

# FÍSICA



# CAZ

JOSIP SLISKO



 Competencias + Aprendizaje + Vida

# Física

# 2

CUARTA EDICIÓN



 Competencias + Aprendizaje + Vida

# Física 2

CUARTA EDICIÓN

**Josip Slisko Ignjatov**

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MATEMÁTICAS  
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

REVISIÓN TÉCNICA Y ADAPTACIÓN

**M. en C. Guillermo A. Govea Anaya**

FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA NACIONAL DE MÉXICO

REVISIÓN TÉCNICA

**Dr. Juan A. Jiménez Gallegos**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA APLICADA Y TECNOLOGÍA AVANZADA  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Sandra Lilia Castillo Flores**

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY  
CAMPUS AGUASCALIENTES



Pearson

#### Datos de catalogación

Autor: Slisko Ignjatov, Josip

*Física 2*

Cuarta edición

Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2017

ISBN: 978-607-32-3922-6

Área: Bachillerato/Ciencias

Formato: 21 × 27 cm      Páginas: 288

## **Física 2**

El proyecto educativo *Física 2* es una obra colectiva creada por un equipo de profesionales, quienes cuidaron el nivel y pertinencia de los contenidos, lineamientos y estructuras establecidos por Pearson Educación.

**Dirección general:** Sergio Fonseca ■ **Dirección de innovación y servicios educativos:** Alan David Palau ■ **Gerencia de contenidos y servicios editoriales:** Jorge Luis Íñiguez ■ **Gerencia de arte y diseño:** Asbel Ramírez ■ **Coordinación de contenidos de Bachillerato y Custom:** Lilia Moreno ■ **Coordinación de arte y diseño:** Mónica Galván ■ **Especialista en contenidos de aprendizaje:** Berenice Torruco ■ **Edición de desarrollo:** Israel Casillas ■ **Corrección de estilo:** Claudia Amanda Román ■ **Revisión técnica:** Juan Antonio Jiménez y Sandra Castillo ■ **Iconografía:** María del Carmen Gutiérrez ■ **Lectura de pruebas:** María Luisa Román y José Huerta ■ **Diseño de interiores:** Josué Cortés ■ **Diseño de portada:** Studio2 ■ **Composición y diagramación:** Zoraida Olvera ■ **Ilustración:** Apolinar Santillán ■ **Imágenes:** Pearson Assessment Library.

**Contacto:** soporte@pearson.com

Cuarta edición, 2017

ISBN LIBRO IMPRESO: 978-607-32-3922-6

ISBN LIBRO E-BOOK: 978-607-32-3931-8

D.R. © 2017 por Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Avenida Antonio Dovalí Jaime #70

Torre B, Piso 6, Colonia Zedec Ed. Plaza Santa Fe

Delegación Álvaro Obregón, México, Ciudad de México, C. P. 01210

[www.pearsonenespañol.com](http://www.pearsonenespañol.com)

Impreso en México. *Printed in Mexico.*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - 19 18 17 16



Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito del editor.

### **Pearson Hispanoamérica**

Argentina ■ Belice ■ Bolivia ■ Chile ■ Colombia ■ Costa Rica ■ Cuba ■ República Dominicana ■ Ecuador ■ El Salvador ■ Guatemala ■ Honduras ■ México ■ Nicaragua ■ Panamá ■ Paraguay ■ Perú ■ Uruguay ■ Venezuela

## ¿Por qué una nueva edición de Competencias+Aprendizaje+Vida?

- En primer lugar, porque queremos satisfacer aquello que hemos escuchado en estos años como propuesta de mejora. Las voces de nuestros usuarios, maestros y alumnos, se han tenido en cuenta y sus opiniones han sido incorporadas en esta nueva propuesta de nuestra serie de bachillerato más exitosa.
- Pero también porque seguimos pensando que los estudiantes del bachillerato deben recibir una propuesta que los considere integralmente: lo que deben aprender, sí, pero también lo que les interesa. Nuestra propuesta pone a los jóvenes en el centro del aprendizaje.
- Porque requerimos integrar las más recientes modificaciones de los programas de estudio de la Dirección General del Bachillerato (DGB).
- Esta nueva edición refuerza el uso opcional y dirigido de la tecnología. Si existen las condiciones tecnológicas, los estudiantes tendrán alternativas de presentar numerosas actividades mediante aplicaciones, o empleando recursos de la web. Otras veces podrán realizar diversas actividades a partir de la búsqueda de información en sitios electrónicos. Siempre este trabajo con la tecnología será complementario y enriquecedor de los aprendizajes de los estudiantes.

## ¿Por qué es útil este libro de Física 2 en el bachillerato?

- Porque promueve continuamente la reflexión acerca de los problemas comunes en el entorno actual. A lo largo de sus cuatro bloques y mediante un lenguaje sencillo, se proporciona una base sólida de los conceptos, principios, leyes y teorías de la física, ejemplificados a través de variadas situaciones relacionadas con la vida diaria de los alumnos y sus comunidades.
- Porque propone una metodología de trabajo que permite a los estudiantes encuentren la utilidad en el aprendizaje de los conceptos de física y familiaridad con los modos del pensamiento científico. Tanto las Actividades de aprendizaje, En acción, Web y Conexiones, como los proyectos que se plantean pretenden favorecer la investigación como estrategia de aprendizaje significativo, con el propósito de promover la independencia de los alumnos en el proceso de construcción de conocimientos, habilidades y valores.
- Porque cuando, en estas páginas, los jóvenes fortalecen sus competencias mediante procesos reflexivos y participativos, capaces de interpretar críticamente el entorno social y cultural en el que viven, promueven el trabajo interdisciplinario con el resto de las asignaturas.

# CONTENIDO

Descubre tu libro	x
Competencias genéricas	xii
Competencias disciplinares básicas	xiii
Proyecto	xiv
Portafolio de evidencias	1

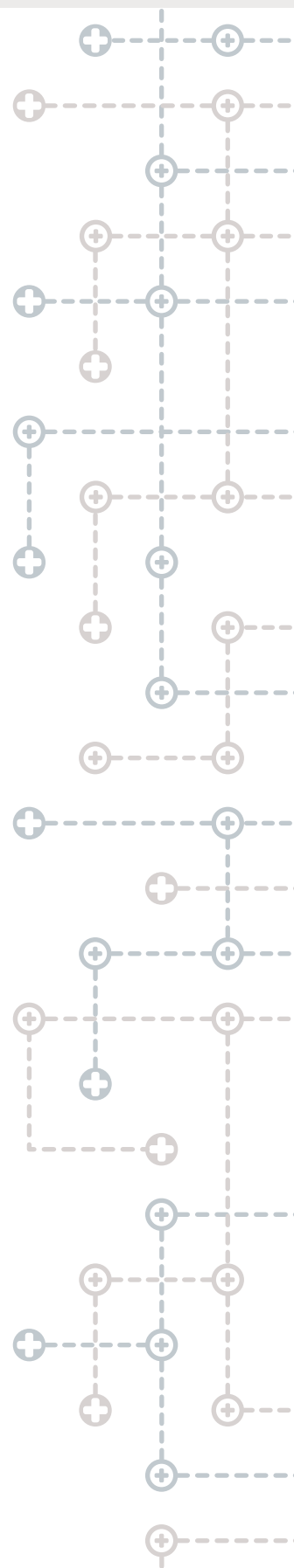
## BLOQUE 1

<b>EXPLICAS EL COMPORTAMIENTO DE LOS FLUIDOS</b>	<b>2</b>
Hidráulica	5
Propiedades de los fluidos	6
Fuerzas de cohesión y adhesión	8
Capilaridad	9
Tensión superficial	11
Hidroestática	14
Densidad	14
Concepto de presión	20
Presión hidrostática	22
Presión atmosférica	26
Presión manométrica y presión absoluta	30
Principio de Pascal	32
Principio de Arquímedes	35
Hidrodinámica	41
Flujos laminar y turbulento	41
Flujo volumétrico	42
Flujo másico	45
Ecuación de continuidad	47
Ecuación de Bernoulli	50

## BLOQUE 2

### IDENTIFICAS DIFERENCIAS ENTRE CALOR Y TEMPERATURA

Temperatura	64
Termómetros y escalas termométricas	67
Ley cero de la termodinámica: equilibrio térmico	67
Calor	74
El equivalente mecánico del calor	75
Formas de transmisión del calor	76
La caloría y el valor nutricional de los alimentos	78
Consumo de alimentos y saldo energético del cuerpo humano	84
La dilatación térmica	86
Dilatación térmica lineal	90
Dilatación térmica superficial	92
Dilatación térmica volumétrica	94
Comportamiento anómalo del agua	95
Transferencia de calor y equilibrio térmico	96
Calor específico	100
Consecuencias del alto valor del calor específico del agua	103
Calor y cambio de fase	111
Calor latente de fusión	111
Calor latente de vaporización	112
Sistemas y procesos termodinámicos	114
Procesos termodinámicos	117
Primera y segunda leyes de la termodinámica	118
Primera ley de la termodinámica	122
Segunda ley de la termodinámica	122
El funcionamiento de un refrigerador	125



<b>COMPRENDES LAS LEYES DE LA ELECTRICIDAD</b>	<b>132</b>
Electricidad	135
Electrostática	136
Ley de conservación de la carga eléctrica	143
Carga eléctrica y la Ley de Coulomb	144
Ley de Coulomb	145
Unidad de carga eléctrica	146
Campo eléctrico	151
Líneas del campo eléctrico	153
Energía potencial eléctrica y potencial eléctrico	156
Diferencia de potencial eléctrico	157
Diferencia de potencial en un campo eléctrico uniforme	160
Fenómenos electrostáticos: los peligrosos rayos	163
Electrodinámica	164
Corriente eléctrica, voltaje y resistencia eléctrica	164
Intensidad de la corriente eléctrica	165
Ley de Ohm y resistencia eléctrica	166
Conductividad eléctrica de los materiales	168
Cambio de la resistencia con la temperatura	169
Visión microscópica de la resistencia eléctrica	171
Energía eléctrica	172
Efecto térmico de la corriente eléctrica	173
Potencia de la corriente eléctrica	175
Circuitos eléctricos	181
Resistores conectados en serie	182
Resistores conectados en paralelo	185
Conexión mixta de resistores	187

<b>RELACIONAS LA ELECTRICIDAD CON EL MAGNETISMO</b>	194
Magnetismo	197
Imanes	198
El campo magnético	200
Teoría moderna del magnetismo	201
Magnetismo terrestre	202
Electromagnetismo	203
La relación entre la electricidad y el magnetismo	203
Características del campo magnético producido por una corriente eléctrica	205
Uso de los electroimanes	207
Inducción magnética y fuerza eléctrica	207
El campo magnético de una espira	209
Inducción electromagnética	211
Barra conductora móvil como prototipo de pila electromagnética	214
Aplicaciones tecnológicas de la inducción electromagnética	215
Electromagnetismo y sociedad	219
<hr/>	
<b>Proyectos</b>	224
<b>Recursos didácticos</b>	232
<b>Bibliografía</b>	236
<b>Fuentes electrónicas</b>	237
<b>Modelos de instrumentos de evaluación</b>	239
<b>Heteroevaluaciones</b>	243
<b>Respuestas a ejercicios impares</b>	251

# DESCUBRE TU LIBRO

## ENTRADA DE BLOQUE

¿Para qué vas a estudiar Física 2? Revisa esta sección y descubre los objetos de aprendizaje que incluye cada bloque, y qué tanto sabes sobre ellos.

**BLOQUE 1**  
**EXPLICAS EL COMPORTAMIENTO DE LOS FLUIDOS**

**OBJETOS DE APRENDIZAJE**

- Hidráulica
- Hidroenergía
- Aerodinámica

**CONTENIDOS DEL BLOQUE**

- **Hidráulica:** El movimiento de los fluidos que se encuentran en un estado de reposo y en movimiento. El estudio de la estática y la dinámica de los fluidos. El estudio de la estática y la dinámica de los fluidos. El estudio de la estática y la dinámica de los fluidos.
- **Hidroenergía:** El estudio de la energía que se genera en los fluidos en movimiento. El estudio de la energía que se genera en los fluidos en movimiento. El estudio de la energía que se genera en los fluidos en movimiento.
- **Aerodinámica:** El estudio de la resistencia que se genera en los fluidos en movimiento. El estudio de la resistencia que se genera en los fluidos en movimiento. El estudio de la resistencia que se genera en los fluidos en movimiento.

**EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA**

En esta sección de tu libro encontrarás una serie de preguntas que te ayudarán a evaluar tus conocimientos previos sobre los temas que vas a estudiar en este curso.

1. ¿Qué es un fluido?
  - a) El estado de agregación de la materia.
  - b) El estado de agregación de la materia que se encuentra en un estado de reposo.
  - c) El estado de agregación de la materia que se encuentra en un estado de movimiento.
  - d) El estado de agregación de la materia que se encuentra en un estado de reposo y en movimiento.
2. ¿Qué es la estática de los fluidos?
  - a) El estudio de la resistencia que se genera en los fluidos en movimiento.
  - b) El estudio de la energía que se genera en los fluidos en movimiento.
  - c) El estudio de la hidrodinámica.
  - d) El estudio de la hidrostática.
3. ¿Qué es la dinámica de los fluidos?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
4. ¿Qué es la aerodinámica?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
5. ¿Qué es la hidrodinámica?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
6. ¿Qué es la hidrostática?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
7. ¿Qué es la estática de los fluidos?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
8. ¿Qué es la dinámica de los fluidos?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
9. ¿Qué es la aerodinámica?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
10. ¿Qué es la hidrodinámica?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
11. ¿Qué es la hidrostática?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
12. ¿Qué es la estática de los fluidos?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
13. ¿Qué es la dinámica de los fluidos?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
14. ¿Qué es la aerodinámica?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
15. ¿Qué es la hidrodinámica?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
16. ¿Qué es la hidrostática?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
17. ¿Qué es la estática de los fluidos?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
18. ¿Qué es la dinámica de los fluidos?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
19. ¿Qué es la aerodinámica?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.
20. ¿Qué es la hidrodinámica?
  - a) El estudio de la hidrodinámica.
  - b) El estudio de la hidrostática.
  - c) El estudio de la estática de los fluidos.
  - d) El estudio de la hidrodinámica y la hidrostática.

## ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

En las actividades de esta sección pondrás en práctica tus conocimientos, habilidades y actitudes para desarrollar competencias comunicativas. Estas actividades serán parte de tu evaluación de cada bloque.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

En el espacio que se presenta a continuación, elabora un esquema o un mapa de las diferentes ramas de la hidráulica en el que detalles los alcances del estudio. Investiga e incluye ejemplos de los casos que son estudiados por cada rama.

1. **Estática de los fluidos.** Rama que explora las condiciones que se deben cumplir para impedir el movimiento de los fluidos. Esta se subdivide en:
  - a) **hidrostática:** si se trata de líquidos en reposo; y
  - b) **aerostática,** la cual estudia los gases sin movimiento (Figura 1.1a).
2. **Dinámica de fluidos.** Es el estudio de los diferentes tipos de movimiento de los fluidos y sus causas. Se divide en:
  - a) **hidrodinámica:** enfocada al movimiento de los líquidos, siendo el agua el más importante; y
  - b) **aerodinámica:** la cual estudia el movimiento de los gases, siendo el viento más conocido en la vida cotidiana es el viento (Figura 1.1b).

**DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE**

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Establece la interrelación de la hidráulica y sus ramas con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos específicos.

## EN ACCIÓN

En esta sección se proponen actividades que te permitirán reflexionar, desarrollar el pensamiento crítico, escuchar a los demás, elegir alternativas y construir soluciones en forma individual y en equipo.

Los fluidos tienen propiedades que hacen preguntarse: ¿por qué las gotas de agua se esfuman?, ¿es verdad que existen líquidos que no mojan?, ¿es cierto que los sólidos y los gases, al igual que los líquidos, pueden ser comprimidos? ¿por qué los aeroplanos pueden "cambiar en el aire" sin volar?

Los cuerpos —en general, los materiales que los forman— pueden encontrarse en tres estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso. Por ejemplo, el agua, en un intervalo de temperatura limitado para la vida, es un líquido, pero fácilmente puede convertirse en hielo (estado sólido) o en vapor (estado gaseoso) (Figura 1.2).

Respecto a la forma y al volumen, las sustancias tienen las siguientes características en diferentes estados de agregación:

- Los **sólidos** se oponen a los cambios de forma y volumen.
- Los **líquidos** permiten los cambios de forma, pero se resisten a los de volumen.
- Los **gases** admiten los cambios de forma y volumen, excepto cuando se trata de comprimirlos (Figura 1.2).

Al igual que los sólidos tienen su propia forma, también los líquidos y los gases se ajustan a la del recipiente que los contiene. Al contrario, los líquidos ocupan sólo una parte del contenedor, cuyo volumen es igual al propio volumen del líquido. En cambio, los gases, al no tener un volumen propio, ocupan todo el recipiente, por lo que el volumen que los contiene es un recipiente siempre es igual al volumen de ese último.

**EN ACCIÓN**

¿Cuáles son las sustancias sólidas, líquidas y gaseosas que más utilizas en tu vida diaria? Para cada estado de agregación elige al menos tres ejemplos.

**Sólido**

**Líquido**

**Gaseoso**

## DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE Y COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Cuando aparezcan estas leyendas, podrás observar qué desempeños trabajarás en las actividades y qué competencias desarrollarás.

## GLOSARIO

Para facilitar tu comprensión lectora y favorecer el aprovechamiento de los contenidos del libro, en esta sección encontrarás el significado de algunos términos.

**Propiedades de los fluidos**

Los fluidos tienen propiedades que hacen preguntarse: ¿por qué las gotas de agua se esfuman?, ¿es verdad que existen líquidos que no mojan?, ¿es cierto que los sólidos y los gases, al igual que los líquidos, pueden ser comprimidos? ¿por qué los aeroplanos pueden "cambiar en el aire" sin volar?

Los cuerpos —en general, los materiales que los forman— pueden encontrarse en tres estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso. Por ejemplo, el agua, en un intervalo de temperatura limitado para la vida, es un líquido, pero fácilmente puede convertirse en hielo (estado sólido) o en vapor (estado gaseoso) (Figura 1.2).

Respecto a la forma y al volumen, las sustancias tienen las siguientes características en diferentes estados de agregación:

- Los **sólidos** se oponen a los cambios de forma y volumen.
- Los **líquidos** permiten los cambios de forma, pero se resisten a los de volumen.
- Los **gases** admiten los cambios de forma y volumen, excepto cuando se trata de comprimirlos (Figura 1.2).

Al igual que los sólidos tienen su propia forma, también los líquidos y los gases se ajustan a la del recipiente que los contiene. Al contrario, los líquidos ocupan sólo una parte del contenedor, cuyo volumen es igual al propio volumen del líquido. En cambio, los gases, al no tener un volumen propio, ocupan todo el recipiente, por lo que el volumen que los contiene es un recipiente siempre es igual al volumen de ese último.

**Estática de los fluidos**

Rama que explora las condiciones que se deben cumplir para impedir el movimiento de los fluidos. Esta se subdivide en:

- a) **hidrostática:** si se trata de líquidos en reposo; y
- b) **aerostática,** la cual estudia los gases sin movimiento (Figura 1.1a).

**Dinámica de fluidos**

Es el estudio de los diferentes tipos de movimiento de los fluidos y sus causas. Se divide en:

- a) **hidrodinámica:** enfocada al movimiento de los líquidos, siendo el agua el más importante; y
- b) **aerodinámica:** la cual estudia el movimiento de los gases, siendo el viento más conocido en la vida cotidiana es el viento (Figura 1.1b).

## WEB

Aquí encontrarás actividades que te permitirán aprovechar recursos digitales relacionados con los contenidos del bloque, que hemos seleccionado especialmente para ti.

## CONEXIONES

Porque no sólo estás estudiando **Física 2**, en esta sección encontrarás cómo se relacionan los conocimientos que estás revisando con otras asignaturas y disciplinas.

**CONEXIONES**

Los ramos de adhérencia... El fenómeno de adhérencia ayuda a explicar...  
**Capilaridad**  
Cuando se introduce en el agua...  
**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

	segundo	minuto	hora
segundo			
minuto			
hora			
día			
año			

En parejas o en equipos de tres integrantes...  
a) Los fabricantes de pantallas especifican el tamaño de la pantalla en pulgadas. ¿Cuál es la longitud en centímetros de una pantalla de 15 pulgadas?

## TRABAJO CON LA TECNOLOGÍA

En algunas actividades encontrarás sugerencias TIC para que utilices las herramientas de distintos softwares y herramientas en línea que facilitarán tu trabajo y lo enriquecerán.

## EVALUACIÓN DEL BLOQUE

En esta sección encontrarás un conjunto de estrategias para evaluar tu aprendizaje de los temas del bloque: autoevaluar tu desempeño, el del trabajo en equipo y las actividades de aprendizaje que has realizado.

**EVALUACIÓN DEL BLOQUE**

**Autoevaluación**  
¿Cómo te sientes con respecto a...?  
**Coevaluación**  
¿Qué aprendiste de tu equipo...?  
**Heteroevaluación**  
¿Cómo te sientes con respecto a...?

## SERIE DE EJERCICIOS

Al final de cada bloque encontrarás una serie de ejercicios que te permitirán poner a prueba lo aprendido en cada objeto de aprendizaje.

## RECURSOS DIDÁCTICOS

Al final del libro encontrarás un conjunto de estrategias para elaborar tareas o productos que se solicitaron en las Actividades de aprendizaje y En acción.

**RECURSOS DIDÁCTICOS**

**Cómo hacer una línea de tiempo**  
1. Elige un tema...  
2. Investiga...  
3. Organiza...  
4. Presenta...  
**Cómo hacer un reporte**  
1. Elige un tema...  
2. Investiga...  
3. Organiza...  
4. Presenta...

## MODELOS DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Hacia el final del libro encontrarás algunos ejemplos de los instrumentos que tu profesor empleará para la evaluación de tus actividades. Pueden servirte también para la coevaluación de tus trabajos en equipo.

**MODELOS DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN**

**LISTA DE CROQUIS**  
1. ¿El croquis muestra...?  
2. ¿El croquis es claro...?  
**LISTA DE OBSERVACIONES**  
1. ¿El estudiante...?  
2. ¿El estudiante...?  
**HETEROEVALUACIÓN**  
1. ¿El estudiante...?  
2. ¿El estudiante...?

## HETEROEVALUACIÓN

Al final del libro encontrarás una serie de preguntas acerca de los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que habrás consolidado después de estudiar el bloque correspondiente.

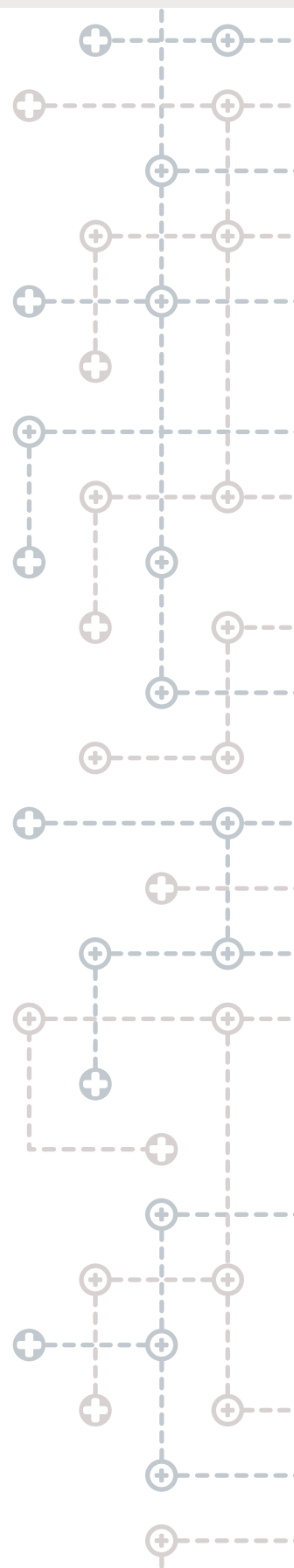


# COMPETENCIAS GENÉRICAS

- 1 Se conoce a sí mismo y aborda problemas y retos teniendo en cuenta los objetivos que persigue.
- 2 Es sensible al arte y participa en la apreciación e interpretación de sus expresiones en distintos géneros.
- 3 Elige y practica estilos de vida saludables.
- 4 Escucha, interpreta y emite mensajes pertinentes en distintos contextos mediante la utilización de medios, códigos y herramientas apropiados.
- 5 Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos.
- 6 Sustenta una postura personal sobre temas de interés y relevancia general, considerando otros puntos de vista de manera crítica y reflexiva.
- 7 Aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de la vida.
- 8 Participa y colabora de manera efectiva en equipos diversos.
- 9 Participa con una conciencia cívica y ética en la vida de su comunidad, región, México y el mundo.
- 10 Mantiene una actitud respetuosa hacia la interculturalidad y la diversidad de creencias, valores, ideas y prácticas sociales.
- 11 Contribuye al desarrollo sustentable de manera crítica con acciones responsables.

# COMPETENCIAS DISCIPLINARES BÁSICAS

- 1 Establece la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.
- 2 Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.
- 3 Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas.
- 4 Obtiene, registra y sistematiza la información para responder preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.
- 5 Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.
- 6 Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas.
- 7 Explicita las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos.
- 8 Explica el funcionamiento de máquinas de uso común a partir de nociones científicas.
- 9 Diseña modelos o prototipos para resolver problemas, satisfacer necesidades o demostrar principios científicos.
- 10 Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos.
- 11 Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y valora las acciones humanas de riesgo e impacto ambiental.
- 12 Decide sobre el cuidado de su salud a partir del conocimiento de su cuerpo, sus procesos vitales y el entorno al que pertenece.
- 13 Relaciona los niveles de organización química, biológica, física y ecológica de los sistemas vivos.
- 14 Aplica normas de seguridad en el manejo de sustancias, instrumentos y equipo en la realización de actividades de su vida cotidiana.



# PROYECTOS

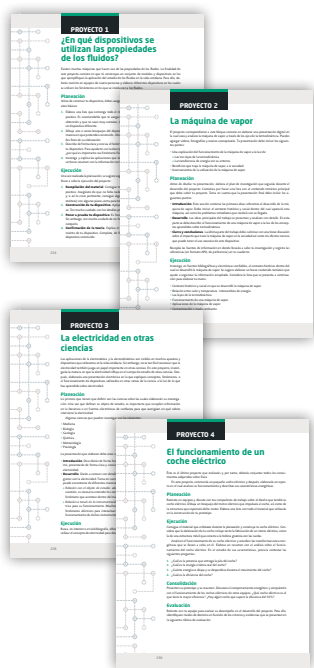
Al terminar los bloques, hemos incluido una sección para trabajar proyectos.

La propuesta de trabajo por proyectos se enfoca en aprender “haciendo”, esto es, motivar y aplicar el aprendizaje relacionado principalmente con la asignatura de **Física 2**, pero también con otras disciplinas más.

Cada proyecto supone un reto para ti. Hemos procurado que el punto de partida sean temáticas significativas, y plantearlas mediante una actividad creativa, que involucra muchas maneras de aprender y te permite poner en práctica tus competencias.

Para la asignatura de **Física 2**, estos son los proyectos propuestos:

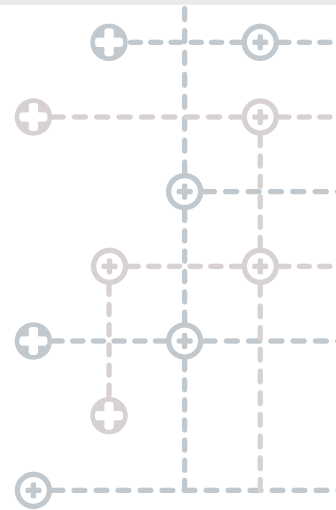
- **Proyecto 1** (página 224). Existen muchas máquinas que hacen uso de las propiedades de los fluidos. La finalidad de este proyecto consiste en que tu construyas un conjunto de modelos y dispositivos en los cuales ejemplifiques la aplicación del estudio de los fluidos en la vida cotidiana. Para ello, deberás reunirte en equipos de cuatro personas y elaborar diferentes dispositivos en los cuales se utilicen los fenómenos en los que se involucran a los fluidos.
- **Proyecto 2** (página 226). El proyecto consiste en elaborar una presentación digital en la cual veas y analices la máquina de vapor a través de los ojos de la termodinámica. Puedes agregar videos, fotografías y marcos conceptuales. Tu presentación debe incluir los siguientes puntos:
  - Una explicación del funcionamiento de la máquina de vapor a la luz de:
  - Las tres leyes de la termodinámica.
  - Transferencia de energía con su entorno.
  - Beneficios que trajo la máquina de vapor a la sociedad.
  - Inconvenientes de la utilización de la máquina de vapor.
- **Proyecto 3** (página 228). Las aplicaciones de la electrostática y la electrodinámica son visibles en muchos aparatos y dispositivos que utilizamos en la vida cotidiana. Sin embargo, no es tan fácil reconocer que la electricidad también juega un papel importante en otras ciencias. En este proyecto investigarás la manera en que la electricidad influye en el campo de estudio de otras ciencias. Después, elaborarás una presentación electrónica en la cual expliques conceptos, fenómenos, o el funcionamiento de dispositivos utilizados en otras ramas de la ciencia a la luz de lo que has aprendido sobre electricidad.
- **Proyecto 4** (página 230). En este proyecto, construirás un pequeño coche eléctrico para y después elaborarás un reporte en el cual analices sus características energéticas y contestes las siguientes preguntas:
  1. ¿Cuál es la potencia que entrega la pila del coche?
  2. ¿Cuál es la energía cinética real del coche?
  3. ¿Cuánta energía se disipa y se desperdicia durante el movimiento del coche?
  4. ¿Cuál es la eficiencia del coche?



# PORTAFOLIO DE EVIDENCIAS

A lo largo de este semestre, generarás evidencias como resultado de las actividades que realizarás de manera individual o colaborativa. Intégralas en el **Portafolio de evidencias** de esta materia: te servirá para dar cuenta de tu aprendizaje y será una parte importante de tu evaluación. Consulta en la sección **Evaluación del bloque** qué evidencias te sugerimos incluir en el portafolio. Pregunta a tu profesor si tú puedes proponer algunas otras; el propósito del portafolio es que valores tu propio trabajo y crecimiento a lo largo del curso.

El **Portafolio de evidencias** puede ser revisado por bloque, por bimestre o al finalizar el curso. Para ello, completarás un formato con ayuda de tu profesor. Acuerda con él en qué momento lo harán. Puedes tomar como modelo el siguiente:



PROPÓSITO DEL PORTAFOLIO DE EVIDENCIAS			PERIODO
Demostrar los niveles de logro alcanzados en el desarrollo de las competencias y desempeños relacionados con esta asignatura.			<b>4 bloques</b>
<b>Asignatura:</b>	<b>Física 2</b>	<b>Nombre del estudiante:</b>	
CRITERIOS DE REFLEXIÓN SOBRE LAS EVIDENCIAS			COMENTARIOS DEL ESTUDIANTE
¿Cuáles fueron los motivos para seleccionar las evidencias presentadas?			
¿Qué desempeños demuestran las evidencias integradas a este portafolio?			
¿Qué mejoras existen entre las primeras evidencias y las últimas?			
MONITOREO DE EVIDENCIAS			COMENTARIOS DEL DOCENTE
#	TÍTULO	FECHA DE ELABORACIÓN	
1			
2			
3			
4			

## BLOQUE

# 1

TIEMPO ASIGNADO AL BLOQUE

20 horas

## EXPLICAS EL COMPORTAMIENTO DE LOS FLUIDOS

### OBJETOS DE APRENDIZAJE

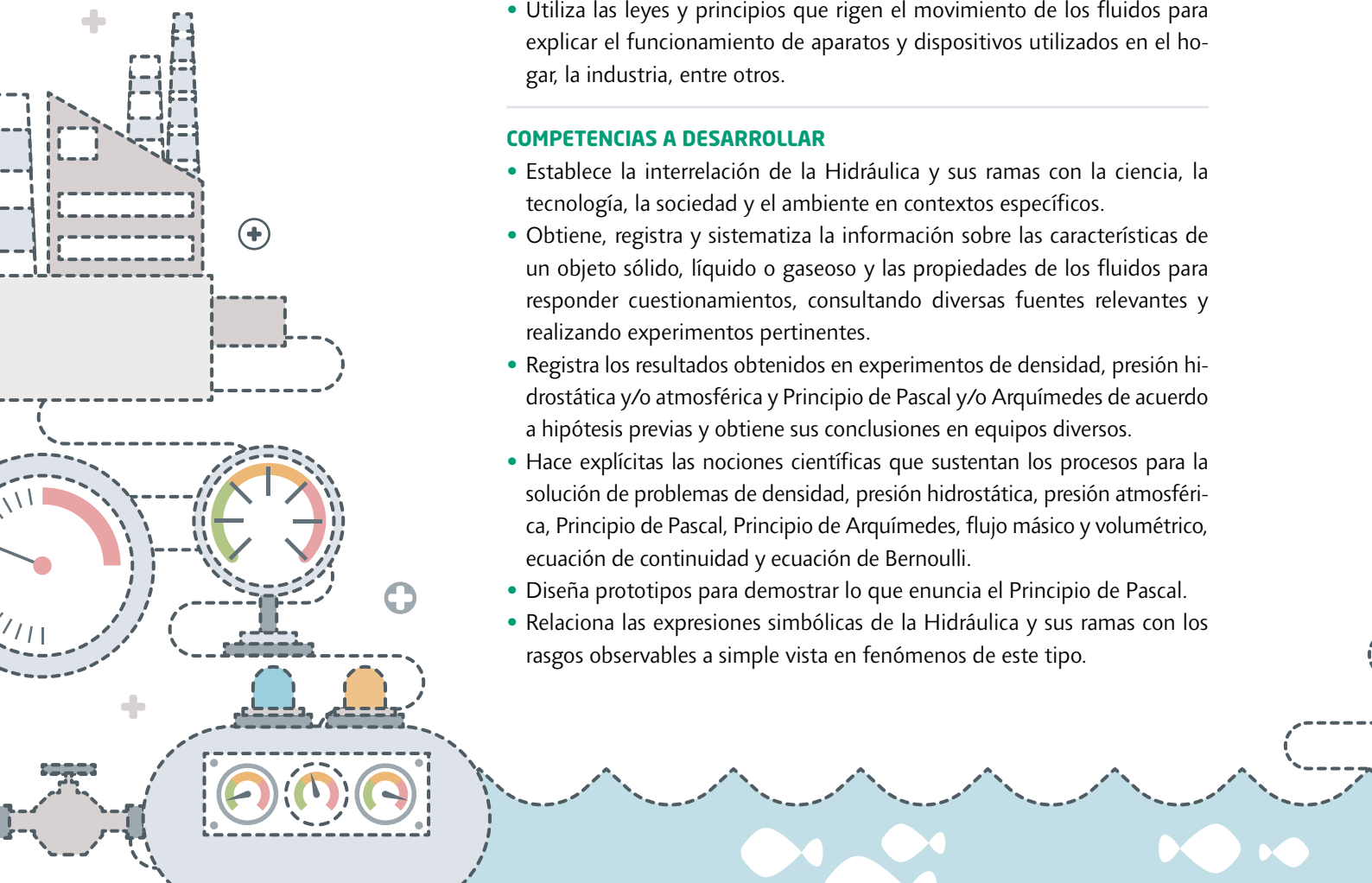
- Hidráulica.
- Hidrostática.
- Hidrodinámica.

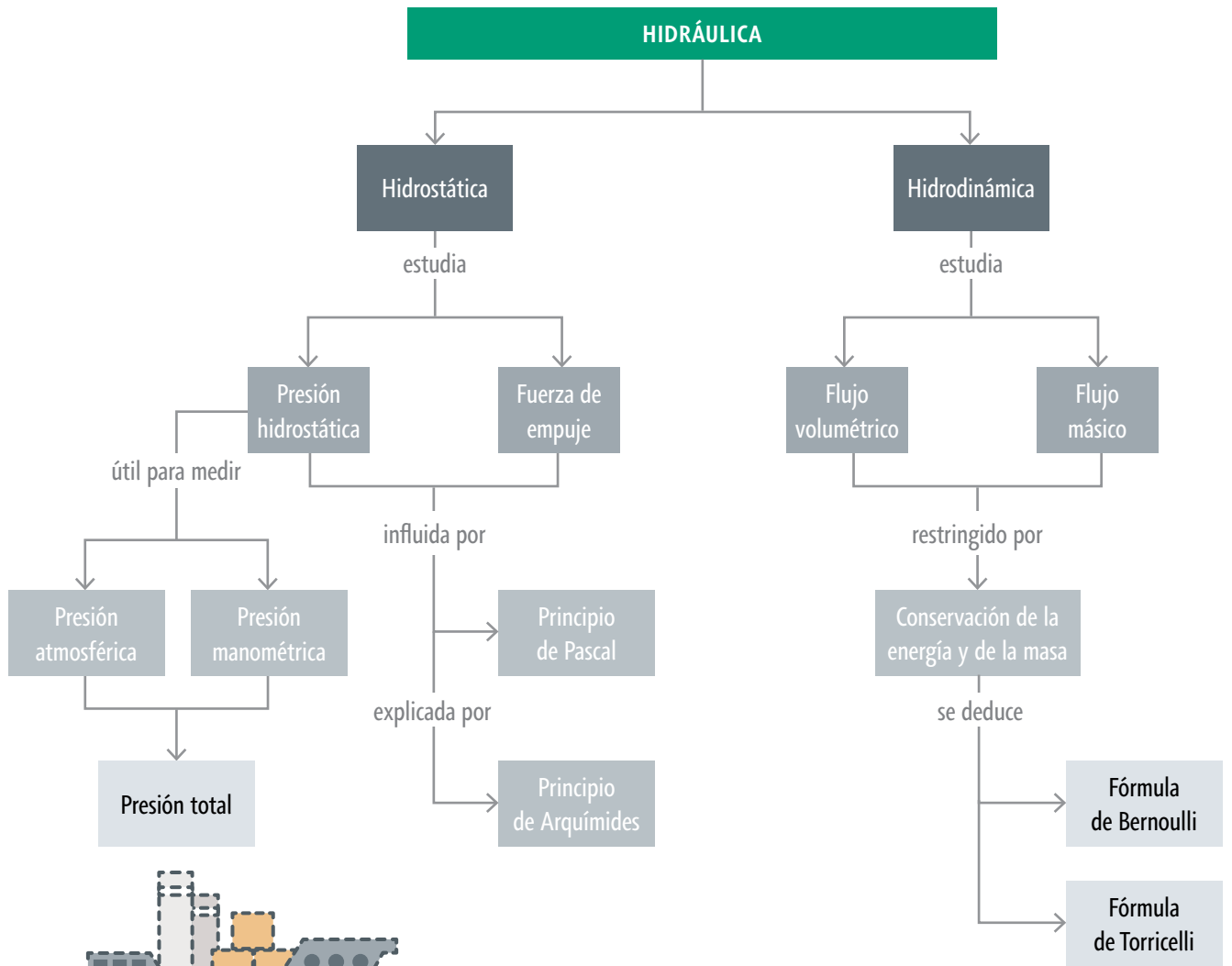
### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

- Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.
- Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión hidrostática y presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.
- Comprende los principios de Arquímedes y Pascal y su importancia en el diseño de ingeniería y de obras hidráulicas en general.
- Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar, la industria, entre otros.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

- Establece la interrelación de la Hidráulica y sus ramas con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos específicos.
- Obtiene, registra y sistematiza la información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.
- Registra los resultados obtenidos en experimentos de densidad, presión hidrostática y/o atmosférica y Principio de Pascal y/o Arquímedes de acuerdo a hipótesis previas y obtiene sus conclusiones en equipos diversos.
- Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.
- Diseña prototipos para demostrar lo que enuncia el Principio de Pascal.
- Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.





# EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

En ocasiones no nos damos cuenta de lo que sabemos hasta que nos preguntan; para conocer qué tanto sabes, proponemos que leas y respondas las siguientes preguntas acerca de algunos conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se trabajarán en este bloque.

- 1 La hidráulica estudia:
  - a) el cambio de volumen de los cuerpos.
  - b) el comportamiento de líquidos como el agua.
  - c) el comportamiento de cualquier tipo de fluido.
  - d) las relaciones entre presión y temperatura en un fluido.
- 2 Algunas de las propiedades básicas de un fluido son:
  - a) dureza y tenacidad.
  - b) corrosión y oxidación.
  - c) viscosidad y densidad.
  - d) dilatación y contracción.
- 3 La presión que un cuerpo ejerce sobre una superficie se obtiene al dividir:
  - a) el área del contacto entre su peso.
  - b) su peso entre el área del contacto.
  - c) el área del contacto entre su masa.
  - d) su masa entre el área del contacto.
- 4 El instrumento que se utiliza para medir la presión se llama:
  - a) manómetro.
  - b) presómetro.
  - c) termómetro.
  - d) extensómetro.

5 ¿Por qué al echar en un recipiente con agua un huevo fresco éste se hunde y uno podrido flota? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6 ¿Qué procedimiento experimental se emplea para determinar la densidad de un líquido? Explica tu respuesta. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7 En comparación con la presión atmosférica que hay a nivel del mar, ¿la que existe en la cima de una montaña es mayor o menor? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8 Explica cómo construirías un instrumento para medir la presión atmosférica. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



# Hidráulica

Cuando se habla de diferentes máquinas es común escuchar el término *hidráulica*; sin embargo, ¿qué significa esta palabra?, ¿qué ramas de estudio comprende esta disciplina?, ¿qué aplicaciones tiene en la vida cotidiana?

La **hidráulica** es la rama de la ingeniería que aplica los conocimientos de la mecánica de los **fluidos** para diseñar y construir dispositivos que funcionen con este tipo de sustancias, ya sea en reposo y en movimiento.

Los problemas que abarca la hidráulica van desde el flujo controlado de fluidos por tuberías y canales abiertos, hasta la construcción de presas para la producción de electricidad.

La **mecánica de los fluidos** es la base científica de la hidráulica encargada de estudiar los diferentes tipos de movimiento de éstos, así como las causas que los ocasionan o los frenan. Al igual que la mecánica de los cuerpos sólidos, la mecánica de los fluidos se divide en dos partes.

1. **Estática de los fluidos.** Rama que explora las condiciones que se deben cumplir para impedir el movimiento de los fluidos. Ésta se subdivide en:
  - a) **hidrostática**, si se trata de líquidos en reposo; y
  - b) **aerostática**, la cual estudia los gases sin movimiento (Figura 1.1a).
2. **Dinámica de fluidos.** Ésta estudia los diferentes tipos de movimiento de los fluidos y sus causas. Se divide en:
  - a) **hidrodinámica**, enfocada al movimiento de los líquidos, siendo el agua el más importante; y
  - b) **aerodinámica**, la cual estudia el movimiento de los gases, cuyo ejemplo más conocido en la vida cotidiana es el viento (Figura 1.1b).

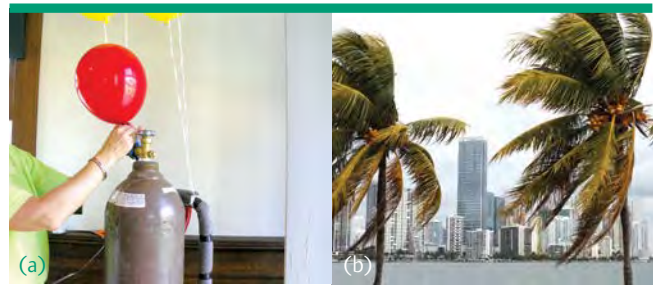


Figura 1.1 (a) La elevación de los globos llenos de helio es un fenómeno aerostático. (b) El movimiento del aire (viento) es un fenómeno estudiado por la aerodinámica.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En el espacio que se presenta a continuación, elabora un esquema o un mapa mental sobre las diferentes ramas de la hidráulica en el que sintetices los alcances del estudio de cada una. Investiga e incluye ejemplos de los casos que son estudiados por cada rama.

## RAÍZ DE LA PALABRA

**Hidráulica.** El término proviene de la palabra griega *hydraulikos* (de *hydros*, agua, y *aulos*, tubo).

## GLOSARIO

**Fluido.** Sustancia conformada por átomos o moléculas que se atraen débilmente y que, en consecuencia, puede deformarse para adaptarse a cualquier recipiente que lo contiene. Hay dos tipos de fluidos: los líquidos y los gases.

## DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

## COMPETENCIA A DESARROLLAR

Establece la interrelación de la hidráulica y sus ramas con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos específicos.

# Propiedades de los fluidos

Los fluidos tienen propiedades que hacen preguntarnos: ¿por qué las gotas de agua son esféricas?, ¿es verdad que existen líquidos que no mojan?, ¿es cierto que en los árboles y las plantas, el agua sube grandes alturas sin importar la gravedad?, ¿por qué los mosquitos pueden “caminar en el agua” sin mojarse?



Figura 1.2 El agua es la única sustancia de nuestro entorno físico cuyos tres estados de agregación coexisten al mismo tiempo.

## GLOSARIO

**Volumen.** Es el espacio que ocupa un cuerpo.



## DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

## COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.

Los cuerpos –o en general, las sustancias que los forman– pueden encontrarse en tres estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso.

Por ejemplo, el agua, en un intervalo de temperaturas favorables para la vida, es un líquido, pero fácilmente puede convertirse en hielo (estado sólido) o en vapor (estado gaseoso) (Figura 1.2).

Respecto a la forma y al **volumen**, las sustancias tienen las siguientes características en diferentes estados de agregación:

- Los **sólidos** se oponen a los cambios de forma y volumen.
- Los **líquidos** permiten los cambios de forma, pero se resisten a los de volumen.
- Los **gases** admiten los cambios de forma y volumen, excepto cuando se trata de comprimirlos demasiado.

Así pues, los sólidos tienen su propia forma, mientras que los líquidos y los gases se ajustan a la del recipiente que los contiene. Al ajustarse, los líquidos ocupan sólo una parte del contenedor, cuyo volumen es igual al propio volumen del líquido. En cambio, los gases, al no tener un volumen propio, ocupan todo el recipiente, por lo que el volumen de un gas contenido en un recipiente siempre es igual al volumen de este último.

## EN ACCIÓN

¿Cuáles son las sustancias sólidas, líquidas y gaseosas que más utilizas en tu vida diaria? Para cada estado de agregación escribe al menos tres ejemplos.

**Sólido** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Líquido** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Gaseoso** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**EN ACCIÓN**

**El modelo de partículas y los estados de agregación**

Al utilizar el modelo de partículas para esquematizar los estados de agregación, éstos pueden representarse como se muestra en la **Figura 1.3**.

A partir de este esquema, en equipos de tres integrantes contesten, por escrito, las siguientes preguntas:

- 1 ¿Cómo difieren los estados de agregación respecto a las distancias entre las partículas?  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿En qué estado la fuerza entre las moléculas es mayor? \_\_\_\_\_
- 3 ¿En qué estado la rapidez de las partículas es mayor? \_\_\_\_\_

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

En equipos de tres integrantes, consulten fuentes impresas y electrónicas confiables para conocer las características, semejanzas y diferencias entre los tres estados de agregación.

- 1 Con la información recabada completa de manera individual los cuadros que se muestran a continuación:

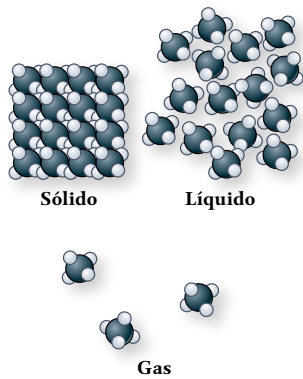
CARACTERÍSTICAS DE LOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES		
Sólidos	Líquidos	Gases

**DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE**

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.



**Figura 1.3** Estados de agregación según el modelo de partículas.

**DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE**

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.

## SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

Semejanzas	Diferencias

## SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE GASES Y LÍQUIDOS

Semejanzas	Diferencias

## GLOSARIO

**Fuerza.** Interacción que existe entre dos cuerpos cada vez que se empujan o se jalan entre ellos.

## RAÍZ DE LA PALABRA

**Cohesión.** El término proviene del latín *cohaesum*, que deriva de *cohaerēre* (estar unidos).

**Adhesión.** El término proviene del latín *adhaesio* que deriva de *adhaerēre* (unirse o pegarse dos cosas que se tocan).

## Fuerzas de cohesión y adhesión

Los líquidos mantienen su volumen debido a las **fuerzas** atractivas y repulsivas que surgen entre sus moléculas. Las fuerzas atractivas entre las moléculas de la misma sustancia se llaman **fuerzas de cohesión**.

Estas fuerzas se manifiestan cuando la distancia que existe entre las moléculas es mayor que la distancia normal (o distancia de fuerza cero). Al hacerlo, las moléculas ni se atraen ni se repelen, de esa manera, las fuerzas de cohesión se oponen a que el volumen del líquido aumente.

Las fuerzas atractivas entre las moléculas (u otras partículas) de los líquidos y las de los sólidos se conocen como **fuerzas de adhesión**.

La relación entre las fuerzas de cohesión y de adhesión determina el comportamiento de los líquidos.

## EN ACCIÓN

En un vaso de vidrio vierte aceite de cocina hasta llegar a la mitad. Posteriormente, agrega agua hasta llenar el vaso. Antes de hacerlo, contesta las preguntas que se presentan a continuación:

- 1 ¿A qué altura quedará el aceite en el vaso? Abajo, arriba o en medio. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿A qué se debe la posición que adquieren en el vaso el agua y el aceite? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 De acuerdo con las fuerzas de cohesión y adhesión, explica por qué el agua y el aceite no se mezclan. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## CONEXIONES

### Las ranas arborícolas

El fenómeno de adhesión ayuda a algunos animales a moverse y trepar, de manera asombrosa, en superficies verticales, ejemplo de ello es la rana arborícola (Figura 1.4).

Este animal logra movimientos impresionantes y rápidos sobre las hojas y ramas verticales. Ello es posible porque en sus extremidades se secreta un fluido que le permite mantenerse unida a la superficie sobre la que se mueve (fuerza de adhesión). Investiga qué otros animales se benefician de las fuerzas de adhesión y cohesión. Elabora un resumen en donde describas el uso que le dan los organismos a este tipo de fuerzas.



Figura 1.4 Las ranas arborícolas se caracterizan por su pequeño tamaño y sus sobresalientes ojos rojos.

## Capilaridad

Cuando se introduce en el agua un tubo ancho de vidrio, el nivel al que sube el agua dentro del tubo es el mismo que el nivel del agua del recipiente. Sin embargo, esta igualdad de niveles deja de cumplirse cuando el tubo es muy fino; en este caso, la elevación del agua dentro del tubo supera el del agua en el recipiente. Cuanto más angosto sea el tubo, mayor será la altura que alcance el agua (Figura 1.5).

Al fenómeno de elevación del nivel del líquido en los tubos muy finos se le conoce como **capilaridad**.

El fenómeno de capilaridad ocurre cuando las fuerzas de adhesión entre un líquido y un sólido (por ejemplo, entre el agua y la pared del tubo de vidrio) superan las fuerzas de cohesión de las moléculas del líquido. El agua cerca de la pared del tubo es atraída por el vidrio y sube por ésta. El resto del agua, debido a las fuerzas de cohesión, se eleva, pero en menor medida que la que está en contacto con la pared. Esto hace que la forma de la superficie del agua dentro de un tubo capilar tenga la forma de un menisco cóncavo (Figura 1.6a).

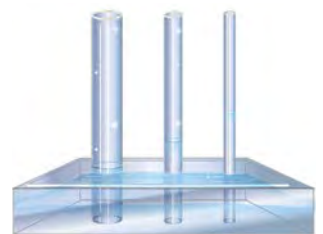


Figura 1.5 Al introducir un tubo muy fino en un recipiente con agua, el nivel del líquido dentro del tubo será más alto que el del agua del recipiente.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.

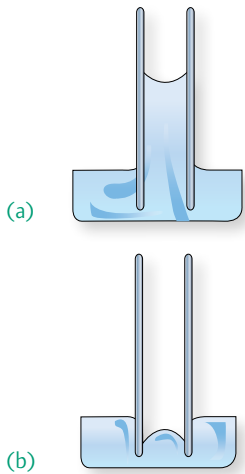


Figura 1.6 La superficie del agua (a) adquiere la forma de menisco cóncavo al subir por un tubo capilar, mientras que la superficie del mercurio (b) presenta la forma de un menisco convexo, pues baja en el capilar.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.

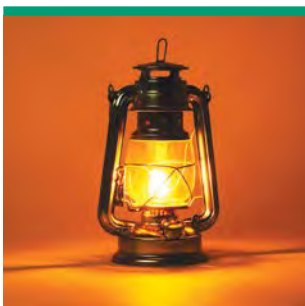


Figura 1.8 Desde hace tiempo hemos utilizado el fenómeno de la capilaridad en nuestro beneficio, tal es el caso del uso de las lámparas de queroseno.

Cuando se trata de un líquido con cohesión alta, éste no sube por la pared del tubo capilar, sino baja. Tal es el caso del mercurio que no se adhiere al vidrio. Por eso, la superficie del mercurio en un tubo capilar forma un menisco convexo (Figura 1.6b).

## EN ACCIÓN

### El fenómeno de capilaridad

- Formen el mismo equipo en el que trabajaron los experimentos sobre las fuerzas de cohesión y adherencia.
- Consigan una servilleta de papel, un terrón de azúcar, un vaso con agua y, si es posible, colorante vegetal para el agua, así como una cámara fotográfica (o un teléfono móvil que pueda tomar fotografías), de este modo será más sencillo que observen lo que sucede.
- Sumerjan levemente una esquina de la servilleta en el agua (Figura 1.7a). Tomen fotos o dibujen lo ocurrido, y anoten en sus cuadernos los detalles.
- Metan un poco en el agua una esquina del terrón de azúcar (Figura 1.7b). Registren una vez más lo sucedido tanto por escrito como en imágenes.



Figura 1.7 (a) Sumerge la punta de una servilleta en el agua. (b) Sumerge la esquina de un terrón de azúcar en agua.

- Una vez realizados ambos pasos, contesta las siguientes preguntas:
  - ¿Qué sucedió cuando sumergiste la servilleta en el agua? \_\_\_\_\_
  - ¿Qué sucedió cuando sumergiste el terrón de azúcar en el agua? \_\_\_\_\_
  - ¿Qué determina el nivel de elevación del agua tanto en la servilleta como en el terrón de azúcar? \_\_\_\_\_

Sin duda, en los experimentos anteriores habrás observado que tanto la servilleta como el terrón de azúcar se mojan. Para que esto ocurra es necesario que el agua suba a través de capilares que existen en el papel y en el azúcar.

La capilaridad es un fenómeno que el ser humano comprendió y aprovechó desde hace mucho tiempo. Por ejemplo, en las lámparas de queroseno (Figura 1.8) —que fueron la principal fuente de luz en las horas nocturnas antes del uso masivo de las lámparas eléctricas—, el combustible del tanque sube hasta la flama por la mecha debido a la capilaridad. Aunque hoy en día esas lámparas se usan poco, este fenómeno sigue siendo útil.

Los materiales que se usan para fabricar toallas, servilletas y pañales absorben bien el agua u otros líquidos. Esto es posible porque sus fibras forman tubos muy finos, que cuanto más estrechos son, brindan mayor absorbencia al material.

Otro beneficio de la capilaridad está en los materiales desarrollados por la NASA para fabricar los pañales que usan los astronautas en las caminatas espaciales, los cuales pueden durar hasta 6 horas. Los capilares que forman sus fibras son tan finos que pueden absorber una cantidad de líquido con un peso 400 veces mayor que el del tejido.

Sin embargo, la capilaridad tiene un lado negativo, ya que al subir la humedad por los muros, produce su eventual deterioro (Figura 1.9).

## Tensión superficial

De acuerdo con nuestra experiencia, podemos ver que hay cuerpos que flotan en el agua, ya que el líquido es capaz de sostener en su superficie cuerpos ligeros hechos de metal que, de acuerdo con el tamaño de su densidad, deberían hundirse, así como hay otros que se hunden debido a que su densidad es mayor que la del agua. Esto se debe a una propiedad sorprendente de los líquidos: **la tensión superficial**.

### EN ACCIÓN

Consigue clips, un tenedor y un vaso con agua. Posteriormente, lanza un clip al agua y comprueba que éste se hunde al ser más denso que el líquido.

Después, pon un segundo clip seco y limpio sobre un tenedor; enseguida, lentamente y con cuidado sumerge el tenedor en el vaso con agua como se muestra en la Figura 1.10a. El clip deberá quedar flotando sobre la superficie del agua (Figura 1.10b).



Figura 1.10 (a) Si sumerges el tenedor en el agua cuidadosamente sobre el que reposa el clip limpio y seco, (b) éste flotará.

A partir del experimento anterior, contesta las siguientes preguntas:

- 1 Si logras sacar el clip de una forma similar a como lo colocaste en la superficie del agua, ¿estaría seco o mojado? ¿Por qué? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- 2 ¿Qué otros objetos más densos que el agua pueden flotar? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Figura 1.9 La capilaridad puede jugar a veces en nuestra contra, como cuando los muros de una casa se llenan de humedad.

### GLOSARIO

**Tensión.** Es un tipo de fuerza que genera un cuerpo cuando éste se jala o estira.



### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.



Figura 1.11 Las fuerzas que se producen gracias a la tensión superficial son capaces de soportar objetos con poca masa como algunos insectos.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.

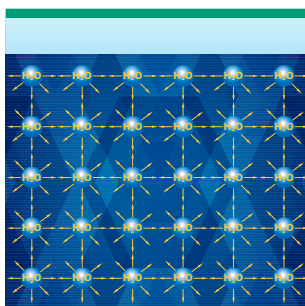


Figura 1.12 La tensión superficial en el agua se debe a las fuerzas atractivas de cohesión (representadas por flechas en la imagen) que se ejercen sobre las moléculas superficiales.

El **fenómeno de tensión superficial** consiste en que la superficie del agua actúa como una membrana elástica que se opone al aumento de su área. Si se deforma, surgen fuerzas que equilibran el peso del cuerpo que causó la deformación (Figura 1.11). Es por esto que el clip flota sobre el agua en el experimento anterior.

Este fenómeno, al igual que el de capilaridad, ha servido para desarrollar tecnologías que han beneficiado a la humanidad. Una de ellas es el detergente.

Aunque la tensión superficial del agua no es mayor como la del mercurio, es suficiente para que ésta no pase tan fácil a través de los orificios y tubos finos de las telas. Así pues, al usar detergentes y jabones, la tensión superficial del agua disminuye y penetra mejor en las telas, lo que aumenta su capacidad para limpiarlas.

#### WEB

¿Cuál tiene mayor tensión superficial: el agua fría o la caliente?, ¿cómo se mide la tensión superficial? Encuentra las respuestas a estas preguntas en los siguientes vínculos electrónicos que te recomendamos:

<http://goo.gl/hl9n5E> y <http://goo.gl/SKaTb>



## EN ACCIÓN

### El efecto del detergente sobre la tensión superficial

Utiliza la técnica del experimento de la actividad En acción anterior, para hacer flotar varios clips en un vaso con agua. En esta ocasión agrega una gota de detergente líquido para trastes.

- 1 ¿Qué sucedió con el clip flotante al momento en que agregaste el detergente en el agua?  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Qué le sucede a la tensión superficial del agua cuando le agregas detergente?  
\_\_\_\_\_
- 3 El detergente suele llamarse un “tensoactivo” debido al fenómeno que observaste en tu experimento. Con base en tus observaciones, concluye y contesta: ¿qué es un agente tensoactivo? \_\_\_\_\_

El fenómeno de tensión superficial surge porque la densidad de las moléculas en la capa superficial es menor que en el seno del líquido. En ese caso, la distancia promedio entre las moléculas es mayor que la distancia normal, y entre ellas actúan las fuerzas atractivas o de cohesión. Cuanto más grandes sean estas fuerzas, mayor será el valor del coeficiente de tensión superficial (Figura 1.12).

Si se acercan las moléculas de manera que la distancia entre ellas es menor que la normal, surgen fuertes fuerzas de repulsión, lo que explica por qué es tan difícil comprimir los líquidos.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Organícense en equipos y realicen una investigación bibliográfica para conocer con más detalle cuáles son las propiedades y características de los fluidos. Elaboren un resumen que contenga los puntos más sobresalientes de la información recabada; no olviden anotar la fuente de forma adecuada. Posteriormente utilicen su resumen para contestar las siguientes preguntas:

- 1 ¿Por qué se forman gotas de rocío sobre las hojas de una planta (Figura 1.13a)?  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Por qué se forman las pompas de jabón (Figura 1.13b)? \_\_\_\_\_
- 3 ¿Por qué es posible que un insecto pueda caminar sobre la superficie del agua (Figura 1.13c)? \_\_\_\_\_
- 4 ¿Por qué el agua sube a través del tallo de las plantas (Figura 1.13d)? \_\_\_\_\_
- 5 Discutan sus respuestas con sus compañeros de equipo y al finalizar realicen un debate con los otros equipos con el que retroalimenten sus conclusiones.



Figura 1.13 Las propiedades de los fluidos (cohesión, adhesión, tensión superficial y capilaridad) se aprecian con facilidad en fenómenos cotidianos, por ejemplo: (a) en las gotas de rocío que se forman sobre las hojas de una planta; (b) al hacer pompas de jabón; (c) cuando un insecto camina sobre un lago o charco sin hundirse; (d) en un árbol cuya vida depende del flujo constante de agua que extrajo del suelo a través de sus raíces.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.

**DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE**

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

Elabora un álbum fotográfico físico o digital que contenga ejemplos de la vida cotidiana en los cuales se muestren las fuerzas de adhesión y cohesión, así como fenómenos ocasionados por la capilaridad y la tensión superficial. No olvides proporcionar una explicación de cada imagen utilizando los conceptos aprendidos en este tema.

Al final discutan el contenido del álbum y sus explicaciones con tus otros compañeros de clase.

## Hidrostática

En ocasiones, el comportamiento de los fluidos es extraño e intrigante. ¿Te has preguntado por qué un barco hecho de acero flota en el agua aun cuando este material por sí solo se hunde con facilidad?, ¿por qué cuando nadas se siente más presión conforme te sumerges cada vez más?, ¿cómo funcionan las máquinas hidráulicas?

En general, los cuerpos sólidos conservan su forma, mientras que los líquidos y los gases toman la del recipiente que los contiene. Por esto es más fácil controlar el comportamiento de los cuerpos sólidos que el de los líquidos o gaseosos. Por ejemplo, un objeto hecho de materiales sólidos, como un martillo, permanecerá donde se deje sin riesgo de que se mueva por sí mismo. En cambio, el agua y el gas doméstico deben contenerse en recipientes completamente sellados, sin fugas, pues de no ser así, escaparían con consecuencias que podrían ser catastróficas.

Esta disparidad, en apariencia trivial e incluso descuidada en la vida cotidiana, lleva a importantes diferencias en los modelos conceptuales y matemáticos del comportamiento de los fluidos.

## Densidad

En muchos problemas, como en los de movimiento, se pueden modelar los **cuerpos sólidos** como *puntos materiales*, lo que equivale a suponer que entre todas las propiedades del cuerpo sólo la **posición** de uno de sus puntos y la **masa** son relevantes. Esto supone que si conocemos la masa del cuerpo y las fuerzas que otros cuerpos ejercen sobre él, comprenderemos su comportamiento.

Este procedimiento no puede ser aplicado en líquidos o gases, pues no es posible desprestigiar el volumen de un gas ni la superficie de un líquido. Aun cuando los conceptos de masa y fuerza son relevantes en el caso de los **fluidos**, existen otros más abstractos que resultan prácticos en la descripción de su comportamiento, como la **densidad** y la **presión**. Antes de usar estos conceptos para estudiar los fenómenos hidrostáticos, vale la pena conocerlos y aplicarlos en situaciones más tangibles.

Los cuerpos de la misma masa no tienen, por lo general, el mismo volumen. Por ejemplo, un cubo de madera, cuya masa es aproximadamente 64 g, tiene a simple vista mayor volumen que un cubo de metal que pesa 64 g (Figura 1.14).

**GLOSARIO**

**Masa.** Es la medida de la inercia, y la propiedad de los cuerpos de oponerse a los cambios de su estado de reposo o de movimiento. Es proporcional a la cantidad de materia que posee un cuerpo.



De igual manera, dos cuerpos de igual volumen no tienen, por lo general, la misma masa. En algunos casos la diferencia resulta evidente, como al comparar la sensación que se tiene al sostener dos esferas del mismo tamaño, una de acero y la otra de madera, ¿en qué se diferencian la leche y el metal de la pesa?, ¿y las esferas de acero y de madera?, difieren en la propiedad física que se llama *densidad*.

La **densidad** de un cuerpo es numéricamente igual a la masa de una unidad de volumen del cuerpo.

Si la masa de un cuerpo es  $m$  y su volumen es  $V$ , se puede determinar qué masa corresponde a la unidad de volumen al dividir la masa del cuerpo entre su volumen. Por eso, se puede decir que:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

Si se usa la letra griega  $\rho$  (se pronuncia “ro”) como símbolo para la densidad, la fórmula que resulta es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La unidad de densidad en el Sistema Internacional (SI) se deriva combinando las unidades de masa (1 kg) y de volumen (1 m<sup>3</sup>) como lo pide la fórmula anterior:

$$[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

También se usan otras unidades como la tonelada/m<sup>3</sup>, el kg/dm<sup>3</sup> o el g/cm<sup>3</sup>.

## EJEMPLO

Un trozo de plastilina con una masa de 400 g tiene un volumen de  $2.42 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ . ¿Cuál es la densidad de la plastilina?

### Solución

Si la masa de la plastilina es de 400 g = 0.4 kg y su volumen es  $2.42 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , entonces la densidad está dada por:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.4 \text{ kg}}{2.42 \times 10^{-4} \text{ m}^3} = 1652.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Aunque es sencilla la fórmula para determinar la densidad, no siempre es fácil determinar la masa y el volumen de los cuerpos, cantidades que deben conocerse para calcular la densidad.

## EN ACCIÓN

Realicen la siguiente actividad en equipos utilizando la información de la medición de la masa, así como de las fotografías para determinar el valor de la densidad del aceite cuyo volumen es 0.33 litros.

- 1 Observen las fotografías de la [Figura 1.15](#) con detenimiento y pongan atención en los datos que se pueden extraer de ellas.
- 2 Contesten a partir de la información de las fotografías:
  - a) ¿Cuál es la masa del aceite? \_\_\_\_\_



**Figura 1.14** Aunque sus masas son aproximadamente iguales (64 g), el volumen del cubo de madera es mayor que el volumen del cubo de metal.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Registra los resultados obtenidos en experimentos de densidad, presión hidrostática y/o atmosférica, y Principio de Pascal y/o Arquímedes de acuerdo a hipótesis previas y obtiene sus conclusiones en equipos diversos.



Figura 1.15 La báscula muestra la masa de la botella (a) con aceite y (b) sin aceite.

- b) ¿Cuál es el volumen del aceite? \_\_\_\_\_  
 c) ¿Cuál es la densidad del aceite, expresada en gramos/litro (g/L)? \_\_\_\_\_  
 d) ¿Cuál es la densidad del aceite expresada en kilogramos/metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>)? \_\_\_\_\_

- 3 De manera grupal comparen sus respuestas y, en caso de diferir, analicen el procedimiento con el que cada equipo obtuvo sus resultados para determinar cuál es el correcto.

La densidad de las sustancias puras, en estado sólido o líquido, es una propiedad básica que no depende de la masa ni de la forma del cuerpo, por lo que es útil para distinguirlas unas de otras. Algunos valores de densidad de sustancias comunes se presentan en la [Tabla 1.1](#).

TABLA 1.1 Densidad de algunas sustancias.

SUSTANCIA	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	DENSIDAD (kg/dm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
Agua	1 000	1	1
Hielo	917	0.917	0.917
Aluminio	2 700	2.7	2.7
Mercurio	13 600	13.6	13.6

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Registra los resultados obtenidos en experimentos de densidad, presión hidrostática y/o atmosférica, y Principio de Pascal y/o Arquímedes de acuerdo a hipótesis previas y obtiene sus conclusiones en equipos diversos.

Reúnanse en equipos y elaboren una lista de sustancias que utilizan de manera cotidiana, las cuales se presenten en los tres estados físicos: sólido, líquido y gaseoso. Registren los datos obtenidos en la [Tabla 1.2](#).

TABLA 1.2 Densidad de sustancias de uso común.

ESTADO FÍSICO	SUSTANCIA	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
Sólido	1. Madera	
	2. Piedra	
	3. Hierro	
	4.	
	5.	
Líquido	1. Leche	
	2. Alcohol	
	3. Miel	
	4.	
	5.	
Gas	1. Aire	
	2. Gas natural	
	3.	
	4.	

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En la siguiente actividad determinen, por medio del diseño y realización de un experimento sencillo, el valor de la densidad de algunas de las sustancias de uso cotidiano que reportaron en la Tabla 1.2.

- Con la intervención de tu profesor, asignen las sustancias de la Tabla 1.2 con las que cada equipo trabajará, de modo que no haya sustancias que queden sin analizar.
- Para encontrar la densidad de cada sustancia, necesitan hallar la forma de medir su masa y volumen. Diseñen un experimento que les sirva para determinar estas cantidades.
  - Describan el procedimiento que utilizarán para medir la masa de la sustancia que trabajarán. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  - Expliquen el procedimiento que utilizarán para medir el volumen de la sustancia que trabajarán. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Realicen el experimento y registren el valor de la densidad calculada. \_\_\_\_\_
  - ¿El valor que calcularon se parece al que registraron previamente en la Tabla 1.2?, ¿por qué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Redacten un reporte en el que detallen el experimento y expliquen los resultados obtenidos, ya sea que confirmen o rechacen los de la Tabla 1.2.

Si un cuerpo tiene densidad  $\rho$  y volumen  $V$ , su masa  $m$  se puede calcular mediante la fórmula:

$$m = \rho V$$

Si un cuerpo tiene masa  $m$  y densidad  $\rho$ , su volumen  $V$  está determinado por la fórmula:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

## EJEMPLOS

- La masa de un lingote de oro es de 12.5 kg (Figura 1.16). Si la densidad del oro es  $\rho = 19\,300 \text{ kg/m}^3$ , ¿cuál es el volumen de un lingote de oro expresado en a) metros cúbicos y b) litros?

### Solución

- Si se conoce la masa y la densidad del lingote de oro, entonces el volumen está dado por:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{12.5 \text{ kg}}{19\,300 \text{ kg/m}^3} = 6.48 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Registra los resultados obtenidos en experimentos de densidad, presión hidrostática y/o atmosférica, y Principio de Pascal y/o Arquímedes de acuerdo a hipótesis previas y obtiene sus conclusiones en equipos diversos.



Figura 1.16 El oro puro se guarda en los bancos en diferentes formas. Una de las más comunes son los lingotes.



Figura 1.17 ¿Cuál es la masa de 1 L de agua?

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre las características de un objeto sólido, líquido o gaseoso, y las propiedades de los fluidos para responder cuestionamientos, consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes.



Figura 1.18 Las bolas de boliche son esferas con un radio máximo de 10.9 cm. Sin embargo, sus masas pueden variar para adaptarse a distintos jugadores. En consecuencia, las bolas de distinta masa e igual radio tendrán diferentes densidades.

- b) Puesto que  $1 \text{ m}^3$  contiene una cantidad de 1 000 L, entonces el volumen del lingote en litros es de:

$$V = 6.48 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 0.648 \text{ L}$$

- 2 Si el agua dulce (sin sales) tiene una densidad aproximada de  $1000 \text{ kg/m}^3$ , ¿cuál es la masa que posee 1 L de agua (Figura 1.17)?

#### Solución

Como se conoce la densidad y el volumen de agua, entonces la masa del agua está dada por:

$$m = \rho V = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.001 \text{ m}^3 = 1 \text{ kg}$$

## EN ACCIÓN

- 1 Observa la Figura 1.18 y lee el pie de imagen con atención. Contesta las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuál es la masa de una bola de boliche cuya densidad es  $1.34 \text{ g/cm}^3$ ?

- b) ¿Cuál es la densidad de una bola de boliche cuya masa es 5 300 g?

La diferencia en las densidades implica un hecho sorprendente: ¡la primera bola se hunde en el agua y la segunda flota!

- 2 El procedimiento matemático que usaron para calcular la densidad de la segunda bola de boliche se puede utilizar para medir la densidad promedio de cualquier objeto esférico si se conocen su masa y su radio.

- a) Usen la misma fórmula para determinar la densidad promedio de la Tierra, cuya forma es muy cercana a la de una esfera. Consideren que su radio es  $r = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$  y su masa es  $m = 6.37 \times 10^{24} \text{ kg}$ .

- b) Si la densidad de la corteza terrestre está entre  $2000$  y  $3000 \text{ kg/m}^3$ , ¿cuál es la densidad del núcleo terrestre en comparación con la densidad promedio?

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Formen tríos y resuelvan los siguientes problemas consultando los datos en la Tabla 1.2 y el reporte experimental que realizaron a partir de la actividad.

- 1 Dos cuerpos tienen masas iguales. El primero tiene un volumen de  $1 \text{ dm}^3$  y el segundo de  $2 \text{ dm}^3$ , ¿cuál cuerpo tiene mayor densidad? Justifiquen su respuesta.

- 2 Dos cuerpos tienen volúmenes iguales. El primero tiene una masa de  $1 \text{ kg}$  y el segundo de  $2 \text{ kg}$ , ¿cuál cuerpo tiene menor densidad? Justifiquen su respuesta.

- 3 Un cuerpo tiene masa  $m$ , volumen  $V$  y densidad  $\rho$ . Un segundo cuerpo tiene una masa de  $2m$  y un volumen de  $4V$ . ¿Cuál es la densidad del segundo cuerpo? a)  $2\rho$ , b)  $\rho$  o c)  $\rho/2$ . Justifiquen su respuesta.

- 4 ¿Cuál es la masa del aire que llena una sala cuyas dimensiones son:  $5 \text{ m}$  de largo,  $4 \text{ m}$  de ancho y  $2.5 \text{ m}$  de altura? Comparen esa masa con la de un garrafón lleno de agua.

- 5 ¿Cuál será el radio de una esfera de madera que tiene una masa de  $5 \text{ g}$ ?

- 6 Una lámina de hierro delgada tiene una masa de  $8 \text{ g}$  y un área de  $1.5 \text{ m}^2$ . ¿Qué grosor tiene la lámina?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre densidad relacionados con su entorno inmediato.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

- 7 ¿Cuál es la masa de alcohol que se podría verter en un recipiente esférico de radio igual a 5 cm?

## Concepto de presión

Un cuerpo, al ser sometido a la acción de otro o a una fuerza, sufre una deformación. El tamaño de tal deformación, a su vez, depende no sólo de la magnitud de la fuerza sino a la manera como ésta se aplica sobre el cuerpo.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión, la presión hidrostática y la presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.



Figura 1.19 El lápiz produce diferentes deformaciones en uno y otro dedo.

### EN ACCIÓN

#### ¿Por qué los dedos no sufren la misma deformación?

Toma un lápiz con punta y presiona con tus dedos índices sus extremos como se muestra en la Figura 1.19.

- 1 ¿Qué sientes en el dedo que presiona la punta del lápiz? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- 2 ¿Qué sientes en el dedo que presiona el extremo de la goma? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- 3 ¿A qué se debe que las deformaciones sean tan diferentes? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Lo que se percibe al hacer el experimento con el lápiz puede compararse con lo que ocurre en un colchón cuando una persona se acomoda en él en diferentes posiciones. En ambos casos se demuestra que el efecto que produce una fuerza no está determinado sólo por la intensidad de la misma, sino por el área de la superficie sobre la que se distribuye su acción. Esto permite introducir un nuevo concepto que combina los referentes a la fuerza y al área sobre la que se aplica. Este es el concepto de *presión*.

La **presión** es el cociente entre la fuerza y el área de la superficie sobre la que actúa.

Si la acción de la fuerza  $F$  está distribuida de manera uniforme sobre una superficie cuya área es  $S$ , la presión resultante es:

$$p = \frac{F}{S}$$

La unidad de presión en el SI es:

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Esta unidad llamada pascal (símbolo  $Pa$ ) en reconocimiento a las grandes contribuciones que Blaise Pascal (1623-1662) aportó al conocimiento sobre la presión de los fluidos, tiene que:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

En el sistema inglés, la unidad para la presión es 1 psi (por sus siglas en inglés de *pounds per square inch*). Un cuerpo cuya masa es una libra ejerce 1 psi si el área de contacto es de una pulgada cuadrada. La regla de conversión de pascales a psi es:

$$1 \text{ psi} = 6894.76 \text{ Pa}$$

## EJEMPLO

¿Cuál es la presión que ejerce una mujer de masa  $m = 60 \text{ kg}$  si usa zapatos de tacón (Figura 1.20) con un área total de  $S = 1.5 \text{ cm}^2$  ( $1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ )?

### Solución

Para encontrar la presión que se ejerce, es necesario conocer la fuerza que se ejerce, así como el área sobre la cual se aplica dicha fuerza. Ésta es igual al peso de la mujer y está dado por:

$$F = mg = 60 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 588 \text{ N}$$

La presión generada por la mujer se obtiene al dividir la fuerza entre la superficie de contacto:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{588 \text{ N}}{1.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 3920000 \text{ Pa}$$

Si existe una presión  $p$  sobre una superficie de área  $S$ , entonces la fuerza causante de esa presión es:

$$F = pS$$

Si la fuerza  $F$  genera una presión  $p$  sobre una superficie, entonces el área de esa superficie es:

$$S = \frac{F}{p}$$



Figura 1.20 Los tacones altos ejercen una gran presión sobre el suelo.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Resuelve los siguientes problemas y cuestionamientos acerca del concepto de presión.

- 1 Las llantas de un automóvil ejercen sobre el suelo una presión  $p = 1800000$  pascales debido al peso del mismo. Si el área total del contacto entre éstas y el suelo es  $S = 0.06 \text{ m}^2$ , ¿cuál es el peso del automóvil?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión, la presión hidrostática y la presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.



Figura 1.21 Cuando un patinador se apoya sobre un patín, la presión sobre el hielo es grande.

- 2 A menudo los patinadores sobre hielo apoyan todo su cuerpo sobre un solo patín (Figura 1.21). En esos casos, si la masa de una patinadora es  $m = 60 \text{ kg}$ , la presión podría ser  $p = 2\,000\,000$  pascales (20 veces mayor que la presión atmosférica). El porqué de ese valor tan grande de la presión tiene que ver con el área tan pequeña de la cuchilla del patín que entra en contacto con el hielo. ¿Qué tan pequeña es esa área?

- 3 Imagina que estás en medio de un lago congelado y existe la posibilidad de que se rompa el hielo, ¿cómo te acercarías a la orilla del lago: caminando o gateando? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

---



---

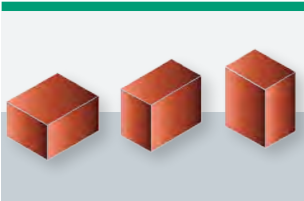


Figura 1.22 Tres ladrillos que ejercen diferentes presiones.

