez
Oscar Martínez Castro

Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas
Grupo de Investigación en Ciencias
Exactas, Físicas y Naturales Aplicadas

© Ediciones Universidad Simón Bolívar
Cra. 54 # 64-223, sede posgrados
Barranquilla-Cúcuta

Barranquilla, septiembre 2025

Made in Colombia

Contenido

Pág.



1. Análisis de resultados

Fundamentos teóricos	5
Objetivos	13
Montaje experimental	13
Anotaciones	17
Análisis y discusión de datos	18
Conclusiones	20
Referencias bibliográficas	20



2. Sistema masa-resorte

Fundamentos teóricos	21
Objetivos	21
Montaje experimental	21
Anotaciones	29
Análisis y discusión de datos	30
Conclusiones	36
Referencias bibliográficas	36



3. Péndulo simple

Fundamentos teóricos	37
Objetivos	37
Montaje experimental	38
Anotaciones	45
Análisis y discusión de datos	46
Conclusiones	50
Referencias bibliográficas	50

Pág.



4. Calor específico

Fundamentos teóricos	51
Objetivos	52
Montaje experimental	52
Anotaciones	57
Análisis y discusión de datos	57
Conclusiones	59
Referencias bibliográficas	59



5. Calor latente

Fundamentos teóricos	61
Objetivos	61
Montaje experimental	61
Anotaciones	65
Análisis y discusión de datos	65
Conclusiones	66
Referencias bibliográficas	66

Bibliografía	67
---------------------------	-----------

ANÁLISIS DE RESULTADOS

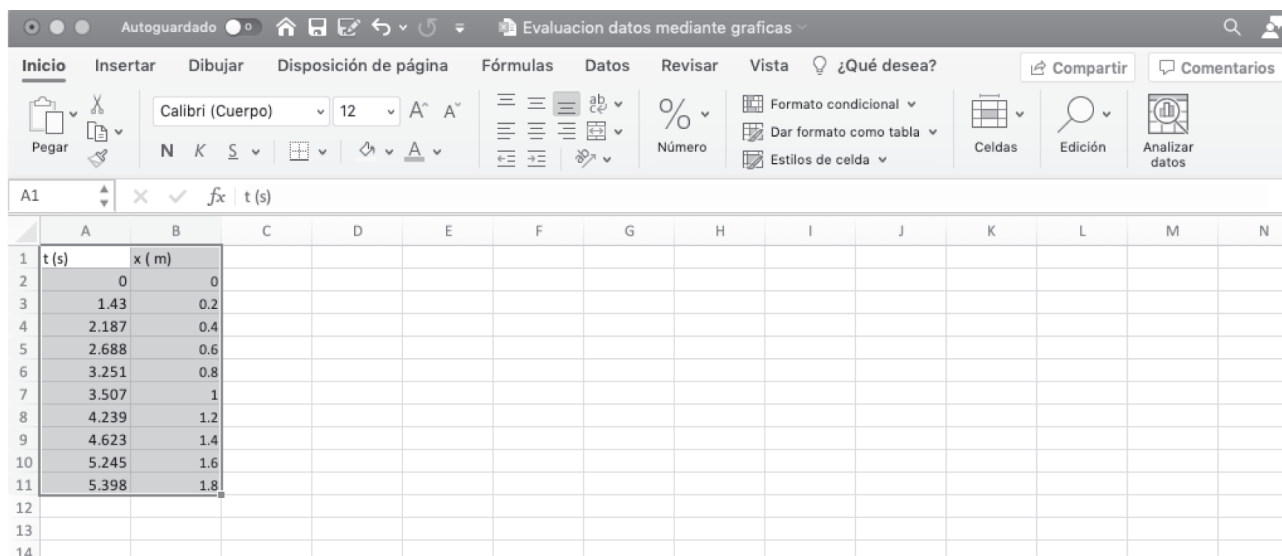
Fundamentos teóricos

El experimento es una fuente importante de información científica, pues es de mucha ayuda para describir una propiedad física y la forma como esta cambia cuando otra también cambia. Un ejemplo de esto se observa en un objeto en movimiento, respecto al cual es necesario medir las posiciones que ocupa y el tiempo que emplea, y luego, con estos datos, estudiar su comportamiento y los efectos sobre otras propiedades físicas.

Ahora bien, el análisis adecuado de un fenómeno se realiza aplicando diversas técnicas de tabulación, visualización y parametrización, asistidas por tecnologías y *software* como *MS Excel* (Microsoft, 2025) o *Capstone* (PASCO Scientific, 2024).

En efecto, *MS Excel* es una herramienta ampliamente utilizada, que permite aplicar la tabulación, la visualización y la parametrización a múltiples tipos de datos. Al respecto, se muestra un ejemplo de dichos procesos, realizando los siguientes pasos:

1. Selecciona las dos columnas que contienen los datos a graficar. Para una gráfica, Excel asigna los datos de la primera columna al eje x, y los de la segunda al eje y.



The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a spreadsheet titled 'Evaluación datos mediante graficas'. The ribbon includes 'Inicio', 'Insertar', 'Dibujar', 'Disposición de página', 'Fórmulas', 'Datos', 'Revisar', 'Vista', and '¿Qué desea?'. The spreadsheet has two columns: 't (s)' and 'x (m)'. The data is as follows:

t (s)	x (m)
0	0
1.43	0.2
2.187	0.4
2.688	0.6
3.251	0.8
3.507	1
4.239	1.2
4.623	1.4
5.245	1.6
5.398	1.8

Figura 1. Hoja de MS Excel con una tabla de medidas experimentales. Los datos consisten en posiciones x (columna A) que cambian a medida que cambia el tiempo t (columna B). (Microsoft, 2025)

2. En el menú **Insertar**, selecciona el botón gráfico y luego la opción **dispersión**, y luego la opción de visualización en forma de puntos.

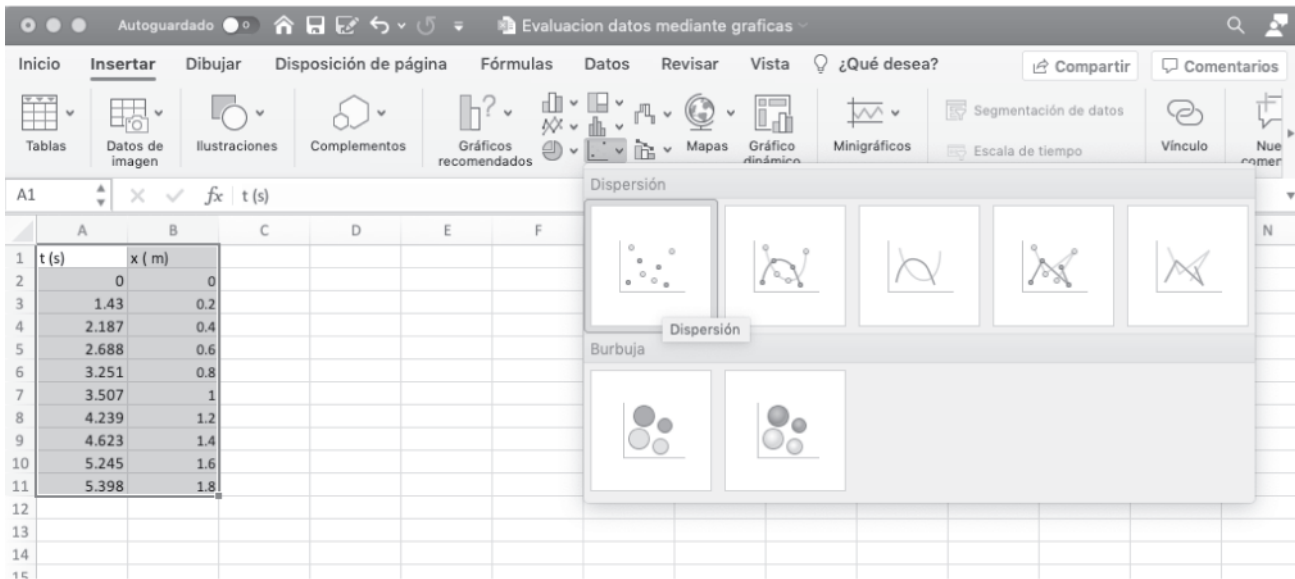


Figura 2. Menú *Insertar* y opción *Dispersión* (Microsoft, 2025)

3. Con la gráfica insertada, selecciónala haciendo clic; aparecerá el menú **Diseño de gráfico**. Luego selecciona la opción **Agregar elemento de gráfico**; se desplegará un menú con múltiples opciones, entre las cuales se encuentra la opción **Título de los ejes** que permite insertar las etiquetas a cada uno de ellos.

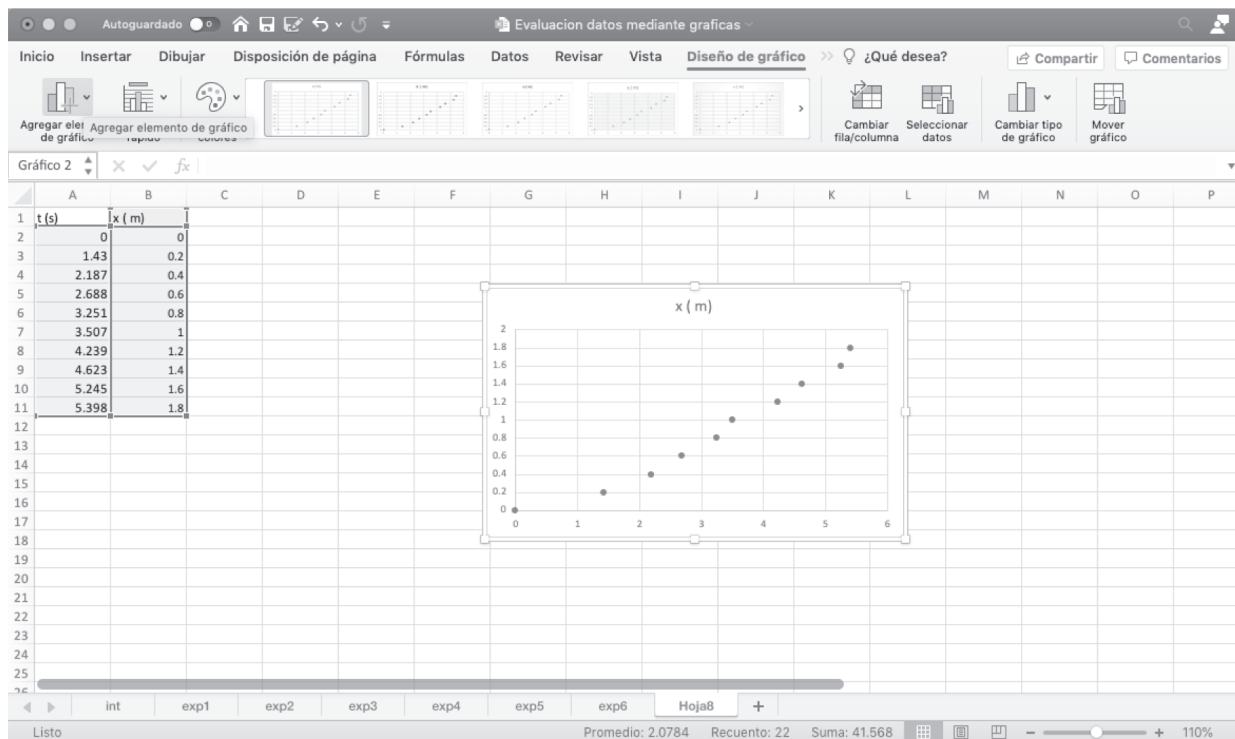


Figura 3. Gráfica diseñada en una hoja de MS Excel (Microsoft, 2025)

