



# La Energía en los Procesos de la Vida Diaria I

**Bachillerato Semiescolarizado**

José Alberto Alvarado Lemus  
Pedro Oliver Cabanillas García  
Jesús Alfonso Félix Madrigal

$$F = ma$$

$$V = F \cdot d$$

$$U = \frac{1}{2} CV$$

# **DIRECTORIO**

Dr. Jesús Madueña Molina

**Rector Titular**

Dra. Nidia Yuniba Brunn Corona

**Secretaria General**

Dra. Elizabeth Castillo Cabrera

**Secretaria de Administración y Finanza**

MC. Sergio Mario Arredondo Sala

**Secretario Académico Universitario**

MC. Marisol Mendoza Flores

**Directora de DGEP**

Dr. Damián Enrique Rendón Toledo

**Subdirector Académico de DGEP**

Dra. Pamela Herrera Ríos

**Subdirectora Administrativa de DGEP**

José Alberto Alvarado Lemus  
Pedro Oliver Cabanillas García  
Jesús Alfonso Félix Madrigal

# **La Energía en los Procesos de la Vida Diaria I**

## **Bachillerato Semiescolarizado**

# **La Energía en los Procesos de la Vida Diaria I**

## **Bachillerato Semiescolarizado**

José Alberto Alvarado Lemus

Pedro Oliver Cabanillas García

Jesús Alfonso Félix Madrigal

Primera edición: marzo de 2025

Universidad Autónoma de Sinaloa

Dirección General de Escuelas Preparatorias

Ciudad Universitaria, Circuito Interior Ote. S/N, C.P. 80013

Teléfono: 66 77 12 16 53, Culiacán, Sinaloa, México.

Prohibida la reproducción total o parcial de la obra por cualquier medio o método o en cualquier forma electrónica, mecánica, incluso fotocopia, información, sin la autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. Todos los derechos reservados

Impreso en México

Printed in Mexico

# Índice

Progresión de aprendizaje 1 .....	9
CT3. Medir la masa, fuerza y aceleración para calcular el movimiento de objetos. ....	9
<b>1. Fundamentos de fuerzas y movimiento .....</b>	<b>11</b>
1.1. Leyes de Newton: inercia, fuerza y acción-reacción.....	11
1.2. Relación entre fuerza, masa y aceleración.....	13
1.3. Patrones de movimiento y su predicción .....	14
Progresión de aprendizaje 2.....	22
<b>2. Trabajo, energía y potencia.....</b>	<b>25</b>
2.1. Definición de trabajo en física .....	25
2.2. Energía cinética y energía potencial .....	26
2.3. Potencia y eficiencia energética .....	27
Progresión de aprendizaje 3.....	35
<b>3. Conservación de la energía en sistemas físicos.....</b>	<b>37</b>
3.1. Ley de conservación de la energía.....	37
3.2. Energía mecánica en sistemas cerrados .....	38
3.3. Transferencia y transformación de energía .....	40
Progresión de aprendizaje 4.....	49
<b>4. Impulso y cantidad de movimiento .....</b>	<b>51</b>
4.1. Introducción al impulso y cantidad de movimiento .....	51
4.2. Conservación de la cantidad de movimiento.....	53
4.3. Colisiones elásticas e inelásticas .....	53
Progresión de aprendizaje 5.....	61
<b>5. Fuerzas gravitacionales y campos gravitatorios.....</b>	<b>63</b>
5.1. Ley de gravitación universal de Newton.....	63
5.2. Campo gravitatorio y energía potencial gravitatoria .....	65
5.3. Aplicaciones de la gravitación en la vida diaria .....	65
Progresión de aprendizaje 6.....	73
<b>6. Fuerzas electrostáticas y campos eléctricos .....</b>	<b>75</b>
6.1. Ley de Coulomb y cargas eléctricas .....	75
6.2. Campo eléctrico y energía potencial eléctrica.....	77

6.3. Aplicaciones de la electrostática en la vida diaria .....	79
Progresión de aprendizaje 7 .....	86
<b>7. Campos magnéticos y electromagnetismo .....</b>	<b>89</b>
7.1. Generación y propiedades de campos magnéticos .....	89
7.2. Interacción entre corrientes y campos magnéticos .....	90
7.3. Leyes de Ampère y Biot-Savart.....	91
Progresión de aprendizaje 8.....	100
<b>8. Inducción electromagnética .....</b>	<b>102</b>
8.1. Ley de Faraday y ley de Lenz .....	102
8.2. Generación de corriente eléctrica mediante inducción.....	104
8.3. Aplicaciones: generadores y transformadores .....	104
Progresión de aprendizaje 9 .....	112
<b>9. Ondas electromagnéticas y radiación .....</b>	<b>114</b>
9.1. Naturaleza de las ondas electromagnéticas.....	114
9.2. Espectro electromagnético .....	116
9.3. Interacción de la radiación electromagnética con la materia .....	117
Progresión de aprendizaje 10.....	125
<b>10. Dualidad onda-partícula y fotones .....</b>	<b>127</b>
10.1. Concepto de dualidad onda-partícula .....	127
10.2. Comportamiento de los fotones .....	128
10.3. Aplicaciones en tecnología y medicina .....	129
Progresión de aprendizaje 11 .....	135
<b>11. Conservación de la energía en campos .....</b>	<b>137</b>
11.1. Energía almacenada en campos eléctricos y magnéticos .....	137
11.2. Interacciones entre objetos y campos .....	139
11.3. Cambios en la energía del campo .....	140
Progresión de aprendizaje 12.....	148
<b>12. Energía eléctrica: generación y almacenamiento .....</b>	<b>150</b>
12.1. Fuentes de energía eléctrica .....	150
12.2. Almacenamiento y transmisión de energía eléctrica .....	152
12.3. Producción de energía: métodos e implicaciones .....	154
Referencias Bibliográficas .....	159

## A estudiantes y profesores

Este libro está diseñado para desarrollar el programa de estudio de la Unidad de Aprendizaje Curricular de La Energía en los Procesos de la Vida Diaria I, del Plan de Estudio del Bachillerato Semiescolarizado, de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Nuestro objetivo es proporcionar una experiencia de aprendizaje activo y enriquecedora que permita a los estudiantes comprender los conceptos teóricos y prácticos de la conservación de la energía, siguiendo el enfoque de progresiones de aprendizaje y el modelo de enseñanza 5E.

El libro está estructurado en 12 progresiones de aprendizaje, cada una centrada en un tema específico relacionado con la conservación de la energía. Cada progresión sigue el modelo 5E, que comienza con la fase "Engage" (Empezamos), donde se presenta una actividad o pregunta que despierta el interés y la curiosidad de los estudiantes sobre el tema. A continuación, en la fase "Explore" (Exploramos), los estudiantes participan en actividades prácticas, simulaciones virtuales o discusiones que les permiten explorar los conceptos y desarrollar su comprensión. Luego, en la fase "Explain" (Explicación), se presentan los fundamentos teóricos del tema, proporcionando definiciones, fórmulas y principios clave. En la fase "Elaborate" (Elaboración), los estudiantes aplican los conceptos aprendidos a través de la resolución de problemas situados y actividades de extensión. Finalmente, en la fase "Evaluate" (Evaluación), se presentan problemas cualitativos y cuantitativos para evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los conceptos y su capacidad para aplicarlos.

Se espera que los estudiantes participen activamente en las actividades propuestas, colaboren con sus compañeros y contribuyan al desarrollo de un ambiente de aprendizaje colaborativo. Es importante que los estudiantes revisen el material teórico y las instrucciones de cada progresión antes de realizar las actividades para maximizar el aprovechamiento del tiempo y la efectividad del aprendizaje.

Cada progresión incluye una guía detallada con objetivos específicos, actividades y preguntas de reflexión, facilitando la planificación y ejecución de las sesiones de aprendizaje. Los enlaces a simuladores virtuales proporcionan una herramienta valiosa para complementar las actividades y ofrecer experiencias de aprendizaje interactivas. Se recomienda utilizar las preguntas de reflexión y los problemas propuestos para realizar una evaluación formativa que permita identificar áreas de mejora y reforzar el aprendizaje de los estudiantes.

Esperamos que este libro sea una herramienta útil para estudiantes y profesores en el estudio de la conservación de la energía, y que contribuya al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y comprensión de los principios fundamentales de la física.

# CÁPSULA SEMANAL

## 1

<b>Asesoría presencial grupal (APG)</b>	<b>Asesorías personalizadas o por equipo (AP)</b>	<b>Autoestudio (AUTE)</b>
<b>1 hora</b>	<b>1 hora</b>	<b>2 hora</b>

## Progresión de aprendizaje 1

Aplicar las Leyes de Newton para describir cómo las fuerzas modifican el estado de reposo o movimiento de los objetos. Explicar la relación entre la masa, la aceleración y la fuerza aplicada, demostrando el principio de acción y reacción en diferentes situaciones.

### Metas de aprendizaje

CC. Aplicar las Leyes de Newton para entender el papel de la energía en el movimiento en la vida diaria.

CT2. Analizar la relación de causa y efecto entre fuerzas y aceleración en objetos en movimiento.

CT3. Medir la masa, fuerza y aceleración para calcular el movimiento de objetos.

CT4. Modelar sistemas físicos utilizando ecuaciones de movimiento.

CT7. Evaluar la estabilidad y cambio en sistemas cuando se aplican diferentes fuerzas.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT2. Causa y efecto

CT3. Medición

CT4. Sistemas

CT7. Estabilidad y cambio

## 1. Introducción General

La física que nos rodea está llena de maravillas cotidianas que, sin saberlo, obedecen a principios fundamentales. Cuando viajamos en autobús y sentimos que nos empuja hacia atrás al arrancar, cuando pateamos un balón y este se mueve por el campo, o cuando sostenemos una bolsa de compras, estamos experimentando las leyes de Newton en acción. En esta unidad, exploraremos cómo las fuerzas moldean nuestro mundo, permitiéndonos entender y predecir el movimiento de los objetos que nos rodean, desde el más pequeño juguete hasta los vehículos más grandes.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos adentraremos en el fascinante mundo de las fuerzas y el movimiento a través de una experiencia interactiva que nos permitirá observar, manipular y comprender cómo las fuerzas afectan los objetos en nuestro entorno cotidiano.

**Actividad Práctica:** Explorando las fuerzas y el movimiento

**Objetivo:** Analizar la relación entre fuerza, masa y aceleración para comprender la segunda ley de Newton y su aplicación práctica en contextos cotidianos.

### Introducción teórica:

La segunda ley de Newton establece que la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa. En esta actividad, se explorará cómo estas variables interactúan entre sí utilizando un simulador interactivo que permite visualizar y manipular diferentes condiciones físicas de forma dinámica. El simulador facilitará la comprensión de cómo la masa y la fuerza aplicada influyen en la aceleración.

### Acceso al recurso

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/forces-and-motion-basics>



Fig. 1-P1. Simulador virtual de fuerzas y movimiento. Fuente: PhET Interactive Simulations.

### Procedimiento

Accede al simulador utilizando el enlace proporcionado y selecciona la ventana "Aceleración" desde el menú principal. Familiarízate con los elementos disponibles, incluyendo el indicador de rapidez, la aceleración, el control de fuerza aplicada, las masas seleccionables, y el ajuste de fricción.

Primero, selecciona la caja de 50 kg y colócala en el escenario. Ajusta la fuerza aplicada a 100 N hacia la derecha utilizando el control deslizante. Asegúrate de que la fricción

esté configurada en un nivel bajo o "Ninguna". Observa el movimiento de la caja y registra los valores de aceleración y rapidez mostrados en el simulador.

A continuación, cambia la masa del objeto seleccionando la caja de 100 kg, manteniendo la fuerza aplicada en 100 N y la fricción sin modificar. Observa y compara la aceleración resultante con la obtenida anteriormente. Reflexiona sobre cómo la masa afecta la aceleración del objeto.

Luego, aumenta la fuerza aplicada a 200 N mientras mantienes la masa del objeto en 100 kg. Observa cómo este cambio modifica la aceleración del objeto. Registra los valores correspondientes y analiza la relación entre fuerza y aceleración.

Por último, ajusta la fricción del simulador al máximo y observa cómo este cambio afecta el movimiento del objeto. Repite la prueba con las mismas configuraciones de masa y fuerza, y analiza cómo la fricción interactúa con las fuerzas aplicadas.

### **Evaluación:**

Responde a las siguientes preguntas con base en las observaciones realizadas:

1. ¿Qué relación observas entre la fuerza aplicada y la aceleración del objeto cuando la masa se mantiene constante?
2. ¿Cómo cambia la aceleración cuando se duplica la masa del objeto con una fuerza constante?
3. ¿Qué efecto tiene la fricción en el movimiento del objeto?

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, estudiaremos conceptos fundamentales que explican cómo las fuerzas modifican el movimiento de los objetos, presentando las leyes de Newton de manera clara y relacionándolas con experiencias cotidianas que nos resultan familiares.

### **1. Fundamentos de fuerzas y movimiento**

El estudio de las fuerzas y el movimiento constituye uno de los principios fundamentales de la física clásica, proporcionando una base sólida para comprender cómo interactúan los objetos en nuestro entorno cotidiano. Este campo de estudio, conocido como mecánica newtoniana, nos permite analizar y predecir el comportamiento de los cuerpos bajo la influencia de diversas fuerzas, sentando las bases para aplicaciones prácticas en ingeniería, tecnología y ciencias naturales.

#### **1.1. Leyes de Newton: inercia, fuerza y acción-reacción**

Las leyes de Newton, formuladas por Sir Isaac Newton en el siglo XVII, constituyen un hito en la historia de la física al establecer la relación entre las fuerzas que actúan sobre un objeto y su movimiento resultante.

La primera ley de Newton establece que un objeto permanecerá en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme a menos que una fuerza externa actúe sobre él. Este

principio desafió la concepción aristotélica predominante durante siglos, que sostenía que los objetos necesitaban una fuerza constante para mantener su movimiento. Un ejemplo cotidiano de la inercia se observa cuando un automóvil frena repentinamente: los pasajeros experimentan una tendencia a continuar moviéndose hacia adelante, ilustrando la resistencia de los cuerpos a cambiar su estado de movimiento.



Fig. 2-P1. Primera ley de Newton. La inercia mantiene a la persona en movimiento hasta que el cinturón de seguridad aplica una fuerza externa que lo detiene.

La segunda ley de Newton establece la relación entre la fuerza aplicada a un objeto, su aceleración y su masa. Esta ley se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Donde  $\vec{F}$  representa la fuerza neta aplicada en newtons (N),  $m$  la masa del objeto en kilogramos (kg) y  $\vec{a}$  la aceleración del objeto en metros sobre segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ). Esta ecuación fundamental nos permite cuantificar cómo las fuerzas afectan el movimiento de los objetos. Es importante destacar que esta ley implica que objetos con mayor masa requieren más fuerza para alcanzar la misma aceleración que objetos más ligeros.

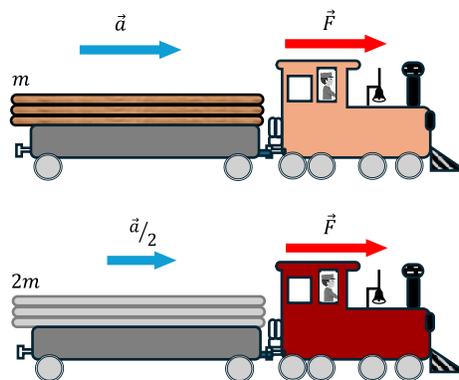


Fig. 3-P1. El vagón con las vigas de acero tiene mayor masa y, por tanto, su inercia también es mayor.

La tercera ley de Newton establece que para cada acción hay una reacción igual y opuesta. Esta ley revela la naturaleza simétrica de las interacciones entre objetos. Un ejemplo clásico es el retroceso de un arma al disparar: la fuerza que impulsa la bala hacia adelante es igual en magnitud, pero opuesta en dirección, a la fuerza que empuja el arma hacia atrás.

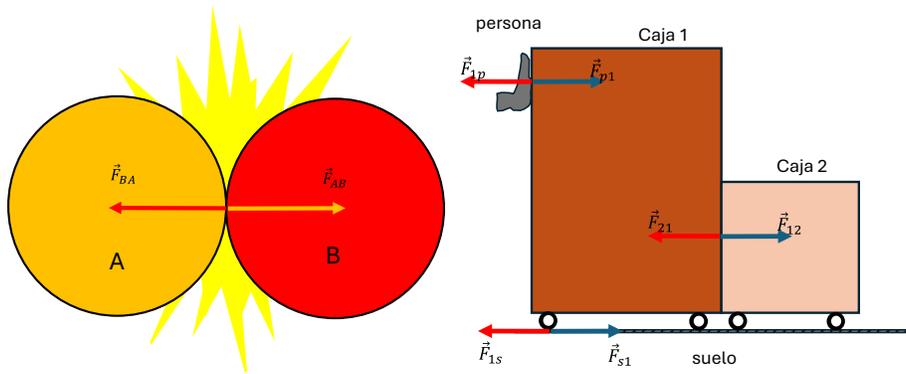


Fig. 4-P1. Tercera ley de Newton. a) Un cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B. El cuerpo B debe entonces ejercer una fuerza sobre el cuerpo A. b) Ejemplo acción y reacción.

## 1.2. Relación entre fuerza, masa y aceleración

La segunda ley de Newton constituye una herramienta fundamental para analizar la influencia de las fuerzas sobre el movimiento de los objetos. Consideremos un escenario donde aplicamos una fuerza constante a objetos de diferentes masas. Si mantenemos la fuerza constante y variamos la masa, observaremos que objetos más pesados experimentan menor aceleración. Por otro lado, si mantenemos la masa constante y aumentamos la fuerza aplicada, la aceleración aumentará proporcionalmente.

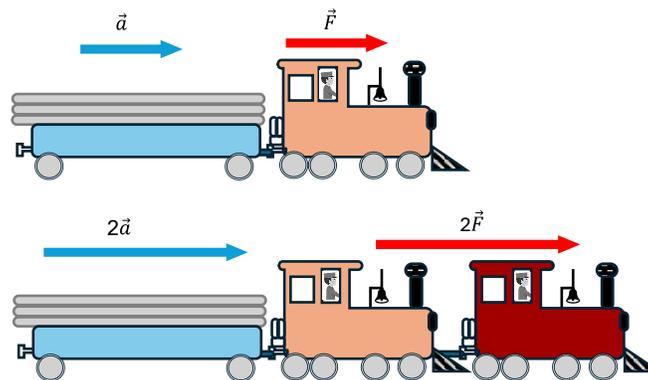


Fig. 5-P1. Si la aceleración de un cuerpo se duplica, significa que la fuerza aplicada también se ha duplicado.

Para ilustrar este concepto, imaginemos dos cajas en una superficie sin fricción: una caja A de 5 kg y una caja B de 10 kg. Si aplicamos una fuerza de 20 N a cada caja, podemos calcular sus aceleraciones:

$$\text{Para la caja A: } a_1 = F/m_1 = 20 \text{ N} / 5 \text{ kg} = 4 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Para la caja B: } a_1 = F/m_2 = 20 \text{ N} / 10 \text{ kg} = 2 \text{ m/s}^2$$

Este ejemplo ilustra cómo la masa afecta la aceleración resultante al aplicar una fuerza constante. Una caja de menor masa experimenta una aceleración mayor, lo que concuerda con nuestra intuición física cotidiana.

Es fundamental entender que la fuerza es una magnitud vectorial, lo que implica que posee tanto magnitud como dirección. Cuando múltiples fuerzas actúan sobre un objeto,

es necesario considerar su suma vectorial para determinar la fuerza neta y, por consiguiente, la aceleración resultante

### 1.3. Patrones de movimiento y su predicción

La comprensión de las Leyes de Newton nos permite predecir y analizar patrones de movimiento en diversos contextos. Estos patrones son fundamentales para entender cómo las fuerzas afectan el comportamiento de los objetos en nuestro entorno físico. A continuación, se presentan dos de los patrones de movimiento más esenciales: el Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) y el Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA).

El MRU se caracteriza por el desplazamiento de un objeto en línea recta con velocidad constante y aceleración nula. En este tipo de movimiento, la velocidad del objeto no varía con el tiempo, lo que implica que no hay fuerzas resultantes actuando sobre él. La ecuación de MRU se describe como:

$$x = x_0 + vt$$

Donde  $x$  es la posición final,  $x_0$  es la posición inicial, ambas en metros (m),  $v$  es la velocidad en metros sobre segundo (m/s) y  $t$  es el tiempo transcurrido en el movimiento en segundos (s).

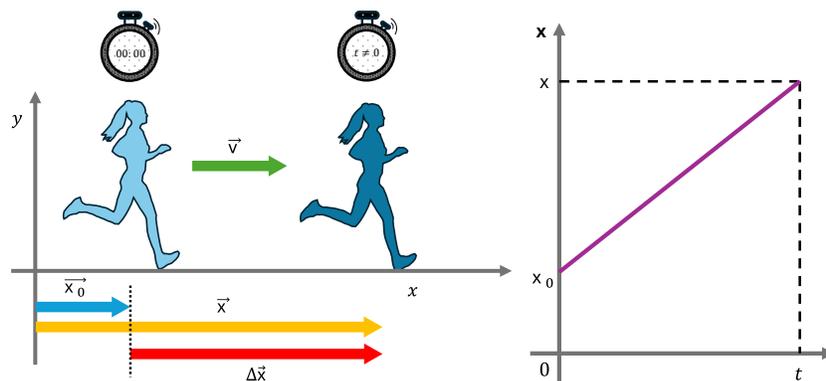


Fig. 6-P1. a) La posición  $x$  en cierto instante  $t$ , se halla añadiendo el desplazamiento  $\Delta x$  a la posición inicial  $x_0$ . b) Gráfico de  $x(t)$  para un movimiento rectilíneo uniforme.

Por otra parte, en el MRUA la velocidad del objeto cambia de manera uniforme con el tiempo. Podemos describir este movimiento utilizando ecuaciones cinemáticas que relacionan desplazamiento, velocidad, aceleración y tiempo. Las ecuaciones establecidas para el MRUA son las siguientes:

$$v = v_0 + at$$

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

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

$$\Delta x = \left( \frac{v_0 + v}{2} \right) t$$

Donde  $v_0$  es la velocidad inicial en metros sobre segundo (m/s) y  $\Delta x$  es el desplazamiento en metros (m). Estas ecuaciones nos permiten predecir las diversas variables que contiene el concepto de MRUA.

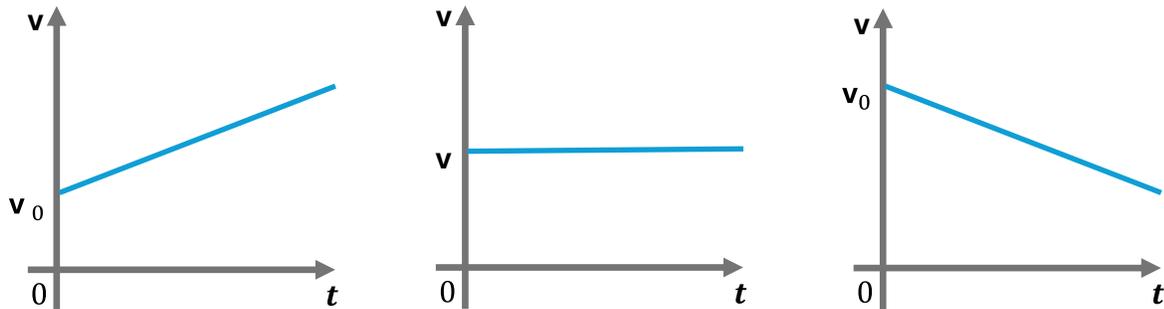


Fig. 7-P1. Gráficos de velocidad en función del tiempo para el movimiento uniformemente acelerado: a) aceleración positiva, b) aceleración nula y c) aceleración negativa.

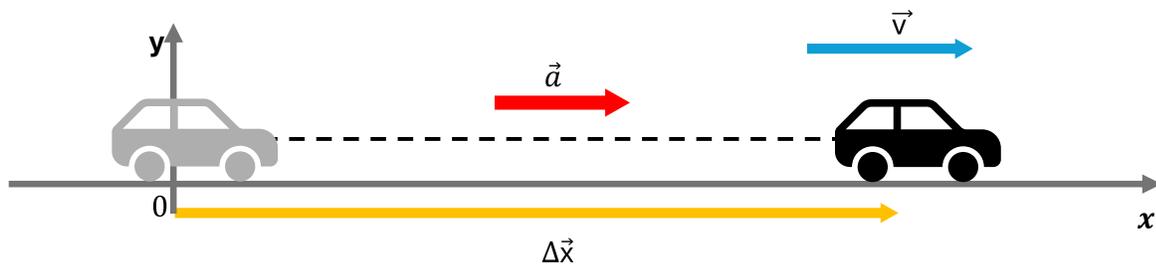


Fig. 8-P1. Automóvil en movimiento con aceleración constante.

Estos conceptos tienen aplicaciones prácticas en numerosos campos. Por ejemplo, en la ingeniería automotriz, el diseño de sistemas de frenado se basa en la comprensión de cómo las fuerzas afectan la desaceleración de un vehículo. En la planificación urbana, el diseño de intersecciones y señales de tráfico considera los patrones de aceleración y frenado de los vehículos para optimizar el flujo de tráfico y garantizar la seguridad.

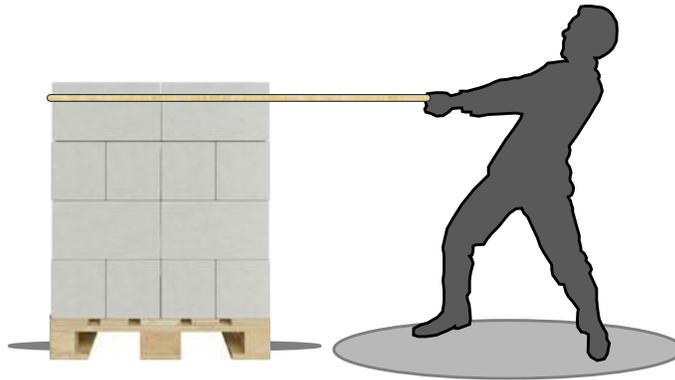
En el ámbito deportivo, el análisis del movimiento de los atletas utilizando estos principios ha llevado a mejoras significativas en el rendimiento. Los lanzadores de jabalina, por ejemplo, optimizan el ángulo y la fuerza de lanzamiento basándose en principios de mecánica newtoniana para maximizar la distancia alcanzada.

La comprensión de los fundamentos de fuerzas y movimiento no solo nos permite explicar fenómenos observables, sino que también nos proporciona herramientas para diseñar y mejorar tecnologías que impactan nuestra vida diaria. Desde el desarrollo de vehículos más eficientes hasta la creación de robots capaces de realizar tareas complejas, las Leyes de Newton continúan siendo una base esencial para la innovación y el progreso tecnológico.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos nuestros conocimientos sobre las leyes de Newton para resolver situaciones prácticas que podemos encontrar en nuestra vida diaria, fortaleciendo nuestra comprensión mediante el análisis de casos concretos.

**Ejercicio 1.** En una obra de construcción en Culiacán, un trabajador necesita mover un bloque de concreto de 50.0 kg sobre una superficie horizontal utilizando una cuerda. Si el trabajador aplica una fuerza horizontal constante de 200.0 N y la fuerza de fricción entre el bloque y el suelo es de 150.0 N, determina la aceleración con la que se moverá el bloque.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

El problema involucra el movimiento de un cuerpo en una superficie horizontal bajo la acción de fuerzas. La fuerza neta que actúa sobre el bloque se calcula como la diferencia entre la fuerza aplicada y la fuerza de fricción. Una vez conocida la fuerza neta, la aceleración del bloque se determina mediante la segunda ley de Newton, que establece que la fuerza neta es igual al producto de la masa del cuerpo y su aceleración.

#### b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados en el problema son:

Masa del bloque:  $m = 50 \text{ kg}$ .

Fuerza aplicada:  $F_{\text{aplicada}} = 200.0 \text{ N}$ .

Fuerza de fricción:  $F_{\text{fricción}} = 150.0 \text{ N}$ .

#### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Cálculo de la fuerza neta: La fuerza neta se calcula como:

$$F_{\text{neto}} = F_{\text{aplicada}} - F_{\text{fricción}}$$

Sustituyendo los valores:

$$F_{\text{neto}} = 200.0 \text{ N} - 150.0 \text{ N} = 50 \text{ N}$$

2. Cálculo de la aceleración aplicando la segunda ley de Newton:

$$F_{\text{neta}} = ma$$

Resolviendo para  $a$ :

$$a = \frac{F_{\text{neta}}}{m}$$

Sustituyendo los valores:

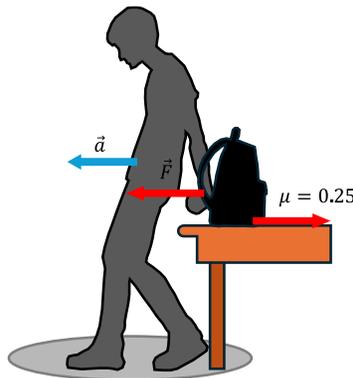
$$a = \frac{50.0 \text{ N}}{50.0 \text{ kg}} = 1.00 \text{ m/s}^2$$

La aceleración del bloque es  $1.00 \text{ m/s}^2$ .

#### d) Conclusión

El bloque de concreto se mueve con una aceleración de  $1.00 \text{ m/s}^2$ . Este resultado se obtuvo considerando las fuerzas involucradas y aplicando la segunda ley de Newton.

**Ejercicio 2.** Un estudiante de bachillerato empuja su mochila de  $2.5 \text{ kg}$  sobre el escritorio con una fuerza horizontal de  $8.0 \text{ N}$ . Si el coeficiente de fricción entre la mochila y la superficie del escritorio es de  $0.25$ , calcula la aceleración que experimenta la mochila.



#### Solución

a) Análisis del proceso

Este problema involucra un cuerpo sometido a una fuerza horizontal en presencia de fricción. Para determinar la aceleración de la mochila, primero se calcula la fuerza de fricción utilizando el coeficiente de fricción y la fuerza normal (que en este caso es igual al peso del objeto). Después, se determina la fuerza neta como la diferencia entre la fuerza aplicada y la fuerza de fricción. Finalmente, se calcula la aceleración a partir de la segunda ley de Newton.

b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados en el problema son:

Masa de la mochila:  $m = 2.5 \text{ kg}$ .

Fuerza aplicada:  $F_{\text{aplicada}} = 8.0 \text{ N}$ .

Coeficiente de fricción:  $\mu = 0.25$ .

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Cálculo de la fuerza de fricción: La fuerza de fricción se calcula mediante la ecuación:

$$F_{\text{fricción}} = \mu F_{\text{normal}}$$

En este caso, la fuerza normal es igual al peso del objeto:

$$F_{\text{normal}} = mg$$

Sustituyendo:

$$F_{\text{normal}} = (2.5 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 24.5 \text{ N}$$

Por lo tanto:

$$F_{\text{fricción}} = (0.25)(24.5 \text{ N}) = 6.125 \text{ N}$$

2. Cálculo de la fuerza neta: La fuerza neta se calcula como:

$$F_{\text{neta}} = F_{\text{aplicada}} - F_{\text{fricción}}$$

Sustituyendo:

$$F_{\text{neta}} = 8.0 \text{ N} - 6.125 \text{ N} = 1.875 \text{ N}$$

3. Cálculo de la aceleración: aplicando la segunda ley de Newton:

$$F_{\text{neta}} = ma$$

Resolviendo para  $a$ :

$$a = \frac{F_{\text{neta}}}{m}$$

Sustituyendo los valores:

$$a = \frac{1.875 \text{ N}}{2.5 \text{ kg}} = 0.75 \text{ m/s}^2$$

La aceleración de la mochila es  $0.75 \text{ m/s}^2$ .

d) Conclusión

La mochila se mueve con una aceleración de  $0.75 \text{ m/s}^2$ . Este resultado considera tanto la fuerza aplicada como la resistencia debido a la fricción. La precisión en los cálculos refleja la importancia de las cifras significativas para garantizar exactitud en la interpretación física del problema.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, pondremos a prueba nuestra comprensión de las Leyes de Newton mediante una serie de situaciones y problemas que nos ayudarán a aplicar lo aprendido y a reflexionar sobre estos conceptos fundamentales.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Al viajar en un autobús que frena repentinamente, los pasajeros se inclinan hacia adelante. ¿Cómo explica la primera ley de Newton este fenómeno que experimentamos frecuentemente en el transporte público?
2. En un juego de fútbol, cuando un jugador patea el balón, este sale disparado hacia adelante mientras el pie del jugador experimenta un "rebote". ¿Cómo se relaciona esto con la tercera ley de Newton?
3. ¿Por qué es más fácil empujar un carrito del supermercado vacío que uno lleno de mercancía? Relaciona tu respuesta con la masa y la aceleración.
4. Durante un viaje en lancha por el puerto de Mazatlán, los pasajeros notan que cuando el motor se apaga en aguas profundas, la embarcación continúa moviéndose por un tiempo considerable antes de detenerse, mientras que en aguas poco profundas se detiene más rápidamente. ¿Qué principios físicos explican esta diferencia en el comportamiento?
5. En una obra en construcción, los trabajadores utilizan una polea para subir materiales pesados. Observan que cuando la cuerda se tensa, tanto la polea como el soporte experimentan fuerzas. ¿Cómo se relaciona esto con la Tercera Ley de Newton y por qué es importante considerar estas fuerzas al diseñar el sistema de elevación?

### 5.2. Problemas cuantitativos

1. Una caja de útiles escolares de 1.20 kg es arrastrada sobre una mesa con una fuerza de 4.00 N. Si el coeficiente de fricción es 0.150, calcula la aceleración de la caja.

Respuesta: 1.86 m/s<sup>2</sup>

2. En un taller mecánico, un técnico empuja una caja de herramientas de 25.0 kg sobre una rampa que forma un ángulo de 30.0° con la horizontal. Si el coeficiente de fricción es 0.200, determina: a) La fuerza paralela a la rampa necesaria para subir la caja con velocidad constante. b) La fuerza normal ejercida por la rampa.

Respuesta: 165 N, 212 N

3. En el mercado Garmendia, un cargador empuja una caja de 80.0 kg sobre el piso. Si la fuerza de fricción es de 200.0 N y quiere mover la caja con una aceleración de 0.500 m/s<sup>2</sup>, calcula: a) La fuerza que debe aplicar. b) La distancia recorrida en 3.00 segundos partiendo del reposo.

Respuesta: 240.0 N, 2.25 m

4. Un vendedor ambulante empuja su carrito de elotes de 30.0 kg con una fuerza horizontal de 100.0 N. Si la fuerza de fricción es de 40.0 N, calcula: a) La

aceleración del carrito. b) La velocidad que alcanzará después de 5.00 segundos partiendo del reposo.

Respuesta:  $2.00 \text{ m/s}^2$ ,  $10.0 \text{ m/s}$

5. Una bicicleta de  $15.0 \text{ kg}$  recibe una fuerza constante de  $60.0 \text{ N}$  durante  $3.00 \text{ s}$ . Determine: a) Su aceleración. b) El desplazamiento resultante.

Respuesta:  $4.00 \text{ m/s}^2$ ,  $18.0 \text{ m}$

# CÁPSULA SEMANAL

## 2

Asesoría presencial grupal (APG)	Asesorías personalizadas o por equipo (AP)	Autoestudio (AUTE)
1 hora	1 hora	2 hora

## Progresión de aprendizaje 2

Explicar el concepto de trabajo en física, relacionándolo con la energía transferida por una fuerza que actúa sobre un objeto. Describir cómo la energía y la potencia influyen en el desempeño de sistemas mecánicos, calculando el trabajo realizado y la eficiencia de diferentes máquinas.

### Metas de aprendizaje

CC. Explicar cómo el trabajo y la potencia se relacionan con la energía en procesos cotidianos.

CT2. Analizar la causa y efecto entre la fuerza aplicada y el trabajo realizado.

CT3. Calcular el trabajo y la potencia en diferentes sistemas mediante medición de variables relevantes.

CT5. Examinar los flujos y ciclos de la materia y la energía en máquinas simples.

CT6. Evaluar la eficiencia en sistemas mecánicos considerando su estructura y función.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT2. Causa y efecto

CT3. Medición

CT5. Flujos y ciclos de la materia y la energía

CT6. Estructura y función

## 1. Introducción General

El trabajo, la energía y la potencia son conceptos fundamentales que están presentes en cada actividad que realizamos. Desde empujar un carrito en el mercado hasta subir las escaleras de la escuela, estos principios físicos determinan cómo funcionan las máquinas y cómo se transfiere la energía en nuestro entorno. En esta unidad, exploraremos cómo estos conceptos se relacionan entre sí y su aplicación en situaciones cotidianas, desarrollando habilidades para analizar y comprender los sistemas mecánicos que nos rodean.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos adentraremos en el fascinante mundo de la energía a través de una experiencia interactiva que nos permitirá observar cómo la energía se transforma y se conserva en situaciones que podemos encontrar en un parque de diversiones o en una pista de patinaje.

**Actividad Práctica:** Transformaciones de energía: el patinador del parque

**Objetivo:** Analizar las transformaciones entre la energía potencial y la energía cinética, a fin de comprender de qué manera el trabajo influye en los cambios energéticos

### Introducción teórica:

El simulador de PhET del parque de patinaje ofrece una manera visual y dinámica de estudiar las transformaciones de energía mecánica. Permite observar cómo la energía potencial gravitatoria se convierte en energía cinética cuando el patinador desciende y cómo se transforma nuevamente en energía potencial al ascender. Además, este recurso facilita la manipulación de variables como la masa del patinador y la forma de la pista, permitiendo visualizar en tiempo real cómo estos cambios afectan la energía total del sistema. Esto brinda una oportunidad única para comprender la conservación de la energía mecánica en un sistema ideal.

### Acceso al recurso

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/energy-skate-park-basics>

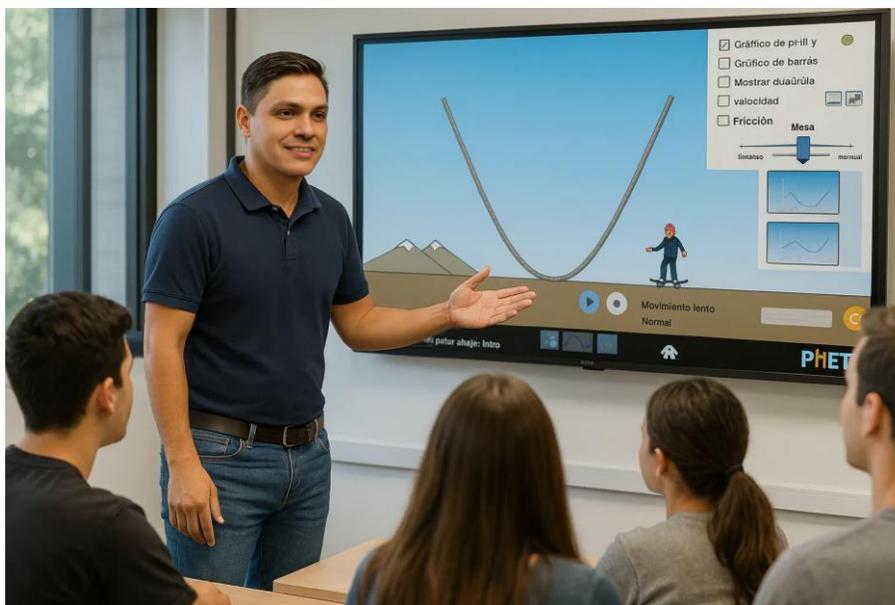


Fig. 1-P2. Simulador virtual de energía en la pista de patinaje: PhET Interactive Simulations.

### Procedimiento

Accede al simulador mediante el enlace proporcionado y selecciona la sección "Introducción". En esta pantalla encontrarás una pista simple con forma de U y un patinador listo para ser colocado en cualquier posición. A continuación, sigue estos pasos:

Primero, activa la visualización de energía en tiempo real seleccionando las casillas de "Gráfica de barras" y "Gráfica de pastel" en el panel derecho. Estas opciones te permitirán observar claramente las transformaciones entre energía potencial gravitatoria y cinética a medida que el patinador se mueve por la pista.

Coloca al patinador en el punto más alto de la pista, donde tendrá la energía potencial máxima y la energía cinética será cero. Suelta al patinador desde esta posición y observa cómo las barras de energía cambian mientras desciende hasta el punto más bajo de la pista. Registra tus observaciones.

A continuación, modifica la masa del patinador utilizando el control deslizante del panel derecho. Ajusta la masa al doble de su valor inicial y repite el experimento anterior. Observa cómo el aumento de la masa afecta los valores de energía potencial y cinética, y registra las diferencias. Presta atención a las alturas máximas alcanzadas por el patinador antes y después del cambio de masa.

Para la etapa final, cambia la pista a la opción de "Patio" disponible en el simulador. Coloca al patinador en diferentes posiciones iniciales y observa cómo la energía total se conserva a pesar de las transformaciones continuas entre energía potencial y cinética. Activa la opción de "reproducción lenta" para analizar con mayor detalle los cambios de energía durante el movimiento del patinador.

### **Evaluación**

Responde a las siguientes preguntas con base en las observaciones realizadas:

1. ¿Qué sucede con la energía potencial y la energía cinética cuando el patinador desciende desde el punto más alto de la pista hasta el punto más bajo? Describe detalladamente la transformación de energía que observaste.
2. Al duplicar la masa del patinador, ¿cómo cambió la energía total del sistema? Explica por qué ocurre este cambio y relaciónalo con la ecuación de la energía potencial gravitatoria.
3. En la pista con forma de tazón, ¿por qué el patinador puede subir casi hasta la misma altura desde donde se soltó? Relaciona tu respuesta con el principio de conservación de la energía mecánica.

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en los conceptos fundamentales que explican cómo la energía se transfiere y transforma en nuestro entorno, presentando las definiciones y principios de manera clara y relacionándolos con situaciones que encontramos en nuestra vida diaria.

## 2. Trabajo, energía y potencia

Los conceptos de trabajo, energía y potencia son significativos en la física y desempeñan un papel relevante en la comprensión del funcionamiento de los sistemas mecánicos, así como en la transferencia y transformación de la energía en el entorno. Estos conceptos están intrínsecamente relacionados y constituyen una base sólida para el análisis y diseño de sistemas mecánicos eficientes.

### 2.1. Definición de trabajo en física

En física, el trabajo se define como la transferencia de energía que se produce cuando una fuerza actúa sobre un objeto y este se desplaza en la dirección de la fuerza. Este concepto tiene implicaciones significativas en la comprensión de cómo interactúan los objetos y cómo se transfiere la energía entre sí. El trabajo  $W_{FR}$  realizado por una fuerza resultante se expresa como:

$$W_{FR} = F_R \Delta x \cos \theta$$

Donde  $F_R$  es la fuerza resultante aplicada en newtons (N),  $\Delta x$  es el desplazamiento en metros (m) y  $\theta$  es el ángulo entre la dirección de la fuerza resultante y la dirección del desplazamiento en grados ( $^\circ$ ).