- 4 Tres ladrillos con la misma forma y peso están colocados sobre el suelo en tres diferentes posiciones (Figura 1.22). ¿Cuál ladrillo ejerce la mayor presión sobre el suelo y cuál la menor? Argumenta tu respuesta. \_\_\_\_\_

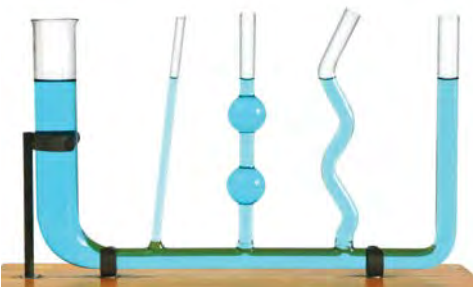
---



---

- 5 La punta de un clavo tiene un área  $S_1 = 0.00000003 \text{ m}^2$  mientras que el área de la cabeza es  $S_2 = 0.00008 \text{ m}^2$ . ¿Cuántas veces es mayor  $S_1$  que  $S_2$ ? Si se clava en la madera con una fuerza  $F = 15 \text{ N}$ , una vez entrando de punta y otra de cabeza, ¿cuáles son las presiones correspondientes?

Figura 1.23 El equilibrio en dos vasos comunicantes se establece cuando el nivel del agua en ambos es el mismo.



## Presión hidrostática

Los fluidos (líquidos y gases) ejercen presión sobre los cuerpos inmersos en ellos. Para comprender cómo ocurre esto en el caso de los líquidos, es recomendable reconsiderar la base conceptual de un hecho que todos conocen: el nivel del agua en dos vasos comunicantes (Figura 1.23).

Es esta situación tan cotidiana que difícilmente alguien se preguntaría si lo que ocurre es lógico. El agua del vaso estrecho (izquierda) trata de moverse hacia abajo. Para que eso ocurra, el agua debería empujar del tubo horizontal hacia la derecha. El agua del vaso ancho (derecha) también trata de moverse hacia abajo y empuja el agua del tubo horizontal hacia la izquierda.

¿Cómo se puede establecer el equilibrio aun si el peso y la cantidad de agua del vaso estrecho son menores que el peso y la cantidad de agua del vaso ancho? Dado que existe el equilibrio, se infiere que ambas cantidades no son cruciales respecto a la fuerza del agua para empujar el líquido del tubo horizontal de los dos vasos verticales. En lo que se refiere al peso del agua, este hecho es aceptable porque se trata de una cantidad vectorial dirigida hacia debajo de manera vertical.

Este análisis muestra que lo que cuenta para el equilibrio no es la cantidad de agua, sino su altura. Entonces, la presión hidrostática del agua en un cierto punto debe ser proporcional a la altura del agua que existe por arriba de ese punto. En el caso que hemos analizado, la altura que importa es la de arriba del tubo horizontal.

Para tener una cuantificación completa es necesario saber cuál es la presión hidrostática de una columna de líquido. Para lograrlo deben utilizarse herramientas matemáticas, pues sin ellas no se puede contar con la descripción ni el razonamiento cuantitativo de los fenómenos físicos.

Un líquido contenido en un recipiente de paredes verticales y base de área  $S$ , llega hasta una altura  $h$ , como se muestra en la [Figura 1.24](#).

Por definición, la presión que ejerce el líquido sobre el fondo, es igual al **peso** del líquido  $W$  dividido entre el área  $S$  de la base del recipiente.

$$p = \frac{W}{S}$$

El peso de líquido  $W$  es igual al producto de la masa  $m$  del líquido y el factor de peso  $g$ .

$$W = mg$$

Por otro lado, la masa del líquido es igual al producto de la densidad  $\rho$  y el volumen  $V$  del líquido. Dicho volumen, a su vez, se obtiene multiplicando el área de la base del recipiente por la altura del mismo.

$$m = \rho V = \rho Sh$$

Al insertar esta expresión en la ecuación para la presión, se tiene que:

$$p = \frac{W}{S} = \frac{\rho ghS}{S} = \rho gh$$

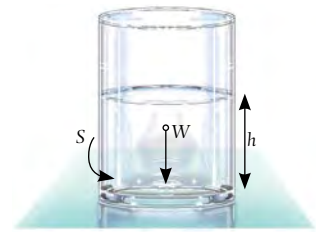
Entonces, la fórmula para cuantificar la presión hidrostática es:

$$p = \rho gh$$

La presión hidrostática que ejerce un líquido en cierto punto, es igual al producto de la densidad del líquido, el factor de peso ( $g = 9.8 \text{ N/kg}$ ) y la altura del líquido medida a partir de este punto.

Así, de dos columnas del mismo líquido (por ejemplo, agua), la mayor presión hidrostática sobre el fondo la ejerce la columna de mayor altura sin importar la cantidad de líquido de ambas columnas ([Figura 1.25](#)).

Dos diferentes líquidos (por ejemplo, agua y mercurio) forman dos columnas de la misma altura, la mayor presión hidrostática sobre el fondo la ejerce la columna del líquido de mayor densidad, es decir, la correspondiente al mercurio.



**Figura 1.24** El líquido del recipiente ejerce presión hidrostática sobre el fondo.

## GLOSARIO

**Peso.** Es la magnitud de la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo hacia su centro.



**Figura 1.25** La presión hidrostática no depende del recipiente, sino de la altura que alcanza el nivel del líquido. En la imagen, la presión hidrostática es la misma en los cuatro recipientes.



Figura 1.26 El diseño de la presa Hoover le permite soportar grandes valores de presión hidrostática.

## EJEMPLOS

- 1 Encontrar la presión hidrostática que se generaría sobre un buzo que se sumerge a una profundidad de 15 m: a) en agua dulce ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) y b) en agua salada ( $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ )

### Solución

- a) La presión hidrostática que se produce en agua dulce a una profundidad de 15 m está dada por:

$$p = \rho gh = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 15 \text{ m} = 147\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 147\,000 \text{ Pa}$$

- b) La presión hidrostática que se produce en agua salada a la misma profundidad (15 m) es:

$$p = \rho gh = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 15 \text{ m} = 151\,410 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 151\,410 \text{ Pa}$$

- 2 Si la presa Hoover ubicada en Arizona, Estados Unidos (Figura 1.26) soporta una presión hidrostática de hasta 1 750 000 Pa, entonces, ¿cuál es la profundidad que puede alcanzar el nivel del agua en dicha presa?

### Solución

Si se sabe que la presión hidrostática está dada por:

$$p = \rho gh$$

entonces al despejar la profundidad se tiene que:

$$h = \frac{p}{\rho g}$$

Al sustituir los valores para la presión hidrostática, el factor de peso y la densidad, se tiene que:

$$h = \frac{p}{\rho g} = \frac{1\,750\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 178.6 \text{ m}$$

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En esta actividad realizarás un experimento en el que estudies la presión hidrostática.

### Material

- Una botella de plástico de 1 L.
- Una tarjeta de plástico.
- Una cubeta con agua (o una pecera).
- Un vaso desechable de 2 dal.
- Tijeras o navaja.

### Procedimiento

- 1 Con cuidado corten con las tijeras o navaja el fondo de la botella.
- 2 Con una mano sostengan la botella sin fondo boca abajo; con la otra mano presionen la tarjeta de plástico contra la boca de la botella como se muestra en la Figura 1.27.
- 3 Sumerjan la botella (con la tarjeta en la boca de la botella) lo más profundo que sea posible en la cubeta con agua o en la pecera. Eviten que el agua entre por la parte cortada.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión hidrostática y la presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Registra los resultados obtenidos en experimentos de densidad, presión hidrostática y/o atmosférica, y Principio de Pascal y/o Arquímedes de acuerdo a hipótesis previas y obtiene sus conclusiones en equipos diversos.

- 4 Al tener la botella sumergida parcialmente, dejen de presionar la tarjeta y sostengan la botella de manera firme en posición vertical. ¡La tarjeta se queda *pegada* a la boca de la botella!
- 5 Contesten las siguientes preguntas justificando sus respuestas:
- a) ¿Qué fuerza impide que se caiga la tarjeta? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- b) ¿Cuánta agua se debe verter en la botella para que caiga la tarjeta?: i) medio vaso; ii) un vaso; iii) un vaso y medio; iv) el agua necesaria para llenar la botella hasta el nivel del agua de la cubeta o pecera. ¿Por qué? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 Viertan la cantidad de agua acordada en la botella y verifiquen si con ella la tarjeta cae como se predijo. Anoten sus resultados. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 7 Si la tarjeta ha soportado el agua vertida en el punto anterior, agreguen agua hasta que la tarjeta caiga.
- 8 Concluyan y contesten:
- a) ¿De qué manera la fórmula de la presión hidrostática permite entender cuál es la cantidad de agua necesaria para que caiga la tarjeta? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 9 Analicen y concluyan cómo el experimento anterior se relaciona con la siguiente afirmación: “La profundidad hasta la que se sumerge la tarjeta en el experimento es muy pequeña y, en consecuencia, la presión hidrostática no es mucha”. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



Figura 1.27 Modo de presionar la tarjeta de plástico contra la boca de la botella sin fondo.



Figura 1.28 La presa de Chicoasén en Chiapas.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Considera las situaciones hipotéticas que se presentan a continuación. Posteriormente resuelve el problema o contesta la pregunta según sea el caso.

- 1 Chicoasén, la presa chiapaneca (Figura 1.28) que depende del cauce del río Grijalva, tiene 262 m de altura, lo que la hace una de las más grandes del mundo. ¿Cuál es la presión hidrostática en la parte más baja de la cortina de la presa?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión hidrostática y la presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

- 2 En una infusión intravenosa, la solución está en una bolsa de plástico colocada a mayor altura que el paciente. Después de bajar por un tubo, el líquido entra en la arteria mediante una aguja. Si la presión de la sangre en la arteria es de 2400 Pa, ¿cuál es la altura mínima necesaria para que la solución entre en la arteria?

- 3 En una alberca la presión hidrostática que se genera en el fondo es de 17000 Pa. Si la alberca estuviera llena con mercurio (que es aproximadamente 13.5 veces más denso que el agua), ¿cuál sería el valor de la presión hidrostática en el fondo?

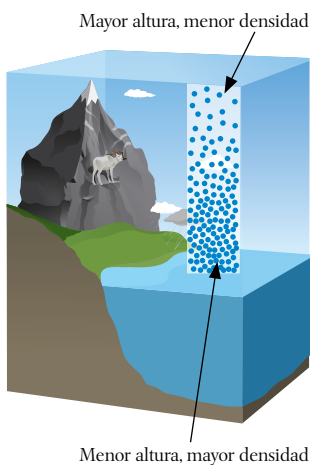


Figura 1.29 La presión atmosférica depende de la densidad del aire del ambiente y, a su vez, la densidad del aire disminuye conforme se incrementa la altura respecto al nivel del mar.



Figura 1.30 Intentar extraer el pistón de una jeringa en la que se ha obstruido el orificio de salida es complicado.

## Presión atmosférica

La atmósfera es un *océano de aire* en cuyo fondo habitan los seres vivos. Como cualquier otro fluido, el aire ejerce presión sobre el fondo y sobre todos los cuerpos sumergidos. Esa presión se llama *presión atmosférica*.

La **presión atmosférica** es la presión que ejerce el aire de la atmósfera sobre la superficie terrestre y sobre todos los cuerpos que se encuentran en ella.

A diferencia de los océanos, cuya densidad es prácticamente constante, la densidad de la atmósfera cambia de manera dramática con la profundidad. La mitad de la masa de la atmósfera la tiene el aire situado por debajo de una altura de 5.6 km. El aire que se encuentra por arriba de una altura de 16 km. sólo contribuye con una décima de la masa total de la atmósfera. Después de una altura de 100 km, la densidad del aire es tan reducida que su contribución a la masa total es insignificante. Estos cambios en la densidad resultan en cambios en la presión atmosférica, la cual es directamente proporcional a la densidad de la atmósfera, es decir, la presión es mayor donde la densidad también lo es (Figura 1.29)

La presencia de la presión atmosférica se percibe sólo cuando se crea una diferencia de presiones. Para “sentir” esta diferencia, basta con tomar una jeringa sin aguja, empujar el pistón hasta el fondo, tapar el orificio firmemente con un dedo e intentar sacar el pistón, como se muestra en la Figura 1.30. ¡Cuesta mucho trabajo! Esto se debe a que en el interior de la jeringa prácticamente no hay aire. En cambio, en el exterior hay todo el aire de la atmósfera que empuja el pistón. Es en el momento en que intentas jalar dicho pistón cuando notas que la atmósfera ejerce una presión y una fuerza difícil de superar.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En esta actividad realizarás un experimento que te permita observar los efectos de la presión atmosférica.

### Material

- Un vaso de vidrio.
- Cartón o tarjeta postal.
- Agua.

### Procedimiento

- 1 Toma el vaso y llénalo por completo de agua.
- 2 Tápalo con el cartón o la tarjeta postal.
- 3 Voltea el vaso sujetándolo con una mano y con la otra sosteniendo firmemente la tarjeta en su lugar.
- 4 Deja de presionar la tarjeta cuando el vaso esté boca abajo (Figura 1.31). Observa con atención y explica qué ocurrió con la tarjeta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5 ¿Qué crees que pasará con la tarjeta si pones el vaso en posición horizontal? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 Ahora coloca el vaso en posición horizontal y describe lo que le pasa a la tarjeta. Si no pasó lo que esperabas, ¿cómo explicas lo que observas? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 7 Redacta una conclusión en la que expliques qué es lo que sugiere esta observación sobre la dirección del aire atmosférico. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### WEB

Revisa los siguientes vínculos electrónicos y descubre cómo la presión atmosférica juega un papel vital en nuestra vida. ¿Qué pasaría si no existiera la presión atmosférica?

<https://goo.gl/kUSXgn> y <http://goo.gl/7FH22v>

Uno de los experimentos más importantes en el estudio de la presión atmosférica se debe a Evangelista Torricelli. Este prominente científico italiano utilizó un tubo delgado de vidrio de aproximadamente 1 m de largo, cerrado en un extremo y lo llenó por completo con mercurio. Posteriormente, invirtió el tubo e insertó la parte abierta del tubo en el interior de un gran recipiente lleno con la misma sustancia justo como se muestra en la Figura 1.32.

La columna de mercurio contenida en el tubo de vidrio descendió hasta alcanzar una altura relacionada directamente con la presión atmosférica. La altura que alcanzó

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión hidrostática y la presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Registra los resultados obtenidos en experimentos de densidad, presión hidrostática y/o atmosférica, y Principio de Pascal y/o Arquímedes de acuerdo a hipótesis previas y obtiene sus conclusiones en equipos diversos.



Figura 1.31 El agua del vaso no cae, pues la fuerza hacia arriba que el aire ejerce sobre la tarjeta es mayor que la fuerza hacia abajo que ejerce el agua del vaso.

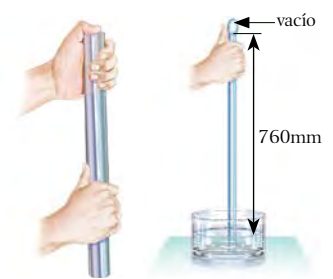


Figura 1.32 Experimento realizado por Evangelista Torricelli.

la columna de mercurio fue de 760 mm. La parte cerrada del tubo de vidrio, que antes contenía mercurio, quedó completamente vacía.

La columna de mercurio en el experimento de Torricelli tiene una longitud determinada por la siguiente condición:

La **presión hidrostática** de la columna del mercurio es igual a la **presión atmosférica** sobre la superficie del mercurio en el recipiente.

Si la presión atmosférica disminuye, la columna se hace más corta. Si la presión atmosférica aumenta, la columna se hace larga. De esta manera el experimento de Torricelli brindaba como resultado lateral la posibilidad de apreciar y medir los cambios de la presión atmosférica. ¿Qué presión atmosférica le corresponde a una altura  $h = 0.76$  m de la columna de mercurio?

La presión hidrostática de la columna de mercurio es:

$$p = \rho gh$$

donde  $\rho$  es la densidad del mercurio, cuyo valor es de  $13\,600 \text{ kg/m}^3$ .

Al insertar los valores de las cantidades, se obtiene:

$$p = 13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0.76 \text{ m} = 101\,293 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Con valores más precisos para la densidad del mercurio y el factor de peso, el correspondiente a la presión atmosférica estándar es:

$$p_0 = 101\,325 \text{ Pa}$$

En las viejas unidades esta presión correspondía a los 760 mm de mercurio. De ello se sabe que a 1 mm de mercurio corresponden 133 pascales, aproximadamente.

¿En qué lugares de la Tierra la presión atmosférica es igual a la presión atmosférica estándar?

La **presión atmosférica** estándar es igual a la presión del aire a nivel del mar, cuando la temperatura es de  $0^\circ\text{C}$ .

Se suele usar la presión atmosférica estándar como unidad de presión. En tal caso, la unidad se llama *atmósfera* (símbolo atm). Si el gas en un tanque tiene una presión de 3 atm, su presión, expresada en pascales, es:

$$3 \text{ atm} = 3 \cdot 101\,325 \text{ Pa} = 303\,975 \text{ Pa}$$

¿Puede la presión hidrostática del agua ser igual a la presión atmosférica? Para que la presión hidrostática de una columna de agua sea igual a la presión atmosférica estándar  $p_0$ , su altura  $h$  debería ser:

$$h = \frac{p_0}{\rho g} = \frac{101\,325 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 10.34 \text{ m}$$

La diferencia entre las alturas de las columnas de agua y de mercurio, cuyas presiones hidrostáticas son iguales a la presión atmosférica, se debe a la diferencia entre las densidades de ambas sustancias. La columna de mercurio es más corta, porque la densidad del mercurio es 13.6 veces más grande que la del agua. Para producir la misma presión hidrostática que la columna de mercurio, la columna de agua debe ser 13.6 veces más alta.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Este experimento te ayudará a entender los efectos de la presión atmosférica.

### Materiales

- Una botella vacía de refresco de 1 o 1.5 L de plástico duro.
- Un globo.

### Procedimiento

- 1 Toma la botella vacía de refresco y hazle un orificio de 3 a 5 mm de diámetro cerca del fondo.
- 2 Extiende la boquilla del globo alrededor de la parte superior de la botella, como se muestra en la [Figura 1.33a](#).
- 3 Infla el globo lo más que puedas y, al final, tapa firmemente con un dedo el orificio que hiciste cerca del fondo de la botella.
- 4 Retira la botella de tu boca pero no quites tu dedo del orificio. Observa cómo el globo no se desinfla por completo. ([Figura 1.33b](#)). A continuación contesta las siguientes preguntas:
  - a) ¿Cómo debe ser la presión que generas con tus pulmones al momento de inflar el globo? a) mayor que la atmosférica; b) menor que la atmosférica, o c) igual que la atmosférica. Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_
  - b) Cuando el globo se queda inflado justo como en la [Figura 1.33b](#), ¿cómo es la presión en la región inferior de la botella que se encuentra entre el globo y el orificio? a) Mayor que la atmosférica; b) Menor que la atmosférica, o c) Igual que la atmosférica. Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_
  - c) Si destapas el orificio en el fondo de la botella, el globo se desinfla, ¿por qué? \_\_\_\_\_

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Considera las situaciones hipotéticas que se presentan a continuación. Posteriormente resuelve los problemas o contesta las preguntas según sea el caso.

- 1 Imagina que un pasajero en pleno vuelo bebe toda el agua de una botella de plástico y luego la tapa muy bien. ¿Cómo se verá la botella cuando el avión aterrice en un aeropuerto cerca del mar? a) igual; b) un poco aplastada, o c) un poco inflada. Argumenta tu respuesta.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión hidrostática y la presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Registra los resultados obtenidos en experimentos de densidad, presión hidrostática y/o atmosférica, y Principio de Pascal y/o Arquímedes de acuerdo a hipótesis previas y obtiene sus conclusiones en equipos diversos.



Figura 1.33 (a) Forma de colocar el globo en la boca de la botella (b) para que pueda permanecer inflado aun con la boquilla abierta.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión hidrostática y la presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

- 2 A una elevación de 16 km sobre el nivel del mar, la altura del mercurio en el barómetro de Torricelli es de 10.7 cm. ¿Cuál es la presión atmosférica a esa altura? Expresa el resultado tanto en pascuales como en atmósferas. Para la densidad del mercurio toma el valor:  $\rho = 13\,600 \text{ kg/m}^3$ .

## Presión manométrica y presión absoluta

La presión del aire en los balones o en las llantas de los automóviles se mide mediante *manómetros* (Figura 1.34). Sin embargo, no siempre está claro qué es lo que representa el valor medido. El siguiente ejemplo ilustra bien esa ambigüedad.



Figura 1.34 Un manómetro es un aparato que permite medir la presión del aire dentro de una cámara, como la de las llantas o los balones.

### EJEMPLO

De acuerdo con los reglamentos deportivos, la presión del aire en un balón de futbol debe estar entre un valor mínimo  $p_1 = 8 \text{ psi}$  y un máximo  $p_2 = 12 \text{ psi}$ .

- ¿A cuánto equivalen esos límites expresados en atmósferas?
- ¿Esos valores de presión son los reales?

### Solución

- a) Como  $1 \text{ atm} = 14.7 \text{ psi}$ , los valores, expresados en atmósferas, son:

$$p_1 = 8 \text{ psi} \cdot \frac{1}{14.7} \frac{\text{atm}}{\text{psi}} = 0.54 \text{ atm}$$

y

$$p_2 = 12 \text{ psi} \cdot \frac{1}{14.7} \frac{\text{atm}}{\text{psi}} = 0.82 \text{ atm}$$

- b) Ambos valores de la presión son menores que la presión atmosférica. De ser reales, el balón no podría estar inflado. La presión del aire en el balón de futbol debe equilibrar la presión atmosférica y la presión del material tensado de la que está hecho el balón. Por tanto, esos valores no representan los valores reales de la presión en el balón.

Lo que miden los manómetros en las pelotas y las llantas es, de hecho, la diferencia entre la presión real del aire (llamada **presión absoluta**) y la presión atmosférica. Esa presión recibe el nombre de *presión manométrica*.

La **presión manométrica** es igual a la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica.

Al usar los símbolos  $p_m$ ,  $p_a$  y  $p$  para las presiones manométrica, absoluta y atmosférica, respectivamente, se puede escribir:

$$p_m = p_a - p$$

Dicho de otra manera, la presión manométrica indica cuánto sobrepasa la presión absoluta a la atmosférica o cuál es el exceso de presión medido respecto a la

presión atmosférica. De ser así, la presión absoluta es igual a la suma de la presión atmosférica y la manométrica:

$$p_a = p + p_m$$

Volviendo al caso del balón de fútbol, para canchas que están al nivel del mar, donde  $p = 1 \text{ atm}$ , la mínima presión absoluta del balón debe ser:

$$p_{a1} = 1 \text{ atm} + 0.54 \text{ atm} = 1.54 \text{ atm}$$

En las canchas costeras, la máxima presión absoluta de un balón de fútbol no debe sobrepasar el valor:

$$p_{a2} = 1 \text{ atm} + 0.82 \text{ atm} = 1.82 \text{ atm}$$

### EJEMPLO

Un manómetro de tubo abierto consiste en un tubo de vidrio en forma de U que contiene mercurio (Figura 1.35a). Cuando uno de los extremos del manómetro se conecta a un dispositivo cuya presión interna se quiere medir, el mercurio subirá hacia el otro extremo hasta que la columna que se levante iguale la presión producida por el dispositivo. La presión manométrica es igual a la presión hidrostática generada por la diferencia de alturas  $h$  en las columnas de mercurio del manómetro (Figura 1.35b).

Una bomba de aire se conecta a un manómetro de tubo abierto y la diferencia en las alturas de las columnas de mercurio es de  $9 \text{ cm} = 0.09 \text{ m}$ . a) ¿Cuál es la presión manométrica generada por la bomba? b) ¿Cuál es la presión absoluta? (La densidad del mercurio es  $\rho = 13\,600 \text{ kg/m}^3$ ).

### Solución

a) La presión manométrica es igual a la presión hidrostática generada por la diferencia de alturas en las columnas de mercurio. Luego, la presión manométrica es:

$$p_m = \rho gh = 13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0.09 \text{ m} = 11\,995 \text{ Pa}$$

b) La presión absoluta se obtiene a partir de la suma de la presión manométrica y la presión atmosférica.

$$p_a = p_m + p = 11\,995 \text{ Pa} + 101\,325 \text{ Pa} = 125\,315 \text{ Pa}$$

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Considera las situaciones hipotéticas que se presentan a continuación. Posteriormente, resuelve los problemas o contesta las preguntas según sea el caso.

- 1 En un taller mecánico se midió la presión manométrica de una llanta y se obtuvo el valor  $p_m = 30 \text{ psi}$  (Figura 1.36). Si el taller está en una ciudad en la que la presión atmosférica es  $p = 0.9 \text{ atm}$ , ¿cuál es la presión absoluta del aire de la llanta? Si el automóvil baja a la costa y se mantiene la misma presión manométrica de las llantas, ¿cuál será la nueva presión absoluta?

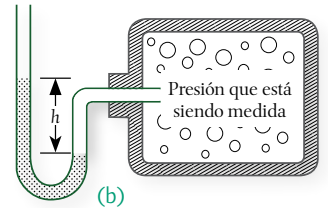
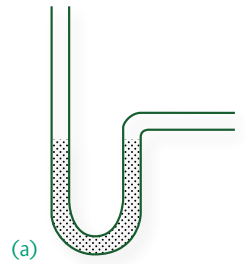


Figura 1.35 (a) Un manómetro de tubo abierto lleno con mercurio. (b) Cuando el manómetro se conecta a un dispositivo generador de presión, el mercurio sube para equilibrar la presión.



Figura 1.36 Midiendo la presión manométrica de un neumático.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Resuelve cuestionamientos y/o problemas sobre la presión hidrostática y la presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

- 2 La presión absoluta que genera una bomba de aire es de 1.2 atm. Si un manómetro de tubo abierto se conecta a la bomba, ¿cuál será la diferencia de alturas en las columnas de mercurio?

- 3 ¿Es posible que existan presiones manométricas negativas? ¿Y presiones absolutas? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

---



---

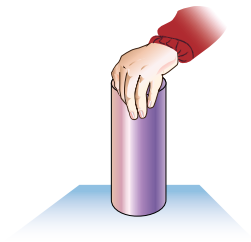


Figura 1.37 Transmisión de la acción externa en un cilindro sólido.

## Principio de Pascal

Los cuerpos sólidos transmiten la presión externa sólo en la dirección de la fuerza que se aplica. Por ejemplo, al presionar hacia abajo en la base superior de un cilindro vertical, la acción se transmitirá hacia la base inferior, es decir, en la dirección vertical, como se muestra en la Figura 1.37. No se notará ninguna fuerza horizontal ni una fuerza hacia arriba.

La situación es diferente en el caso de un cilindro lleno de agua con tres aberturas, como se muestra en la Figura 1.38a: una con un émbolo móvil y dos tapadas con corchos. En este cuerpo, si el émbolo se presiona hacia abajo, ambos corchos saldrán disparados (Figura 1.38b).

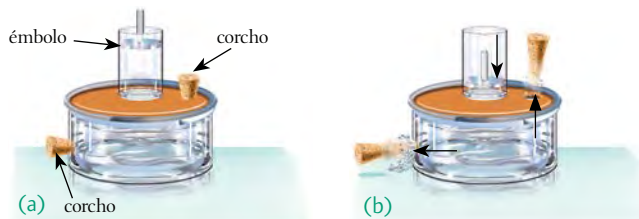


Figura 1.38 (a) Un cilindro lleno de agua con tres aberturas. (b) El cilindro expulsará los dos corchos cuando el émbolo se presiona hacia abajo.

El comportamiento de los corchos demuestra que una fuerza vertical dirigida hacia abajo, la cual actúa sobre un líquido encerrado en un recipiente, produce una fuerza horizontal y otra vertical dirigida hacia arriba. Esta propiedad de los líquidos, relacionada con la transmisión de la presión externa, fue descubierta y descrita por Blaise Pascal.

Sobre este comportamiento de los líquidos, Pascal formuló un principio que ahora se conoce como el **principio de Pascal**.

En el **principio de Pascal** la presión externa ejercida sobre una parte de un líquido encerrado en un recipiente, se transmite en todas direcciones y llega a todos los puntos del líquido sin disminuir su magnitud.

Pascal sabía bien que su descubrimiento permite amplificar las fuerzas y por ello decía que: “Si en un recipiente lleno de agua y completamente cerrado que tenga sólo dos

### GLOSARIO

**Principio.** Es una proposición universal y verdadera sobre un fenómeno físico que se obtiene de manera empírica. Aunque muchas veces no se puede demostrar, es posible observar y medir las manifestaciones y consecuencias de ese principio en cualquier fenómeno de la naturaleza.



aberturas –una de las cuales es 100 veces mayor que la otra– se pone un émbolo que ajuste de forma perfecta en cada una de ellas, y un hombre empuja el émbolo pequeño, entonces ejercerá una fuerza igual a la de 100 hombres que empujen el émbolo que es 100 veces mayor, y superará la fuerza de 99 hombres”.

Pascal llamaba a las máquinas que podrían construirse utilizando su descubrimiento “nuevo tipo de máquinas para multiplicar las fuerzas”, y las comparaba con las palancas y otras máquinas simples.

En la actualidad, el principio de Pascal constituye la base del funcionamiento de las máquinas hidráulicas que pueden ser desde una prensa y una rampa hidráulica, hasta los sistemas hidráulicos de la maquinaria pesada (Figura 1.39).

Para comprender la base física de las máquinas hidráulicas, se puede imaginar dos cilindros de áreas basales  $s$  y  $S$  cerrados, cada uno, por un émbolo en un extremo y conectados uno al otro por el otro, como se describe en la Figura 1.40.

Si se ejerce una presión  $p$  sobre el émbolo de área  $s$  con una fuerza  $f$ , esa presión  $p = f/s$  se transmite al otro émbolo de área  $S$ , donde se tendrá que  $p = F/S$ .

De la igualdad de las presiones:

$$\frac{F}{S} = \frac{f}{s}$$

se obtiene el cociente de las fuerzas:

$$\frac{F}{f} = \frac{S}{s}$$

Si el cociente de las áreas ( $S/s$ ) es grande, el cociente de las fuerzas ( $F/f$ ) también lo es.

Aumentar cinco veces la fuerza, como en el ejemplo resuelto, no implica que se pueda evadir la Ley de conservación de la energía. En las máquinas simples, la ventaja mecánica en las fuerzas fue compensada por la desventaja en los caminos recorridos. Lo mismo pasa en las máquinas hidráulicas.

Si por medio de una fuerza  $f$  se baja el émbolo pequeño una distancia  $D$ , el trabajo realizado es  $T = fD$ . El mismo trabajo se hace sobre el émbolo grande. ¿Cuál será la distancia  $d$  que se subirá?

El trabajo realizado sobre el émbolo grande ( $Fd$ ) es igual al trabajo realizado sobre el émbolo pequeño ( $fD$ ), como se observa en la Figura 1.41.

Al igualar los trabajos se obtiene:

$$Fd = fD$$

El cociente de los desplazamientos es:

$$\frac{D}{d} = \frac{F}{f}$$

Si, por ejemplo, la fuerza  $f$  sobre el émbolo pequeño es multiplicada cinco veces ( $F = 5f$ ) debido al valor del cociente entre las áreas de los émbolos ( $S = 5s$ ), el desplazamiento  $D$  del émbolo pequeño tiene que ser cinco veces mayor que el del émbolo grande ( $D = 5d$ ).

Cuando no debe moverse mucho el émbolo grande, como en el caso del sistema de frenado, es posible multiplicar la fuerza a costa de que el émbolo pequeño tenga que recorrer una distancia mayor.



Figura 1.39 La excavadora hidráulica es un ejemplo de la aplicación contemporánea del principio de Pascal.

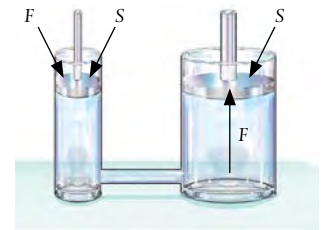


Figura 1.40 Esquema de una máquina hidráulica.

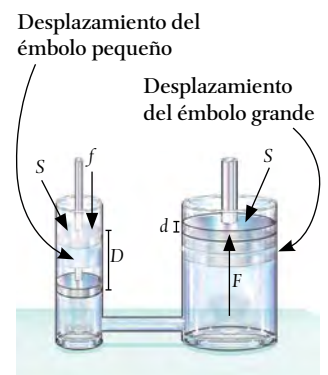


Figura 1.41 Los desplazamientos de los émbolos garantizan la igualdad de los trabajos realizados sobre ellos.

Sin embargo, esto no se aplica cuando se deben obtener movimientos considerables, como en el caso de una rampa hidráulica. Este dispositivo debe levantar un automóvil hasta una altura de 2 m. Por ello, es necesario revisar qué pasa cuando se olvida la Ley de la conservación de la energía y sus consecuencias respecto a las distancias que deben recorrer los dos pistones.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Comprende los principios de Arquímedes y Pascal, y su importancia en el diseño de ingeniería y de obras hidráulicas en general.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Diseña prototipos para demostrar lo que enuncia el Principio de Pascal.

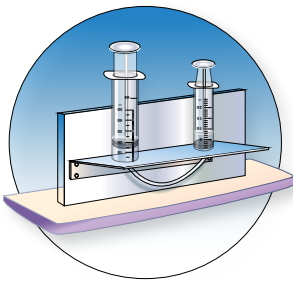


Figura 1.42 Una prensa hidráulica construida con dos jeringas conectadas mediante una manguera de plástico.

En esta actividad construirán en equipo un prototipo en el cual se pueda observar la manera en que el principio de Pascal influye en su comportamiento.

### Material

- 2 jeringas sin aguja de diferentes capacidades.
- 1 manguera de plástico que tenga un grosor equiparable con la boquilla de las jeringas.
- 1 cubeta con agua.

### Procedimiento

- 1 Llenen ambas jeringas con agua hasta, aproximadamente, la mitad de su capacidad y después sumérjanlas en el agua de la cubeta.
- 2 Llenen el interior de la manguera de plástico y sumérjanla también en el agua.
- 3 Dentro del agua, conecten las jeringas en cada extremo de la manguera justo como se observa en la [Figura 1.42](#).
- 4 De forma alternada empujen el émbolo de cada jeringa. ¿Cuál émbolo es más difícil de mover? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5 Mientras uno de sus compañeros empuja el émbolo de la jeringa con mayor capacidad con el dedo pulgar, otro empujará el émbolo de la jeringa pequeña con su dedo meñique. ¿En qué dirección se movieron los émbolos? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 ¿La presión en el interior de los émbolos y en la manguera cambia de acuerdo con el lugar que se analice o siempre es la misma? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Comprende los principios de Arquímedes y Pascal, y su importancia en el diseño de ingeniería y de obras hidráulicas en general.

Por equipos resuelvan los siguientes problemas o cuestionamientos sobre el principio de Pascal.

- 1 El artefacto llamado *jeringa de Pascal* consiste en un tubo con émbolo que termina en una esfera con varias perforaciones. Explica, a partir de la [Figura 1.43](#), cómo interviene el principio de Pascal en el comportamiento de este artefacto. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- 2 En un sistema de frenado, sobre el émbolo pequeño de área  $s = 5 \text{ cm}^2$ , se ejerce una fuerza  $f = 80 \text{ N}$ . Si el émbolo grande tiene área  $S = 25 \text{ cm}^2$ , ¿cuál es la fuerza  $F$  que ejerce el líquido sobre él?

- 3 En una prensa hidráulica el área del émbolo pequeño es  $s = 10 \text{ cm}^2$ . Cuando se aplica sobre éste la fuerza  $f = 100 \text{ N}$ , en el émbolo grande se genera la fuerza  $F = 12\,000 \text{ N}$ . ¿Qué tan grande es el área del émbolo mayor?

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

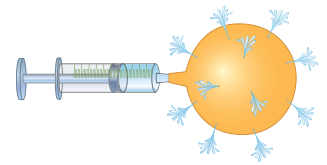


Figura 1.43 Cuando el cilindro y la esfera de la jeringa de Pascal están llenos de agua y se mueve el émbolo hacia la esfera, de cada orificio sale un chorro de agua con la misma fuerza.

## Principio de Arquímedes

El funcionamiento de los cruceros y globos aerostáticos se basa en la misma acción de los fluidos (Figuras 1.44a y b). Los barcos flotan debido a la *fuerza de empuje* del agua, mientras que el ascenso de los globos aerostáticos se debe a la fuerza de empuje del aire de la atmósfera. Esto es posible porque la densidad (promedio) de los barcos, es menor que la densidad del agua y porque la densidad de los globos, de aire caliente o de helio, es menor que la densidad de la atmósfera.

La **fuerza de empuje** es la fuerza dirigida verticalmente hacia arriba ejercida por los fluidos, como el agua y el aire, sobre los cuerpos sumergidos parcial o totalmente en ellos.

Cuando un cuerpo se sumerge total o parcialmente en un fluido, este último ejerce sobre el cuerpo una fuerza de empuje vertical ascendente. Si, por ejemplo, quieres sumergir un balón o un globo en el agua de una alberca, es necesario vencer la fuerza con la que el agua trata de regresar el balón a la superficie. Por otro lado, existen objetos que al ser más densos que el agua, no flotan y se sumergen en el interior del fluido, tal es el caso de una piedra. Sin embargo, puedes corroborar que los cuerpos que se hunden son más fáciles de sostener en el agua que en el aire.

La flotación es un fenómeno que depende tanto de la forma del cuerpo, como de las características del líquido. La actividad que sigue permite comprobar lo anterior.

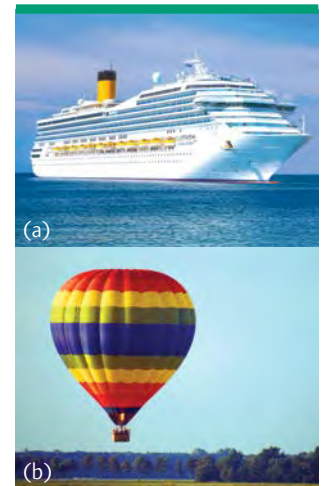


Figura 1.44 La flotación de un crucero (a) y el ascenso de un globo aerostático (b) tienen más en común de lo que pudiera parecer a primera vista.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Comprende los principios de Arquímedes y Pascal, y su importancia en el diseño de ingeniería y de obras hidráulicas en general.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



Figura 1.45 Un huevo fresco está dentro de un vaso con agua.

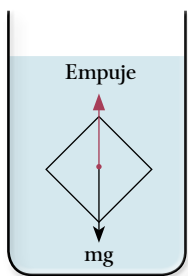


Figura 1.46 Cuando un cuerpo se sumerge en un líquido, éste ejerce un empuje ascendente que se opone al peso del cuerpo y su magnitud es igual al peso del fluido desplazado.

En esta actividad analizarás las variables de las que depende la fuerza de flotación.

### Material

- 1 bola de plastilina.
- 1 recipiente con agua.
- 1 huevo fresco.
- 1 vaso con agua.
- Sal.

