

# Práctica de Simulación para el Oscilador Amortiguado

Autor: Juan David Ramírez Cadavid  
Universidad de Antioquia - Instituto de Física. Medellín - Antioquia.

## 1. Introducción.

En esta sección de simulación colocará en práctica lo visto en el marco teórico sobre el oscilador amortiguado. Para esto usted tendrá una interfaz realizada en p5.js, con código abierto el cuál podrá copiar y pegar para que pueda ser trabajado y analizado en visual studio code o en la web a través de p5js.org. La finalidad de la presente simulación es que el estudiante pueda entender los concepto físicos sobre el movimiento de un oscilador amortiguado y como a través de la modificación de los parámetros físicos se puede inducir a un sistema disipativo.

La práctica de simulación contiene los objetivos de estudio, el resumen de la descripción del fundamento físico, el funcionamiento de la simulación y las actividades a desarrollar a través de la práctica.

## 2. Objetivo y Motivación.

### 2.1. Objetivo General.

Estudiar el movimiento de un oscilador amortiguado a través de la modificación de los parámetros físicos que describen el sistema, entendiendo el concepto de disipación de la energía.

### 2.2. Motivación.

La principal motivación de la presenta práctica de simulación es el entendimiento del movimiento oscilatorio disipativo de un oscilador amortiguado a través de la variación de los parámetros físicos que describen el sistema, considerando que el movimiento mecánico de un sistema no solo se inscribe en el conocimiento y solución de las ecuaciones, sino que dependen de condiciones iniciales y de frontera del sistema que afectan el movimiento.

### 3. Descripción del Fundamento Físico.

El sistema es una partícula puntual adherida a un resorte que se encuentran en un medio que le ofrece resistencia para el movimiento. En este caso el sistema solo podrá oscilar con la selección adecuada de los parámetros físicos, siendo la masa (**m**), la constante elástica (**k**) y el coeficiente de amortiguamiento (**b**), este último asociado a la viscosidad del medio. La elección de estos parámetros permitirá observar el estado oscilatorio, si el coeficiente de amortiguamiento es muy grande o la constante elástica es débil, el sistema no oscilará. Para ampliar la información deberá recurrir al marco teórico.

El sistema será representado por los siguientes casos:

- 1). **CASO I:**  $\lambda^2 - \omega^2 > 0$  **Caso sobreamortiguado.** La solución de la ecuación de movimiento es:  $y(t) = c_1 e^{m_1 t} + c_2 e^{m_2 t}$
- 2). **CASO II:**  $\lambda^2 - \omega^2 = 0$  **Caso críticamente amortiguado.** La solución de la ecuación de movimiento es:  $y(t) = c_1 e^{m_1 t} + c_2 t e^{m_1 t}$
- 3). **CASO III:**  $\lambda^2 - \omega^2 < 0$  **Caso subamortiguado.** La solución de la ecuación de movimiento es:  $y(t) = e^{-\lambda t} (c_1 \cos(\sqrt{\omega^2 - \lambda^2} t) + c_2 \sin(\sqrt{\omega^2 - \lambda^2} t))$

### 4. Descripción de la Simulación.

Al ingresar aparecerá la siguiente interfaz (*figura 1*). En la margen izquierda de la pantalla encontrará el código, el cuál usted podrá modificar o revisar, encontrando los comentarios sobre cada una de las piezas o líneas de código. En la margen derecha verá la visualización de la simulación para el sistema. La simulación inicia con unos parámetros establecidos, los cuales podrá modificar.

En la zona de visualización de la simulación encontrará una serie de sliders, estos le permitirán modificar los parámetros físicos del sistema. En la *tabla 01*, encontrará los rangos y la descripción de cada slider.

En la parte superior izquierda de la pantalla encontrará el cronometro, el cuál contabilizará el tiempo medido en segundos para el registro de datos. También encontrará cinco botones:

- **Pause:** detiene la simulación sin modificar los valores introducidos por el usuarios.
- **Play:** reinicia la simulación en el lapso de tiempo dejado por el usuario y con los parámetros introducidos.
- **Reset:** reinicia la simulación con los valores por default.