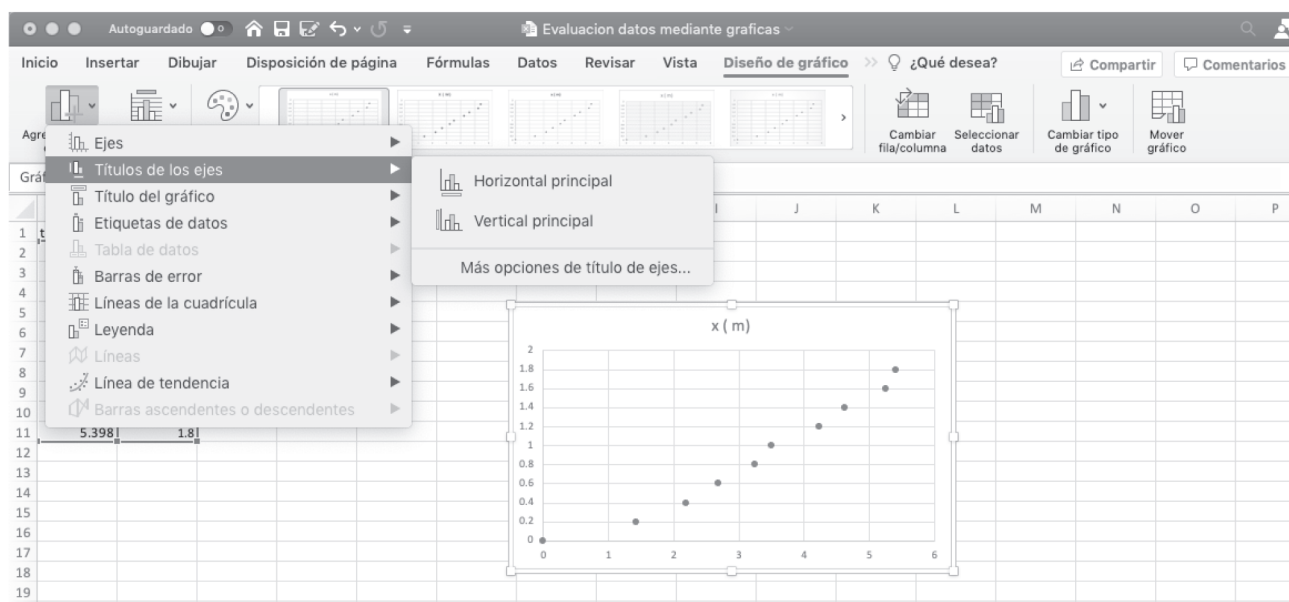


Figura 4. Edición de una gráfica en MS Excel (Microsoft, 2025)

Son muy importantes las opciones que entrega el botón **Agregar elemento de gráfico**, dado que permiten personalizar la gráfica, y convertirla en una Figura adecuada para un informe de laboratorio o trabajo.

4. Siguiendo los pasos del punto anterior, y manteniendo previamente seleccionado el gráfico, realizamos ahora una prueba inicial seleccionando la opción **Línea de tendencia** y la opción **Lineal**.

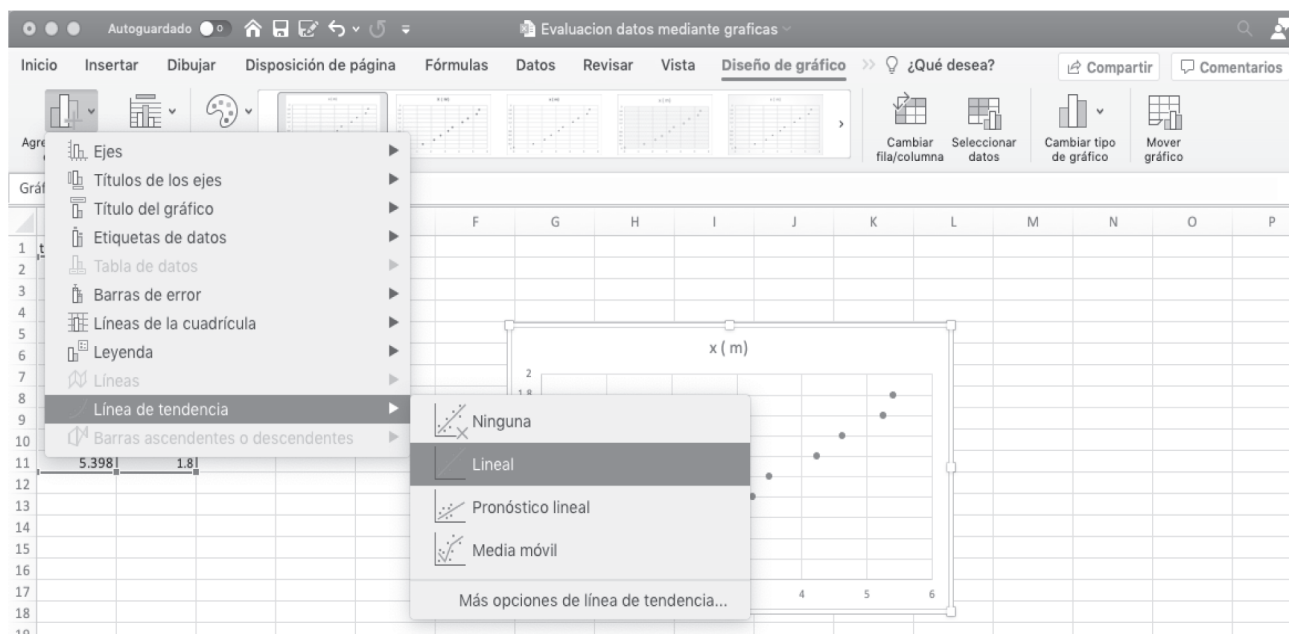


Figura 5.: Ajuste utilizando la línea de tendencia mediante MS Excel (Microsoft, 2025)

5. Es común la situación donde la tendencia lineal no se ajusta a la forma que producen los puntos.

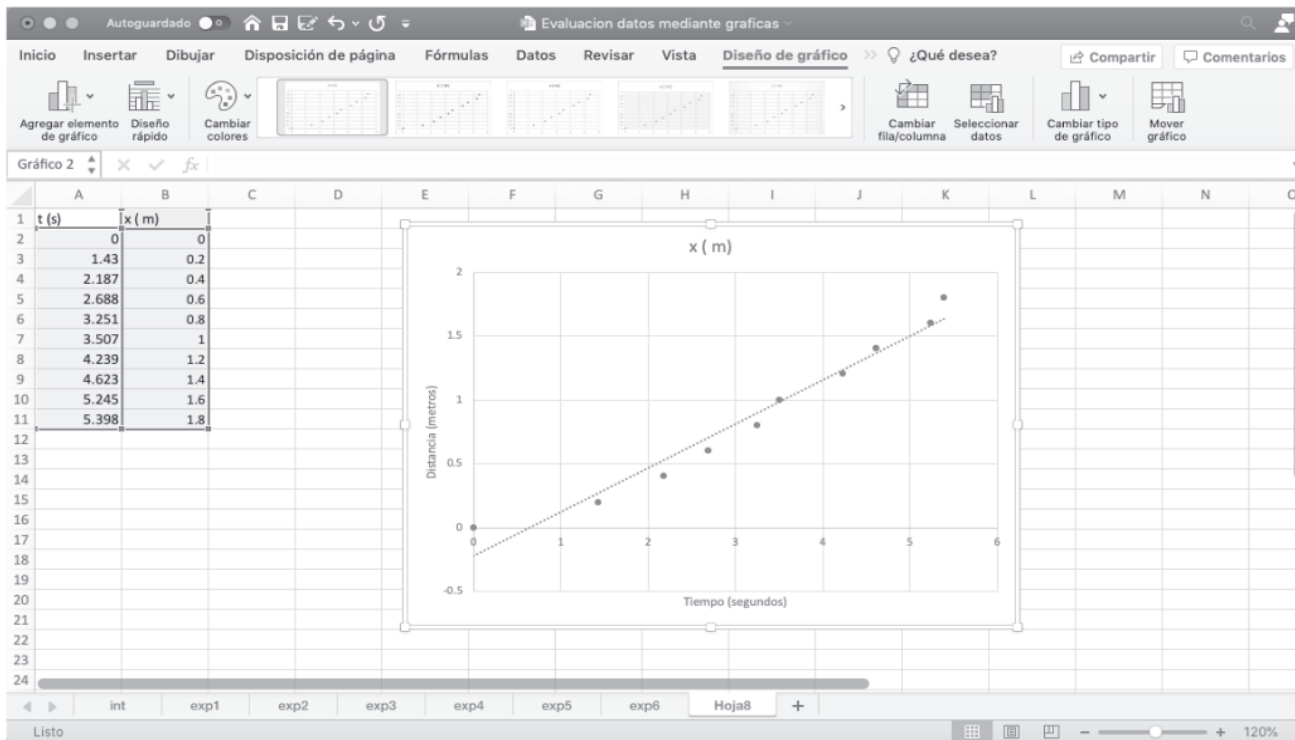


Figura 6. Prueba de la línea de tendencia lineal con MS Excel (Microsoft, 2025)

Para solucionar esta discrepancia, se necesita seleccionar una línea de tendencia que se ajuste mejor al conjunto de puntos graficados. Para esto, seleccionamos con doble clic, la opción **línea punteada**; luego se despliega un menú vertical a la derecha de la ventana, y allí escogemos una de las opciones de línea propuestas; como ejemplo para este caso, escogemos la opción **polinómica de grado 2**, además de la opción **Presentar ecuación en el gráfico 7**.

6. De acuerdo con los datos utilizados en este ejemplo, provenientes de un experimento de movimiento rectilíneo acelerado, la línea de tendencia escogida coincide con los puntos y describe el fenómeno, pero, además, la ecuación cuadrática que produjo Excel es acorde con la teoría. De este modo, podemos comparar el resultado experimental con la ecuación teórica correspondiente:

$$y = -0.0304 + 0.1416x + 0.0353x^2$$

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Dado que Excel entrega una ecuación $y = f(x)$, pero el movimiento rectilíneo es descrito por una ecuación con $x = (t)$, basta solo hacer la analogía de estas variables y sus constantes. La analogía entre las dos ecuaciones indica los valores;