### Procedimiento

- 1 Haz una bola con la plastilina y déjala caer suavemente en el agua. ¿La bola se hunde o flota? \_\_\_\_\_
- 2 Cambia la forma de la plastilina y ahora haz una bola hueca o bien denle la forma de una media esfera hueca (como un barco). Es importante que utilices la misma cantidad de masa que usaste en la actividad anterior. ¿La bola se hunde o flota? \_\_\_\_\_
- 3 A partir de lo observado infiere de qué depende la flotabilidad de la plastilina.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4 ¿Cuál densidad es mayor, la de la bola sólida de plastilina o la de la hueca?  
\_\_\_\_\_
- 5 Sumerge el huevo fresco en el agua. Éste se hunde (Figura 1.45).
- 6 Agrega sal al agua hasta que el huevo suba y toque la superficie. ¿Qué propiedad del agua se modifica cuando se le disuelve sal? \_\_\_\_\_
- 7 ¿La densidad del agua salada es mayor, menor o igual que la densidad del agua dulce?  
\_\_\_\_\_

Después de haber realizado la actividad anterior es fácil comprender que, en términos generales, la flotabilidad de un cuerpo depende tanto de sus propiedades, como de las del líquido. En particular pudiste concluir que la fuerza de flotación depende del volumen del cuerpo sumergido y de la densidad del fluido en el cual se sumerge.

Los resultados anteriores se resumen en lo que se conoce como el *principio de Arquímedes*.

El **Principio de Arquímedes** es la fuerza de empuje con que el agua (u otro líquido) actúa sobre un cuerpo sumergido, es igual en magnitud al peso del agua desalojada (Figura 1.46).

La fórmula matemática correspondiente es:

$$F = mg$$

donde  $F$  es la fuerza de flotación,  $m$  la masa del líquido desplazado y  $g = 9.8 \text{ N/kg}$  es el factor de peso.

De acuerdo con la fórmula para calcular la densidad, la masa del líquido estaría dada por:

$$m = \rho V$$

donde  $\rho$  es la densidad del fluido y  $V$  es el volumen del fluido desalojado. Sustituyendo esa expresión para la masa en la fórmula de la fuerza de flotación, se tiene entonces:

$$F = \rho V g$$

Esta cuantificación de la fuerza de empuje la formuló Arquímedes (287-212 a. C.) y en su honor lleva su nombre.

## Situaciones en las que es posible la flotación de un cuerpo

En ausencia de una intervención externa, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo sumergido en un fluido son el peso y la fuerza de empuje. La relación entre estas dos fuerzas determina el comportamiento que tendrá el cuerpo en el interior del fluido.

La fuerza de empuje es  $F = \rho_l V g$ , donde  $\rho_l$  es la densidad del líquido desalojado,  $V$  es el volumen del cuerpo que desaloja el líquido y  $g$  es el factor de peso.

Por otro lado, el peso del cuerpo es  $W = \rho_c V g$  donde  $\rho_c$  es la densidad del cuerpo.

El cociente de la fuerza de empuje y del peso del cuerpo es igual al cociente de las densidades:

$$\frac{F}{W} = \frac{\rho_l V g}{\rho_c V g} = \frac{\rho_l}{\rho_c}$$

El comportamiento de un cuerpo sumergido completamente en el líquido, en ausencia de intervención externa, depende de la relación entre su densidad y la del líquido. Por tanto, existen tres casos posibles:

1. **La densidad del líquido es menor que la densidad del cuerpo ( $\rho_l < \rho_c$ ).** La fuerza de empuje es menor que el peso del cuerpo ( $F < W$ ). El cuerpo se hundirá. Para que esto no suceda, será necesario jalarlo hacia arriba.
2. **La densidad del líquido es igual a la densidad de cuerpo ( $\rho_l = \rho_c$ ).** La fuerza de empuje es igual al peso del cuerpo ( $F = W$ ), lo que le permitirá mantenerse en equilibrio en el seno del líquido (ni sube, ni baja). Esta fuerza se aplica para entrenar a los astronautas ¡bajo el agua! (Figura 1.47)
3. **La densidad del líquido es mayor que la densidad del cuerpo ( $\rho_l > \rho_c$ ).** La fuerza de empuje es mayor que el peso del cuerpo ( $F > W$ ), por lo que el cuerpo sube hasta que el peso y la fuerza de empuje se igualen. Para que esto ocurra, una parte del cuerpo tiene que salir del líquido (Figura 1.48). En esa situación, el peso del cuerpo es igual a la fuerza de empuje producida por el fluido, es decir:

$$\rho_{\text{cuerpo}} V_{\text{total}} g = \rho_{\text{líquido}} V_{\text{sumergido}} g$$

Al cancelar el factor de peso y reordenar los términos anteriores, se tiene:

$$\frac{\rho_{\text{cuerpo}}}{\rho_{\text{líquido}}} = \frac{V_{\text{sumergido}}}{V_{\text{total}}}$$



Figura 1.47 Un astronauta entrena bajo el agua en la alberca techada más grande del mundo ( $33.5 \text{ m} \times 66.3 \text{ m} \times 12.2 \text{ m}$ ), dentro del Laboratorio de Flotación Neutra en el Centro Espacial Johnson en Houston, Texas.

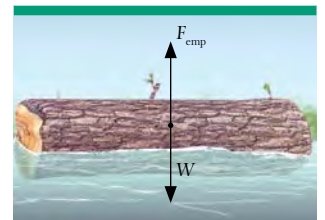


Figura 1.48 Cuando un cuerpo flota, la fuerza de empuje es igual al peso del cuerpo.

## EJEMPLOS

- 1 Un cuerpo que tiene una masa de 3.7 kg y un volumen  $V = 0.002 \text{ m}^3$  se sumerge completamente en agua.
- Determinar la fuerza de empuje que se ejerce sobre dicho cuerpo.
  - Determinar si el cuerpo flotará, se hundirá o se encontrará en equilibrio.

## Solución

- a) La fuerza de empuje depende de la densidad del agua, del volumen sumergido del cuerpo y del factor de peso. Como la densidad del agua es  $\rho_l = 1000 \text{ kg/m}^3$ , entonces la fuerza de empuje es:

$$F = \rho_l V g = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.002 \text{ m}^3 \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 19.6 \text{ N}$$

- b) Para determinar si el cuerpo flota o se hunde, se calcula primero la densidad del cuerpo mediante el cociente de su masa entre su volumen:

$$\rho_c = \frac{m}{V} = \frac{3.7 \text{ kg}}{0.002 \text{ m}^3} = 1850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Como la densidad del cuerpo es mayor que la densidad del agua, entonces, en ausencia de una intervención externa, el cuerpo se hundirá. El peso del cuerpo,  $3.7 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 36.36 \text{ N}$ , es mayor que la fuerza de empuje.

- 2 Un tornillo de acero ( $7800 \text{ kg/m}^3$ ) con una masa de 5 g está sumergido totalmente en agua. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza de empuje que se ejerce sobre éste?

## Solución

El cociente entre la fuerza de empuje producida por el agua y el peso del tornillo, es igual al cociente de las densidades del agua y el tornillo mismo, es decir:

$$\frac{F}{W} = \frac{\rho_l}{\rho_c} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.13$$

Lo anterior significa que la fuerza de empuje es 0.13 veces el peso del cuerpo. Por otro lado, el peso del cuerpo está dado por:

$$W = mg = 0.005 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 0.049 \text{ N}$$

Con anterioridad se obtuvo que:

$$\frac{F}{W} = 0.13$$

del que se despeja la fuerza de empuje para obtener:

$$F = 0.13W = 0.13 \cdot 0.049 \text{ N} = 0.006 \text{ N}$$

- 3 La densidad del hielo de un iceberg (Figura 1.49) es  $\rho_h = 917 \text{ kg/m}^3$  y la correspondiente al agua de mar es  $\rho_m = 1025 \text{ kg/m}^3$ . ¿Qué porcentaje del iceberg se encuentra sumergido en el agua y qué porcentaje está expuesto por encima de la superficie?



Figura 1.49 ¿Qué tanto del volumen de un iceberg está escondido bajo el agua?

**Solución**

El porcentaje del volumen del iceberg que está bajo el agua es igual al cociente de la densidad del cuerpo entre la densidad del líquido.

$$\frac{V_{\text{sumergido}}}{V_{\text{total}}} = \frac{\rho_{\text{cuerpo}}}{\rho_{\text{líquido}}}$$

Al sustituir los valores de las densidades del hielo y del agua de mar se tiene:

$$\frac{V_{\text{sumergido}}}{V_{\text{total}}} = \frac{917 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.895$$

Por tanto, el porcentaje del iceberg que está bajo el agua es  $0.895 \times 100 = 89.5\%$  y así, sólo 10.5% de éste se encuentra expuesto por encima de la superficie.

**WEB****Fuerza de empuje para simular ingravidez**

Durante su estadía en el espacio, los astronautas realizan muchas actividades fuera de la nave espacial. Como se mueven junto con la nave en órbita, no sienten los efectos de la gravedad (flotan respecto de la nave).

Con el fin de entrenarlos para esas actividades, la NASA construyó el Laboratorio de Flotación Neutra. Revisa la información contenida en los siguientes vínculos e investiga en qué consiste este laboratorio.

<https://goo.gl/aLmeLs> y <http://goo.gl/dliouD>

**CONEXIONES****La flotación y el hundimiento de los humanos**

Aunque parezca difícil de creer, el cuerpo humano, en condiciones normales, flota en el agua. Esto se debe a que la densidad promedio del cuerpo es menor que la del agua.

Aunque muchas partes del cuerpo humano (huesos, músculos, sangre, etc.) tienen una densidad mayor que la del agua, la presencia de aire en los pulmones permite que la densidad promedio sea menor.

Por ello, si alguien no sabe nadar y cae al agua por accidente, lo mejor que puede hacer es tranquilizarse, extender las manos y las piernas, cerrar la boca y respirar por la nariz para que el empuje del agua lo mantenga flotando (Figura 1.50).

Trabajen en equipos e investiguen el valor de la densidad promedio del cuerpo humano. Con base en ese valor determinen qué porcentaje del cuerpo se mantiene sumergido en el agua. Con base en sus resultados determinen si el cuerpo humano tiende a hundirse o a flotar, y expliquen por qué mucha gente que no sabe nadar se ahoga aun cuando su cuerpo flote. Anoten en su cuaderno toda esta información para discutir en plenaria sus resultados.

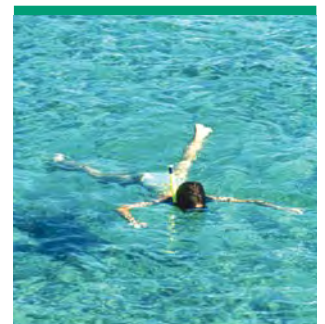


Figura 1.50 Una persona puede flotar en el mar sin tener que hacer movimiento alguno.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Comprende los principios de Arquímedes y Pascal, y su importancia en el diseño de ingeniería y de obras hidráulicas en general.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



**Figura 1.51** Un hielo flota en un vaso lleno de agua hasta el borde. ¿El agua se derramará cuando el hielo se derrita?

Por equipos resuelvan los siguientes problemas o cuestionamientos sobre el principio de Arquímedes.

- 1 Un globo está sumergido en el agua y otro flota en el aire; ambos están sujetos a iguales fuerzas de empuje. ¿Cuál aseveración sobre sus volúmenes es la correcta? Justifiquen su respuesta.

- Los globos tienen el mismo volumen.
- El globo en el agua tiene mayor volumen.
- El globo en el aire tiene mayor volumen.

---



---

- 2 Dos esferas hechas de diferentes metales tienen el mismo volumen ( $1 \text{ dm}^3$ ) pero diferentes pesos. Una pesa 27 newtons y la otra, 78. Las esferas se sumergen completamente en agua. ¿Cuál aseveración es correcta? Justifiquen su selección de la respuesta.

- La esfera de 78 newtons experimenta mayor fuerza de empuje.
- La esfera de 27 newtons experimenta mayor fuerza de empuje.
- Ambas esferas experimentan la misma fuerza de empuje.

---



---

- 3 En un vaso lleno de agua hasta el borde flota un cubo de hielo (Figura 1.51). ¿El agua se derrama cuando se derrite el hielo? Justifiquen su respuesta.

---



---

- 4 ¿Cuál es la fuerza de empuje que actúa sobre un cuerpo sumergido en el agua cuyo volumen es  $V = 0.005 \text{ m}^3$ ? Consideren que la densidad del agua es  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

- 5 Una esfera de radio  $r = 0.1 \text{ m}$  está sumergida completamente en queroseno. La fuerza de empuje que ejerce esta sustancia sobre la esfera es  $F = 32.8 \text{ N}$ . ¿Cuál es la densidad del queroseno?

- 6 Un cubo de lado  $a_1 = 10$  cm totalmente sumergido en agua, experimenta una fuerza de empuje  $F_1 = 10$  N. ¿Qué fuerza de empuje experimentaría un cubo de lado  $a_2 = 20$  cm totalmente sumergido en agua?
- $F_2 = 20$  N.
  - $F_2 = 40$  N.
  - $F_2 = 60$  N.
  - $F_2 = 80$  N.

## Hidrodinámica

El estudio del movimiento de los fluidos ha ayudado al ser humano a responder preguntas intrigantes como: ¿cómo es posible medir la velocidad a la que viaja un avión?, ¿cómo se calcula el caudal de un río?, cuando un líquido incrementa su velocidad, ¿también aumenta su presión interna?

La hidrodinámica y la aerodinámica estudian diferentes tipos de movimiento de los líquidos y los gases, así como las causas que los originan. Estos movimientos, especialmente los diseñados para satisfacer las necesidades básicas de las personas, son importantes para la humanidad, por ejemplo: los sistemas de suministro de agua potable requieren de la hidrodinámica para garantizar que el agua llegue a las distintas regiones de un estado o país (Figura 1.52a). Asimismo, en el diseño y construcción de una red de oleoductos para el transporte de crudo, se deben conocer las presiones, alturas y velocidades adecuadas para que el fluido se transporte correctamente de un lugar a otro (Figura 1.52b).

## Flujos laminar y turbulento

Es posible imaginar que el movimiento de un fluido consiste en el movimiento de pequeños elementos del fluido. Éstos son diminutos en comparación con las dimensiones de los recipientes o tubos por los que se mueve el fluido, pero son lo suficientemente grandes en comparación con el tamaño de las moléculas del fluido. Es decir, se les puede atribuir valores de densidad y presión, cantidades que no se pueden definir para las moléculas individuales.

Para simplificar estas consideraciones, se puede suponer que el fluido no cambia de volumen con el movimiento. Claro está que la suposición anterior es válida sólo para los líquidos que son, en gran medida, **incompresibles** (los gases no son capaces de mantener su volumen).

La trayectoria de un elemento del fluido en movimiento se llama **línea de flujo** (Figura 1.53).

Respecto al comportamiento de las líneas de flujo, el movimiento de los fluidos puede ser un flujo laminar o uno turbulento.



Figura 1.52 Es necesario conocer a detalle el comportamiento de los fluidos para lograr el buen funcionamiento de sistemas que distribuyen líquidos, como son el sistema de agua potable (a) y los oleoductos (b).

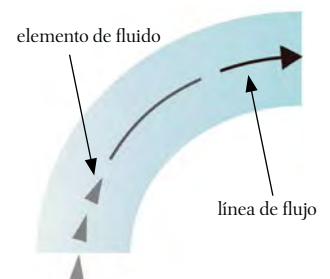


Figura 1.53 La línea de flujo es la trayectoria de un elemento del fluido.

## GLOSARIO

**Velocidad.** Es el cociente del desplazamiento realizado en la unidad de tiempo.



(a)



(b)

Figura 1.54 El movimiento de los fluidos puede ser un flujo laminar (a) o un flujo turbulento (b).

El **flujo laminar** es el movimiento de un fluido en el que las líneas de flujo no se interceptan, los elementos del fluido no giran y el cambio de la **velocidad** es suave, como se ilustra en la **Figura 1.54a**. Eso, generalmente, ocurre cuando la velocidad del fluido no es muy grande.

El **flujo turbulento** es el movimiento de un fluido en el que las líneas de flujo se interceptan, hay cambios bruscos de las velocidades y se forman remolinos. Este tipo de flujo ocurre, por ejemplo, cuando el fluido se mueve muy rápido alrededor de una esfera (**Figura 1.54b**).

## Flujo volumétrico

Cuando un líquido fluye a través de un tubo, la situación más sencilla es en la que el flujo no cambia con el tiempo. ¿De qué manera se puede cuantificar el flujo del líquido?

La cantidad física que describe el flujo cuantitativamente es el *flujo volumétrico*.

El **flujo volumétrico** es el volumen de líquido que pasa por una sección transversal de una tubería en una unidad de tiempo.

Al flujo volumétrico también se le conoce como gasto volumétrico o simplemente gasto. Para encontrar la fórmula de esta cantidad física, puede suponerse que a través de una sección transversal de tubería pasa en el tiempo  $t$  una cantidad de líquido cuyo volumen es  $V$ . ¿Cuál es el volumen del líquido que pasa por la sección en la unidad de tiempo?

No es difícil concluir que la cantidad que se busca se obtiene al dividir el volumen  $V$  entre el tiempo  $t$ . Entonces, si se usa el símbolo  $G$  para denotar el flujo volumétrico, la fórmula correspondiente es:

$$G = \frac{V}{t}$$

En el SI, la unidad para el flujo volumétrico se obtiene al dividir la unidad de volumen, que es un metro cúbico ( $\text{m}^3$ ), entre la unidad de tiempo, es decir, un segundo ( $\text{s}$ ). Por eso, el flujo volumétrico se expresa como:  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Sin embargo, hay otras unidades posibles para medir el flujo volumétrico cuyo uso, para algunas situaciones, sería más práctico. Una de estas posibles unidades es el decilitro por segundo ( $\text{dl}/\text{s}$ ), la cual es la unidad apropiada para expresar el flujo volumétrico como se verá en la siguiente actividad.

### EN ACCIÓN

En esta actividad medirán el flujo volumétrico que existe en un grifo de agua. Para ello, reúnanse en tríos y consigan el siguiente **material**:

- 1 botella de refresco de 2 L.
- Cronómetro.
- Grifo de agua.
- Plumón o cinta adhesiva.
- Embudo.

#### Procedimiento

- 1 Marquen con el plumón o cinta adhesiva el nivel hasta donde llega el refresco para medir el volumen de 2 L.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

- 2 Pongan el embudo en la boca de la botella y colóquenlo bajo el grifo cuyo flujo volumétrico van a medir (Figura 1.55).
- 3 Activen el cronómetro al momento de abrir el grifo. Para que el aire que se encontraba en la botella salga sin problema, levanten el embudo levemente de modo que no toque la boca del envase durante el llenado.
- 4 Detengan el cronómetro cuando el agua alcance el nivel que corresponde a 2 L, cierren el grifo y anoten el número de segundos que hayan pasado. Registren abajo sus resultados.  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 5 Calculen el flujo volumétrico y cuiden mucho las unidades en que registraron tanto el volumen como el tiempo medido con el cronómetro. Escriban el valor del gasto que calcularon. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 6 Expresen la magnitud del flujo volumétrico que calcularon en: a) metros cúbicos sobre segundo y b) litros por minuto. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 7 ¿Cuánto tiempo se necesita para que del grifo salga 1 L de agua? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 8 ¿Cuánta agua saldrá del grifo en media hora? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Si el agua fluye a la misma velocidad a través de dos tubos, el de mayor área de sección transversal tendrá un gasto mayor. En otras palabras, proporcionará más litros por segundo.

Si el agua fluye a través de dos tubos que tienen la misma área de sección, el tubo en el que el agua fluya a mayor velocidad tendrá un flujo volumétrico más grande.

De estas relaciones se concluye que el flujo volumétrico en un tubo, depende de su sección transversal y de la velocidad con que el agua fluye a través del él.

A través de un tubo cuya área de sección transversal es constante e igual a  $S$ , fluye agua a una velocidad  $v$  (Figura 1.56). Si el líquido fluye a velocidad  $v$ , significa que todos los elementos pequeños fluyen a esa velocidad. Después de transcurrido un tiempo  $t$ , los elementos del líquido que estaban en la sección transversal 1 estarán en la sección transversal 2, pues habrán recorrido la distancia  $d = vt$ .

El volumen del líquido que ha atravesado la sección transversal 1 en el tiempo  $t$ , es igual al volumen de líquido contenido entre las secciones transversales 1 y 2:

$$V = Sd = Svt$$

El flujo volumétrico  $G$  es igual a:

$$G = \frac{V}{t} = \frac{Svt}{t} = Sv$$

#### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



Figura 1.55 Forma en que debe colocarse la botella con el embudo bajo el grifo.

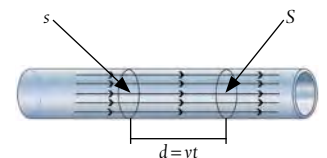


Figura 1.56 Flujo laminar de un líquido a través de un tubo de área constante.

Entonces, si el líquido fluye a velocidad  $v$  a través de un tubo de área de sección transversal  $S$ , el flujo volumétrico  $G$  es igual al producto del área y de la velocidad.

Como la sección transversal de los tubos es un círculo, su área es:

$$S = \pi r^2$$

donde  $r$  es el radio del tubo.

Por tanto, el flujo volumétrico en un tubo cuyo radio interno es  $r$  a través del cual el líquido fluye a velocidad  $v$ , es igual a:

$$G = \pi r^2 v$$

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Resuelve los siguientes problemas y cuestionamientos sobre el flujo volumétrico.

- 1 Para suministrar 30 L de gasolina a un automóvil, una bomba de gasolina necesita 180 s (Figura 1.57).

- a) ¿Cuánto es el gasto de la bomba en litros por segundo?  
b) ¿Y en metros cúbicos por hora?

- 2 Usando la información del problema anterior, ¿qué información obtendrás si divides 180 s entre 30 L? \_\_\_\_\_

- 3 En el punto inicial de un sistema cerrado de tuberías, el medidor de gasto indica el valor de 4 L por segundo. Sin embargo, el medidor muestra, en el punto final, un valor de 3.5 L por segundo. ¿Qué conclusión se obtiene de la diferencia entre estos valores de flujo volumétrico? \_\_\_\_\_

- 4 Una alberca cuyas dimensiones son de 8 m × 3 m, se llena hasta una altura de 1.5 m. Si el flujo volumétrico de la llave que suministra el agua es de 10 L/s, ¿cuánto tiempo se necesita para que la alberca se llene?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



Figura 1.57 Cargando gasolina.

- 5 Cuando el cuerpo humano está en reposo, el corazón envía a la aorta 4.6 L de sangre cada minuto. Al realizar algún esfuerzo excepcional, como cuando se practica un deporte, la cantidad de sangre enviada a la aorta aumenta hasta 25 L cada minuto. Si el área de la abertura de la aorta es  $S = 0.81 \text{ cm}^2$ , ¿cuál es la velocidad media de la sangre cuando entra en la aorta en cada uno de estos casos?

## CONEXIONES

### La velocidad de la sangre en la aorta

El flujo volumétrico de la sangre en la aorta es de aproximadamente 5 L por minuto. ¿Es posible encontrar la velocidad a la que viaja la sangre en esta arteria? Investiga los datos necesarios y determina, mediante las herramientas que has aprendido hasta el momento, la velocidad promedio a la que se mueve la sangre dentro de la aorta. Anota en tu cuaderno tus resultados.

## Flujo másico

A veces conviene saber no sólo el volumen del líquido que fluye, sino también su masa. La cantidad física que proporciona tal información es el *flujo másico*.

El **flujo másico** es igual, numéricamente hablando, a la masa de líquido que pasa por una sección de la tubería en la unidad de tiempo.

Para encontrar la fórmula del flujo másico, basta saber que la masa del líquido  $m$  se obtiene multiplicando su volumen  $V$  por su densidad  $\rho$ . ¿Cuál es la masa del líquido que pasa por la sección en la unidad de tiempo? Ésta se obtiene al dividir la masa  $m$  del líquido entre el tiempo  $t$ . Entonces, si se usa el símbolo  $M$  para denotar el flujo másico, la fórmula correspondiente es:

$$M = \frac{m}{t} = \frac{\rho V}{t} = \rho \frac{V}{t} = \rho G$$

De esta manera, el flujo másico es igual al producto de la densidad del líquido y el flujo volumétrico.

En el SI, la unidad para el flujo másico se obtiene al dividir la unidad de masa, que es un kilogramo (kg), entre la unidad de tiempo, que es un segundo (s). Por eso, el flujo másico se expresa en la unidad kg/s.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

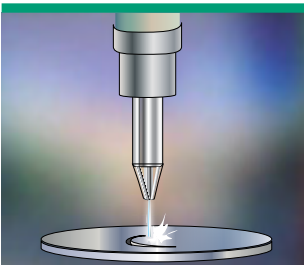


Figura 1.58 Una cortadora de agua a presión corta gracias a la alta velocidad con la que el agua impacta una superficie.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

Resuelvan en equipos los siguientes problemas y cuestionamientos referentes al flujo másico.

- 1 Por dos mangueras con las mismas dimensiones circulan dos fluidos diferentes. Si por la primera manguera fluyera agua y por la otra aceite, y en ambas el flujo volumétrico fuera el mismo, ¿los flujos másicos serían iguales? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

- 2 Calculen la cantidad de sangre (en litros) que pasa cada minuto por la aorta en el punto en que su radio es de 0.7 cm y la velocidad de la sangre es de 1.2 m/s. ¿Cuál es, aproximadamente, el flujo másico en la aorta? La densidad de la sangre es cercana a 1 kg/L.

- 3 Las cortadoras de agua de alta presión (Figura 1.58) que generan de 100 hasta 400 MPa, lanzan un chorro de agua a alta velocidad que va de 800 a 1000 m/s. El chorro, antes de su salida, se mezcla con micropartículas abrasivas que ayudan a cortar, de manera precisa, cerámica, piedra, vidrio y metales. Si la sección transversal del chorro es de 2 mm<sup>2</sup> y el agua sale a una velocidad de 800 m/s, ¿cuál es la masa de agua que se gasta en 1 minuto de operación?

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### Consumo diario de agua en el hogar

El servicio de agua potable de uso doméstico se paga, comúnmente, según su consumo. Para ello, el proveedor del servicio determina el uso en un hogar particular mediante el medidor y emite facturas que por lo normal corresponden al consumo realizado durante uno o dos meses (Figura 1.59).

- 1 Consulten las facturas de agua de sus hogares y calculen el consumo diario promedio. Discutan qué procedimiento será el más adecuado para calcularlo. ¿En qué unidades se expresa el consumo de agua?, ¿cuál es el tiempo en el que se registró dicho consumo?

- 2 Utiliza la fórmula de flujo volumétrico para calcular el consumo diario promedio de agua en tu casa. Escribe tu resultado en el espacio de abajo usando las unidades de a) litros por día y b) metros cúbicos por segundo. \_\_\_\_\_
- 3 Emplea la densidad del agua para calcular el flujo másico diario promedio que se consume en tu casa. Expresa tu resultado en a) kilogramos por día y b) kilogramos por segundo. \_\_\_\_\_



Figura 1.59 Los proveedores del servicio de agua potable calculan el consumo de agua en un hogar mediante medidores.

## Ecuación de continuidad

Cualquiera que haya observado la forma del chorro de agua que sale de un grifo, habrá notado que la sección transversal, a lo largo del chorro, se hace más pequeña (Figura 1.60).

Como el chorro está en caída libre, las partes más alejadas de la llave se mueven a mayor velocidad. ¿Por qué el movimiento del chorro tiene este comportamiento?

Para responder esa pregunta es necesario considerar qué ley se aplica para el flujo laminar a través de un tubo cuya área de sección transversal cambia de  $S_1$  a  $S_2$  con la condición de que  $S_1$  sea mayor que  $S_2$  (Figura 1.61).

La ley que condiciona el flujo volumétrico que pasa a través de una tubería se conoce como *Principio de continuidad*.

El **Principio de continuidad** dice que si el fluido es incompresible y el tubo no tiene fugas, el volumen del fluido que en un tiempo  $t$  pasa por la sección  $S_1$ , tiene que ser igual al volumen del fluido que pasa en el mismo tiempo por la sección  $S_2$ .

En otras palabras, el flujo volumétrico  $G_1$  en el tubo ancho debe ser igual al flujo volumétrico  $G_2$  en el tubo angosto.

Como un fluido incompresible mantiene su densidad, el Principio de continuidad afirma que el flujo másico se mantiene constante a lo largo del tubo sin importar el tamaño de la sección. De esta manera, el Principio de continuidad está relacionado con la **conservación de la masa** del líquido fluyente.

Si la velocidad del fluido en la sección  $S_1$  es  $v_1$  y en la sección  $S_2$  es  $v_2$ , tiene que ser cierto que:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

Esta ecuación se llama **ecuación de continuidad**. De aquí se tiene que:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{S_1}{S_2}$$

El cociente de las velocidades en diferentes secciones del tubo es igual al inverso del cociente de las áreas de las secciones correspondientes. Si  $S_1 > S_2$ , entonces  $v_2 > v_1$ .

Mientras más pequeña sea el área de la sección transversal, más grande será la velocidad del fluido que pasa a través de ella, y viceversa.

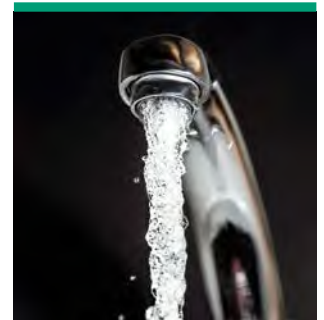


Figura 1.60 Forma del chorro de agua que sale de un grifo.

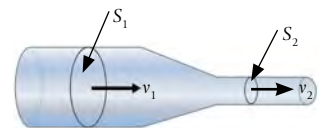


Figura 1.61 Flujo laminar a través de un tubo cuya área de sección transversal cambia de  $S_1$  a  $S_2$ .

Ahora es posible comprender el comportamiento del chorro que sale de la llave. Las partes de éste que se mueven a mayor velocidad deben tener una sección transversal menor, sólo así se mantiene la conservación de la masa.

### EJEMPLO



Figura 1.62 Detalle del oleoducto de Alaska, una de las más impresionantes instalaciones hidráulicas del mundo.

En el oleoducto de Alaska (Figura 1.62) se soldaron tubos de acero con un área interna  $S = 1.118 \text{ m}^2$  (el radio interno es de casi 0.6 m) para formar el oleoducto cuya longitud es  $d = 1\,288 \text{ km}$ . En operación normal, el flujo volumétrico del oleoducto es  $G = 22\,135 \text{ galones/segundo}$ .

- ¿Cuál es el flujo volumétrico en metros cúbicos por segundo?
- ¿Cuál es la velocidad del crudo en el tubo del oleoducto?
- ¿Cuánto tiempo tarda el crudo en viajar de un extremo del oleoducto al otro?

### Solución

- a) Ya que un galón es igual a 3.785 L, el flujo volumétrico en litros por minuto es:

$$G = \frac{22\,135 \text{ gal}}{\text{min}} \cdot 3.785 \frac{\text{L}}{\text{gal}} = 83\,781 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Como 1 L es igual a  $0.001 \text{ m}^3$  y un segundo es  $1/60$  de un minuto, entonces el flujo volumétrico en las unidades requeridas es:

$$G = \frac{83\,781 \text{ L}}{\text{min}} \cdot 0.001 \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{min}}{\text{s}} = 1.396 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- b) La velocidad a la que viaja el crudo en el oleoducto es:

$$v = \frac{G}{S} = \frac{1.396 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1.118 \text{ m}^2} = 1.249 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4.5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

La velocidad de crudo es comparable a la velocidad de una lenta caminata.

- c) El tiempo  $t$  que tarda el crudo en atravesar el oleoducto es:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{1\,288 \text{ km}}{4.5 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 286.2 \text{ h} = 11.0 \text{ días}$$

El crudo que sale del oleoducto fue inyectado casi 12 días antes.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En equipos resuelvan los siguientes problemas y cuestionamientos.

- De una manguera de jardín sale un chorro de agua a una velocidad  $v_1 = 1.5 \text{ m/s}$ . Si el área de la abertura se reduce de  $S_1 = 2.4 \text{ cm}^2$  a  $S_2 = 1.2 \text{ cm}^2$ , ¿a qué velocidad  $v_2$  saldrá el agua?

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

- 2 El agua llega hasta una regadera a través de un tubo de radio interno  $r = 6.4$  mm, y sale de ella mediante 30 pequeños orificios, cada uno de radio  $r_1 = 0.08$  mm. Al abrir la llave el agua se mueve en el tubo a una velocidad de 90 cm/s.

a) ¿Cuál es el flujo volumétrico de la regadera en litros por segundo?

b) ¿A qué velocidad sale el agua de los orificios?

c) ¿Es posible aumentar la velocidad sin abrir más la llave? Justifiquen su respuesta.

---



---

- 3 El agua entra en un extremo de un tubo cuya área  $S_1 = 4$  cm<sup>2</sup> a una velocidad  $v_1$ . Si el otro extremo del tubo tiene área  $S_2 = 2$  cm<sup>2</sup>, el valor de la velocidad de salida  $v_2$  es:

a)  $\frac{v_1}{4}$     b)  $\frac{v_1}{2}$     c)  $2v_1$     d)  $4v_1$     e) Ninguno de los anteriores.

Justifiquen su respuesta.

- 4 El agua entra en un extremo de un tubo de área  $S_1$  a una velocidad  $v_1 = 2$  m/s. Si el agua sale del otro extremo a una velocidad  $v_2 = 4$  m/s, el valor del área de salida  $S_2$  es:

a)  $\frac{S_1}{4}$     b)  $\frac{S_1}{2}$     c)  $2S_1$     d)  $4S_1$     e) Ninguno de los anteriores.

- 5 El agua fluye por una manguera de bomberos cuyo diámetro interno es  $D = 5$  cm con un flujo volumétrico de 280 L por minuto. ¿Cuál debe ser el diámetro  $d$  de la salida de agua para que ésta salga a una velocidad de 28 m/s?

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

## Ecuación de Bernoulli

Las características de un fluido en movimiento son diferentes a las del mismo fluido en reposo. Esto resulta evidente en la siguiente actividad.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



Figura 1.63 Posición en la que deben colocarse las dos hojas de papel.



Figura 1.64 Posición en la que deben colocarse las dos velas encendidas cuyas llamas deben acercarse.

### EN ACCIÓN

Trabaja en equipos y consigan dos hojas de papel y dos velas. Posteriormente realicen las actividades que se indican a continuación:

- 1 Sostengan frente a su rostro las dos hojas de papel en posición vertical separadas a una distancia de aproximadamente 5 cm, justo como se muestra en la Figura 1.63. Soplen fuerte entre las dos hojas y después registren sus observaciones. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- 2 Sobre una mesa lisa, coloquen las dos velas encendidas separadas a una distancia de 5 cm, como se muestra en la Figura 1.64. Ahora soplen justo entre las dos llamas. Registren sus observaciones. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El resultado de la actividad anterior sugiere que la presión del aire en movimiento (que pasa entre las hojas y las llamas) es menor que la presión normal del aire en reposo. Por eso el aire en reposo acerca las hojas y las llamas.

Esta relación cualitativa entre la disminución de la presión de un fluido (gas o líquido) y el aumento de su velocidad, fue descubierta por Daniel Bernoulli (1700-1782) a la cual se le conoce como **Principio de Bernoulli**. La relación cuantitativa entre el cambio de la presión y el de velocidad se expresa mediante la **ecuación de Bernoulli**.

La ecuación de Bernoulli es una consecuencia de la Ley de conservación de la energía. Para simplificar la derivación de la ecuación conviene considerar los cambios energéticos de un elemento del fluido que se mueve a través de un tubo esquematizado (Figura 1.65).

El volumen del elemento de fluido no cambia al pasar de una posición a otra:

$$S_1 d_1 = S_2 d_2$$

lo que cambia es su velocidad (aumenta de  $v_1$  a  $v_2$ ), su altura (aumenta de  $h_1$  a  $h_2$ ) y su presión (se modifica de  $p_1$  a  $p_2$ ). El cambio en la presión se determinará por la Ley de conservación de la energía mecánica.

El trabajo neto que se realiza sobre el elemento considerado, es igual a la diferencia de los trabajos efectuados en las secciones "1" y "2":

$$T_{\text{neto}} = T_1 - T_2 = F_1 d_1 - F_2 d_2 = p_1 S_1 d_1 - p_2 S_2 d_2 = (p_1 - p_2) V$$

Por otro lado, según la Ley de conservación de la energía, el trabajo neto realizado sobre el elemento del fluido se traduce en cambios en su energía cinética y potencial.

Para lo anterior, se deben tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- La energía cinética del elemento de fluido ha aumentado porque el fluido tiene que moverse a mayor velocidad ( $v_2 > v_1$ ) a través de la sección más angosta ( $S_2 < S_1$ ).
- La energía potencial del elemento de fluido ha aumentado porque ha subido hasta un punto más alto que el nivel de referencia ( $h_2 > h_1$ ).

El aumento de la energía cinética es:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$

El aumento de la energía potencial es:

$$\Delta E_p = m g h_2 - m g h_1 = m g (h_2 - h_1)$$

El trabajo neto es igual a la suma de los cambios de energía cinética y potencial del elemento:

$$T_{\text{neto}} = \Delta E_c + \Delta E_p$$

Al insertar las expresiones para el trabajo neto y los cambios de energía cinética y potencial, se obtiene:

$$(p_1 - p_2)V = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) + m g (h_2 - h_1)$$

Si se dividen ambos lados de la ecuación entre  $V$  y se toma en cuenta que  $m/V$  es la densidad del fluido  $\rho$  ( $\rho = m/V$ ), la ecuación toma la forma:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (h_2 - h_1)$$

Finalmente se ponen los términos que se refieren a la sección "1" en el lado izquierdo y los de la sección "2" en el lado derecho para obtener:

$$p_1 + \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Ésa es la *ecuación de Bernoulli*.

Para sumar los tres términos, éstos tienen que ser diferentes tipos de presiones. El primer término es la **presión interna** del fluido, el segundo la **presión dinámica** debida al movimiento del fluido y el último la **presión hidrostática**.

La **ecuación de Bernoulli** dice que en el movimiento de un fluido a través de un tubo, la suma de la presión interna, la presión dinámica y la presión hidrostática se mantienen constantes.

Es posible inferir que la presión interna  $p_2$  tiene que ser menor que la presión  $p_1$ . El aumento de la energía cinética y la energía potencial del fluido no puede ocurrir sin que algún tipo de energía disminuya. En este caso es la energía relacionada con la presión interna del fluido la que tuvo que reducirse. El decremento de esta energía da lugar a la reducción de la presión.

En la derivación de la ecuación de Bernoulli se supuso que la energía mecánica se conserva o, en otras palabras, no hay pérdida de tal energía. Los fluidos para los que esto sería cierto se llaman **fluidos ideales**. Sin embargo, los **fluidos reales** no pueden fluir sin perder, por lo menos, una parte de su energía debido a la fricción con los tubos o por la fricción interna entre sus capas. Este problema se tratará más adelante.

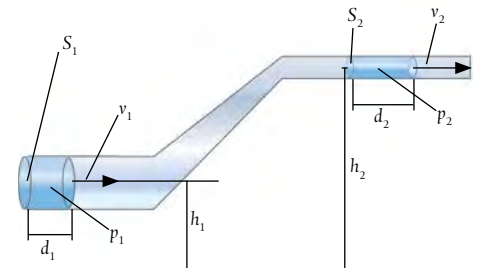


Figura 1.65 Cambios energéticos que presenta un elemento de fluido en un tubo esquematizado.



Figura 1.66 Esquema de un atomizador.

## Aplicaciones de la ecuación de Bernoulli

Las aplicaciones del principio y de la ecuación de Bernoulli son numerosas. Para entender algunas de ellas de manera cualitativa, basta saber que la presión interna del fluido (agua o aire) disminuye cuando aumenta su velocidad.