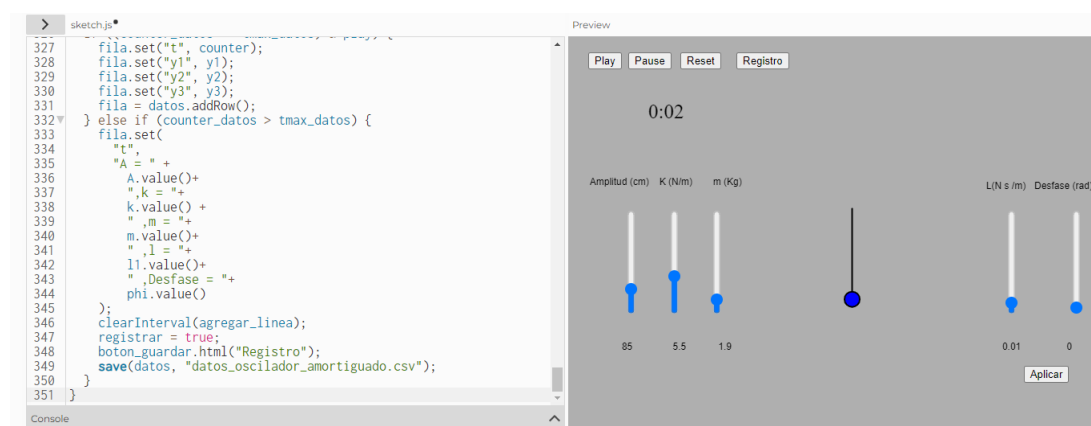


Figura 1:  
Interfaz o consola de simulación.

Variable	Descripción	Rango	Unidad
Amplitud	Modifica la longitud de elongación del resorte.	30- 300	$cm$
K	Modifica la constante elástica del resorte.	0.5 - 15	$\frac{N}{m}$
$m$	Modifica la cantidad de masa.	0.1 - 20	$Kg$
$\lambda$	Modifica el coeficiente de amortiguamiento.	0.0 - 0.2	$\frac{N*s}{m}$
Desfase	Modifica el valor del desfase.	0.0 - $\pi$	$rad$

Cuadro 1: Descripción de los sliders para el oscilador amortiguado.

- **Aplicar:** permite aplicar los cambios introducidos a manipular los sliders.
- **Registro:** permite almacenar la información y ser exportados en un archivo .csv

Al momento de inicializar la interfaz la simulación empezará a correr con los valores por default. Si desea introducir valores nuevos y que estos sean aplicados deberá seguir el siguiente procedimiento:

- 1). Pausar la simulación.
- 2). Modificar los sliders.
- 3). Presionar el botón aplicar, esto reinicia con los valores aplicados y reinicia el contador.
- 4). Presionar el botón registro y luego el botón play, con esto inicializará la simulación y se irán guardando los datos, cuando crea usted que tiene una suficiente cantidad de datos proceda a presionar el botón

guardar y este descargará un archivo .csv en su computador, para que puedan ser cargados en el editor de su preferencia.

El archivo descargado tendrá los parámetros usados en el sistema y las posiciones ( $y_1, y_2$  o  $y_3$ ). De acuerdo a los parámetros del sistema deberá identificar que tipo de sistema representa, siendo  $y_1$  para el sistema amortiguado,  $y_2$  para el sistema críticamente amortiguado y  $y_3$  para el sistema subamortiguado.

## 5. Práctica de Simulación.

### 5.1. Práctica 01 - Sistema subamortiguado.

Seleccione los parámetros adecuados de constante de amortiguamiento ( $\lambda$ ), masa ( $m$ ) y constante elástica ( $k$ ) que permita obtener un sistema oscilatorio, para esto puede revisar el caso III referido en el marco teórico. Cuando haya comprobado que ha obtenido un sistema oscilatorio, proceda a aplicar los valores en el sistema y correr la simulación respectiva para almacenar los datos. Con los datos almacenados proceda a realizar el siguiente procedimiento:

- Grafique la posición respecto al tiempo ( $y_i$  vs  $t$ ). ¿Qué puede describir acerca del sistema?
- Determine la amplitud del sistema ( $A$ ).
- Sobre el gráfico anterior trace la componente exponencial ( $Ae^{-\lambda t}$ ) y comente sobre las observaciones. ¿Qué puede decir sobre esta componente y que papel juega sobre la evolución del sistema?
- Determine la energía total del sistema, para esto deberá hallar la energía cinética y la energía potencial elástica. Grafique la energía total del sistema respecto al tiempo ( $E$  vs  $t$ ). ¿Qué puede inferir acerca del comportamiento de la energía del sistema? ¿El sistema conserva o no su energía y por qué, compáre con el caso sin fricción?
- Determine el factor de calidad del sistema ( $Q$ ). Realice sus observaciones respecto a este factor de calidad.