$$x_0 = -0.0304 ; v_0 = 0.1416 \text{ y } \frac{1}{2}a = 0.0353.$$

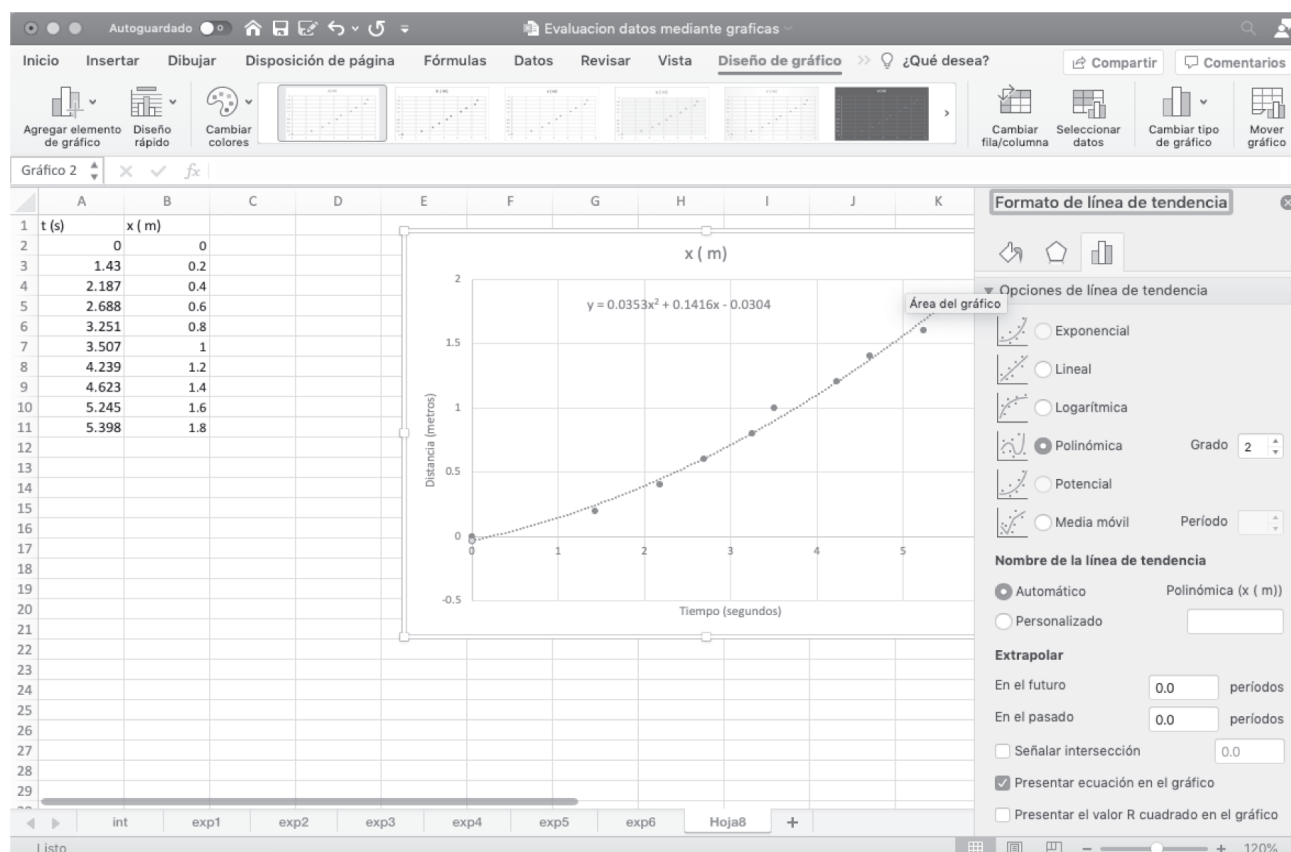


Figura 7. Ajuste cuadrático y visualización de ecuación de ajuste utilizando MS Excel (Microsoft, 2025)

El Capstone es otro de los *software* para el análisis de datos obtenidos en el laboratorio de Física (PASCO Scientific, 2024) (figura 8).

La ventana del Capstone contiene las siguientes partes:

1. **Menú y barra de herramientas:** Está constituida por botones con funciones de abrir archivos, guardar, importar y exportar datos, y deshacer; asimismo, contiene funciones específicas como mostrar y ocultar registros, y captura de pantalla.
2. **Herramientas de control de páginas:** Está conformada por botones para *añadir páginas*, *cambiar las propiedades de la página* y *visualización de las páginas*. En la pestaña de cada página, el usuario puede hacer doble clic para *cambiar el nombre de la página* o hacer clic en **X** para eliminarla.
3. **Paleta vertical derecha de herramientas:** En esta paleta se visualizan botones que permiten agregar y configurar interfaces y sensores, editar propiedades de datos, calibrar sensores, definir cálculos, definir parámetros de ajuste de curva y crear programas.
4. **Paleta horizontal inferior de controles:** Esta paleta contiene controles para el inicio y detención de la recopilación de datos; el modo de recopilación de datos; la velocidad de

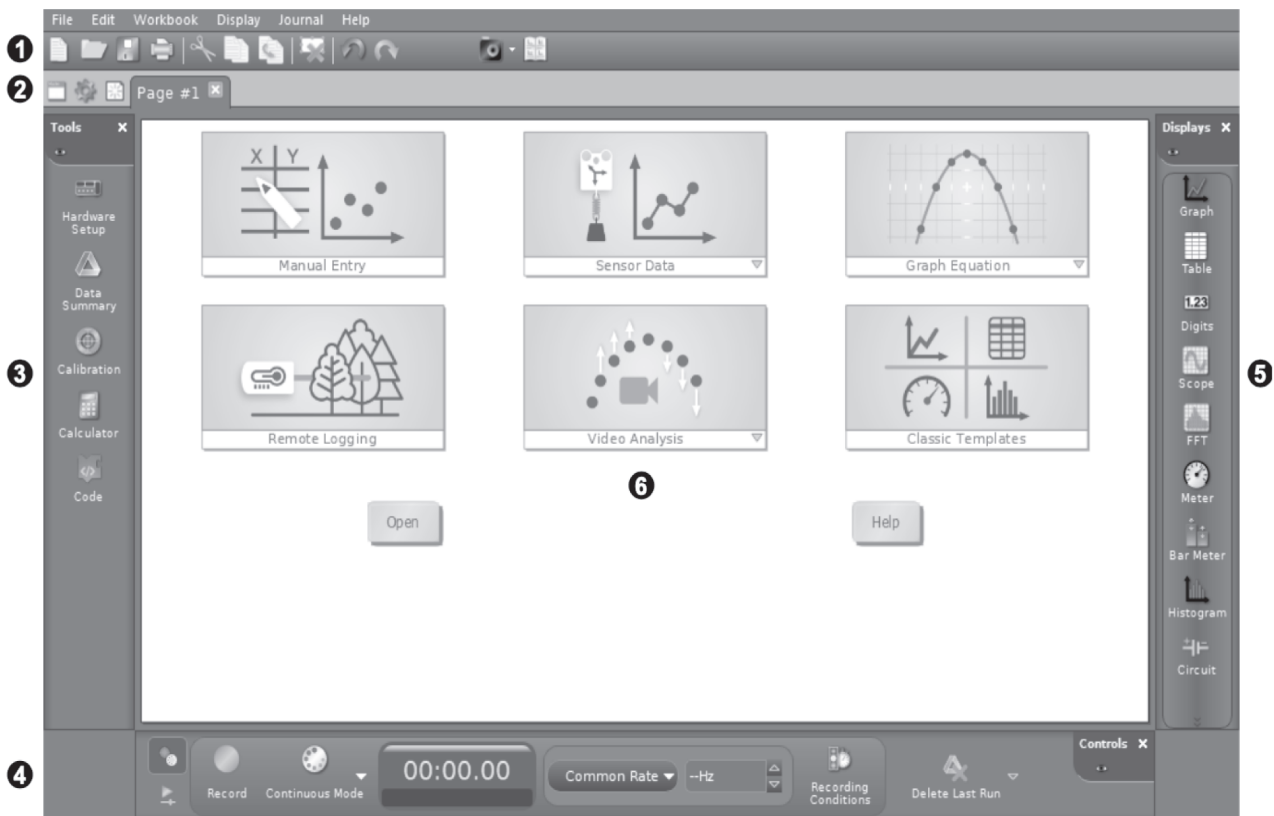


Figura 8. Software Capstone con los menús y las herramientas que permiten su implementación en el laboratorio (PASCO Scientific, 2024)

muestreo, eliminación y ejecución de datos; la definición de condiciones de inicio y detención y reproducción de videos sincronizados.

5. **Paleta vertical derecha de visualización:** Esta paleta contiene opciones para escoger el formato de visualización y análisis de los datos. Para seleccionar cada opción, basta hacer doble clic en la pantalla o arrastrar la opción de la paleta a la *página del libro de trabajo*.
6. **Página del libro de trabajo:** Esta visualiza los datos medidos por medio de los formatos escogidos en la *paleta vertical derecha de visualización*; además, permite aplicar opciones de análisis. A continuación, brindamos más detalles acerca de la página del libro de trabajo dentro de este ítem.

Para tabular y visualizar datos (Figura 9), se selecciona el botón *Anotación Manual* dentro de la zona *Página del libro de trabajo*. Esta opción entrega al usuario un área de trabajo que consiste en una tabla donde se tabulan los datos de las medidas realizadas en un experimento; a la derecha de la zona de trabajo, se despliega una gráfica con su plano cartesiano x- y, donde se visualizan los datos tabulados. Los títulos de la tabla, de las columnas y de los ejes de la gráfica pueden ser modificados, además de los nombres y las unidades (Figura 9).

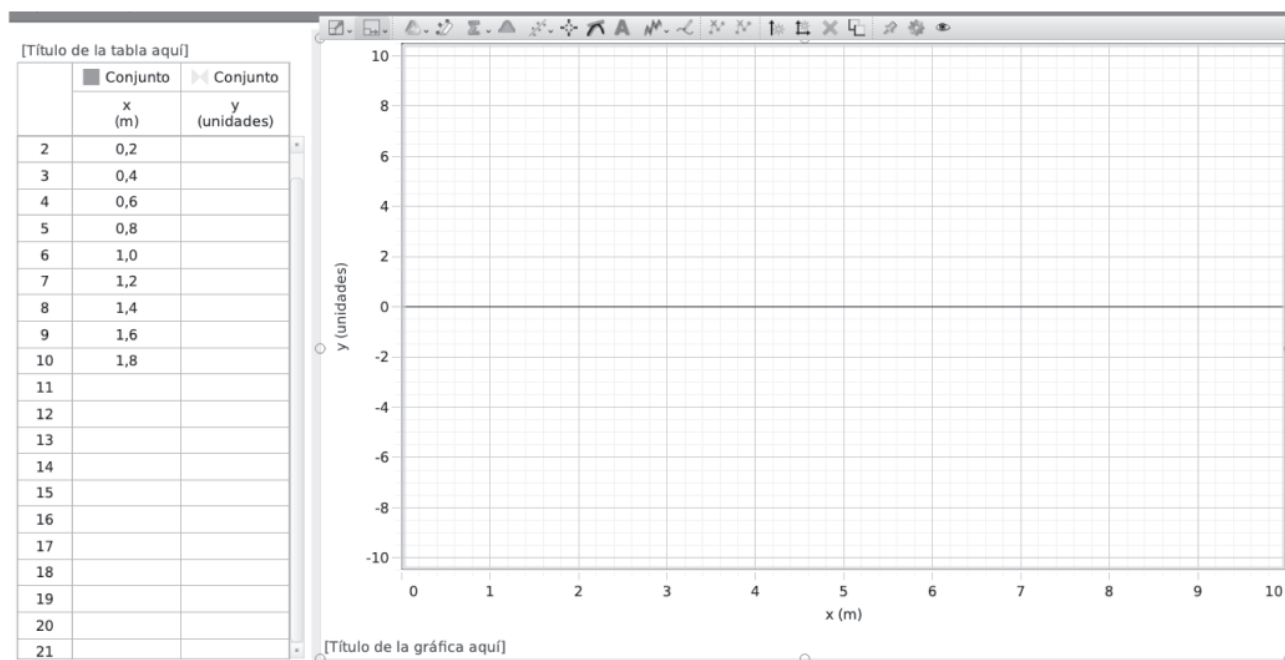


Figura 9. Página con la opción Anotación Manual desplegada (PASCO Scientific, 2024)



Al desplazar el ratón sobre la gráfica se despliega un menú con distintas herramientas para la parametrización de la información visualizada (Figura 10).




Figura 10. Menú de configuración de gráficos que aparece en la parte superior de una gráfica (PASCO Scientific, 2024)


Las opciones de la Figura 10 son explicadas a continuación (PASCO Scientific, 2024):

1. Escalado del gráfico




-  **Ajuste automático de escala:** permite que todos los datos sean visibles en el gráfico.
-  **Ajustes de las escalas:** ajusta la escala de los ejes y el área de trazado al tiempo que se registran los datos.

2. Seleccionar ejecuciones y puntos de datos



-  **Selector de datos:** cambia la visibilidad individual de los datos sin ser eliminados.


-  **Resaltador de datos:** permite resaltar los datos que sean seleccionados.