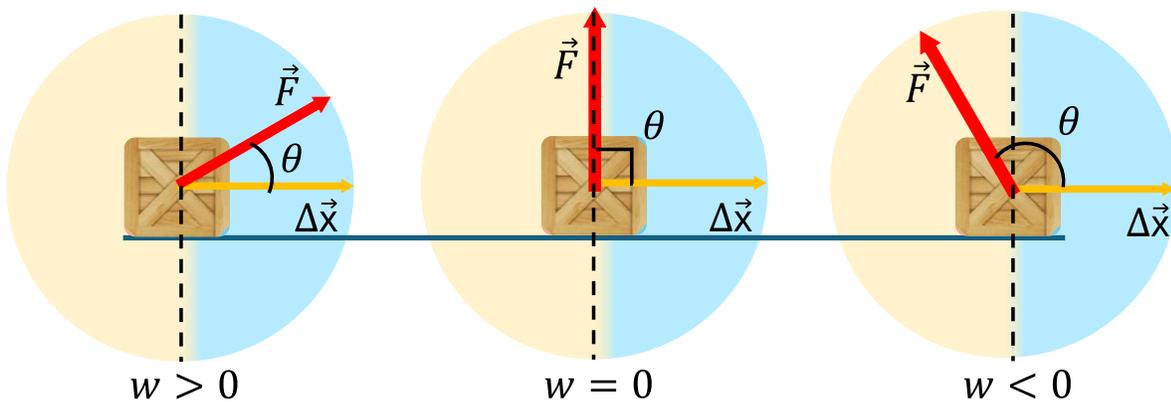


Fig. 2-P2. Trabajo de una fuerza según el ángulo que forma la fuerza y el desplazamiento.

Es importante notar que, si la fuerza no produce desplazamiento, o si la fuerza es perpendicular al desplazamiento, no se realiza trabajo. Por ejemplo, cuando sostenemos un libro en nuestras manos sin moverlo, aunque estamos aplicando una fuerza para contrarrestar la gravedad, no estamos realizando trabajo en el sentido físico, ya que no hay desplazamiento.

La historia del concepto de trabajo en física se remonta al siglo XIX, cuando científicos como James Prescott Joule y Lord Kelvin comenzaron a formalizar la relación entre trabajo y energía. Sus investigaciones sentaron las bases para el desarrollo de la termodinámica y nuestra comprensión moderna de la conservación de la energía.

## 2.2. Energía cinética y energía potencial

La energía, en términos generales, se define como la capacidad de realizar trabajo. En sistemas mecánicos, distinguimos principalmente dos formas de energía: cinética y potencial. La energía cinética es la energía que posee un objeto debido a su movimiento. Se calcula mediante la ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Donde  $E_c$  es la energía cinética en joules (J),  $m$  es la masa del objeto en kilogramo (kg) y  $v$  es su velocidad en metros sobre segundo (m/s). Por otro lado, la energía potencial es la energía almacenada en un objeto debido a su posición o configuración. En el caso de la energía potencial gravitatoria, que es la más común en nuestra experiencia cotidiana, se calcula como:

$$E_{pg} = mgh$$

Donde  $E_{pg}$  es la energía potencial gravitatoria en joule (J),  $g$  es la intensidad de la aceleración debido a la gravedad y  $h$  es la altura del objeto respecto a un nivel de referencia en metros (m).

El concepto de energía potencial fue introducido por William Rankine en la década de 1850, aunque la idea de energía almacenada debido a la posición ya había sido explorada por Gottfried Leibniz en el siglo XVII.

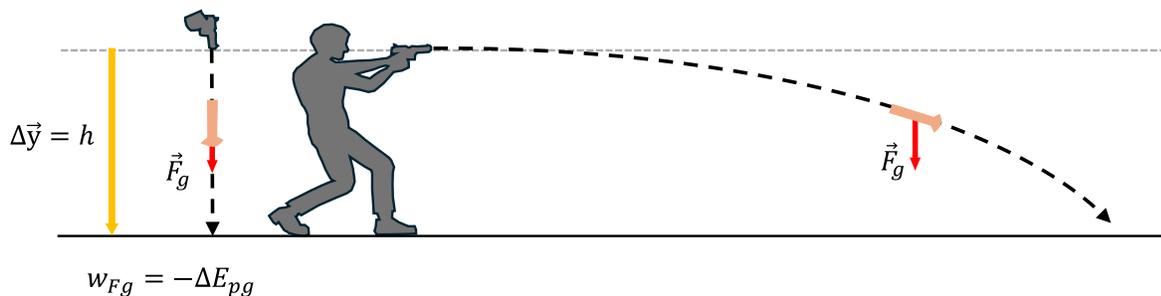


Fig. 3-P2. Pistola de juguete disparada de dos modos. En ambos casos el trabajo realizado por la fuerza de gravedad es el mismo.

Un ejemplo cotidiano que ilustra la interacción entre energía cinética y potencial es el de una montaña rusa. En la cima de una colina, el carro posee una gran cantidad de energía potencial gravitatoria. A medida que desciende, esta energía potencial se convierte en energía cinética, aumentando la velocidad del carro. Este proceso de conversión continúa a lo largo del recorrido, demostrando el principio de conservación de la energía mecánica.

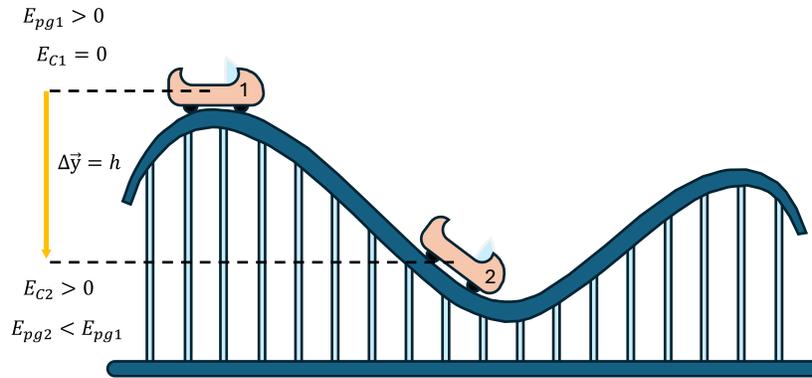


Fig. 4-P2. Montaña rusa en proceso de transformación de energía potencial a energía cinética, proceso de conversión de su energía mecánica a lo largo del recorrido.

### 2.3. Potencia y eficiencia energética

La potencia se define como la magnitud que caracteriza la rapidez con que se transforma o transmite la energía. La potencia promedio se expresa como:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Donde  $P$  es la potencia en watt (W),  $\Delta E$  es el cambio de energía en joules (J) y  $\Delta t$  es el tiempo transcurrido en segundos (s). La unidad de medida de la potencia lleva el nombre del James Watt, ingeniero escocés, quien introdujo numerosas mejoras a la máquina de vapor, dirigidas a elevar su eficiencia y potencia.

El concepto de potencia es crucial para evaluar la eficiencia de máquinas y sistemas mecánicos. Por ejemplo, dos motores pueden realizar la misma cantidad de trabajo, pero el que lo hace en menos tiempo tiene mayor potencia y, por lo tanto, puede considerarse más eficiente en términos de rapidez.

Tabla 1-P2. Estimados de potencia de algunos sistemas.

SISTEMA	Potencia media aproximada (W)
Corazón humano a ritmo normal	3
Lámpara fluorescente ahorradora	20
Ventilador eléctrico común	$4 \times 10^2$
Corredor de 100 metros planos	$1 \times 10^3$
Plancha eléctrica	$1 \times 10^3$

Pesista durante un levantamiento	$5 \times 10^3$
Motor de automóvil	$1 \times 10^5$
Cohete cósmico	$1 \times 10^7$
Mayores centrales termoeléctrica	$1.3 \times 10^9$

La eficiencia energética, por su parte, se refiere a la relación entre la energía útil producida por un sistema y la energía total que se le suministra. Se expresa comúnmente como un porcentaje:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{entrada}}}$$

En la práctica, ningún sistema tiene una eficiencia del 100% debido a pérdidas inevitables, generalmente en forma de calor debido a la fricción.

Tabla 2-P2. Estimados de eficiencia energética de algunos sistemas de interés.

SISTEMA	Eficiencia energética (%)
Primera máquina de vapor	0.2
Máquina de vapor de finales del s. XIX	17
Motor de combustión interna de gasolina	25
Motor de combustión interna de diésel	35
Turbina de vapor	35-55
Turbina hidroeléctrica	90
Bicicleta	95

Un ejemplo práctico de la aplicación de estos conceptos se encuentra en el diseño de vehículos eléctricos. Los ingenieros trabajan para maximizar la eficiencia de los motores eléctricos, que pueden alcanzar eficiencias superiores al 90%, en comparación con los motores de combustión interna, cuya eficiencia típica ronda el 20-30%. Esto se traduce en un mejor aprovechamiento de la energía almacenada en las baterías, lo que a su vez aumenta la autonomía del vehículo.

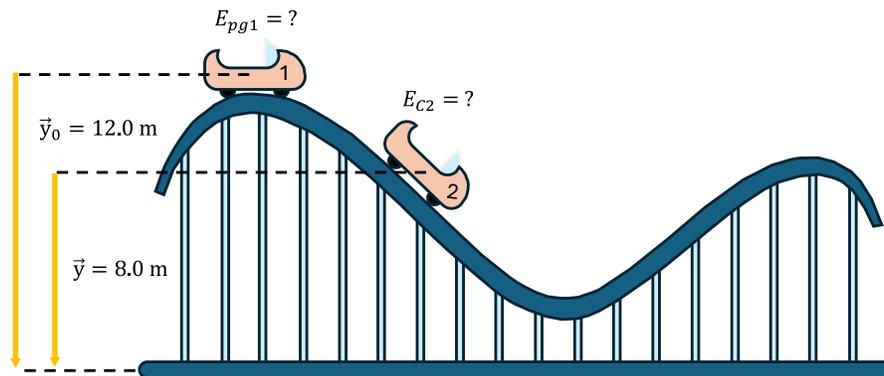
La comprensión de la relación entre trabajo, energía y potencia es fundamental en numerosos campos de la ingeniería y la tecnología. En la industria de la construcción, por ejemplo, el diseño de ascensores requiere un cálculo preciso del trabajo necesario para elevar una carga, la potencia requerida para hacerlo en un tiempo determinado y la eficiencia del sistema para minimizar el consumo energético.

En el ámbito de las energías renovables, estos conceptos son cruciales para el diseño y optimización de sistemas de generación eléctrica. Por ejemplo, en una turbina eólica, la energía cinética del viento se convierte en energía mecánica de rotación, que a su vez se transforma en energía eléctrica. La eficiencia de cada etapa de esta conversión es crucial para maximizar la potencia generada.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos nuestros conocimientos sobre trabajo, energía y potencia para resolver situaciones prácticas que podemos encontrar en nuestro entorno, fortaleciendo nuestra comprensión mediante el análisis de casos concretos.

**Ejercicio 1:** En un parque de diversiones de Mazatlán, una montaña rusa eleva un carrito con pasajeros de masa total de 400.0 kg hasta una altura de 12.0 m. Determine: a) La energía potencial en el punto más alto. b) La velocidad que alcanzará el carrito al descender 8.00 m, suponiendo un sistema ideal sin pérdidas por fricción.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

En el punto más alto de la montaña rusa, el carrito tiene una energía potencial gravitacional máxima debido a su altura sobre el nivel de referencia. Esta energía depende de la masa, la altura y la aceleración gravitacional. Durante el descenso, parte de esta energía potencial se convierte en energía cinética, permitiendo calcular la velocidad del carrito a una altura intermedia, aplicando la conservación de la energía mecánica.

#### b) Identificación de los datos del problema

Masa del carrito con pasajeros:  $m = 400.0 \text{ kg}$ .

Altura inicial:  $h_{\text{inicial}} = 12.0 \text{ m}$ .

Altura final:  $h_{\text{final}} = 8.0 \text{ m}$ .

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Energía potencial en el punto más alto. La energía potencial gravitacional se calcula como:

$$E_{\text{pg0}} = mgh_0$$

Sustituyendo los valores:

$$E_{\text{pg0}} = (400.0 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(12.0 \text{ m}) = 47040.0 \text{ J} = 4.70 \times 10^4 \text{ J}$$

2. Velocidad al descender 8.00 m. Aplicamos la conservación de la energía mecánica. La energía mecánica total se conserva, de modo que la pérdida de energía potencial se convierte en energía cinética:

$$E_{\text{M0}} = E_{\text{M}}$$

$$E_{\text{pg0}} = E_{\text{c}} + E_{\text{pg}}$$

$$E_{\text{c}} = E_{\text{pg0}} - E_{\text{pg}} = \Delta E_{\text{pg}}$$

Donde:

$$\Delta E_{\text{pg}} = mg(h - h_0) = (400.0 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(12 \text{ m} - 8 \text{ m}) = 31360.0 \text{ J}$$

Por lo tanto:

$$E_{\text{c}} = 31360.0 \text{ J}$$

La energía cinética del carrito a esta altura es:

$$E_{\text{c}} = \frac{1}{2}mv^2$$

Resolviendo para  $v$  y sustituyendo:

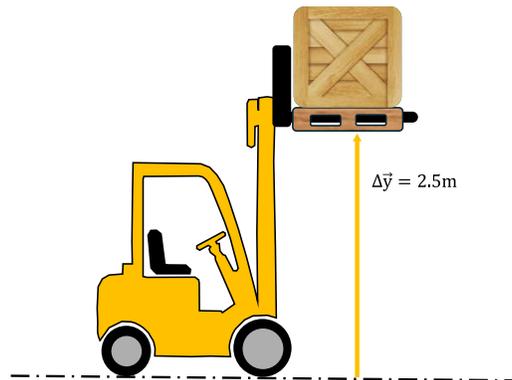
$$v = \sqrt{\frac{2E_{\text{c}}}{m}} = \sqrt{\frac{2(31360.0 \text{ J})}{400.0 \text{ kg}}} = 12.5 \text{ m/s}$$

d) Conclusión

a) La energía potencial en el punto más alto de la montaña rusa es  $4.70 \times 10^4 \text{ J}$ . b) La velocidad del carrito al descender 8.00 m es 12.5 m/s. El análisis considera la conservación de la energía mecánica, suponiendo un sistema ideal sin pérdidas por fricción.

**Ejercicio 2:** En el puerto de Mazatlán, un montacargas eléctrico con una eficiencia del 80.00% eleva una tarima con cajas de pescado de 300.0 kg a una altura de 2.50 m en

5.00 s. Determine: a) El trabajo útil realizado. b) La energía total suministrada. c) La potencia real requerida.



### Solución

a) Análisis del proceso

El trabajo útil corresponde a la energía necesaria para elevar la tarima contra la gravedad. La energía total suministrada incluye las pérdidas del sistema, calculadas a partir de la eficiencia. Finalmente, la potencia real requerida se calcula considerando el trabajo realizado y el tiempo empleado.

b) Identificación de los datos del problema

Masa de la tarima:  $m = 300.0 \text{ kg}$ .

Altura alcanzada:  $h = 2.50 \text{ m}$ .

Tiempo:  $t = 5.00 \text{ s}$ .

Eficiencia del montacargas:  $\eta = 80.00\% = 0.800$

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Trabajo útil realizado. El trabajo útil es la energía gravitacional necesaria para elevar la tarima:

$$W_{\text{útil}} = E_{\text{pg}} = mgh$$

Sustituyendo los valores:

$$W_{\text{útil}} = (300.0 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(2.50 \text{ m}) = 7350.0 \text{ J} = 7.35 \times 10^3 \text{ J}$$

2. Energía total suministrada. La energía total suministrada se relaciona con el trabajo útil a través de la eficiencia:

$$\eta = \frac{W_{\text{útil}}}{E_{\text{total}}}$$

Resolviendo para y sustituyendo los valores:

$$E_{\text{total}} = \frac{W_{\text{útil}}}{\eta} = \frac{7350.0 \text{ J}}{0.800} = 9187.5 \text{ J} = 9.19 \times 10^3 \text{ J}$$

3. Potencia real requerida. La potencia real requerida se calcula como:

$$P_{\text{real}} = \frac{E_{\text{total}}}{t}$$

Sustituyendo los valores:

$$P_{\text{real}} = \frac{9187.5 \text{ J}}{5.00 \text{ s}} = 1837.5 \text{ W} = 1.84 \times 10^3 \text{ W}$$

d) Conclusión

a) El trabajo útil realizado por el montacargas es  $7.35 \times 10^3 \text{ J}$ . b) La energía total suministrada al sistema es  $9.19 \times 10^3 \text{ J}$ . c) La potencia real requerida para realizar la tarea es  $1.84 \times 10^3 \text{ W}$ . Estos resultados consideran la eficiencia del sistema y respetan las cifras significativas, reflejando la relación entre trabajo, potencia y energía en un sistema con pérdidas.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, pondremos a prueba nuestra comprensión sobre trabajo, energía y potencia mediante situaciones cotidianas que nos permitirán aplicar lo aprendido de manera práctica y reflexiva.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Durante un día caluroso en Culiacán, notamos que los aires acondicionados consumen más electricidad que durante la noche. ¿Cómo explicarías este fenómeno en términos de trabajo y potencia?
2. Al subir las escaleras del estadio de béisbol, algunas personas prefieren subir rápido y otras lento. ¿El trabajo total realizado es diferente? ¿Qué diferencia hay en términos de potencia?
3. Durante la construcción de una casa, los albañiles utilizan carretillas inclinadas para subir material. ¿Cómo influye el ángulo de inclinación en el trabajo realizado y la potencia requerida? Explica considerando las ventajas y desventajas de diferentes ángulos.
4. En un gimnasio local, ¿por qué las máquinas de ejercicio con poleas permiten levantar pesos mayores que los que podríamos levantar directamente? Analiza este fenómeno en términos de trabajo y fuerzas.
5. En una fábrica local de tortillas, la máquina tortilladora transforma energía eléctrica en movimiento mecánico. ¿Cómo se relacionan los conceptos de trabajo y energía en este proceso? ¿Por qué la máquina se calienta durante su funcionamiento?

### 5.2. Problemas cuantitativos

1. Un campesino de Sinaloa emplea una bomba hidráulica para elevar 2000.0 kg de agua desde un pozo hasta un tanque de riego situado a 15.00 m de altura. Si el proceso debe completarse en 600.0 s, determine: a) El trabajo realizado para elevar toda el agua. b) La potencia mínima requerida por la bomba. c) La potencia real necesaria considerando una eficiencia del 75.00%.

Respuestas:  $2.940 \times 10^5$  J, 490.0 W, 653.3 W

2. Una estudiante del bachillerato asciende por la rampa de acceso del edificio principal, que tiene una longitud de 6.00 m y forma un ángulo de  $15.0^\circ$  con la horizontal. Si la estudiante tiene una masa de 55.0 kg y sube a velocidad constante en 8.00 s, determine: a) El trabajo realizado contra la gravedad. b) La potencia promedio desarrollada.

Respuestas:  $8.37 \times 10^2$  J,  $1.05 \times 10^2$  W

3. Durante un entrenamiento en el gimnasio municipal, un atleta levanta una pesa de 40.0 kg desde el suelo hasta una altura de 1.80 m en 2.00 s. Calcule: a) El trabajo realizado. b) La potencia desarrollada. c) La energía potencial gravitatoria adquirida por la pesa en el punto más alto.

Respuestas: 706 J, 353 W, 706 J

4. En el Puerto de Mazatlán, una grúa eleva un contenedor de 1200.0 kg a una altura de 15.00 m en 30.00 s, con una eficiencia del 75.00%. Determine: a) El trabajo ideal requerido. b) El trabajo real realizado. c) La potencia real desarrollada por la grúa.

Respuestas:  $1.764 \times 10^5$  J,  $2.352 \times 10^5$  J,  $7.840 \times 10^3$  W

5. Una bomba de agua en un sistema de riego en Valle Alto eleva 500.0 kg de agua a una altura de 12.00 m en 60.00 s, con una eficiencia del 70.00%. Determine: a) El trabajo útil realizado. b) La potencia útil. c) La potencia total suministrada a la bomba.

Respuestas:  $5.880 \times 10^4$  J,  $9.800 \times 10^2$  W,  $1.400 \times 10^3$  W

# CÁPSULA SEMANAL

## 3

Asesoría presencial grupal (APG)	Asesorías personalizadas o por equipo (AP)	Autoestudio (AUTE)
1 hora	1 hora	2 hora

## Progresión de aprendizaje 3

Analizar el principio de conservación de la energía, explicando cómo la energía total en un sistema cerrado permanece constante a pesar de las transformaciones entre energía cinética, potencial y térmica. Describir situaciones reales, como colisiones, para ilustrar la transferencia de energía.

### Metas de aprendizaje

CC. Analizar cómo la conservación de la energía se manifiesta en procesos cotidianos.

CT1. Identificar patrones en la transferencia y transformación de energía.

CT4. Modelar sistemas cerrados para entender la conservación de la energía.

CT5. Examinar los flujos y ciclos de la materia y la energía en transformaciones energéticas.

CT7. Evaluar la estabilidad y cambio en sistemas energéticos durante las transformaciones.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT1. Patrones

CT4. Sistemas

CT5. Flujos y ciclos de la materia y la energía

CT7. Estabilidad y cambio

## 1. Introducción General

La energía está presente en cada momento de nuestra vida, transformándose constantemente de una forma a otra como en una danza continua. Cuando pateamos un balón, cuando las plantas convierten la luz solar en alimento, o cuando cargamos nuestro celular, estamos presenciando el principio de conservación de la energía en acción. En cápsula semanal, descubriremos cómo la energía, aunque cambie de forma, nunca se pierde ni se crea de la nada, sino que se mantiene en un equilibrio perfecto que gobierna todos los procesos del universo, desde los más simples hasta los más complejos.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos adentraremos en el fascinante mundo de las transformaciones de energía a través de un experimento virtual con resortes y masas, que nos permitirá observar cómo la energía se convierte de una forma a otra mientras se mantiene constante en total.

**Actividad Práctica:** Explorando la conservación de la energía con resortes y masas

**Objetivo:** Investigar el principio de conservación de la energía mediante la manipulación de un sistema de masas y resortes.

### Introducción teórica:

Al estirar un resorte, le proporcionamos energía potencial elástica que se almacena en él. Cuando soltamos el resorte, esta energía se convierte en energía cinética que hace que la masa se mueva. Este sistema simple nos permite observar uno de los principios más fundamentales de la física: la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra. Este principio se manifiesta claramente en sistemas masa-resorte ideales, donde las energías oscilan entre formas potenciales y cinéticas mientras la energía total se conserva.

### Acceso al recurso

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/masses-and-springs>



Fig. 1-P3. Simulador virtual de masas y resortes. Fuente: PhET Interactive Simulations.

### Procedimiento:

Accede al simulador utilizando el enlace proporcionado y selecciona la pestaña "Laboratorio". En esta sección, encontrarás un resorte vertical con una plataforma en la que podrás colocar diferentes masas. Comienza seleccionando el resorte más suave (con la constante  $k$  más baja) y coloca una masa de 100 gramos en la plataforma.

A continuación, activa las opciones de visualización de energía desde el panel derecho, seleccionando las casillas para mostrar la energía potencial elástica y la energía cinética. Observa cómo aparecen barras de colores en la pantalla que representan estas energías: la barra azul para la energía potencial gravitatoria, la barra azul cielo para la energía potencial elástica y la barra verde para la energía cinética. También encontrarás la combinación de las barras que indica la energía total del sistema.

Estira suavemente la masa hacia abajo y suéltala. Observa cómo cambian las barras de energía a medida que el sistema oscila. Presta atención a la barra amarilla de energía total y verifica si permanece constante durante el movimiento. Repite este procedimiento utilizando diferentes masas y constantes de los resortes, y observa cómo estos cambios afectan las oscilaciones y las energías del sistema.

Para profundizar, utiliza el control deslizante de amortiguación para introducir resistencia al movimiento. Observa cómo este cambio afecta las oscilaciones, las energías potencial y cinética, y la energía total. Registra tus observaciones para compararlas con los casos anteriores sin amortiguación.

### **Evaluación:**

Responde a las siguientes preguntas basándote en las observaciones realizadas durante la práctica:

1. Al soltar la masa desde diferentes posiciones, ¿qué observas en la barra de energía total? ¿Por qué crees que esto sucede?
2. ¿En qué puntos del movimiento la energía potencial elástica es máxima y en cuáles es mínima? ¿Qué sucede con la energía cinética en estos mismos puntos?
3. Si aumentas la masa o cambias la constante del resorte, ¿cómo se modifica el período de oscilación? ¿Qué sucede con las energías máximas alcanzadas?

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en la comprensión del principio de conservación de la energía, explorando cómo este concepto fundamental gobierna todos los procesos físicos que observamos en nuestra vida cotidiana.

### **3. Conservación de la energía en sistemas físicos**

La conservación de la energía es uno de los principios fundamentales de la física, que subyace a nuestra comprensión del universo y rige el comportamiento de todos los sistemas físicos conocidos. Este principio, aparentemente simple pero profundamente significativo, nos permite analizar y predecir cómo la energía se transfiere y transforma en diversos procesos naturales y tecnológicos, desde el movimiento de los planetas hasta el funcionamiento de los dispositivos electrónicos que utilizamos diariamente.

#### **3.1. Ley de conservación de la energía**

La ley de conservación de la energía establece que la energía total de un sistema aislado permanece constante a lo largo del tiempo. En otras palabras, la energía no puede

crearse ni destruirse, sino que únicamente puede transformarse de una forma a otra o transferirse entre diferentes partes de un sistema. Esta ley se aplica a todos los sistemas físicos, desde los más pequeños a escala subatómica hasta los más grandes a escala cósmica. La ley de conservación de la energía se puede expresar de manera simple como:

$$E_{\text{total}} = \text{cte.}$$

Donde  $E_{\text{total}}$  representa la energía total del sistema en joules (J). Esta ecuación indica que, en ausencia de influencias externas, la energía total dentro de un sistema aislado no cambia, aunque la energía puede transformarse de una forma a otra dentro del sistema.

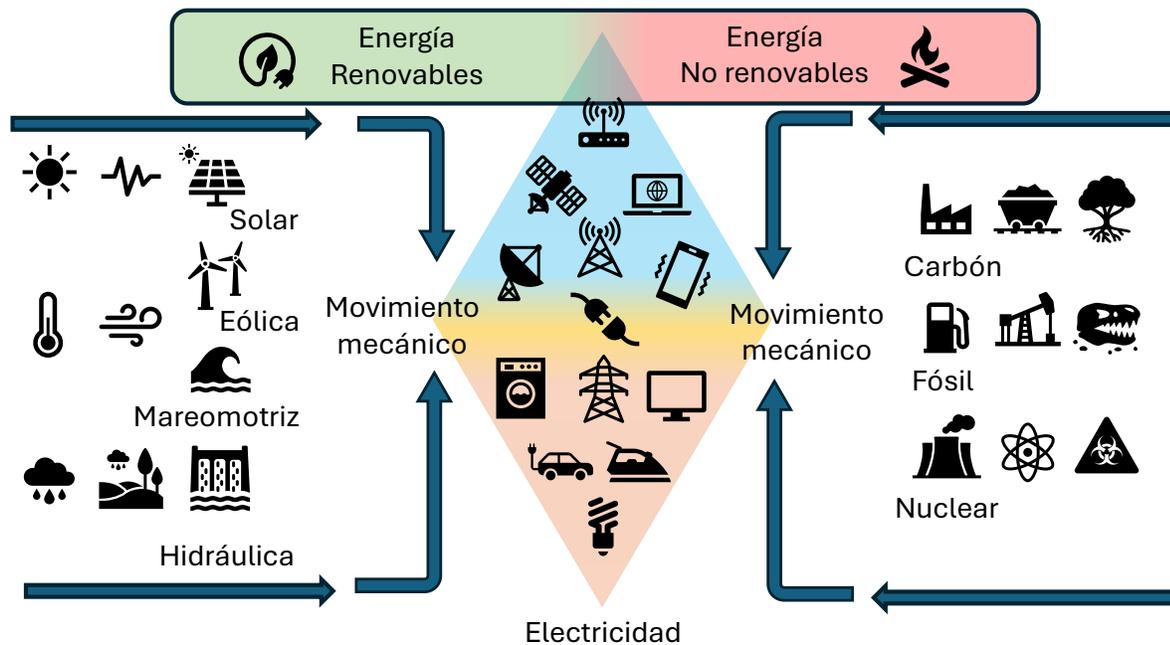


Fig. 2-P3. Modelo de procesos de transformación de distintos sistemas.

Históricamente, el concepto de conservación de la energía emergió gradualmente durante el siglo XIX. Científicos como James Prescott Joule, Rudolf Clausius y Lord Kelvin contribuyeron significativamente a su desarrollo. Joule, en particular, realizó experimentos cruciales que demostraron la equivalencia entre el trabajo mecánico y el calor, sentando las bases para la primera ley de la termodinámica, que es una expresión del principio de conservación de la energía.

Un ejemplo cotidiano que ilustra este principio es el funcionamiento de una lámpara eléctrica. La energía eléctrica se transforma en energía lumínica y térmica. Aunque parezca que la energía "desaparece" cuando apagamos la lámpara, en realidad se ha convertido en otras formas de energía, principalmente calor, que se disipa en el entorno.

### 3.2. Energía mecánica en sistemas cerrados

En sistemas mecánicos cerrados, donde no hay intercambio de energía con el entorno, la conservación de la energía se manifiesta en la constancia de la energía mecánica total.

La energía mecánica es la suma de la energía cinética y la energía potencial de un sistema:

$$E_M = E_c + E_p$$

En un sistema ideal sin fricción, la energía mecánica se conserva perfectamente. Por ejemplo, consideremos un péndulo simple.

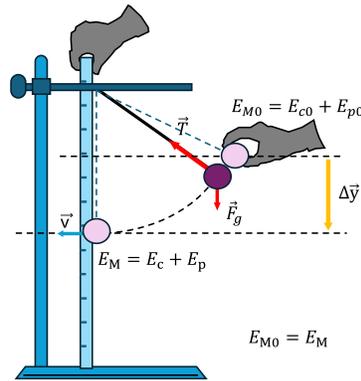


Fig. 3-P3. Péndulo simple desviándolo de su posición de equilibrio. Transformación de la energía potencia a cinética conservando su energía mecánica en un sistema ideal.

En su punto más alto, el péndulo tiene máxima energía potencial gravitatoria y mínima energía cinética. A medida que oscila hacia abajo, la energía potencial se convierte en energía cinética. En el punto más bajo de su oscilación, la situación se invierte: la energía cinética es máxima y la potencial mínima. Este intercambio continuo entre energía potencial y cinética ocurre sin pérdida de energía mecánica total en un sistema ideal. La ecuación que describe esta conservación es:

$$E_{M1} = E_{M2}$$

$$E_{c1} + E_{p1} = E_{c2} + E_{p2}$$

Donde los subíndices 1 y 2 se refieren a dos posiciones, o instantes, cualesquiera, durante el desplazamiento del cuerpo. En la práctica, los sistemas reales experimentan pérdidas debido a la fricción y otras formas de disipación de energía. Sin embargo, el principio de conservación de la energía sigue siendo válido si consideramos todas las formas de energía involucradas, incluida la energía térmica generada por la fricción. Un ejemplo de la aplicación de la ley de conservación de la energía se encuentra en los vehículos eléctricos, específicamente a través del uso de frenado regenerativo.

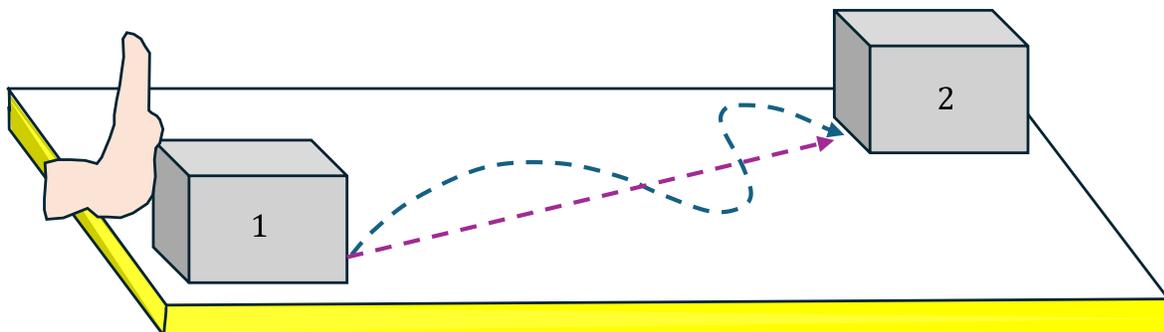


Fig. 4-P3. El trabajo realizado por una fuerza de rozamiento al mover el pequeño cuerpo desde la posición 1 a la 2 depende de la trayectoria seguida.

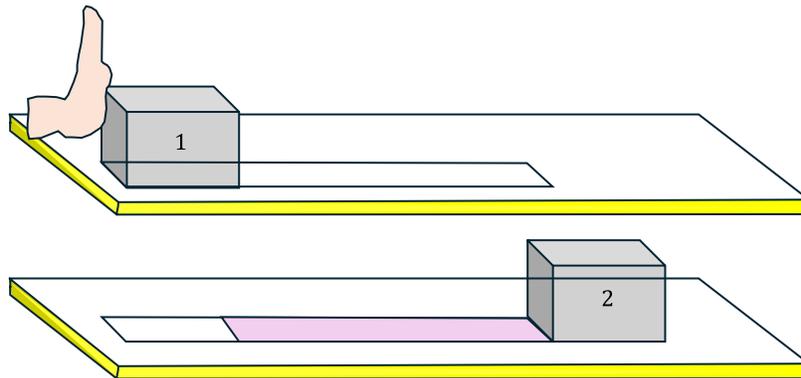


Fig. 5-P3. Mientras el bloque desliza su energía cinética se transforma en energía térmica.

### 3.3. Transferencia y transformación de energía

La transferencia de energía se refiere al movimiento de energía de un sistema a otro, mientras que la transformación de energía implica el cambio de una forma de energía a otra dentro de un sistema. Estos procesos constituyen la base de prácticamente todos los fenómenos físicos y son esenciales para comprender el funcionamiento de los sistemas naturales y artificiales.

Existen varias formas de transferencia de energía, incluyendo:

1. Trabajo mecánico: Cuando una fuerza actúa sobre un objeto y lo desplaza.
2. Calor: Transferencia de energía térmica debido a una diferencia de temperatura.
3. Radiación: Transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas.

La transformación de energía, por otro lado, implica el cambio de una forma de energía a otra. Algunos ejemplos comunes incluyen:

1. Energía química a eléctrica (baterías).
2. Energía eléctrica a mecánica (motores eléctricos).
3. Energía nuclear a térmica y eléctrica (centrales nucleares).

Un ejemplo que ilustra tanto la transferencia como la transformación de energía es una central hidroeléctrica. La energía potencial gravitatoria del agua almacenada en una presa se transforma en energía cinética a medida que el agua cae. Esta energía cinética se transfiere a las turbinas, donde se transforma en energía mecánica de rotación. Finalmente, los generadores convierten esta energía mecánica en energía eléctrica.

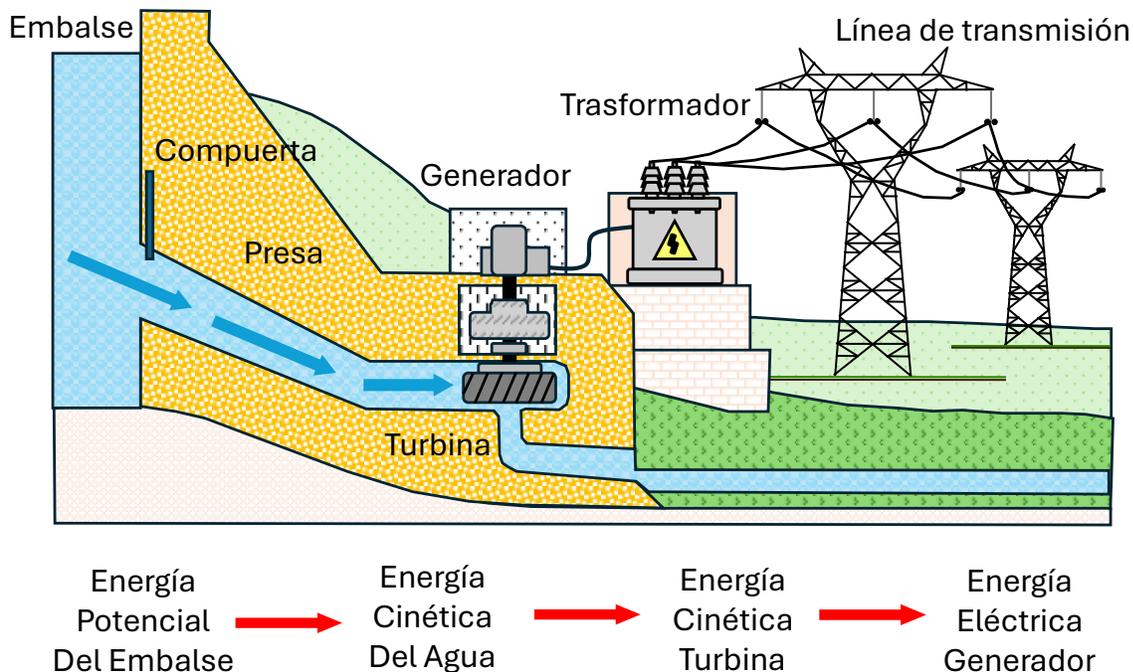


Fig. 6-P3. Modelo de transformación de la energía en una central hidroeléctrica.

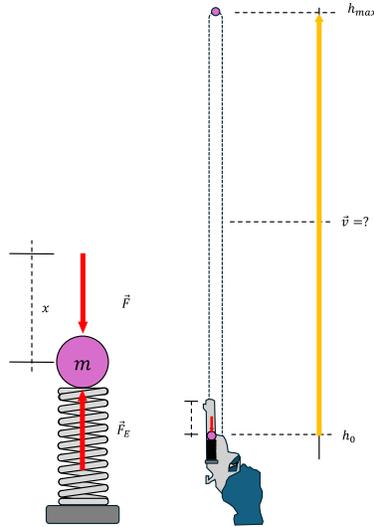
Es importante notar que, aunque la energía se conserva en estas transformaciones, la cantidad de energía útil disponible para realizar trabajo tiende a disminuir debido a la segunda ley de la termodinámica. Este principio, desarrollado en la segunda mitad del siglo XIX por científicos como Rudolf Clausius y William Thomson, introduce el concepto de entropía y explica por qué no todos los procesos energéticos son reversibles.

En el contexto de los sistemas energéticos modernos, la comprensión de estos principios es crucial para abordar desafíos como la eficiencia energética y la sostenibilidad. Por ejemplo, en el diseño de edificios energéticamente eficientes, se aplican estos conceptos para minimizar las pérdidas de calor y optimizar el uso de la energía solar pasiva.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos nuestros conocimientos sobre la conservación de la energía para resolver situaciones prácticas que podemos encontrar en nuestro entorno cotidiano, fortaleciendo nuestra comprensión mediante el análisis de casos concretos.

**Ejercicio 1:** Un resorte con una constante elástica de 400.0 N/m se comprime 20.00 cm para lanzar verticalmente una esfera de 0.5000 kg. Determine la altura máxima que alcanzará la esfera y su velocidad cuando se encuentre a la mitad de la altura máxima, considerando que el sistema es ideal y que toda la energía elástica del resorte se transforma en energía mecánica.



## Solución

### a) Análisis del proceso

La energía potencial elástica almacenada en el resorte al comprimirse se convierte completamente en energía potencial gravitatoria y energía cinética en el movimiento de la esfera. En el punto más alto, toda la energía elástica se habrá transformado en energía potencial gravitatoria. Para calcular la altura máxima, igualamos estas energías. Para determinar la velocidad a mitad de la altura máxima, usamos la conservación de la energía mecánica, considerando que en dicho punto la energía se distribuye entre la energía cinética y la energía potencial gravitatoria.

### b) Identificación de los datos del problema

Constante elástica del resorte:  $k = 400.0 \text{ N/m}$ .

Compresión del resorte:  $x = 20.00 \text{ cm} = 0.2000 \text{ m}$ .

Masa de la esfera:  $m = 0.5000 \text{ kg}$ .

### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

#### 1. Altura máxima alcanzada.

La energía potencial elástica inicial se convierte completamente en energía potencial gravitatoria máxima:

$$E_{MA} = E_{MB}$$

$$E_{pe-A} + E_{pg-A} = E_{pe-B} + E_{pg-B}$$

Como,  $E_{pg-A} = 0$  y  $E_{pe-B} = 0$ , tenemos:

$$E_{pe-A} = E_{pg-B}$$

$$\frac{1}{2} kx^2 = mgh_B$$

Resolviendo para  $h_B$  y sustituyendo los valores se obtiene la altura máxima alcanzada por la esfera:

$$h_B = \frac{kx^2}{2mg} = \frac{(400.0 \text{ N/m})(0.2000 \text{ m})^2}{2(0.5000 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)} = 1.633 \text{ m}$$

2. Velocidad a la mitad de la altura máxima.

A mitad de la altura máxima, la energía mecánica total se distribuye entre energía cinética y energía potencial gravitatoria.

$$E_{MA} = E_{MC}$$

$$E_{pe-A} + E_{pg-A} + E_{c-A} = E_{pe-C} + E_{pg-C} + E_{c-C}$$

Como,  $E_{pg-A} = 0$ ,  $E_{c-A} = 0$ ,  $E_{pe-C} = 0$ , queda:

$$E_{pe-A} = E_{pg-C} + E_{c-C}$$

$$E_{pe-A} = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}(400.0 \text{ N/m})(0.2000 \text{ m})^2 = 8.000 \text{ J}$$

$$E_{pg-C} = mgh_c = mg \frac{h_b}{2} = (0.5000 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \left( \frac{1.633 \text{ m}}{2} \right) = 4.000 \text{ J}$$

$$E_{c-C} = \frac{1}{2}mv_c^2$$

Entonces:

$$8.000 \text{ J} = 4.000 \text{ J} + \frac{1}{2}mv_c^2$$

Resolviendo para  $v$  y sustituyendo:

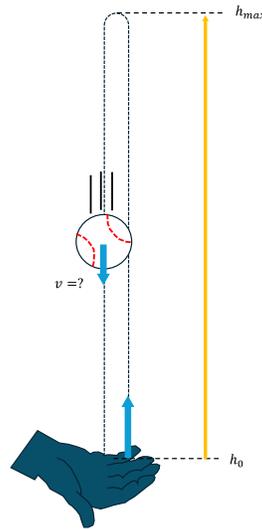
$$v_c = \sqrt{\frac{2(4.000 \text{ J})}{m}} = \sqrt{\frac{2(4.000 \text{ J})}{0.5000 \text{ kg}}} = 4.000 \text{ m/s}$$

d) Conclusión

La altura máxima alcanzada por la esfera es 1.633 m, mientras que su velocidad al encontrarse a la mitad de dicha altura es 4.000 m/s. Estos resultados demuestran la conservación de la energía mecánica en un sistema ideal donde la energía potencial elástica almacenada en el resorte se transforma completamente en energía cinética y energía potencial gravitatoria durante el movimiento de la esfera.