En relación a la posición respecto al tiempo deberá obtener una gráfica aproximada como se muestra en la *figura 02*, para la energía total del sistema respecto al tiempo deberá obtener una gráfica como la presentada en la *figura 03*.

Repita el procedimiento anterior para los siguientes casos:

- Seleccione tres valores de constante de amortiguamiento, corra la simulación y grafique en un mismo gráfico la posición para los tres casos

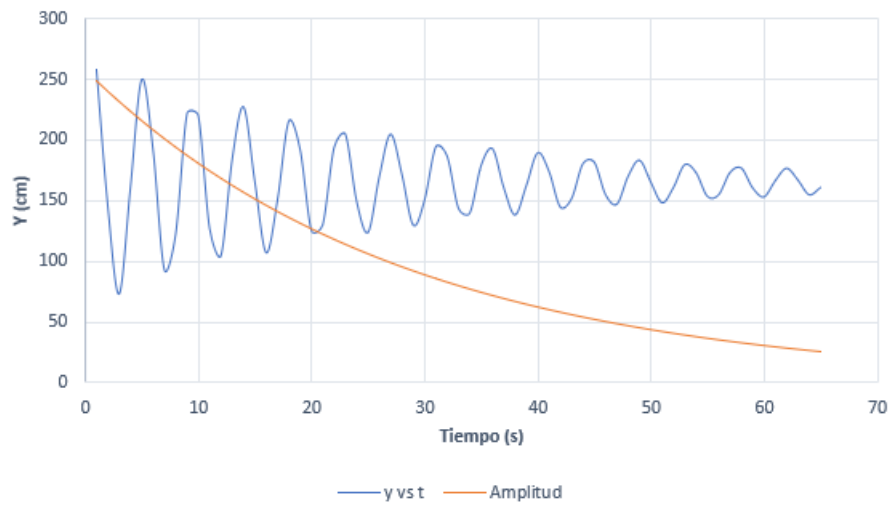


Figura 2:  
Gráfico de la posición respecto al tiempo.

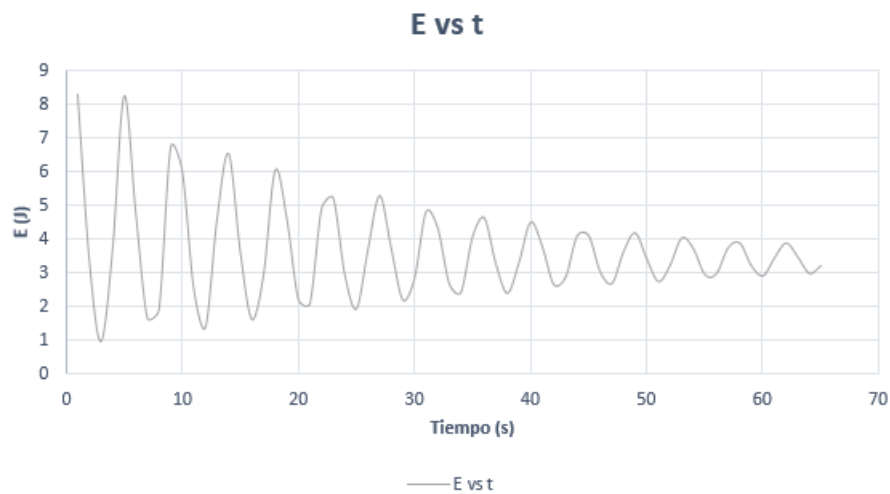


Figura 3:  
Gráfico de la energía total del sistema.

y la energía en otro gráfico para los mismos casos. ¿Qué puede inferir sobre los tres sistemas?. Puede considerar algunas de las siguientes constantes de amortiguamiento descritas en la *tabla 01*.