3. Analizar múltiples puntos del gráfico

-  **Estadísticas:** permite calcular e indica los valores mínimos y máximos, y la media y la desviación estándar de un rango de datos. Estos resultados estadísticos son visualizados en el gráfico o en un formato tabular.
-  **Herramienta de área:** encuentra el área debajo de una curva.
-  **Herramienta de ajuste de curva:** realiza una línea de tendencia según el tipo de ecuación escogida y determinando sus constantes.



4. Analizar un solo punto de datos

-  **Herramienta de coordenadas:** añade herramientas de coordenadas.
-  **Herramienta de pendiente:** encuentra la pendiente de una línea tangente a una curva en un punto determinado.
- **Herramienta de anotación:** permite etiquetar con una nota un punto en el gráfico.



- 5.  **Suavización:** suaviza los datos ruidosos o que no se ajustan a un modelo de ecuación.



- 6.  **Herramienta de predicción:** antes de recopilar datos, permite dibujar sobre los datos graficados una predicción subjetiva de los resultados.

7. Editar la recopilación de datos




-  **Excluir datos:** con esta opción se pueden excluir aquellos puntos de datos escogidos, sin eliminarlos permanentemente.
-  **Eliminar datos:** con esta opción se pueden eliminar permanentemente aquellos datos visualizados y resaltados previamente, sin tener que eliminarlos todos.

8. Mostrar múltiples mediciones

-  **Añadir el eje y:** visualiza múltiples medidas en la misma gráfica, agregando ejes adicionales a un gráfico de líneas.
-  **Añadir área de parcela:** muestra una medición en un nuevo gráfico de líneas independiente al gráfico anterior.

-  **Eliminar:** elimina un eje o un área de trazado de una pantalla gráfica. Para esto, se debe dar clic en el eje o el área de trazado; a continuación, se escoge el botón Eliminar.
-  **Reorganizar:** sirve para reorganizar los ejes o trazar las áreas en la visualización del gráfico.

9. Herramientas de visualización

-  **Barra de herramientas de pin:** evita que la barra de herramientas se oculte automáticamente.
-  **Propiedades:** accede a las propiedades de la pantalla.
-  **Mostrar u ocultar herramientas:** muestra u oculta herramientas específicas de la barra de herramientas.

Objetivo

Analizar el comportamiento de un fenómeno físico a través del uso de MS Excel y Capstone, utilizando datos experimentales de medidas reales.

Montaje experimental

Una serie de experimentos fueron realizados previamente en el laboratorio. Los datos medidos se organizan en las correspondientes tabla 1, tabla 2 y tabla 3.

Tabla 1. Datos experimentales de masa y distancia, que producen una fuerza del resorte acorde a la Ley de Hook

x (cm)	m (g)
6.0	50
12.0	100
17.0	140
20.0	163
22.0	178
23.5	190
24.5	200
28.0	227
29.3	239

Tabla 2. Datos experimentales de periodo de un péndulo y su longitud

L (m)	T (s)
0.46	13.632
0.56	15.041
0.66	16.327
0.71	16.932
0.76	17.518
0.79	17.859
0.86	18.633
0.90	19.060
0.96	19.684

Tabla 3. Datos experimentales de movimiento en parabólico o de proyectiles

x (m)	Y (m)
0.00	50.0
46.50	146.73
87.00	211.79
159.00	283.36
216.00	299.98
301.50	258.59
351.00	198.24
375.00	159.37
433.50	38.37

En la tabla 1 se muestran las medidas de masas de objetos suspendidos de un resorte que se estira una distancia. En la tabla 2, se presenta el periodo de un péndulo simple, midiendo el periodo de un péndulo cuando cambiaba la longitud. La tabla 3 muestra la posición, en coordenadas, de un cuerpo que describe un movimiento de proyectiles.

A partir de los datos de las tablas anteriores, se realizan los siguientes pasos.

1. Utiliza Excel para graficar los datos de cada tabla. Se recomienda que la gráfica se elabore utilizando el formato de *gráficas de dispersión* y opción de *puntos*. Como se explicó en la sección anterior.
2. Consulta, paralelamente al procedimiento anterior, cuál es la ecuación teórica que explica el experimento de cada tabla.
3. De acuerdo con la forma de la curva obtenida en el paso 1, y la ecuación de cada experimento que fue definida en el paso 2, realiza en Excel (Microsoft, 2025) un ajuste de *línea de tendencia*, escogiendo la tendencia que mejor se ajuste tanto a los puntos de la gráfica como a la ecuación teórica.
4. En caso de que la opción escogida en el paso anterior no tenga la forma de los puntos graficados, entonces, señala la *línea de tendencia* que apareció en el gráfico y escoge entre las opciones *lineal*, *polinómica*, *inversa*, etc. La línea de ajuste que se muestra en la gráfica debe coincidir, en gran medida, con los puntos correspondientes.
5. Señalando la línea de tendencia del gráfico, escoge la opción presentar *la ecuación en el gráfico*. Esto suministra la ecuación con sus constantes.
6. Para cada gráfico, coloca los títulos, títulos de ejes, tamaño de letras y número, y demás aspectos que mejoran y aclaran la información presentada.
7. Repite los pasos anteriores con el *software* Capstone (PASCO Scientific, 2024).

Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas
Experimento 2: Análisis de Resultados

Informe

1

Integrante	Fecha: Día / Mes / Año
1	
2	
3	
4	
5	

Anotaciones

Coloca en cada recuadro la gráfica obtenida de los datos de cada tabla suministrada anteriormente (en Ms Excel y Capstone).

Gráfica de la tabla 1

Gráfica de la tabla 2

SISTEMA MASA RESORTE

Fundamentos teóricos

La **Ley de Hooke** es importante para comprender la elasticidad que caracteriza a elementos como los resortes. Esta ley establece que una fuerza externa, aplicada sobre un resorte, produce una deformación o elongación de longitud, que depende de una constante de elasticidad propia de las características elásticas de cada resorte (Serway & Vuille, 2014). La Ley de Hooke es formulada de la siguiente forma:

$$F = -k \cdot x$$

Cuando a un resorte ubicado verticalmente se cuelga una masa, dicho resorte se ve deformado en una **amplitud**. Si se le permite mover libremente, la masa experimentará una fuerza de restauración que es aplicada por el resorte, y una aceleración en dirección hacia el **punto de equilibrio** (Sears, Zemansky, Young, & Freedman, 2013). Al pasar por esa posición, la masa seguirá su movimiento hacia el otro extremo con amplitud, y el resorte aplicará una fuerza de restauración en sentido contrario, para luego obligar a la masa a moverse nuevamente en dirección hacia el punto de equilibrio. Este ciclo se repite, dando como resultado un movimiento oscilatorio o periódico. El periodo que describe el tiempo que dura una oscilación es el siguiente:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Objetivos

Reproducir experimentalmente las propiedades físicas de un sistema masa-resorte para analizar las características cinemáticas y dinámicas del movimiento armónico simple, y determinar la constante elástica k del resorte y comprender el concepto de fuerza restauradora.

Montaje experimental

Para el montaje de este experimento, utilizaremos el *sensor de fuerza-aceleración inalámbrico (PS3202)*. El funcionamiento de este sensor es monitoreado y configurado mediante una serie de indicadores led y botones, además de algunos accesorios que facilitan su funcionamiento. Estos los detallaremos en la lista e imagen a continuación:

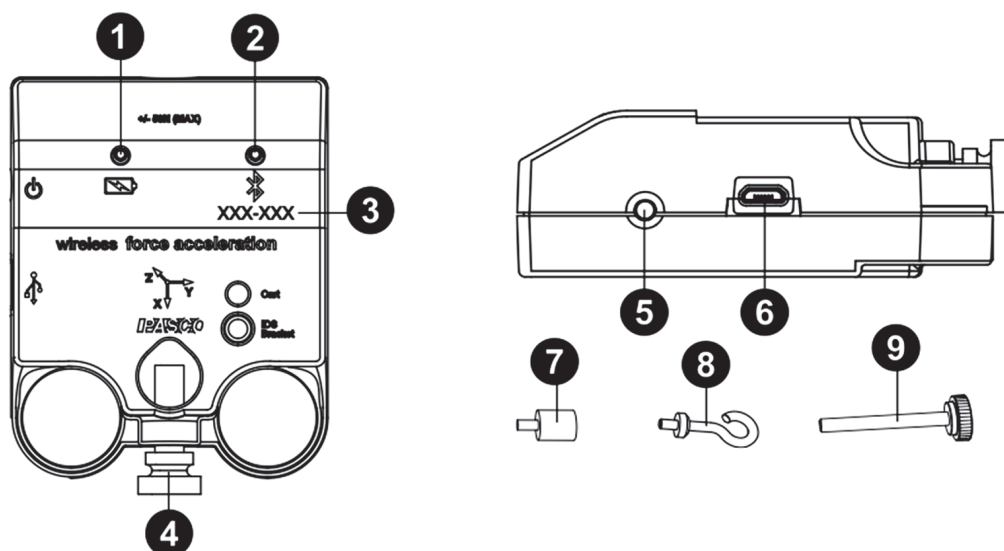


Figura 11. Sensor de aceleración y fuerza Wireless (PS-3202) (PASCO Scientific, 2024).

1. **LED de estado de batería:** Rojo intermitente indica baja batería; amarillo fijo indica cargado; verde fijo indica completamente cargado.
2. **LED de estado de bluetooth:** Rojo intermitente indica buscando dispositivo para emparejar; verde intermitente indica estar conectado; amarillo intermitente indica un proceso de registro remoto de datos.
3. **ID del dispositivo:** Utilice este código para identificar el sensor en el momento de emparejarlo al computador mediante bluetooth.
4. **Rosca de pulgar para abrazadera de varilla:** Usado para sujetar el sensor en una varilla de soporte universal.
5. **Botón de encendido y apagado:** Presione para encender el sensor. Mantenga presionado brevemente para apagarlo.
6. **Puerto micro-USB:** Puerto de carga. El puerto también puede ser utilizado para conectar directamente el sensor a una computadora sin necesidad de utilizar el bluetooth.
7. **Accesorio para choques.**
8. **Accesorio de gancho.**
9. **Tornillo para el carrito.**

Para conectar el sensor a una computadora mediante el bluetooth, realice los siguientes pasos:

1. Encienda el **sensor** inalámbrico de fuerza-aceleración y verifique que el LED de estado de bluetooth parpadee en rojo.

2. Abra **Capstone** y seleccione ConFiguración de Hardware en la paleta de **Herramientas**.



3. En la lista de dispositivos inalámbricos disponibles, elija el dispositivo que coincida con el **ID** impreso en su sensor inalámbrico de fuerza-aceleración.

Al inicio del experimento, es posible que la lectura del sensor no sea cero aunque no esté colgando la masa. Esto se puede corregir dentro de la configuración del sensor en PASCO Capstone.

Parte 1: Amplitud y periodo

1. Realice el montaje de un soporte universal con una varilla horizontal que se fija mediante una nuez. Ubique la varilla horizontal y el soporte universal de tal manera que la primera sobresalga del borde de la mesa.
2. Conecte el accesorio de gancho en el sensor inalámbrico de aceleración y fuerza (PS-3202). Fije el sensor en la varilla horizontal del soporte universal, con la ayuda de la rosca de pulgar para abrazadera de varilla ④.
3. Elija un resorte largo y rígido del *kit de resortes (ME-8999)* y cuélguelo en el accesorio de gancho. Luego coloque en el otro extremo del resorte una masa de, o menor, del set de masas de Hook (SE-8759).
4. Conecte el sensor al sistema de adquisición de datos Capstone y cree una hoja de visualización con una tabla y una gráfica de fuerza versus tiempo.
5. Con la masa inmóvil en el resorte, mida la altura del centro de la masa al piso. Esta será la posición de equilibrio del sistema masa-resorte.
6. Eleve la masa verticalmente a una amplitud de desde su posición de equilibrio y luego suéltela para permitir que oscile libremente.
7. Una vez que la masa haya iniciado su oscilación, comience a tomar registros de datos en Capstone.
8. Cuando el sistema haya completado al menos 10 oscilaciones completas, cese la recopilación de datos.
9. Emplee las funciones del Capstone para calcular el tiempo requerido para completar 10 oscilaciones. Anote este dato y el de amplitud vertical en la primera tabla de la sección **Anotaciones**.