**Ejercicio 2:** En el patio de la Preparatoria Emiliano Zapata, se lanza verticalmente una pelota de béisbol de 0.1450 kg con una velocidad inicial de 15.00 m/s. Despreciando la resistencia del aire, determine la altura máxima que alcanzará la pelota y su velocidad al

retornar a la mitad de la altura máxima, considerando la conservación de la energía mecánica.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

El problema implica el uso de la conservación de la energía mecánica en ausencia de resistencia del aire. En el punto más alto, toda la energía cinética inicial se transforma en energía potencial gravitatoria. La altura máxima se calcula igualando estas energías. Para determinar la velocidad al retornar a la mitad de la altura máxima, se considera que la energía mecánica total es la suma de la energía cinética y la energía potencial gravitatoria en ese punto.

#### b) Identificación de los datos del problema

Masa de la pelota:  $m = 0.1450 \text{ kg}$ .

Velocidad inicial:  $v_A = 15.00 \text{ m/s}$ .

#### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

##### 1. Altura máxima alcanzada.

En el punto más alto, la energía cinética inicial se convierte en energía potencial gravitatoria:

$$E_{MA} = E_{MB}$$

$$E_{c-A} + E_{pg-A} = E_{c-B} + E_{pg-B}$$

Como,  $E_{pg-A} = 0$  y  $E_{c-B} = 0$ , tenemos:

$$E_{c-A} = E_{pg-B}$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B$$

$$h_B = \frac{v_A^2}{2g} = \frac{(15.00 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} = 11.48 \text{ m}$$

La altura máxima alcanzada por la pelota es 11.48 m.

2. Velocidad al retornar a la mitad de la altura máxima.

A mitad de la altura máxima, la energía mecánica se distribuye entre energía cinética y energía potencial gravitatoria. La energía potencial en ese punto es:

$$E_{MA} = E_{MC}$$

$$E_{c-A} + E_{pg-A} = E_{c-C} + E_{pg-C}$$

Como,  $E_{pg-A} = 0$ , queda:

$$E_{c-A} = E_{c-C} + E_{pg-C}$$

$$E_{c-A} = \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}(0.1450 \text{ kg})(15.00 \text{ m/s})^2 = 16.31 \text{ J}$$

$$E_{pg-C} = mgh_C = mg \frac{h_B}{2} = (0.1450 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \left( \frac{11.48 \text{ m}}{2} \right) = 8.157 \text{ J}$$

$$E_{c-C} = \frac{1}{2}mv_C^2$$

Entonces:

$$16.31 \text{ J} = 8.157 \text{ J} + \frac{1}{2}mv_C^2$$

Resolviendo para  $v$  y sustituyendo:

$$v_C = \sqrt{\frac{2(8.153 \text{ J})}{m}} = \sqrt{\frac{2(8.153 \text{ J})}{0.1450 \text{ kg}}} = 10.60 \text{ m/s}$$

d) Conclusión

La altura máxima alcanzada por la pelota es 11.48 m, mientras que su velocidad al retornar a la mitad de dicha altura es 10.60 m/s. Estos resultados demuestran la conservación de la energía mecánica, donde la energía inicial se distribuye entre energía cinética y energía potencial a lo largo del movimiento.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, pondremos a prueba nuestra comprensión del principio de conservación de la energía mediante situaciones cotidianas que nos permitirán aplicar y reflexionar sobre lo aprendido.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Durante un partido de voleibol en la playa de Mazatlán, la pelota sube y baja continuamente. ¿Por qué la pelota nunca vuelve exactamente a la misma altura desde donde fue golpeada? ¿Qué sucede con la energía "perdida"?
2. Cuando un ciclista deja de pedalear en una superficie plana, la bicicleta eventualmente se detiene. Si la energía se conserva, ¿por qué la bicicleta no continúa moviéndose indefinidamente? ¿En qué se transforma la energía cinética inicial?
3. En un ventilador de techo, las aspas giran por un tiempo después de apagarlo. ¿Qué tipo de energía tenían las aspas mientras el ventilador estaba encendido y cómo se va transformando esta energía hasta que se detiene?
4. Al observar el movimiento de un columpio en el parque, ¿por qué el columpio alcanza casi la misma altura en cada oscilación pero va perdiendo altura gradualmente? Relaciona tu explicación con la conservación de la energía y las fuerzas no conservativas.
5. En el Parque Acuático de Culiacán, observas cómo los toboganes tienen diferentes alturas y formas. ¿Por qué las personas adquieren diferentes velocidades según el diseño del tobogán, aunque todos partan de la misma altura? Explica este fenómeno considerando las transformaciones de energía y el efecto de la fricción.

## 5.2. Problemas cuantitativos

1. En el parque acuático de Culiacán, un tobogán tiene una altura de 15.00 m sobre el nivel de la piscina. Un niño con una masa de 40.00 kg se desliza desde la parte superior del tobogán. Despreciando la fricción, determine: a) La velocidad del niño al llegar al nivel de la piscina. b) La energía cinética del niño en ese punto.

Respuestas: 17.15 m/s,  $5.880 \times 10^3$  J

2. En el Parque Las Riberas de Culiacán, un columpio alcanza una altura máxima de 2.000 m. Un niño de 30.00 kg está sentado en el columpio. Determine: a) La energía potencial del niño en el punto más alto. b) La velocidad del niño al pasar por el punto más bajo, si la altura del asiento en ese punto es de 0.5000 m. c) La energía cinética del niño en el punto más bajo.

Respuestas: 588.0 J, 5.420 m/s, 441.0 J

3. Durante una práctica de laboratorio en la UAS, un estudiante comprime un resorte de constante elástica 250.0 N/m una distancia de 10.00 cm para lanzar horizontalmente una esfera de 0.0500 kg sobre una mesa sin fricción. Determine: a) La energía potencial elástica almacenada en el resorte. b) La velocidad inicial de la esfera al soltarla. c) La distancia que recorrerá horizontalmente si la mesa tiene una altura de 1.200 m.

Respuestas: 1.250 J, 7.071 m/s, 3.500 m

4. En el laboratorio de física, un resorte con constante elástica de 200.0 N/m se comprime 15.00 cm para lanzar una esfera de 0.5000 kg. Calcule: a) La energía

potencial elástica almacenada en el resorte. b) La velocidad máxima que alcanzará la esfera al soltarse.

Respuestas: 2.250 J, 3.000 m/s

5. Un péndulo simple de 2.000 kg se suelta desde una altura de 0.8000 m sobre su punto más bajo. Existe fricción con el aire, y al pasar por el punto más bajo su velocidad es de 3.500 m/s. Determine: a) La energía mecánica inicial del péndulo. b) La energía perdida debido a la fricción.

Respuestas: 15.68 J, 3.430 J

# CÁPSULA SEMANAL

## 4

<b>Asesoría presencial grupal (APG)</b>	<b>Asesorías personalizadas o por equipo (AP)</b>	<b>Autoestudio (AUTE)</b>
<b>1 hora</b>	<b>1 hora</b>	<b>2 hora</b>

## Progresión de aprendizaje 4

Calcular el impulso y la cantidad de movimiento de objetos en movimiento, utilizando estas cantidades para explicar la conservación del momento lineal en colisiones elásticas e inelásticas. Comparar diferentes tipos de colisiones para evaluar la conservación del momento.

### Metas de aprendizaje

CC. Calcular el impulso y la cantidad de movimiento en situaciones de la vida diaria.

CT2. Analizar la causa y efecto en colisiones y su impacto en el momento lineal.

CT3. Utilizar mediciones para predecir resultados en interacciones físicas.

CT4. Modelar colisiones utilizando principios de conservación.

CT5. Examinar cómo los flujos y ciclos de la materia y la energía se manifiestan en colisiones.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

Conceptos Transversales

CT2. Causa y efecto

CT3. Medición

CT4. Sistemas

CT5. Flujos y ciclos de la materia y la energía

## 1. Introducción General

El estudio del impulso y la cantidad de movimiento nos permite comprender fenómenos cotidianos que experimentamos constantemente. Desde el impacto de una pelota de béisbol contra un bate hasta la forma en que las bolsas de aire protegen a los pasajeros en un automóvil, estos conceptos físicos están presentes en nuestra vida diaria. En esta unidad, exploraremos cómo las fuerzas que actúan durante un tiempo determinado pueden cambiar el movimiento de los objetos, y descubriremos principios fundamentales que nos ayudarán a entender y predecir el resultado de las colisiones.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos adentraremos en el fascinante mundo de las colisiones a través de una simulación interactiva que nos permitirá visualizar y experimentar con los principios del impulso y la cantidad de movimiento. Esta actividad práctica nos ayudará a construir una comprensión intuitiva de estos conceptos fundamentales.

**Actividad Práctica:** Exploración de colisiones de dos cuerpos

**Objetivo:** Analizar el comportamiento de objetos antes y después de una colisión.

**Introducción teórica:**

El laboratorio virtual de colisiones nos permite explorar cómo interactúan los objetos durante un choque. Mediante la manipulación de diferentes variables como la masa y la velocidad, podremos observar cómo se conserva la cantidad de movimiento en distintos tipos de colisiones. Esta herramienta nos ayuda a visualizar conceptos abstractos y a desarrollar una comprensión más profunda de las leyes físicas que gobiernan las colisiones.

**Acceso al recurso:**

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/collision-lab>



Fig. 1-P4. Simulador virtual de laboratorio de colisiones. Fuente: PhET Interactive Simulations.

**Procedimiento:**

Primero, accede al simulador a través del enlace proporcionado. Selecciona la opción "Introducción" en el menú principal. Configura dos discos con masas diferentes: uno de 1 kg y otro de 2 kg. Asigna al primer disco una velocidad inicial de 2 m/s hacia la derecha y mantén el segundo disco en reposo. Realiza la colisión y observa el comportamiento de ambos discos, prestando atención a sus velocidades antes y después del impacto.

Ahora, dirígete a la pestaña "Colisiones" del simulador. Modifica las masas de los discos a 1.5 kg cada uno. Establece velocidades iniciales iguales, pero en sentidos opuestos: 1 m/s hacia la derecha para el primer disco y 1 m/s hacia la izquierda para el segundo. Ejecuta la colisión y registra los cambios en las velocidades y direcciones de los discos.

Por último, accede a la sección "Más opciones" del simulador. Configura una colisión perfectamente inelástica activando la opción de "adherencia" entre los discos. Utiliza discos de 1 kg y 3 kg, con velocidades iniciales de 3 m/s y 0 m/s respectivamente. Observa cómo se mueven los discos unidos después de la colisión.

### **Evaluación**

Responde a las siguientes preguntas basándote en las observaciones realizadas durante la práctica:

1. ¿Cómo se relaciona la masa de los discos con el cambio en sus velocidades durante una colisión elástica?
2. ¿Qué diferencias observas entre una colisión elástica y una perfectamente inelástica en términos del movimiento final de los objetos?
3. ¿De qué manera se conserva la cantidad de movimiento en los diferentes tipos de colisiones observadas?

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en los conceptos fundamentales del impulso y la cantidad de movimiento, estableciendo conexiones entre la teoría y las observaciones realizadas en la simulación. Analizaremos cómo estos principios físicos se manifiestan en situaciones cotidianas y comprenderemos su importancia en diversos contextos prácticos.

## **4. Impulso y cantidad de movimiento**

El estudio del impulso y la cantidad de movimiento es fundamental en la física mecánica, proporcionando herramientas esenciales para analizar y predecir el comportamiento de los objetos en movimiento, especialmente durante colisiones e interacciones. Estos conceptos están estrechamente relacionados con las leyes de Newton y el principio de conservación, ofreciendo una perspectiva alternativa y a menudo más práctica para abordar problemas de dinámica.

### **4.1. Introducción al impulso y cantidad de movimiento**

El impulso se define como el efecto total de una fuerza aplicada durante un intervalo de tiempo específico. El impulso se expresa como:

$$\vec{J} = \vec{F}_{\text{prom}} \Delta t$$

Donde  $J$  representa el impulso en newton-segundo (N·s),  $F_{\text{prom}}$  es la fuerza promedio aplicada en newton (N), y  $\Delta t$  es el intervalo de tiempo durante el cual actúa la fuerza en segundos (s).

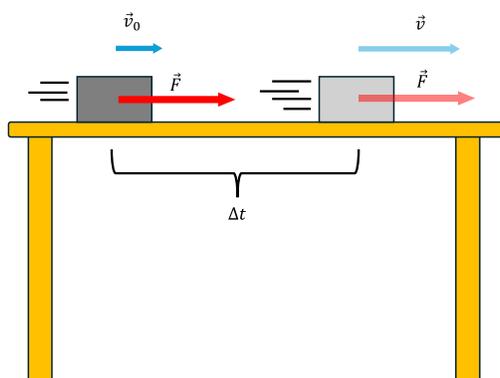


Fig. 2-P4. El impulso  $\vec{J}$  de la fuerza neta  $\vec{F}$  es igual al producto de ella y el intervalo de tiempo considerado.  $\vec{J} = \vec{F}\Delta t$ .

El concepto de impulso está íntimamente ligado a la cantidad de movimiento, también conocida como momento lineal. La cantidad de movimiento de un objeto se define como el producto de su masa y su velocidad:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Donde  $p$  es la cantidad de movimiento en kilogramo metro sobre segundo (kg·m/s),  $m$  es la masa del objeto en kilogramo (kg) y  $v$  es la velocidad en metro sobre segundo (m/s). La relación fundamental entre impulso y cantidad de movimiento se establece a través del teorema del impulso y la cantidad de movimiento, que afirma que el impulso de la fuerza neta ejercida sobre un cuerpo es igual a la variación de su cantidad de movimiento. La expresión que modela la descripción anterior se muestra a continuación:

$$\vec{J} = \Delta\vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0$$

Este teorema constituye una herramienta eficaz para analizar situaciones en las que las fuerzas actúan durante intervalos de tiempo cortos, tales como colisiones o impactos.

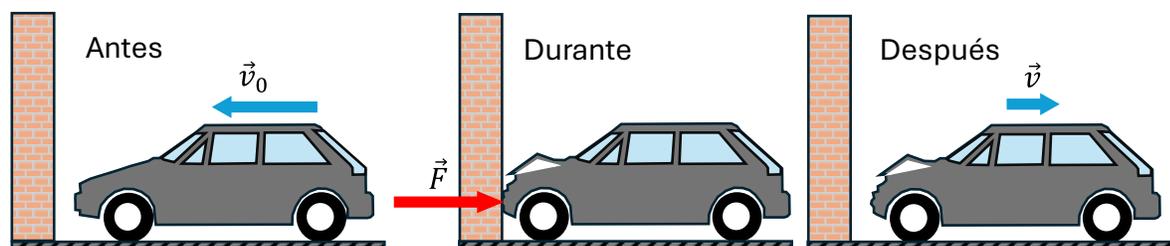


Fig. 3-P4. La fuerza que actúa sobre un cuerpo es igual a la rapidez con que varía su cantidad de movimiento.

Históricamente, el concepto de cantidad de movimiento fue introducido por René Descartes en el siglo XVII, mientras que Isaac Newton posteriormente formalizó la relación entre fuerza y cambio en la cantidad de movimiento en su segunda ley del

movimiento. El desarrollo de estos conceptos jugó un papel crucial en la evolución de la mecánica clásica.

Un ejemplo cotidiano que ilustra el concepto de impulso es el uso de bolsas de aire en automóviles. Durante una colisión, las bolsas de aire aumentan el tiempo de desaceleración del ocupante, reduciendo la fuerza promedio experimentada y, por lo tanto, disminuyendo el riesgo de lesiones. Esto demuestra cómo, para un cambio dado en la cantidad de movimiento, aumentar el tiempo de interacción reduce la fuerza necesaria.

## 4.2. Conservación de la cantidad de movimiento

La ley de conservación del momento lineal establece que la cantidad de movimiento total de un sistema cerrado permanece constante en ausencia de fuerzas externas netas. Esta ley es una consecuencia directa de la tercera ley de Newton y es esencial en el análisis de colisiones y sistemas de partículas.

Para un sistema compuesto por dos objetos que interactúan, la conservación del momento lineal se expresa como:

$$\Delta \vec{p} = 0$$

Donde  $\Delta p$  representa el cambio de la cantidad de movimiento. Este principio tiene aplicaciones amplias, desde el análisis de colisiones de partículas subatómicas hasta el diseño de vehículos espaciales. Por ejemplo, en el lanzamiento de un cohete, la conservación del momento lineal explica cómo la expulsión de gases a alta velocidad en una dirección resulta en el movimiento del cohete en la dirección opuesta.

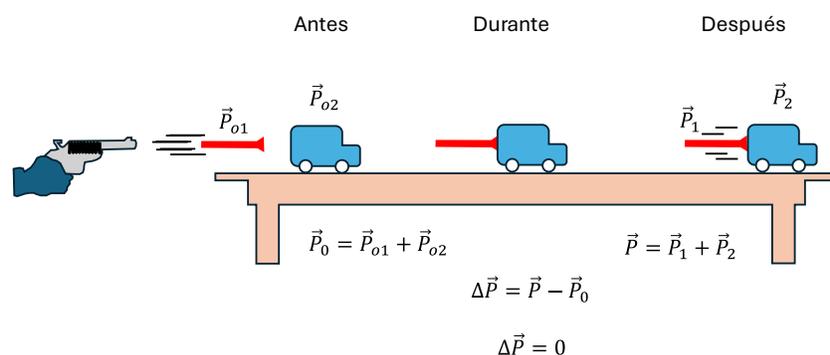


Fig. 4-P4. La cantidad de movimiento total de un sistema se conserva si el sistema está aislado.

## 4.3. Colisiones elásticas e inelásticas

Las colisiones constituyen un área de estudio relevante en la física, donde los principios de conservación de la cantidad de movimiento y de la energía se aplican de manera conjunta. Las colisiones se clasifican generalmente en dos categorías: elásticas e inelásticas.

En una colisión elástica, tanto la cantidad de movimiento como la energía cinética total del sistema se conservan. Estas colisiones son ideales y raramente se observan en la vida cotidiana; sin embargo, constituyen un modelo útil para comprender las interacciones a nivel atómico y subatómico. Un ejemplo aproximado de una colisión elástica es el choque entre bolas de billar en una mesa sin fricción.

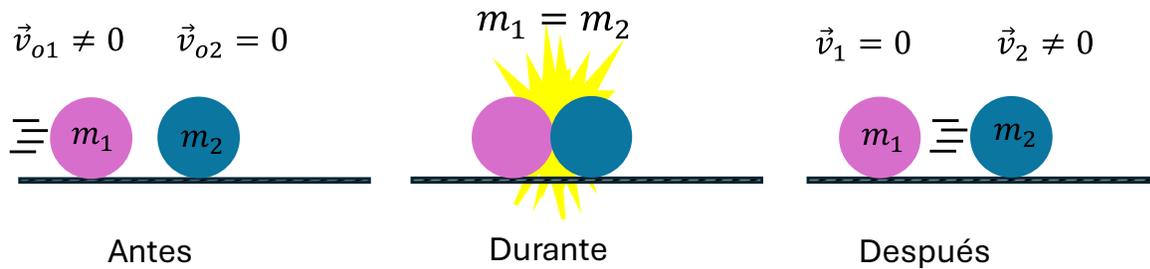


Fig. 5-P4. En los choques perfectamente elásticos se conserva la energía cinética total y su cantidad de movimiento de los cuerpos que interaccionan.

En una colisión elástica unidimensional entre dos objetos, además de la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento, se cumple la conservación de la energía cinética:

Colisión elástica

$$\sum \vec{p}_0 = \sum \vec{p}$$

Energía cinética

$$E_{c0} = E_c$$

En contraste, en una colisión inelástica, la cantidad de movimiento se conserva, pero parte de la energía cinética inicial se transforma en otras formas de energía como energía térmica o deformación, por lo anterior tenemos que  $E_{c0} \neq E_c$ . La mayoría de las colisiones en el mundo real son inelásticas. Para una colisión perfectamente inelástica, la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento se simplifica, ya que ambos objetos tienen la misma velocidad final:

$$m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = (m_1 + m_2) v$$

Donde  $m_1$  y  $m_2$  son las masas del objeto 1 y 2 en kilogramo (kg),  $v_{01}$  y  $v_{02}$  es la velocidad inicial del objeto 1 y 2, y  $v$  es la velocidad común de los objetos después de la colisión, todas las velocidades en metros sobre segundo (m/s).

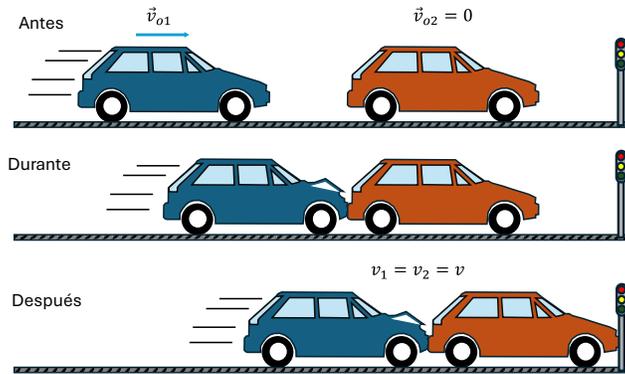


Fig. 6-P4. En los choques inelásticos *no se conserva la energía cinética total* de los cuerpos que interactúan, pero sí su cantidad de movimiento y se caracterizan porque después de la interacción, ambos cuerpos poseen igual velocidad.

El estudio de las colisiones tiene aplicaciones prácticas significativas en diversos campos. En la ingeniería automotriz, por ejemplo, el análisis de colisiones es crucial para el diseño de sistemas de seguridad. Los ingenieros utilizan principios de conservación del momento y transferencia de energía para desarrollar estructuras que absorban y disipan la energía del impacto, protegiendo a los ocupantes del vehículo.

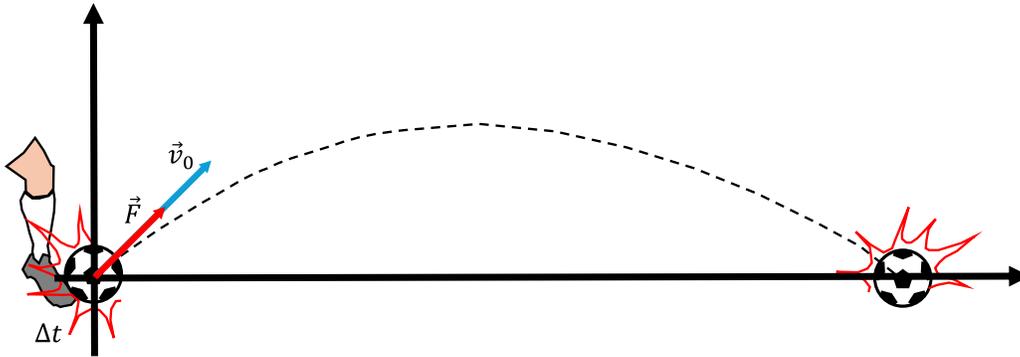
En el deporte, la comprensión de las colisiones elásticas e inelásticas es fundamental para optimizar el rendimiento. Por ejemplo, en el tenis, el diseño de raquetas y pelotas busca maximizar la elasticidad de la colisión para aumentar la velocidad de rebote de la pelota. En contraste, en deportes de contacto como el boxeo, se utilizan guantes y equipos de protección para hacer las colisiones más inelásticas, reduciendo el impacto sobre los atletas.

A nivel industrial, el principio de conservación del momento se aplica en el diseño de maquinaria de impacto, como martillos hidráulicos o prensas de estampado. La eficiencia y precisión de estas máquinas dependen de una cuidadosa consideración de cómo se transfiere el momento durante el impacto.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos los conceptos aprendidos a situaciones prácticas mediante la resolución de problemas contextualizados. Estos ejercicios nos permitirán consolidar nuestra comprensión del impulso y la cantidad de movimiento, relacionándolos con experiencias cotidianas.

**Ejercicio 1:** Durante un partido de fútbol en el estadio de Culiacán, un portero realiza un despeje golpeando un balón de masa  $4.50 \times 10^{-1}$  kg, inicialmente en reposo. El pie mantiene contacto con el balón durante  $8.00 \times 10^{-3}$  s, y como resultado, el balón alcanza una velocidad de 25.0 m/s. Determine la fuerza promedio que el portero aplicó al balón durante el contacto.



## Solución

### a) Análisis del proceso

El problema se resuelve aplicando la segunda ley de Newton en su forma impulsiva, relacionando el impulso ejercido por el portero con el cambio de momento lineal del balón. La fuerza promedio aplicada durante el tiempo de contacto se calcula dividiendo el impulso total entre la duración del contacto.

### b) Identificación de los datos del problema

Masa del balón:  $m = 4.50 \times 10^{-1} \text{ kg}$ .

Velocidad inicial:  $v_0 = 0.0 \text{ m/s}$ .

Velocidad final:  $v = 25.0 \text{ m/s}$ .

Tiempo de contacto:  $\Delta t = 8.00 \times 10^{-3} \text{ s}$ .

### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

#### 1. Cálculo del impulso.

El impulso es igual al cambio de momento lineal:

$$\vec{J} = \Delta \vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0 = mv - mv_0 = m(v - v_0)$$

Sustituyendo los valores:

$$\vec{J} = (4.50 \times 10^{-1} \text{ kg})(25.0 \text{ m/s} - 0.0 \text{ m/s}) = 11.3 \text{ N} \cdot \text{s}$$

#### 2. Cálculo de la fuerza promedio.

La fuerza promedio se calcula como:

$$F_{\text{prom}} = \frac{\vec{J}}{\Delta t}$$

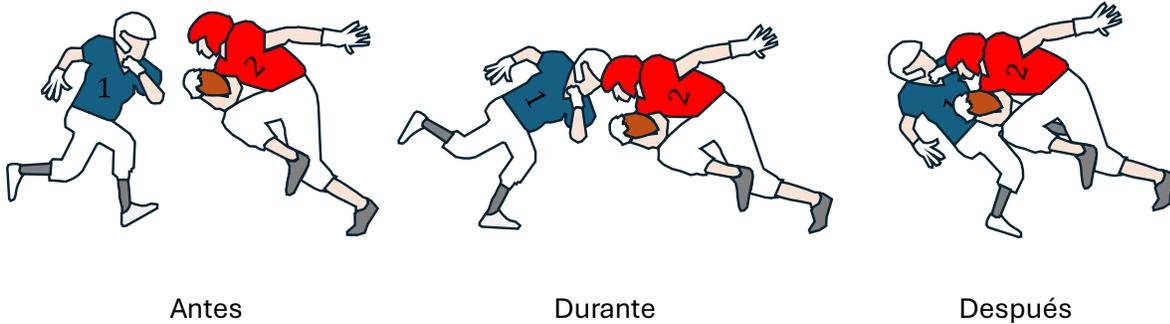
Sustituyendo los valores:

$$F_{\text{prom}} = \frac{11.83 \text{ N} \cdot \text{s}}{8.00 \times 10^{-3} \text{ s}} = 1.41 \times 10^3 \text{ N}$$

### d) Conclusión

El portero aplicó una fuerza promedio de  $1.41 \times 10^3$  N sobre el balón durante el contacto.

**Ejercicio 2:** Durante un partido de fútbol americano, un jugador con masa 85.0 kg corre a 5.50 m/s y es tacleado por otro jugador con masa 95.0 kg, que se mueve en dirección opuesta a 4.80 m/s. Después del impacto, ambos jugadores quedan unidos y caen juntos. Determine la velocidad final con la que caen.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

Este problema implica una colisión perfectamente inelástica, donde los dos cuerpos quedan unidos después del impacto. La conservación del momento lineal establece que el momento total antes de la colisión es igual al momento total después de la colisión. La velocidad final común se calcula aplicando esta ley.

#### b) Identificación de los datos del problema

Masa del primer jugador:  $m_1 = 85.0$  kg.

Velocidad inicial del primer jugador:  $v_{01} = 5.50$  m/s.

Masa del segundo jugador:  $m_2 = 95.0$  kg.

Velocidad inicial del segundo jugador:  $v_{02} = -4.80$  m/s.

#### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

##### 1. Conservación del momento lineal:

La ecuación de conservación del momento es:

$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

$$m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = m_1 v + m_2 v$$

$$m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = (m_1 + m_2) v$$

Resolviendo para  $v$ :

$$v = \frac{m_1 v_{01} + m_2 v_{02}}{m_1 + m_2} = \frac{(85.0 \text{ kg})(5.50 \text{ m/s}) + (95.0 \text{ kg})(-4.80 \text{ m/s})}{85.0 \text{ kg} + 95.0 \text{ kg}} = 6.39 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

#### d) Conclusión

Después de la colisión perfectamente inelástica, los dos jugadores caen juntos con una velocidad final de  $6.39 \times 10^{-2}$  m/s en la dirección original del primer jugador. Este resultado respeta la conservación del momento lineal y muestra cómo las masas y velocidades iniciales afectan la velocidad final del sistema unido.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, pondremos a prueba nuestra comprensión de los conceptos estudiados mediante una serie de problemas tanto cualitativos como cuantitativos, que nos permitirán aplicar lo aprendido a situaciones reales y cotidianas.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Los autos modernos incorporan zonas de deformación programada en su estructura. Explica cómo este diseño protege a los pasajeros durante una colisión, utilizando los conceptos de impulso, fuerza y tiempo de interacción.
2. En el juego de canicas tradicional mexicano, cuando una canica golpea a otra en reposo, la primera suele detenerse mientras la segunda sale disparada. Explica este fenómeno utilizando los principios de conservación de la cantidad de movimiento y la transferencia de energía.
3. En el puerto de Mazatlán, un pescador observa cómo su red llena de pescados cae libremente hacia el agua y luego se detiene gradualmente. Analice por qué la red experimenta una fuerza menor cuando se detiene gradualmente en el agua en comparación con una detención súbita en el muelle.
4. Durante una demostración de física en el laboratorio escolar, un estudiante lanza verticalmente una pelota de goma que rebota varias veces contra el piso. Explique por qué la altura máxima alcanzada por la pelota disminuye en cada rebote, relacionando este fenómeno con la conservación de la energía y los tipos de colisiones.
5. Durante un partido de béisbol en el estadio de Los Mochis, un jugador golpea la pelota con el bate, produciendo un jonrón. Explique por qué los bateadores prefieren bates más pesados para lograr golpes más potentes, considerando los conceptos de masa e impulso.

### 5.2. Problemas cuantitativos

1. Un proyectil de masa  $1.50 \times 10^{-2}$  kg es disparado horizontalmente contra un bloque de madera de masa 1.85 kg, que está inicialmente en reposo sobre una superficie horizontal sin fricción. El proyectil se incrusta en el bloque, y el conjunto se mueve con una velocidad de  $7.50 \times 10^{-1}$  m/s después del impacto. Determine la velocidad inicial del proyectil.

Resultados: 93.3 m/s

2. Un camión de carga de masa  $2.50 \times 10^3$  kg viaja a  $1.50 \times 10^1$  m/s por la carretera Culiacán-Mazatlán y choca elásticamente con un automóvil de masa  $1.20 \times 10^3$  kg que está detenido. Después del impacto, el camión continúa moviéndose en la misma dirección con una velocidad de  $1.00 \times 10^1$  m/s. Determine la velocidad del automóvil después de la colisión.

Resultados: 10.4 m/s

3. Durante una práctica de béisbol, una pelota con masa  $1.45 \times 10^{-1}$  kg es golpeada por un bate, cambiando su velocidad de  $-3.00 \times 10^1$  m/s a  $4.00 \times 10^1$  m/s. El tiempo de contacto entre el bate y la pelota es de  $8.00 \times 10^{-4}$  s. Determine la fuerza promedio ejercida por el bate sobre la pelota.

Resultados:  $1.27 \times 10^4$  N

4. Durante una demostración de seguridad vial, un maniquí de prueba con masa  $7.50 \times 10^1$  kg cae verticalmente desde el reposo a una colchoneta de seguridad. La colchoneta detiene al maniquí en un tiempo de  $3.50 \times 10^{-1}$  s después de una caída desde una altura de 2.00 m. Determine la fuerza promedio ejercida por la colchoneta para detener al maniquí.

Resultados:  $1.34 \times 10^3$  N

5. Un camión repartidor de refrescos con una masa  $2.50 \times 10^3$  kg viaja a una velocidad de  $1.50 \times 10^1$  m/s. Al activar los frenos, el camión se detiene en un tiempo de 4.00 s. Determine: a) El impulso ejercido sobre el camión. b) La fuerza promedio de frenado.

Resultados:  $-3.75 \times 10^4$  kg·s,  $9.38 \times 10^3$  N

# CÁPSULA SEMANAL

## 5

<b>Asesoría presencial grupal (APG)</b>	<b>Asesorías personalizadas o por equipo (AP)</b>	<b>Autoestudio (AUTE)</b>
<b>1 hora</b>	<b>1 hora</b>	<b>2 hora</b>

## Progresión de aprendizaje 5

Describir la Ley de Gravitación Universal, explicando cómo la fuerza gravitatoria actúa entre dos cuerpos con masa. Analizar cómo los campos gravitatorios afectan la energía potencial de los objetos, utilizando ejemplos como el movimiento planetario o la caída de objetos en la Tierra.

### Metas de aprendizaje

CC. Describir cómo la gravedad afecta la energía en actividades diarias.  
CT1. Examinar patrones en el movimiento de objetos bajo gravedad.  
CT2. Analizar la causa y efecto entre masas y fuerzas gravitatorias.  
CT4. Modelar campos gravitatorios y calcular energía potencial gravitatoria.  
CT7. Evaluar la estabilidad y cambio de órbitas y sistemas planetarios.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT1. Patrones  
CT2. Causa y efecto  
CT4. Sistemas  
CT7. Estabilidad y cambio

## 1. Introducción General

La gravedad es una fuerza fascinante que gobierna desde la caída de una hoja hasta el movimiento de las galaxias en el universo. En esta progresión de aprendizaje, descubriremos cómo esta fuerza invisible pero omnipresente influye en nuestra vida diaria, desde determinar nuestro peso hasta mantener los satélites en órbita. Comprenderemos por qué los objetos caen hacia la Tierra, cómo se mantiene la Luna en su órbita y qué papel juega la gravedad en el funcionamiento del cosmos.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos adentraremos en el estudio de la fuerza gravitacional mediante un laboratorio virtual que nos permitirá experimentar y visualizar cómo la masa de los objetos y la distancia entre ellos afectan la intensidad de la atracción gravitacional.

### Actividad Práctica: Descubriendo la ley de gravitación universal

**Objetivo:** Analizar la relación entre la masa de los objetos, la distancia que los separa y la fuerza gravitacional entre dos cuerpos.

#### Introducción teórica:

El simulador permite estudiar de manera interactiva la ley de gravitación universal. Esta ley establece que la fuerza gravitacional entre dos objetos es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. A través de este simulador, es posible comprobar cómo las variaciones en las masas y en la distancia influyen en la magnitud de la fuerza gravitacional, permitiendo visualizar los efectos en tiempo real.

#### Acceso al recurso:

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/gravity-force-lab>

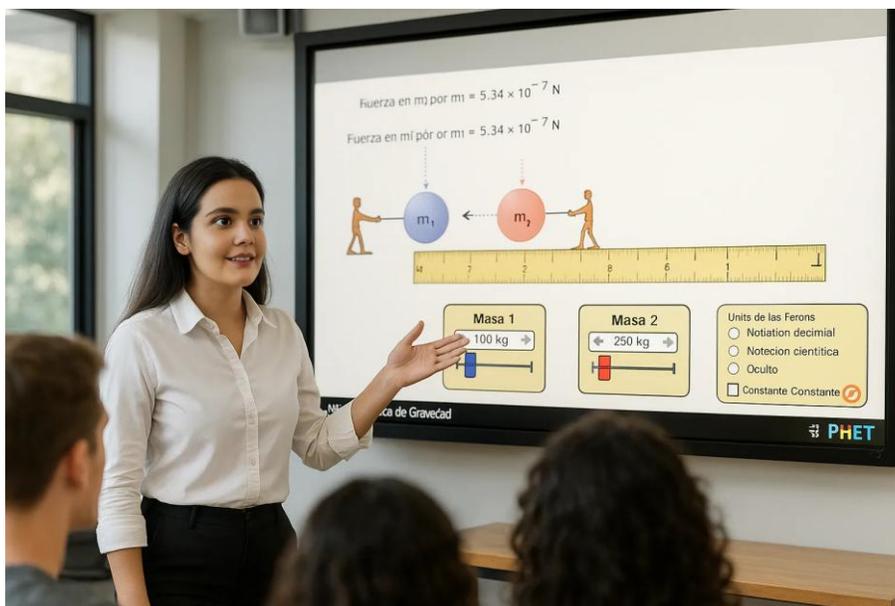


Fig. 1-P5. Simulador virtual de laboratorio de fuerza gravitacional. Fuente: PhET Interactive Simulations.

#### Procedimiento:

Accede al simulador mediante el enlace proporcionado. Una vez en la interfaz, ubica las dos esferas y configura las masas iniciales. Establece la masa de la primera esfera ( $m_1$ ) en 100 kg y la de la segunda esfera ( $m_2$ ) en 200 kg, manteniendo una distancia inicial de 2.0 metros entre los centros de las esferas. Observa y registra la fuerza gravitacional que se muestra en notación científica en la parte superior del simulador.

Manteniendo las masas constantes, modifica la distancia entre las esferas utilizando el control deslizante inferior. Ajusta la distancia a 4.0 metros, 6.0 metros, 8.0 metros y 10.0 metros, registrando la fuerza gravitacional en cada caso. Analiza cómo varía la fuerza al aumentar la distancia entre las masas, observando su relación con el cuadrado de la distancia.

A continuación, regresa la distancia entre las masas a 2.0 metros y procede a variar las masas de manera independiente. Primero, duplica la masa de  $m_1$  a 200 kg mientras mantienes  $m_2$  en 200 kg y registra el valor de la fuerza gravitacional. Luego, devuelve  $m_1$  a 100 kg, duplica la masa de  $m_2$  a 400 kg y anota la fuerza correspondiente. Por último, configura ambas masas en su valor máximo ( $m_1=1000$  kg y  $m_2=1000$  kg) y observa la fuerza resultante a diferentes distancias.

### **Evaluación:**

Responde a las siguientes preguntas con base en las observaciones realizadas durante la actividad:

1. ¿Cómo cambia la fuerza gravitacional cuando duplicas la distancia entre las masas?
2. ¿Qué sucede con la fuerza gravitacional cuando duplicas la masa de una de las esferas y mantienes la otra constante?
3. Al configurar las masas en su valor máximo y reducir la distancia a su valor mínimo, ¿qué observas sobre la magnitud de la fuerza gravitacional? ¿Cómo puedes relacionar este comportamiento con la interacción gravitatoria entre objetos astronómicos como planetas y estrellas?

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en los conceptos fundamentales de la gravitación universal, estableciendo conexiones entre las observaciones realizadas en el simulador y la teoría científica que explica estos fenómenos naturales.

## **5. Fuerzas gravitacionales y campos gravitatorios**

La gravedad, una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, desempeña un papel crucial en la configuración del universo y en nuestra experiencia cotidiana. Desde determinar el movimiento de los planetas hasta influir en la forma en que caminamos y manipulamos objetos, la fuerza gravitacional es omnipresente y fundamental para nuestra comprensión del mundo físico.

### **5.1. Ley de gravitación universal de Newton**

La Ley de Gravitación Universal, establecida por Sir Isaac Newton en 1687, constituye uno de los desarrollos más relevantes en la historia de la física. Esta ley establece que cada partícula en el universo atrae a cada otra partícula con una fuerza proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. La fuerza gravitacional entre dos objetos se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Donde  $F_g$  es la fuerza gravitacional en newton (N),  $G$  es la constante gravitacional universal (aproximadamente  $6.674 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ ),  $m_1$  y  $m_2$  son las masas de los dos objetos en kilogramo (kg) y  $r$  es la distancia entre sus centros en metro (m).

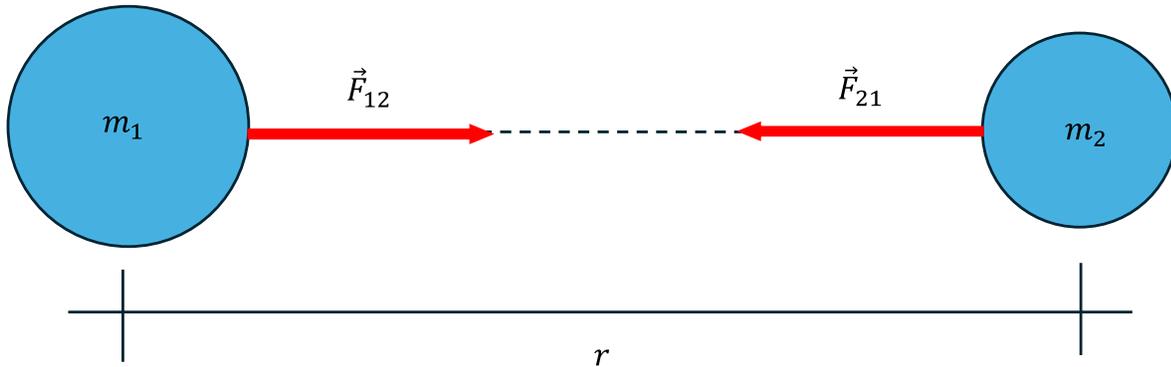


Fig. 2-P5. Dos partículas a cierta distancia se atraen entre sí con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.

La genialidad de Newton radica en reconocer que la misma fuerza que hace caer una manzana es la que mantiene a la Luna en órbita alrededor de la Tierra. Esta unificación de la física terrestre y celeste marcó el inicio de la física moderna y sentó las bases para desarrollos posteriores en mecánica celeste y cosmología.

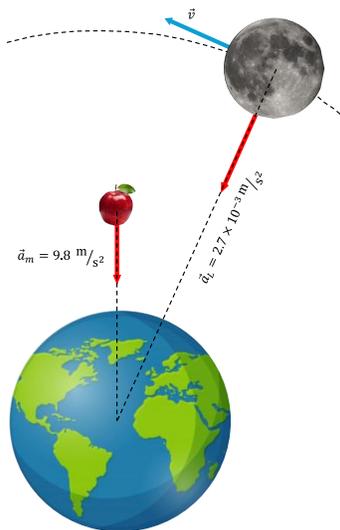


Fig. 3-P5. Aceleración de la luna y la manzana debida a la fuerza de gravitación.

Un ejemplo cotidiano de la aplicación de esta ley es el cálculo del peso de un objeto en la superficie de la Tierra. El peso es simplemente la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra sobre el objeto:

$$w = mg$$

Donde  $w$  es el peso en newton (N). La aceleración  $g$  es el resultado de la atracción gravitacional de la Tierra y varía ligeramente dependiendo de la ubicación en la superficie terrestre debido a la forma no perfectamente esférica de nuestro planeta.

## 5.2. Campo gravitatorio y energía potencial gravitatoria

El concepto de campo gravitatorio, introducido posteriormente para facilitar el análisis de interacciones gravitacionales, describe el espacio alrededor de un objeto masivo donde otro objeto experimentaría una fuerza gravitacional. La intensidad del campo gravitatorio en un punto se define como la fuerza por unidad de masa que experimentaría un objeto de prueba en ese punto. Por otra parte, la energía potencial gravitatoria es la energía que posee un objeto debido a su posición en un campo gravitatorio. Para alturas relativamente pequeñas cerca de la superficie de la Tierra. La expresión de la energía potencial gravitatoria dentro de campo de la Tierra ya se exploró en la progresión 2.