Un ejemplo de esto se encuentra en la creación de los primeros modelos de atomizadores de fragancias (Figura 1.66)

Al presionar el bulbo, el aire está obligado a salir a través del tubo horizontal. Cuando pasa por éste, por ser más angosto que el bulbo, su velocidad aumenta. En consecuencia, el aire que sale del tubo baja a presión en la región vecina al extremo superior del tubo vertical, ahí la presión se hace menor que la presión atmosférica.

El aire de la botella que está arriba de la fragancia, se encuentra en reposo y su presión es igual a la presión atmosférica. Este aire presiona la fragancia y la hace subir por el tubo vertical y salir por el extremo superior de éste. La corriente de aire del tubo horizontal arrastra la fragancia y la lleva consigo en forma de finas gotas.

Quienes no crean que un flujo de aire que pasa por encima del extremo superior de un tubo vertical pueda ocasionar que suba un líquido por ese mismo tubo, podrían convencerse de ello construyendo su propio atomizador.

### EN ACCIÓN

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

#### Construir un atomizador

##### Material

- 1 vaso.
- 1 popote.
- Agua.
- Tijeras.

##### Procedimiento

- 1 Llena el vaso con agua, dejando no más de 1 cm entre el nivel del agua y el borde de éste.
- 2 Introduce el popote en el agua y córtalo al ras del vaso. El popote debe sobresalir no más de 1 cm del nivel del agua.
- 3 Usa el pedazo sobrante del popote de la siguiente manera: coloca un extremo en tu boca y el otro justo en la parte que sobresale del popote que está sumergido en el agua. Debe estar en posición horizontal, como se muestra en la Figura 1.67. Sopla fuerte y registra qué sucede.



Figura 1.67 Si colocas correctamente los dos trozos del popote y el nivel del agua es el indicado, el atomizador casero funcionará al hacer que el agua suba por el popote colocado en forma vertical y que sea arrastrada por el chorro de aire.

## CONEXIONES

### El Principio de Bernoulli y el infarto

Cuando existe una arteria parcialmente obstruida a causa de la arteriosclerosis, el corazón es forzado a trabajar para aumentar la velocidad de la sangre en la parte angosta y, con ello, mantener el flujo necesario (Figura 1.68).

De acuerdo con el Principio de Bernoulli, cuando la velocidad de la sangre aumenta, disminuye su presión. La presión externa puede ser lo suficientemente grande para aplastar el tubo y estrechar aún más la parte angosta y detener de manera instantánea el flujo de la sangre. Cuando ésta deja de fluir, desaparece el efecto Bernoulli y la arteria se abre de nuevo, pero la circulación puede causar, otra vez, el aumento de la velocidad y el colapso de la arteria. Estas discontinuidades del flujo de sangre son audibles a través del estetoscopio.

Sin embargo, uno de los mayores riesgos de estas deformaciones es que puede ocasionar que parte de la placa que obstruye la arteria se desprege, provocando que ésta se desplace a través del sistema circulatorio. Esto puede taponar las arterias que llevan sangre y oxígeno al corazón, con lo que podría sobrevenir un infarto al corazón.

Investiga cuál es el flujo volumétrico en las arterias que irrigan al corazón (llamadas arterias coronarias) y encuentra el valor del área transversal de esos vasos sanguíneos. Con esos datos encuentra la velocidad con la que el corazón recibe sangre. Contesta: ¿con qué facilidad se puede obstruir una arteria coronaria?

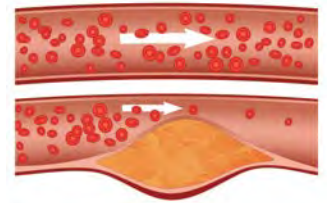


Figura 1.68 El estado avanzado de la arteriosclerosis se caracteriza por la formación de una placa de depósitos en la pared interna de las arterias, por lo que ésta se vuelve más angosta.

### Fórmula de Torricelli

Para calcular el flujo volumétrico de agua que sale de un tanque, se necesita conocer el área del orificio de salida y la velocidad del agua al pasar por el orificio (Figura 1.69).

El área se puede determinar si se conoce el radio o el diámetro del orificio. Es lógico suponer que la velocidad de salida dependerá de la altura del nivel de agua del tanque; sin embargo, para el cálculo del gasto se necesita saber con precisión cómo depende la velocidad de salida de la profundidad a la que se encuentra el orificio. Este problema se puede resolver aplicando la ecuación de Bernoulli.

En este caso se puede considerar que el tanque es cilíndrico, que está abierto a la atmósfera y el orificio se encuentra a una profundidad  $h$ . Para simplificar la derivación de la fórmula de la velocidad de salida conviene suponer también que el diámetro del orificio es menor que el diámetro del tanque.

Para aplicar la ecuación de Bernoulli es necesario determinar los valores que tiene cada término.

Como el tanque es abierto y el chorro está saliendo a la atmósfera, las presiones estáticas en la superficie del agua y en la boca del orificio son iguales a la presión atmosférica. Por eso vale:

$$p_1 = p_2 = p_0$$

Si se toma como nivel de referencia de la energía potencial el nivel 2, se tiene:

$$\begin{aligned} h_1 &= h \\ h_2 &= 0 \end{aligned}$$

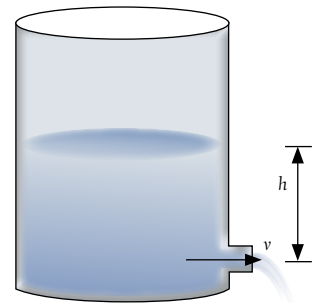


Figura 1.69 Un problema importante en hidrodinámica es el cálculo de la velocidad  $v$  a la que sale el líquido por el orificio de un tanque lleno hasta una altura  $h$ .

Si el radio del orificio es menor que el radio del tanque cilíndrico, puede considerarse que la velocidad de la superficie del agua (hacia abajo) es igual a cero. En consecuencia, los valores de las velocidades en los dos niveles son:

$$\begin{aligned}v_1 &= 0 \\v_2 &= v\end{aligned}$$

Con esta consideración, la ecuación de Bernoulli

$$p_1 + \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

toma la forma:

$$p_0 + \rho g h = p_0 + \frac{1}{2} \rho v^2$$

Al intercambiar los componentes de la ecuación y al eliminar los términos iguales que aparecen en ambos lados ( $p_0$  y  $\rho$ ), se obtiene:

$$\frac{1}{2} v^2 = g h$$

De ahí, despejando la velocidad se obtiene:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Con ello resulta evidente que la velocidad de la salida, tras las simplificaciones hechas, es igual a la velocidad que alcanza un cuerpo que cae en caída libre desde una altura  $h$  o, en otras palabras, que caería de manera libre desde la superficie del agua hasta el nivel del orificio. La expresión algebraica anterior recibe el nombre de **fórmula de Torricelli**.

## EN ACCIÓN

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

En esta actividad utilizarás un recipiente con agua que, a diferencia del que estudiaste con anterioridad, tendrá tres orificios a diferentes alturas. Tendrás que utilizar tus conocimientos de hidrodinámica para determinar qué chorro de agua llega más lejos.

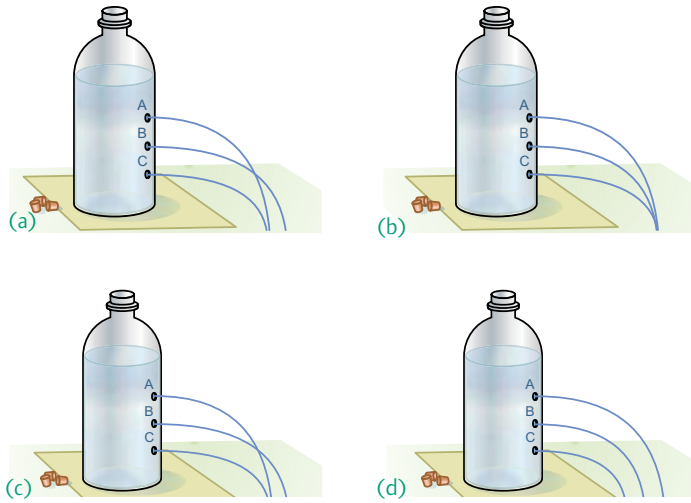
### Material

- 1 botella de refresco de 2 L.
- 1 navaja o desarmador.
- 1 tubo de plástico.
- mechero o encendedor para calentar el utensilio para hacer el hoyo en la botella.
- 1 grifo de agua.
- Marcador de color.
- Regla escolar.

### Procedimiento

- 1 En la botella de refresco haz una ranura horizontal de 0.5 cm × 3 cm a la altura donde comienza la parte cilíndrica de la botella. Mide la distancia de la ranura a la base de la botella y divídela en cuatro partes iguales con un marcador. Luego, marca los puntos en que se abrirán los orificios. No deben quedar sobre la misma línea vertical para evitar que choquen los chorros. Con cuidado perfora los orificios con la navaja o con un desarmador caliente. Después nombra cada orificio. El orificio "A" será el que tenga mayor altura y el "C" el que se encuentre más abajo.
- 2 Cerca de un grifo (y donde pueda derramarse un poco agua, por ejemplo, un patio), tapa los agujeros y llena con agua la botella hasta que salga por la ranura (Figura 1.70).

- 3 Antes de destapar los orificios haz tus predicciones. ¿Cuál de los casos que se presentan en la **Figura 1.71** es el verdadero? \_\_\_\_\_



**Figura 1.71** Posibles trayectorias de los chorros de agua: (a) el chorro del medio tiene mayor alcance; (b) todos los chorros tienen el mismo alcance; (c) el chorro más bajo tiene mayor alcance; (d) el chorro más alto tiene mayor alcance.

- 4 Destapa los orificios. Observa con atención el alcance de los chorros en el suelo y determina cuál llega más lejos. \_\_\_\_\_

- 5 ¿Cómo justificas el resultado que observaste?, ¿cómo es que la fórmula de Torricelli te sirve para justificar tus resultados? \_\_\_\_\_

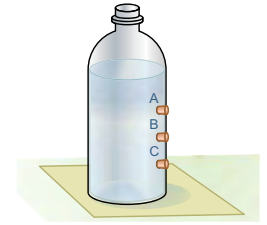
## Tubos de Pitot

Los turistas que miran desde un puente el río Sena en París, pocas veces saben que el ancestro más viejo del instrumento que midió la velocidad del avión se estrenó ahí, tal vez bajo el mismo puente.

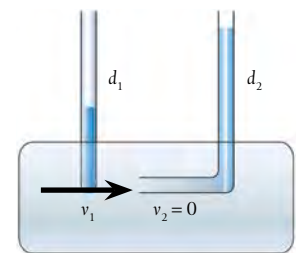
El instrumento fue una invención del ingeniero francés Henri Pitot (1695-1771) quien lo usó, por primera vez, en 1732 bajo un puente de París para medir la velocidad del río Sena. El motivo del invento fue la insatisfacción que sentía Pitot con el método que se usaba para determinar la velocidad de los ríos: se tiraba un objeto flotante en ellos y se medía el tiempo que tardaba en recorrer una distancia conocida. Este método no era posible utilizarlo para determinar la velocidad del flujo bajo la superficie y eso era lo que ocasionaba la insatisfacción de Pitot. A él le interesaba saber cómo cambia la velocidad del río con la profundidad.

El instrumento que diseñó era muy sencillo, como lo muestra la **Figura 1.72**. El mismo Pitot decía que le parecía increíble que a nadie se le hubiera ocurrido antes.

Aunque no tenía ideas claras sobre el funcionamiento de su instrumento, Pitot intuía que la diferencia de alturas observada estaba relacionada con la velocidad del río a la profundidad particular. Sus resultados fueron sorprendentes, pues contradecían la teoría existente sobre la velocidad del agua de los ríos. Esta teoría, propuesta por los ingenieros hidráulicos italianos, sostenía que mientras más agua hubiera encima, mayor



**Figura 1.70** La distancia entre los orificios vecinos es igual a la distancia entre el orificio A y la superficie del agua, y a la distancia entre el orificio C y el fondo de la botella. Cada una de esas distancias es igual a  $1/4$  de la altura del agua en la botella.



**Figura 1.72** El instrumento de Pitot consistió de dos largos tubos de vidrio, uno recto y otro curvado. Los dos tubos se introducían en el río hasta la misma profundidad, con el tubo curvado dirigido contra la corriente. El agua subía en los tubos hasta diferentes alturas y era siempre mayor la altura en el tubo curvado.

sería la velocidad del río. Los resultados de Pitot decían justamente lo contrario: la velocidad del río Sena decrecía con la profundidad.

El teorema de Bernoulli permite entender cómo funcionaba el instrumento de Pitot y de qué manera está relacionada la velocidad del agua a cierta profundidad con la diferencia de las alturas en los tubos.

Como los extremos de los tubos están al mismo nivel, se trata de un flujo horizontal en el que no ocurre cambio de la energía potencial. Por eso se puede poner como  $h_1 = h_2 = 0$ . Además, por estar el tubo curvado dirigido contra la corriente del río, el agua que entra en el tubo se detendrá ( $v_2 = 0$ ). Con estas simplificaciones, la ecuación de Bernoulli se reduce a:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2$$

Las presiones  $p_1$  y  $p_2$  son las presiones internas del agua en los puntos indicados. Es importante notar que el tubo recto no modifica la velocidad del río.

Al despejar la velocidad del río de esa ecuación, se obtiene:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(p_2 - p_1)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

La velocidad del río es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia de presiones internas  $\Delta p$ .

Las presiones internas son las responsables de que se eleve el agua en los tubos. Son iguales a las presiones hidrostáticas correspondientes  $p_1 = \rho g d_1$  y  $p_2 = \rho g d_2$ . Esas fórmulas dan, para la diferencia de presiones, la siguiente expresión:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho g d_2 - \rho g d_1 = \rho g (d_2 - d_1)$$

Al insertar esa expresión en la fórmula para la velocidad del río, se obtiene:

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\rho g (d_2 - d_1)}{\rho}} = \sqrt{2g(d_2 - d_1)}$$

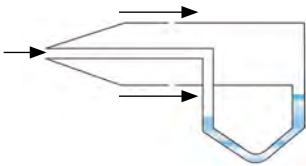


Figura 1.73 Los instrumentos que hoy se conocen como tubo de Pitot (o simplemente como Pitot), son el resultado de muchas modificaciones del diseño original.

El esquema simplificado de un tubo de Pitot moderno se presenta en la [Figura 1.73](#).

Los tubos originales de Pitot eran estacionarios y el agua del río se movía, mientras que los instrumentos de la actualidad se usan para medir la velocidad de un móvil (barco o avión, por ejemplo) en un fluido estacionario. Sin embargo, si se toma en cuenta la relatividad del movimiento, siempre es posible imaginar que el instrumento es estacionario y que el fluido se mueve respecto al instrumento.

El tubo que no obstaculiza el flujo del fluido, es un tubo ancho que tiene dos o más orificios. La boca de esos orificios es paralela a la velocidad del fluido (no la obstaculiza). El tubo que detiene el fluido se encuentra dentro del tubo ancho. Los tubos están conectados con un tubo que contiene mercurio y que sirve para indicar la diferencia de las presiones. Otra vez, la presión interna que se crea es mayor en el tubo en que se detiene el flujo del fluido cuya velocidad se pretende determinar.

En los modernos tubos de Pitot, ya no se usa el tubo con mercurio para medir la diferencia de presiones, se utilizan sensores electrónicos de presión, lo que hace posible reducir de manera considerable el tamaño del instrumento.

Sin embargo, la fórmula para calcular la velocidad sigue siendo la misma:

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

Aquí,  $\Delta p$  es la diferencia de presiones internas y  $\rho$  es la densidad del fluido en que se mueve el móvil.

## EN ACCIÓN

Resuelve los siguientes problemas referentes a la aplicación del Principio de Bernoulli en tubos de Pitot.

- 1 En un tubo de Pitot que mide la velocidad de los aviones (Figura 1.74) se reporta que la diferencia de presiones es  $\Delta p = 10\,000$  Pa. Si la densidad del aire a la altura en que vuela el avión es  $\rho = 0.5$  kg/m<sup>3</sup>, entonces:

a) ¿Cuál es la velocidad del avión?

b) ¿Qué diferencia de presión detectaría el tubo de Pitot de un avión de caza que volará a la misma altura a una velocidad de 400 m/s?

- 2 Algunos aficionados al surf de vela quieren saber la velocidad a la que surfean y adquieren tubos de Pitot especialmente fabricados (Figura 1.75). Como en los aviones, la velocidad a la que se mueve la tabla se determina mediante una moderna versión del tubo de Pitot que se coloca debajo de ella y que va sumergida en el agua.

a) Si la diferencia de presiones es de 32 800 pascales y la densidad del agua del mar es de 1 025 kg/m<sup>3</sup>, ¿a qué velocidad se mueve la tabla de surf?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

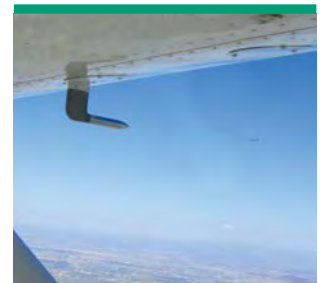


Figura 1.74 Tubo de Pitot para medir la velocidad de los aviones.



Figura 1.75 Para practicar el surf de vela se requiere aprender a aprovechar la fuerza del viento.

- b) Si la velocidad se reduce dos veces, ¿cuál sería la nueva diferencia de presiones?

### WEB

El tubo de Pitot es un instrumento básico para la navegación aérea. Para que te convenzas de esto, revisa los vínculos que se presentan a continuación:

<http://goo.gl/4fNBGW> y <http://goo.gl/K4u0kW>

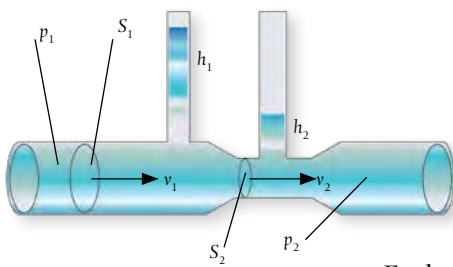


Figura 1.76 Esquema del medidor de agua Venturi inventado por Herschel.

### Tubo de Venturi

El hecho de que el aumento de la velocidad de un fluido tenga como consecuencia la reducción de su presión, fue demostrado mediante un experimento en 1797 por el físico e ingeniero italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822). Sin embargo, pasó casi un siglo antes de que este hecho fuera usado para construir un instrumento práctico con la finalidad de determinar la velocidad de flujo en los tubos cerrados.

En la década de los ochenta del siglo XIX, el ingeniero estadounidense Clemens Herschel (1842-1930) estaba preocupado por el uso incontrolado y exagerado de los ríos que hacían los industriales, quienes extraían grandes cantidades de agua mediante el uso de bombas y grandes tubos. Por ello era urgente tener un instrumento que midiera la cantidad de agua que pasaba por los tubos, de tal suerte que se pudiera determinar de manera confiable el gasto, para cobrar adecuadamente el agua utilizada. En 1887, Herschel logró construir el instrumento deseado. Para reconocer la contribución de Venturi a la hidráulica, le dio el nombre de *medidor de agua Venturi* (Figura 1.76).

Supongamos que el agua fluye a través de un tubo ancho cuya área de sección transversal es  $S_1$ , a una velocidad  $v_1$  que se necesita determinar. Para hacerlo, basta insertar en el tubo una sección más angosta (de área  $S_2$ ) y medir, mediante tubos verticales, las presiones internas  $p_1$  y  $p_2$ .

Como el tubo es horizontal, se desprecia el cambio de la energía potencial del fluido; es decir, se pone en la ecuación de Bernoulli que  $h_1 = h_2 = 0$ , eso nos da:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Como  $S_1 > S_2$ , la velocidad en el tubo angosto aumentará ( $v_2 > v_1$ ). De la ecuación de continuidad  $v_1 S_1 = v_2 S_2$  se obtiene:

$$v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1$$

Al insertar esta expresión en la fórmula obtenida de la ecuación de Bernoulli aplicada a este caso, la ecuación toma la forma:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 v_1^2$$

Después de multiplicar ambos miembros de la ecuación por 2, de dividir entre  $\rho$  y separar la velocidad y las presiones en lados diferentes, se tendrá:

$$\frac{2}{\rho} (p_1 - p_2) = \left[ \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right] v_1^2$$

Finalmente se intercambian los dos miembros de la ecuación; se omite el índice "1" del símbolo para la velocidad (pues es la única que queda) y se despeja  $v$  para llegar a:

$$v = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho \left[ \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right]}} = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho \left[ \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right]}}$$

Si la diferencia de las presiones internas se determina mediante la diferencia de las alturas del agua en los tubos verticales  $\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g h_1 - \rho g h_2 = \rho g (h_1 - h_2)$ , la fórmula para la velocidad se convierte en:

$$\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho \left[ \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right]}} = \sqrt{\frac{2\rho g (h_1 - h_2)}{\rho \left[ \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right]}} = \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{\left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1}}$$

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Resuelvan en equipos los siguientes cuestionamientos y problemas referentes al Principio de Bernoulli y sus aplicaciones.

- Los conductores de campers (Figura 1.77) reportan que, al cruzarse con un camión grande y veloz, sienten una fuerza considerable de atracción hacia éste. ¿Es una fuerza que existe sólo en la mente de los conductores o se trata de una fuerza real? Justifiquen su respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- ¿Por qué si sopla un fuerte viento una chimenea en el techo *jala* mejor el humo desde el interior de la casa? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- El tapón del tubo de drenaje de una tina de baño está a una profundidad de 0.4 m. ¿Cuál sería la velocidad inicial del agua al levantar el tapón?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Utiliza las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de densidad, presión hidrostática, presión atmosférica, Principio de Pascal, Principio de Arquímedes, flujo másico y volumétrico, ecuación de continuidad y ecuación de Bernoulli.

Relaciona las expresiones simbólicas de la Hidráulica y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



Figura 1.77 Los campers ofrecen la ventaja de ser casas rodantes, pero no son los vehículos más aerodinámicos que existen.

- 4 El agua comienza entrar a un compartimiento de un barco a través de un agujero en la parte vertical del casco. Si la velocidad del chorro es 8 m/s, ¿cuál es la profundidad del agujero respecto a la superficie del mar?

- 5 El agua sale de un grifo a velocidad de 10 m/s. Aplicando la fórmula de Torricelli, calculen a qué profundidad respecto al nivel del agua en el tanque se encuentra la llave.

- 6 Un medidor de agua Venturi registra la diferencia de presiones  $\Delta p = 40\,000 \text{ N/m}^2$ . El cociente de las áreas es  $S_1/S_2 = 11$  y la densidad del agua es  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , ¿a qué velocidad fluye el agua en el tubo ancho?

## PREGUNTAS Y EJERCICIOS

### HIDRÁULICA

1. ¿Qué es la hidráulica?
2. ¿Cuáles son las ramas de la hidráulica?
3. ¿Qué rama de la hidráulica estudia la presión que genera un líquido en reposo sobre un cuerpo?
4. ¿Qué rama de la hidráulica estudia un remolino en el agua?
8. ¿Qué es la tensión superficial?
9. ¿Qué fenómeno se utiliza en la fabricación y desarrollo de esponjas y materiales absorbentes?
10. ¿Qué origina la tensión superficial?
11. ¿Por qué se dice que un detergente es una sustancia tensoactiva?

### PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

5. ¿Qué es la cohesión?
6. ¿Cuál es la diferencia entre las fuerzas de adhesión y las de cohesión?
7. ¿Qué es la capilaridad?

### HIDROSTÁTICA

12. ¿Qué es la densidad de un cuerpo?
13. ¿Un litro de agua tiene la misma masa que un litro de aceite? ¿Por qué?
14. ¿De qué variables depende la presión hidrostática?

15. ¿Cuál es el valor promedio de la presión atmosférica a nivel del mar?
  16. ¿Cuál es la diferencia entre la presión manométrica y la presión absoluta?
  17. ¿Qué establece el Principio de Pascal?
  18. ¿Cómo funciona una prensa hidráulica?
  19. ¿Qué es la fuerza de empuje?
  20. ¿Qué dice el Principio de Arquímedes?
  21. Si un cuerpo flota en un fluido, entonces su densidad es **a)** mayor; **b)** menor o, **c)** igual que la densidad del fluido. Justifica tu respuesta.
  22. El osmio es un metal sólido que tiene una densidad de  $22\,600\text{ kg/m}^3$ , ¿qué volumen ocuparán 100 g de este metal?
  23. Si medio litro de alcohol etílico tiene una masa total de 395 g, ¿cuál es la densidad de esta sustancia?
  24. ¿Cuál es la masa que tienen 700 ml de un líquido que posee una densidad de  $855\text{ kg/m}^3$ ?
  25. La fosa de las marianas es una fosa oceánica que tiene aproximadamente 10 900 m de profundidad. ¿Cuál es la presión hidrostática aproximada que existe en el fondo de la fosa? (Considera la densidad del agua de mar en  $1\,030\text{ kg/m}^3$ ).
  26. La presión hidrostática promedio que se registra en el fondo de un lago es de  $674\,000\text{ Pa}$ , ¿cuál es la profundidad promedio del lago?
  27. ¿Cuántos metros debes sumergirte en el mar para que la presión generada por el agua sea igual a 1 atm?
  28. Si la presión manométrica de un neumático es de 29 psi, ¿cuál es la presión absoluta en el interior de dicho neumático?
  29. Encuentra el valor de la fuerza de empuje que se genera sobre un balón de fútbol que tiene un diámetro de 22 cm y que se encuentra por completo sumergido en agua.
  30. Un cuerpo con un volumen de  $5 \times 10^{-4}\text{ m}^3$  se sumerge en su totalidad en agua. Si la masa de dicho cuerpo es de 580 g, entonces: **a)** encuentra la magnitud de la fuerza de empuje que ejerce el agua sobre el cuerpo y, **b)** determina si el cuerpo flota o se hunde en el agua.
  31. Un trozo de metal con una masa de 780 g recibe una fuerza de empuje de 0.67 N cuando se sumerge en agua. ¿Cuál es la densidad del metal?
  32. Si 38% de un balón de basquetbol se encuentra sumergido en el agua, ¿cuál es la densidad promedio del balón?
- 
- ### HIDRODINÁMICA
33. ¿Cuál es la diferencia entre un flujo laminar y uno turbulento?
  34. ¿Qué es una línea de flujo?
  35. ¿Qué es el flujo volumétrico?
  36. ¿Cómo se calcula el flujo másico a partir del flujo volumétrico?
  37. ¿Qué establece la ecuación de continuidad?
  38. De acuerdo con la fórmula de Bernoulli, ¿qué ocurre con la presión interna cuando se incrementa la velocidad de un fluido suponiendo que la presión hidrostática permanece siempre constante?
  39. ¿Qué establece la fórmula de Torricelli?
  40. Explica el funcionamiento de un tubo Pitot y un tubo Venturi.
  41. Con una manguera, una cubeta de 14 L puede llenarse en 8 minutos. ¿Cuál es el flujo volumétrico de la manguera en **a)** litros por minuto y **b)** metros cúbicos por segundo?
  42. Un chorro de agua contra incendios llega a tener un gasto de hasta 1 400 L por minuto. ¿Cuál sería el flujo másico correspondiente en kilogramos por segundo?
  43. Por una tubería con un diámetro de 9 cm fluye agua con una velocidad de 3.5 m/s. Si la tubería se estrecha hasta alcanzar un diámetro de 7.4 cm, ¿cuál es la velocidad a la que fluirá el agua por la zona estrecha?
  44. Si en el problema anterior, la presión interna de la región ancha de la tubería es de  $120\,000\text{ Pa}$ , ¿cuál será la presión en la zona estrecha, considerando que la tubería es horizontal?
  45. Si un avión viaja a una velocidad de 190 m/s y la densidad del aire es de  $0.6\text{ kg/m}^3$ , ¿qué diferencia de presiones detectará el tubo Pitot conectado al avión?

# EVALUACIÓN DEL BLOQUE

## Autoevaluación

**Instrucciones:** estima tu nivel de logro de los siguientes desempeños y escribe qué debes hacer para mejorarlo.

- 3 Lo puedo enseñar a otros      2 Lo puedo hacer solo      1 Necesito ayuda

DESEMPEÑOS	1	2	3	PARA MEJORAR MI DESEMPEÑO DEBO:
Identifico las características de los fluidos que los diferencian de los sólidos.				
Resuelvo cuestionamientos y/o problemas sobre la presión hidrostática y presión atmosférica relacionados con su entorno inmediato.				
Comprendo los principios de Arquímedes y Pascal y su importancia en el diseño de ingeniería y de obras hidráulicas en general.				
Utilizo las leyes y principios que rigen el movimiento de los fluidos para explicar el funcionamiento de aparatos y dispositivos utilizados en el hogar y la industria, entre otros.				

## Coevaluación

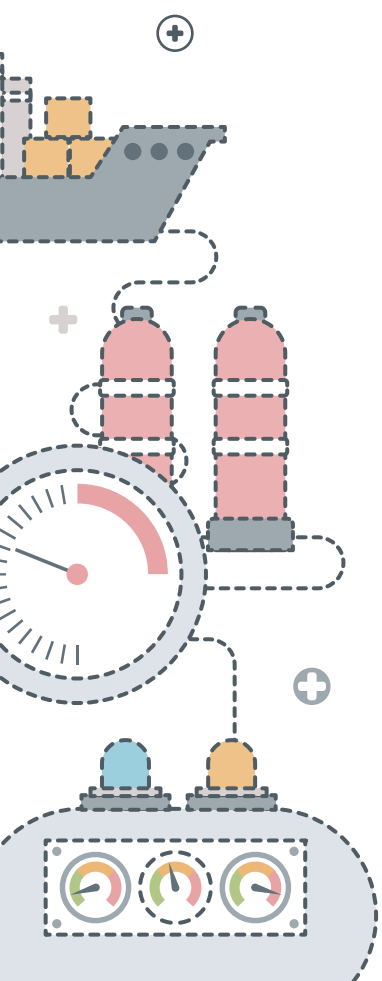
**Instrucciones:** evalúa el trabajo que realizó cada compañero de tu equipo cuando participaron en las actividades colaborativas de la sección **Actividad de aprendizaje y En acción**. Obtengan la suma del puntaje de acuerdo a la siguiente escala.

- 3 Muy bien      2 Bien      1 Regular      0 Deficiente

ASPECTOS A EVALUAR	INTEGRANTES DEL EQUIPO				
	1	2	3	4	5
Aporta sus conocimientos para lograr los fines de la actividad.					
Propone maneras de llevar a cabo la actividad.					
Escucha y respeta las opiniones de los demás.					
<b>TOTAL DE PUNTOS</b>					

## Heteroevaluación

En la página 243 encontrarás una serie de preguntas que permitirán que tu profesor evalúe los conocimientos que adquiriste en este bloque. Respóndelas, recorta la hoja y entrégala a tu profesor.



## Evaluación de actividades de aprendizaje y portafolio de evidencias

La siguiente es una lista de las actividades que le ayudarán a tu profesor a evaluar el trabajo que realizaste durante este bloque. En la página 239 encontrarás algunos modelos de los instrumentos de evaluación que utilizará.

ACTIVIDAD	EVIDENCIA	UBICACIÓN	INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN
Elaborar un esquema o un mapa mental sobre las diferentes ramas de la hidráulica en el que se sinteticen los alcances del estudio de cada una. Investigar e incluir ejemplos de los casos que son estudiados por cada rama.	Mapa mental	Actividad de aprendizaje, pág. 5	Lista de cotejo.
Elaborar cuadros de características, semejanzas y diferencias entre sólidos, líquidos y gases como producto de una consulta bibliográfica.	Cuadros comparativos.	Actividad de aprendizaje, págs. 7-8	Lista de cotejo.
Investigar y responder un cuestionario, relacionado con las características y propiedades de los fluidos.	Cuestionario.	Actividad de aprendizaje, pág. 13	Lista de cotejo.
Elaborar un álbum que contenga fotografías que muestren la fuerza de adhesión y cohesión, así como del fenómeno de la capilaridad y la tensión superficial.	Álbum fotográfico.	Actividad de aprendizaje, pág. 14	Guía de observación.
Listas de sustancias de los 3 estados físicos Tabla 1.2	Lista de sustancias.	Actividad de aprendizaje, pág. 16	Lista de cotejo.
Determinar mediante un experimento sencillo el valor de la densidad de una sustancia de uso cotidiano y resolver problemas que el docente proponga.	Experimento sencillo.	Actividad de aprendizaje, pág. 17	Rúbrica para evaluar problemas.
Elaborar un problemario con densidades de diferentes sustancias líquidas, sólidas y gaseosas de uso cotidiano.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 19-20	Rúbrica para evaluar problemas.
Problemario acerca del concepto de presión, llantas autos.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 21-22	Rúbrica.
Diseñar y construir prototipos sencillos donde se demuestre la presión hidrostática	Prototipo.	Actividad de aprendizaje, págs. 24-25	Rúbrica para evaluar al prototipo.
Elaborar un problemario referente a la presión, presión hidrostática.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 25-26	Rúbrica para evaluar problemas.
Diseñar y construir prototipos sencillos donde se demuestre la presión atmosférica.	Prototipo.	Actividad de aprendizaje, pág. 27	Rúbrica.
Diseñar y construir prototipos sencillos donde se demuestre la presión atmosférica (actividad similar a la anterior).	Prototipo.	Actividad de aprendizaje, pág. 29	Rúbrica.
Preguntas hipotéticas sobre casos de presión atmosférica.	Prototipo.	Actividad de aprendizaje, págs. 29-30	Rúbrica para evaluar al prototipo.
Preguntas hipotéticas sobre casos de presión manométrica	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 31-32	Rúbrica para evaluar problemas.
Diseñar y construir prototipos sencillos donde se demuestre el Principio de Pascal, relacionándolo con actividades de su entorno inmediato.	Cálculo del consumo diario de agua.	Actividad de aprendizaje, pág. 34	Rúbrica para evaluar problemas.
Elaborar un problemario referente al Principio de Pascal.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 34-35	Rúbrica para evaluar problemas.
Diseñar y construir prototipos sencillos donde se demuestre el Principio de Arquímedes.	Prototipo.	Actividad de aprendizaje, pág. 36	Rúbrica.
Elaborar un problemario referente al Principio de Arquímedes	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 40-41	Rúbrica.
Resolver un problemario referente al flujo volumétrico propuesto por el docente.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 44-45	Rúbrica.
Resolver un problemario referente al flujo másico propuesto por el docente.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, pág. 46	Rúbrica.
Calcular el consumo diario de agua en el hogar, consultado fuentes de información para comprender el concepto de flujo másico y flujo volumétrico.	Cálculo de consumo de agua.	Actividad de aprendizaje, págs. 46-47	Rúbrica.
Resolver un problemario referente a la ecuación de continuidad propuesto por el docente.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 48-49.	Rúbrica.
Resolver un problemario referente al Principio de Bernoulli propuesto por el docente.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 59-60	Rúbrica para evaluar problemas.

## 2

TIEMPO ASIGNADO AL BLOQUE

20 horas



# IDENTIFICAS DIFERENCIAS ENTRE CALOR Y TEMPERATURA

## OBJETOS DE APRENDIZAJE

- El calor y la temperatura.
- La dilatación térmica.
- El calor específico.
- Procesos termodinámicos.

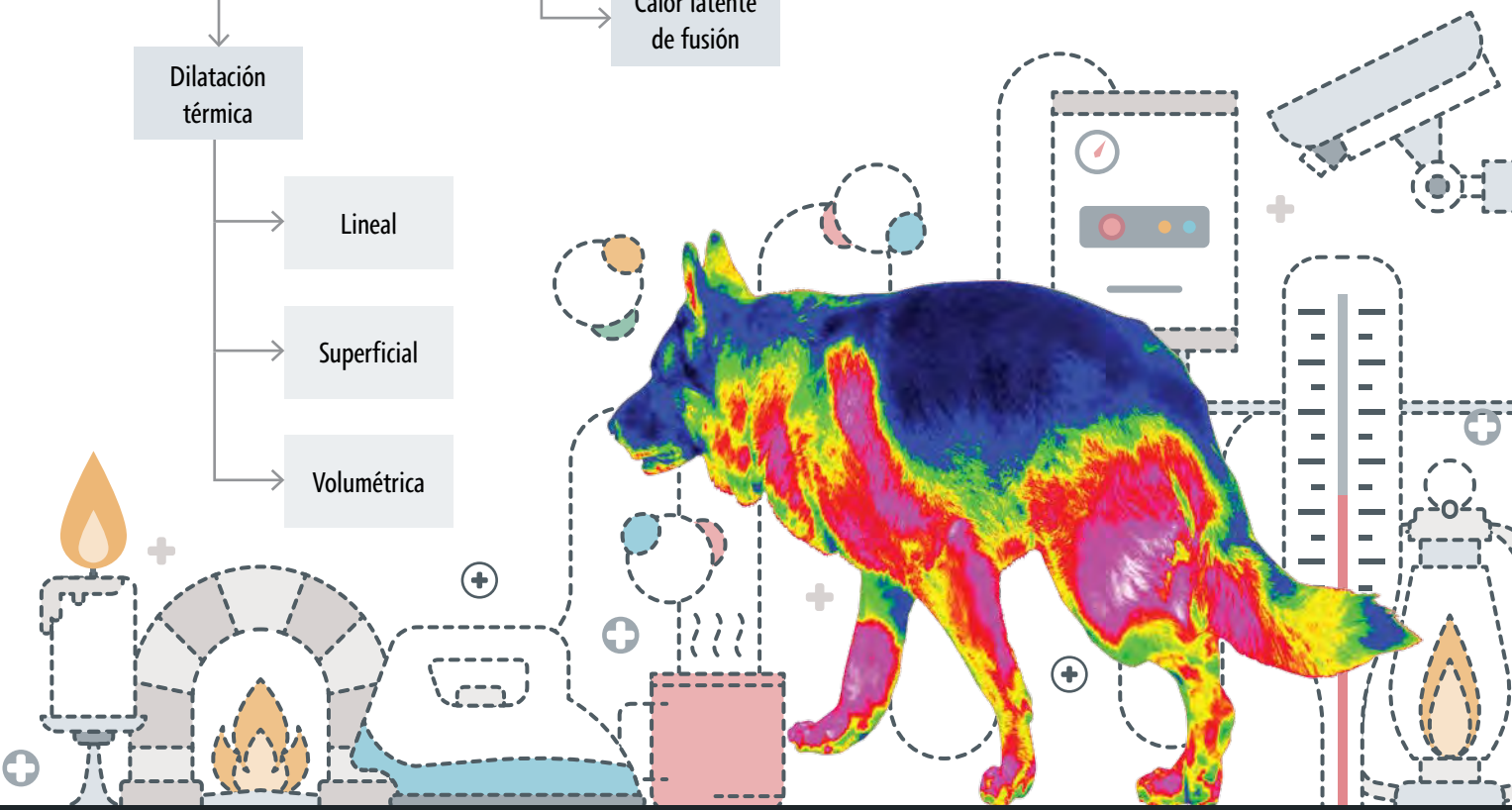
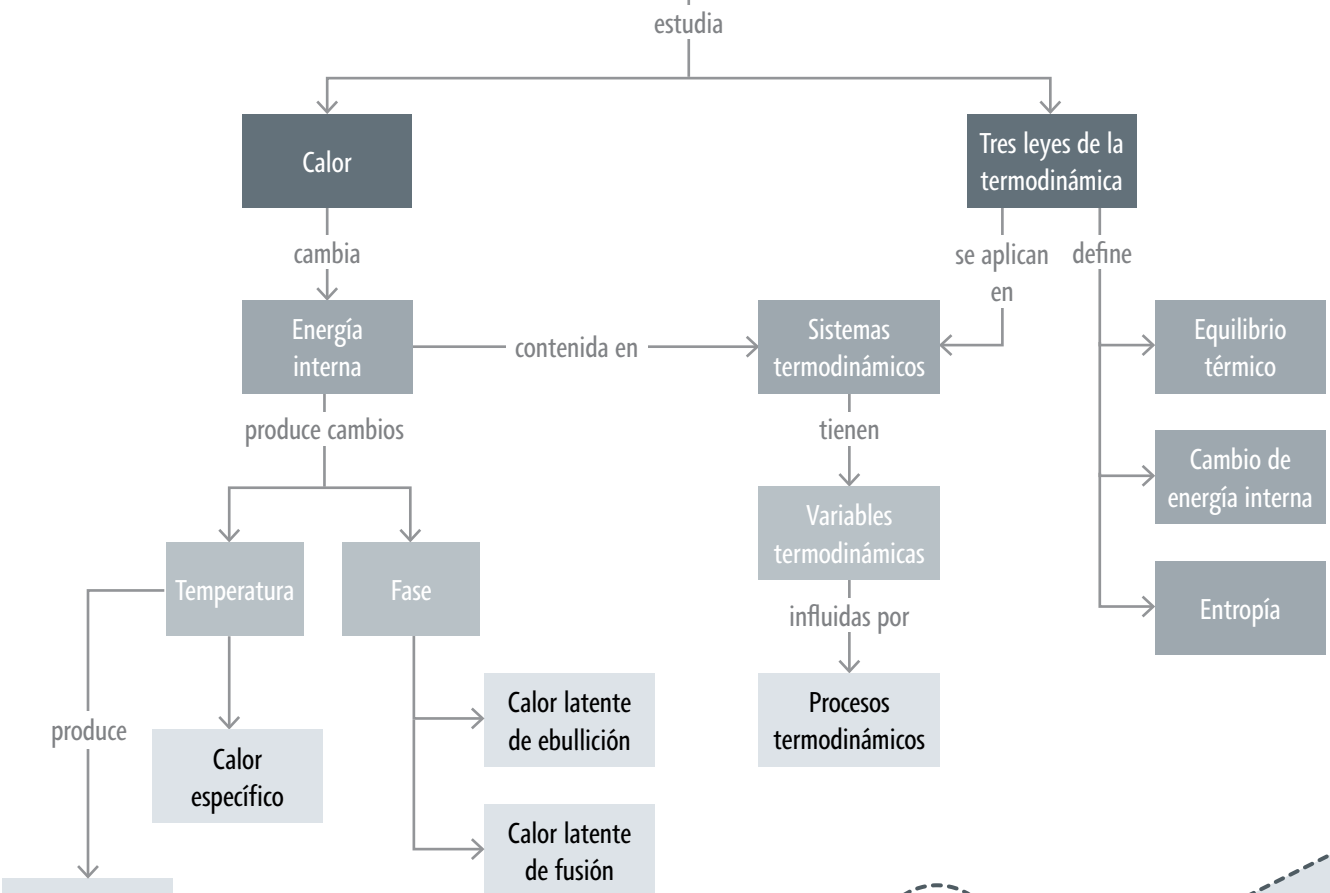
## DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

- Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura así como sus unidades de medida.
- Identifica y analiza las formas de intercambio de calor entre los cuerpos.
- Describe con base a sus características el fenómeno de la dilatación de los cuerpos.
- Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.
- Comprende la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.