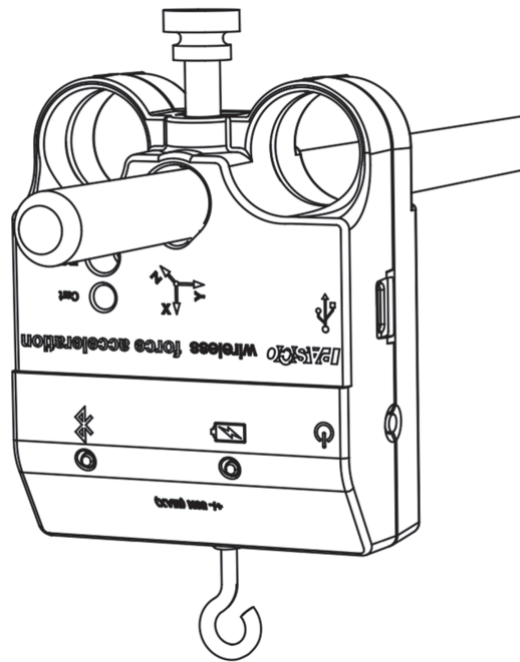


Figura 12. Sensor instalado en un soporte universal con barra horizontal (PASCO Scientific, 2024)



Figura 13. Kit de resortes (ME-8999) y set de masas de Hook (SE-8759) (PASCO Scientific, 2024)

10. Repita dos veces más el proceso de recolección de datos, incrementando la amplitud vertical en 3 cm adicionales por cada repetición. Anote nuevamente el tiempo de 10 ciclos completos y la amplitud vertical de cada ensayo.

Parte 2: Longitud del resorte y Periodo

1. Elija un resorte corto y rígido del *Kit de resortes (ME-8999)* y cuélguelo en el accesorio de gancho. Luego coloque en el otro extremo del resorte una masa de 200 g, o menor, del *Set de masas de Hook (SE-8759)*.
2. Con la masa inmóvil en el resorte, mida la altura del centro de la masa al piso. Esta será la posición de equilibrio del sistema masa-resorte.

3. Eleve la masa verticalmente a una amplitud de desde su posición de equilibrio y luego suéltela para permitir que oscile libremente.
4. Una vez que la masa haya iniciado su oscilación, comience a tomar registros de datos en Capstone.
5. Cuando el sistema haya completado al menos 10 oscilaciones completas, cese la recopilación de datos.
6. Emplee las funciones del Capstone para calcular el tiempo requerido para completar 10 oscilaciones. Anote este dato, junto con el desplazamiento vertical inicial, en la segunda tabla de la sección **Anotaciones**.
7. Extraiga la masa del resorte y tome la medida de la longitud sin estirar el mismo. Tenga en cuenta que la longitud abarca únicamente las bobinas y excluye los bucles. Anote este valor en la segunda Tabla.
8. Realice nuevamente el procedimiento de recolección de datos utilizando un segundo resorte más largo, pero igual de rígido. Anote en la segunda tabla el tiempo de 10 oscilaciones completas y la longitud no estirada del nuevo resorte.

Parte 3: Distintos resortes y periodo

1. Seleccione dos resortes cortos y únalos conectando sus bucles para formar un resorte que sea el doble de largo. Cuelgue el extremo de uno de los resortes, mientras el otro cuelga del anterior. Luego cuelgue al extremo del segundo resorte, una masa de 100 g, o menor, tomada del set de masas de Hook (SE-8759).
2. Con la masa inmóvil en el resorte, mida la altura del centro de la masa al piso. Esta será la posición de equilibrio del sistema masa-resorte.
3. Eleve la masa verticalmente a una amplitud determinada desde su posición de equilibrio y luego suéltela para permitir que oscile libremente. Anote la amplitud escogida y utilícela a lo largo de esta parte.
4. Una vez que la masa haya iniciado su oscilación, comience a tomar registros de datos en Capstone.
5. Cuando el sistema haya completado al menos 10 oscilaciones, cese la recopilación de datos.
6. Emplee las funciones del Capstone para calcular el tiempo requerido para completar 10 oscilaciones. Anote este dato, junto con el desplazamiento vertical inicial, en la tercera tabla de la sección **Anotaciones**.

7. Realice nuevamente los procedimientos de recolección de datos utilizando un resorte corto y flácido conectado a un resorte corto y rígido. Luego, repita el proceso cambiando el segundo resorte por un resorte largo y flácido, y posteriormente, cambie nuevamente por un resorte largo y rígido. Anote el tiempo de 10 ciclos completos y las constantes del resorte en la tercera tabla. Tenga en cuenta que la longitud de las bobinas de dos resortes cortos es aproximadamente igual a la longitud de las bobinas en un resorte largo.

Parte 4: Masa y periodo

1. Seleccione un resorte largo, preferiblemente rígido, y conéctelo al gancho del sensor. Cuelgue en el resorte una masa pequeña.
2. Con la masa inmóvil en el resorte, mida la altura del centro de la masa al piso. Esta será la posición de equilibrio del sistema masa-resorte.
3. Eleve la masa verticalmente a una amplitud desde su posición de equilibrio y luego suéltela para permitir que oscile libremente. Una vez que la masa haya iniciado su oscilación, comience a tomar registros de datos en Capstone. Anote la medida de amplitud utilizada y utilice el mismo valor para esta parte.
4. Cuando el sistema haya completado al menos 10 oscilaciones completas, cese la recopilación de datos.
5. Emplee las funciones del Capstone para calcular el tiempo requerido para completar 10 oscilaciones. Anote este dato en la cuarta tabla de la sección **Anotaciones**.
6. Realice nuevamente los procedimientos de recolección, 4 veces más, aumentando la cantidad de la masa colgante. Anote el tiempo de 10 ciclos completos y la masa colgante en la tabla.

Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas
Experimento 2: Sistema masa-resorte

Informe

2

Integrante

Fecha: Día / Mes / Año

1

2

3

4

5

Anotaciones

Parte 1. Amplitud y periodo*Tabla 4. Datos de periodo y amplitud para un resorte con masa constante*

Repetición	Tiempo para 10 oscilaciones (s)	Amplitud vertical (cm)	Periodo (s)
1			
2			
3			

El periodo se calculará mediante $T = \frac{t \text{ de } 10 \text{ oscilaciones}}{10}$

Parte 2. Longitud y periodo*Tabla 5. Datos de periodo y de dos resortes con la misma constante, pero con diferente longitud.*

Resorte	Tiempo para 10 oscilaciones (s)	Longitud del resorte (cm)	Periodo (s)
1			
2			

Parte 3. Constante del resorte y periodo*Tabla 6. Datos de periodo de cuatro resortes con la misma longitud, pero diferentes constantes de resorte.*

Resorte	Tiempo para 10 oscilaciones (s)	Periodo (s)	Constante del resorte (N/m)	$\frac{1}{\sqrt{\text{Constante resorte}}}$ (N/m) ⁻¹
1				
2				
3				
4				
Masa				

Parte 4. Masa y periodo

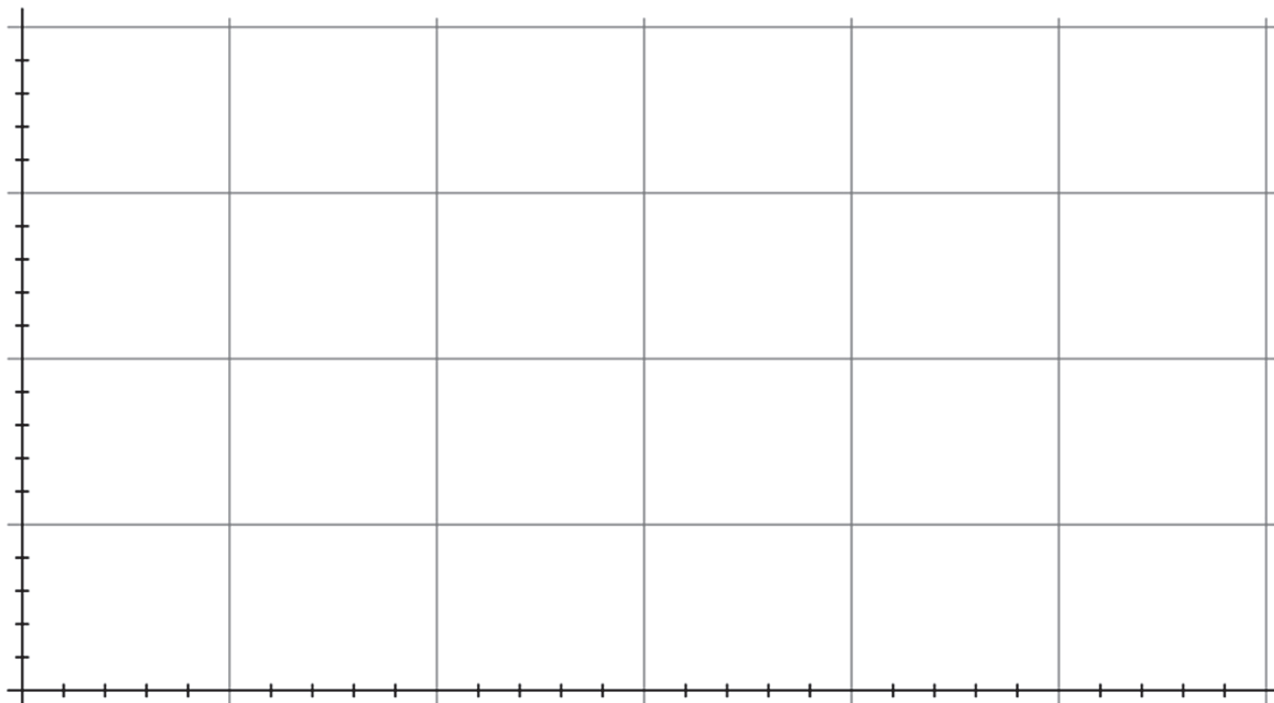
Tabla 7. Datos de periodo para un sistema masa-resorte con diferentes masas

Repetición	Masa colgante (Kg)	Tiempo para 10 oscilaciones (s)	Periodo (s)	$\sqrt{\text{Masa colgante}}$ (Kg) ^{-1/2}
1				
2				
3				
4				
5				

Análisis y discusión de datos

¿La variación en el desplazamiento de la masa alteró el período del sistema masa-resorte? Justifica tu respuesta.

Realiza un gráfico que muestre en los ejes el *período* en función de $1/\sqrt{k}$. Asegúrate de etiquetar ambos ejes con la escala y las unidades correspondientes.



De acuerdo con el gráfico anterior, ¿cuál es la correlación entre el período y la constante del resorte para un sistema masa-resorte en oscilación (proporcional, inversa, cuadrada, entre otras)? Fundamenta tu respuesta.

PÉNDULO SIMPLE

Fundamentos teóricos

El movimiento oscilatorio de un péndulo es un fenómeno producido por una fuerza aplicada que cambia con el tiempo y es conocida como fuerza de restauración. Esta fuerza es similar a la fuerza de un resorte.

Siendo así, un péndulo situado en el punto de equilibrio donde la masa cuelga directamente debajo del anclaje se encuentra en reposo. En este lugar, la masa experimenta una fuerza neta nula debido a que la fuerza de la gravedad se equilibra con la tensión de la cuerda. Pero, cuando la masa se desplaza de su posición de equilibrio, un pequeño ángulo, la fuerza de restauración actúa en sentido contrario a su desplazamiento provocando su retorno a la posición de equilibrio.