Para situaciones que involucran distancias mayores, como en el caso de satélites o planetas, se emplea una expresión más general para la energía potencial gravitatoria:

$$E_{pg} = -\frac{Gm_1m_2}{r}$$

Donde  $E_{pg}$  es la energía potencial gravitatoria a grandes distancias en joules (J). El signo negativo en esta ecuación indica que la energía potencial gravitatoria disminuye a medida que los objetos se acercan entre sí, alcanzando un mínimo (el valor más negativo) cuando están en contacto.

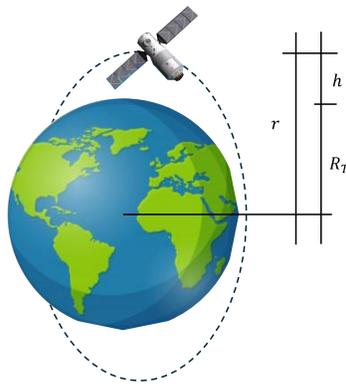


Fig. 4-P5. Representación de la energía potencial gravitatoria a grandes distancias representada por un satélite orbitando la Tierra.

## 5.3. Aplicaciones de la gravitación en la vida diaria

La comprensión de la gravedad y sus efectos presenta múltiples aplicaciones en diversos ámbitos de la vida cotidiana, así como en distintos campos científicos y tecnológicos. En el área de la geología y la geofísica, las variaciones en el campo gravitatorio de la Tierra permiten estudiar su estructura interna y localizar depósitos minerales, labor en la que los gravímetros resultan esenciales para la prospección geológica. En el ámbito de la meteorología, la gravedad influye directamente en los fenómenos atmosféricos, pues las diferencias de presión que dan origen a la formación de sistemas meteorológicos están estrechamente vinculadas a la fuerza gravitacional terrestre. Por su parte, la ingeniería civil debe considerar las fuerzas gravitacionales en el diseño de edificios, puentes y presas, calculando las cargas que estas estructuras deberán soportar para garantizar su estabilidad y seguridad.

La exploración espacial también se beneficia de la comprensión de la gravedad. La mecánica orbital, basada en la ley de gravitación de Newton, resulta fundamental para colocar y mantener satélites en órbita, así como para planificar misiones de exploración planetaria. Las maniobras de asistencia gravitacional, que aprovechan el campo gravitatorio de distintos planetas para acelerar o frenar naves espaciales, constituyen un ejemplo ingenioso de la aplicación práctica de estos principios. En el campo de la medicina, el conocimiento sobre cómo la gravedad afecta al cuerpo humano es crucial en medicina espacial y en el tratamiento de afecciones como la osteoporosis; los estudios sobre los efectos de la microgravedad en astronautas han permitido desarrollar nuevas estrategias para combatir la pérdida de densidad ósea y masa muscular. Por último, la tecnología de sensores emplea acelerómetros, dispositivos capaces de medir la aceleración gravitacional, presentes en dispositivos tan variados como teléfonos inteligentes o sistemas de seguridad en automóviles.

La teoría de la relatividad general, propuesta por Einstein en 1915, refinó aún más nuestra comprensión de la gravedad al describirla como una curvatura del espacio-tiempo causada por la presencia de masa y energía. Aunque la teoría de Newton sigue siendo adecuada para la mayoría de las aplicaciones cotidianas y de ingeniería, la relatividad general resulta imprescindible para explicar fenómenos como la precesión del perihelio de Mercurio, la curvatura de la luz en presencia de objetos masivos y la existencia misma de los agujeros negros. De este modo, el estudio de la gravedad, en conjunción con las leyes clásicas y las concepciones relativistas, continúa impulsando la expansión de nuestro conocimiento sobre el universo y su funcionamiento.

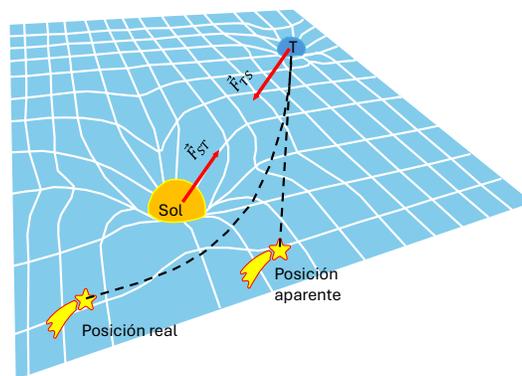
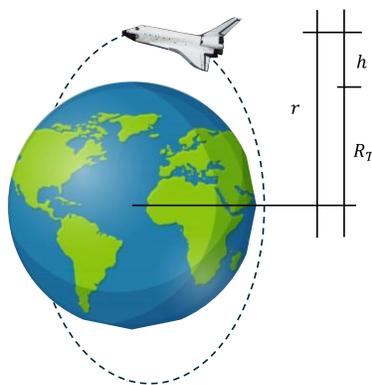


Fig. 5-P5. Representación de la teoría de la relatividad general propuesta por Einstein, curvatura del espacio-tiempo.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos nuestro conocimiento sobre la gravitación universal a situaciones prácticas, resolviendo problemas que nos permitirán comprender mejor cómo esta fuerza fundamental actúa en diferentes contextos de nuestro entorno.

**Ejercicio 1:** Un estudiante de Culiacán investiga la variación del peso de un objeto con masa  $75.0 \text{ kg}$  a diferentes alturas sobre la superficie terrestre. Determine el peso del objeto cuando se encuentra a una altura de  $1.00 \times 10^6 \text{ m}$  sobre la superficie terrestre, considerando que el radio de la Tierra es  $6.37 \times 10^6 \text{ m}$ .



## Solución

### a) Análisis del proceso

El peso de un objeto es la fuerza gravitacional que la Tierra ejerce sobre él. A medida que el objeto se aleja de la superficie terrestre, la fuerza gravitacional disminuye porque la distancia entre el objeto y el centro de la Tierra aumenta. La fuerza gravitacional se calcula utilizando la ley de gravitación universal, considerando que el peso del objeto es proporcional al producto de las masas de la Tierra y el objeto, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre sus centros.

### b) Identificación de los datos del problema

Masa del objeto:  $m = 75.0 \text{ kg}$ .

Masa de la Tierra:  $M = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$ .

Radio de la Tierra:  $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$ .

Altura del objeto:  $h = 1.00 \times 10^6 \text{ m}$ .

Constante de gravitación universal:  $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ .

### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

Calcular la distancia  $r$  desde el centro de la Tierra al objeto:

$$r = R + h = 6.37 \times 10^6 \text{ m} + 1.00 \times 10^6 \text{ m} = 7.37 \times 10^6 \text{ m}$$

Ecuación de la fuerza gravitacional:

$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

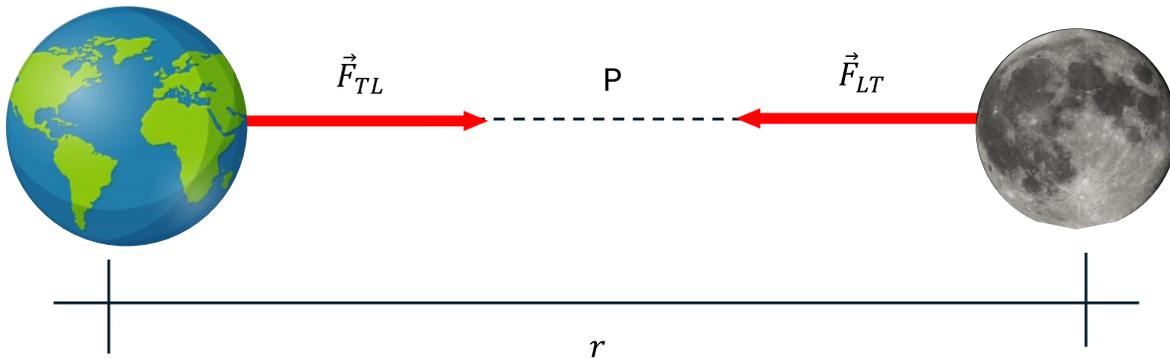
Sustitución de valores:

$$F = \frac{(6.674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2)(5.97 \times 10^{24} \text{ kg})(75.0 \text{ kg})}{(7.37 \times 10^6 \text{ m})^2} = 5.50 \times 10^2 \text{ N}$$

### d) Conclusión

El peso del objeto a una altura de  $1.00 \times 10^6$  m sobre la superficie terrestre es  $5.50 \times 10^2$  N. Este cálculo demuestra cómo el peso de un objeto disminuye a medida que aumenta su distancia del centro de la Tierra.

**Ejercicio 2:** Durante el eclipse total de Sol visible desde Mazatlán en abril de 2024, consideramos un punto ubicado exactamente entre la Luna y la Tierra. Si un objeto se colocara en este punto: (a) Calcula la fuerza gravitacional neta sobre el objeto; (b) determina hacia qué cuerpo celeste sería atraído con mayor intensidad.



**Solución:**

a) Análisis del proceso:

El fenómeno físico involucrado es la gravitación universal, que describe la interacción de objetos con masa. Usaremos la Ley de Gravitación Universal de Newton para calcular las fuerzas gravitacionales ejercidas por la Tierra y la Luna sobre el objeto de 1.00 kg. La fuerza neta es la diferencia entre las magnitudes de las fuerzas gravitacionales de la Tierra y la Luna, ya que estas fuerzas actúan en direcciones opuestas. El cuerpo celeste que ejerza la mayor fuerza determinará la dirección del movimiento del objeto.

b) Identificación de los datos del problema

Masa de la Tierra:  $M_{\text{Tierra}} = 5.97 \times 10^{24}$  kg.

Masa de la Luna:  $M_{\text{Luna}} = 7.34 \times 10^{22}$  kg.

Distancia entre la Tierra y la Luna:  $d_{\text{Tierra-Luna}} = 3.84 \times 10^8$  m.

Masa del objeto:  $m = 1.00$  kg.

Constante de gravitación universal:  $G = 6.674 \times 10^{-11}$  N·m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

Posición del objeto: Punto P, exactamente a la mitad entre la Tierra y la Luna, lo que significa que la distancia del objeto a ambos cuerpos es:

$$r_{\text{Tierra}} = r_{\text{Luna}} = \frac{d_{\text{Tierra-Luna}}}{2} = 1.92 \times 10^8 \text{ m}$$

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Fuerza gravitacional de la Tierra sobre el objeto:

$$F_{\text{Tierra}} = \frac{G(M_{\text{Tierra}}m)}{r_{\text{Tierra}}^2} = \frac{(6.674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2)(5.97 \times 10^{24} \text{ kg})(1.00 \text{ kg})}{(1.92 \times 10^8 \text{ m})^2} = 1.08 \text{ N}$$

2. Fuerza gravitacional de la Luna sobre el objeto:

$$F_{\text{Tierra}} = \frac{G(M_{\text{Luna}}m)}{r_{\text{Luna}}^2} = \frac{(6.674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2)(7.34 \times 10^{22} \text{ kg})(1.00 \text{ kg})}{(1.92 \times 10^8 \text{ m})^2} = 0.13 \text{ N}$$

3. Fuerza neta sobre el objeto:

La fuerza neta es la diferencia de las magnitudes de  $F_{\text{Tierra}}$  y  $F_{\text{Luna}}$ , ya que actúan en direcciones opuestas:

$$F_{\text{neta}} = F_{\text{Tierra}} - F_{\text{Luna}} = 1.08 \text{ N} - 0.13 \text{ N} = 0.95 \text{ N}$$

Dado  $F_{\text{Tierra}} > F_{\text{Luna}}$ , el objeto será atraído hacia la Tierra.

d) Conclusión

La fuerza gravitacional neta que actúa sobre el objeto colocado en el punto P, ubicado exactamente entre la Tierra y la Luna durante el eclipse total de Sol, es de 0.95 N. Esta fuerza resulta de la diferencia entre las atracciones gravitacionales ejercidas por la Tierra y la Luna. Dado que la fuerza gravitacional de la Tierra (1.08 N) es considerablemente mayor que la de la Luna (0.13 N), el objeto será atraído hacia la Tierra. Este resultado refleja el predominio de la influencia gravitacional terrestre en comparación con la de la Luna, incluso en un punto equidistante entre ambos cuerpos celestes.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, evaluaremos la comprensión integral de los conceptos gravitacionales estudiados mediante una serie de problemas que nos permitirán aplicar nuestros conocimientos a situaciones reales. Este proceso de evaluación nos ayudará a consolidar nuestro entendimiento de la gravitación universal y su impacto en diversos fenómenos.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. En el puerto de Mazatlán, los pescadores observan que las mareas varían a lo largo del mes, siendo más pronunciadas durante la luna llena y nueva. Explique cómo la fuerza gravitacional entre la Luna, el Sol y la Tierra produce este fenómeno natural que afecta sus actividades pesqueras.
2. Los astronautas en la Estación Espacial Internacional parecen flotar libremente, lo que muchos interpretan como ausencia de gravedad. Sin embargo, la estación está lo suficientemente cerca de la Tierra como para experimentar aproximadamente el 90% de la gravedad superficial. Explique esta aparente contradicción.
3. Durante la construcción de edificios altos en la Ciudad de México, los ingenieros utilizan plomadas para asegurar la verticalidad de las estructuras. Explique por

qué una plomada siempre apunta hacia el centro de la Tierra, independientemente de dónde se encuentre en la superficie terrestre.

4. Durante la temporada de huracanes en el Pacífico mexicano, los meteorólogos estudian la rotación de estos sistemas atmosféricos. Explica cómo la rotación de la Tierra y su campo gravitacional influyen en la dirección de rotación de los huracanes en el hemisferio norte.
5. En el diseño de los estadios de fútbol mexicanos, los arquitectos deben considerar la fuerza gravitacional al calcular la inclinación de las gradas. Analiza por qué una pendiente demasiado pronunciada podría ser peligrosa y cómo se relaciona esto con el campo gravitacional terrestre.

## 5.2. Problemas cuantitativos

1. Un satélite de comunicaciones mexicano de  $2.500 \times 10^3$  kg orbita a una altura de  $3.579 \times 10^7$  m sobre la superficie de la Tierra. Considerando que el radio de la Tierra es  $6.371 \times 10^6$  m y su masa es  $5.970 \times 10^{24}$  kg, calcule la fuerza gravitacional que la Tierra ejerce sobre el satélite.

Resultados:  $5.60 \times 10^2$  N

2. La sonda espacial mexicana UNAMSAT, con masa  $1.250 \times 10^1$  kg, orbita a una altura de  $8.500 \times 10^5$  m sobre la superficie terrestre. Calcule la energía potencial gravitacional de la sonda respecto al centro de la Tierra, sabiendo que la masa de la Tierra es  $5.970 \times 10^{24}$  kg, el radio de la Tierra es  $6.371 \times 10^6$  m, y la constante de gravitación universal es  $6.674 \times 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

Resultados:  $-6.90 \times 10^8$  J

3. Una antigua pirámide maya tiene una masa estimada de  $1.20 \times 10^8$  kg. Un arqueólogo con masa  $7.50 \times 10^1$  kg se encuentra a  $5.00 \times 10^1$  m del centro de masa de la pirámide. Determine la fuerza gravitacional que actúa entre el arqueólogo y la pirámide.

Resultados:  $2.40 \times 10^{-4}$  N

4. El Centro de Control Espacial Mexicano monitorea dos satélites artificiales en órbita terrestre baja. Si el primer satélite tiene una masa de  $4.50 \times 10^2$  kg y el segundo  $3.80 \times 10^2$  kg, y la distancia mínima entre ellos durante su aproximación más cercana es de  $5.00 \times 10^3$  m, determine: a) La fuerza gravitacional máxima entre los satélites b) Compare esta fuerza con el peso de una moneda de  $1.00 \times 10^{-2}$  kg en la superficie terrestre.

Resultados:  $4.57 \times 10^{-13}$  N,  $4.66 \times 10^{-12}$  veces menor

5. Un estudiante del Bachillerato de la UAS realiza un experimento para calcular la constante gravitacional G utilizando dos esferas de plomo. Si las esferas tienen masas de  $2.50 \times 10^1$  kg y  $3.50 \times 10^1$  kg respectivamente, ¿a qué distancia deberían colocarse sus centros para que la fuerza gravitacional entre ellas sea exactamente  $1.00 \times 10^{-7}$  N?

Resultados: 0.764 m



# CÁPSULA SEMANAL

## 6

<b>Asesoría presencial grupal (APG)</b>	<b>Asesorías personalizadas o por equipo (AP)</b>	<b>Autoestudio (AUTE)</b>
<b>1 hora</b>	<b>1 hora</b>	<b>2 hora</b>

## Progresión de aprendizaje 6

Explicar la Ley de Coulomb, describiendo la interacción entre cargas eléctricas y cómo estas generan campos eléctricos. Analizar la energía potencial eléctrica en sistemas de cargas y aplicar estos conceptos en situaciones prácticas, como circuitos eléctricos y electrostática.

### Metas de aprendizaje

CC. Explicar la influencia de las fuerzas electrostáticas en dispositivos cotidianos.  
CT2. Analizar la causa y efecto entre cargas eléctricas y fuerzas resultantes.  
CT3. Medir fuerzas y campos eléctricos utilizando instrumentos adecuados.  
CT4. Modelar campos eléctricos y calcular energía potencial eléctrica.  
CT6. Evaluar cómo la estructura y función de materiales afectan la distribución de cargas.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT2. Causa y efecto  
CT3. Medición  
CT4. Sistemas  
CT6. Estructura y función

## 1. Introducción General

Las fuerzas eléctricas nos rodean constantemente, desde la pequeña descarga que sentimos al tocar el picaporte después de caminar sobre una alfombra, hasta el funcionamiento de nuestros dispositivos electrónicos cotidianos. En esta progresión de aprendizaje, exploraremos cómo las cargas eléctricas interactúan entre sí, generando fuerzas que pueden atraer o repeler, y cómo estas interacciones fundamentales dan forma a muchas de las tecnologías que usamos diariamente, desde los teléfonos celulares hasta los electrodomésticos en nuestros hogares.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, descubriremos la fascinante naturaleza de las fuerzas eléctricas mediante un laboratorio virtual que nos permitirá experimentar directamente con cargas eléctricas y observar cómo interactúan entre sí.

**Actividad Práctica:** Explorando la ley de Coulomb

**Objetivo:** Analizar la relación entre la magnitud de las cargas eléctricas, la distancia que las separa y la fuerza electrostática resultante.

### Introducción teórica:

La ley de Coulomb establece que la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales depende directamente del producto de las cantidades de carga e inversamente del cuadrado de la distancia que existe entre ellas. Esto significa que, si se incrementa la cantidad de carga en alguno de los objetos, la intensidad de la fuerza electrostática se elevará en la misma proporción; por otro lado, a medida que las cargas se alejan entre sí, la fuerza disminuye rápidamente. Es importante destacar que esta interacción puede ser tanto atractiva como repulsiva, dependiendo del signo relativo de las cargas involucradas: si son cargas de signos opuestos, la fuerza será de atracción; mientras que, si poseen el mismo signo, se repelerán. **Acceso al recurso**

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/coulombs-law>



Fig. 1-P6. Simulador virtual de la escala macro: PhET Interactive Simulations.

### Procedimiento

Accede al simulador y selecciona la pestaña "Escala Macro". Observa las dos cargas representadas como esferas con vectores de fuerza que indican la dirección y magnitud de la interacción. Configura las cargas iniciales asignando  $+1.0 \mu\text{C}$  a la Carga 1 ( $q_1$ ) y  $-1.0 \mu\text{C}$  a la Carga 2 ( $q_2$ ), usando los controles deslizantes. Ubica las esferas a una distancia inicial de  $2.0 \text{ cm}$  ( $0.02 \text{ m}$ ) utilizando la regla graduada en la parte inferior de la pantalla y registra la fuerza de atracción en notación científica.

Manteniendo las cargas fijas en  $+1.0 \mu\text{C}$  y  $-1.0 \mu\text{C}$ , modifica la distancia entre ellas. Utiliza el control deslizante inferior para aumentar la separación a 4.0 cm, 6.0 cm y 8.0 cm (0.04 m, 0.06 m y 0.08 m, respectivamente). Registra en una tabla la fuerza electrostática para cada distancia y analiza cómo varía en función del cuadrado de la distancia.

Regresa las cargas a una distancia fija de 2.0 cm y modifica la magnitud de las cargas. Asigna a la Carga 1 un valor de  $+2.0 \mu\text{C}$  y mantén la Carga 2 en  $-1.0 \mu\text{C}$ . Luego, duplica la magnitud de ambas cargas a  $+2.0 \mu\text{C}$  y  $-2.0 \mu\text{C}$ , respectivamente. Observa cómo cambia la magnitud de la fuerza electrostática, comparando los resultados con la configuración inicial.

Por último, cambia el signo de la Carga 2 a  $+1.0 \mu\text{C}$  para que ambas cargas sean positivas. Observa cómo los vectores de fuerza indican una interacción repulsiva y registra el valor de la fuerza electrostática. Repite el experimento con cargas de  $+2.0 \mu\text{C}$  y  $+2.0 \mu\text{C}$  a una distancia fija de 2.0 cm.

### **Evaluación:**

Responde a las siguientes preguntas con base en tus observaciones:

1. ¿Cómo varía la fuerza electrostática al duplicar o triplicar la distancia entre las cargas?
2. ¿Qué sucede con la magnitud de la fuerza electrostática cuando duplicas la magnitud de una de las cargas? ¿Y cuándo duplicas ambas cargas?
3. ¿De qué manera influye el signo de las cargas en la dirección de la fuerza?

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en los conceptos fundamentales de las fuerzas electrostáticas, estableciendo conexiones entre las observaciones realizadas en el simulador y la teoría científica que explica estos fenómenos eléctricos que nos rodean cotidianamente.

## **6. Fuerzas electrostáticas y campos eléctricos**

Las fuerzas electrostáticas y los campos eléctricos brindando el marco para comprender la naturaleza de la materia y el funcionamiento de numerosas tecnologías cotidianas. Desde la cohesión de los átomos hasta la operación de dispositivos electrónicos, las interacciones eléctricas se hallan presentes en múltiples escalas, evidenciando su carácter imprescindible en nuestro entorno.

### **6.1. Ley de Coulomb y cargas eléctricas**

La Ley de Coulomb, establecida por el físico francés Charles-Augustin de Coulomb en 1785, describe la fuerza de atracción o repulsión entre partículas cargadas eléctricamente. Esta ley indica que la magnitud de la fuerza electrostática entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las magnitudes de dichas

cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, mismo que se expresa como:

$$F_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Donde  $F_e$  es la magnitud de la fuerza electrostática,  $k$  es la constante de Coulomb (aproximadamente  $9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ),  $q_1$  y  $q_2$  son las magnitudes de las cargas eléctricas en coulombs (C) y  $r$  es la distancia entre ellas en metros (m). El signo de la fuerza depende de si las cargas son del mismo signo o de signos opuestos.

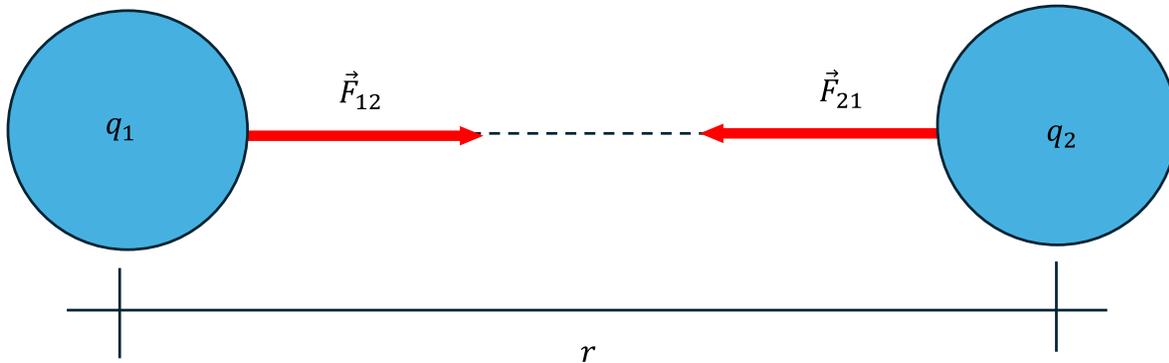


Fig. 2-P6. Dos cargas a cierta distancia se atraen entre sí con una fuerza eléctrica que es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.

La carga eléctrica es una propiedad fundamental de la materia. Existen dos tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. Las cargas del mismo signo se repelen, mientras que las de signo opuesto se atraen.

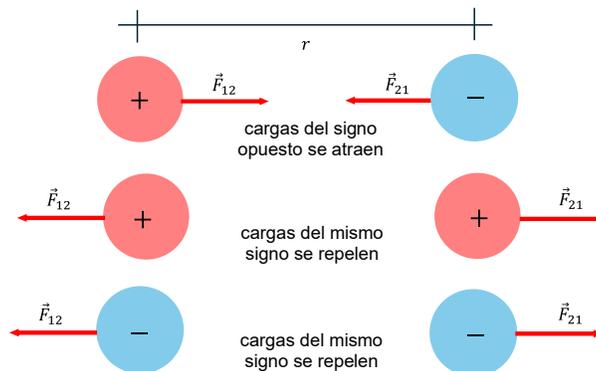


Fig. 3-P6. Naturaleza de las cargas: Los protones son de carga eléctrica positiva y se repelen entre sí. Los electrones son de carga eléctrica negativa y se repelen entre sí. Entre los electrones y los protones se ejercen fuerzas de atracción.

Históricamente, el concepto de carga eléctrica se desarrolló gradualmente a partir de observaciones de fenómenos eléctricos en la antigüedad. Sin embargo, fue en los siglos XVII y XVIII cuando se realizaron avances significativos en la comprensión de la electricidad, culminando con los trabajos de Coulomb y posteriormente de Michael Faraday y James Clerk Maxwell en el siglo XIX.

Un ejemplo cotidiano de la Ley de Coulomb es la acumulación de carga estática en la ropa seca. Cuando las prendas se frotan entre sí en la secadora, se produce una separación de cargas que puede resultar en pequeñas descargas eléctricas al tocar objetos metálicos.

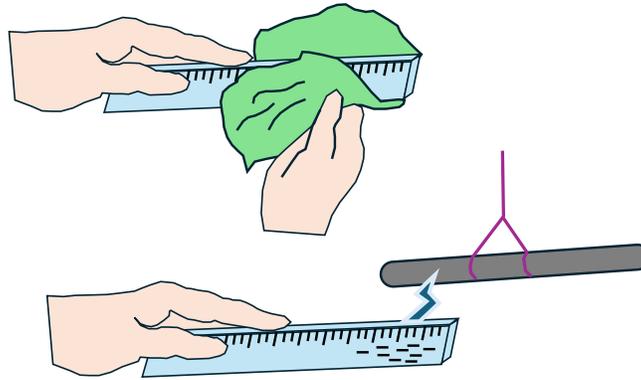


Fig. 4-P6. Intensidades de campo eléctrico cuando ocurre una descarga eléctrica.

## 6.2. Campo eléctrico y energía potencial eléctrica

El concepto de campo eléctrico, introducido por Michael Faraday, proporciona una forma de describir cómo las cargas eléctricas interactúan a distancia. Un campo eléctrico es una región del espacio alrededor de una carga eléctrica donde otra carga experimentaría una fuerza eléctrica. La intensidad del campo eléctrico en un punto se define como la fuerza por unidad de carga que experimentaría una carga de prueba positiva en ese punto:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

$$\vec{E} = k \frac{Q}{R^2}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q}$$

Fig. 5-P6. Intensidad del campo eléctrico de la partícula con carga  $Q$ .

Donde  $E$  es la intensidad del campo eléctrico en newton-coulomb (N/C).

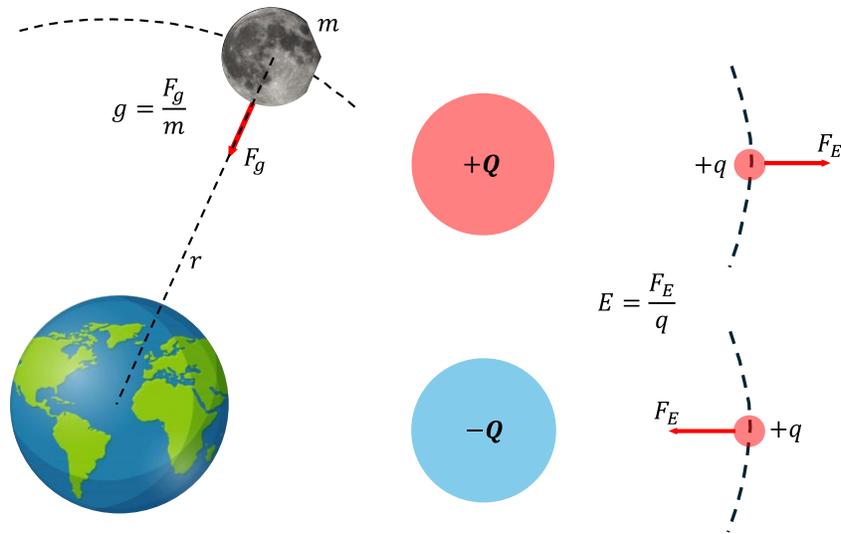


Fig. 6-P6. El campo gravitacional en cualquier punto sobre la Tierra puede representarse mediante la aceleración, así la intensidad del campo eléctrico en un punto es la misma que la dirección de las líneas del campo eléctrico de una carga.

Por otra parte, la energía potencial eléctrica es la energía asociada a la posición de una carga en un campo eléctrico. Para dos cargas puntuales, la energía potencial eléctrica se expresa como:

$$E_{\text{pel}} = k \frac{q_1 q_2}{r}$$

Donde  $E_{\text{pel}}$  es la energía potencial eléctrica en joules (J). El concepto de potencial eléctrico, estrechamente relacionado con la energía potencial eléctrica, se define como la energía potencial por unidad de carga. El potencial eléctrico en un punto del campo eléctrico se expresa como:

$$V = \frac{E_{\text{pel}}}{q}$$

Donde  $V$  es el potencial eléctrico en voltios (V).

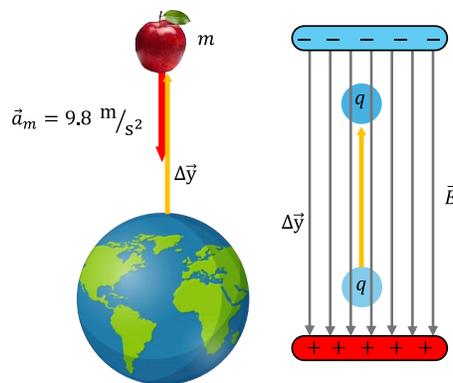


Fig. 7-P6. Partícula con carga positiva que se desplaza en el campo eléctrico homogéneo entre dos placas con cargas de signos opuestos.

### 6.3. Aplicaciones de la electrostática en la vida diaria

La comprensión de las fuerzas electrostáticas y los campos eléctricos ha impulsado el desarrollo de un amplio abanico de aplicaciones tecnológicas y científicas que reflejan la importancia de estos principios en nuestra vida cotidiana y en la expansión de nuestro conocimiento del mundo. Desde el momento en que se comprendió que las cargas pueden interactuar a distancia a través de campos eléctricos, surgieron innovaciones que abarcan procesos tan cotidianos como la reproducción de documentos y la mejora de la calidad del aire, hasta el perfeccionamiento de técnicas para la exploración del universo microscópico.

Por ejemplo, la xerografía, desarrollada a partir del descubrimiento de la atracción electrostática entre partículas de tóner cargadas y el papel, revolucionó la manera de generar copias impresas, allanando el camino para fotocopiadoras e impresoras láser. Del mismo modo, los filtros electrostáticos empleados en sistemas de purificación de aire aprovechan la atracción de partículas cargadas hacia placas colectoras para mejorar la calidad ambiental en hogares y entornos industriales. Esta idea de utilizar campos eléctricos para dirigir partículas cargadas también se ha aplicado en la pintura electrostática, una técnica que permite lograr recubrimientos uniformes y eficientes, valorada en la industria automotriz y de electrodomésticos.

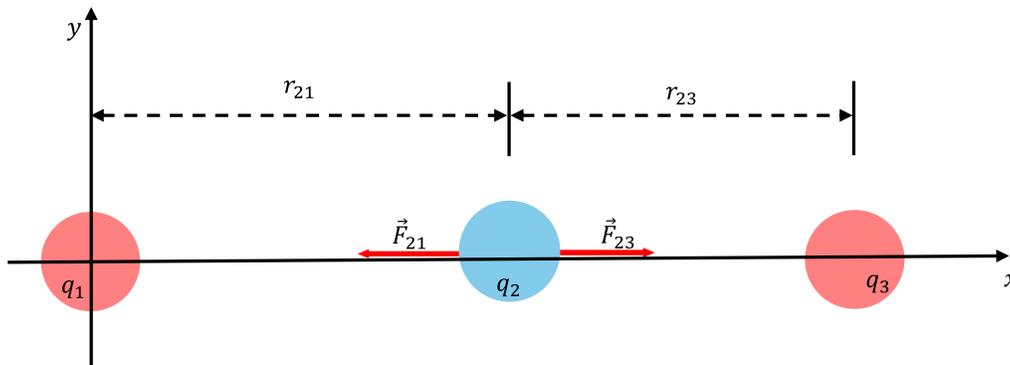
Las plantas de energía y fábricas recurren a precipitadores electrostáticos para reducir la contaminación al retirar partículas del humo, mientras que, en el ámbito de la electrónica cotidiana, las pantallas táctiles capacitivas detectan cambios en el campo eléctrico causados por el contacto del dedo, facilitando la interacción con dispositivos inteligentes. La misma lógica se extiende a la deshumidificación, donde campos eléctricos atraen moléculas de agua del aire, y a la microscopía electrónica, que utiliza campos eléctricos para acelerar y enfocar haces de electrones, brindándonos imágenes de estructuras a escala atómica. La electrostática, además, se conjuga con la seguridad y la protección: pararrayos y jaulas de Faraday canalizan y dispersan las cargas eléctricas atmosféricas, evitando daños en equipos e instalaciones.

A medida que la investigación avanza, el entendimiento profundo de estas interacciones abre paso a innovaciones en campos emergentes, como la nanotecnología, donde las fuerzas electrostáticas resultan esenciales para el ensamblaje y la manipulación de estructuras moleculares. Incluso en el ámbito biológico, las interacciones electrostáticas desempeñan un papel central en la conformación de proteínas, el plegamiento del ADN y la transmisión de impulsos nerviosos. Así, la electrostática no se limita a ser un fenómeno abstracto, sino que se entrelaza con diversos aspectos de la ciencia y la tecnología, impulsando el progreso en áreas que van desde la reproducción de documentos y la limpieza del aire, hasta la exploración espacial, la innovación nanotecnológica y la comprensión íntima de los procesos biológicos fundamentales.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos nuestros conocimientos sobre fuerzas electrostáticas y campos eléctricos a situaciones prácticas mediante la resolución de problemas contextualizados que nos ayudarán a comprender mejor cómo estos principios operan en nuestro entorno cotidiano.

**Ejercicio 1:** En una demostración de campo eléctrico, tres cargas puntuales  $q_1 = 2.00 \times 10^{-6}$  C,  $q_2 = -3.00 \times 10^{-6}$  C y  $q_3 = 1.00 \times 10^{-6}$  C están alineadas. Las cargas  $q_1$  y  $q_2$  están separadas  $2.00 \times 10^{-1}$  m, mientras que  $q_2$  y  $q_3$  están separadas  $1.50 \times 10^{-1}$  m. Se solicita calcular la fuerza neta sobre  $q_2$  debido a las otras dos cargas.



## 2. Solución

### a) Análisis del proceso

La fuerza electrostática entre dos cargas puntuales está dada por la Ley de Coulomb, que establece que la magnitud de la fuerza es proporcional al producto de las magnitudes de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. En este problema:

La fuerza entre  $q_1$  y  $q_2$ , y la fuerza entre  $q_2$  y  $q_3$  deben calcularse por separado.

La dirección de cada fuerza depende del signo de las cargas involucradas: cargas de signos opuestos generan fuerzas atractivas, mientras que cargas con el mismo signo generan fuerzas repulsivas.

Finalmente, la fuerza neta sobre  $q_2$  se determina sumando las fuerzas resultantes.

### b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados son:

$$q_1 = 2.00 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_2 = -3.00 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_3 = 1.00 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$\text{Distancia entre } q_1 \text{ y } q_2: d_{12} = 2.00 \times 10^{-1} \text{ m.}$$

$$\text{Distancia entre } q_2 \text{ y } q_3: d_{23} = 1.50 \times 10^{-1} \text{ m.}$$

$$\text{Constante de Coulomb: } k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2.$$

### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

### 1. Cálculo de la fuerza entre $q_1$ y $q_2$

La magnitud de la fuerza se obtiene con la ecuación:

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{d_{12}^2}$$

Como solo obtenemos la magnitud se suprime el signo negativo. Sustituyendo los valores:

$$F_{12} = (9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) \frac{(2.00 \times 10^{-6} \text{ C})(3.00 \times 10^{-6} \text{ C})}{(2.00 \times 10^{-1} \text{ m})^2} = 1.35 \times 10^{-1} \text{ N}$$

Como  $q_1$  es positiva y  $q_2$  es negativa, la fuerza es atractiva y apunta hacia  $q_1$  (izquierda).

### 2. Cálculo de la fuerza entre $q_2$ y $q_3$

La magnitud de la fuerza se obtiene con la ecuación:

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{d_{23}^2}$$

$$F_{23} = k \frac{q_3 q_2}{d_{23}^2}$$

Sustituyendo los valores:

$$F_{12} = (9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) \frac{(1.00 \times 10^{-6} \text{ C})(3.00 \times 10^{-6} \text{ C})}{(1.50 \times 10^{-1} \text{ m})^2} = 1.20 \times 10^{-1} \text{ N}$$

Como  $q_3$  es positiva y  $q_2$  es negativa, la fuerza es atractiva y apunta hacia  $q_3$  (derecha).

### 3. Fuerza neta sobre $q_2$

Dado que las fuerzas  $F_{12}$  y  $F_{23}$  actúan en direcciones opuestas:

$F_{12}$  hacia la izquierda (negativa).

$F_{23}$  hacia la derecha (positiva).

La fuerza neta es:

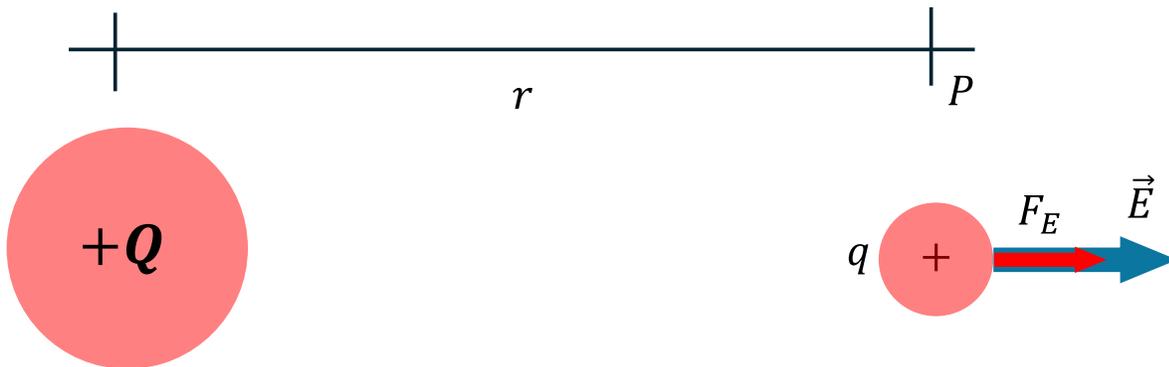
$$F_{\text{neto}} = F_{23} - F_{12} = 1.20 \times 10^{-1} \text{ N} - 1.35 \times 10^{-1} \text{ N} = -1.50 \times 10^{-2} \text{ N}$$

### d) Conclusión

La fuerza neta sobre  $q_2$  es  $1.50 \times 10^{-2} \text{ N}$  y está dirigida hacia la izquierda debido a que la fuerza atractiva ejercida por  $q_1$  es mayor que la fuerza atractiva ejercida por  $q_3$ . Las cifras significativas garantizan la precisión del resultado final.

**Ejercicio 2:** Un estudiante, durante una práctica de laboratorio en Culiacán, desea determinar el campo eléctrico generado por una carga puntual de  $5.00 \times 10^{-9} \text{ C}$  a una

distancia de  $1.50 \times 10^{-1}$  m. Además, quiere calcular la fuerza que experimentaría una carga de prueba de  $1.00 \times 10^{-9}$  C colocada en dicha posición.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

El fenómeno físico involucrado es el campo eléctrico generado por una carga puntual y la fuerza eléctrica que actúa sobre una carga de prueba. Según la ley de Coulomb, el campo eléctrico debido a una carga puntual depende de la magnitud de la carga y la distancia al punto de interés. La fuerza que experimenta una carga de prueba es proporcional al producto de esta carga por el campo eléctrico en su ubicación.

#### b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados son:

Magnitud de la carga puntual:  $q = 5.00 \times 10^{-9}$  C.

Distancia al punto donde se evalúa el campo eléctrico:  $r = 1.50 \times 10^{-1}$  m.

Carga de prueba:  $q' = 1.00 \times 10^{-9}$  C.

#### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

El campo eléctrico generado por una carga puntual está dado por:

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

Sustituyendo los valores:

$$E = \frac{(9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)(5.00 \times 10^{-9} \text{ C})}{(1.50 \times 10^{-1} \text{ m})^2} = 2.00 \times 10^3 \text{ N/C}$$

La fuerza que experimenta la carga de prueba está dada por:

$$F = q'E$$

Sustituyendo los valores:

$$F = (1.00 \times 10^{-9} \text{ C})(2.00 \times 10^3 \text{ N/C}) = 2.00 \times 10^{-6} \text{ N}$$

#### d) Conclusión

La magnitud del campo eléctrico generado por la carga puntual es  $2.00 \times 10^3$  N/C. Una carga de prueba de  $1.00 \times 10^{-9}$  C colocada a esa distancia experimentaría una fuerza de  $2.00 \times 10^{-6}$  N. Estos resultados destacan la importancia de utilizar cifras significativas para reflejar la precisión de los valores experimentales y teóricos.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, evaluaremos la comprensión integral de las fuerzas y campos eléctricos mediante una serie de problemas contextualizados que nos permitirán aplicar los conceptos estudiados a situaciones de la vida real.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Al peinar el cabello en un día seco, se observa que algunos cabellos se "levantan" y siguen el movimiento del peine. Explique este fenómeno desde la perspectiva de la electrostática, considerando la transferencia de cargas y las fuerzas resultantes.
2. En una planta procesadora de granos en Los Mochis, se utilizan separadores electrostáticos para remover impurezas del producto. Analice cómo funciona este proceso y por qué es efectivo para la separación de materiales.
3. Los filtros electrostáticos de aire, cada vez más comunes en hogares mexicanos, atrapan partículas de polvo y contaminantes. Explique el principio físico detrás de su funcionamiento y por qué son más eficientes que los filtros mecánicos tradicionales.
4. Durante la temporada seca en Los Mochis, al bajarse de un automóvil después de un viaje largo, algunas personas experimentan una pequeña descarga eléctrica al tocar la puerta metálica. Explique este fenómeno considerando la acumulación de cargas eléctricas y la transferencia de electrones entre diferentes materiales.
5. La pintura electrostática utilizada en la industria automotriz, cada vez más común, asegura una cobertura uniforme y una mejor adherencia de la pintura. Explique el principio físico detrás de su funcionamiento y por qué es más eficiente que los métodos de pintura tradicionales.