## COMPETENCIAS A DESARROLLAR

- Establece la interrelación entre calor y temperatura con la tecnología y el ambiente.
- Reconoce el impacto del cambio climático en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.
- Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.
- Contrasta los resultados obtenidos en una investigación con respecto al cambio climático y el efecto invernadero y comunica sus conclusiones en equipos diversos, respetando la diversidad de valores, ideas y prácticas sociales.
- Valora las preconcepciones personales o comunes sobre los fenómenos del cambio climático y el efecto invernadero a partir de evidencias científicas.
- Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.
- Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.
- Valora las acciones humanas de riesgo e impacto ambiental dentro de su región y/o comunidad que trae consigo el cambio climático.
- Conoce el cuidado de su salud con base al requerimiento calórico de su cuerpo.
- Aporta puntos de vista con respecto a lo que conlleva al cambio climático y considera lo de otras personas de manera reflexiva.

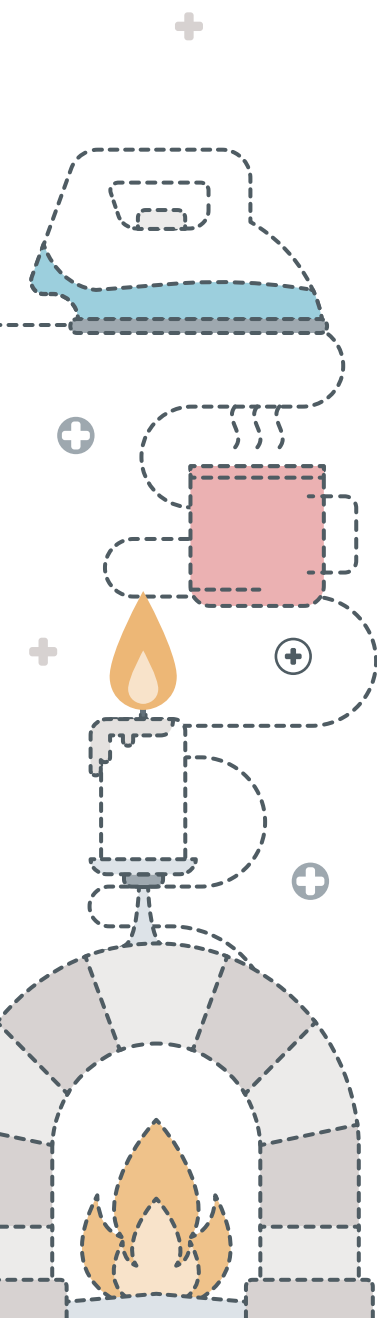
# TERMODINÁMICA



# EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

En ocasiones no nos damos cuenta de lo que sabemos hasta que nos preguntan; para conocer qué tanto sabes, proponemos que leas y respondas las siguientes preguntas acerca de algunos conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se trabajarán en este bloque.

- 1 La temperatura de los cuerpos se puede medir:
  - a) en calorías.
  - b) sólo en grados Celsius.
  - c) sólo en grados Fahrenheit.
  - d) tanto en grados Celsius como en grados Fahrenheit.
- 2 Es la rama de la Física que se encarga del estudio de la transformación del calor en trabajo y viceversa.
  - a) Energía.
  - b) Termodinámica.
  - c) Eficiencia térmica.
  - d) Equivalente mecánico del calor.
- 3 Es el calor que se debe suministrar a una sustancia, por unidad de masa, para variar su temperatura.
  - a) Calor solar.
  - b) Temperatura.
  - c) Calor latente.
  - d) Calor específico.
- 4 La deformación de un cuerpo por el efecto de la energía calorífica que recibe se conoce como:
  - a) expansión térmica.
  - b) implosión térmica.
  - c) dilatación térmica.
  - d) contracción térmica.
- 5 En una cubeta hay 10 L de agua caliente a una temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$  y en un tinaco hay 200 L de agua fría a una temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ . ¿En cuál recipiente podrías derretir una mayor cantidad de hielo? Explica tu respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 Describe qué aplicaciones prácticas tiene la dilatación lineal. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 7 En una estufa se calienta 1 L de agua en una olla. Después de alcanzar la temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$ , se necesitan 2 minutos más para que su temperatura aumente  $4^{\circ}\text{C}$ . Si en el mismo recipiente y en la misma estufa, 2 L de agua alcanzaron la temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$ , ¿cuál será su temperatura después de 1 minuto? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 8 Una esfera de bronce pasa a través de un anillo del mismo material. El anillo se calienta en una llama. ¿Pasará la esfera a través del anillo caliente? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



# Temperatura

Quizá la temperatura sea una de las magnitudes físicas que más se utiliza en la vida diaria, pero que al mismo tiempo, pocas personas entiende. ¿Por qué los cuerpos se ponen calientes o fríos? ¿Cuál es la diferencia entre un grado Fahrenheit y un grado Celsius?, ¿existe una temperatura mínima?, ¿y una máxima?

Nuestra experiencia cotidiana sugiere, por lo general, que la temperatura es una magnitud física que determina si un cuerpo está frío o caliente. Sin embargo, podemos tener una idea más precisa si observamos al interior de los materiales. Si se toma en cuenta la estructura molecular de los cuerpos, en términos generales se puede decir que la **temperatura** de un cuerpo está relacionada con la **energía cinética promedio** de las partículas que lo forman. Por ejemplo, la diferencia entre un vaso de agua cuya temperatura es de  $20^{\circ}\text{C}$  y otro cuya temperatura es de  $40^{\circ}\text{C}$ , consiste en que las moléculas del segundo vaso tienen, en promedio, mayor energía cinética. En otras palabras, sus velocidades, en promedio, son mayores. Así, se dice que un cuerpo que está frío (con baja temperatura) tiene partículas con una energía cinética baja y un cuerpo que está caliente (con alta temperatura) tiene partículas con una energía cinética alta.

Cuando dos cuerpos con diferentes temperaturas se ponen en contacto el uno con el otro, se dice que éstos se encuentran en **contacto térmico**. Así, de forma empírica se sabe que si ambos cuerpos permanecen en contacto térmico durante un tiempo suficientemente largo, entonces, las temperaturas de ambos se igualarán. Cuando dos cuerpos poseen temperaturas iguales, se dice que ambos se encuentran en **equilibrio térmico** (Figura 2.1).

El hecho de que dos (o más) cuerpos se encuentren en equilibrio térmico, sólo indica que éstos tienen temperaturas iguales y por tanto, de forma general, la energía cinética promedio de sus partículas es la misma. Para medir esta magnitud, es necesario un instrumento y una **escala** con la cual sea posible cuantificar la temperatura.

## Termómetros y escalas termométricas

La temperatura es una de las cantidades fundamentales del Sistema Internacional de Unidades y, en ocasiones, puede definirse como la cantidad física que se determina mediante termómetros.

Un termómetro es un instrumento que mide la temperatura de otros cuerpos y su funcionamiento se basa en el concepto de equilibrio térmico. El termómetro se pone en contacto térmico con el cuerpo cuya temperatura se quiere medir. Después de cierto tiempo, este instrumento estará en equilibrio térmico con dicho cuerpo de modo que la temperatura que éste registre será su propia temperatura (Figura 2.2).

La capacidad del termómetro de indicar su propia temperatura, que es también la temperatura del cuerpo con el que está en equilibrio térmico, surge gracias a la existencia de las *propiedades termométricas*.

Una **propiedad termométrica** es una cantidad física que cambia de manera regular con el cambio de la temperatura.

### GLOSARIO

**Energía cinética.** Es la energía que un cuerpo posee en virtud de su movimiento.

**Escala.** Conjunto de valores ordenados que permiten organizar y cuantificar una magnitud física.

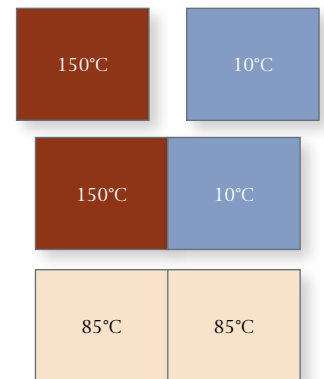


Figura 2.1 Dos cuerpos, a diferentes temperaturas, se ponen en contacto térmico y después de un tiempo ambos alcanzan un equilibrio térmico.



Figura 2.2 Un termómetro entra en equilibrio térmico con el cuerpo con el que está en contacto y después registra su propia temperatura.



Figura 2.3 Termómetro clínico de mercurio.



Figura 2.4 En las tiras termométricas se usan cristales líquidos que cambian de color con la temperatura.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

#### WEB

Gracias a su espectacular apariencia visual, hoy en día son muy populares los llamados termómetros de Galileo. Busca en Internet información sobre estos termómetros y elabora un resumen en el que describas sus partes y su funcionamiento. Menciona cuál es la propiedad termométrica que interviene en este instrumento. Revisa los siguientes vínculos electrónicos que aquí se proporcionan:

<http://goo.gl/1ehIEV> y <http://goo.gl/Kj5qea>

La propiedad termométrica que usaban los primeros termómetros era el volumen de los líquidos. Su parte principal era un bulbo lleno de mercurio (o alcohol) que estaba unido a un tubo capilar sellado.

Cuando el mercurio del bulbo se calienta, su volumen crece y, lo que no cabe en éste, sube por el tubo capilar. Como el aumento del volumen es proporcional al cambio de temperatura (relación que se verá más adelante), el cambio en la altura del mercurio en el tubo capilar es el registro de la alteración de la temperatura (Figura 2.3).

La *resistencia eléctrica* es otra propiedad termométrica que también cambia, de manera regular, con la temperatura. Existen termómetros que aprovechan el comportamiento de la resistencia para medir la temperatura.

En las tiras termométricas (Figura 2.4), las cuales sirven para determinar aproximadamente la temperatura del cuerpo, se usa la propiedad de cambiar de color con la temperatura que tienen algunos cristales líquidos.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Realiza una consulta bibliográfica sobre el origen de los termómetros y sus características. Redacta un resumen con la información recabada y completa la tabla que se muestra a continuación:

TERMÓMETRO	ORIGEN	PROPIEDAD TERMOMÉTRICA QUE UTILIZA	FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS
Clínico.		Volumen de un líquido.	
De gas.			
Termopar.			
De resistencia.			

Después de escoger la sustancia (por ejemplo, el mercurio) y la propiedad termométrica (por ejemplo, el volumen), el siguiente paso en la construcción de un termómetro es la calibración de su escala. Para esto se necesitan, por lo menos, dos temperaturas constantes y reproducibles con facilidad. Dependiendo del valor que se asigne a estas temperaturas, se obtienen diferentes escalas para medir la temperatura.

## Escala Celsius

En la actualidad, la escala Celsius es la más usada en todo el mundo, la cual fue propuesta por el astrónomo sueco **Anders Celsius** (Figura 2.5).

En la **escala Celsius**, el primer punto de referencia es el de *fusión del agua*. La altura que alcanza la columna de mercurio cuando el termómetro está sumergido en una mezcla de agua y hielo a esta temperatura, corresponde a cero grados Celsius ( $0^{\circ}\text{C}$ ) (Figura 2.6a).

El segundo punto de referencia es la temperatura a la que hierve el agua al nivel del mar (*punto de ebullición*). La altura que alcanza la columna de mercurio cuando el termómetro se sumerge en agua hirviendo, corresponde a la temperatura de 100 grados Celsius ( $100^{\circ}\text{C}$ ) (Figura 2.6b). Entonces, entre los dos puntos de referencia hay un intervalo de  $100^{\circ}\text{C}$ . Éste se puede dividir en subintervalos de menor tamaño de forma que sea posible interpolar o extrapolar los valores de diferentes temperaturas. Por ejemplo, si una sustancia tuviera una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$ , la altura de la columna de mercurio del termómetro en contacto con esa sustancia se ubicaría justo a la mitad de la distancia entre la columna que registra  $0^{\circ}\text{C}$  y la que registra  $100^{\circ}\text{C}$ .



Figura 2.5 Anders Celsius (1701-1744).

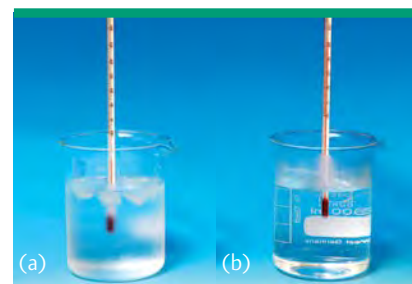


Figura 2.6 (a) La temperatura  $0^{\circ}\text{C}$  corresponde a la altura de la columna cuando el bulbo está sumergido en la mezcla de hielo y agua. (b) La temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  corresponde a la altura de la columna cuando el bulbo está sumergido en agua hirviendo.

### EN ACCIÓN

Consigue un termómetro clínico de mercurio. Manéjalo con cuidado para evitar que se rompa, pues como ya sabes, el mercurio es una sustancia altamente tóxica. Obsérvalo con atención y después contesta las siguientes preguntas:

- 1 ¿Cuál es la mínima temperatura que se puede medir con un termómetro? \_\_\_\_\_
- 2 ¿Cuál es la máxima temperatura que puede medir este aparato? \_\_\_\_\_
- 3 ¿Cuál es la mínima división del termómetro? \_\_\_\_\_
- 4 ¿Cómo crees que se haya decidido cuáles deberían ser las temperaturas mínima y máxima que habría de marcar? \_\_\_\_\_

## Escala Fahrenheit

La escala Fahrenheit precede a la Celsius y fue propuesta en Holanda por el físico alemán **Daniel Gabriel Fahrenheit** (Figura 2.7).

Fahrenheit tomó como punto cero de su escala la temperatura de una mezcla de agua, hielo y sal. Otro punto fijo fue la temperatura del cuerpo de un hombre sano a la que asignó el valor de  $96^{\circ}\text{F}$ . De esta manera, a la temperatura de fusión del hielo le corresponden  $32^{\circ}\text{F}$  y a la temperatura de ebullición,  $212^{\circ}\text{F}$ .



Figura 2.7 Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736).

La diferencia entre las temperaturas de fusión del hielo y de ebullición del agua en la escala Celsius es de  $100^{\circ}\text{C}$  ( $100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}$ ), mientras que en la escala Fahrenheit es de  $180^{\circ}\text{F}$  ( $212^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}\text{F}$ ). Esto quiere decir que un intervalo en la escala Celsius con una longitud de  $100^{\circ}\text{C}$  es igual a un intervalo en la escala Fahrenheit que tenga una longitud de  $180^{\circ}\text{F}$ . Además, es importante recalcar que la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  corresponde a la temperatura de  $32^{\circ}\text{F}$ . Estos datos pueden combinarse para obtener la fórmula que convierte valores de temperatura de una escala a otra.

Para pasar de la escala Fahrenheit a la Celsius, se usa la fórmula:

$$t_{\text{C}} = \frac{5^{\circ}\text{C}}{9^{\circ}\text{F}} t_{\text{F}} - 32^{\circ}\text{F} = 0.56 \frac{^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{F}} t_{\text{F}} - 32^{\circ}\text{F}$$

Para pasar de la escala Celsius a la escala Fahrenheit, se usa la fórmula:

$$t_{\text{F}} = \frac{9^{\circ}\text{F}}{5^{\circ}\text{C}} t_{\text{C}} + 32^{\circ}\text{C} = 1.8 \frac{^{\circ}\text{F}}{^{\circ}\text{C}} t_{\text{C}} + 32^{\circ}\text{C}$$

## EJEMPLOS

- 1 En el desierto, las temperaturas varían mucho entre el día y la noche. En el desierto de Sonora, México, se ha llegado a registrar la temperatura más alta en el país:  $52^{\circ}\text{C}$  durante el día, pero durante la noche, la temperatura baja hasta  $-8^{\circ}\text{C}$  (Figura 2.8). ¿A cuántos grados Fahrenheit equivalen ambas temperaturas?

### Solución

Para la temperatura más alta del desierto de Sonora se tiene:

$$t_{\text{F}} = 1.8 \frac{^{\circ}\text{F}}{^{\circ}\text{C}} t_{\text{C}} + 32^{\circ}\text{F} = 1.8 \frac{^{\circ}\text{F}}{^{\circ}\text{C}} (52^{\circ}\text{C}) + 32^{\circ}\text{F} = 125.6^{\circ}\text{F}$$

Para la temperatura más baja del desierto de Sonora se tiene:

$$t_{\text{F}} = 1.8 \frac{^{\circ}\text{F}}{^{\circ}\text{C}} t_{\text{C}} + 32^{\circ}\text{F} = 1.8 \frac{^{\circ}\text{F}}{^{\circ}\text{C}} (-8^{\circ}\text{C}) + 32^{\circ}\text{F} = 17.6^{\circ}\text{F}$$

- 2 La temperatura más alta que se ha registrado en la ciudad de Nueva York (el 9 de julio de 1936) fue de  $106^{\circ}\text{F}$ . La temperatura más baja registrada en la misma ciudad (el 9 de febrero de 1934) ocasionó que el mercurio bajara hasta  $-15^{\circ}\text{F}$  (Figura 2.9). ¿Cuál es el valor de estas dos temperaturas en grados Celsius?

### Solución

La temperatura más alta registrada en Nueva York, expresada en grados Celsius, sería:

$$t_{\text{C}} = 0.56 \frac{^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{F}} (t_{\text{F}} - 32^{\circ}\text{F}) = 0.56 \frac{^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{F}} (106^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}\text{F}) = 41.4^{\circ}\text{C}$$

La temperatura más baja registrada en Nueva York, expresada en grados Celsius, sería:

$$t_{\text{C}} = 0.56 \frac{^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{F}} (t_{\text{F}} - 32^{\circ}\text{F}) = 0.56 \frac{^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{F}} (-15^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}\text{F}) = -26.3^{\circ}\text{C}$$



Figura 2.8 El desierto de Sonora es la región de México en la que se han registrado las más altas temperaturas.



Figura 2.9 La ciudad de Nueva York se caracteriza por un clima extremo, tanto en verano como en invierno.

## CONEXIONES

### Las temperaturas extremas en el mundo

Las diferentes regiones climáticas se distinguen entre sí por la vegetación, la fauna, la presencia de cuerpos de agua y, por supuesto, por la temperatura. Investiga cuáles son los diferen-

tes intervalos de temperatura que existen en cada región climática que existe en el mundo. Expresa los valores tanto en grados Celsius, como en Fahrenheit. Elabora un cuadro en tu cuaderno que contenga cada región climática junto con sus temperaturas correspondientes.

## Escala de temperatura absoluta o Kelvin

Las escalas Celsius y Fahrenheit establecen los 0° de manera arbitraria (la temperatura de una mezcla de agua y hielo, o de agua, hielo y sal). Sin embargo, al estudiar los fenómenos térmicos se encontró que la temperatura de los cuerpos no puede bajar sin límite, sino (aproximadamente) hasta la temperatura de  $-273^{\circ}\text{C}$ . Ese hecho ofreció la oportunidad de escoger el cero de la temperatura usando un argumento físico: la menor temperatura posible.

El **cero absoluto de temperatura** es la temperatura mínima hasta la cual es posible enfriar los cuerpos.

La escala en la que el cero de temperatura es  $-273^{\circ}\text{C}$  se llama **escala de temperatura absoluta** o **escala Kelvin**, en honor del físico, matemático e inventor británico **William Thomson** (mejor conocido como *Lord Kelvin*), quien la propuso (Figura 2.10).

Si se toma  $-273^{\circ}\text{C}$  como el cero de la escala y se mantiene el tamaño del grado, se obtiene la escala Kelvin, en donde la unidad de medida es el kelvin, cuyo símbolo es **K**.

Para convertir la temperatura de grados Celsius en temperatura absoluta  $T$  en kelvin y viceversa, se usan las fórmulas:

$$T = t_c \frac{1\text{K}}{1^{\circ}\text{C}} + 273\text{K}$$

$$t_c = T \frac{1^{\circ}\text{C}}{1\text{K}} - 273^{\circ}\text{C}$$

Los coeficientes de transformación de unidades ( $1\text{K}/1^{\circ}\text{C}$ ) y ( $1^{\circ}\text{C}/1\text{K}$ ), cuyo valor es 1, se introducen para que ambos lados de la ecuación tengan la misma unidad de temperatura.

Al utilizar estas fórmulas, es fácil ver que  $0^{\circ}\text{C}$  corresponden a  $273\text{K}$ , y que  $0\text{K}$  corresponde a  $-273^{\circ}\text{C}$ .

### EJEMPLOS

- 1 La temperatura corporal del ser humano oscila alrededor de los  $37^{\circ}\text{C}$ . Expresa esa temperatura en grados Kelvin.

#### Solución

Al utilizar la fórmula para convertir de grados Celsius a Kelvin, se tiene:

$$T = t_c \frac{1\text{K}}{1^{\circ}\text{C}} + 273\text{K} = (37^{\circ}\text{C}) \frac{1\text{K}}{1^{\circ}\text{C}} + 273\text{K} = 310\text{K}$$

- 2 El punto de fusión del hierro es de  $1810\text{K}$  (Figura 2.11). ¿A qué temperatura equivale en grados Celsius?

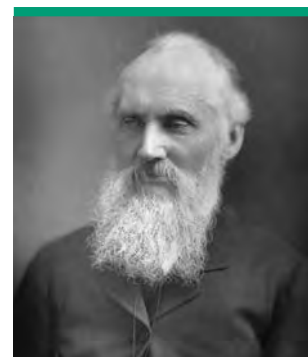


Figura 2.10 William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907).



Figura 2.11 Para darle utilidad al hierro, éste suele fundirse para trabajarse en estado líquido.

**Solución**

Para convertir de Kelvin a grados Celsius, se utiliza la siguiente expresión:

$$t_c = T \frac{1^\circ\text{C}}{1\text{K}} - 273^\circ\text{C} = (1\,810\text{K}) \frac{1^\circ\text{C}}{1\text{K}} - 273^\circ\text{C} = 1\,537^\circ\text{C}$$

- 3 El etanol hierve a una temperatura de  $172.4^\circ\text{F}$ . Expresa esta temperatura en grados Kelvin.

**Solución**

Para convertir de grados Celsius a Kelvin, se tiene:

$$T = t_c \frac{1\text{K}}{1^\circ\text{C}} + 273\text{K}$$

Por otro lado, para convertir de grados Fahrenheit a grados Celsius, la fórmula es:

$$t_c = 0.56 \frac{^\circ\text{C}}{^\circ\text{F}} (t_F - 32^\circ\text{F})$$

Al sustituir la fórmula anterior en la fórmula que convierte de grados Celsius a Kelvin, se obtiene lo siguiente:

$$T = \left[ 0.56 \frac{^\circ\text{C}}{^\circ\text{F}} (t_F - 32^\circ\text{F}) \right] \frac{1\text{K}}{1^\circ\text{C}} + 273\text{K} = 0.56 \frac{\text{K}}{^\circ\text{F}} (t_F - 32^\circ\text{F}) + 273\text{K}$$

que es la fórmula para convertir de grados Fahrenheit a grados Kelvin. Sustituyendo el valor para la temperatura, se obtiene entonces que:

$$T = 0.56 \frac{\text{K}}{^\circ\text{F}} (t_F - 32^\circ\text{F}) + 273\text{K} = 0.56 \frac{\text{K}}{^\circ\text{F}} (172.4^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F}) + 273\text{K} = 351.6\text{K}$$

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE****DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE**

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

Realiza una consulta bibliográfica sobre el origen de las distintas escalas termométricas que existen. Al finalizar completa la [Tabla 2.1](#) que se muestra a continuación con los valores de diferentes puntos de referencia, así como una breve descripción del origen de dicha escala. Puedes ayudarte de la información que se ha trabajado hasta el momento en el texto. Observa que se agregaron dos escalas de temperatura adicionales.

**TABLA 2.1** Comparación de escalas de temperatura.

	CELSIUS	FAHRENHEIT	KELVIN	RANKINE	RÉAUMUR
Origen.					
Valor para el punto de fusión del agua.					
Valor para el punto de ebullición del agua.					

	CELSIUS	FAHRENHEIT	KELVIN	RANKINE	RÉAUMUR
Temperatura promedio del cuerpo humano.					
Valor para el cero absoluto.					

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Completa la siguiente tabla con las fórmulas para convertir las diferentes escalas de temperatura existentes. Posteriormente utilízalas para completar la **Tabla 2.2** de equivalencia de temperaturas expresadas en cada escala termométrica.

	KELVIN	CELSIUS	FAHRENHEIT	RANKINE	RÉAUMUR
KELVIN	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>
CELSIUS	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>
FAHRENHEIT	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>
RANKINE	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>
RÉAUMUR	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>

**TABLA 2.2** Conversión de temperaturas en diferentes escalas termométricas.

KELVIN	CELSIUS	FAHRENHEIT	RANKINE	RÉAUMUR
295				
	-15			
			360	
	-10	150		
				500

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Resuelve los siguientes cuestionamientos y problemas relativos a la conversión de temperaturas entre las diferentes escalas termométricas.

- 1 La superficie del Sol tiene una temperatura de 6000°C. Encuentra el valor de esta temperatura en grados Fahrenheit.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

#### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Establece la interrelación entre calor y temperatura con la tecnología y el ambiente.

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

- 2 En Estados Unidos, el termómetro de una casa muestra las temperaturas que hay dentro ( $74.5^{\circ}\text{F}$ ) y fuera de ella ( $85.1^{\circ}\text{F}$ ). Expresa ambas temperaturas en grados Celsius.

- 3 El petróleo crudo que entra al oleoducto de Alaska tiene una temperatura de  $112^{\circ}\text{F}$ . Después de recorrer la distancia aproximada de 1 300 km en casi 12 días, su temperatura baja a  $57^{\circ}\text{F}$ . ¿Cuántos grados Kelvin se enfría el crudo en su viaje?

- 4 Junto con la escasa existencia de dióxido de carbono en su atmósfera y su rocosa superficie, el inmenso cambio de temperatura que ocurre en el transcurso de un día, también contribuye a la inhospitalidad de Marte para los futuros astronautas (Figura 2.12). La máxima temperatura en una tarde de verano, en un lugar cercano al ecuador marciano, es de  $18^{\circ}\text{C}$ . En el mismo lugar, la temperatura nocturna puede bajar hasta  $-74^{\circ}\text{C}$ . ¿Cómo se expresarían estas dos temperaturas en grados Kelvin?



Figura 2.12 Marte se caracteriza por tener temperaturas muy extremas en el transcurso de un día.

## Ley cero de la termodinámica: equilibrio térmico

El resultado de los procesos termodinámicos es el equilibrio térmico que ocurre cuando el sistema termodinámico y su entorno logran tener la misma temperatura. La **ley cero de la termodinámica** afirma lo siguiente:

Si dos sistemas termodinámicos separados están en el mismo momento en equilibrio térmico con un tercer sistema termodinámico, están también en equilibrio térmico uno con el otro.

Supongamos que dos cuerpos, A y B, están separados térmicamente, por lo que entre ellos no hay intercambio de energía. Los cuerpos A y B se ponen en contacto térmico con un tercer cuerpo (C) y llegan por separado al equilibrio termodinámico. En tal momento, los cuerpos A y B están en equilibrio termodinámico entre sí. En otras palabras, tienen la misma temperatura, igual a la temperatura del cuerpo C. Si ponemos los cuerpos A y B en contacto térmico, no habrá intercambio de energía entre ellos. La Ley cero de la termodinámica es la base de todos los procesos de medición de la temperatura.

## Calor

Generalmente el concepto de calor se suele confundir con el de temperatura. Sin embargo, encontrarás que este concepto tan importante en realidad es diferente al concepto de temperatura. ¿Cuáles son las diferencias entre el calor y la temperatura? ¿Qué relación tiene el calor con la energía? ¿Es posible que exista calor en el espacio vacío?

Si dos cuerpos con diferentes temperaturas se ponen en contacto térmico durante un período prolongado, se observará que ambas temperaturas tenderán a igualarse a una temperatura de equilibrio. Durante el contacto térmico se presenta un proceso en el cual los cuerpos que intervienen sufren alteraciones como consecuencia de una *interacción térmica* entre ambos. Esta interacción implica la transferencia de una forma de energía que provocará que de manera eventual la temperatura de ambos cuerpos sea exactamente la misma. Esa energía se llama *calor* (Figura 2.13).

El **calor** es la energía que se transfiere entre dos cuerpos que interaccionan térmicamente.

El calor está relacionado con el *flujo* de energía entre cuerpos de diferentes temperaturas. De esta forma, no es legítimo decir que un cuerpo contiene calor.

La *caloría* es la unidad para medir la cantidad del calor que los cuerpos ganan o ceden.

Una **caloría** es la cantidad de energía que debe ganar un gramo de agua para que su temperatura aumente por un grado Celsius.

El símbolo para la caloría es *cal*. La mayor es una kilocaloría (símbolo *kcal*) que es igual a 1 000 calorías:

$$1 \text{ kcal} = 1\,000 \text{ cal}$$

En nutrición se suele usar la simbología en que una kilocaloría (1 *kcal*) se escribe como 1 *Cal* (con C mayúscula). Entonces:

$$1 \text{ Cal} = 1 \text{ kcal} = 1\,000 \text{ cal}$$

Esa energía es la que se necesita para aumentar la temperatura por 1°C a 1 kg de agua. Por ello, es necesario no confundir 1 *cal* con 1 *Cal*.

En el Sistema Británico de Unidades, la unidad para el calor es la **unidad británica de calor**, que es la cantidad de energía que debe ganar una libra de agua para que su temperatura aumente por un grado Fahrenheit. El acrónimo de la unidad británica de calor es BTU (del inglés British Thermal Unit). La relación entre la BTU y la caloría es:

$$1 \text{ BTU} = 252 \text{ cal} = 0.252 \text{ kcal}$$

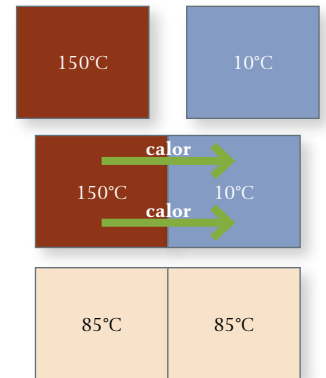


Figura 2.13 Cuando dos cuerpos interactúan térmicamente, hay una transferencia neta de calor de un cuerpo a otro hasta que se alcanza el equilibrio térmico.

**DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE**

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Establece la interrelación entre calor y temperatura con la tecnología y el ambiente.

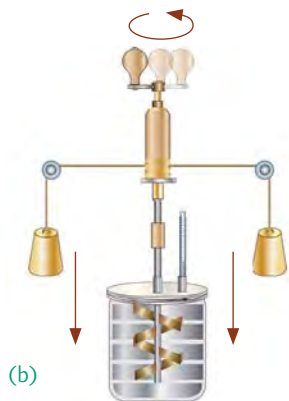


Figura 2.14 Aparato original de Joule (a) y un esquema que explica su funcionamiento (b).

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

En esta actividad realizarás un experimento sencillo en el que analizarás las diferencias entre el calor y la temperatura.

- 1 En tríos consigue tres recipientes del mismo tamaño. En el primer recipiente coloca agua caliente (a una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  aproximadamente); en el segundo coloca agua a temperatura ambiente (justo a la temperatura a la que sale de la llave) y en el tercero vierte agua fría con un poco de hielo.
- 2 Sumerge tu mano derecha en el agua caliente y, de manera simultánea, tu mano izquierda en el agua fría durante aproximadamente 40 s (si sientes que el agua está muy fría o caliente, regula un poco su temperatura y después realiza el experimento).
- 3 Describe cómo sientes el agua en tu mano derecha. \_\_\_\_\_
- 4 Describe cómo sientes el agua en tu mano izquierda. \_\_\_\_\_
- 5 ¿La sensación que sientes con el agua fría y el agua caliente corresponde al calor o a la temperatura? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 Después, retira ambas manos y sumérgelas inmediatamente en el agua templada.
- 7 Describe cómo sientes el agua templada en tu mano derecha. \_\_\_\_\_
- 8 Describe cómo sientes el agua templada en tu mano izquierda. \_\_\_\_\_
- 9 Después de que sumergiste ambas manos en agua templada, explica si la sensación que sienten tus manos corresponde al calor o a la temperatura. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 10 Realiza una investigación bibliográfica y, con ayuda de lo que has aprendido hasta ahora en tu libro, determina la diferencia entre calor y temperatura. Busca algún otro experimento en el cual encuentres la diferencia entre estas dos cantidades físicas.

**El equivalente mecánico del calor**

Durante mucho tiempo, la relación entre el calor, el trabajo y la energía fue un misterio hasta que en 1843 **James Prescott Joule** calculó el valor del equivalente mecánico del calor usando los datos de diversos experimentos que había realizado. Este cálculo permitió la formulación de la *Ley de la conservación de la energía*. En su honor, la unidad de trabajo y energía del Sistema Internacional (SI) lleva el nombre *joule*.

Uno de los dispositivos que usaba Joule en sus experimentos para determinar la relación entre el calor y la energía se presenta en la Figura 2.14a. Éste consiste en un recipiente lleno de agua con un termómetro preciso. En el recipiente había un eje con paletas conectado, mediante poleas, a dos pesas que podían subir y bajar, como se ve en la Figura 2.14b. Al bajar, las pesas movían el eje y las paletas. Debido a la fricción entre éstas y el agua, ésta última se calentaba ligeramente.

Al calcular el trabajo mecánico  $T$  realizado por las pesas y el calor  $Q$  recibido por el agua, Joule pudo encontrar cuánto trabajo mecánico corresponde a una caloría o, en otras palabras, **el equivalente mecánico del calor**.

Después de repetir los experimentos varias veces y obtener resultados diferentes, Joule encontró que para entregar al cuerpo una caloría, siempre se *gasta* el mismo trabajo mecánico. En 1850, Joule publicó lo que consideraba el mejor resultado para el equivalente mecánico del calor:

$$\frac{T}{Q} = 4.16 \frac{\text{J}}{\text{cal}}$$

El valor más preciso, el cual se encontró más tarde, establece que una caloría equivale a 4.186 joules. La relación 4.186 joules por una caloría se llama *equivalente mecánico del calor*.

El **equivalente mecánico del calor** es el efecto térmico que sobre un cuerpo causa **una caloría**, el cual es posible de lograr también ejerciendo sobre ese cuerpo un trabajo mecánico de **4.186 joules**.

En la vida cotidiana no es difícil encontrar evidencias de que los cuerpos se calientan si se realiza trabajo mecánico sobre ellos. Por ejemplo, los metales, desprenden chispas cuando se cortan con poderosas cortadoras eléctricas (Figura 2.15), o las llantas de automóvil se calientan debido al trabajo que realizan las fuerzas de fricción de la carretera sobre ellas.

El hecho de que el trabajo mecánico en la presencia de las fuerzas de fricción eleva la temperatura de los cuerpos involucrados, se puede sentir al frotar fuertemente las palmas de las manos. Hazlo por un rato y notarás que tus manos se calientan.



Figura 2.15 Las chispas que saltan al cortar un metal demuestran que los cuerpos se calientan si se hace trabajo mecánico sobre ellos.

## EN ACCIÓN

Resuelve los siguientes problemas y cuestionamientos sobre el equivalente mecánico del calor y la conversión de unidades de energía térmica de un sistema a otro.

- 1 Un BTU es igual a 252 calorías o 0.252 kcal. ¿Cuál es su valor expresado en joules?

- 2 Para elevar la temperatura de una libra de agua de 15°C a 100°C se necesita la energía termal de 153 BTU. Expresa esta energía en kcal y en kJ.

- 3 Un quemador promedio de una estufa doméstica puede entregar energía térmica de entre 10 y 30 BTU cada segundo, ¿cuánto es este rango en kcal y en kJ?

## DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

## COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

- 4 El contenido energético de 1 kg de carbón es de 25 000 BTU. Expresa esta cantidad en kcal y en kJ.

- 5 Un barril de petróleo tiene contenido energético de 6.12 gigajoules ( $6.12 \times 10^9$  joules), ¿cuánto es esto en kcal y en BTU?

- 6 Un pie cúbico de gas natural tiene el contenido energético de 8.839 megacalorías (8 839 kcal), ¿cuánto es esto en megajoules y en BTU?