En consecuencia, el movimiento oscilatorio de un péndulo es considerado como movimiento armónico simple, y un análisis idealizado de la situación indica que el periodo T de oscilación, cuando el péndulo tiene una longitud l , está expresado por

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

donde l es medido desde el punto donde se fija hasta el centro de la masa colgante, y g es la aceleración de la gravedad.

Objetivos

Analizar experimentalmente la relación entre la longitud, la masa y la amplitud del movimiento con el período de oscilación de un péndulo simple, comprendiendo los factores que influyen en su comportamiento.

Montaje experimental

Para la ejecución de este experimento, utilizaremos la **fotocompuerta inteligente inalámbrica (PS3225)**. La fotocompuerta inteligente cuenta con algunos instrumentos que tienen la capacidad de medir algunos parámetros físicos, además de accesorios que permiten su funcionamiento. Estas características serán explicadas a continuación:

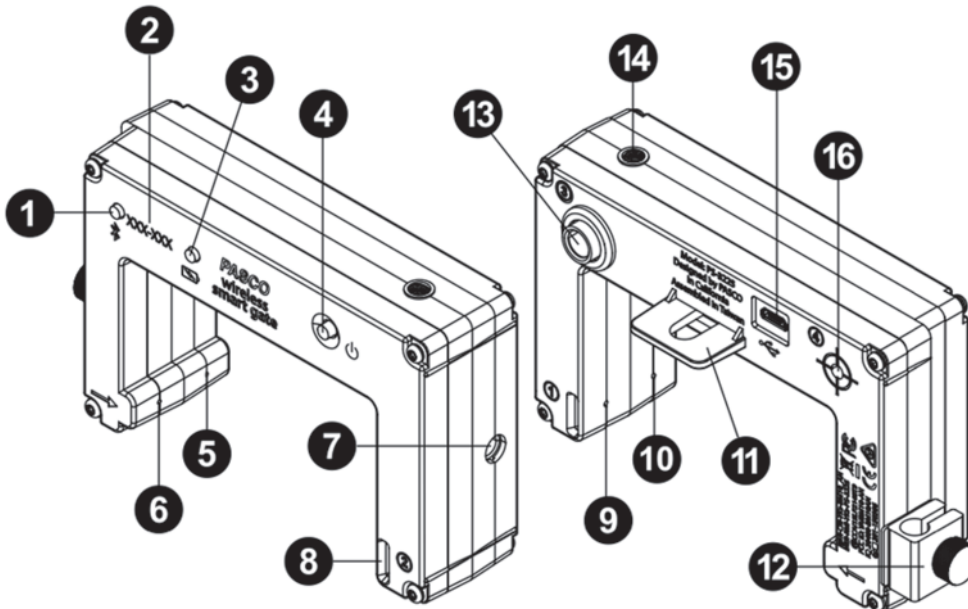


Figura 14. Fotocompuerta inteligente inalámbrica (PS3225).
(PASCO Scientific, 2024)

1. **LED de estado de bluetooth.** Rojo intermitente indica búsqueda de dispositivo para emparejar; verde intermitente indica estar conectado.
2. **ID del dispositivo.** Utiliza este código para identificar el sensor en el momento de emparejarlo inalámbricamente.
3. **LED de estado de batería.** Rojo intermitente indica batería baja; amarillo fijo indica cargado; verde fijo indica completamente cargado.
4. **Botón de encendido y apagado.** Presiona para encender el sensor. Mantén presionado brevemente para apagarlo.
5. **Puerto de emisión 1.** Emite un haz láser que es detectado en el receptor 1.
6. **Puerto de emisión 2.** Emite un haz láser que es detectado en el receptor 2.
7. **Orificio de roscado** $1/4 - 20$. Utilizado para enroscar la varilla de sujeción de la compuerta.

8. Ranura para insertar el accesorio de cinta de fotocelda.
9. **Puerto receptor 1.** Envía una señal al Capstone cuando el haz láser proveniente de puerto de emisión 1 se encuentra obstruido por algún elemento.
10. **Puerto receptor 2.** Envía una señal al Capstone cuando el haz láser proveniente de puerto de emisión 2 se encuentra obstruido por algún elemento.
11. **Pestaña de polea.** Utilizada para anclar un sensor de polea.
12. **Abrazadera de varilla giratoria.** Acopla un accesorio tornillo de mariposa para soportarse en una varilla vertical.
13. **Puerto auxiliar 3** (externo).
14. **Indicador LED.** Indica cuando uno de los puertos receptores se encuentra bloqueado; ámbar, cuando el puerto 1 está bloqueado; verde, cuando el puerto 2 está bloqueado.
15. **Puerto micro-USB.** Puerto de carga. El puerto también pueden ser utilizado para conectar directamente el sensor a una computadora sin necesidad de utilizar bluetooth.
16. **Puerto 4. Puerto detector láser:** Envía una señal al Capstone cuando un haz recibido está bloqueado.

Para realizar el montaje de este experimento, utilizamos una **abrazadera de péndulo (ME9506)** que es ilustrada en la Figura y un **juego de péndulos (ME8752)**.

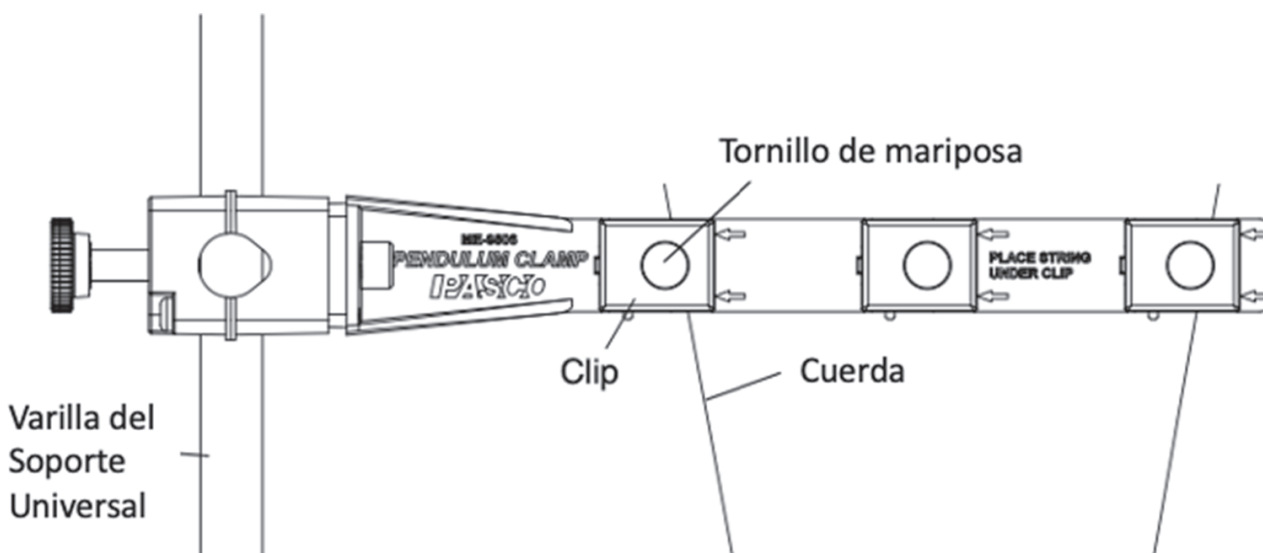


Figura 15. Abrazadera de péndulo (ME9506). Pasco Inc (2024)

Para conectar el sensor a una computadora vía bluetooth, realice los siguientes pasos:

1. Enciende la *fotocompuerta inteligente* y verifica que el LED de estado de bluetooth parpadee en rojo.
2. Abre **Capstone** y selecciona configuración de Hardware en la paleta de **Herramientas**.



3. En la lista de dispositivos inalámbricos disponibles, elige el dispositivo que coincida con el **ID** impreso en tu sensor.
4. Con el sensor conectado, haz doble clic en el cuadrado amarillo que aparece en la parte derecha de la imagen del sensor que aparece en la *ConFiguración del Hardware*; luego, escoge la opción Temporizador del Péndulo, Ch 1. Esto le indica al sensor y al Capstone, que los datos del periodo del péndulo deben ser obtenidos directamente del sensor.

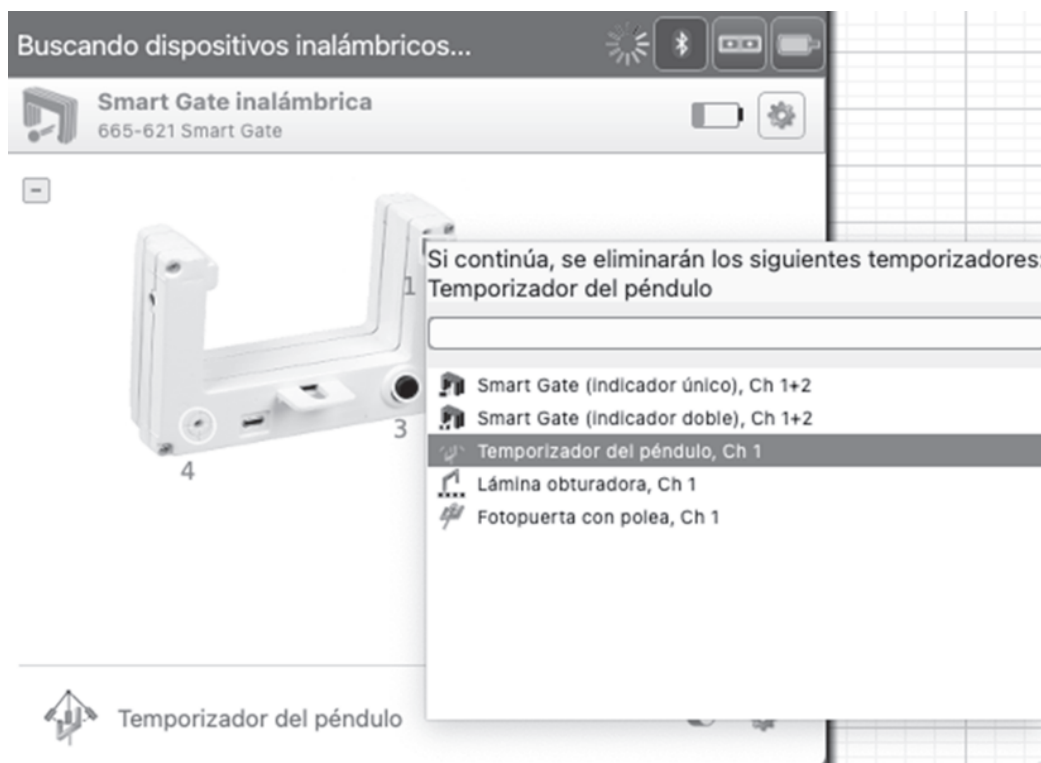


Figura 16. Selección del tipo de medición en la fotocompuerta (PS3225). Pasco Inc (2024)

Parte 1. Amplitud y periodo

1. Realiza el montaje de un soporte universal y fija en la parte superior la *abrazadera de péndulo* (ME9506).

2. Corta un trozo de hilo unos 10 cm más largo que la distancia entre la abrazadera de péndulo y la parte superior de la mesa de laboratorio. Elige una de las cuatro masas del *juego de péndulos (ME8752)* (todos tienen el mismo volumen pero masas diferentes) y ata uno de los extremos sueltos del hilo al gancho de la masa.
3. Coloca el hilo del péndulo en el tercer punto de anclaje de la abrazadera (el más distante de la varilla); para esto, afloja el tornillo de mariposa del anclaje y pasa el hilo por debajo del anclaje. Aprieta el tornillo de mariposa para asegurar el hilo en su posición.
4. La *fotocompuerta inteligente inalámbrica (PS3225)* debe instalarse en el soporte universal y mirando hacia arriba, ubicada directamente debajo de la masa del péndulo. Para esto, instala previamente una varilla de sujeción en el orificio de roscado $\frac{1}{4} - 20^{\circ}$ del sensor. El péndulo debe estar colgando inmóvil, y debe oscilar libremente entre los brazos de la fotocompuerta.