### 5.2. Problemas cuantitativos

1. Un estudiante en una práctica de electrostática utiliza un electroscopio que tiene una carga de  $3.00 \times 10^{-9}$  C. Si se coloca una carga de prueba de  $-1.00 \times 10^{-9}$  C a  $5.00 \times 10^{-2}$  m del electroscopio, determine la fuerza electrostática que experimenta la carga de prueba.

Respuestas:  $1.08 \times 10^{-5}$  N

2. En un experimento de laboratorio, se mide la energía potencial eléctrica entre dos cargas puntuales de  $5.00 \times 10^{-6}$  C y  $-3.00 \times 10^{-6}$  C separadas inicialmente por

$4.00 \times 10^{-1}$  m. Determine el trabajo necesario para acercarlas hasta una separación de  $2.00 \times 10^{-1}$  m.

Respuestas:  $-3.37 \times 10^{-1}$  J

3. Un equipo de investigadores de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la UAS estudia la distribución de carga en un conductor esférico de  $1.50 \times 10^{-1}$  m de radio. La esfera tiene una carga total de  $8.00 \times 10^{-6}$  C distribuida uniformemente en su superficie. Una partícula con carga de  $-2.00 \times 10^{-9}$  C se coloca a  $3.00 \times 10^{-1}$  m del centro de la esfera. Se solicita: a) Calcular la fuerza electrostática que experimenta la partícula. b) Determinar su energía potencial eléctrica en esa posición.

Respuestas:  $1.60 \times 10^{-3}$  N,  $-4.79 \times 10^{-4}$  J

4. En un experimento de laboratorio, tres cargas puntuales están alineadas horizontalmente:  $q_1 = 2.00 \times 10^{-6}$  C,  $q_2 = -3.00 \times 10^{-6}$  C, y  $q_3 = 2.50 \times 10^{-6}$  C. Si  $q_1$  y  $q_2$  están separadas por  $1.00 \times 10^{-1}$  m, y  $q_2$  y  $q_3$  por  $1.50 \times 10^{-1}$  m, calcule la fuerza neta sobre  $q_2$ .

Respuestas:  $2.40 \times 10^{-1}$  N, dirigida hacia la izquierda

5. Durante una demostración de electrostática, un globo cargado con  $-2.50 \times 10^{-7}$  C se acerca a una pared con una carga inducida de  $1.50 \times 10^{-7}$  C. Si la distancia entre el globo y la pared es de  $3.00 \times 10^{-2}$  m, determine la fuerza electrostática entre ellos.

Respuestas:  $3.75 \times 10^{-1}$  N

# CÁPSULA SEMANAL

## 7

Asesoría presencial grupal (APG)	Asesorías personalizadas o por equipo (AP)	Autoestudio (AUTE)
1 hora	1 hora	2 hora

## Progresión de aprendizaje 7

Analizar cómo los campos magnéticos se generan a partir de corrientes eléctricas, utilizando las leyes de Ampère y Biot-Savart. Explicar la interacción entre campos magnéticos y corrientes, demostrando cómo estas interacciones permiten el funcionamiento de dispositivos como motores eléctricos.

### Metas de aprendizaje

CC. Explicar los principios fundamentales del electromagnetismo y cómo se generan los campos magnéticos.

CT2. Analizar la causa y efecto entre corrientes eléctricas y la generación de campos magnéticos.

CT3. Medir la intensidad de campos magnéticos producidos por diferentes corrientes eléctricas.

CT4. Modelar sistemas electromagnéticos para comprender la interacción entre campos magnéticos y corrientes eléctricas.

CT5. Evaluar la transferencia y conservación de energía en sistemas electromagnéticos.

CT6. Analizar cómo la estructura y función de dispositivos como solenoides afectan el campo magnético generado.

CT7. Investigar factores que influyen en la estabilidad y cambio de campos magnéticos en diferentes materiales.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT2. Causa y efecto

CT3. Medición

CT4. Sistemas

CT5. Flujos y ciclos de la materia y la energía

CT6. Estructura y función

CT7. Estabilidad y cambio

## 1. Introducción General

El electromagnetismo representa uno de los pilares fundamentales de la física moderna, manifestándose en innumerables aspectos de nuestra vida cotidiana. Desde el simple acto de encender una luz hasta el funcionamiento de los dispositivos móviles, esta fuerza fundamental moldea nuestro mundo tecnológico. En esta progresión de aprendizaje, exploraremos cómo las corrientes eléctricas generan campos magnéticos y cómo estas interacciones posibilitan el funcionamiento de dispositivos esenciales en nuestra vida diaria, como los motores eléctricos, estableciendo conexiones significativas entre la teoría física y sus aplicaciones prácticas.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos adentraremos en el fascinante mundo del electromagnetismo mediante una experiencia práctica virtual que nos permitirá visualizar y comprender cómo las corrientes eléctricas generan campos magnéticos, sentando las bases para entender su aplicación en nuestra vida diaria.

**Actividad Práctica:** Generación de campos Magnéticos mediante corrientes eléctricas

**Objetivo:** Analizar la relación entre corrientes eléctricas y campos magnéticos en un solenoide.

### **Introducción teórica:**

El electromagnetismo constituye uno de los fenómenos más relevantes en la física moderna, donde las corrientes eléctricas generan campos magnéticos capaces de interactuar con otros materiales. Este principio, descubierto por Hans Christian Oersted en 1820, revolucionó nuestra comprensión de la física y sentó las bases para numerosas aplicaciones tecnológicas, como motores eléctricos y generadores. En esta actividad, exploraremos estas interacciones de manera visual e interactiva, utilizando un simulador que nos permite manipular variables clave.

### **Acceso al recurso:**

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/magnets-and-electromagnets>

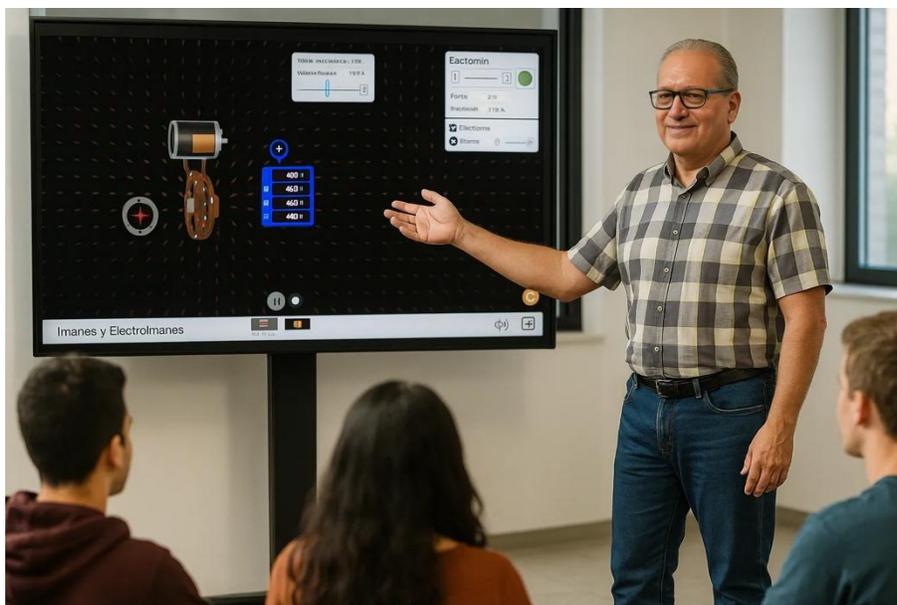


Fig. 1-P7. Simulador virtual de imanes y electroimanes. Fuente: PhET Interactive Simulations.

### Procedimiento

Accede al simulador en el enlace proporcionado. Una vez iniciado, selecciona la pestaña "Electroimán" en la parte inferior de la pantalla. En esta sección, encontrarás una batería, una bobina y herramientas interactivas para modificar parámetros.

Utiliza el deslizador de voltaje ubicado en la esquina superior izquierda para ajustar el voltaje de la batería en un rango de -10 V a 10 V. Comienza con valores bajos y aumenta gradualmente hasta el máximo permitido. Observa cómo las líneas del campo magnético se intensifican y su densidad cambia conforme aumenta la corriente.

Modifica el número de vueltas de la bobina usando el control numérico correspondiente (valores entre 1 y 4 espiras). Observa detenidamente cómo influye este cambio en la intensidad y forma del campo magnético generado alrededor del electroimán.

cerca la brújula virtual a diferentes posiciones alrededor del electroimán y registra cómo la flecha de la brújula cambia su orientación al acercarse a distintas regiones del campo magnético. A continuación, invierte la dirección de la corriente eléctrica utilizando el interruptor de polaridad y observa cómo cambia la orientación de las líneas del campo magnético y de la brújula.

### Evaluación:

Responde a las siguientes preguntas con base en tus observaciones:

1. ¿Qué relación observas entre la intensidad de la corriente eléctrica y la fuerza del campo magnético generado?
2. ¿De qué manera influye el número de vueltas de la bobina en la intensidad y la distribución del campo magnético?

3. ¿Qué sucede con la orientación del campo magnético cuando inviertes la dirección de la corriente eléctrica?

### 3. Explain (Explicación)

En esta fase, profundizaremos en los conceptos fundamentales del electromagnetismo, estableciendo conexiones claras entre la teoría y sus aplicaciones prácticas. Examinaremos cómo las corrientes eléctricas generan campos magnéticos y cómo estas interacciones fundamentan el funcionamiento de diversos dispositivos tecnológicos.

## 7. Campos magnéticos y electromagnetismo

El electromagnetismo, reconocido como una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, desempeña una función esencial en la comprensión del universo y ha propiciado el desarrollo de tecnologías que han transformado profundamente la sociedad contemporánea. Este ámbito de estudio unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos, poniendo de manifiesto su estrecha interrelación y sus múltiples aplicaciones prácticas en diversos aspectos de la vida cotidiana.

### 7.1. Generación y propiedades de campos magnéticos

Los campos magnéticos son regiones del espacio donde se manifiestan fuerzas magnéticas. Históricamente, el magnetismo se observó primero en ciertos minerales, como la magnetita, capaces de atraer objetos de hierro. Sin embargo, no fue hasta el siglo XIX cuando se estableció la conexión fundamental entre electricidad y magnetismo.

Un campo magnético puede ser generado por tres fuentes principales: imanes permanentes, corrientes eléctricas y campos eléctricos variables en el tiempo. Los imanes permanentes, como los que se encuentran en las brújulas, crean campos magnéticos debido a la alineación de los momentos magnéticos de sus átomos. Las corrientes eléctricas, por otro lado, generan campos magnéticos circundantes, un fenómeno descubierto por Hans Christian Oersted en 1820.

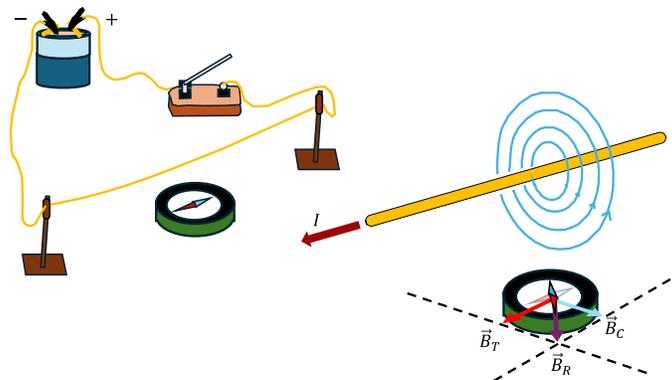


Fig. 2-P7. Experiencia de Oersted. Efecto magnético de un conductor con corriente, la aguja de una brújula se desvía al colocar sobre ella un conductor con corriente.

La intensidad del campo magnético se denota comúnmente como  $B$  y se mide en teslas (T) en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Un tesla es una unidad relativamente grande; en la práctica, a menudo se utilizan submúltiplos como el militesla (mT) o el microtesla ( $\mu\text{T}$ ).

Una propiedad fundamental de los campos magnéticos es que son dipolares, es decir, siempre tienen un polo norte y un polo sur. A diferencia de las cargas eléctricas, los polos magnéticos no pueden existir aisladamente; un imán siempre tendrá ambos polos. Esta característica se conoce como el monopolio magnético, cuya existencia ha sido teóricamente propuesta pero nunca observada experimentalmente.

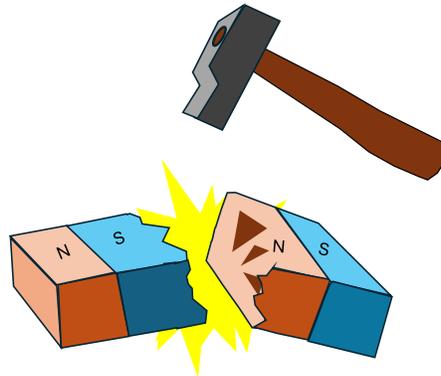


Fig. 3-P7. Propiedad fundamental del campo magnético, es que son dipolares. Es imposible tener un cuerpo magnetizado con un solo polo.

## 7.2. Interacción entre corrientes y campos magnéticos

La interacción entre corrientes eléctricas y campos magnéticos constituye el núcleo del electromagnetismo. Cuando una carga eléctrica se desplaza a través de un campo magnético, experimenta una fuerza denominada fuerza de Lorentz, la cual es perpendicular tanto a la dirección del movimiento de la carga como a la dirección del campo magnético. Matemáticamente, la magnitud de esta fuerza se expresa mediante la ecuación:

$$F_{\text{mag}} = qvB\text{sen}\theta$$

Donde  $F_{\text{mag}}$  es la magnitud de la fuerza de Lorentz en newton (N),  $q$  es la carga eléctrica en coulomb (C),  $v$  es la velocidad de la carga en metros sobre segundo (m/s),  $B$  es la intensidad del campo magnético en tesla (T) y  $\theta$  es el ángulo entre la dirección del movimiento y la dirección del campo magnético en grados ( $^{\circ}$ ).

La fuerza es máxima cuando la dirección del movimiento y la del campo magnético son perpendiculares (es decir, cuando  $\theta = 90^{\circ}$ ). En este caso, la expresión se simplifica a:

$$F_{\text{mag}} = qvB$$

Por el contrario, la fuerza es mínima, igual a cero, cuando las direcciones son paralelas o antiparalelas ( $\theta = 0^{\circ}$  o  $\theta = 180^{\circ}$ ):

$$F_{\text{mag}} = 0$$

La intensidad del campo magnético ( $B$ ) se define en función de la fuerza que actúa sobre una partícula cargada que se mueve dentro del campo. La unidad del Sistema Internacional (SI) para  $B$  es el tesla (T), nombrada en honor a Nikola Tesla (1856–1943), un inventor brillante y excéntrico. La intensidad del campo magnético puede calcularse como:

$$B = \frac{F_{\text{mag}}}{qv}$$

Entonces, la equivalencia de la unidad tesla es  $1 \text{ T} = 1 \text{ N} / (\text{C}\cdot\text{m}/\text{s}) = 1 \text{ N}/(\text{A}\cdot\text{m})$ .

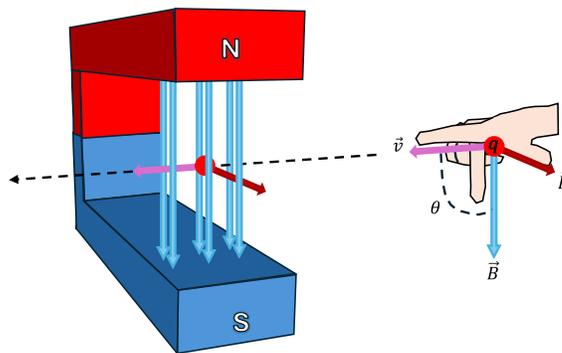


Fig. 4-P7. Regla de la mano derecha para determinar el sentido de la fuerza de que actúa sobre una partícula cargada que se mueve en un campo magnético.

### 7.3. Leyes de Ampère y Biot-Savart

Las leyes de Ampère y Biot-Savart son fundamentales para comprender cómo las corrientes eléctricas generan campos magnéticos. La ley de Ampère relaciona la intensidad del campo magnético alrededor de un circuito cerrado con la corriente eléctrica que fluye a través del área encerrada por ese circuito. En su forma más simple, para un conductor largo y recto, la ley de Ampère se puede expresar como:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Donde  $\mu_0$  es la permeabilidad magnética del vacío que equivale a  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}/\text{A}$ ,  $I$  es la corriente que fluye por el conductor en ampere (A) y  $r$  es la distancia desde el conductor hasta el punto donde se mide la intensidad en metro (m).

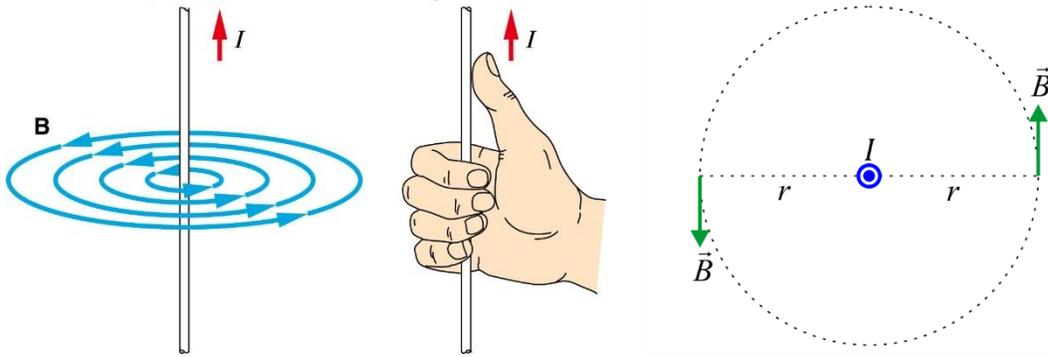


Fig. 5-P7. El sentido de las líneas del campo de un conductor con corriente puede ser determinado mediante la regla de la mano derecha.

La Ley de Biot-Savart, formulada por los físicos franceses Jean-Baptiste Biot y Félix Savart en el año 1820, es una de las leyes fundamentales del electromagnetismo que describe cómo se genera un campo magnético a partir de una corriente eléctrica en movimiento. Esta ley establece que cada segmento pequeño de un conductor que transporta una corriente eléctrica crea un campo magnético alrededor de él, y la intensidad de este campo depende de varios factores, como la magnitud de la corriente, la longitud del segmento conductor, la distancia desde el conductor hasta el punto de observación y el ángulo entre la dirección de la corriente y la línea que une el segmento con el punto donde se mide el campo. La Ley de Biot-Savart es especialmente útil para calcular campos magnéticos en conductores con formas complejas, donde las configuraciones geométricas no permiten aplicar leyes más simplificadas como la de Ampère.

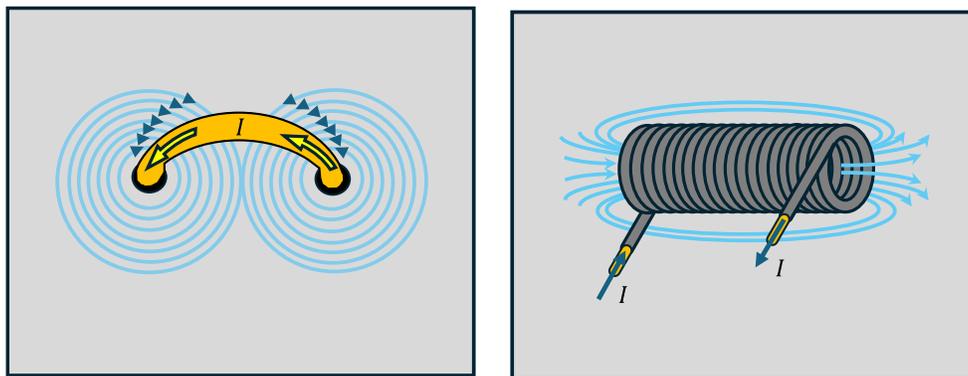


Fig. 6-P7. Disposición de las líneas del campo magnético de una esfera y un solenoide.

Estas leyes son fundamentales en el diseño de dispositivos electromagnéticos como solenoides y electroimanes. Un solenoide, que consiste en una bobina de alambre enrollada en forma de hélice, produce un campo magnético uniforme en su interior cuando se hace pasar una corriente a través de él. Este principio se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde válvulas electromagnéticas hasta instrumentos de medición.

La comprensión del electromagnetismo ha llevado a innumerables aplicaciones tecnológicas. Los generadores eléctricos, que convierten energía mecánica en energía eléctrica, se basan en el principio de inducción electromagnética descubierto por Michael

Faraday. Este principio establece que un campo magnético variable induce una fuerza electromotriz en un conductor cercano.

En el campo de la medicina, el electromagnetismo ha permitido el desarrollo de técnicas de diagnóstico avanzadas como la resonancia magnética nuclear (RMN). Esta técnica utiliza potentes campos magnéticos y ondas de radio para generar imágenes detalladas del interior del cuerpo humano.

En la industria de las comunicaciones, las ondas electromagnéticas, que son oscilaciones acopladas de campos eléctricos y magnéticos, forman la base de las tecnologías de radio, televisión y telefonía móvil. Estas ondas, predichas teóricamente por James Clerk Maxwell en el siglo XIX y confirmadas experimentalmente por Heinrich Hertz, han revolucionado la forma en que nos comunicamos y transmitimos información.

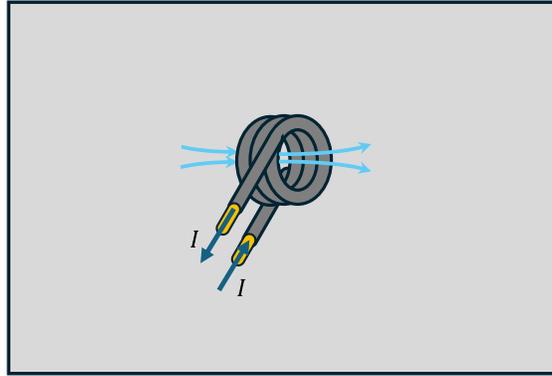
Tabla 1-P7. Cálculo del campo magnético en diferentes situaciones.

Situación	Campo Magnético ( $B$ )	Parámetros Clave	Descripción
Cable recto infinito	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$	Distancia $r$	Campo magnético generado alrededor de un cable conductor recto infinito.
Centro de una espira circular	$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$	Radio $R$	Campo magnético en el centro de una espira circular con corriente constante.
Solenoides largo	$B = \mu_0 n I$	Densidad de espiras $n = N/l$	Campo magnético uniforme en el interior de un solenoide largo y compacto.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos los conceptos aprendidos a situaciones prácticas mediante la resolución de problemas contextualizados, permitiéndonos consolidar nuestra comprensión del electromagnetismo y su aplicación en situaciones reales.

**Ejercicio 1:** En un laboratorio de física, un estudiante construye un sistema formado por 3 espiras circulares idénticas conectadas a una fuente de 5.00 V. Cada espira tiene un radio de 0.05 m, y el circuito permite el paso de una corriente de 2.00 A. Se solicita determinar: (1) la magnitud del campo magnético generado en el centro de una sola espira, (2) el campo magnético total en el centro del sistema de las 3 espiras apiladas, y (3) analizar qué ocurriría con el campo magnético total si el número de espiras se duplicara, manteniendo constante la corriente.



## Solución

### a) Análisis del proceso

Cuando una corriente eléctrica circula a través de una espira circular, se genera un campo magnético en el centro de la espira. Este campo magnético es proporcional a la corriente y depende inversamente del radio de la espira. La relación se deriva de la Ley de Biot-Savart, que describe la contribución de cada segmento de la espira al campo magnético en su centro.

En el caso de varias espiras apiladas, el campo magnético total en el centro es la suma de los campos individuales de todas las espiras, ya que los campos generados son coaxiales y tienen la misma dirección. Si el número de espiras se duplica, el campo magnético también se incrementa proporcionalmente, pues la contribución de cada espira se acumula linealmente.

### b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados son:

Número de espiras:  $N = 3$ .

Radio de cada espira:  $R = 0.05 \text{ m}$ .

Corriente eléctrica:  $I = 2.00 \text{ A}$ .

Fuente de voltaje:  $V = 5.00 \text{ V}$ .

Permeabilidad magnética del vacío:  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ .

### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

#### 1. Campo magnético en el centro de una sola espira

El campo magnético  $B$  en el centro de una espira circular está dado por:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Sustituyendo los valores, se obtiene el campo magnético en el centro de una sola espira es:

$$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})(2.00 \text{ A})}{2(0.05 \text{ m})} = 2.51 \times 10^{-5} \text{ T}$$

## 2. Campo magnético total en el sistema de 3 espiras

Para  $N = 3$  espiras, el campo magnético total se calcula como:

$$B_{\text{total}} = NB = 3(2.51 \times 10^{-5} \text{ T}) = 7.53 \times 10^{-5} \text{ T}$$

## 3. Análisis al duplicar el número de espiras

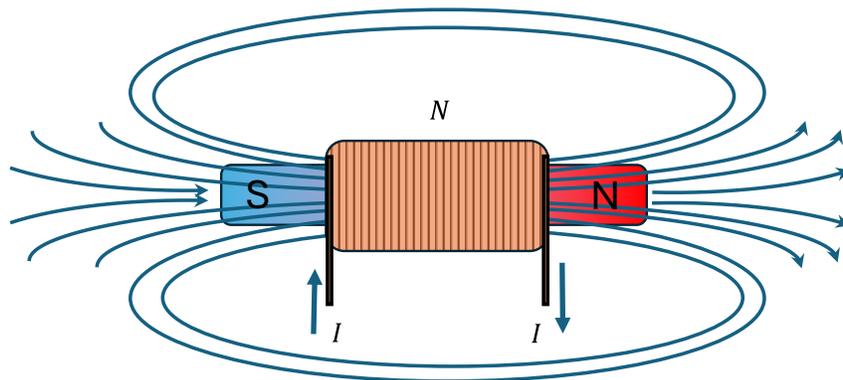
Si el número de espiras se duplica,  $N = 6$ . Manteniendo constante la corriente, el campo magnético total sería:

$$B_{\text{nuevo}} = 6(2.51 \times 10^{-5} \text{ T}) = 1.51 \times 10^{-4} \text{ T}$$

## d) Conclusión

El campo magnético generado en el centro de una sola espira es  $2.51 \times 10^{-5} \text{ T}$ . En el sistema de 3 espiras apiladas, el campo magnético total es  $7.53 \times 10^{-5} \text{ T}$ . Si el número de espiras se duplica, el campo magnético también se duplica, alcanzando  $1.51 \times 10^{-4} \text{ T}$ . Este comportamiento demuestra que el campo magnético total en sistemas de espiras es proporcional al número de vueltas y a la corriente que circula por ellas, una relación clave en aplicaciones prácticas como bobinas electromagnéticas.

**Ejercicio 2:** En un taller mecánico, un electroimán está construido con un solenoide de 1000 vueltas distribuidas uniformemente en una longitud de  $4.00 \times 10^{-1} \text{ m}$ . Si se requiere un campo magnético de  $2.50 \times 10^{-2} \text{ T}$  en su interior, calcule la corriente necesaria.



## Solución

### a) Análisis del proceso

En un solenoide, el campo magnético generado en su interior es uniforme y depende directamente de la corriente que fluye a través de las espiras, el número de vueltas por unidad de longitud, y la permeabilidad magnética del vacío. Este fenómeno se explica por la ley de Ampère, la cual establece que la corriente eléctrica crea un campo magnético proporcional a la densidad de corriente.

El campo magnético en el centro de un solenoide ideal está dado por la relación  $B = \mu_0 n I$ , donde  $n$  es la densidad de vueltas, calculada como el número total de vueltas  $N$  dividido por la longitud del solenoide  $L$ . Para determinar la corriente necesaria, se despeja  $I$  de la ecuación, mostrando que el campo magnético deseado se puede lograr ajustando el valor de la corriente eléctrica.

b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados son:

Número total de vueltas del solenoide:  $N = 1000$ .

Longitud del solenoide:  $L = 4.00 \times 10^{-1}$  m.

Campo magnético requerido:  $B = 2.50 \times 10^{-2}$  T.

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

Densidad de vueltas  $n$ :

$$n = \frac{N}{L} = \frac{1000}{4.00 \times 10^{-1} \text{ m}} = 2.50 \times 10^3 \text{ m}^{-1}$$

Corriente necesaria  $I$ :

La fórmula para el campo magnético en un solenoide es:

$$B = \mu_0 n I$$

Despejando  $I$  y sustituyendo los valores:

$$I = \frac{B}{\mu_0 n} = \frac{2.50 \times 10^{-2} \text{ T}}{(4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})(2.50 \times 10^3 \text{ m}^{-1})} \approx 7.96 \text{ A}$$

$$I = \frac{B}{\mu_0 n} = \frac{2.50 \times 10^{-2} \text{ T}}{(4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A})(2.50 \times 10^3 \text{ m}^{-1})} \approx 7.96 \text{ A}$$

d) Conclusión

La corriente necesaria para generar un campo magnético de  $2.50 \times 10^{-2}$  T en el interior del solenoide es aproximadamente 7.96 A. Este resultado refleja la relación directa entre el campo magnético y la corriente eléctrica, además de la importancia de las características geométricas del solenoide.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, evaluaremos la comprensión de los conceptos fundamentales del electromagnetismo mediante problemas cualitativos y cuantitativos contextualizados, permitiendo reflexionar sobre su aplicación en situaciones cotidianas y tecnológicas relevantes para nuestro entorno.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Durante una visita al laboratorio de física de la UAS, observas que al acercar un imán a una bobina conectada a un galvanómetro, la aguja se mueve solamente cuando el imán está en movimiento. ¿Por qué ocurre este fenómeno y cómo se relaciona con la ley de inducción electromagnética?
2. En una subestación eléctrica local, los transformadores modifican el voltaje de la energía eléctrica que llega a nuestros hogares. ¿Por qué estos dispositivos requieren núcleos de hierro en sus bobinas y cómo influye este material en la eficiencia del proceso de transformación?
3. Los detectores de metales utilizados en la seguridad del Aeropuerto Internacional de Culiacán funcionan mediante principios electromagnéticos. ¿Cómo detectan estos dispositivos la presencia de objetos metálicos y por qué algunos metales generan una respuesta más fuerte que otros?
4. En una cocina de inducción magnética, los alimentos se calientan sin que la superficie vitrocerámica alcance altas temperaturas. ¿Cómo explicas este fenómeno considerando los principios del electromagnetismo y por qué solo funcionan con recipientes fabricados con materiales ferromagnéticos?
5. En los hospitales, se solicita a los pacientes retirar objetos metálicos antes de una resonancia magnética. ¿Por qué es necesaria esta precaución y qué relación tiene con los campos magnéticos generados por el equipo?

## 5.2. Problemas cuantitativos

1. En un taller de reparación de electrodomésticos en Culiacán, un técnico necesita determinar la intensidad del campo magnético generado por un cable recto que conduce una corriente de 2.50 A a una distancia de  $1.50 \times 10^{-1}$  m del conductor, para verificar posibles interferencias con equipos electrónicos sensibles.  
Resultado:  $3.33 \times 10^{-6}$  T
2. En el sistema de bocinas de un centro cultural en Culiacán, se utiliza una bobina circular con 50 vueltas y un radio de  $8.00 \times 10^{-2}$  m. Si la corriente que circula por la bobina es de 2.50 A, determine la magnitud del campo magnético en el centro de la bobina.  
Resultado:  $9.81 \times 10^{-4}$  T
3. En un laboratorio de física del bachillerato, un estudiante construye un solenoide con 200 vueltas distribuidas uniformemente a lo largo de  $2.50 \times 10^{-1}$  m. Al conectar el solenoide a una fuente de 12.0 V, se genera una corriente de  $5.00 \times 10^{-1}$  A. Determine la intensidad del campo magnético en el centro del solenoide.  
Resultado:  $5.03 \times 10^{-4}$  T
4. En un laboratorio de investigación, una partícula con carga eléctrica de  $1.60 \times 10^{-19}$  C se mueve con una velocidad de  $2.00 \times 10^6$  m/s, perpendicular a un campo magnético uniforme de  $5.00 \times 10^{-1}$  T. Se solicita determinar la magnitud de la fuerza magnética que actúa sobre la partícula.

Resultado:  $1.60 \times 10^{-13}$  N

5. Un cable conductor recto en una instalación del Parque Industrial Culiacán genera un campo magnético de  $2.50 \times 10^{-5}$  T a una distancia de  $1.00 \times 10^{-1}$  m. Se solicita determinar la corriente eléctrica que circula por el conductor.

Resultado: 12.5 A

# CÁPSULA SEMANAL

## 8

<b>Asesoría presencial grupal (APG)</b>	<b>Asesorías personalizadas o por equipo (AP)</b>	<b>Autoestudio (AUTE)</b>
<b>1 hora</b>	<b>1 hora</b>	<b>2 hora</b>

## Progresión de aprendizaje 8

Comprender la Ley de Faraday y la Ley de Lenz para explicar cómo la variación de un campo magnético genera corriente eléctrica en un conductor. Describir el funcionamiento de generadores y transformadores basados en el principio de inducción electromagnética.

### Metas de aprendizaje

CC. Comprender cómo la inducción electromagnética es clave en dispositivos modernos.

CT2. Analizar la causa y efecto entre campos magnéticos variables y corrientes inducidas.

CT3. Experimentar y medir la corriente generada por cambios en campos magnéticos.

CT4. Modelar sistemas de inducción para predecir comportamientos eléctricos.

CT7. Evaluar la estabilidad y cambio en sistemas eléctricos debido a la inducción.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT2. Causa y efecto

CT3. Medición

CT4. Sistemas

CT7. Estabilidad y cambio

## 1. Introducción General

La inducción electromagnética representa uno de los descubrimientos más fascinantes y prácticos en el campo de la física, presente en innumerables aspectos de nuestra vida cotidiana. Desde el momento en que encendemos la luz en nuestros hogares hasta cuando cargamos nuestros celulares, este fenómeno hace posible la generación y transformación de la energía eléctrica que utilizamos diariamente. En esta progresión de aprendizaje, exploraremos cómo un campo magnético variable puede generar electricidad y cómo este principio fundamental permite el funcionamiento de dispositivos esenciales en nuestra sociedad moderna.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos sumergiremos en el fascinante mundo de la inducción electromagnética mediante una experiencia práctica virtual que nos permitirá descubrir cómo el movimiento de un imán puede generar corriente eléctrica, un fenómeno que revolucionó nuestra comprensión de la electricidad y el magnetismo.

### Actividad Práctica: Descubriendo la inducción electromagnética

**Objetivo:** Analizar el fenómeno de la inducción electromagnética en diversas configuraciones de un solenoide.

#### Introducción teórica:

La inducción electromagnética, descubierta por Michael Faraday en 1831, es un fenómeno esencial en la física moderna. Este principio establece que un campo magnético variable puede generar una corriente eléctrica inducida en un conductor cercano, siempre que exista movimiento relativo entre ambos. La importancia de este descubrimiento radica en sus aplicaciones tecnológicas, como la generación de electricidad en plantas de energía, los transformadores eléctricos y dispositivos cotidianos como cargadores inalámbricos o estufas de inducción.

#### Acceso al recurso

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/faradays-law>

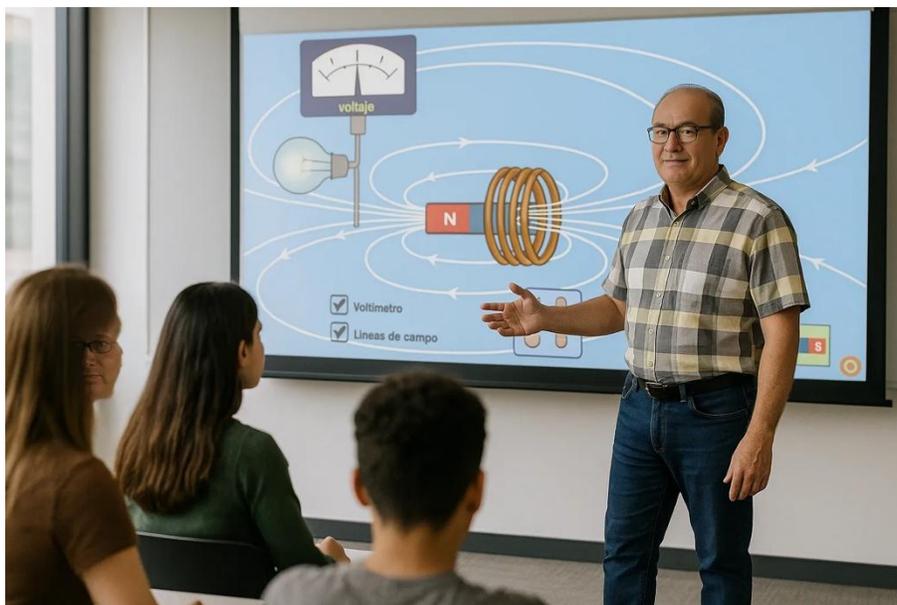


Fig. 1-P8. Simulador virtual de ley de Faraday. Fuente: PhET Interactive Simulations.

#### Procedimiento

Primero, accede al simulador PhET mediante el enlace proporcionado. En la pantalla inicial, observarás una bobina y un imán. Mueve el imán lentamente hacia la bobina y observa el comportamiento del voltímetro y de la bombilla. Registra cómo la velocidad

del movimiento influye en la magnitud de la corriente inducida y el encendido de la bombilla.

A continuación, utiliza el control para modificar el número de vueltas de la bobina. Realiza pruebas aumentando y disminuyendo el número de vueltas, mientras mueves el imán a diferentes velocidades. Analiza cómo el número de espiras influye en la intensidad de la corriente eléctrica generada. Prueba moviendo el imán en diferentes direcciones y velocidades, identificando su impacto en la dirección y magnitud de la corriente inducida.

Por último, explora la sección de transformador del simulador. Ajusta el número de vueltas de la bobina primaria y secundaria usando los controles disponibles y analiza cómo la relación entre el número de espiras afecta el voltaje inducido en la bobina secundaria.

### **Evaluación:**

1. ¿Qué relación observas entre la velocidad con que mueves el imán y la magnitud de la corriente inducida en la bobina?
2. ¿De qué manera influye el número de vueltas de la bobina en la intensidad de la corriente generada?
3. ¿Por qué es necesario que exista movimiento relativo entre el imán y la bobina para generar una corriente eléctrica?

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en los conceptos fundamentales de la inducción electromagnética, estableciendo conexiones claras entre la teoría y sus aplicaciones en nuestra vida cotidiana. Comprenderemos cómo este fenómeno hace posible la generación de electricidad que utilizamos en nuestros hogares y dispositivos electrónicos.

## **8. Inducción electromagnética**

La inducción electromagnética es un fenómeno fundamental en la física que ha revolucionado nuestra capacidad para generar y utilizar energía eléctrica. Este proceso, descubierto en el siglo XIX, es la base de numerosas tecnologías que han transformado la sociedad moderna, desde la generación de electricidad a gran escala hasta los dispositivos electrónicos más pequeños y sofisticados.

### **8.1. Ley de Faraday y ley de Lenz**

La inducción electromagnética constituye un fenómeno fundamental en la física que ha revolucionado nuestra capacidad para generar y utilizar energía eléctrica de manera eficiente.

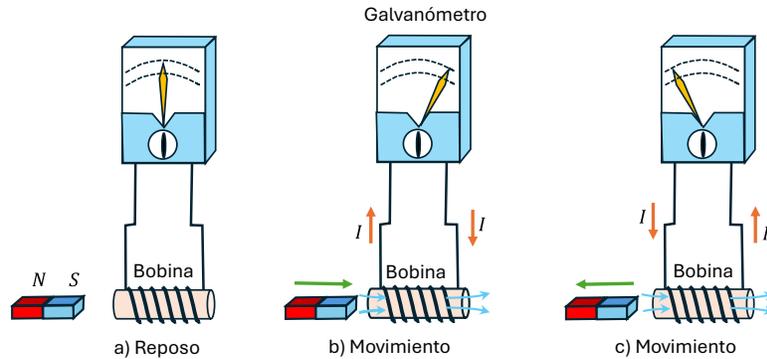


Fig. 2-P8. Cuando no hay movimiento relativo entre la bobina y el imán no hay corriente eléctrica, al introducir el imán se genera una corriente eléctrica.

Descubierto en el siglo XIX, este proceso es la base de numerosas tecnologías que han transformado profundamente la sociedad moderna. Desde la generación de electricidad a gran escala mediante generadores y centrales eléctricas, hasta el desarrollo de dispositivos electrónicos altamente sofisticados y de dimensiones reducidas, la inducción electromagnética ha sido esencial para el avance tecnológico y el funcionamiento de innumerables aplicaciones cotidianas. La ley de Faraday puede expresarse de forma simplificada mediante la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Donde  $\varepsilon$  es la fuerza electromotriz inducida en voltios (V),  $N$  es el número de vueltas en la bobina,  $\Delta\Phi$  es el cambio en el flujo magnético en weber (Wb) y  $\Delta t$  es el intervalo de tiempo durante el cual ocurre este cambio en segundos (s). El signo negativo en esta ecuación es crucial y se relaciona con la Ley de Lenz.

La Ley de Lenz, formulada por Heinrich Lenz en 1834, complementa la Ley de Faraday al proporcionar información sobre la dirección de la corriente inducida. Esta ley establece que la corriente inducida en un circuito debido a un cambio en el flujo magnético siempre fluirá en una dirección tal que se oponga al cambio que la produjo. En otras palabras, la naturaleza "resiste" los cambios en el flujo magnético.

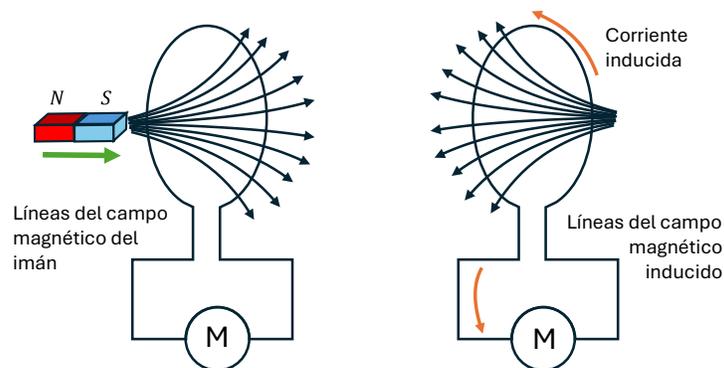


Fig. 3-P8. El imán se acerca con su polo magnético hacia la espira o bobina aumenta el flujo magnético, así la corriente eléctrica inducida genera un campo magnético contrario al del imán.