- Seleccione tres valores de constante elástica, utilizando los valores an-

Medio	Constante de amortiguamiento
Sin fricción	0.0
Aire	$\approx 0.0085$
Agua	$\approx 0.18$
Miel	$\approx 0.3$
Aceite vegetal	$\approx 0.15$
Nitrógeno ( $N_2$ )	$\approx 0.0076$
Glicerina	$\approx 0.27$

Cuadro 2: Valores de la constante de amortiguamiento.

	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$
$k_1$			
$k_2$			
$k_3$			

Cuadro 3: Variación del factor de calidad con masa constante.

teriores del coeficiente de amortiguamiento y para un valor de masa fijo seleccionado y construya la siguiente tabla: En cada una de las celdas deberá determinar el factor de calidad del sistema con masa constante. ¿Qué conclusiones puede sacar al respecto?.

- Repita el procedimiento anterior pero esta vez dejando invariable la constante elástica del resorte y determine los valores para la siguiente tabla: En cada una de las celdas deberá determinar el factor de calidad del sistema con coeficiente de elasticidad constante. ¿Qué conclusiones puede sacar al respecto?
- Para tres valores de desfase  $\phi_1, \phi_2$  y  $\phi_3$  y  $\lambda, m$  y  $k$  constantes determine la posición y la energía de los tres casos. ¿Qué conclusión puede sacar al respecto? ¿Cómo es la energía para los tres casos?

## 5.2. Práctica 02. Sistema críticamente amortiguado o sobre-amortiguado.

Seleccione los parámetros adecuados de constante de amortiguamiento ( $\lambda$ ), masa ( $m$ ) y constante elástica ( $k$ ) que permita obtener un sistema amortiguado, para esto puede revisar el caso I y II referido en el marco teórico. Cuando haya comprobado que ha obtenido un sistema amortiguado, proceda a aplicar los valores en el sistema y correr la simulación respectiva para almacenar los datos. Con los datos almacenados proceda a realizar el siguiente procedimiento:

	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$
$m_1$			
$m_2$			
$m_3$			

Cuadro 4: Variación del factor de calidad con k constante.

- Grafiqué la posición respecto al tiempo ( $y_i$  vs  $t$ ). ¿Qué puede describir acerca del sistema?
- Determine la energía total del sistema, para esto deberá hallar la energía cinética y la energía potencial elástica. Grafiqué la energía total del sistema respecto al tiempo ( $E$  vs  $t$ ). ¿Qué puede inferir acerca del comportamiento de la energía del sistema? ¿El sistema conserva o no su energía y por qué, comparé con el caso sin fricción?

En relación a la posición respecto al tiempo deberá obtener una gráfica aproximada como se muestra en la *figura 04*.

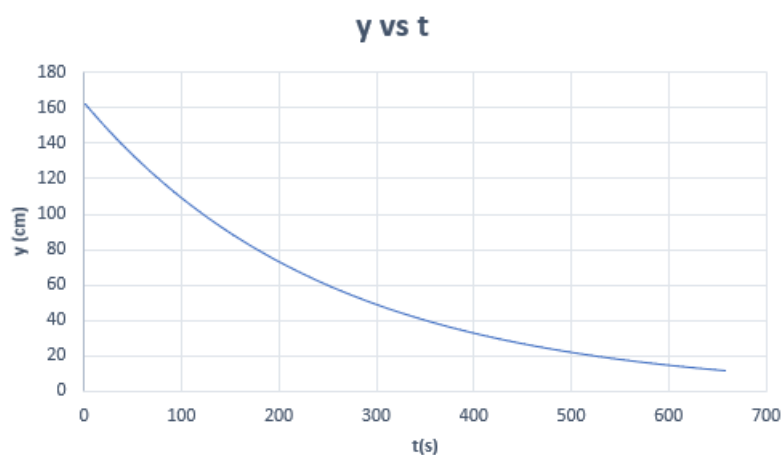


Figura 4:  
Gráfico de la posición respecto al tiempo para caso amortiguado.