## Formas de transmisión del calor



Figura 2.16 Un helado se derrite porque el aire le transfiere calor.

De acuerdo con la experiencia cotidiana, si dos cuerpos de diferentes temperaturas entran en contacto tienden a igualar sus temperaturas y llegar al equilibrio térmico, en el que tendrán una temperatura común. Un plato de sopa caliente y una copa de helado, cuando se dejan sobre la mesa, aunque no sea por un tiempo largo, terminan con temperaturas semejantes y cercanas a las del ambiente. Este proceso de igualación de temperaturas se realiza gracias a la transferencia de calor que ocurre entre cuerpos de temperaturas diferentes cuando pueden interactuar térmicamente. La sopa se enfría porque está en contacto térmico con el aire, más frío, del comedor. El calor se transfiere de la sopa al aire. En el caso del helado, éste se derrite y se calienta porque también está en contacto térmico con el aire, que respecto al helado es más caliente (Figura 2.16), por lo que el calor se transfiere del aire al helado.

La diferencia de temperaturas es el *motivo* de la transferencia de calor cuyo *objetivo* es eliminar esa diferencia. El cuerpo de mayor temperatura *entrega* calor. Si no cuenta con un *ingreso de calor*, su temperatura disminuye. El cuerpo de menor temperatura *recibe* calor. Si no se libera del calor recibido, su temperatura aumenta. Por tanto, el *flujo de calor* tiene una dirección que va del cuerpo de mayor temperatura al cuerpo de menor temperatura.

Veamos las principales características de los tres diferentes tipos de transferencia de calor en situaciones cotidianas. De hecho, en cada una se realiza una simple demostración de la transferencia de calor.

## Conducción

Si se mete una cucharita de metal que esté a temperatura ambiente en un té caliente, después de un período corto el mango del cubierto estará también muy caliente y hasta podría quemar a alguien (Figura 2.17). ¿Cómo fue que se calentó?

La parte de la cucharita que está sumergida y en contacto directo con el té caliente, se calienta primero. Sus otras partes lo hacen gradualmente debido a la *conducción de calor* a través del cubierto.

La **conducción de calor** es la transferencia de calor de una parte de un cuerpo a otra que tiene temperatura diferente, sin que ocurra un movimiento visible de esas partes.

Es bien sabido que la madera no conduce el calor de manera tan eficiente como los metales. Ésta es la razón por la que las cucharas casi nunca se fabrican de metal, sino de madera o con mango de madera, para remover la comida durante la cocción (Figura 2.18).

Hablando de manera general, los metales son mejores conductores de calor que la madera. Esa diferencia se debe al hecho de que los metales tienen una estructura microscópica especial, diferente de las demás sustancias.

En el nivel microscópico, los metales están formados por una red cristalina, hecha de iones positivos regularmente distribuidos y de electrones libres. La **transferencia de calor**, de la parte que tiene mayor temperatura hacia la de menor temperatura, se lleva a cabo a través de dos mecanismos (Figura 2.19):

1. **Mediante vibraciones de la red cristalina.** Las vibraciones de la parte más caliente se propagan a través de la red cristalina.
2. **Mediante los electrones libres.** En la parte más caliente, los electrones tienen mayores energías cinéticas. En los choques entregan una parte de esa energía a los electrones con la menor energía cinética. Ese mecanismo de *transferencia electrónica* no está presente en otras sustancias en las cuales la transferencia de calor se realiza mediante vibraciones de las redes cristalinas.

El conocimiento sobre la conductividad térmica de los materiales se vuelve cada vez más importante cuando se trata de construir casas ahorradoras de energía. En general, mantener una temperatura agradable en los hogares significa calentar su interior en el invierno y enfriarlo en el verano. La energía que se gasta en eso representa hasta 40% del consumo doméstico de energía en un año.

## CONEXIONES

### Conductividad térmica de los diamantes

Ya sean naturales o artificiales, los diamantes son los mejores conductores de calor, superando cinco veces la conductividad del cobre (Figura 2.20).

Como no tienen electrones libres en su interior, los diamantes no conducen la corriente eléctrica. De este modo, su único mecanismo de conducción de calor son las vibraciones de su red cristalina. Su eficacia se debe a los fuertes enlaces entre sus átomos en dicha red, por eso los diamantes tienen una dureza extraordinaria. ¿Qué aplicaciones tiene la conductividad de los diamantes? Investiga en fuentes bibliográficas o electrónicas los usos que se le



Figura 2.17 El té calienta también el extremo de la cuchara aun cuando ambos no estén en contacto directo.



Figura 2.18 Las cucharas de madera permiten remover la comida caliente sin quemarnos.

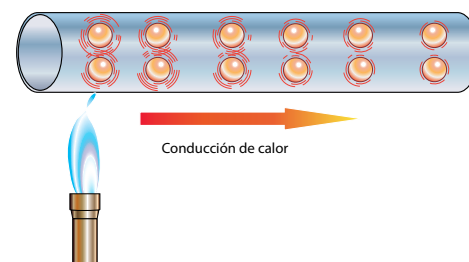


Figura 2.19 La estructura cristalina, así como la presencia de electrones libres, facilita la conducción de calor en los metales.



Figura 2.20 Los diamantes son los campeones de la conducción de calor.



Figura 2.21 Las cacerolas y ollas de cobre son populares por las características térmicas de este metal.



Figura 2.22 Los vasos de unicel protegen las manos de las bebidas calientes y mantienen por más tiempo la temperatura de los líquidos.

da a la conductividad térmica de los diamantes. ¿Es posible distinguir un diamante de una falsificación mediante esa propiedad?, ¿cómo? Elabora un resumen en tu cuaderno donde contestes estas preguntas.

Conocer la conductividad térmica de diferentes materiales, permite entender algunas cosas interesantes de nuestro mundo. Por ejemplo, ¿por qué los buenos cocineros prefieren cacerolas y ollas de cobre aun cuando las de aluminio sean más ligeras y baratas (Figura 2.21)?

Lo anterior se debe a que el cobre es mejor conductor térmico que el aluminio. Por eso, en esas cacerolas la comida se cuece más rápido y se consume menos energía.

Ahora bien, el unicel es el mejor aislador térmico, por lo que, con el fin de disminuir el flujo de calor, este material se usa para rellenar las paredes de los refrigeradores domésticos. Del mismo modo, los vasos hechos de este material mantienen calientes las bebidas por más tiempo y evitan que el calor se transfiera a la mano y nos quememos (Figura 2.22).

El aire también tiene poca conductividad térmica, lo que significa que es un buen aislante térmico. La protección que nos da la ropa contra el frío se debe, en gran medida, al aire atrapado. La ropa por sí misma no nos calienta, sino que impide que se desprenda el calor generado por nuestro cuerpo en los procesos metabólicos y durante las actividades físicas.

La conductividad térmica de la ropa está determinada por la presencia de aire en las pequeñas cavidades de la tela. Cuando la ropa se moja, éstas se llenan de agua y la conductividad aumenta drásticamente porque dicho líquido es mejor conductor de calor que el aire.

## CONEXIONES

### ¿Cómo se mantienen calientes los pingüinos?

Los pingüinos viven en lugares donde impera el frío, que son todo menos regiones idóneas para la vida.

Durante el invierno, la temperatura en la Antártida puede bajar hasta  $-60^{\circ}\text{C}$ , con vientos de hasta 200 km/h. Además, para buscar comida, los pingüinos tienen que bucear en el agua del mar cuya temperatura oscila entre  $-2$  y  $2^{\circ}\text{C}$ . A pesar de todo, los pingüinos no se congelan sino que, de manera increíble, mantienen su temperatura corporal entre  $38$  y  $39^{\circ}\text{C}$ . ¿Cómo logran mantenerse calientes? Busca en Internet y en fuentes bibliográficas confiables cómo está constituido el plumaje de los pingüinos. Determina en qué consiste el aislamiento térmico que los protege. Finalmente, elabora una reseña en tu cuaderno.

## Convección

Si el agua es un conductor de calor tan malo, ¿cómo es posible calentarla? Es posible hacerlo si se hace por debajo, como comúnmente se lleva a cabo. El agua del tubo de ensayo hervía sólo en la parte superior y no en todo su volumen, debido a que el calentamiento se realizaba desde arriba.

Cuando el agua se calienta por debajo, entra en acción otro mecanismo de transferencia del calor, característico de los líquidos y gases, llamado *convección*.

La **convección** es la transferencia de calor a través de un fluido en la que ocurren movimientos visibles de las partes del fluido que tienen diferentes temperaturas.

¿Cómo se calienta el agua en una cacerola? La capa de agua que está en contacto con el fondo caliente de la cacerola aumenta de temperatura y sube hasta la superficie. Su lugar lo toma la siguiente capa de agua, la cual está a menor temperatura. Cuando esta capa se calienta, también sube hasta la superficie dejando su lugar a la siguiente que aún está fría. Así se generan **corrientes de convección** responsables del calentamiento del agua (Figura 2.23).

¿Por qué la capa caliente sube hasta la superficie? Cuando el agua aumenta de temperatura, su volumen es más grande. Como la masa del agua es la misma, el aumento del volumen resulta en una densidad menor. La capa de agua que aumentó de temperatura es menos densa que las demás capas y, debido a la fuerza de empuje, sube hasta la superficie.

Las corrientes de convección del agua no ocurren sólo en las cacerolas, sino también en los mares y océanos. El agua caliente del golfo de México llega hasta las costas sureñas de Islandia y los fiordos de Noruega, influyendo de manera favorable en el clima de estos países. Sin esta corriente, su clima sería más frío.

Las corrientes de convección ocurren también en el aire. Se dan de manera pronunciada cuando éste se pone en contacto con alguna llama.



Figura 2.23 Las corrientes de convección son las responsables del calentamiento del agua en una cacerola que está sobre fuego.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En esta actividad realizarás un experimento en el que analices el fenómeno de convección. Consigue una vela y enciéndela. Después, con cuidado, acerca la mano a la llama de dos maneras.

- Desde una distancia de 60 cm aproximadamente, intenta acercar tu mano a la llama de forma horizontal. Jamás toques la llama de la vela y retira tu mano en cuanto sientas demasiado calor.
- Intenta acercar tu mano a la llama colocando tu mano a 60 cm por encima de la llama. Acerca tu mano cuidando que no sientas demasiado calor.
  - ¿De qué manera pudiste acercar más tu mano a la llama: horizontal o verticalmente? ¿Por qué? \_\_\_\_\_
  - ¿Qué forma de transferencia de calor es la que hace que «sientas caliente» conforme acercas tu mano a la llama? \_\_\_\_\_

## WEB

La brisa marina es un fenómeno meteorológico que se produce por el fenómeno de convección. ¿Por qué la brisa sopla hacia la tierra de día y de noche hacia el mar? Encuentra las respuestas en los siguientes vínculos electrónicos y entérate de otros fenómenos conocidos que se producen gracias a la convección.

<http://goo.gl/BLFBrn>

## DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza las formas de intercambio de calor entre los cuerpos.

## COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.



Figura 2.24 La salida del Sol vence la oscuridad de la noche y generosamente nos ofrece la luz y el calor.

## Radiación térmica

Nuestra fuente más importante de luz y calor es el Sol. Dado que esta estrella está a una distancia de 150 000 000 km y, excepto por la diminuta fracción que ocupa la atmósfera, el espacio que separa la Tierra del Sol está al alto vacío. Es natural preguntarse: ¿cómo es posible que el Sol caliente la Tierra (Figura 2.24)?

La condición necesaria para la conducción de calor y la convección es la presencia de una sustancia, cualquiera que sea su estado de agregación. Por eso, estos dos mecanismos de transferencia de calor no pueden ser responsables de la llegada del calor solar a la Tierra. Por suerte, existe un mecanismo adicional de transferencia que puede realizarse en el vacío llamado *transferencia por radiación térmica*.

La **transferencia por radiación térmica** es el traspaso de calor que ocurre mediante la radiación térmica que emiten los cuerpos a todas las temperaturas.



Figura 2.25 Cuando estás sentado cerca de una fogata, el calor que sientes se debe a la absorción de la radiación infrarroja. Por eso, la sensación de calor se da sólo en las partes iluminadas.

La radiación térmica es una parte del espectro de *radiaciones electromagnéticas*. También se le llama **radiación infrarroja**. La energía que lleva esta radiación pasa a los cuerpos que la absorben. Como consecuencia, los cuerpos aumentan su temperatura (Figura 2.25).

La energía de la radiación térmica depende de la temperatura a la que se encuentre el cuerpo que la emite. Las cámaras infrarrojas, que usan películas sensibles a la radiación infrarroja, permiten obtener **termogramas**, es decir, imágenes que revelan la temperatura de los diferentes puntos del objeto cuya radiación fue capturada con la cámara infrarroja.

El termograma de una casa (Figura 2.26a) revela sus *puntos calientes* y *fríos*. Los *puntos calientes* son de color blanco, amarillo y rojo en los que hay *fugas de calor*. Los puntos con menor salida de calor son violeta y verde. Es claro que en la casa las ventanas necesitan un mejor aislamiento térmico.

Un termograma del cuerpo humano (Figura 2.26b) revela pequeñas diferencias de temperaturas (hasta  $0.01^{\circ}\text{C}$ ). Si se conoce la distribución normal de la temperatura corporal, gracias a un termograma se detectan los puntos de *temperatura sospechosa* que pueden ser síntomas de una enfermedad. Por ejemplo, los tumores elevan un poco la temperatura del tejido que los rodea, mientras que problemas de circulación bajan la temperatura de la parte correspondiente.

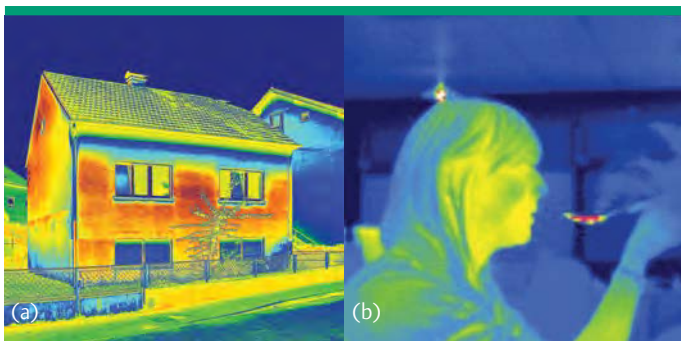


Figura 2.26 (a) Termograma de una casa y (b) Termograma de un cuerpo humano.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza las formas de intercambio de calor entre los cuerpos.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Realiza una investigación sobre los mecanismos de transferencia de calor en materiales sólidos, líquidos y gases, así como en el vacío enfatizando en el comportamiento de estos

fenómenos a nivel molecular. Elabora, en el siguiente espacio, un cuadro sinóptico donde describas cada forma de transferencia de calor en cada medio en el que pueden ocurrir.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

**EN ACCIÓN**

En equipos de tres integrantes analicen los casos que se muestran a continuación y determinen el o los tipos de intercambio de calor que existen entre los cuerpos que intervienen en cada situación. Posteriormente, añadan dos situaciones más a la [Tabla 2.3](#) y analícnlas.

**TABLA 2.3** Formas de transferencia del calor.

SITUACIÓN	CONDUCCIÓN	CONVECCIÓN	RADIACIÓN
Una tortilla que se calienta en el microondas.			
Una sartén que se calienta en la estufa con la llama de la hornilla.			
El agua de los océanos en el día expuesta a la luz del Sol.			
El agua de los océanos en la noche.			
El magma que se encuentra entre el núcleo de la Tierra y la corteza terrestre.			

**DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE**

Identifica y analiza las formas de intercambio de calor entre los cuerpos.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

**DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE**

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

Identifica y analiza las formas de intercambio de calor entre los cuerpos.

**COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

Reconoce el impacto del cambio climático en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas.

Contrasta los resultados obtenidos en una investigación con respecto al cambio climático y el efecto invernadero, y comunica sus conclusiones en equipos diversos, respetando la diversidad de valores, ideas y prácticas sociales.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE****El calor, la temperatura y el cambio climático**

El cambio climático es un asunto que alarma a muchas personas a nivel mundial. Reúnanse en equipos de tres integrantes e investiguen en fuentes electrónicas, bibliográficas y hemerográficas confiables sobre el cambio climático. Indiquen de forma clara y concisa de qué manera el calor y la temperatura influyen en el clima de las diferentes regiones. Contesten las preguntas que siguen y finalmente elaboren un ensayo que resuma toda la información recabada.

- 1 ¿De qué manera influye el movimiento de las placas tectónicas en el cambio climático?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Cuál es la función de las corrientes marinas? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 ¿Qué cambios puede traer la alteración de las corrientes marinas? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4 ¿Es posible que el calor sea un contaminante?, ¿y la temperatura? Justifica tu respuesta.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## La caloría y el valor nutricional de los alimentos

Quizá, desde que trabajaste con el tema anterior, pudiste observar que el calor se mide en calorías y en joules, mismas unidades que se utilizan para determinar el valor nutrimental de los alimentos. ¿Por qué se utiliza el joule y la caloría para hablar de nutrición?, ¿cómo se puede relacionar el contenido nutricional de los alimentos con la cantidad de energía que el cuerpo humano necesita diariamente?, cuando el cuerpo está en reposo (por ejemplo, cuando estamos dormidos), ¿el cuerpo, también, consume energía?

Los fabricantes industriales de alimentos están obligados a declarar en las etiquetas los contenidos nutrimentales de sus productos para que la gente sepa qué come, y con ello equilibre su dieta.

Por ejemplo, en la etiqueta de un frasco de mayonesa se puede leer:

<b>TAMAÑO DE LA PORCIÓN</b>	10 g
<b>PORCIONES POR ENVASE</b>	39
<b>CONTENIDO ENERGÉTICO (POR PORCIÓN)</b>	74.1 Cal (304.8 kJ)

y en el envase de una pasta:

<b>TAMAÑO DE LA PORCIÓN</b>	100 g
<b>PORCIONES POR ENVASE</b>	5
<b>CONTENIDO ENERGÉTICO (POR PORCIÓN)</b>	1 520 kJ (360 kcal)

Si se quiere comparar el contenido energético de la mayonesa y la pasta, se debe encontrar la energía que le corresponde a 1 g de esos alimentos. Un gramo de mayonesa tiene el contenido energético de 7.41 kcal, mientras que 1 g de pasta tiene 3.6 kcal. De esos números resulta evidente que 1 g de mayonesa tiene más del doble del contenido energético que el de la pasta.

Cabría preguntarse cuál es el significado de los números de kilocalorías. Si se quemara por completo 1 g de mayonesa, la energía generada sería suficiente (en condiciones ideales) para aumentar la temperatura de 1 kg de agua por 7.41°C. En consecuencia, al quemar una porción de 10 g de mayonesa, se aumentaría la temperatura de 1 kg de agua por ¡74.1°C! En forma análoga, al quemar una porción de pasta (100 g), ¡se calentarían 10 kg de agua 36°C!

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Resuelve estos problemas utilizando ejemplos de la vida cotidiana sobre el consumo diario de alimentos y su valor nutricional.

- En 100 g de chocolate de leche y avellanas (sin azúcar añadida) está almacenado el contenido energético de 532 kcal.
  - ¿Cuánto es su contenido energético en kilojoules y en BTU?

- Para que tengas una idea de esas cantidades de energía, realiza la comparación que sigue: al levantar un cuerpo cuya masa es de 102 kg a una altura de 10 m (que es la altura aproximada de un edificio de cuatro pisos), se ejerce el trabajo mecánico de 10 kilojoules (10 000 joules). Si toda la energía contenida en 100 g de chocolate se usara para levantar tal cuerpo, ¿cuántas veces se levantaría a la altura de 10 m?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Comprende la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

- 2 Al caminar durante 1 h a una velocidad de 3 km/h, una persona cuya masa es de 50 kg gasta 146 kcal de la energía almacenada en su cuerpo.

a) ¿Qué tanta es esa energía expresada en kilojoules y en BTU?

- b) La carne de cordero tiene un valor energético de 2.27 kcal por gramo. Si toda esta energía se almacenará en el cuerpo, ¿cuántos gramos de carne de cordero bastarían para recompensar la energía gastada en la caminata?

## Consumo de alimentos y saldo energético del cuerpo humano



Figura 2.27 En el reporte *El estado de la alimentación y la agricultura* (ONU, 2013) se afirmó que el número de personas obesas (con sobrepeso severo), alcanzó niveles alarmantes en varios países del mundo.

Según datos de 2013 proporcionados por la ONU, México es el país que tiene el mayor porcentaje (70%) de personas obesas a nivel mundial (Figura 2.27). En comparación con los que tienen una masa corporal normal, las personas obesas corren más riesgos, estadísticamente hablando, de padecer enfermedades como diabetes, hipertensión y un elevado nivel de grasas en la sangre, lo que implica un incremento significativo en el gasto destinado a la salud.

El sobrepeso y la obesidad reflejan un desequilibrio en el saldo energético del cuerpo de las personas afectadas. Para un funcionamiento adecuado, el cuerpo humano necesita energía que obtiene a través de los alimentos.

Tal energía se obtiene de los alimentos que contienen los **nutrientes energéticos**, los cuales son los *hidratos de carbono*, las *proteínas* y *grasas* (o lípidos). Los valores energéticos de dichos nutrientes, expresados en kilocalorías por un gramo del nutriente, se presentan en la Tabla 2.4.

TABLA 2.4 Los nutrientes energéticos y su valor energético.

NUTRIENTE ENERGÉTICO (O MACRONUTRIENTE)	VALOR ENERGÉTICO (kcal/g)
Hidratos de carbono	4
Proteínas	4
Grasas	9

Para una alimentación sana es importante que exista una adecuada distribución de los nutrientes energéticos. El cuerpo humano gasta la energía disponible de los alimentos para dos propósitos: 1. Para mantener las funciones básicas de los sistemas que forman el cuerpo y, 2. Para las actividades físicas que se llevan a cabo.

La energía necesaria para el funcionamiento básico del cuerpo tiene el nombre de **Tasa Metabólica Basal (TMB)**. Depende de la masa corporal, altura, edad y el género de las personas. Su valor aproximado, en kilocalorías por días, se calcula mediante las fórmulas siguientes:

- **Hombres:**

$$\text{TMB} = (10 \times \text{masa}) + (6.25 \times \text{altura}) - (5 \times \text{edad}) + 5$$

- **Mujeres:**

$$\text{TMB} = (10 \times \text{masa}) + (6.25 \times \text{altura}) - (5 \times \text{edad}) - 161$$

La masa corporal se debe expresar en kilogramos, la altura en centímetros y la edad en años.

## EJEMPLO

Un joven de 18 años tiene una masa es de 65 kg y una altura de 160 cm.

- ¿Cuál es su TMB?
- ¿Cuál sería la TMB de una joven con las mismas características?

### Solución

- La tasa metabólica basal está dada por:

$$\text{TMB} = (10 \times 65) + (6.25 \times 160) - (5 \times 18) + 5 = 1\,565 \text{ kcal}$$

- Para una joven con las mismas características de masa, altura y edad, la TMB sería:

$$\text{TMB} = (10 \times 65) + (6.25 \times 160) - (5 \times 18) - 161 = 1\,399 \text{ kcal}$$

El gasto energético total que corresponde a la TMB y a las actividades físicas (Figura 2.28), se obtiene multiplicando la TMB por un factor cuyo valor depende del nivel de las actividades físicas que realiza la persona. En el caso de mínimas actividades físicas (vida sedentaria), ese factor tiene el valor de 1.200. Cuando éstas son de alto nivel (ejercicios o deportes que se practican 6 o 7 días por semana), el valor del factor es de 1.725. El valor del factor que corresponde al nivel mediano de actividades físicas (ejercicios o deportes que se practican 3 o 4 días por semana) es aproximadamente de 1.500.

## EJEMPLOS

- ¿Cuál sería la necesidad energética del ejemplo anterior si: **a)** tiene un nivel bajo de actividades físicas (factor 1.200) y **b)** tiene un nivel alto de actividades físicas (factor 1.725)?

### Solución

Su necesidad energética por día sería:

$$1.200 \times \text{TMB} = 1.200 \times 1\,565 \text{ kcal} = 1\,878 \text{ kcal}$$

Si desarrollara un nivel alto de actividades físicas (factor 1.725), su necesidad energética por día sería:

$$1.725 \times \text{TMB} = 1.725 \times 1\,565 \text{ kcal} = 2\,700 \text{ kcal}$$

Si los alimentos que el hipotético joven consume le proporcionan, conforme a su nivel de actividades físicas, la cantidad necesaria de calorías, su balance energético será equilibrado y su masa corporal constante. De lo contrario, si el consumo diario de alimentos corresponde al nivel alto (2700 kcal) y sus actividades son de nivel bajo (necesidad energética de 1878 kcal), su masa corporal aumentará. Los alimentos no quemados se



Figura 2.28 La actividad física que se realiza todos los días influye en el cálculo del gasto energético total requerido.

transformarán en tejido graso. Si el desequilibrio continúa, llegará a manifestar sobrepeso u obesidad.

El Índice de Masa Corporal (IMC) determina si la masa de una persona es adecuada. Éste se calcula al dividir la masa de la persona en kilogramos entre el cuadrado de la altura en metros:

$$\text{IMC} = \frac{\text{masa (kg)}}{\text{altura}^2 (\text{m}^2)}$$

2 ¿Cuál es el IMC de una persona con una masa de 65 kg y una altura de 1.7 m?

### Solución

El IMC está dado por:

$$\text{IMC} = \frac{65 \text{ kg}}{(1.7 \text{ m})^2} = \frac{65 \text{ kg}}{2.89 \text{ m}^2} = 22.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Para saber si dicho IMC indica una masa adecuada, hay que consultar la clasificación que hace la Organización Mundial de Salud (OMS) [Tabla 2.5].

TABLA 2.5 Clasificación de los índices de la masa corporal.

ÍNDICE DE MASA CORPORAL (kg/m <sup>2</sup> )	CLASIFICACIÓN DE LA OMS
Menor a 18.5	Peso bajo
Entre 18.5 y 24.9	Peso adecuado
Entre 25.0 y 29.9	Sobrepeso
Mayor a 30.0	Obesidad

La norma oficial mexicana para el tratamiento integral de la obesidad (NOM 174-SSA-1998), la clasifica tomando en cuenta tanto el valor del IMC como la talla, cabe mencionar que la clasificación mexicana es más estricta que la de la OMS.

Para la talla normal (altura de mujeres mayor que 1.5 m y de hombres mayor que 1.6 m), el rango del IMC para sobrepeso es entre 25 y 27, mientras que la obesidad comienza cuando el IMC es mayor que 27. En el caso de la talla baja (altura de mujeres menor que 1.5 m y de hombres menor que 1.6 m), el rango del IMC para sobrepeso es entre 23 y 25, mientras que la obesidad comienza cuando el IMC es mayor que 25.

## EN ACCIÓN

### ¿Qué cantidad de calorías es la necesidad energética de tu cuerpo por un día?

- 1 Inserta los valores de tu masa, altura y edad en la fórmula para la TMB y calcula cuántas kilocalorías necesita tu cuerpo para sus funciones básicas. Escribe tu TMB en la línea de abajo. \_\_\_\_\_
- 2 Para conocer la necesidad energética total de tu cuerpo, suponiendo el nivel mediano de actividades físicas, multiplica tu TMB por el factor 1.5. Tu dieta ideal es aquella en la que la cantidad de calorías que se obtiene de los alimentos consumidos es igual a la cantidad de calorías que tu cuerpo necesita diariamente. Escribe en la siguiente línea la cantidad de calorías que necesitas al día. \_\_\_\_\_
- 3 Usa los valores de tu masa corporal (en kilogramos) y de tu altura (en metros) para calcular el valor de tu IMC. Escribe el resultado del cálculo en la línea de abajo. \_\_\_\_\_

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Comprende la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

- 4 Consulta los rangos del IMC, tanto de la OMS como los de México, para determinar en qué categoría te encuentras: peso bajo, peso normal, sobrepeso u obesidad. Registra a continuación tus resultados. \_\_\_\_\_  
Si tu peso no es normal, consulta a un especialista en nutrición. Será bueno para tu salud que intentes lograr un peso adecuado.

Los valores de gasto energético en algunas actividades físicas recreativas, determinados en kilocalorías por hora y por un kilogramo de masa corporal (kcal/hkg), se presentan en la [Tabla 2.6](#).

**TABLA 2.6** Valores de gasto energético en algunas actividades físicas recreativas.

ACTIVIDAD FÍSICA RECREATIVA	GASTO ENERGÉTICO (kcal/hkg)
Caminar 3 km en una hora.	2.92
Caminar 5 km en una hora.	4.33
Correr 7.5 km en una hora.	8.92
Correr 9.5 km en una hora.	10.83
Recorrer en bicicleta 18 km en una hora.	8.92
Patínaje rápido.	8.5

Los valores de gasto energético en algunas actividades físicas domésticas, determinados en kilocalorías por hora y por un kilogramo de masa corporal (kcal/hkg), se presentan en la [Tabla 2.6](#).

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### ¿Cómo mantener constante la masa corporal?

Esta actividad te permitirá calcular la actividad física diaria necesaria para mantener constante el peso corporal a partir de la cantidad de alimentos consumidos y su valor nutrimental.

- 1 Determina la cantidad total de calorías que consumes diariamente. Para ello, registra en tu cuaderno, en una tabla como la [Tabla 2.7](#), todos los alimentos que comes durante el día, completándola hacia abajo para que registres todo. Recuerda que la cantidad total de calorías se obtiene sumando las calorías de cada alimento consumido.

**TABLA 2.7** Cantidades de alimentos consumidos.

ALIMENTO	VALOR NUTRIMENTAL	CONSUMO DIARIO (GRAMOS)	CANTIDAD DE CALORÍAS CONSUMIDAS
Carne.			
Pescado.			
Huevos.			
Pan.			
Leche.			
...			

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

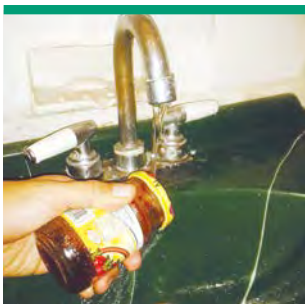
Comprende la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

- 2 Determina la cantidad ideal de calorías que deberías consumir tomando en cuenta tu TMB y el nivel de actividad física que realizas (bajo, mediano, alto). Escribe el resultado de tus cálculos abajo. \_\_\_\_\_
- 3 De las calorías que consumiste, resta las calorías que debes consumir según tu dieta ideal. Si consumes más de lo que necesitas, lo que sobra se acumulará en tu cuerpo como grasa, aumentando tu masa corporal. Escribe a continuación el número de calorías sobrantes (o faltantes) en tu dieta. \_\_\_\_\_
- 4 Determina qué actividad física recreativa y por cuánto tiempo deberías realizar para quemar las calorías sobrantes. Apóyate en la [Tabla 2.3](#).

## La dilatación térmica



**Figura 2.29** Hay varias formas de abrir un frasco cuya tapa está atascada. Una de ellas es haciendo que caiga agua caliente sobre ella.

En ocasiones cuando cambia la temperatura ocurren fenómenos extraños en los que los cuerpos cambian de tamaño. De éstos surgen interrogantes, así como aplicaciones: ¿por qué los cuerpos modifican su tamaño cuando cambia la temperatura?, ¿todos los cuerpos modifican sus dimensiones de la misma manera cuando la temperatura cambia?, ¿de qué me sirve entender el fenómeno de la dilatación en mi vida cotidiana?

Es muy probable que ya te hayas dado cuenta de que los cuerpos aumentan de tamaño cuando incrementa la temperatura del entorno y disminuyen al bajar ésta. Los cables de la electricidad y del teléfono están más flojos en el verano (días calientes) y más tensos en invierno (días fríos). Algunas puertas de metal se abren y cierran con dificultad en el verano; un frasco con tapa atascada se abre más fácil al aumentar la temperatura de la tapa poniéndola bajo un chorro de agua caliente ([Figura 2.29](#)).

Al aumentar la temperatura de la tapa a través de agua caliente para abrirla, aprovechamos el fenómeno conocido como *dilatación térmica*. Este fenómeno, el cual tiene diversas aplicaciones y graves consecuencias si se descuida, se llama **dilatación térmica de los cuerpos**.

La **dilatación térmica** es el cambio en las dimensiones de los cuerpos debido al cambio en su temperatura.

El volumen de la mayoría de los cuerpos crece cuando aumenta la temperatura. Sin embargo, el incremento relativo del volumen respecto al volumen inicial, no es el mismo para todos. Como se verá más adelante, el mayor porcentaje de aumento lo muestran los gases, luego siguen los líquidos y, al final, están los sólidos.

### EN ACCIÓN

En esta actividad observarás la dilatación térmica de algunos cuerpos. Reúnete en equipos de tres integrantes y reúne el material que se indica en la lista a continuación:

- Sobre de té.
- Taza.
- Lata de refresco.
- Llama de gas.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Describe con base a sus características el fenómeno de la dilatación de los cuerpos.

- Recipiente con agua hirviendo.
- Moneda de 10 pesos.
- Pinzas.
- Vernier.

### Procedimiento:

*Advertencia.* Tomen todas las precauciones necesarias para no quemarse al trabajar con fuego, agua hirviendo y objetos calientes.

- 1 Dilatación térmica del aire.** Pongan el sobre de té en una taza y viertan rápidamente agua hirviendo. ¿Qué sucede con la bolsa de té después de sumergirse en el agua caliente (Figura 2.30)? \_\_\_\_\_

- 2 Dilatación térmica del agua.** Tomen una lata de refresco y llénela por completo con agua. Sequen la parte de la lata que queda alrededor de la abertura, pongan la lata sobre la llama de gas, pronto verán salir agua a través de la abertura (Figura 2.31) ¿Por qué se sale el agua? \_\_\_\_\_

- 3 Dilatación térmica de un sólido.** Tomen la moneda de 10 pesos. Abran el vernier para que la moneda apenas pueda pasar a través de la abertura, sujétela con pinzas y pónganla sobre la llama (Figura 2.32). Esperen un momento y después vuelvan a medir la moneda. ¿Cuánto incrementó su diámetro? \_\_\_\_\_  
Enfríen la moneda con agua y vuelvan a medir. ¿Qué pasó con el diámetro de la moneda? \_\_\_\_\_

Otra demostración de la dilatación térmica es la de una varilla de cobre que se puede observar cuando un extremo de la varilla se inmoviliza, mientras que el otro toca una aguja de alambre que puede girar alrededor de un eje. La posición de la aguja se destaca mediante una escala dibujada en una pieza de cartón en posición vertical. Por debajo de la varilla se colocan unas velas (Figura 2.33a).

Al encender las velas, la aguja comienza a moverse empujada por la varilla dilatada (Figura 2.33b). Después de un tiempo, la desviación de la aguja indica claramente la dilatación térmica de la varilla, es decir, el aumento de su longitud debido al incremento de su temperatura (Figura 2.33c).

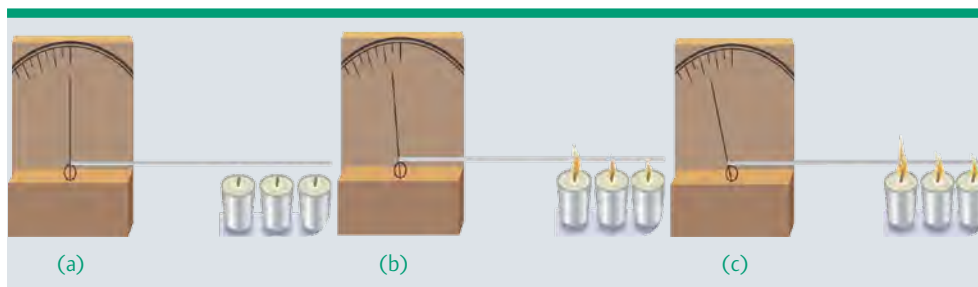


Figura 2.33 Prototipo para demostrar la dilatación térmica de una varilla (a); se puede observar cómo la longitud de la varilla aumenta y mueve la aguja (b) y (c).

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.



Figura 2.30 Sobre de té hinchado sobre la superficie del agua de la taza.



Figura 2.31 Calentamiento del agua de la lata.



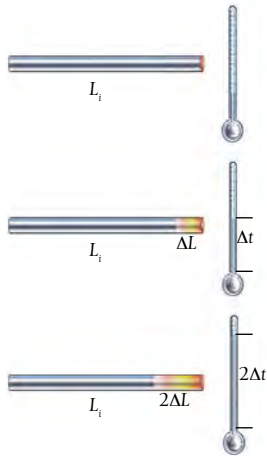
Figura 2.32 Calentamiento de la moneda.

**DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE**

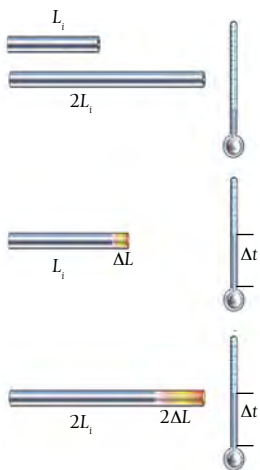
Describe con base a sus características el fenómeno de la dilatación de los cuerpos.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Establece la interrelación entre calor y temperatura con la tecnología y el ambiente.



**Figura 2.34** El aumento de la longitud es proporcional al cambio de la temperatura. En el dibujo, el aumento se ha exagerado y no guarda una proporción correcta respecto a la longitud inicial.



**Figura 2.35** El aumento de la longitud es proporcional a la longitud inicial. En el dibujo, el aumento se ha exagerado y no guarda una proporción correcta respecto a la longitud inicial.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

Con base en lo que has trabajado hasta el momento, elabora un mapa conceptual referente a la dilatación térmica. Conforme vayas avanzando en el material presentado completa el mapa.

**Dilatación térmica lineal**

La dilatación térmica es un fenómeno físico que puede ser modelado matemáticamente. Aunque siempre ocurre un cambio de volumen, hay situaciones en las que sólo una dimensión contribuye de manera decisiva a tal cambio. Tal es el caso de la dilatación térmica de los alambres, cuya longitud es mayor que el diámetro.

Debido al diámetro tan pequeño, el cambio del área de la sección transversal es despreciable. Por eso el cambio de volumen se realiza por el aumento de la longitud del alambre y es igual, aproximadamente, al producto del área de la sección transversal y al aumento de la longitud del alambre. Este tipo de dilatación térmica se llama **dilatación térmica lineal**.

**Modelo matemático para la dilatación térmica lineal**

Las mediciones precisas muestran que el aumento de la longitud de un alambre  $\Delta L$  es proporcional al aumento de la temperatura:

$$\Delta L \propto \Delta t$$

Para una misma longitud inicial  $L_i$ , si a un cambio  $\Delta t$  le corresponde un aumento de longitud  $\Delta L$ , el aumento que corresponderá a un cambio  $2\Delta t$  será  $2\Delta L$  (Figura 2.34). De igual manera, el aumento de longitud es proporcional a la longitud inicial  $L_i$ :

$$\Delta L \propto L_i$$

Para el mismo aumento de temperatura  $\Delta t$ , si el aumento de la longitud de un alambre de 10 m es de 4 mm, el aumento de longitud de un alambre de 20 m hecho del mismo material será de 8 mm (Figura 2.35).

Al juntar las dos regularidades anteriores se tiene:

$$\Delta L \propto L_i \Delta t$$

Para escribir esto como una igualdad, hay que introducir un coeficiente de proporcionalidad:

$$\Delta L \propto \alpha L_i \Delta t$$

El coeficiente de proporcionalidad  $\alpha$  se llama **coeficiente de dilatación térmica lineal**, y su valor se calcula con la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{1}{L_i} \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Se puede ver que se trata del cambio de longitud correspondiente a la unidad de la longitud inicial para un cambio de temperatura de un grado Celsius. En otras palabras, el coeficiente de dilatación térmica nos dice cuánto aumenta cada metro de longitud inicial si la temperatura aumenta  $1^\circ\text{C}$ .