Un ejemplo cotidiano de la Ley de Lenz se observa en las cocinas de inducción. Cuando una olla de material ferromagnético se coloca sobre la superficie de cocción, las corrientes inducidas en la base de la olla generan calor debido a la resistencia eléctrica del material. Estas corrientes, conocidas como corrientes de Foucault, se oponen al campo magnético variable que las produce, cumpliendo así con la Ley de Lenz.

## 8.2. Generación de corriente eléctrica mediante inducción

La generación de corriente eléctrica mediante inducción es el principio fundamental detrás de la mayoría de los métodos de producción de electricidad a gran escala. Este proceso implica mover un conductor a través de un campo magnético o, alternativamente, variar un campo magnético alrededor de un conductor estacionario.

Un generador eléctrico básico opera mediante la rotación de una bobina de alambre dentro de un campo magnético estático. A medida que la bobina gira, el flujo magnético que la atraviesa varía, lo que induce una fuerza electromotriz ( $\varepsilon$ ) en la bobina. La magnitud de esta fuerza electromotriz puede aproximarse utilizando la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = NAB \left( \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right)$$

Donde  $A$  es el área de la bobina en metros cuadrados ( $m^2$ ),  $B$  es la intensidad del campo magnético en tesla (T) y  $\Delta\theta / \Delta t$  representa la tasa de cambio del ángulo entre el plano de la bobina y las líneas del campo magnético con respecto al tiempo en radianes sobre segundo (rad/s).

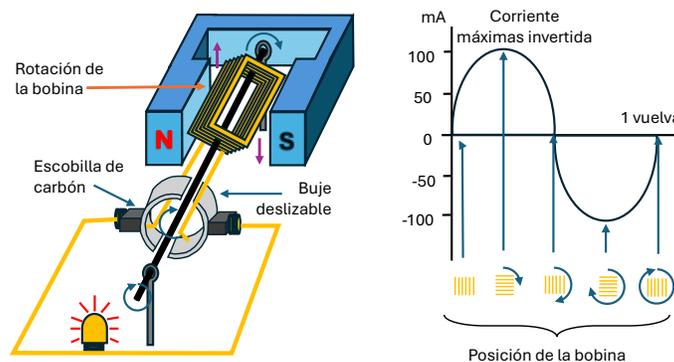


Fig. 4-P8. Generador sencillo de corriente alterna con su gráfica de la corriente inducida en los extremos de la bobina del generador.

En la práctica, la forma de onda de la fuerza electromotriz inducida en un generador rotativo es sinusoidal, lo que da lugar a la corriente alterna (AC) que utilizamos en nuestros hogares y empresas. La frecuencia de esta corriente alterna está directamente relacionada con la velocidad de rotación del generador.

## 8.3. Aplicaciones: generadores y transformadores

La inducción electromagnética tiene numerosas aplicaciones prácticas, siendo las más notables los generadores eléctricos y los transformadores.

Los generadores eléctricos convierten energía mecánica en energía eléctrica utilizando el principio de inducción electromagnética. En las centrales eléctricas, grandes turbinas impulsadas por vapor, agua o viento hacen girar enormes generadores para producir electricidad a escala industrial. Por ejemplo, en una central hidroeléctrica, la energía potencial del agua almacenada en una presa se convierte en energía cinética al caer, la cual impulsa turbinas conectadas a generadores. Estos generadores, basados en la inducción electromagnética, producen la electricidad que se distribuye a través de la red eléctrica.

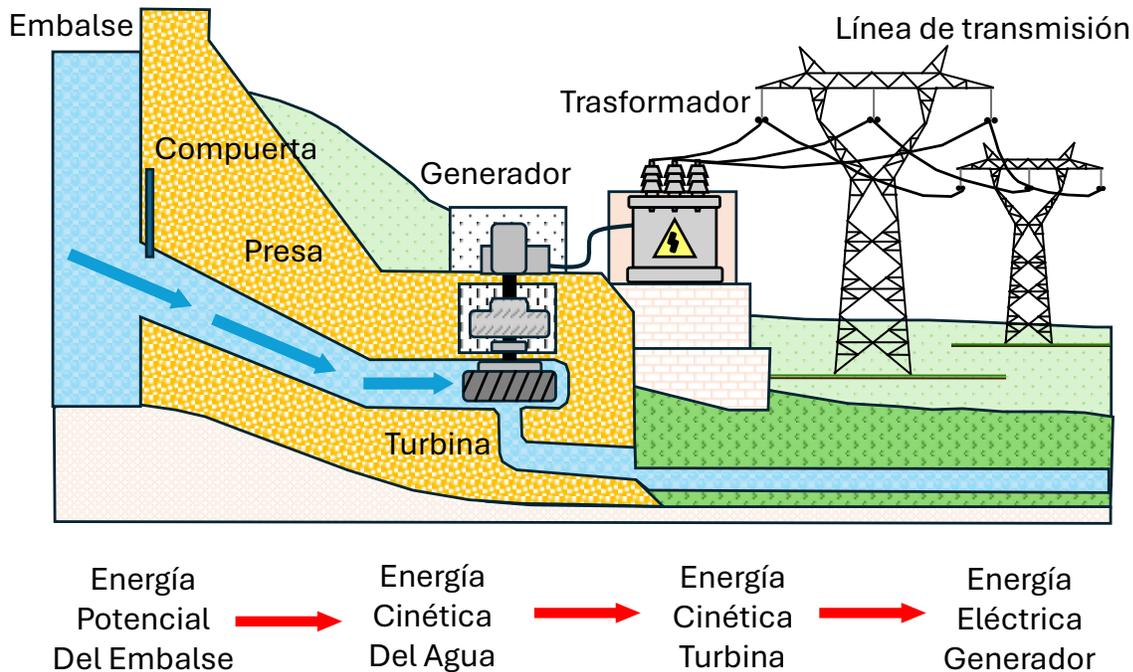


Fig. 5-P8. Generador de corriente alterna en una turbina en una central hidroeléctrica.

Los transformadores, por otro lado, utilizan la inducción electromagnética para cambiar el voltaje de la corriente alterna sin alterar significativamente su frecuencia. Un transformador básico consiste en dos bobinas de alambre enrolladas alrededor de un núcleo de hierro común. Cuando una corriente alterna fluye a través de la bobina primaria, crea un campo magnético variable en el núcleo. Este campo magnético cambiante induce una corriente en la bobina secundaria.

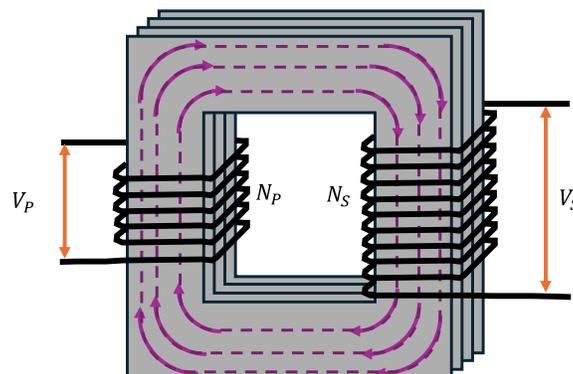


Fig. 6-P8. Un transformador ideal la energía se conserva de manera que las potencias en las bobinas primarias y secundarias son iguales.

La relación entre los voltajes de entrada y salida en un transformador ideal se determina por la relación de vueltas entre las bobinas primaria y secundaria:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

Donde  $V_s$  y  $V_p$  son los voltajes secundario y primario respectivamente en voltios (V) y  $N_s$  y  $N_p$  son el número de vueltas en las bobinas secundaria y primaria. Los transformadores son cruciales en la transmisión de energía eléctrica a larga distancia. La electricidad generada en las centrales eléctricas se eleva a voltajes muy altos (del orden de cientos de miles de voltios) para su transmisión, reduciendo así las pérdidas por calentamiento en los cables. Luego, se reduce gradualmente a voltajes más bajos para su distribución y uso final en hogares y empresas.

La inducción electromagnética también se utiliza en una variedad de dispositivos cotidianos. Los micrófonos electromagnéticos, por ejemplo, convierten las vibraciones sonoras en señales eléctricas utilizando un diafragma conectado a una bobina que se mueve en un campo magnético. Las tarjetas de crédito con banda magnética utilizan el principio de inducción para almacenar y leer información. Cuando la tarjeta se desliza a través de un lector, el patrón magnético de la banda induce pequeñas corrientes en las bobinas del lector, permitiendo la recuperación de la información almacenada.

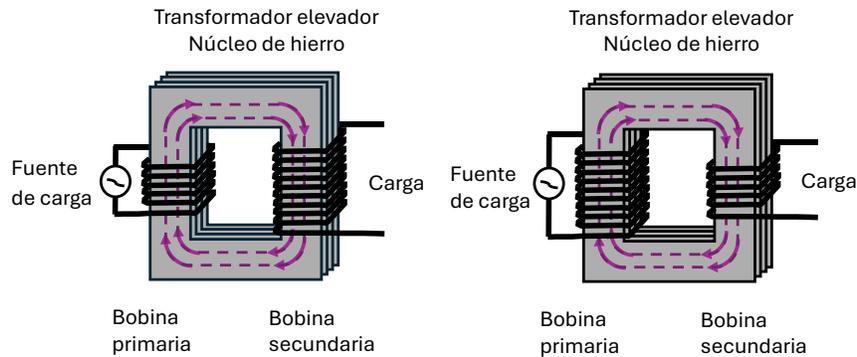


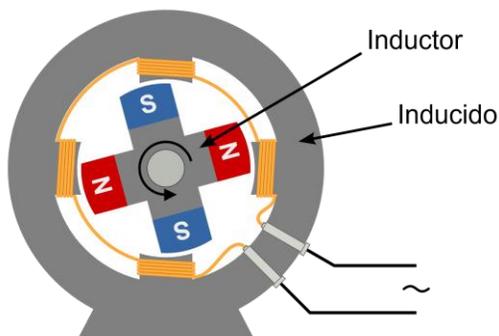
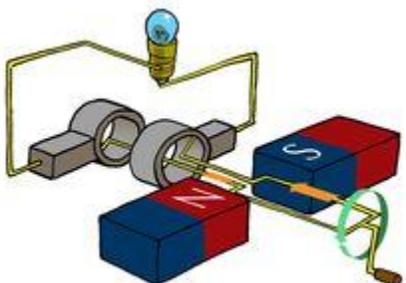
Fig. 7-P8. Tipos de transformador. Transformador elevador y reductor.

En el campo de la energía renovable, la inducción electromagnética juega un papel crucial en la generación de electricidad a partir de fuentes como el viento y las mareas. Las turbinas eólicas, por ejemplo, utilizan grandes generadores que convierten la energía cinética del viento en electricidad a través de la inducción electromagnética.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos los conceptos aprendidos mediante la resolución de problemas contextualizados que nos permitirán profundizar en la comprensión de la inducción electromagnética y su relevancia en situaciones cotidianas.

**Ejercicio 1:** Una bobina de 150 vueltas con un área de  $2.00 \times 10^{-2} \text{ m}^2$  se coloca perpendicular a un campo magnético uniforme. La magnitud del campo magnético aumenta uniformemente de 0 T a  $5.00 \times 10^{-1} \text{ T}$  en un intervalo de tiempo de  $1.00 \times 10^{-1} \text{ s}$ . Se solicita determinar la fuerza electromotriz inducida en la bobina durante este intervalo.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

El fenómeno físico involucrado es la inducción electromagnética, descrita por la Ley de Faraday, que establece que una fuerza electromotriz (fem) se induce en una bobina cuando el flujo magnético que atraviesa sus espiras varía con el tiempo. El flujo magnético ( $\Phi$ ) se define como el producto del campo magnético  $B$ , el área de la espira  $A$ , y el coseno del ángulo entre el área y el campo magnético. En este caso, la bobina está perpendicular al campo magnético, por lo que  $\cos \theta = 1$ .

La fuerza electromotriz inducida en una bobina con  $N$  vueltas es proporcional al cambio en el flujo magnético con respecto al tiempo:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Donde  $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_0$  es el cambio en el flujo magnético y  $\Delta t$  es el tiempo en el cual ocurre este cambio. El signo negativo representa la ley de Lenz, que indica que la fem inducida se opone al cambio del flujo magnético.

#### b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados en el problema son:

Número de vueltas de la bobina:  $N = 150$ .

Área de la bobina:  $A = 2.00 \times 10^{-2}$ .

Campo magnético inicial:  $B_0 = 0 \text{ T}$ .

Campo magnético final:  $B_0 = 5.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ .

Intervalo de tiempo:  $\Delta t = 1.00 \times 10^{-1} \text{ s}$ .

Se requiere determinar la fuerza electromotriz inducida  $\varepsilon$ .

#### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Cambio en el flujo magnético ( $\Delta\Phi$ ):

$$\Delta\Phi = \Phi - \Phi_0 = BA - B_0A = (5.00 \times 10^{-1} \text{ T})(2.00 \times 10^{-2} \text{ m}^2) - (0)(2.00 \times 10^{-2} \text{ m}^2) = 1.00 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

2. Fuerza electromotriz inducida ( $\varepsilon$ ):

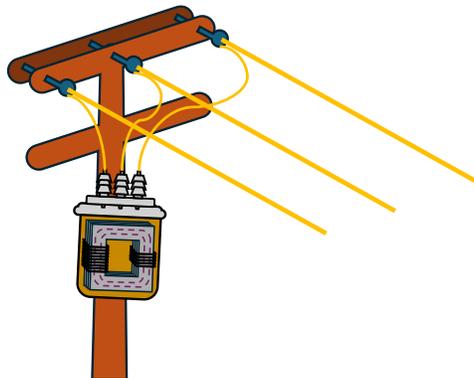
Usamos la fórmula de la Ley de Faraday:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -(150) \frac{(1.00 \times 10^{-2} \text{ Wb})}{(1.00 \times 10^{-1} \text{ s})} = -15.0 \text{ V}$$

d) Conclusión

La fuerza electromotriz inducida en la bobina durante el intervalo de tiempo especificado es 15.0 V (en magnitud). El signo negativo, de acuerdo con la Ley de Lenz, indica que la corriente inducida se opone al cambio del flujo magnético

**Ejercicio 2:** En una subestación eléctrica de Culiacán, un transformador reduce el voltaje de  $1.320 \times 10^4 \text{ V}$  en el primario a  $2.20 \times 10^2 \text{ V}$  en el secundario, para ser utilizado en aplicaciones residenciales. La bobina primaria tiene 6000 vueltas. Determine el número de vueltas necesario en la bobina secundaria.



## Solución

a) Análisis del proceso

Un transformador funciona mediante el principio de la inducción electromagnética, donde el voltaje inducido en cada bobina es proporcional al número de vueltas de la misma. En un transformador ideal, no hay pérdida de energía, por lo que la relación de los voltajes entre la bobina primaria y secundaria es igual a la relación del número de vueltas. Esta relación se describe mediante la ecuación:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

Para calcular el número de vueltas en la bobina secundaria,  $N_s$ , se despeja la ecuación, mostrando que el voltaje reducido se corresponde directamente con una reducción proporcional en el número de vueltas.

## b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados son:

Voltaje en el primario:  $V_p = 1.320 \times 10^4 \text{ V}$ .

Voltaje en el secundario:  $V_s = 2.20 \times 10^2 \text{ V}$ .

Número de vueltas en la bobina primaria:  $N_p = 6000$ .

Se requiere determinar  $N_s$ , el número de vueltas en la bobina secundaria.

## c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

La fórmula para el número de vueltas en la bobina secundaria es:

$$N_s = \frac{N_p V_s}{V_p} = \frac{(6000)(2.20 \times 10^2 \text{ V})}{1.320 \times 10^4 \text{ V}} = 100$$

## d) Conclusión

El número de vueltas necesario en la bobina secundaria es 100. Este resultado muestra que la relación entre los voltajes y las vueltas en un transformador ideal permite ajustar eficazmente el nivel de voltaje para aplicaciones específicas.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, evaluaremos nuestra comprensión de la inducción electromagnética mediante problemas prácticos y situaciones cotidianas, permitiéndonos reflexionar sobre cómo este fenómeno fundamental impacta en nuestra vida diaria y en el desarrollo tecnológico de nuestra sociedad.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. En el mercado municipal de Culiacán, un comerciante utiliza una báscula digital que funciona con baterías recargables y un cargador inalámbrico. ¿Cómo explicas el funcionamiento del cargador inalámbrico utilizando los principios de la inducción electromagnética, y por qué es necesario colocar el dispositivo en una posición específica sobre la base de carga?
2. Durante una visita a la subestación eléctrica de la CFE en Culiacán, observas grandes transformadores con aletas metálicas en su exterior. ¿Por qué estos transformadores necesitan enfriamiento, y cómo se relaciona esto con la ley de Lenz y las corrientes parásitas?
3. Durante una visita al parque eólico de Sinaloa, observas que los generadores eólicos tienen una caja de engranajes que conecta las aspas con el generador. ¿Por qué es necesario aumentar la velocidad de rotación del generador, y cómo se relaciona esto con la generación de voltaje por inducción?
4. En el taller mecánico del barrio, el alternador del automóvil es esencial para mantener la batería cargada mientras el motor está en funcionamiento. ¿De qué

manera el principio de inducción electromagnética permite que el movimiento del motor genere la electricidad necesaria para recargar la batería?

5. En una tienda de comestibles, un cliente realiza un pago utilizando su tarjeta de crédito sin contacto acercándola a la terminal de pago. ¿Por qué es necesario mantener la tarjeta cerca de la terminal para completar la transacción, y cómo se relaciona esto con el proceso de inducción electromagnética?

## 5.2. Problemas cuantitativos

1. Un solenoide de 400 vueltas y un área transversal de  $5.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  experimenta un cambio en el flujo magnético de  $2.00 \times 10^{-4} \text{ Wb}$  durante un intervalo de tiempo de  $2.00 \times 10^{-2} \text{ s}$ . Se solicita determinar la fuerza electromotriz inducida en el solenoide.

Resultados:  $-4.00 \text{ V}$

2. Un transformador en una subestación de la CFE reduce el voltaje de  $2.30 \times 10^4 \text{ V}$  en la bobina primaria a  $4.40 \times 10^2 \text{ V}$  para uso industrial. Si la bobina primaria tiene 8000 vueltas, se solicita calcular el número de vueltas necesario en la bobina secundaria.

Resultados: 153 vueltas

3. En un laboratorio escolar, una bobina circular con un radio de  $1.00 \times 10^{-1} \text{ m}$  y 100 vueltas se encuentra en un campo magnético uniforme de  $5.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ . Si el campo magnético disminuye uniformemente a 0 T en un intervalo de tiempo de  $2.00 \times 10^{-1} \text{ s}$ , determine la fuerza electromotriz inducida en la bobina.

Resultados:  $7.85 \text{ V}$

4. Una bobina con 250 vueltas y un área de  $2.00 \times 10^{-2} \text{ m}^2$  gira en un campo magnético uniforme de  $5.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ . Durante un intervalo de  $1.00 \times 10^{-1} \text{ s}$ , la orientación de la bobina cambia en un ángulo de  $45.0^\circ$ . Determine la fuerza electromotriz inducida en la bobina.

Resultados:  $19.6 \text{ V}$

5. Un generador eléctrico utiliza una bobina con 100 vueltas y un área de  $1.00 \times 10^{-1} \text{ m}^2$  que gira en un campo magnético uniforme de  $3.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ . La bobina realiza un giro de  $90.0^\circ$  en un intervalo de tiempo de  $2.00 \times 10^{-1} \text{ s}$ . Se solicita calcular la fuerza electromotriz inducida en la bobina durante este movimiento.

Resultados:  $23.6 \text{ V}$

# CÁPSULA SEMANAL

## 9

<b>Asesoría presencial grupal (APG)</b>	<b>Asesorías personalizadas o por equipo (AP)</b>	<b>Autoestudio (AUTE)</b>
<b>1 hora</b>	<b>1 hora</b>	<b>2 hora</b>

## Progresión de aprendizaje 9

Describir la naturaleza de las ondas electromagnéticas como fluctuaciones de campos eléctricos y magnéticos que se propagan por el espacio. Analizar cómo diferentes tipos de ondas, desde radiofrecuencias hasta rayos gamma, interactúan con la materia a lo largo del espectro electromagnético.

### Metas de aprendizaje

CC. Describir cómo las ondas electromagnéticas afectan procesos diarios como la comunicación.

CT1. Identificar patrones en el espectro electromagnético y sus aplicaciones.

CT2. Analizar la causa y efecto de la interacción entre radiación y materia.

CT3. Medir frecuencias y longitudes de onda utilizando instrumentos adecuados.

CT7. Evaluar los efectos de la radiación en la estabilidad y cambio de materiales y sistemas biológicos.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT1. Patrones

CT2. Causa y efecto

CT3. Medición

CT7. Estabilidad y cambio

## 1. Introducción General

Las ondas electromagnéticas son mensajeras invisibles que conectan nuestro mundo moderno. Desde el mensaje de WhatsApp que enviamos a nuestra familia hasta las imágenes de rayos X que toman en el IMSS, estas ondas son fundamentales en nuestra vida diaria. En esta progresión, exploraremos cómo diferentes tipos de ondas electromagnéticas interactúan con el mundo que nos rodea, permitiéndonos comprender mejor los fenómenos que hacen posible la comunicación, el diagnóstico médico y muchas otras aplicaciones tecnológicas que utilizamos cotidianamente.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos sumergiremos en el mundo de las ondas electromagnéticas mediante una experiencia virtual que nos permitirá visualizar cómo las microondas interactúan con diferentes materiales, un fenómeno que experimentamos diariamente en nuestros hogares al calentar alimentos.

**Actividad Práctica:** Interacción de las microondas con la materia

**Objetivo:** Analizar la interacción entre las microondas y diferentes materiales en un simulador.

### Introducción teórica:

Las microondas forman parte del espectro electromagnético y poseen la capacidad única de interactuar con ciertas moléculas, como las de agua, generando vibraciones y movimientos que resultan en un incremento de temperatura. Esta propiedad constituye el principio básico de funcionamiento de los hornos de microondas, ampliamente utilizados en la vida cotidiana. Comprender cómo estas ondas afectan diferentes materiales proporciona una perspectiva clara sobre su relevancia práctica y científica.

### Acceso al recurso:

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/microwaves>

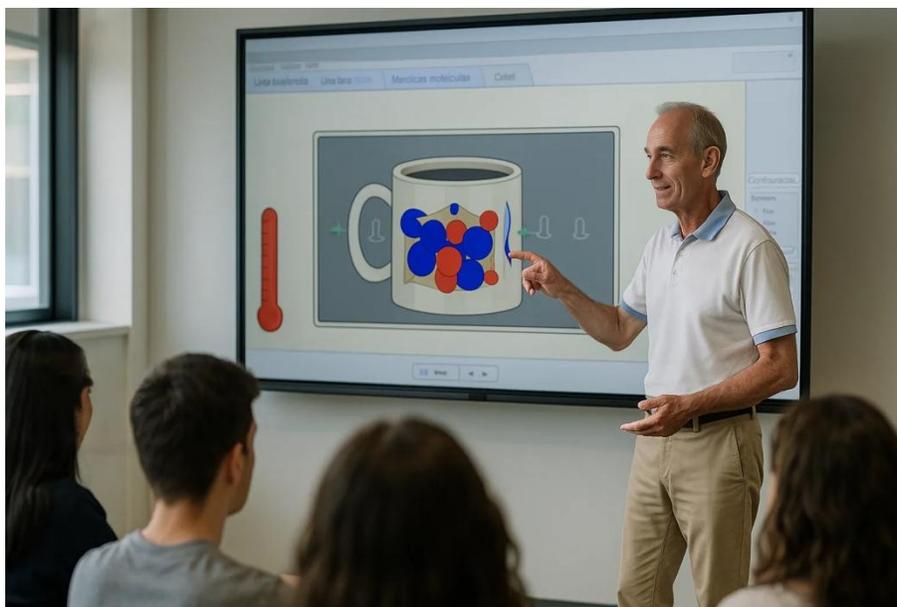


Fig. 1-P9. Simulador virtual de un microondas: Fuente: PhET Interactive Simulations.

### Procedimiento:

Accede al simulador mediante el enlace proporcionado. Selecciona la pestaña "Una molécula" y activa las microondas. Observa cómo una molécula de agua responde al campo electromagnético, prestando atención a su rotación y movimiento.

Utiliza los controles de la interfaz para ajustar la frecuencia (de 0.00000 a 0.00300 Hz) y la amplitud (de 0.00 a 0.50 unidades). Observa cómo estas modificaciones influyen en el

movimiento de la molécula y en el incremento de temperatura mostrado en el termómetro.

Cambia a las pestañas "Una línea de moléculas" y "Muchas moléculas". Activa las microondas y analiza cómo se comportan los grupos moleculares en comparación con una sola molécula. Nota cómo la energía se distribuye entre las moléculas y cómo afecta el calentamiento.

Selecciona la pestaña "Café". Coloca el objeto en el campo de microondas y experimenta con diferentes configuraciones de potencia (25%, 50%, 75% y 100%). Observa cómo las ondas electromagnéticas calientan el líquido y qué patrones de ondas se forman dentro de la cavidad.

### **Evaluación:**

Responde a las siguientes preguntas con base en las observaciones realizadas:

1. ¿Qué diferencias identificas en la interacción de las microondas con una molécula de agua en comparación con un grupo de moléculas?
2. ¿Cómo influye la variación en la frecuencia y la amplitud de las microondas en el movimiento molecular y el calentamiento observado?
3. Explica por qué los líquidos con un mayor contenido de agua se calientan más rápido que otros materiales al exponerse a las microondas.

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en los fundamentos científicos de las ondas electromagnéticas, estableciendo conexiones claras entre la teoría y sus numerosas aplicaciones en nuestra vida diaria. Examinaremos cómo estas ondas se propagan por el espacio y cómo sus diferentes tipos interactúan con la materia.

## **9. Ondas electromagnéticas y radiación**

Las ondas electromagnéticas son una manifestación fundamental de la naturaleza que permea nuestro universo y desempeña un papel crucial en numerosos fenómenos naturales y aplicaciones tecnológicas. Desde la luz visible que nos permite ver, hasta las ondas de radio que hacen posible la comunicación global, las ondas electromagnéticas son omnipresentes en nuestra vida cotidiana y en nuestra comprensión del cosmos.

### **9.1. Naturaleza de las ondas electromagnéticas**

Las ondas electromagnéticas son oscilaciones acopladas de campos eléctricos (E) y magnéticos (B) que se propagan a través del espacio, incluso en el vacío. Esta naturaleza dual fue predicha teóricamente por James Clerk Maxwell en la década de 1860 y confirmada experimentalmente por Heinrich Hertz en 1887, unificando los campos de la electricidad, el magnetismo y la óptica.

Una característica fundamental de las ondas electromagnéticas es que todas viajan a la velocidad de la luz en el vacío, aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/s. Esta velocidad, denotada como  $c$ , es una constante universal que desempeña un papel central en la física moderna, incluyendo la teoría de la relatividad de Albert Einstein. Además, existe una relación directa entre los campos eléctricos y magnéticos en una onda electromagnética, dada por:

$$B = \frac{E}{c}$$

Esto significa que la magnitud del campo magnético  $B$  es mucho menor que la del campo eléctrico  $E$ , pero ambos son esenciales para la propagación de la onda. Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia y su longitud de onda, relacionadas por la ecuación:

$$v = f\lambda$$

Donde  $v$  es la velocidad de propagación de la onda en metros sobre segundo (m/s),  $f$  es la frecuencia de la onda en hertz (Hz o 1/s) y  $\lambda$  es la longitud de onda en metros (m). En el caso de las ondas electromagnéticas en el vacío,  $v = c$ , lo que implica que:

$$c = f\lambda$$

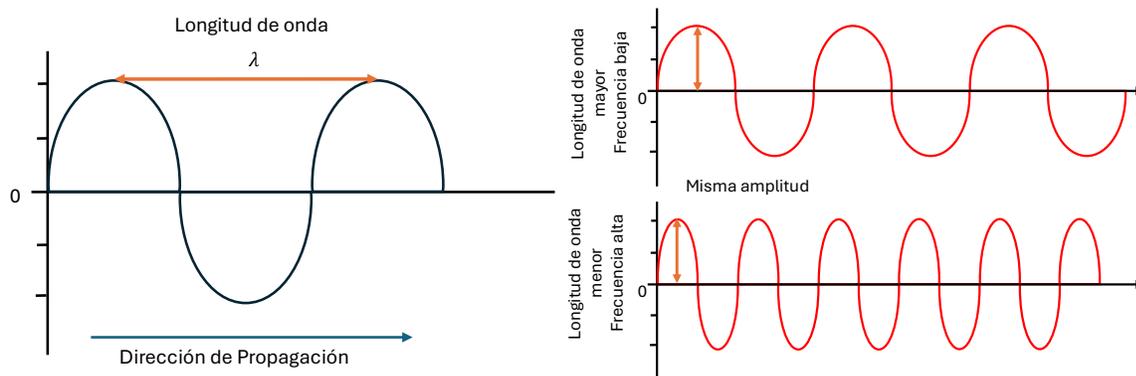


Fig. 2-P9. representación de la longitud de onda y la relación de la frecuencia con ella. A mayor longitud de onda, menor la frecuencia, a menor longitud de onda mayor frecuencia.

Una propiedad crucial de las ondas electromagnéticas es que transportan energía. La energía transportada por una onda electromagnética es directamente proporcional a su frecuencia. Esta relación fue fundamental para resolver la paradoja del efecto fotoeléctrico, explicado por Albert Einstein en 1905. Su trabajo en este campo le valió el Premio Nobel de Física en 1921.

Por lo tanto, las ondas electromagnéticas no solo son esenciales para comprender fenómenos naturales, sino también para aplicaciones prácticas, como las comunicaciones inalámbricas y la transmisión de energía.

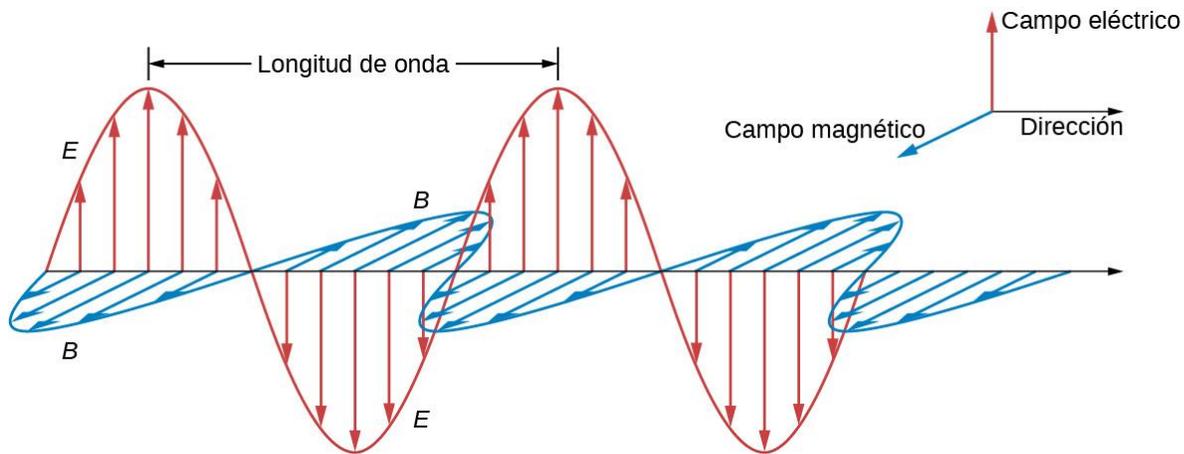


Fig. 3-P9. Representación de una onda electromagnética, mostrando la perpendicularidad entre el campo eléctrico (E), el campo magnético (B) y la dirección de propagación.

## 9.2. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético abarca todas las posibles frecuencias de radiación electromagnética. Se extiende desde las ondas de radio de baja frecuencia hasta los rayos gamma de alta frecuencia, pasando por las microondas, la radiación infrarroja, la luz visible, la radiación ultravioleta y los rayos X.

**Ondas de Radio ( $10^3 - 10^9$  Hz):** Utilizadas en comunicaciones de radio y televisión. Las ondas de radio AM tienen frecuencias más bajas y pueden viajar más lejos alrededor de la curvatura de la Tierra, mientras que las ondas FM tienen frecuencias más altas y proporcionan una mejor calidad de sonido pero con menor alcance.

**Microondas ( $10^9 - 10^{12}$  Hz):** Empleadas en hornos microondas, comunicaciones por satélite y en radares. Los hornos microondas funcionan a una frecuencia de aproximadamente 2.45 GHz, que es eficiente para excitar las moléculas de agua en los alimentos.

**Infrarrojo ( $10^{12} - 10^{14}$  Hz):** Asociado con el calor, se utiliza en visión nocturna, termografía y controles remotos. Las cámaras térmicas detectan la radiación infrarroja emitida por objetos calientes, permitiendo "ver" el calor.

**Luz Visible ( $10^{14} - 10^{15}$  Hz):** La única parte del espectro que podemos percibir directamente con nuestros ojos. Cada color corresponde a una frecuencia específica, con el rojo en el extremo de baja frecuencia y el violeta en el de alta frecuencia del espectro visible.

**Ultravioleta (UV) ( $10^{15} - 10^{17}$  Hz):** Responsable del bronceado y de algunos efectos dañinos de la exposición solar. Se utiliza en esterilización y en la detección de falsificaciones, ya que algunos materiales fluorescen bajo luz UV.

**Rayos X ( $10^{17} - 10^{19}$  Hz):** Utilizados en medicina para diagnóstico por imágenes y en seguridad para escanear equipaje. Los rayos X pueden penetrar tejidos blandos pero son absorbidos por materiales densos como los huesos.

Rayos Gamma ( $>10^{19}$  Hz): La forma más energética de radiación electromagnética. Se utilizan en tratamientos contra el cáncer y en la astronomía para estudiar eventos cósmicos de alta energía.

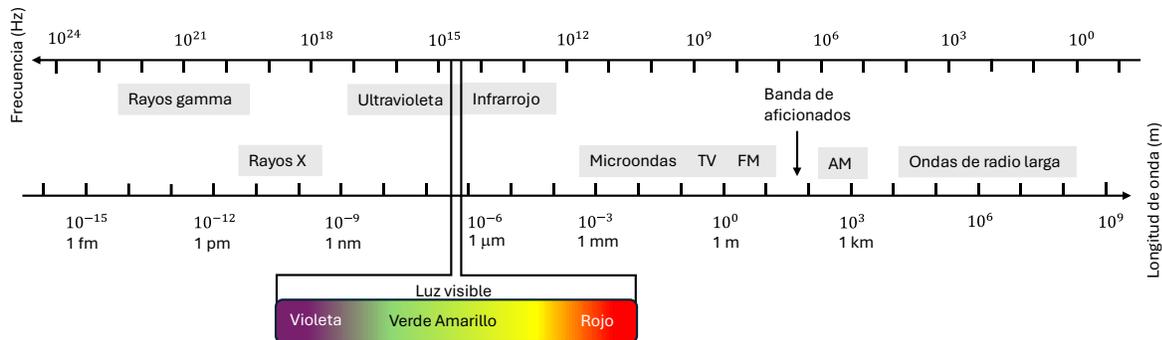


Fig. 4-P9. Espectro electromagnético, mostrando la variación de longitudes de onda desde los rayos gamma hasta las ondas de radio.

### 9.3. Interacción de la radiación electromagnética con la materia

La interacción de la radiación electromagnética con la materia depende de la frecuencia de la radiación y de las propiedades intrínsecas del material en cuestión. Estas interacciones son fundamentales tanto para numerosas aplicaciones tecnológicas como para la comprensión de fenómenos naturales. Entre las principales formas en que la radiación electromagnética interactúa con la materia se encuentran la absorción, reflexión, refracción, dispersión y polarización.

La absorción ocurre cuando la energía de la radiación es transferida a los átomos o moléculas del material. Un ejemplo notable de este proceso es la absorción de luz visible por los pigmentos en las plantas, esencial para la fotosíntesis. Asimismo, en los paneles solares, la absorción de luz por materiales semiconductores genera electricidad a través del efecto fotoeléctrico, convirtiendo la energía solar en energía eléctrica utilizable.

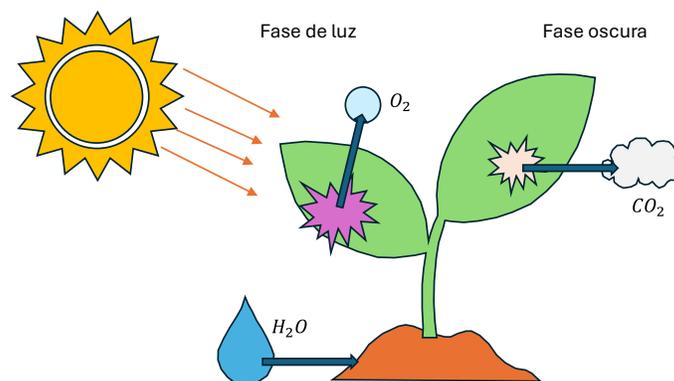


Fig. 5-P9. Fotosíntesis de una planta y la absorción de radiación para generar oxígeno.

Por otro lado, la reflexión se produce cuando la radiación rebota en la superficie de un material. Los espejos, por ejemplo, reflejan la luz visible con alta eficiencia, mientras que las superficies metálicas reflejan ondas de radio, principio fundamental utilizado en las

antenas parabólicas para la recepción de señales de televisión y comunicaciones inalámbricas.

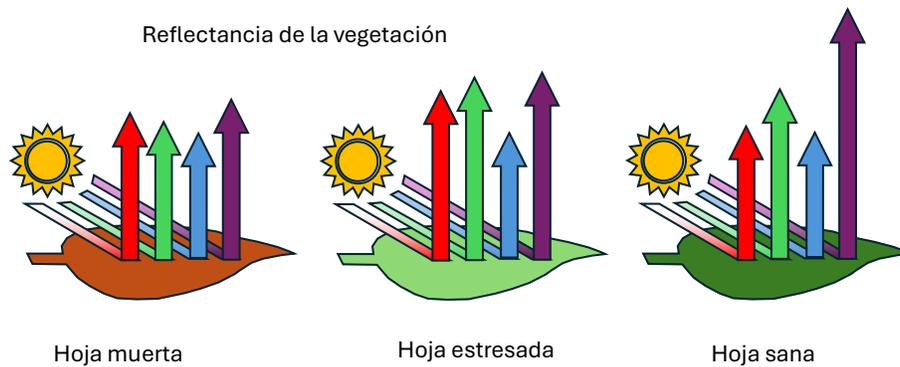


Fig. 6-P9. Reflexión de radiación de la vegetación y su color característico en diferentes fases de vida.

La refracción es el cambio en la dirección de propagación de una onda al pasar de un medio a otro con diferente densidad óptica. Este fenómeno explica por qué un lápiz parece doblarse cuando se sumerge parcialmente en agua y es la base del funcionamiento de las lentes ópticas utilizadas en gafas, cámaras y telescopios. La dispersión ocurre cuando la radiación es desviada en múltiples direcciones al interactuar con partículas pequeñas, como la dispersión de la luz azul por las moléculas en la atmósfera, responsable del color azul del cielo.

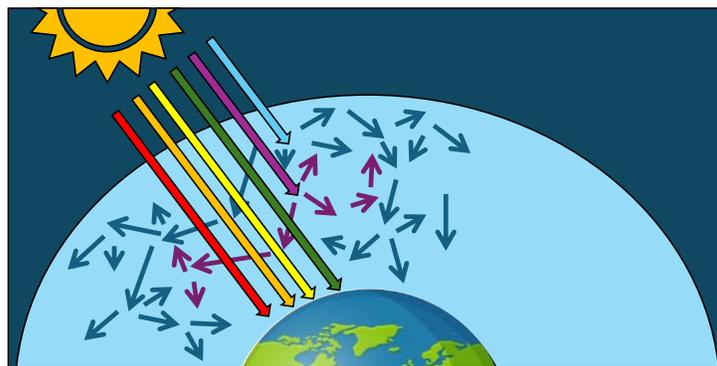


Fig. 7-P9. Reflexión de la luz del sol en la atmosfera de la tierra. A mayor frecuencia mas la refracción de la luz por eso el color característico del cielo. El color azul y violeta es mayor que el rojo.

Finalmente, la polarización se refiere a la orientación del campo eléctrico de una onda electromagnética. La luz polarizada se utiliza en gafas de sol para reducir el deslumbramiento y en pantallas de cristal líquido (LCD) para controlar la emisión de luz y mejorar la calidad visual.

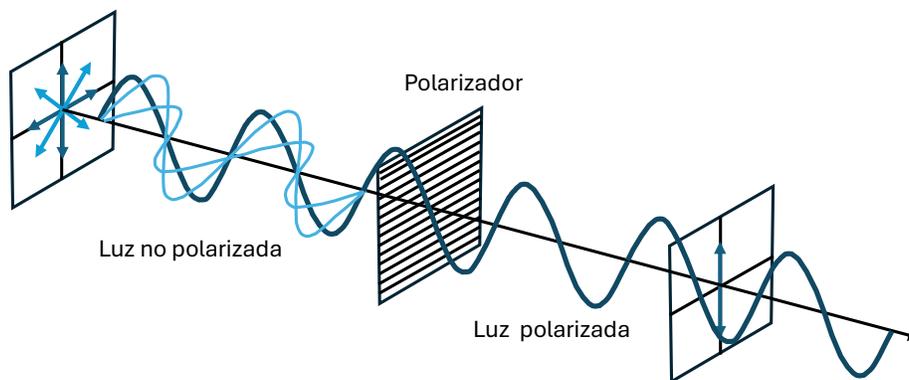


Fig. 8-P9. Representación de la polarización de una onda.

Las implicaciones de estas interacciones son significativas en diversos campos. En medicina, la radiación electromagnética se emplea tanto para diagnóstico como para tratamiento. Los rayos X permiten obtener imágenes detalladas del interior del cuerpo, facilitando la detección de fracturas y enfermedades, mientras que la radioterapia utiliza radiación de alta energía para tratar el cáncer mediante la destrucción de células malignas.

Por otra parte, la energía de un fotón puede determinarse mediante la ecuación propuesta por Max Planck, la cual establece una relación directa entre dicha energía y la frecuencia de la radiación electromagnética. Matemáticamente, esta relación se expresa como:

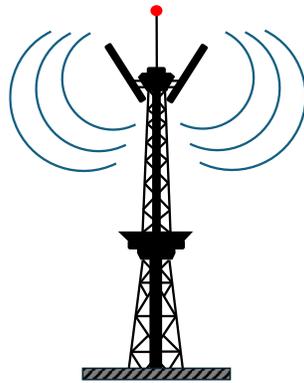
$$E = hf$$

Donde  $E$  representa la energía del fotón en joules (J),  $f$  corresponde a la frecuencia de la radiación electromagnética expresada en hertz (Hz) y  $h$  es la constante de Planck, cuyo valor es  $6.626 \times 10^{-34}$  J·s. Esta ecuación destaca la naturaleza cuántica de la luz, ya que indica que la radiación electromagnética está compuesta por paquetes discretos de energía llamados fotones. Así, cada fotón lleva una cantidad específica de energía que depende exclusivamente de la frecuencia de la onda asociada, permitiendo comprender fenómenos como el efecto fotoeléctrico, la emisión de luz en átomos excitados o incluso el funcionamiento de los diodos emisores de luz (LED).