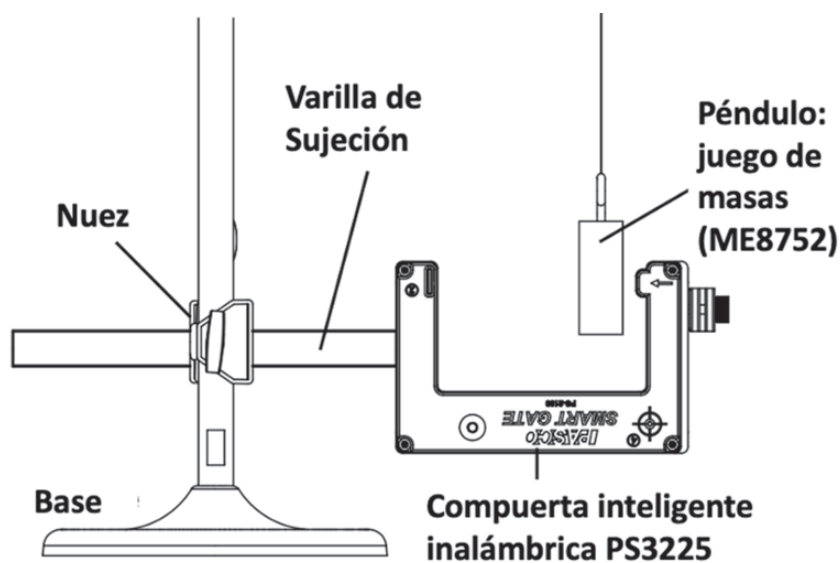


Figura 17. Montaje de la compuerta inteligente sobre el soporte universal. Pasco Inc (2024)

5. Conecta la fotocompuerta al sistema de adquisición de datos de Capstone y en una página selecciona **una tabla** con la medición del período en una de las columnas.
6. Inicia el registro de datos y luego separa (amplitud) 3 cm el péndulo de su posición de equilibrio para luego liberarlo. Este debe oscilar libremente a través de la fotocompuerta.
7. Detén el registro de datos cuando se hayan registrado 10 mediciones de periodo. Emplea las funciones del Capstone para calcular el promedio de las 10 mediciones. Anota este valor promedio junto con la amplitud horizontal en la tabla 8.
8. Repite el proceso de registro de datos tres veces más, incrementando la amplitud en 2 cm adicionales en cada ocasión. Registra en la tabla 8 el período promedio y los valores de amplitud.

Parte 2. Masa y periodo

1. Utiliza la configuración de la parte 1. Además, mide la masa individual de las pesas del juego de péndulos (ME8752). Registra las masas en orden ascendente en la tabla 9.
2. Ubica la pesa más liviana en el hilo del péndulo. Separa (amplitud) 6 cm el péndulo de su posición de equilibrio para después liberarlo y luego inicia el registro de datos.
3. Detén el registro de datos cuando se hayan registrado 10 mediciones de periodo. Emplea las funciones del Capstone para calcular el promedio de las 10 mediciones. Anota este valor promedio junto con la amplitud horizontal en la tabla 9.
4. Repite el proceso de registro de datos tres veces más mientras incrementas la masa en cada ocasión y utilizando la misma amplitud en cada medida. Registra en la tabla 9 los periodos promedios y los valores de las masas.

Parte 3. Longitud y periodo

1. Utiliza la configuración de la parte 1. Utiliza una de las pesas del juego de péndulos (ME8752).
2. Disminuye la longitud del péndulo, luego mide la nueva longitud desde la abrazadera de péndulo (ME9506) hasta el centro de la masa y regístralo en la tabla 10. Inicia el registro de datos y luego separa (amplitud) 6 cm el péndulo de su posición de equilibrio para después liberarlo.
3. Detén el registro de datos cuando se hayan registrado 10 mediciones de periodo. Emplea las funciones del Capstone para calcular el promedio de las 10 mediciones. Anota este valor promedio junto con la amplitud horizontal en la tabla 10.
4. Repite el proceso de registro de datos tres veces más, incrementando la longitud en cada ocasión y utilizando la misma amplitud. Registra en la tabla 10 el período promedio y el valor de la longitud.

Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas
Experimento 3: Péndulo simple

Informe

3

Integrante	Fecha: Día / Mes / Año
1	
2	
3	
4	
5	

Anotaciones

Parte 1. Amplitud y periodo

Tabla 8. Datos del periodo de un péndulo cuando cambia la amplitud angular¹ de oscilación

Nro.	Amplitud (cm)	Periodo promedio (s)
1		
2		
3		
4		

Parte 2. Masa y periodo

Tabla 9. Datos del periodo de un péndulo cuando cambia la masa oscilante.

Nro.	Masa (g)	Periodo promedio (s)
1		
2		
3		
4		

Parte 3. Longitud y periodo

Tabla 10. Datos del periodo de un péndulo cuando cambia la masa oscilante.

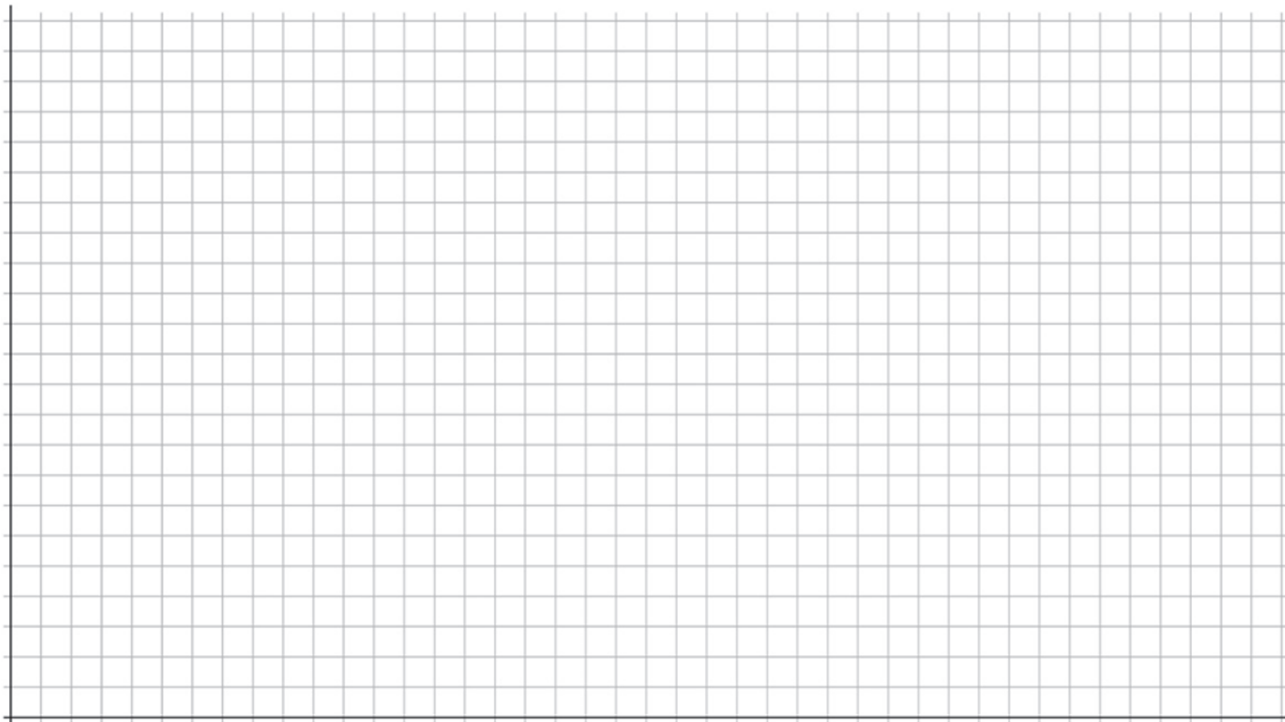
Nro.	Longitud del péndulo (cm)	Periodo promedio (s)	$\sqrt{\text{Longitud del péndulo}} (\text{cm}^{1/2})$
1			
2			
3			
4			

1 Amplitud angular es el arco o ángulo máximo que obtiene el péndulo cuando es colocado fuera de su punto de equilibrio, justo antes de ser soltado para producir una oscilación.

Análisis y discusión de datos

Parte 1. Amplitud y periodo

Elabora una gráfica de amplitud vs. periodo con los datos de la tabla 8.



¿Influyeron los cambios en la amplitud de oscilación del péndulo en el posible cambio de su período de oscilación? Proporciona resultados y conclusiones que respalden tu respuesta.

Utilizando los resultados del ajuste de línea de tendencia sobre cada gráfica de la tabla 10, registra abajo la ecuación obtenida y explica el significado de las constantes de la ecuación. ¿Qué relación entre longitud y periodo se obtuvo según la ecuación? Justifica tus respuestas de acuerdo con la teoría del fenómeno y con tus resultados.

Con la ecuación obtenida y sus constantes, y comparando con la ecuación del periodo para un péndulo simple, calcula la aceleración de la gravedad g . Justifica detalladamente tu respuesta.

Determina el error porcentual de la gravedad (g) calculada, teniendo en cuenta que teóricamente $g = 9.8 \text{ m/s}^2$. Para esto, utiliza la ecuación de error porcentual:

$$\% \epsilon = \frac{|g_{teorica} - g_{experimental}|}{g_{teorica}} \times 100\%$$

Conclusiones

Referencias bibliográficas

CALOR ESPECÍFICO

Fundamentos teóricos

El calor, representado por la letra Q , es la porción de energía interna que se transfiere de un cuerpo caliente a otro frío. El calor también se define como la cantidad de energía requerida para aumentar la temperatura de un objeto de masa m , en un grado centígrado $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estas magnitudes están relacionadas a partir de la expresión:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Cada material tiene valores distintos de calor específico c ; algunos se ilustran a la tabla 11.

Tabla 11. Calor específico de algunas sustancias comunes

Sustancia	Jkg $^{\circ}\text{C}$	calg $^{\circ}\text{C}$
Aluminio	900	0.215
Agua	4186	1.00
Cobre	387	0.0924
Hielo	2090	0.50
Plomo	128	0.0305
Mercurio	138	0.033
Vapor	2010	0.480

En nuestro caso, el sistema térmico a implementar consiste de un sólido que se coloca en contacto térmico con un fluido a menor temperatura. Este sistema, sólido-líquido, experimenta un intercambio de calor producto de la transferencia de energía del sólido caliente ($Q_{perdido}$) hacia el agua fría (Q_{ganado}). En este proceso la energía se conserva debido a que no hay intercambio de energía con el exterior; solo entre el sólido y el líquido (Tripler & Mosca, 2021). Por esta razón, el calor específico de cualquier sólido c_s se calcula mediante la expresión:

$$c_s = \frac{m_a(T_e - T_a)}{m_s(T_s - T_e)} c_a$$

donde c_a es el calor específico del agua, T_s es la temperatura inicial del sólido, T_a es la temperatura inicial del agua, T_e es la temperatura de equilibrio del sistema, y m_s y m_a son las masas del sólido y el agua, respectivamente.

Objetivos

Determinar experimentalmente el calor específico de diferentes sólidos utilizando el método de mezclas, aplicando los principios de conservación de la energía térmica y analizando las propiedades térmicas de los materiales.