#### 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos nuestros conocimientos sobre ondas electromagnéticas mediante la resolución de problemas contextualizados que nos permitirán profundizar en la comprensión de estos fenómenos y su relevancia en situaciones cotidianas.

**Ejercicio 1:** Una estación de radio en Culiacán transmite en la frecuencia modulada (FM) de  $9.53 \times 10^7$  Hz. Determine la longitud de onda de esta señal de radio, considerando que las ondas electromagnéticas se propagan a una velocidad de  $3.00 \times 10^8$  m/s en el vacío.



## Solución

### a) Análisis del proceso

El fenómeno físico involucrado en este problema es la propagación de ondas electromagnéticas, como las emitidas por estaciones de radio. Estas ondas viajan en el vacío a una velocidad constante, igual a la velocidad de la luz. La relación entre la frecuencia y la longitud de onda de una señal de radio es fundamental para determinar las características de la propagación de la onda.

La frecuencia indica cuántos ciclos por segundo realiza la onda, mientras que la longitud de onda corresponde a la distancia recorrida por la onda en un solo ciclo completo. Existe una relación inversa entre ambas magnitudes: a mayor frecuencia, la longitud de onda es menor, y viceversa.

En este caso, se conoce la frecuencia de la señal y la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas. Estas magnitudes se utilizan para calcular la longitud de onda, lo que permite describir la naturaleza de la señal y evaluar su comportamiento en términos de propagación en el vacío.

### b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados son los siguientes:

Velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas:  $c = 3.00 \times 10^8$  m/s.

Frecuencia de la señal de radio:  $f = 9.53 \times 10^7$  Hz.

Se requiere calcular la longitud de onda  $\lambda$ , expresada en metros (m).

### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

La longitud de onda se calcula como el cociente entre la velocidad de propagación de la onda y su frecuencia:

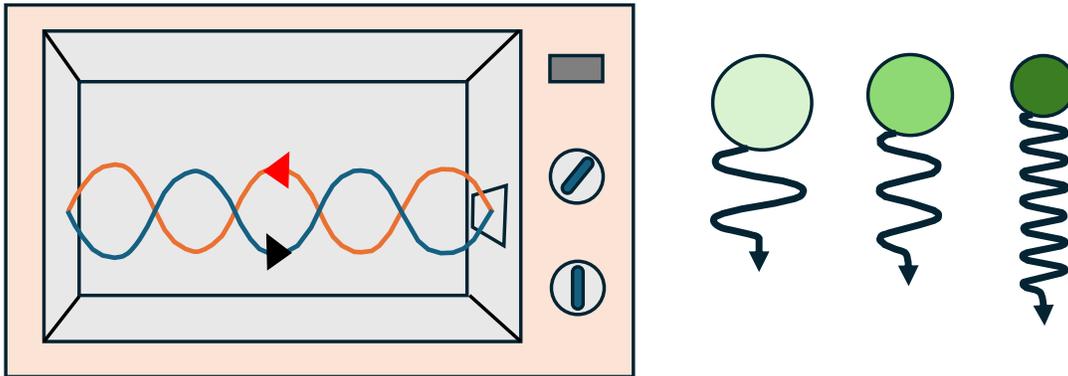
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{9.53 \times 10^7 \text{ Hz}} = 3.15 \text{ m}$$

### d) Conclusión

La longitud de onda de la señal de radio emitida por la estación es 3.15 m, considerando tres cifras significativas. Este cálculo ilustra cómo la frecuencia y la velocidad de

propagación determinan la longitud de onda de una señal electromagnética. Este concepto es esencial en el diseño de sistemas de comunicación y la transmisión eficiente de señales en aplicaciones prácticas.

**Ejercicio 2:** Un horno de microondas en un restaurante de Culiacán opera a una frecuencia de  $2.450 \times 10^9$  Hz. Determine la energía de un fotón de microondas a esta frecuencia, considerando que la constante de Planck es  $6.626 \times 10^{-34}$  J·s.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

El fenómeno físico involucrado es el concepto de cuantos de energía en la radiación electromagnética. Según la teoría cuántica, cada fotón (la partícula de luz o radiación electromagnética) lleva una cantidad discreta de energía proporcional a la frecuencia de la onda que representa.

La energía de un fotón se calcula utilizando la relación entre la frecuencia de la onda electromagnética y la constante de Planck, que describe la proporcionalidad entre la energía y la frecuencia. Este principio se expresa como:

$$E = hf$$

En este problema, se solicita calcular la energía de un fotón generado por un horno de microondas, aplicando esta relación.

#### b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados son:

Frecuencia de la radiación:  $f = 2.450 \times 10^9$  Hz  $f = 2.450 \times 10^9$  Hz,

Constante de Planck:  $h = 6.626 \times 10^{-34}$  J·s.

#### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

Sustituyendo los valores en la ecuación para la energía del fotón:

$$E = hf = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})(2.450 \times 10^9 \text{ s}^{-1}) = 1.624 \times 10^{-24} \text{ J}$$

#### d) Conclusión

La energía de un fotón emitido por el horno de microondas a una frecuencia de  $2.450 \times 10^9$  Hz es aproximadamente  $1.624 \times 10^{-24}$  J. Este cálculo muestra la pequeñez de la energía asociada a cada fotón de microondas, reflejando la naturaleza de la radiación electromagnética en esta región del espectro.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, evaluaremos nuestra comprensión sobre las ondas electromagnéticas mediante problemas contextualizados que nos permitirán reflexionar sobre su presencia e importancia en nuestra vida cotidiana, así como sus aplicaciones tecnológicas y efectos en la sociedad moderna.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Durante una visita al Hospital General de Culiacán, observas que el área de radiología tiene paredes recubiertas con plomo. ¿Por qué es necesario este blindaje específico para los rayos X y cómo se relaciona esto con la naturaleza de las ondas electromagnéticas de alta energía?
2. En un día nublado en la playa de Altata, notas que puedes quemarte con el sol aunque no lo veas directamente. ¿Cómo explicas este fenómeno considerando las propiedades de la radiación ultravioleta y su interacción con la atmósfera?
3. Durante el uso de un teléfono celular en diferentes zonas de Culiacán, observas que la señal varía significativamente entre áreas urbanas y rurales. ¿Cómo influyen los edificios, la distancia a las antenas y otros factores en la propagación de las ondas electromagnéticas utilizadas en la telefonía móvil?
4. En una clínica local de diagnóstico por imagen, utilizan diferentes tecnologías como rayos X, ultrasonido y resonancia magnética. ¿Por qué se emplean diferentes tipos de ondas electromagnéticas para obtener imágenes médicas, y qué ventajas específicas ofrece cada técnica?
5. Los hornos de microondas tienen una malla metálica en la puerta que permite ver el interior pero evita que las microondas escapen. ¿Por qué esta malla puede contener las microondas pero permite el paso de la luz visible? Relaciona tu explicación con las diferentes longitudes de onda.

### 5.2. Problemas cuantitativos

1. Determine la intensidad máxima del campo magnético ( $B_{\text{máx}}$ ) en una onda electromagnética que se propaga en el vacío, donde la intensidad máxima del campo eléctrico ( $E_{\text{máx}}$ ) es de  $1.00 \times 10^3$  V/m.

Resultados:  $3.33 \times 10^{-6}$  T

2. En una práctica de laboratorio en la UAS, se utiliza un rayo de luz roja con una longitud de onda de  $7.00 \times 10^{-7}$  m. Determine su frecuencia y la energía por fotón,

considerando la velocidad de la luz en el vacío  $3.00 \times 10^8$  m/s y la constante de Planck  $6.63 \times 10^{-34}$  J·s.

Resultados:  $4.29 \times 10^{14}$  Hz,  $2.84 \times 10^{-19}$  J

3. Un panel solar instalado en una casa de Culiacán recibe luz solar con una longitud de onda promedio de  $5.50 \times 10^{-7}$  m. Determine la energía de cada fotón incidente, utilizando la constante de Planck  $6.63 \times 10^{-34}$  J·s y la velocidad de la luz  $3.00 \times 10^8$  m/s.

Resultados:  $3.61 \times 10^{-19}$  J

4. Un satélite emite ondas electromagnéticas con una frecuencia de  $2.10 \times 10^9$  Hz. Determine la longitud de onda de estas ondas, suponiendo que se propagan a la velocidad de la luz en el vacío.

Resultados: 14.3 cm

5. Una máquina de rayos X opera con una longitud de onda de  $1.00 \times 10^{-10}$  m. Determine la energía de un fotón emitido por esta máquina.

Resultados:  $1.99 \times 10^{-15}$  J

# CÁPSULA SEMANAL

## 10

Asesoría presencial grupal (APG)	Asesorías personalizadas o por equipo (AP)	Autoestudio (AUTE)
1 hora	1 hora	2 hora

## Progresión de aprendizaje 10

Explicar el concepto de dualidad onda-partícula, describiendo cómo los fotones se comportan tanto como partículas como ondas. Analizar aplicaciones tecnológicas y médicas, como los láseres y los rayos X, donde la naturaleza dual de los fotones es esencial.

### Metas de aprendizaje

CC. Explicar la dualidad onda-partícula en tecnologías como láseres y rayos X.  
CT2. Analizar la causa y efecto en fenómenos como el efecto fotoeléctrico.  
CT3. Medir propiedades de fotones para entender su comportamiento dual.  
CT5. Examinar los flujos y ciclos de la materia y la energía a nivel cuántico.  
CT6. Evaluar cómo la estructura y función de materiales afectan la interacción con fotones.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT2. Causa y efecto  
CT3. Medición  
CT5. Flujos y ciclos de la materia y la energía  
CT6. Estructura y función

## 1. Introducción General

La luz que nos rodea guarda secretos fascinantes que han intrigado a científicos durante siglos. En esta aventura del conocimiento, descubriremos cómo la luz puede comportarse tanto como una onda que se propaga por el espacio, similar a las ondas en el agua, como una partícula que transporta energía en pequeños paquetes llamados fotones. Este comportamiento dual nos permite entender desde el funcionamiento de los paneles solares que vemos en nuestras comunidades hasta las aplicaciones médicas que utilizan rayos X para diagnosticar enfermedades.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos adentraremos en el fascinante mundo del efecto fotoeléctrico mediante un simulador virtual que nos permitirá observar y comprender cómo la luz interactúa con la materia, revelando su naturaleza dual como onda y partícula.

### Actividad Práctica: Explorando el efecto fotoeléctrico

**Objetivo:** Analizar el comportamiento dual de la luz de los electrones en diferentes materiales,

#### Introducción teórica:

El efecto fotoeléctrico es un fenómeno que demuestra la naturaleza corpuscular de la luz, en el cual los fotones (partículas de luz) transfieren su energía a los electrones de un metal, provocando que estos sean expulsados de su superficie. Este proceso fue descrito por Albert Einstein en 1905, revolucionando nuestra comprensión de la luz y confirmando su dualidad onda-partícula. Este fenómeno es esencial para entender tecnologías como las celdas solares y sensores fotoeléctricos.

#### Acceso al recurso:

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/photoelectric>

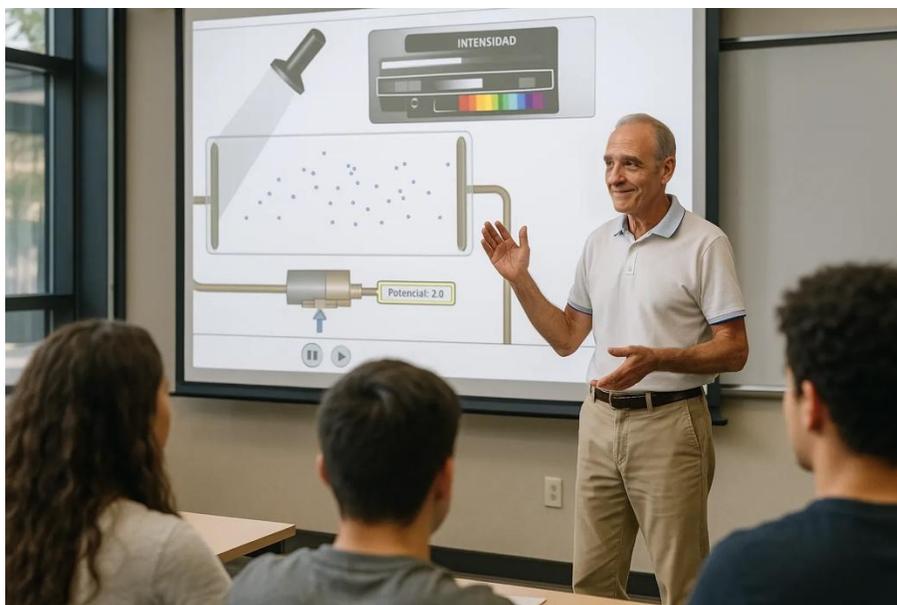


Fig. 1-P10. Simulador virtual del efecto fotoeléctrico. Fuente: PhET Interactive Simulations.

#### Procedimiento:

Abre el simulador y familiarízate con sus controles principales. En la pantalla principal, observarás una fuente de luz dirigida hacia una placa metálica dentro de una cámara de vacío. Los controles para ajustar la intensidad, la longitud de onda de la luz y el voltaje se encuentran en el panel superior derecho.

Selecciona sodio como material inicial para la placa metálica. Ajusta la intensidad de la luz al 50% y comienza con una longitud de onda de 850 nm (luz infrarroja). Observa si los electrones son expulsados de la superficie del metal y registra tus observaciones.

Manteniendo constante la intensidad al 50%, reduce gradualmente la longitud de onda hacia valores más cortos (100 nm, luz ultravioleta). Registra los cambios en la cantidad de electrones emitidos y en la corriente generada.

### **Evaluación**

Responde las siguientes preguntas basándote en las observaciones realizadas durante la actividad:

1. ¿Qué sucede con la emisión de electrones al reducir la longitud de onda de la luz, manteniendo constante su intensidad?
2. ¿Por qué algunos colores de luz (longitudes de onda) no producen efecto fotoeléctrico en ciertos metales, independientemente de la intensidad?
3. ¿Cómo influye el voltaje aplicado en la cantidad de corriente generada por los electrones emitidos?

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en los conceptos fundamentales que explican la dualidad onda-partícula, construyendo sobre las observaciones realizadas en el experimento virtual del efecto fotoeléctrico.

## **10. Dualidad onda-partícula y fotones**

La dualidad onda-partícula constituye un concepto fundamental en la física moderna que desafía las intuiciones clásicas respecto a la naturaleza de la materia y la energía. Este principio, central en la mecánica cuántica, establece que las entidades físicas pueden manifestar propiedades tanto de ondas como de partículas, dependiendo del método de observación o medición empleado.

### **10.1. Concepto de dualidad onda-partícula**

La dualidad onda-partícula surgió a principios del siglo XX como resultado de una serie de experimentos y teorías que no podían explicarse completamente dentro del marco de la física clásica. El concepto fue propuesto inicialmente por Louis de Broglie en 1924, quien sugirió que toda la materia, no solo la luz, podría exhibir propiedades tanto de onda como de partícula.

Históricamente, la luz había sido objeto de debate sobre su naturaleza. Isaac Newton propuso una teoría corpuscular de la luz, mientras que Christiaan Huygens defendió una teoría ondulatoria. Los experimentos de Thomas Young a principios del siglo XIX, que demostraron la interferencia de la luz, parecían resolver la cuestión a favor de la teoría ondulatoria. Sin embargo, a principios del siglo XX, el efecto fotoeléctrico, explicado por Albert Einstein en 1905, requirió que la luz se comportara como partículas (fotones) en ciertas circunstancias. La dualidad onda-partícula se manifiesta en el famoso experimento de la doble rendija. En este experimento, cuando se disparan partículas individuales (como electrones) a través de dos rendijas, se observa un patrón de interferencia en la pantalla de detección, similar al que se observaría con ondas.

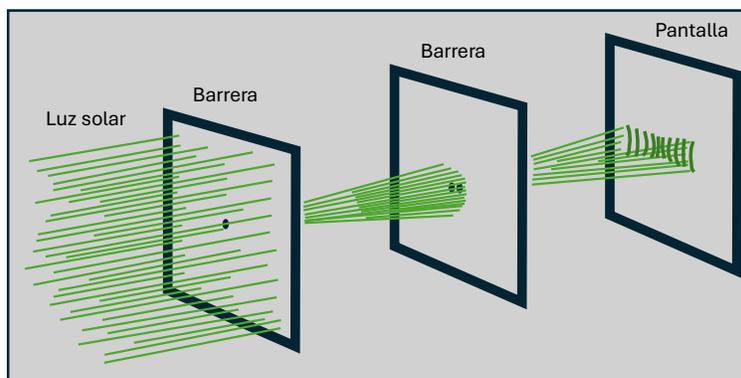


Fig. 2-P10. Esquema simplificado del experimento de Young. hizo pasar luz solar por un pequeño orificio, colocó una barrera con dos pequeños orificios, muy próximos entre sí.

Este resultado contraintuitivo demuestra que las partículas pueden exhibir comportamiento ondulatorio. La relación entre las propiedades ondulatorias y corpusculares de una entidad física se expresa mediante la ecuación de de Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda asociada en metros (m),  $h$  es la constante de Planck (aproximadamente  $6.626 \times 10^{-34}$  J·s) y  $p$  es la cantidad de movimiento de la partícula en kilogramo-metro sobre segundo (kg·m/s). Esta ecuación muestra que objetos con mayor momento (típicamente objetos más grandes o que se mueven más rápido) tienen longitudes de onda asociadas más cortas, lo que explica por qué no observamos comportamiento ondulatorio en objetos macroscópicos.

## 10.2. Comportamiento de los fotones

Los fotones, las partículas fundamentales de la luz y todas las formas de radiación electromagnética, ejemplifican perfectamente la dualidad onda-partícula. En algunos experimentos, como el efecto fotoeléctrico, los fotones se comportan como partículas discretas, mientras que en otros, como la difracción, muestran propiedades ondulatorias.

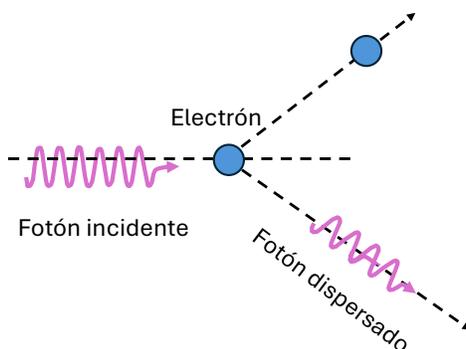


Fig. 3-P10. Esquema simplificado del efecto Compton. Un fotón incide sobre un electrón. El fotón transfiere parte de su energía al electrón.

La energía de un fotón está directamente relacionada con la frecuencia de la onda electromagnética asociada, según la ecuación de Planck estudiada en la progresión pasada. El comportamiento de los fotones en el efecto fotoeléctrico fue crucial para el desarrollo de la teoría cuántica. En este fenómeno, la luz que incide sobre ciertos materiales causa la emisión de electrones. Einstein explicó que esto ocurre porque los fotones transfieren su energía a los electrones en paquetes discretos, lo que contradecía la teoría ondulatoria clásica de la luz.

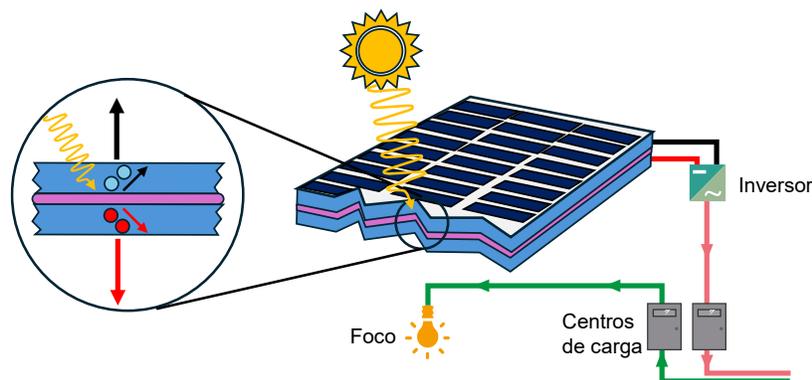


Fig. 4-P10. Representación del efecto fotoeléctrico en un panel solar.

### 10.3. Aplicaciones en tecnología y medicina

La comprensión de la dualidad onda-partícula y el comportamiento de los fotones ha impulsado el desarrollo de numerosas aplicaciones prácticas que han transformado diversos campos tecnológicos y científicos. Un ejemplo destacado es el de los láseres, que operan mediante la emisión estimulada de fotones, un proceso intrínsecamente ligado a la naturaleza cuántica de la luz. Los láseres se utilizan ampliamente en aplicaciones que van desde lectores de códigos de barras y reproductores de DVD hasta procedimientos de cirugía de precisión y sistemas de comunicaciones por fibra óptica. De igual manera, las células fotovoltaicas aprovechan el efecto fotoeléctrico para convertir la luz directamente en electricidad, lo que ha sido fundamental para el avance de las energías renovables al permitir la creación de paneles solares más eficientes.

Además, la dualidad onda-partícula es esencial en la microscopía electrónica, donde se aprovecha la naturaleza ondulatoria de los electrones para alcanzar resoluciones mucho mayores que las de los microscopios ópticos convencionales, revolucionando campos como la ciencia de materiales y la biología molecular. En el ámbito médico, la tomografía por emisión de positrones (PET) utiliza la aniquilación de positrones con electrones para producir pares de fotones, permitiendo la creación de imágenes detalladas de procesos metabólicos en el cuerpo humano.

La criptografía cuántica se basa en la naturaleza probabilística de los fotones individuales para desarrollar sistemas de comunicación seguros, que son teóricamente imposibles de interceptar sin detección. Asimismo, la computación cuántica, aunque aún en desarrollo, promete revolucionar ciertos tipos de cálculos al aprovechar propiedades cuánticas como la superposición y el entrelazamiento. En el tratamiento del cáncer, la radioterapia utiliza haces de fotones de alta energía, como rayos X o rayos gamma, para

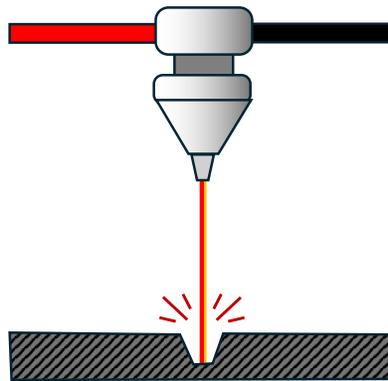
destruir células cancerosas de manera precisa, minimizando el daño a los tejidos sanos circundantes.

Finalmente, la espectroscopía emplea técnicas que analizan la interacción de la luz con la materia, basándose en la naturaleza cuántica de los fotones y los átomos, lo que resulta indispensable en campos tan variados como la química y la astronomía para determinar la composición, temperatura y movimiento de los objetos estudiados.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, profundizaremos en la aplicación práctica de los conceptos aprendidos mediante la resolución de problemas contextualizados que nos permitirán comprender mejor la dualidad onda-partícula y sus implicaciones en situaciones cotidianas.

**Ejercicio 1:** Un láser verde de laboratorio emite radiación electromagnética con una longitud de onda de 532.0 nm y una potencia de emisión de 5.000 mW. Calcule la energía de cada fotón.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

El problema involucra conceptos de física cuántica y óptica. La energía de un fotón puede determinarse usando la relación de Planck, que conecta la energía de un fotón con su frecuencia de oscilación. Por otro lado, la potencia del láser nos indica la energía total emitida por unidad de tiempo, lo cual permite calcular cuántos fotones se emiten por segundo dividiendo la potencia total entre la energía de un fotón.

#### b) Identificación de los datos del problema

Los datos proporcionados son:

Longitud de onda de la radiación emitida:  $\lambda = 532.0 \text{ nm} = 532.0 \times 10^{-9} \text{ m}$ .

Potencia del láser:  $P = 5.000 \text{ mW} = 5.000 \times 10^{-3} \text{ W}$ .

Constante de Planck:  $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ .

Velocidad de la luz:  $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Cálculo de la energía de un fotón:

La relación de Planck establece:

$$E = hf$$

donde  $f$  es la frecuencia de la radiación. La frecuencia se relaciona con la longitud de onda mediante:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

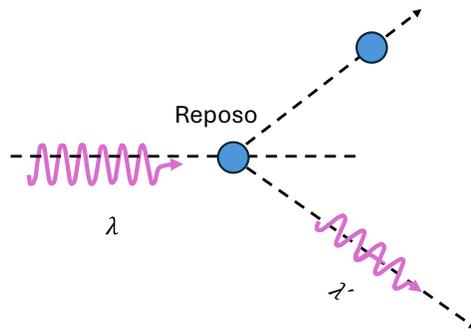
Sustituyendo esta relación en la ecuación de la energía:

$$E = h \frac{c}{\lambda} = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(532.0 \times 10^{-9} \text{ m})} = 3.735 \times 10^{-19} \text{ J}$$

d) Conclusión

La energía de cada fotón emitido por el láser verde es  $3.735 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

**Ejercicio 2:** Un fotón de 60.0 keV incide sobre un electrón libre y se dispersa. Determine la longitud de onda del fotón incidente.



### Solución

a) Análisis del proceso

Este ejercicio involucra el fenómeno de dispersión Compton, donde un fotón transfiere parte de su energía a un electrón libre al colisionar con él. La energía máxima del fotón dispersado ocurre cuando el ángulo de dispersión ( $\theta$ ) es  $0^\circ$ , ya que en este caso no se produce transferencia de energía al electrón. La energía del fotón dispersado será igual a la energía inicial del fotón, y su longitud de onda no cambiará.

b) Identificación de los datos del problema

Energía inicial del fotón:  $E = 60.0 \text{ keV} = (60.0 \times 10^3 \text{ eV})(1 \text{ eV} / 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}) = 9.60 \times 10^{-15} \text{ J}$ .

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Cálculo de la longitud de onda inicial:

La relación entre la energía y la longitud de onda es:

$$\lambda = h \frac{c}{E} = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(9.60 \times 10^{-15} \text{ J})} = 2.072 \times 10^{-11} \text{ m}$$

d) Conclusión

La longitud de onda del fotón es  $2.072 \times 10^{-11} \text{ m}$ .

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, evaluaremos la comprensión alcanzada sobre la dualidad onda-partícula mediante problemas que nos permitan aplicar los conceptos aprendidos en situaciones prácticas y cotidianas.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Durante una visita al Hospital General de Culiacán, observas que el área de radiología tiene paredes recubiertas con plomo. ¿Por qué es necesario este blindaje específico para los rayos X y cómo se relaciona esto con la naturaleza de las ondas electromagnéticas de alta energía?
2. Durante el uso de un teléfono celular en diferentes zonas de Culiacán, observas que la señal varía significativamente entre áreas urbanas y rurales. ¿Cómo influyen los edificios, la distancia a las antenas y otros factores en la propagación de las ondas electromagnéticas utilizadas en la telefonía móvil?
3. Al visitar el Jardín Botánico de Culiacán, notas que las plantas tienen diferentes tonos de verde. ¿Cómo se relaciona esto con la absorción y reflexión selectiva de diferentes longitudes de onda de la luz visible, y por qué es crucial este proceso para la fotosíntesis?
4. Durante las tardes calurosas en Culiacán, muchas personas usan sombrillas o bloqueador solar para protegerse del sol. ¿Por qué es importante esta protección y cómo se relaciona con los diferentes tipos de radiación electromagnética que emite el sol? Explica el papel específico de la radiación ultravioleta en este contexto.
5. En las tiendas departamentales de Plaza Forum, las etiquetas antirrobo son detectadas por sensores en las puertas. ¿Cómo funcionan estos sistemas de seguridad desde el punto de vista de las ondas electromagnéticas y su interacción con los materiales de las etiquetas?

### 5.2. Problemas cuantitativos

1. Un equipo de radiología diagnóstica genera rayos X con una energía de 120.0 keV. Determine la longitud de onda correspondiente y establezca una comparación cuantitativa con la longitud de onda de referencia de la luz visible (500.0 nm).

Resultados:  $1.035 \times 10^{-11} \text{ m}$ ,  $2.07 \times 10^{-5}$  veces más pequeña

2. Un fotón de rayos X con una longitud de onda inicial de 0.071 nm incide sobre un electrón en reposo y se dispersa en un ángulo de  $90^\circ$ . Determina el cambio en la longitud de onda del fotón después de la dispersión.

Resultados:  $2.42 \times 10^{-3}$  nm

3. Un transmisor de microondas opera a una frecuencia de 2.450 GHz con una potencia de 850.0 W. Calcule el número de fotones emitidos por segundo.

Resultados:  $5.236 \times 10^{26}$  fotones/segundo

4. En el laboratorio de física de la Preparatoria Central de la UAS, se utiliza un láser verde que emite radiación con longitud de onda de  $5.320 \times 10^{-7}$  m y un flujo de  $3.000 \times 10^{16}$  fotones por segundo. Determine: a) la energía de cada fotón en joules, b) la potencia total del láser en watts, y c) la energía total liberada durante una práctica de 45.00 minutos.

Resultados:  $3.734 \times 10^{-19}$  J, 1.120 W,  $3.024 \times 10^3$  J

5. Un sensor fotoeléctrico en Los Mochis opera con radiación infrarroja de longitud de onda  $9.400 \times 10^{-7}$  m. El dispositivo requiere una energía de activación de  $1.500 \times 10^{-19}$  J. Determine: a) la frecuencia de la radiación, b) la energía por fotón en joules, y c) el número mínimo de fotones necesarios para la activación.

Resultados:  $3.191 \times 10^{14}$  Hz,  $2.114 \times 10^{-19}$  J, 1 fotón

# CÁPSULA SEMANAL

## 11

Asesoría presencial grupal (APG)	Asesorías personalizadas o por equipo (AP)	Autoestudio (AUTE)
1 hora	1 hora	2 hora

## Progresión de aprendizaje 11

Analizar cómo la energía se almacena en campos eléctricos y magnéticos, describiendo cómo estas interacciones permiten la transferencia de energía en dispositivos como capacitores e inductores. Explicar cómo la energía se transforma en estos campos y se utiliza en sistemas eléctricos.

### Metas de aprendizaje

CC. Analizar la importancia de la energía en campos para dispositivos cotidianos.  
CT3. Medir la energía almacenada en campos eléctricos y magnéticos.  
CT4. Modelar interacciones entre objetos y campos.  
CT5. Evaluar los flujos y ciclos de la materia y la energía en campos electromagnéticos.  
CT7. Examinar la estabilidad y cambio en sistemas energéticos debido a interacciones de campos.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT3. Medición  
CT4. Sistemas  
CT5. Flujos y ciclos de la materia y la energía  
CT7. Estabilidad y cambio

## 1. Introducción General

Los campos eléctricos y magnéticos están presentes en nuestra vida cotidiana más de lo que imaginamos. Desde el cargador de nuestro celular hasta los transformadores que llevan electricidad a nuestros hogares, estos campos invisibles pero poderosos almacenan y transfieren energía de formas sorprendentes. Durante esta cápsula semanal, exploraremos cómo estos campos funcionan en dispositivos que usamos diariamente, descubriendo por qué una batería puede almacenar energía o cómo un transformador puede modificar el voltaje de la electricidad que llega a nuestras casas. Esta comprensión nos ayudará a entender mejor el mundo tecnológico que nos rodea.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos acercaremos al fascinante mundo de los campos eléctricos mediante una simulación interactiva que nos permitirá visualizar cómo las cargas eléctricas crean campos y almacenan energía, algo que normalmente no podemos ver pero que está presente en todos los dispositivos electrónicos que usamos.

**Actividad Práctica:** Explorando campos eléctricos y energía

**Objetivo:** Analizar el comportamiento de los campos eléctricos y su capacidad para almacenar energía mediante la manipulación de cargas eléctricas.

### Introducción teórica:

Los campos eléctricos son regiones del espacio donde las cargas eléctricas ejercen fuerzas sobre otros objetos cargados. Estos campos, aunque invisibles, almacenan energía que puede ser utilizada para realizar trabajo, como ocurre en los capacitores de nuestros dispositivos electrónicos. Al colocar cargas eléctricas en diferentes posiciones, podemos observar cómo se forma el campo eléctrico y cómo la energía se distribuye en el espacio. Entender la interacción entre cargas y campos eléctricos nos permite comprender fenómenos fundamentales y aplicaciones tecnológicas, como el diseño de dispositivos electrónicos más eficientes.

### Acceso al recurso:

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/charges-and-fields>



Fig. 1-P11. Simulador virtual de campos eléctricos. Fuente: PhET Interactive Simulations.

### Procedimiento:

Ingresa al simulador de cargas y campos de PhET. En la pantalla principal, observarás un espacio en blanco con herramientas en la parte inferior. Comienza colocando una carga

positiva (roja) en el centro del espacio de trabajo haciendo clic en el botón "+1 nC" y arrastrándola hasta la posición deseada.

Activa la visualización de las líneas de campo eléctrico utilizando la opción correspondiente en el panel derecho. Observa cómo las líneas parten radialmente de la carga positiva, indicando la dirección del campo eléctrico generado. Toma nota del patrón de las líneas y su densidad.

Coloca ahora una carga negativa (azul) cerca de la positiva. Observa cómo las líneas de campo eléctrico se conectan entre ambas cargas, formando un patrón característico de un dipolo eléctrico. Experimenta moviendo las cargas más cerca o más lejos entre sí, y registra cómo cambia la densidad de las líneas de campo y su distribución en el espacio.

### **Evaluación:**

Responde las siguientes preguntas basándote en las observaciones realizadas durante la actividad:

1. ¿Qué cambios observas en la intensidad del campo eléctrico cuando acercas y alejas las cargas entre sí? Explica por qué crees que ocurre esto.
2. ¿Cómo se relaciona la distancia entre las cargas con la energía almacenada en el campo eléctrico? Describe tus observaciones considerando la densidad de las líneas de campo.
3. Basándote en lo observado, ¿por qué crees que los capacitores en los dispositivos electrónicos tienen las placas muy cercanas entre sí? Relaciona tu respuesta con la energía almacenada en los campos eléctricos.

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en el fascinante mundo de los campos eléctricos y magnéticos, desentrañando cómo estos fenómenos invisibles pero fundamentales almacenan y transfieren energía en nuestro entorno cotidiano. Exploraremos conceptos que, si bien pueden parecer abstractos inicialmente, son la base del funcionamiento de numerosos dispositivos que utilizamos día a día.

## **11. Conservación de la energía en campos**

La conservación de la energía en campos eléctricos y magnéticos es un concepto fundamental en física que desempeña un papel crucial en nuestra comprensión del universo y en el desarrollo de numerosas tecnologías. Este principio nos permite entender cómo la energía se almacena, transforma y transfiere en sistemas electromagnéticos, desde los más pequeños dispositivos electrónicos hasta los fenómenos cósmicos a gran escala.

### **11.1. Energía almacenada en campos eléctricos y magnéticos**

Los campos eléctricos y magnéticos son regiones del espacio donde se manifiestan fuerzas eléctricas y magnéticas respectivamente. Estos campos no solo ejercen fuerzas

sobre objetos cargados o magnéticos, sino que también tienen la capacidad de almacenar energía.

En un campo eléctrico, la energía se almacena en la disposición espacial de las cargas eléctricas presentes. La energía potencial eléctrica entre dos cargas puntuales incrementa proporcionalmente al producto de las magnitudes de dichas cargas y disminuye inversamente con la distancia que las separa. Este comportamiento indica que cargas de mayor magnitud generan una interacción energética más intensa, mientras que una mayor separación entre ellas reduce la energía almacenada en el sistema. Este principio fundamental de almacenamiento de energía en campos eléctricos encuentra una aplicación práctica ejemplar en el diseño de dispositivos electrónicos especializados.

Un capacitor es un dispositivo electrónico fundamental diseñado para almacenar energía eléctrica en un campo eléctrico. Consiste en dos placas conductoras separadas por un material aislante denominado dieléctrico. Cuando se aplica una diferencia de potencial eléctrico entre las placas, se acumulan cargas opuestas en cada una de ellas, creando un campo eléctrico que almacena energía. La capacidad de un condensador para almacenar carga y, por ende, energía, está determinada por su capacitancia, la cual depende del área de las placas, la distancia entre ellas y las propiedades del dieléctrico utilizado. La energía almacenada en un capacitor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$E_{\text{cap}} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

Donde  $E_{\text{cap}}$  representa la energía almacenada en el capacitor en joules (J),  $C$  es la capacitancia expresada en faradios (F) y  $V$  es la diferencia de potencial entre las placas del capacitor en voltios (V). De manera similar, los campos magnéticos también permiten el almacenamiento de energía en dispositivos electrónicos especializados.

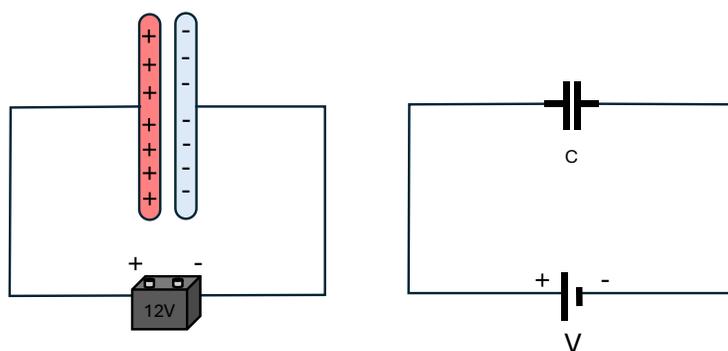


Fig. 2-P11. Condensador simple formado por dos láminas metálicas cargadas, utilizando una batería con su diagrama del circuito.

Un inductor es un componente eléctrico que almacena energía en forma de campo magnético. Consiste en un alambre conductor enrollado en espiral o bobinado alrededor de un núcleo, que puede ser de aire o de un material ferromagnético. Cuando una corriente eléctrica fluye a través del inductor, se genera un campo magnético alrededor

de él, almacenando así energía. La energía almacenada en un inductor se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$E_{\text{ind}} = \frac{1}{2} LI^2$$

Donde  $E_{\text{ind}}$  es la energía almacenada en el inductor en joules (J),  $L$  es la inductancia expresada en henrios (H) e  $I$  es la corriente que fluye a través del inductor en ampere (A).

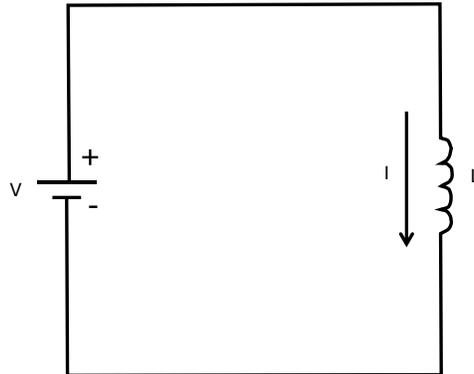


Fig. 3-P11. Esquema de un circuito eléctrico formado por una bobina y una fuente de fem.

## 11.2. Interacciones entre objetos y campos

Las interacciones entre objetos y campos son fundamentales para entender cómo se transfiere y transforma la energía en sistemas electromagnéticos. Cuando una carga eléctrica se mueve en un campo eléctrico, o cuando un conductor que lleva corriente se coloca en un campo magnético, se producen fuerzas que pueden realizar trabajo, transformando así la energía del campo en otras formas de energía.

Por ejemplo, cuando un electrón se acelera en un tubo de rayos catódicos (como en los antiguos televisores CRT), la energía del campo eléctrico se convierte en energía cinética del electrón. La variación en la energía cinética del electrón en condiciones ideales se expresa como:

$$\Delta E_c = qV = qEd$$

Donde  $\Delta E_c$  es el cambio en la energía cinética en joules (J) y  $q$  es la carga del electrón en coulomb (C).

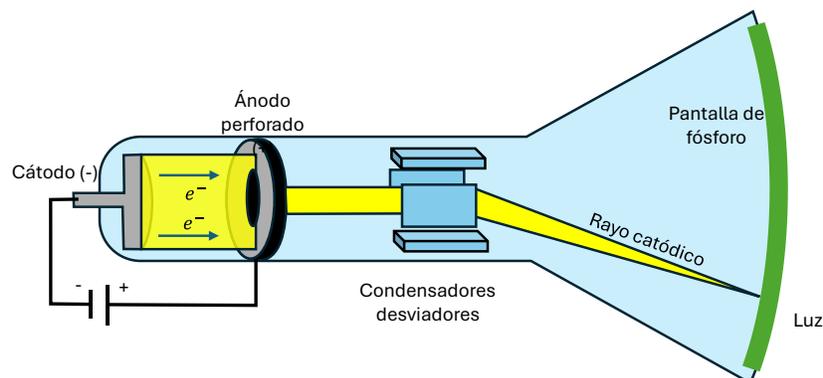


Fig. 4-P11. Esquema de un tubo de rayos catódicos, utilizados por televisores antiguos.

En el caso de un motor eléctrico, la interacción entre el campo magnético y los conductores que llevan corriente en el rotor produce un torque que hace girar el motor. Para el caso del torque en un motor eléctrico, este se relaciona con la corriente eléctrica y una constante del motor que depende del diseño específico del mismo. La potencia mecánica producida por el motor se puede expresar como:

$$P = \tau\omega$$

Donde  $P$  es la potencia en watt (W),  $\tau$  es el torque en newton metro (N·m) y  $\omega$  es la velocidad angular del rotor en radianes sobre segundo (rad/s). Esta potencia mecánica representa la tasa a la cual la energía del campo electromagnético se está convirtiendo en energía mecánica.

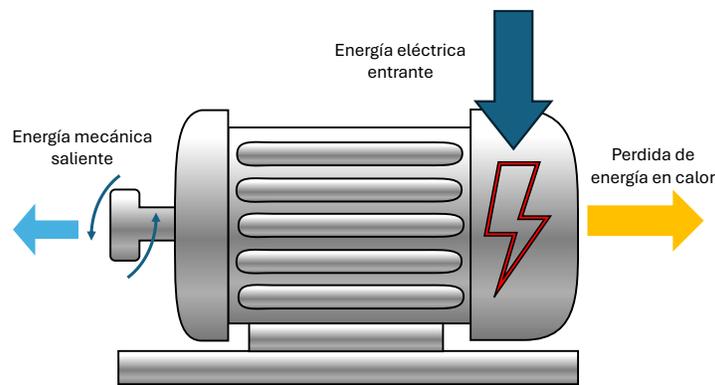


Fig. 5-P11. Esquema entre la relación de la velocidad angular de un motor y la energía campo eléctrico generado por el sistema interno para generar el movimiento mecánico.

### 11.3. Cambios en la energía del campo

Los cambios en la energía almacenada en los campos eléctricos y magnéticos son fundamentales para comprender el funcionamiento de numerosos dispositivos y fenómenos electromagnéticos. Estos cambios están regidos por el principio de conservación de la energía, que establece que la energía no puede crearse ni destruirse, sino solo transformarse de una forma a otra. Un ejemplo clásico de esta transformación es el circuito oscilante formado por un inductor y un condensador, donde la energía oscila continuamente entre el campo eléctrico del condensador y el campo magnético del inductor. Este intercambio dinámico de energía es esencial en aplicaciones de radiocomunicación, permitiendo la generación y transmisión de señales electromagnéticas.

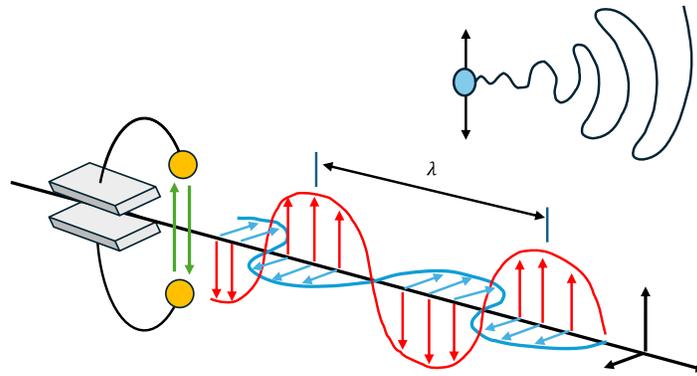


Fig. 6-P11. Generador de ondas electromagnéticas por cargas cargadas oscilantes, puestas en un campo magnético que oscila en un plano perpendicular entre sí, y a su vez ambos planos perpendiculares a la dirección de propagación, por lo que la ondas son de carácter transversal.

De manera similar, en una onda electromagnética que se propaga, como la luz, existe un intercambio constante entre la energía del campo eléctrico y la del campo magnético. La densidad de energía total en cualquier punto de la onda es la suma de las energías almacenadas en ambos campos, lo que garantiza una distribución equilibrada de la energía mientras la onda viaja a través del espacio. Esta comprensión de cómo la energía se almacena y se transforma en los campos eléctricos y magnéticos tiene numerosas aplicaciones prácticas. Por ejemplo, en los sistemas de transmisión de energía eléctrica, la energía se almacena temporalmente en campos magnéticos dentro de transformadores y líneas de transmisión, facilitando una transferencia eficiente a largas distancias. En la medicina, los escáneres de resonancia magnética utilizan potentes campos magnéticos para alinear espines atómicos, permitiendo obtener imágenes detalladas de los tejidos internos del cuerpo. Además, en los aceleradores de partículas, como el gran colisionador de hadrones, se emplean campos electromagnéticos intensos para acelerar partículas a velocidades cercanas a la de la luz, convirtiendo la energía almacenada en los campos en energía cinética de las partículas.

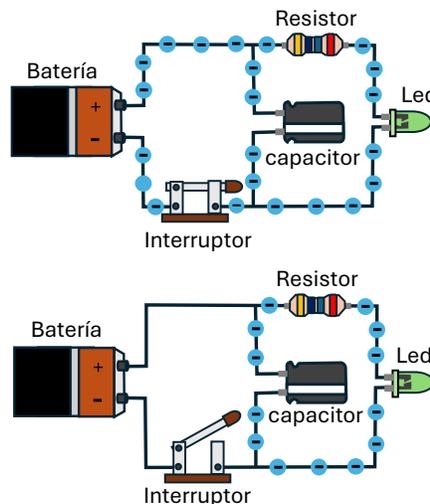
La interacción entre campos eléctricos y magnéticos no solo es crucial en dispositivos tecnológicos avanzados, sino que también desempeña un papel vital en el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía, como los supercondensadores y los sistemas de almacenamiento de energía magnética superconductora. Estos sistemas aprovechan la capacidad de los campos para almacenar y liberar energía de manera rápida y eficiente, contribuyendo al avance de las energías renovables y a la mejora de la eficiencia energética en diversas aplicaciones industriales y domésticas. Asimismo, en las antenas de radiocomunicación, la conversión de energía entre campos electromagnéticos y señales eléctricas permite la transmisión y recepción de información, siendo esencial para las comunicaciones modernas.

Estos conceptos de almacenamiento y transformación de energía en campos eléctricos y magnéticos ya han sido explorados en progresiones anteriores, estableciendo una base sólida para el entendimiento de interacciones electromagnéticas más complejas y sus aplicaciones en tecnologías contemporáneas.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos los conceptos aprendidos sobre campos eléctricos y magnéticos para resolver situaciones prácticas que nos ayudarán a comprender mejor cómo estos fenómenos se manifiestan en dispositivos cotidianos.

**Ejercicio 1:** En un taller de electrónica en Culiacán, se utiliza un capacitor de  $470 \mu\text{F}$  conectado a una diferencia de potencial de  $12.0 \text{ V}$ . Determine la energía almacenada en el campo eléctrico del capacitor y calcule cuánto tiempo podría mantenerse funcionando un LED de  $20.0 \text{ mW}$  (potencia constante) utilizando dicha energía.



### Solución

#### a) Análisis del proceso

Este problema involucra la energía eléctrica almacenada en un capacitor, un dispositivo diseñado para acumular y liberar energía en forma de un campo eléctrico. Cuando el capacitor se conecta a una fuente de voltaje, este acumula carga en sus placas, creando una diferencia de potencial entre ellas. La cantidad de energía que se almacena depende de dos factores principales: la capacidad del capacitor (qué tan bien puede almacenar carga) y la magnitud de la diferencia de potencial aplicada.

El proceso de almacenamiento de energía es reversible: una vez cargado, el capacitor puede liberar la energía acumulada para alimentar dispositivos electrónicos, como un LED. Este fenómeno ocurre porque el LED convierte la energía eléctrica en luz y calor, utilizando energía a una velocidad constante definida por su potencia.

El objetivo es determinar la energía total que el capacitor puede entregar al LED y calcular cuánto tiempo este puede permanecer encendido. Esto implica identificar cómo se relacionan los parámetros del capacitor (su capacitancia y voltaje) con la energía almacenada, y cómo esta energía se consume en función del tiempo al operar el LED.

#### b) Identificación de los datos del problema

Capacitancia:  $C = 470 \mu\text{F} = 470 \times 10^{-6} \text{ F}$ .

Voltaje aplicado:  $V = 12.0 \text{ V}$ .

Potencia del LED:  $P = 20.0 \text{ mW} = 20.0 \times 10^{-3} \text{ W}$ .

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Cálculo de la energía almacenada en el capacitor:

La energía almacenada en un capacitor depende de su capacitancia y el voltaje aplicado.

$$E_{\text{cap}} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} (470 \times 10^{-6} \text{ F})(12.0 \text{ V})^2 = 3.38 \times 10^{-2} \text{ J}$$

2. Cálculo del tiempo de funcionamiento del LED:

El tiempo de funcionamiento del LED se calcula como:

$$P = \frac{E_{\text{cap}}}{\Delta t}$$

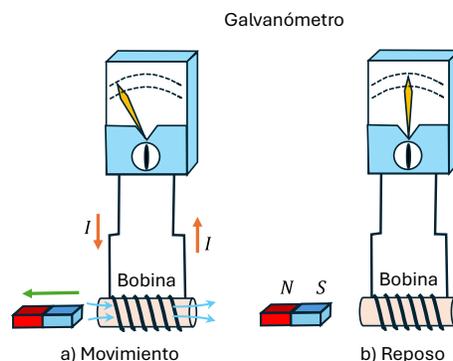
Despejando y sustituyendo los valores:

$$\Delta t = \frac{E_{\text{cap}}}{P} = \frac{3.38 \times 10^{-2} \text{ J}}{20.0 \times 10^{-3} \text{ W}} = 1.69 \text{ s}$$

#### d) Conclusión

La energía almacenada en el capacitor es 33.8 mJ. Esta energía sería suficiente para alimentar un LED de 20.0 mW durante aproximadamente 11.69 s. Este cálculo muestra cómo los capacitores pueden actuar como fuentes temporales de energía en dispositivos electrónicos de baja potencia, aunque su duración depende de la capacidad y del consumo del dispositivo.

**Ejercicio 2:** Una bobina con inductancia 2.50 H en un transformador de un centro de control eléctrico en Los Mochis conduce una corriente inicial de  $5.00 \times 10^{-1} \text{ A}$ . Si esta corriente se reduce a cero en un tiempo de  $1.00 \times 10^{-1} \text{ s}$ , determine: 1. La energía inicialmente almacenada en el campo magnético de la bobina. 2. La potencia promedio disipada durante la reducción de la corriente.



#### Solución

a) Análisis del proceso

Este problema explora el fenómeno de almacenamiento y disipación de energía en circuitos inductivos. Una bobina almacena energía en forma de un campo magnético cuando transporta corriente eléctrica. La cantidad de energía depende de la inductancia del sistema, una propiedad que mide la capacidad de la bobina para generar este campo, y del cuadrado de la corriente que fluye a través de ella.

Cuando la corriente en la bobina cambia, la energía acumulada se libera. En este caso, la corriente disminuye a cero en un intervalo de tiempo específico, lo que implica que la energía almacenada inicialmente se convierte en calor o en otra forma de energía disipada. El cálculo de la potencia promedio disipada requiere relacionar esta energía liberada con el tiempo en que ocurre la variación.

El problema involucra principios de electromagnetismo (energía en inductores) y análisis energético para determinar cómo la energía acumulada se transforma durante el cambio en la corriente.

b) Identificación de los datos del problema

Inductancia de la bobina:  $L = 2.50 \text{ H}$ .

Corriente inicial:  $I_0 = 5.00 \times 10^{-1} \text{ A}$ .

Corriente final:  $I = 0 \text{ A}$ .

Tiempo de reducción de la corriente:  $\Delta t = 1.00 \times 10^{-1} \text{ s}$ .

c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

1. Cálculo de la energía inicialmente almacenada en el campo magnético:

La energía almacenada en una bobina está dada por:

$$E_{\text{ind}} = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} (2.50 \text{ H})(5.00 \times 10^{-1} \text{ A})^2 = 3.13 \times 10^{-1} \text{ J}$$

2. Cálculo de la potencia promedio disipada:

La potencia promedio disipada está dada por:

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{3.13 \times 10^{-1} \text{ J}}{1.00 \times 10^{-1} \text{ s}} = 3.13 \text{ W}$$

d) Conclusión

La energía inicialmente almacenada en el campo magnético de la bobina es de  $3.13 \times 10^{-1} \text{ J}$ , lo cual representa la capacidad de la bobina para mantener energía mientras fluye corriente. Durante el proceso de reducción de la corriente a cero en un intervalo de  $0.100 \text{ s}$ , esta energía se disipa completamente, resultando en una potencia promedio de  $3.13 \text{ W}$ . Este resultado destaca la importancia de entender cómo la energía almacenada en componentes inductivos se transforma, lo que es crucial para garantizar la eficiencia y seguridad en los sistemas eléctricos, particularmente en aplicaciones como transformadores y centros de control.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, evaluaremos nuestra comprensión sobre la energía almacenada en campos eléctricos y magnéticos mediante problemas que relacionan estos conceptos con situaciones cotidianas, permitiéndonos aplicar lo aprendido de manera práctica.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Al enchufar un cargador de celular al tomacorriente, notamos que el adaptador se calienta ligeramente durante su funcionamiento. Considerando que este dispositivo contiene un transformador que utiliza campos magnéticos para modificar el voltaje, explica por qué se produce este calentamiento y cómo se relaciona con la transferencia de energía entre campos.
2. En una tienda de electrónicos, observas que las baterías portátiles (power banks) tienen diferentes capacidades medidas en miliamperios-hora (mAh). Relaciona esta capacidad con la energía almacenada en los campos eléctricos de los capacitores internos y explica por qué una batería con mayor capacidad puede cargar más veces un dispositivo.
3. Durante una tormenta eléctrica, las personas dentro de automóviles están protegidas de los rayos gracias al efecto conocido como "jaula de Faraday". Explica cómo los campos eléctricos y la distribución de cargas en la superficie metálica del automóvil proporcionan esta protección.
4. En el taller de reparación de celulares del mercado municipal de Guamúchil, un técnico observa que al reemplazar el capacitor de un cargador, el dispositivo tarda más en alcanzar la carga completa. ¿Cómo se relaciona la capacidad de almacenamiento de energía del campo eléctrico con el tiempo de carga del dispositivo?
5. Al enchufar un electrodoméstico en casa, a veces se observa una pequeña chispa. ¿Cómo se relaciona este fenómeno con la energía almacenada en los campos eléctricos de los capacitores del dispositivo y por qué es más común verlo en aparatos grandes como refrigeradores?

### 5.2. Problemas cuantitativos

1. Un sistema de respaldo de energía para una computadora utiliza un capacitor de  $2.20 \times 10^3 \mu\text{F}$  a 12.0 V. Calcula la energía almacenada en el capacitor y determina si puede mantener funcionando una computadora que consume 60.0 W durante 1.00 ms.

Resultados:  $1.58 \times 10^{-1} \text{ J}$ , 60.0 mJ

2. El sistema de encendido electrónico de una motocicleta utiliza un inductor con una inductancia de 5.00 mH. Si la corriente en el inductor aumenta desde cero hasta 3.50 A en 2.00 ms, calcula la energía almacenada en el campo magnético y la potencia promedio suministrada durante este intervalo.

Resultados: 30.6 mJ, 15.3 W

3. Un filtro de ruido eléctrico utiliza una combinación de un capacitor de  $100.0 \mu\text{F}$  y un inductor de  $50.0 \text{ mH}$ . Si el capacitor está cargado a  $9.00 \text{ V}$  y la corriente en el inductor es de  $0.250 \text{ A}$ , calcula la energía total almacenada en ambos componentes.

Resultados:  $5.61 \text{ mJ}$

4. Un protón se introduce en un campo eléctrico uniforme de  $5.00 \text{ N/C}$ . Determine la aceleración del protón mientras se mueve en el campo, suponiendo que inicialmente está en reposo. Además, calcule la energía cinética que adquiere tras recorrer  $1.00 \times 10^{-1} \text{ m}$ .

Resultados:  $4.79 \times 10^8 \text{ m/s}^2$ ,  $8.00 \times 10^{-20} \text{ J}$

5. Una carga positiva de  $1.00 \times 10^{-6} \text{ C}$  se encuentra inicialmente en reposo dentro de un campo eléctrico uniforme de intensidad  $5.00 \times 10^3 \text{ N/C}$ . Bajo la influencia del campo, la carga comienza a moverse hacia una placa negativa ubicada a  $0.500 \text{ m}$  de distancia. Supongamos que la masa de la carga es  $2.00 \times 10^{-6} \text{ kg}$ . Determine: La energía potencial eléctrica inicial de la carga. La energía cinética que adquiere al recorrer dicha distancia. La velocidad de la carga al alcanzar la placa, considerando la conservación de la energía.

Resultados:  $2.50 \times 10^{-3} \text{ J}$ ,  $2.50 \times 10^{-3} \text{ J}$ ,  $50.0 \text{ m/s}$

# CÁPSULA SEMANAL

## 12

<b>Asesoría presencial grupal (APG)</b>	<b>Asesorías personalizadas o por equipo (AP)</b>	<b>Autoestudio (AUTE)</b>
<b>1 hora</b>	<b>1 hora</b>	<b>2 hora</b>

## Progresión de aprendizaje 12

Identificar las principales fuentes de energía eléctrica, como las energías renovables y no renovables. Describir los métodos de generación, almacenamiento y transmisión de electricidad, explicando cómo se optimizan los sistemas energéticos para mejorar su eficiencia.

### Metas de aprendizaje

CC. Identificar cómo la energía eléctrica se integra en nuestra vida diaria.  
CT2. Analizar la causa y efecto en diferentes métodos de generación eléctrica.  
CT4. Modelar sistemas de transmisión eléctrica como parte de un sistema interconectado.  
CT5. Examinar los flujos y ciclos de la materia y la energía en redes eléctricas.  
CT6. Evaluar la eficiencia y estructura y función de sistemas de almacenamiento.

### Concepto central

CC. La energía en los procesos de la vida diaria

### Conceptos transversales

CT2. Causa y efecto  
CT4. Sistemas  
CT5. Flujos y ciclos de la materia y la energía  
CT6. Estructura y función

## 1. Introducción General

La electricidad es una parte tan fundamental de nuestra vida cotidiana que a veces olvidamos preguntarnos de dónde viene y cómo llega hasta nuestros hogares. Desde cargar nuestro celular hasta iluminar nuestras calles, la energía eléctrica impulsa el mundo moderno. Durante esta semana, exploraremos las distintas formas en que se genera la electricidad, desde las plantas hidroeléctricas como la de El Fuerte en Sinaloa hasta los paneles solares que cada vez son más comunes en nuestras comunidades. Descubriremos cómo se almacena esta energía y cómo se transporta de manera eficiente hasta llegar a nuestras casas.

## 2. Engage (Empezamos) y Explore (Exploramos)

En esta fase inicial, nos acercaremos al fascinante mundo de los circuitos eléctricos mediante una simulación interactiva que nos permitirá comprender cómo fluye la energía eléctrica y cómo podemos medirla, sentando las bases para entender los sistemas de generación y transmisión eléctrica.

**Actividad Práctica:** Explorando el flujo de energía eléctrica

**Objetivo:** Analizar el comportamiento de la energía eléctrica en circuitos simples.

### Introducción teórica:

Los circuitos eléctricos son fundamentales para los sistemas de distribución de energía eléctrica, desde la red nacional hasta los aparatos en nuestros hogares. Al comprender cómo la energía eléctrica fluye a través de un circuito, podemos interpretar mejor los principios que hacen posible la generación y transmisión de electricidad a gran escala. En esta actividad, visualizaremos conceptos clave como voltaje, corriente y resistencia, que son esenciales para entender los sistemas energéticos modernos.

### Acceso al recurso:

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/circuit-construction-kit-dc>



Fig. 1-P12. Simulador virtual de flujo de energía eléctrica. Fuente: PhET Interactive Simulations.

### Procedimiento:

Ingresa al simulador de construcción de circuitos PhET. En el espacio de trabajo en blanco, selecciona una batería de la barra de herramientas ubicada en el lado izquierdo y colócala en el área de trabajo. Ajusta el voltaje de la batería a 9.0 V para representarla como una fuente de energía, similar a cómo una planta eléctrica genera electricidad.

Selecciona una bombilla y cables de la barra de herramientas. Conecta la batería a la bombilla utilizando los cables, asegurándote de que el circuito esté completamente

cerrado. Observa cómo la bombilla se ilumina, representando la transmisión de energía eléctrica desde la fuente hasta el punto de uso.

Añade un amperímetro en serie con el circuito para medir la corriente eléctrica y un voltímetro en paralelo con la bombilla para medir el voltaje. Registra las mediciones obtenidas, que nos ayudarán a comprender cómo se transmite y utiliza la energía eléctrica.

Experimenta añadiendo una segunda bombilla al circuito. Conéctala primero en serie y luego en paralelo. Observa cómo cambian las lecturas del voltímetro y el amperímetro en cada configuración. Estas configuraciones simulan cómo diferentes esquemas en la red eléctrica afectan la distribución de energía.

### **Evaluación:**

Responde las siguientes preguntas basándote en las observaciones realizadas durante la actividad:

1. ¿Qué diferencias observas en el brillo de las bombillas y en las mediciones de corriente cuando las conectas en serie versus en paralelo? Relaciona estas observaciones con la distribución de energía eléctrica en una red de suministro.
2. Si aumentas el voltaje de la batería, ¿cómo cambia la energía consumida por las bombillas? Explica cómo este principio se aplica en la transmisión de electricidad a larga distancia.
3. Considerando tus observaciones sobre la pérdida de brillo en las bombillas más alejadas de la fuente, ¿por qué crees que las compañías eléctricas utilizan altos voltajes para transmitir energía a largas distancias?

## **3. Explain (Explicación)**

En esta fase, profundizaremos en las diferentes formas de generar, almacenar y transmitir energía eléctrica, descubriendo cómo estos procesos hacen posible que tengamos electricidad disponible en cualquier momento. Analizaremos desde las grandes plantas generadoras hasta las nuevas tecnologías de energía renovable que están transformando nuestro sistema eléctrico.

## **12. Energía eléctrica: generación y almacenamiento**

La energía eléctrica es un pilar fundamental de la sociedad moderna, impulsando desde los dispositivos más pequeños en nuestros hogares hasta las industrias más grandes. Su generación, almacenamiento y transmisión son procesos complejos que involucran una variedad de tecnologías y tienen profundas implicaciones económicas y ambientales.

### **12.1. Fuentes de energía eléctrica**

Las fuentes de energía eléctrica se pueden clasificar en dos categorías principales: no renovables y renovables. Históricamente, las fuentes no renovables, como los

combustibles fósiles, han dominado la generación de electricidad debido a su alta densidad energética y disponibilidad. Sin embargo, las preocupaciones sobre el cambio climático y la sostenibilidad han impulsado un rápido desarrollo de fuentes renovables en las últimas décadas.

Entre las fuentes no renovables, las centrales térmicas que queman carbón, petróleo o gas natural han sido tradicionalmente las más comunes. Estas plantas funcionan calentando agua para producir vapor, que luego impulsa turbinas conectadas a generadores eléctricos. La eficiencia de estas centrales se mide como la relación entre la energía eléctrica producida y la energía térmica del combustible utilizado.

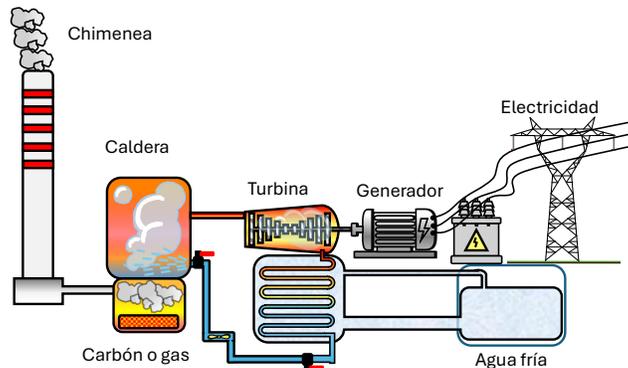


Fig. 2-P12. Modelo de transformación de la energía en una central termoeléctrica.

Las centrales térmicas modernas pueden alcanzar eficiencias de alrededor del 40-45%, aunque gran parte de la energía se pierde como calor. Este tema ya ha sido previamente estudiado, proporcionando una comprensión fundamental de las eficiencias y limitaciones de las fuentes de energía no renovables en la generación eléctrica.

Las centrales nucleares, aunque controvertidas, proporcionan una fuente estable de energía con bajas emisiones de carbono. Utilizan la fisión nuclear para generar calor, que luego se convierte en electricidad de manera similar a las centrales térmicas convencionales.

En cuanto a las fuentes renovables, la energía hidroeléctrica ha sido utilizada durante más de un siglo. Las presas hidroeléctricas aprovechan la energía potencial del agua almacenada para impulsar turbinas. La potencia generada se puede aproximar mediante:

$$P_{\text{hid}} = \rho g Q h$$

Donde  $P_{\text{hid}}$  es la potencia generada en watt (W),  $\rho$  es la densidad del agua ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ),  $g$  es la intensidad de la aceleración de la gravedad ( $9.8 \text{ m/s}^2$ ),  $Q$  es el caudal de agua en metros cúbicos entre segundo ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) y  $h$  es la altura de caída en metros (m).

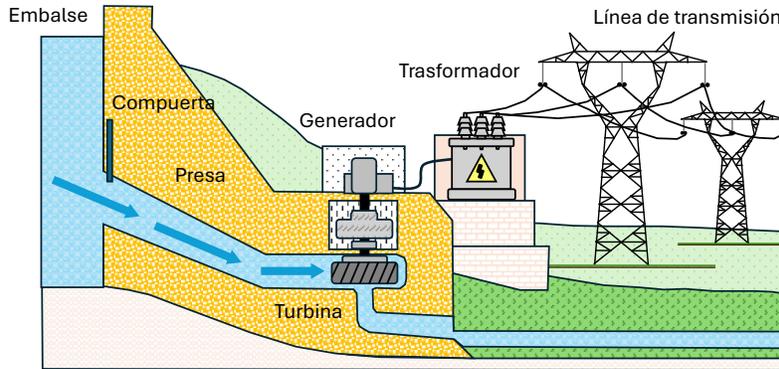


Fig. 3-P12. Transformación de la energía en una central termoeléctrica hacia líneas de transmisión.

La energía eólica y solar han experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas. Los aerogeneradores convierten la energía cinética del viento en electricidad, mientras que los paneles solares utilizan el efecto fotovoltaico para convertir directamente la luz solar en electricidad. La potencia generada por un panel solar se puede estimar como:

$$P_{\text{sol}} = \eta A I$$

Donde  $P_{\text{sol}}$  es la potencia generada por el panel solar en watt (W),  $\eta$  es la eficiencia del panel,  $A$  es el área del panel en metros cuadrados ( $\text{m}^2$ ), e  $I$  es la intensidad de la radiación solar en watt sobre metros cuadrado ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

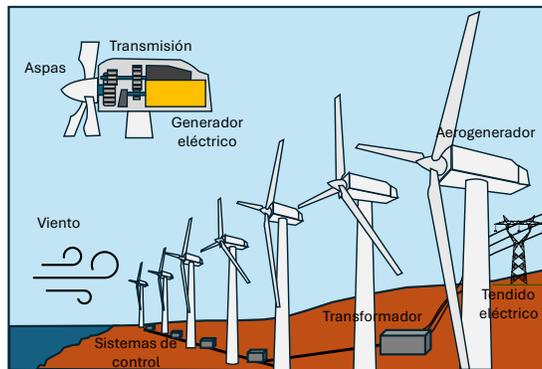


Fig. 4-P12. Modelo de transformación de la energía en una central eólica.

## 12.2. Almacenamiento y transmisión de energía eléctrica

El almacenamiento de energía eléctrica es crucial para equilibrar la oferta y la demanda, especialmente con el aumento de fuentes renovables intermitentes como la solar y la eólica. Las baterías de iones de litio han emergido como una tecnología líder para el almacenamiento a pequeña y mediana escala. La capacidad de una batería se mide en watt-horas (Wh) y se puede calcular como:

$$Cap_{\text{bat}} = V I_t$$

Donde  $Cap_{bat}$  es la capacidad de la batería en watt-hora (Wh),  $V$  representa la diferencia de potencial en voltios (V) e  $I_t$  es la cantidad de corriente que se suministra en una hora representada en ampere-hora (Ah).

Para el almacenamiento a gran escala, se utilizan tecnologías como el bombeo hidráulico, donde el agua se bombea a un reservorio elevado durante períodos de baja demanda y se libera para generar electricidad durante picos de demanda. La energía potencial almacenada en este sistema depende de la masa de agua almacenada, la aceleración debido a la gravedad y la altura del reservorio. Cuanto mayor sea la masa de agua y la altura desde la cual se libera, mayor será la cantidad de energía que se puede generar cuando el agua desciende y pasa a través de las turbinas conectadas a generadores eléctricos.

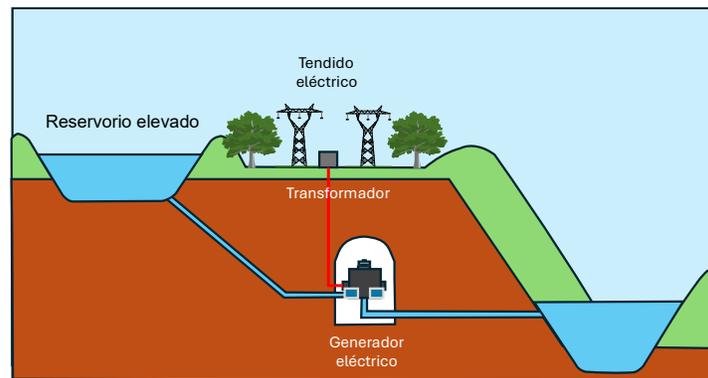


Fig. 5-P12. Modelo para almacenar agua a gran altura para generar corriente eléctrica.

Por otro lado, la transmisión de energía eléctrica implica el transporte de electricidad desde las plantas de generación hasta los consumidores a través de líneas de alta tensión. Las pérdidas en la transmisión son proporcionales al cuadrado de la corriente que circula por las líneas, lo que significa que para minimizar estas pérdidas se utilizan altos voltajes. Al aumentar el voltaje, la corriente disminuye, reduciendo así las pérdidas de energía durante el transporte. La potencia transmitida en una línea trifásica depende del voltaje de línea, la corriente y el factor de potencia, que es una medida de la eficiencia con la que la energía eléctrica se convierte en trabajo útil. Un factor de potencia cercano a uno indica una transmisión más eficiente, ya que una mayor proporción de la energía se utiliza efectivamente para realizar trabajo.

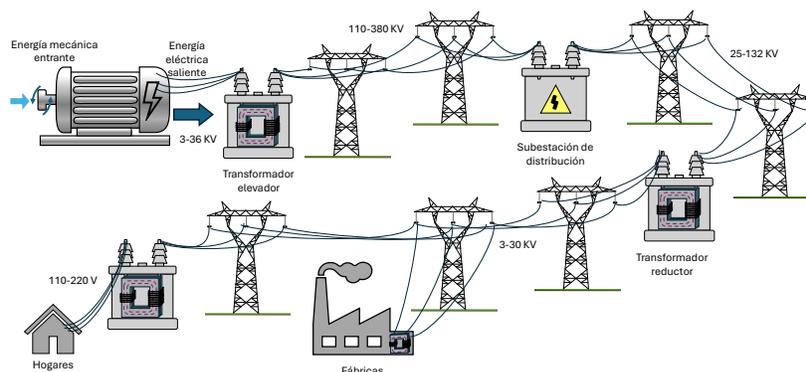


Fig. 6-P12. Modelo del sistema para transportar la energía a largas distancias desde los centros generadores de electricidad a las fábricas y a los hogares.

### 12.3. Producción de energía: métodos e implicaciones

La producción de energía eléctrica tiene profundas implicaciones económicas, ambientales y sociales. Las centrales que queman combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo o el gas natural, aunque son económicamente competitivas, representan una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo significativamente al cambio climático. Para evaluar y comparar diferentes fuentes de energía, se utiliza una métrica conocida como costo nivelado de electricidad (LCOE), la cual considera todos los costos asociados durante la vida útil de una planta de energía en relación con la cantidad de electricidad que produce. Este enfoque permite una comparación más integral y justa entre diversas tecnologías energéticas, facilitando la toma de decisiones informadas sobre inversiones y políticas energéticas.

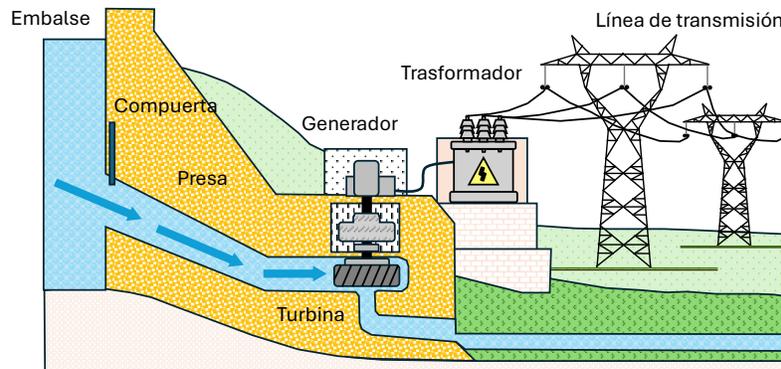
Por otro lado, las energías renovables han experimentado una disminución significativa en sus costos en las últimas décadas. Por ejemplo, el costo de la energía solar fotovoltaica ha reducido en más del 80% desde 2010, lo que la ha hecho competitiva con las fuentes tradicionales en muchas regiones. Sin embargo, la transición hacia fuentes de energía más limpias presenta desafíos tanto técnicos como económicos. La intermitencia inherente a fuentes como la solar y la eólica requiere una gestión cuidadosa de la red eléctrica y la implementación de sistemas de almacenamiento robustos para garantizar un suministro estable de energía durante los picos de demanda. En este contexto, las redes inteligentes están emergiendo como una solución eficaz, utilizando tecnologías de información y comunicación para optimizar la distribución de electricidad y facilitar la integración eficiente de las fuentes renovables.

Además, la eficiencia energética desempeña un papel crucial en la reducción de la demanda de electricidad. Implementar medidas como mejorar el aislamiento en edificios, utilizar electrodomésticos de bajo consumo y adoptar sistemas de iluminación LED puede disminuir significativamente el consumo de energía. Estas acciones no solo contribuyen a una menor demanda energética, sino que también promueven un uso más sostenible de los recursos disponibles, reduciendo la huella ambiental asociada con el consumo de electricidad. Este tema ya ha sido previamente estudiado, proporcionando una base sólida para comprender las dinámicas de producción, comparación y eficiencia en el contexto de la generación eléctrica moderna.

## 4. Elaborate (Elaboración)

En esta fase, aplicaremos nuestros conocimientos sobre generación y almacenamiento de energía eléctrica para resolver situaciones prácticas que nos ayudarán a comprender mejor cómo funcionan los sistemas energéticos en nuestra vida cotidiana.

**Ejercicio 1:** Calcular la potencia teórica máxima que puede generar la presa hidroeléctrica El Fuerte en Sinaloa, que tiene una altura de caída de agua de 85.00 m y recibe un caudal promedio de 240.0 m<sup>3</sup>/s. Este cálculo permitirá al administrador de la planta planificar el suministro de energía a las comunidades cercanas.



## Solución

### a) Análisis del proceso

La generación de energía en una presa hidroeléctrica se basa en la transformación de la energía potencial gravitacional del agua almacenada en altura en energía cinética y, posteriormente, en energía eléctrica a través de turbinas y generadores.

El caudal, definido como el volumen de agua que fluye por unidad de tiempo, y la altura de la caída son los factores determinantes de la energía disponible. La fórmula utilizada incluye la densidad del agua y la aceleración gravitacional para calcular la potencia teórica máxima, suponiendo un sistema ideal sin pérdidas. Este cálculo asume una eficiencia del 100%, lo que significa que toda la energía disponible del agua se convierte en energía eléctrica. En la práctica, la eficiencia del sistema, las pérdidas por fricción y otros factores reducirán esta potencia teórica máxima.

### b) Identificación de los datos del problema

Altura de caída:  $h = 85.00 \text{ m}$ .

Caudal:  $Q = 240.0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Densidad del agua:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

Eficiencia:  $\eta = 1.00$ .

### c) Realización de las sustituciones y cálculos necesarios

Fórmula para la potencia teórica máxima:

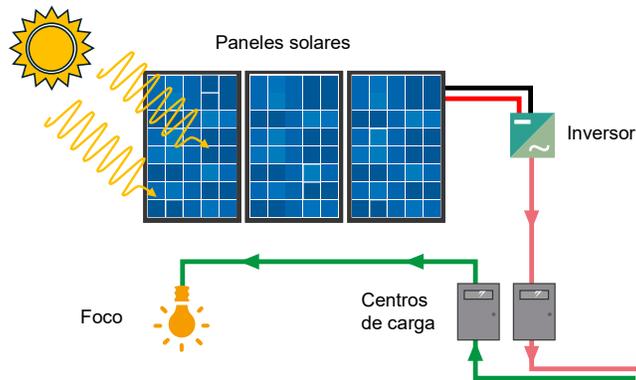
$$P_{\text{hid}} = \rho g Q h = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ m/s}^2)(85.00 \text{ m})(240.0 \text{ m}^3/\text{s}) = 2 \times 10^8 \text{ W}$$

### d) Conclusión

La potencia teórica máxima que puede generar la presa hidroeléctrica El Fuerte es de 200.0 MW. Este resultado se basa en una eficiencia ideal del 100% y asume que toda la energía potencial gravitacional del agua se convierte en energía eléctrica. En la práctica,

este valor se verá reducido debido a pérdidas mecánicas, fricción y eficiencia del sistema, pero sirve como base para la planificación del suministro de energía en las comunidades cercanas.

**Ejercicio 2:** Una casa en Culiacán consume un promedio de  $8.00 \times 10^2$  kWh al mes. Se instala un sistema de baterías de ion-litio con una capacidad de 10.0 kWh y una eficiencia de carga/descarga del 90%. Determina cuántas horas de consumo promedio puede cubrir este sistema durante un apagón, considerando que un mes tiene 720 horas.



## Solución

### a) Análisis del proceso

El problema involucra energía almacenada en una batería y el consumo energético promedio de una casa. La batería tiene una eficiencia menor al 100%, lo que implica que no toda su capacidad está disponible para el consumo. Calcularemos cuánta energía útil puede proporcionar la batería y luego determinaremos el tiempo que esta energía cubriría el consumo promedio.

### b) Identificación de los datos del problema

Consumo mensual promedio de la casa:  $E_{\text{mes}} = 8.00 \times 10^2$  kWh.

Capacidad nominal de la batería:  $C_{\text{batería}} = 10.0$  kWh.

Eficiencia de la batería:  $\eta = 90\% = 0.90$ .

Horas en un mes:  $T_{\text{mes}} = 720$  h.

Conversión del consumo mensual promedio a consumo horario promedio:

$$E_{\text{hora}} = \frac{E_{\text{mes}}}{T_{\text{mes}}} = \frac{8.00 \times 10^2 \text{ kWh}}{720 \text{ h}} = 1.11 \text{ kW}$$

### c) Cálculos necesarios

Energía útil disponible en la batería:

La energía disponible se calcula considerando la eficiencia de la batería:

$$E_{\text{batería}} = C_{\text{batería}} \eta = (10.0 \text{ kWh})(0.90) = 9.00 \text{ kWh}$$

Horas de consumo que puede cubrir la batería:

El tiempo de suministro se calcula dividiendo la energía disponible por el consumo horario promedio:

$$t = \frac{E_{\text{batería}}}{E_{\text{hora}}} = \frac{9.00 \text{ kWh}}{1.11 \text{ kW}} = 8.11 \text{ h}$$

#### d) Conclusión

El sistema de baterías de ion-litio puede cubrir aproximadamente 8.11 h de consumo promedio de la casa durante un apagón. Este resultado destaca la importancia de considerar la eficiencia del sistema y el consumo promedio para evaluar la autonomía de los sistemas de respaldo energético.

## 5. Evaluate (Evaluación)

En esta fase final, evaluaremos la comprensión de los conceptos relacionados con la generación, almacenamiento y transmisión de energía eléctrica mediante problemas contextualizados que reflejan situaciones reales en nuestro entorno.

### 5.1. Problemas cualitativos

1. Durante el verano, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) frecuentemente solicita a la población reducir el consumo eléctrico durante las horas pico (2-4 PM). Analiza por qué este periodo es especialmente crítico para la red eléctrica y cómo se relaciona con la capacidad de generación y distribución.
2. Las nuevas urbanizaciones en Culiacán están incorporando cada vez más paneles solares en sus diseños. Sin embargo, estas casas mantienen su conexión a la red eléctrica general. Explica por qué es necesario mantener esta conexión y cómo beneficia tanto a los usuarios como al sistema eléctrico en general.
3. Los centros comerciales grandes de la ciudad suelen tener sistemas de respaldo de energía que entran en funcionamiento durante los apagones. Explica por qué estos sistemas son necesarios y cómo funcionan para mantener operaciones críticas durante una falla eléctrica.
4. En una granja en Guasave se instala un sistema de almacenamiento con baterías para respaldar la energía solar. ¿Por qué es necesario este sistema de respaldo y cómo complementa a la generación solar durante el ciclo diario?
5. La Comisión Federal de Electricidad utiliza transformadores para transmitir electricidad a largas distancias con voltajes muy altos. ¿Por qué es más eficiente transmitir la electricidad a alto voltaje y bajo amperaje que hacerlo al revés?

### 5.2. Problemas cuantitativos

1. Calcular la potencia eléctrica que puede generar un sistema de paneles solares en condiciones óptimas. El sistema tiene un área total de 24.00 m<sup>2</sup>, recibe una radiación solar promedio de 5.500 kW/m<sup>2</sup>, y los paneles tienen una eficiencia del 18.00%. Este cálculo permitirá estimar el potencial de generación eléctrica del sistema bajo condiciones ideales.

Resultados: 23.76 kW

2. Calcular la potencia total que puede generar un parque solar en Los Mochis, compuesto por 1500 paneles solares de  $2.00 \text{ m}^2$  cada uno, con una eficiencia del 20.0%, bajo una radiación solar promedio de  $6.00 \text{ kW/m}^2$ .

Resultados: 3.60 MW

3. Un transformador en una subestación eléctrica reduce el voltaje de 115 kV a 13.8 kV para distribución local. Si el transformador tiene una eficiencia del 98.0% y maneja una potencia de 50.0 MW, calcular la potencia perdida en forma de calor durante la transformación.

Resultados: 1.02 MW

4. Una pequeña central hidroeléctrica en el río Sinaloa tiene una altura de caída de agua de 25.0 m y opera con una eficiencia del 75.0%. Si se desea generar 200 kW:  
a) Calcular el caudal necesario para alcanzar esta potencia. b) Determinar el volumen de agua utilizado en 24 h. c) Calcular la energía generada en un mes de operación continua.

Resultados:  $1.09 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $9.41 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 1440 kWh

5. La presa hidroeléctrica El Humaya, ubicada en Sinaloa, tiene una caída de agua de 85.0 m y un caudal promedio de  $12.0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Con una eficiencia del 80.0% en la conversión de energía, calcular: a) La potencia eléctrica generada. b) La energía producida en un día de operación continua.

Resultados: 7.99 MW, 192 MWh

## Referencias Bibliográficas

Alonzo, A.C., y Gotwals, A.W. (Eds.). (2012). *Learning progressions in science: Current challenges and future directions*. Sense Publishers.

Alvarado, J.A., Caro, J. de J., Varela, J.B., Y Hernández, O. (2012). *Estática y rotación del sólido: Bachillerato universitario*. Once Ríos.

Alvarado, J.A., Valdés, P., y Caro, J. de J. (2008). *Mecánica 1: Bachillerato universitario*. Once Ríos.

Alvarado, J.A., Valdés, P., y Varela, J.B. (2009). *Electromagnetismo: Bachillerato universitario*. Once Ríos. Alvarado, J.A., Valdés, P., y Varela, J.B. (2010). *Propiedades de la materia: Bachillerato universitario*. Once Ríos.

Alvarado, J.A., Valdés, P., y Varela, J.B. (2012). *Electricidad y óptica: Bachillerato universitario*. Once Ríos.

Alvarado, J.A., Valdés, P., y Varela, J.B. (2012). *Óptica: Bachillerato universitario*. Once Ríos.

Alvarado, J.A., y Valdés, P. (2008). *Mecánica 2: Bachillerato universitario*. Once Ríos.

Barbosa, J.G., Gutiérrez, C. del C., y Jiménez, J. A. (2015). *Termodinámica para ingenieros*. Patria.

Bybee, R. W. (2015). *The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments*. National Science Teachers Association Press.

Bybee, R. W. (2016). *El modelo de enseñanza 5E del BSCS: Creando momentos de enseñanza*. International Science Teaching Foundation.

Çengel, Y. A., y Boles, M. A. (2014). *Termodinámica* (8ª ed.). McGraw-Hill.

Serway, R.A., y Jewett, J.W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. Volumen 1 (7ª ed.). Cengage Learning.

Serway, R.A., y Vuille, C. (2018). *Fundamentos de física* (10ª ed.). Cengage Learning.

Tippens, P.E. (2020). *Física: Conceptos y aplicaciones* (8ª ed.). McGraw-Hill.

Young, H.D., y Freedman, R.A. (2018). *Física universitaria con física moderna 1*. Pearson.