Montaje experimental

Emplearemos el *método de las mezclas*, para calcular el calor específico de un sólido caliente en contacto térmico con agua a temperatura ambiente, que luego llegan a la temperatura de equilibrio térmico. Los dos materiales permanecerán confinados en un calorímetro que impide la pérdida de energía con el exterior. Para esto, se utiliza el **juego básico de calorimetría (TD-8557C)** que consiste en un **conjunto de pesas para calor específico (SE-6849)**, un **recipiente con tapa de material poliestireno** y un **termómetro para inmersiones parciales (SE-9084B)** y una plancha eléctrica de calentamiento.

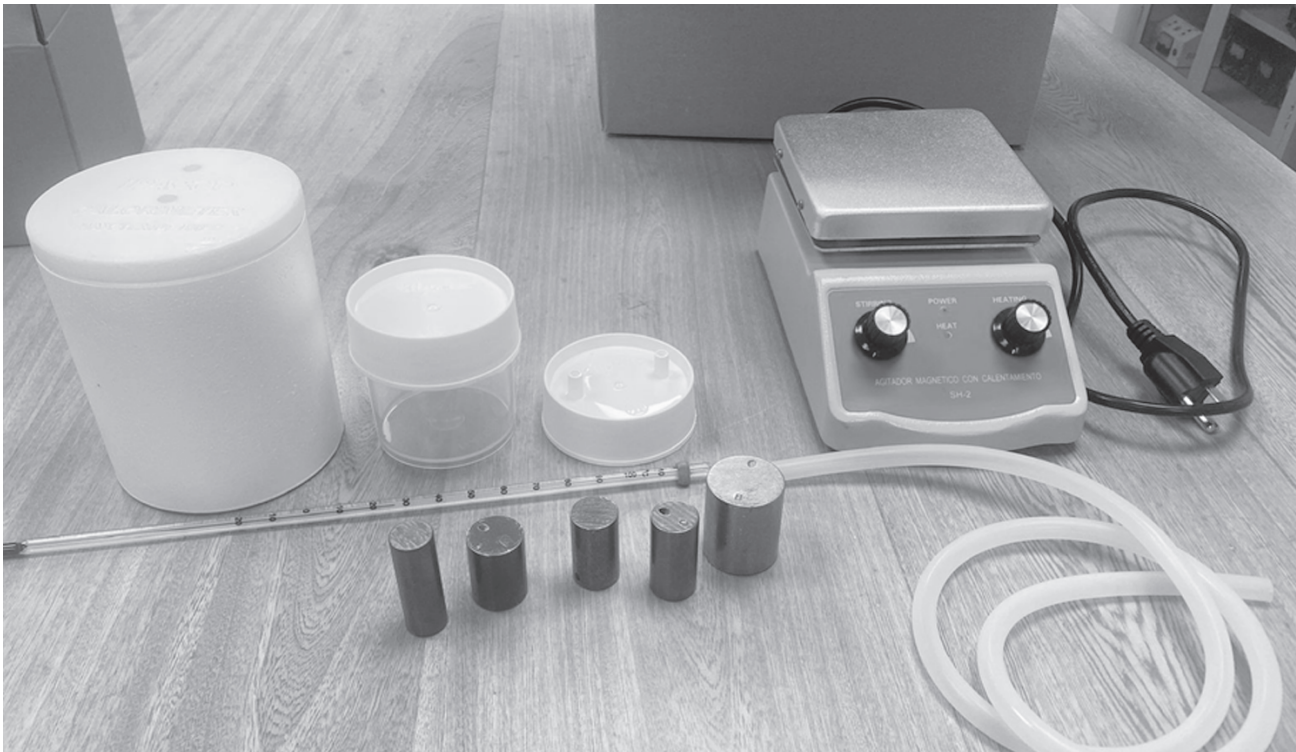


Figura 18. Materiales utilizados en el experimento de calor específico. Pasco Inc (2024)

Para efectuar este experimento realizaremos los siguientes pasos:

1. Medimos la masa m_s del sólido.
2. Medimos la masa m_a del agua contenida previamente en el calorímetro de icopor.
3. Calentamos el agua en un beacker hasta llegar al punto de ebullición y sumergimos el sólido por aproximadamente 5 minutos.
4. Anotamos la temperatura inicial del sólido T_s en agua hirviendo.
5. Medimos la temperatura inicial del agua. T_a .
6. Trasladamos rápidamente el sólido caliente al calorímetro con agua, tapamos y monitoreamos su temperatura.
7. Cuando la temperatura del sistema agua-sólido se equilibre, registramos la temperatura de equilibrio T_e .
8. Repetimos los pasos anteriores (1 al 7) utilizando otro sólido.

Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas
Experimento 4: Calor específico

Informe

4

Integrante

Fecha: Día / Mes / Año

1

2

3

4

5

Compara los resultados encontrados con los reportados por la literatura; identifica el material cuyo más se asemeja al obtenido experimentalmente y calcula el error porcentual con respecto al valor encontrado en la literatura. ¿Cuál consideras que fue la causa del error? Utiliza la ecuación 3 para calcularlo:

$$\%E = \frac{V_{teórico} - V_{experimental}}{V_{teórico}} \times 100\%$$

Considera dos cuerpos A y B que tienen la misma masa, pero diferente calor específico. El calor específico de A es mayor que el de B. Si a los cuerpos se les suministra la misma cantidad de calor durante el mismo tiempo, ¿qué cuerpo se calienta más rápido y por qué? Explica.

CALOR LATENTE

Fundamentos teóricos

Cuando una sustancia cambia de fase, la organización de sus moléculas se modifica. Si esta nueva organización requiere mayor energía interna, la sustancia absorberá calor para completar el cambio de fase (Alonso & Finn, 2014). Por el contrario, si la nueva organización requiere menor energía interna, la sustancia liberará el exceso de calor durante el proceso. Por ejemplo, el agua tiene una energía interna mayor que el hielo. Para disminuir las fuerzas que mantienen unidas a las moléculas en la estructura cristalina del hielo, el agua liberará una cierta cantidad de energía (Halliday, Resnick, & Walker, 2018). Esa misma energía es absorbida por el agua cuando sus moléculas se agrupan y se enlazan para formar un cristal de hielo.

En este experimento, medirás la diferencia de energía interna entre un gramo de hielo a 0 °C y un gramo de agua a 0 °C. Esta diferencia de energía se conoce como calor latente de fusión del agua y se define como

$$L = \frac{Q}{m}$$

Objetivo

Determinar experimentalmente el calor latente del agua mediante mediciones de transferencia de energía térmica, comprendiendo su relevancia en la explicación de los cambios de estado de la materia acordes al principio de conservación de la energía.

Montaje experimental

Emplearemos el *método de las mezclas* para calcular el calor latente de fusión del agua en dos estados iniciales sólidos y líquidos que se encuentran en contacto térmico, permaneciendo confinados en un calorímetro que impide la pérdida de energía con el exterior. Para esto, se utiliza el **juego básico de calorimetría (TD-8557C)** que consiste en un **conjunto de pesas para calor específico (SE-6849)**, un **recipiente con tapa de material poliestireno** y un **termómetro para inmersiones parciales (SE-9084B)** y una plancha eléctrica de calentamiento.



Figura 19. Materiales utilizados en el experimento de calor específico. Pasco Inc (2024)

Para hacer este experimento realizaremos los siguientes pasos:

1. Medimos la temperatura ambiente T_{amb} .
2. Medimos la masa del calorímetro seco y vacío m_{cal} .
3. Llenamos el calorímetro con agua tibia ($15\text{ }^{\circ}\text{C}$ por encima de la temperatura ambiente) hasta aproximadamente la mitad de su capacidad.
4. Medimos la nueva masa del calorímetro con agua $m_{cal} + m_{agua}$.
5. Medimos la temperatura del agua tibia $T_{inicial}$.
6. Antes de introducir cada trozo de hielo, nos aseguramos de retirar la capa de agua que lo rodea. Agregamos lentamente al agua tibia, revolviendo continuamente con el termómetro hasta que el hielo se derrita.

Cuando la temperatura de la mezcla agua-hielo descienda por debajo de la temperatura ambiente, la misma cantidad que el agua tibia estaba por encima de la temperatura ambiente, no introducimos más hielo y medimos la temperatura final del agua.

7. Inmediatamente después de medir, medimos la masa final del calorímetro y el agua mezclada m_{final} .

Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas
Experimento 5: Calor latente

Informe

5

Integrante

Fecha: Día / Mes / Año

1

2

3

4

5

Anotaciones

Tabla 13. Medidas para obtener el calor latente de fusión

Magnitudes	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
$T_{amb}(^{\circ}\text{C})$				
$m_{cal}(\text{kg})$				
$m_{cal+agua}(\text{kg})$				
$T_{inicial}(^{\circ}\text{C})$				
$T_{final}(^{\circ}\text{C})$				
$m_{final}(\text{kg})$				

Análisis y discusión de datos

Calcula la masa del hielo añadido al agua $m_{hielo} = m_{final} - m_{cal + agua}$

Tabla 14. Masas del hielo en cada prueba

Magnitudes	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
$m_{hielo}(\text{kg})$				

La cantidad de calor absorbido por el hielo para fundirse y luego calentarse a T_{final} debe ser igual al calor absorbido por el agua para calentarse hasta T_{final} . Utiliza la siguiente ecuación para despejar y calcular el calor latente de fusión L_f , y registra en la tabla para cada prueba.

$$m_{hielo} \cdot L_f + m_{hielo} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot K \cdot (T_{final} - 0^{\circ}\text{C}) = m_{agua} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot K \cdot (T_{inicial} - T_{final})$$

Tabla 15. Cálculos de calor latente de fusión, incertidumbre y error

Magnitudes	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
$L_f(^{\circ}\text{C})$				
$\bar{L}_f(^{\circ}\text{C})$				
Porcentaje de incertidumbre				
Porcentaje de error				

Ten en cuenta la diferencia entre incertidumbre y error.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, M., & Finn, E. (2014). *Física: Campos y ondas*. México: Addison-Wesley Iberoamericana.

Gibilisco, S. (2007). *Electricity Experiments*. McGraw-Hill.

Giancoli, D. (2019). *Física: Principios con aplicaciones*. Pearson.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). *Fundamentos de Física*. Wiley.

Hewitt, P. (2010). *Física conceptual*. Pearson Educación.

Mendoza Dueñas, J. (2002). *Física*. McGraw-Hill Iberoamerica.

PASCO Scientific. (2024). *Innovative Science and Engineering Solutions*. <http://www.pasco.com>

Sears, F., Zemansky, M., Young, H., & Freedman, R. (2013). *Física universitaria*. Pearson.

Serway, R., & Vuille, C. (2014). *Fundamentos de Física*. Cengage Learning.

Tripler, P., & Mosca, G. (2021). *Física para Ciencias e Ingeniería*. Reverté.

Esta obra propone un acercamiento a la Física de Ondas y Partículas desde la práctica experimental. Dirigida a estudiantes, docentes y entusiastas de la ciencia, presenta un recorrido por fenómenos fundamentales como el análisis de resultados, el sistema masa-resorte, el péndulo simple, el calor específico y el calor latente, a través de experimentos diseñados con rigor y claridad.

Cada capítulo combina fundamentos teóricos, procedimientos experimentales, análisis de resultados y el apoyo de herramientas informáticas como Microsoft Excel y el software Capstone, promoviendo la precisión, la reflexión crítica y la capacidad de interpretación.

Con un enfoque didáctico y enriquecido con recursos visuales, este libro vincula la física con su aplicación en la vida académica y profesional, estimulando la curiosidad científica y fortaleciendo competencias esenciales para comprender y explicar los fenómenos naturales.

Un texto indispensable para quienes desean experimentar la física en toda su riqueza, desde la observación hasta el análisis.

ISBN: 978-628-7852-01-3



**Facultad de
Ciencias Básicas
y Biomédicas**