La unidad de medida del coeficiente  $\alpha$  es:

$$[\alpha] = \frac{[\Delta L]}{[L_i][\Delta t]} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m} \cdot 1^\circ\text{C}} = \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

La longitud final  $L_f$  es igual a:

$$L_f = L_i + \Delta L = L_i + \alpha L_i \Delta t = L_i(1 + \alpha \Delta t)$$

Los valores del coeficiente para algunas sustancias están dados en la [Tabla 2.8](#).

**TABLA 2.8** Valores del coeficiente de dilatación térmica lineal para algunas sustancias.

SUSTANCIA	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL ( $10^{-6}/^\circ\text{C}$ )	SUSTANCIA	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA LINEAL ( $10^{-6}/^\circ\text{C}$ )
Aluminio	25	Hormigón	12
Plata	19	Vidrio	9
Cobre	17	Porcelana	4
Hierro o acero	12	Invar	2

Como se puede ver en la [Tabla 2.8](#), la menor dilatación térmica la tiene el invar. Se trata de una aleación de hierro (64%) y níquel (36%) con poco carbono y algo de cromo. Por su pequeño coeficiente de dilatación térmica, se emplea en la fabricación de piezas precisas para las que el cambio por dilatación térmica debe ser mínimo (relojería, aparatos de física, válvulas de motores) y, en especial, en instrumentos topográficos usados para medir longitudes.

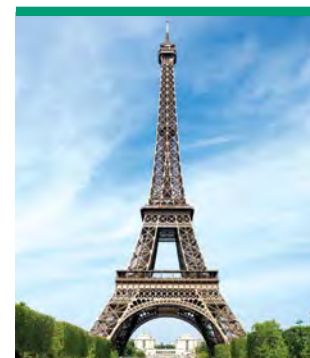
## EJEMPLOS

- 1 La altura de la Torre Eiffel, cuando la temperatura es de  $20^\circ\text{C}$ , es de 320 m ([Figura 2.36](#)). ¿Cuánto cambiará la altura de la Torre cuando: a) sea un invierno muy frío a  $-15^\circ\text{C}$  y b) sea un verano muy caluroso a  $35^\circ\text{C}$ ? Considera que el coeficiente de dilatación térmica del hierro es de  $0.000012^\circ\text{C}^{-1}$ .

### Solución

- a) Para estimar la diferencia se puede suponer que la Torre se comporta como una barra de hierro cuya longitud a  $20^\circ\text{C}$  es de 320 m. Cuando se enfría de  $20^\circ\text{C}$  a  $-15^\circ\text{C}$ , el cambio de temperatura es:

$$\Delta t = -15^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = -35^\circ\text{C}$$



**Figura 2.36** La Torre Eiffel es el más famoso símbolo de París. Para muchas personas, no subirla significa no haber estado en esa ciudad. Pero, ¿tiene siempre la misma altura?

La altura de la Torre será:

$$L_{-15} = L_{+20}(1 + \alpha\Delta t) = 320 \text{ m} \left( 1 + 0.000012 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot (-35^\circ\text{C}) \right) = 319.866 \text{ m}$$

En un invierno muy frío, la Torre se encoge aproximadamente 13.4 cm (respecto a su longitud a 20°C).

b) Cuando se calienta de 20°C a 35°C, el cambio de temperatura es:

$$\Delta t = 35^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$$

La altura de la Torre será:

$$L_{35} = L_{20}(1 + \alpha\Delta t) = 320 \text{ m} \left( 1 + 0.000012 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 15^\circ\text{C} \right) = 320.058 \text{ m}$$

En un verano muy caliente, la Torre Eiffel se dilata aproximadamente 5.8 cm (respecto a su longitud a 20°C).

Al comparar la altura de la Torre a  $-15^\circ\text{C}$  con la altura de la misma a  $35^\circ\text{C}$ , se tiene una diferencia de alturas de 19.2 cm ( $320.058 \text{ m} - 319.866 \text{ m} = 0.192 \text{ m}$ ).

El cambio de altura debido al correspondiente a la temperatura considerado, es menor de un milésimo de la altura de la Torre Eiffel. Ese cambio es pequeño y no amenaza, de ninguna manera, la estabilidad de la construcción. La Torre es *libre* de dilatarse o encogerse, porque su extremo superior no está fijo.

**2** El oleoducto de Alaska tiene una longitud de 1 300 km. La temperatura en diferentes partes de éste varía entre  $-73^\circ\text{C}$  y  $35^\circ\text{C}$ . ¿Qué dilatación térmica correspondería a esta variación de temperatura? El coeficiente de dilatación térmica del hierro es de  $0.000012^\circ\text{C}^{-1}$ .

### Solución

Para estimar la dilatación térmica, el oleoducto puede modelarse como un tubo de hierro de longitud  $L_0 = 1\,300 \text{ km}$ . El cambio de temperatura es:

$$\Delta t = 35^\circ\text{C} - (-73^\circ\text{C}) = 108^\circ\text{C}$$

El cambio de longitud del oleoducto sería:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta t = 1\,300 \text{ km} \cdot 0.000012 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 108^\circ\text{C} = 1.685 \text{ km}$$

La dilatación del oleoducto es exagerada, en primer lugar, porque se ha supuesto que el máximo cambio de temperatura ocurre en todos los segmentos. Aunque esa suposición no corresponde por completo a la realidad, permite estimar el tamaño de la dilatación térmica del oleoducto.

Como el oleoducto es una pieza de extremos fijos, para darle el margen necesario de *libertad* en el cual se pueda acomodar el aumento de longitud, en las zonas de mayor peligro no es recto, sino que tiene forma de zigzag (Figura 2.37).



Figura 2.37 El oleoducto de Alaska corre de la Bahía de Prudhoe al Puerto de Valdez.

## Dilatación térmica superficial

En los alambres, tubos y objetos alargados, la dilatación térmica se manifiesta en el aumento de la longitud. En el caso de las placas, la dilatación térmica resulta en un aumento del área. Si a temperatura  $t_i$  el área inicial es  $S_i$ , a temperatura  $t_f$  el área final será:

$$S_f = S_i (1 + \beta \Delta t)$$

donde  $t\Delta = t_f - t_i$  es el aumento de la temperatura y  $\beta$  es el **coeficiente de dilatación térmica superficial**. El aumento del área de la superficie  $\Delta S = S_f - S_i$  es igual a:

$$\Delta S = \beta S_i \Delta t$$

De la ecuación anterior se puede despejar el coeficiente de dilatación térmica superficial:

$$\beta = \frac{\Delta S}{S_i \Delta t}$$

De esta manera, el coeficiente de dilatación térmica superficial es numéricamente igual al aumento del área que le corresponde a 1 m<sup>2</sup> de la superficie inicial cuando la temperatura aumenta 1°C.

La unidad del coeficiente de dilatación térmica superficial  $\beta$  es:

$$[\beta] = \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

Para un material dado existe una relación simple entre los coeficientes de dilatación lineal y superficial:  $\beta = 2\alpha$ . Para convencerse de esa relación, hay que usar las herramientas matemáticas.

## CONEXIONES

### Un desastroso resultado de la expansión térmica

Construido entre 1971 y 1974, con un costo de 120 millones de dólares, el Aon Center (conocido antes como *torre Amoco*) tiene 82 pisos (Figura 2.38). Su forma es la de un prisma cuadrangular, con altura de 346 m y base cuadrada de 57 m por lado. La fachada fue cubierta con 43 000 placas de un bellissimo mármol italiano de Carrara, lo que daba a la torre una apariencia visual impresionante. Las placas eran casi cuadradas (1.27 m  $\times$  1.14 m) con un grosor comprendido entre 32 y 38 mm.

En 1985 se notó que cada tercera placa se había deformado y que su parte central sobresalía entre 13 y 38 mm. Entre otras influencias adversas —como la humedad absorbida por el mármol y el efecto de los vientos de Chicago—, la principal causa de ese desastre arquitectónico era la irreversible dilatación térmica de las placas. La separación entre cada una no era suficiente para permitir la expansión térmica y la parte central de éstas se levantó.

Entre 1990 y 1992 se cambiaron todas las placas de mármol por otras de granito blanco. Como es de imaginarse, el costo del cambio de fachada fue enorme.

Investiga el coeficiente de dilatación superficial del mármol y del granito blanco, así como el intervalo de temperaturas que debe aguantar el Aon Center en Chicago. ¿Cuál es el cambio en la superficie que experimenta cada placa de mármol?, ¿y cada placa de granito?



Figura 2.38 El Aon Center es una joya arquitectónica de la ciudad de Chicago y uno de los edificios más altos del mundo.

## Dilatación térmica volumétrica

Como se ha dicho, en cada dilatación térmica ocurre un cambio de volumen del cuerpo. Si el volumen inicial es  $V_i$  y el cambio de temperatura es  $\Delta t$ , el volumen final  $V_f$  del cuerpo será:

$$V_f = V_i (1 + \gamma \Delta t)$$

donde  $\gamma$  es el **coeficiente de dilatación térmica volumétrica**.

Ese coeficiente representa el cambio volumétrico que experimenta cada metro cúbico del volumen inicial, cuando la temperatura cambia  $1^{\circ}\text{C}$ . Su unidad de medida es:

$$[\gamma] = \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

Mientras las dilataciones lineales y superficiales ocurren en los cuerpos sólidos, la dilatación volumétrica también se realiza en los líquidos y gases.

Los valores del coeficiente de dilatación térmica volumétrica para algunas sustancias están dados en la [Tabla 2.9](#) que se muestra enseguida:

**TABLA 2.9** Valores del coeficiente de dilatación térmica volumétrica para algunas sustancias.

SUSTANCIA	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA VOLUMÉTRICA ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	SUSTANCIA	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA VOLUMÉTRICA ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Aluminio	75	Mármol	7.5
Cobre	51	Invar	2.7
Hierro o acero	36	Gasolina	950
Hormigón	36	Agua	210
Vidrio	27	Mercurio	180
Vidrio pírex	9	Gases	3 660

## EN ACCIÓN

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Describe con base a sus características el fenómeno de la dilatación de los cuerpos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

### Llenar el tanque de gasolina de un automóvil

Muchos conductores, al comprar gasolina para su automóvil, piden que lo llenen hasta “el tope”. Esta costumbre puede resultar dañina, ya que el tanque de gasolina está expuesto, a menudo, a grandes cambios de temperatura.

Supongamos que alguien llena por completo el tanque de su automóvil en la madrugada, cuando la temperatura es de  $5^{\circ}\text{C}$ , y luego se dirige a trabajar. Deja su auto en el estacionamiento y en éste, por la tarde, la temperatura sube hasta  $35^{\circ}\text{C}$ . Si el tanque está hecho de acero y tiene un volumen  $V_1 = 60 \text{ L}$ , ¿cuánta gasolina podría escapar del tanque?

## Comportamiento anómalo del agua

La mayoría de las sustancias aumentan de volumen con la temperatura. Como la masa no cambia con el calentamiento, la densidad disminuye al aumentar la temperatura (la misma masa se reparte en un volumen cada vez mayor) El agua se comporta de

la misma manera a partir de los 4°C. Sin embargo, al **calentar** el agua de 0 a 4°C, su volumen **disminuye** y alcanza su valor mínimo a 4°C. Así, el valor máximo de la densidad del agua (a presión normal) se tiene a 4°C (Figura 2.39).

Este comportamiento explica por qué los peces y otros organismos acuáticos pueden sobrevivir durante el invierno en los lagos y ríos congelados. Cuando la temperatura del agua superficial alcanza 4°C, esa agua se va al fondo por tener una mayor densidad que otras capas de agua. Así, toda el agua del lago tiene que alcanzar 4°C antes de que la temperatura de la capa superficial pueda bajar a temperaturas menores (3, 2, 1 y 0°C). Como consecuencia, primero la capa superficial se congela y actúa como aislante térmico. De este modo, la temperatura del aire debe ser más baja antes de que el proceso de congelamiento pueda progresar hacia capas inferiores.

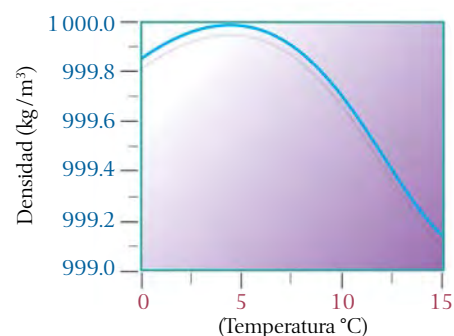


Figura 2.39 Cambio de la densidad del agua según su temperatura.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Responde los siguientes cuestionamientos y problemas relacionados con la dilatación térmica.

- ¿Por qué sería una mala idea usar aluminio en lugar de hierro para el hormigón armado? Apóyate en la Tabla 2.10 para justificar tu respuesta. \_\_\_\_\_
- En una placa metálica se ha recortado una abertura circular (Figura 2.40). Al calentar la placa, el radio de la abertura:
  - Crece.
  - Queda igual.
  - Decrece.
- Las personas que, con cuidado, observan cómo funciona un termómetro de mercurio dicen que al meterlo en agua caliente, el nivel del mercurio en el tubo capilar baja y después sube. ¿Cómo explicas ese curioso comportamiento? \_\_\_\_\_
- Los oleoductos pueden ser muy largos, pues el lugar donde se saca el crudo suele estar muy alejado de las terminales para su transporte o refinación. Cuando los oleoductos son rectos tienen una forma que, a primera vista, parece rara (Figura 2.41). ¿Por qué el oleoducto tiene esa forma? \_\_\_\_\_
- En un experimento para determinar el coeficiente de dilatación térmica lineal del hierro, una barra de 50 cm de este material se ha calentado de 20 a 320°C. El incremento de la longitud fue de 1.5 mm. ¿Cuál es el valor del coeficiente de dilatación térmica del hierro?

## DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Describe con base a sus características el fenómeno de la dilatación de los cuerpos.

## COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Establece la interrelación entre calor y temperatura con la tecnología y el ambiente.

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.



Figura 2.40 Placa con una abertura circular.



Figura 2.41 Forma rara de un oleoducto.

- 6 Una carretera se ha pavimentado con placas de concreto cuya longitud es de 12 m a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ . Las placas se colocaron cuando la temperatura era de  $15^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es la distancia mínima que se debió dejar entre las placas para evitar que se rompan a una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$ ?

- 7 Un alambre de cobre tiene una longitud de 50 m a  $12^{\circ}\text{C}$ , ¿cuál será la longitud del alambre si su temperatura sube hasta  $62^{\circ}\text{C}$ ? Para el coeficiente de la dilatación térmica del cobre, toma  $0.000017^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

- 8 Una barra de 3 m se dilató 0.91 mm al subir  $60^{\circ}\text{C}$  su temperatura, ¿cuál es el coeficiente de dilatación térmica de la barra?

- 9 El puente de suspensión Akashi (Kobe, Japón) (Figura 2.42) es el más largo del mundo. Su longitud total es de 3 911 m. Considéralo como una estructura de hierro con coeficiente de dilatación térmica igual a  $0.000012^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Estima el cambio de longitud del puente para un cambio de temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ .



Figura 2.42 Vista del puente de suspensión Akashi en Japón.

- 10 Una placa de cobre tiene un área de  $500 \text{ cm}^2$  a la temperatura de  $0^\circ\text{C}$ .
- ¿Cuál será su área a  $100^\circ\text{C}$ ?
  - Si la temperatura de fusión del cobre es de  $1083^\circ\text{C}$ , ¿cuál es la máxima área de la placa que se puede obtener calentándola? El coeficiente de dilatación superficial del cobre es de  $0.000034^\circ\text{C}^{-1}$ .

- 11 Una esfera de aluminio tiene un radio de  $5 \text{ cm}$  cuando la temperatura es de  $20^\circ\text{C}$ . ¿Cuánto cambiará el volumen de la esfera al calentarla hasta  $220^\circ\text{C}$ ? El coeficiente de dilatación volumétrica del aluminio es de  $0.000075^\circ\text{C}^{-1}$ .

- 12 Un cubo de hierro tiene una arista de  $10 \text{ cm}$  a la temperatura de  $10^\circ\text{C}$ . ¿Cuánto aumentará su volumen si se calienta hasta  $110^\circ\text{C}$ ? El coeficiente de dilatación volumétrica del hierro es de  $0.000036^\circ\text{C}^{-1}$ .

- 13 Un recipiente de vidrio de  $1 \text{ L}$  está lleno de aguarrás cuando la temperatura es de  $20^\circ\text{C}$ , ¿cuánto aguarrás va a escurrir del recipiente si la temperatura sube hasta  $90^\circ\text{C}$ ? Los coeficientes de dilatación volumétrica del vidrio y del aguarrás son de  $0.000027^\circ\text{C}^{-1}$  y  $0.0000940^\circ\text{C}^{-1}$ , respectivamente.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Describe con base a sus características el fenómeno de la dilatación de los cuerpos.

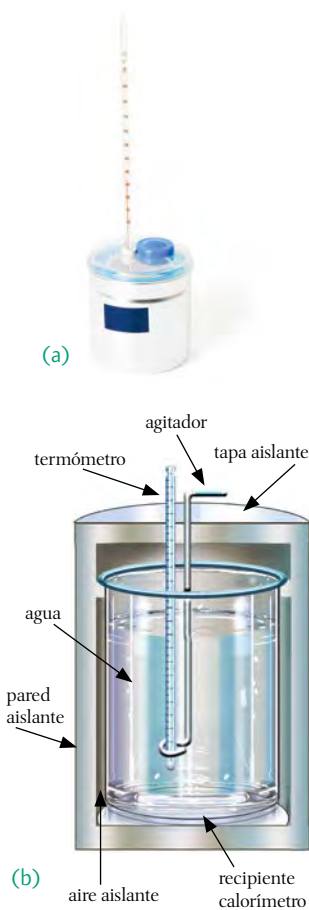
### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

En equipos de trabajo completen la [Tabla 2.10](#) relativa a los tipos de dilatación térmica de los cuerpos. Agreguen otras situaciones en las que sea evidente la dilatación térmica.

**TABLA 2.10** Mecanismos de dilatación de los cuerpos.

SITUACIÓN	TIPO DE DILATACIÓN (LINEAL, SUPERFICIAL O VOLUMÉTRICA)	¿POR QUÉ SE DILATA?
Rieles de un tren.		
Cables de la electricidad.		



**Figura 2.43** Calorímetro para laboratorio escolar (a) y las partes que lo conforman (b).

## Transferencia de calor y equilibrio térmico

Ya que conoces el concepto de calor, es momento de que entiendas cómo se transfiere de un cuerpo a otro y qué efectos tiene sobre un cuerpo. El estudio del calor hace que surjan preguntas muy peculiares como: ¿es posible que un cuerpo almacene calor?, ¿por qué se transfiere calor de un cuerpo a otro?, ¿cómo se puede medir la cantidad de calor absorbida o perdida por un cuerpo?

La longitud se mide con la cinta métrica, la fuerza con los dinamómetros y la temperatura con los termómetros. A diferencia de estas tres cantidades físicas, la cantidad de calor no es algo que se pueda medir directamente con algún instrumento. El calor es una magnitud física cuyos valores se tienen que calcular a partir de los de otras cantidades que se prestan a medición directa, como las masas de los cuerpos y el cambio de temperatura. Esto se hacía y se hace con los aparatos llamados **calorímetros** que, a pesar de su nombre, no miden el calor, más bien sirven para que las sustancias que se ponen dentro de ellos lleguen al *equilibrio térmico* sin influencias térmicas de otros cuerpos.

Un **calorímetro** ([Figura 2.43](#)) consiste de un recipiente aislado térmicamente, el cual contiene agua de temperatura y masa conocidas, así como un termómetro y agitador que sirven para acelerar el establecimiento del equilibrio térmico. Al sumergir en el agua del recipiente un cuerpo de masa y temperatura inicial conocidas, diferente a la temperatura del agua, se producirá una interacción térmica que llevará al establecimiento del equilibrio térmico entre el agua y el cuerpo. Como consecuencia, la tempe-

ratura final del agua será diferente. Si la temperatura inicial del cuerpo es mayor que la del agua, la temperatura del agua aumentará. Si es menor, disminuirá.

Al conocer el cambio de temperatura del agua (la diferencia entre la temperatura del equilibrio térmico y la temperatura inicial del agua), se puede obtener conclusiones sobre el intercambio de calor ocurrido en la interacción térmica entre el cuerpo y el agua.

Supongamos que un calorímetro contiene 100 g de agua a 60°C y se agregan otros 100 g de agua a 20°C (Figura 2.44a). La mezcla en el calorímetro tendrá una temperatura de equilibrio de 40°C (Figura 2.44b).

Cuando las cantidades de agua son iguales, el aumento de la temperatura del agua fría es igual a la disminución de la temperatura del agua caliente. El calor que cedió el agua caliente lo ganó la fría. Es natural suponer lo siguiente:

*El calor que cede un gramo de agua al enfriarse 1°C basta para calentar otro gramo de agua 1°C.*

Entonces, el resultado anterior se comprende de la siguiente manera: el calor cedido al enfriar 100 g de agua a 20°C (de 60 a 40°C), fue suficiente para calentar 100 g de agua a 20°C (de 20 a 40°C).

Esta idea permite predecir la temperatura de la mezcla cuando las cantidades de agua son diferentes. Por ejemplo, si a un calorímetro que tiene 100 g de agua a 60°C se le agregaron 300 g de agua a 20°C, ¿cuál será la temperatura de equilibrio?

Para que los 300 g de agua aumenten su temperatura 1°C, los 100 g de agua tienen que bajar la suya 3°C. Si los 300 g de agua aumentan su temperatura 2°C, los 100 g de agua tienen que bajar 6°C. Entonces, para llegar al equilibrio térmico, las temperaturas de las dos cantidades de agua deberían cambiar como se muestra en la Tabla 2.11.

**TABLA 2.11** Cambios de temperatura que resienten los elementos de una mezcla de 100 g de agua a 60°C y 300 g de agua a 20°C, hasta que se establece el equilibrio térmico.

TEMPERATURA DE LOS 300 g DE AGUA (°C)	TEMPERATURA DE LOS 100 g DE AGUA (°C)
20	60
22 (20 + 2)	54 (60 - 6)
24 (22 + 2)	48 (54 - 6)
26 (24 + 2)	42 (48 - 6)
28 (26 + 2)	36 (42 - 6)
30 (28 + 2)	30 (36 - 6)

La temperatura de equilibrio térmico a la que llegarán ambas cantidades de agua debe ser de 30°C. El experimento confirma esta predicción.

### EN ACCIÓN

En un calorímetro se mezclan 100 g de agua a 20°C con 300 g de agua a 60°C. ¿Cuál será la temperatura de equilibrio?

Para encontrar la respuesta, completen la tabla que se presenta abajo. No olviden que el calor que desprenden 300 g de agua al bajar su temperatura 2°C basta para calentar 100 g de agua 6°C.

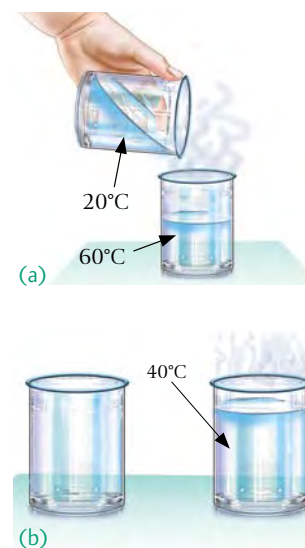


Figura 2.44 Al mezclar 100 g de agua a 60°C con 100 g de agua a 20°C en el calorímetro (a), se logra una temperatura de equilibrio de 40°C (b) (por claridad se omitieron las otras partes del calorímetro).

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

**COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

**DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE**

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

**COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

TEMPERATURA DE LOS 100 g DE AGUA (°C)	TEMPERATURA DE LOS 300 g DE AGUA (°C)
20	60
26 (20 + 6)	58 (60 - 2)

**EN ACCIÓN**

Una tina de baño se llenó abriendo las llaves de agua caliente y de agua fría. El gasto del agua caliente (50°C) que llegaba a la mezcladora era de 10 L por minuto, y el gasto del agua fría (20°C) tenía un gasto de 20 L por minuto. Las llaves se dejaron abiertas durante 3 minutos.

Despreciando las pérdidas de calor para facilitar el razonamiento, supón que el agua comenzó a mezclarse bien después de que se cerraron las llaves.

- 1 ¿Cuánta agua se juntó en la bañera?

- 2 ¿Cuál fue la temperatura de equilibrio una vez que se habían mezclado el agua caliente y fría?

- 3 Si los gastos hubieran sido al revés, ¿cuál sería la temperatura de equilibrio de la mezcla de agua caliente y fría?

Supongamos ahora que a los 300 g de agua del calorímetro a temperatura de 60°C se les agrega una esfera de vidrio de 300 g a 20°C (Figura 2.45a). Si el vidrio fuera térmicamente igual al agua, la temperatura de equilibrio sería de 40°C. Como el vidrio difiere térmicamente del agua, la temperatura de equilibrio será de 53.3°C aproximadamente (Figura 2.45b).

Los 300 g de agua bajaron su temperatura 6.7°C, pero el calor liberado fue suficiente para calentar los 300 g de vidrio a 33.3°C.

Ese mismo calor calentaría 300 g de agua apenas 6.7°C, lo que es un aumento de temperatura 5 veces menor que el de temperatura del vidrio de la misma masa.

## Calor específico

Situaciones similares a la que acabamos de describir son señal de que se necesita encontrar experimentalmente el poder térmico de las diferentes sustancias, comparando su poder de calentar o enfriar con el que tiene el agua. El poder térmico de 1 g de vidrio es 5 veces menor que el de 1 g de agua. En otras palabras, en comparación con el agua, el vidrio necesita 5 veces menos calor para calentarse y, en consecuencia, cede 5 veces menos calor al enfriarse (Figura 2.46).

Aunque el calor que libera 1 g de vidrio al enfriarse 1°C calienta otro gramo de vidrio 1°C, ese calor calienta 1 g de agua sólo 0.2°C.

Para que el calor cedido por 1 kg de vidrio aumente 1°C la temperatura de 1 kg de agua, la temperatura del primero debería bajar 5°C. Claro está que la misma cantidad de calor se obtendría si 5 kg de vidrio disminuyera su temperatura 1°C. Entonces, se necesitan 5 kg de vidrio para almacenar el calor que guarda 1 kg de agua. Para cuantificar la cantidad de calor que cede o absorbe una sustancia, se utiliza el concepto de *calor específico*.

El **calor específico** de una sustancia es igual al calor necesario para aumentar 1°C la temperatura de 1 g de esa sustancia.

Si el calor  $Q$  (medido en calorías) calienta una sustancia cuya masa es  $m$  (medida en gramos) y ocasiona un cambio de temperatura  $\Delta t = t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}$  (medido en grados Celsius), el calor específico de esa sustancia es:

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

La unidad del calor específico expresada en términos de calorías es:

$$[c] = \frac{[Q]}{[m][\Delta t]} = \frac{1 \text{ cal}}{1 \text{ g} \cdot 1^\circ\text{C}} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

La definición de caloría implica que el calor específico del agua es  $c = \frac{1 \text{ cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ ; es decir, se necesita 1 cal para aumentar la temperatura de 1 g de agua 1°C. Para aumentar 1°C la temperatura de 1 kg de agua, se necesitan 1 000 cal o 1 kilocaloría (kcal).

Gracias a los experimentos de Joule que demuestran que el calor es energía, es normal expresarlo en estas unidades. Por eso, la unidad del calor específico en el SI es:

$$[c] = \frac{[Q]}{[m][\Delta t]} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg} \cdot 1^\circ\text{C}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

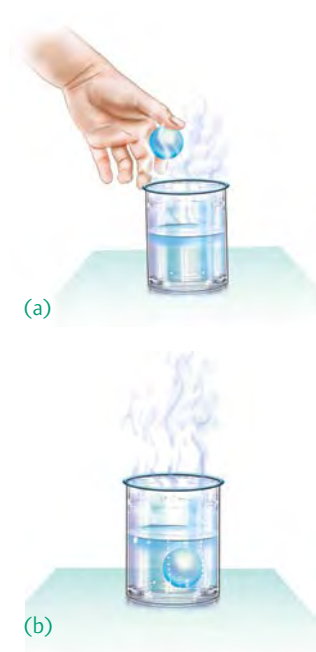


Figura 2.45 Al sumergir una esfera de vidrio de 300 g a 20°C en 300 g de agua a 60°C (a), la temperatura de equilibrio es de 53.3°C (b).



Figura 2.46 ¿Cómo puedes determinar la temperatura de equilibrio cuando viertes agua caliente en un recipiente de vidrio a menor temperatura?

Para convertir el calor específico del SI en calorías, sólo hay que recordar que la relación entre éstas y el joule es:

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

## EJEMPLOS

- 1 Si un trozo de zinc (Figura 2.47) de 200 g incrementa su temperatura de 45 a 72°C después de absorber 502.2 cal. ¿Cuál es el calor específico de este elemento?

### Solución

El calor específico depende de la cantidad del calor, así como de la masa y el cambio de temperatura que sufre el material. Entonces:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t} = \frac{502.2 \text{ cal}}{200 \text{ g} \cdot (72^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C})} = 0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

Como 1 cal = 4.186 J, es posible escribir este calor específico en unidades del SI:

$$c = 0.093 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 4.186 \frac{\text{J}}{\text{cal}} = 0.389 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

- 2 El calor específico del hierro es de 0.105 cal/°C. ¿Cuál es la temperatura final que alcanza una herradura de 0.5 kg, que al inicio se encontraba a 33°C si ésta se calienta con 755.7 calorías?

### Solución

Para encontrar la temperatura final de la herradura, primero es necesario encontrar el cambio de temperatura que sufrió el bloque.

El cambio en la temperatura se puede despejar de la fórmula para encontrar el calor específico:

$$\Delta t = \frac{Q}{mc} = \frac{755.7 \text{ cal}}{500 \text{ g} \cdot 0.105 \text{ cal/}^\circ\text{C}} = 14.39^\circ\text{C}$$

Como la temperatura inicial es de 33°C, entonces:

$$\Delta t = t_f - t_i = t_f - 33^\circ\text{C} = 14.39^\circ\text{C}$$

Al despejar la temperatura final se obtiene:

$$t_f = 47.39^\circ\text{C}$$



Figura 2.47 Trozo de zinc.

## EN ACCIÓN

Resuelvan los siguientes problemas:

- 1 Al recibir 5 g de mercurio el calor de 10 cal, éstos aumentan 60°C su temperatura. ¿Cuál es el calor específico de este metal?

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

- 2 Si 5 g de agua reciben el calor de 10 cal, ¿cuánto aumenta su temperatura?

- 3 ¿Cuántas veces es menor el calor específico del mercurio que el del agua?

Los calores específicos de algunas sustancias, expresados en  $\text{cal/g}^\circ\text{C}$ , se presentan en la primera columna de la [Tabla 2.12](#).

**TABLA 2.12** Calor específico de algunas sustancias.

SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO ( $\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ )	CALOR ESPECÍFICO ( $\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ )	SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO ( $\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ )	CALOR ESPECÍFICO ( $\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ )
Aluminio	0.215	900	Fierro	0.107	450
Latón	0.091	380	Arena	0.160	670
Cobre	0.092	385	Plata	0.056	235
Vidrio	0.200	840	Mercurio	0.033	140

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En tríos consulten en los medios a su disposición (libros, Internet, entre otros) el calor específico de diferentes sustancias sólidas, líquidas y gaseosas utilizadas en la vida diaria. Elaboren una tabla con los valores de calor específico (en  $\text{cal/g}^\circ\text{C}$  y en  $\text{J/kg}^\circ\text{C}$ ) de mínimo seis sustancias sólidas, gaseosas y líquidas. Completen la tabla que se muestra a continuación:

SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO EN $\text{cal/g}^\circ\text{C}$	CALOR ESPECÍFICO EN $\text{J/kg}^\circ\text{C}$

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

## Calor ganado y calor cedido

La fórmula para calcular el calor específico es:

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

Al conocer la masa del cuerpo  $m$ , su calor específico  $c$  y el cambio de temperatura, es posible calcular el calor  $Q$  que ocasionó el cambio:

$$Q = cm\Delta t$$

Si el cambio de temperatura (temperatura final-temperatura inicial) es positivo, el cuerpo se calentó y el calor se ganó. Ese calor se llama **calor ganado**.

Si el cambio de temperatura (temperatura final-temperatura inicial) es negativo, el cuerpo se enfrió y el calor se cedió. Ese calor se llama **calor cedido**.

Al conocer el calor  $Q$  que gana un cuerpo, su masa y calor específico, se puede calcular el cambio de su temperatura despejando  $\Delta t$  de la fórmula anterior:

$$\Delta t = \frac{Q}{mc}$$



Figura 2.48 Los heliógrafos son instrumentos meteorológicos que sirven para determinar la duración de la insolación. Tiene una esfera de vidrio macizo para concentrar la radiación solar sobre una cinta de papel sensible. La cinta, graduada en horas, se quema en los puntos en que se concentra la radiación.



Figura 2.49 Una herradura *al rojo vivo* se trabaja mejor, pues es más maleable.

### EJEMPLOS

- 1 Durante una mañana de un día soleado, la esfera de vidrio de un heliógrafo, de masa  $m = 4.5$  kg, recibe una cantidad de calor  $Q = 54\,000$  cal de la radiación solar, y su temperatura sube hasta  $t_f = 80^\circ\text{C}$  (Figura 2.48). Si el calor específico del vidrio es de  $0.2$  cal/g°C, ¿cuál era la temperatura inicial  $t_i$  de la esfera?

#### Solución

La relación entre la cantidad de calor recibida y el cambio de temperatura es:

$$Q = cm(t_f - t_i)$$

Al despejar el cambio de temperatura, se obtiene:

$$t_f - t_i = \frac{Q}{cm}$$

De esa ecuación se obtiene la ecuación para la temperatura inicial:

$$t_i = t_f - \frac{Q}{cm} = 80^\circ\text{C} - \frac{54\,000 \text{ cal}}{0.200 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 4\,500 \text{ g}} = 80^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$$

- 2 Para que el herrero trabaje mejor una herradura (Figura 2.49), ésta debe estar *al rojo vivo*, es decir, a una temperatura de  $800^\circ\text{C}$ . Si la masa de la herradura es de  $0.5$  kg y su temperatura inicial de  $20^\circ\text{C}$ , ¿qué cantidad de calor necesita recibir para llegar a la temperatura *al rojo vivo*? El calor específico del hierro es de  $450$  J/kg°C.

#### Solución

La cantidad de calor que se necesita para poner la herradura *al rojo vivo* es:

$$Q = cm\Delta t = 450 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 0.5 \text{ kg} \cdot (800^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 175\,000 \text{ J}$$

- 3 Un calentador de gas, conocido como *boiler*, tiene una capacidad de  $45$  L. El *boiler* puede calentar el agua desde  $15$  hasta  $50^\circ\text{C}$  en  $30$  minutos. ¿Cuál es su potencia térmica (energía entregada al agua por segundo)?

**Solución**

La energía que se necesita para calentar 45 L de agua, cuya masa es 45 kg, de 15 a 50°C es:

$$Q = cm\Delta t = 4\,160 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 45 \text{ kg} \cdot (50^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 187\,200 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}} \cdot 35^\circ\text{C} = 6\,552\,000 \text{ J}$$

Como esta energía se le transfirió al agua en el tiempo  $t = 30 \text{ min} = 1\,800 \text{ s}$ , la potencia térmica del calentador es:

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{6\,552\,000 \text{ J}}{1\,800 \text{ s}} = 3\,640 \text{ W} = 3.64 \text{ kW}$$

Es importante que notes que la cantidad de calor se puede determinar sólo cuando hay un cambio de temperatura. Mientras que la temperatura describe el estado térmico de los cuerpos, la cantidad de calor describe los procesos térmicos en los que ésta cambia. Si el calor no se puede medir sin un cambio de temperatura, el concepto **calor contenido en un cuerpo** no tiene sentido. Más adelante se discutirá la diferencia entre el calor y la temperatura con matices adicionales.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

Resuelve los siguientes problemas y cuestionamientos.

- 1 La moneda mexicana de 1 onza de plata pura tiene una masa de 31 g. Si recibiera la cantidad de calor de 100 cal, ¿cuánto subiría su temperatura?

- 2 ¿Cuánto subiría la temperatura de 31 g de agua al recibir la cantidad de calor de 100 cal?

- 3 Si una herradura estuviera hecha de 0.5 kg de aluminio y su temperatura inicial fuera también de 20°C, ¿cuál sería su temperatura final después de recibir una cantidad de calor igual a 175 500 J?

**DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE**

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

**COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

Cuando dos cuerpos con temperaturas diferentes se encuentran en contacto térmico, el cuerpo con mayor temperatura cede una cantidad de calor que será absorbida de manera simultánea por el cuerpo con menor temperatura. Así, mientras el calor ganado aumenta la temperatura de uno de los cuerpos, el calor cedido provoca que la temperatura del otro cuerpo baje. Este proceso de transferencia de calor terminará hasta que la temperatura de ambos cuerpos alcance el equilibrio térmico.

Los procesos de transferencia de calor son útiles para determinar el calor específico de diferentes sustancias.

### EJEMPLO

Se necesita determinar el calor específico de una pesa de bronce de 5 kg (Figura 2.50). Para ello, se dispone de un calorímetro con 2 kg de agua a temperatura  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ . La pesa se calienta hasta una temperatura  $t_2 = 80^\circ\text{C}$  y se deposita en el agua. Después de agitarla para homogeneizar su temperatura, la **temperatura de equilibrio térmico** (de la pesa y el agua) se estabilizó en el valor  $t_e = 30.8^\circ\text{C}$ . ¿Cómo se calcula el calor específico del bronce a partir de los datos disponibles?

#### Solución

Como en el caso de la mezcla de dos muestras de agua a diferentes temperaturas, la base que hace posible este cálculo, es la igualdad de los calores ganado y cedido.

La pesa de bronce, al enfriarse, cede calor; y el agua, al calentarse, gana calor. El calor cedido por la pesa debe ser igual al calor ganado por el agua. Si se conocen las masas, los calores específicos, y el cambio de temperatura, esta idea puede ser expresada matemáticamente. El calor ganado por el agua es:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_e - t_1)$$

donde  $c_1$  es el calor específico del agua,  $m_1$  su masa y  $(t_e - t_1)$ , su aumento de temperatura.

El calor cedido por la pesa es:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_e)$$

donde  $c_2$  es el calor específico desconocido del bronce,  $m_2$  su masa y  $(t_2 - t_e)$ , su disminución de temperatura.

Al igualar los calores cedido y ganado ( $Q_2 = Q_1$ ), se obtiene:

$$c_2 m_2 (t_2 - t_e) = c_1 m_1 (t_e - t_1)$$

Al despejar el calor específico del bronce, se llega a la ecuación:

$$c_2 = c_1 \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{t_e - t_1}{t_2 - t_e}$$

Como todas las cantidades del lado derecho son conocidas, es posible calcular el calor específico del bronce:

$$c_2 = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot \frac{2000 \text{ g}}{5000 \text{ g}} \cdot \frac{30.8^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}}{80^\circ\text{C} - 30.8^\circ\text{C}} = 0.088 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$



Figura 2.50 Pesa de bronce de 5 kg.

La función básica del calorímetro es proporcionar los datos necesarios para determinar el calor específico desconocido de la sustancia de la que está hecho algún cuerpo. Para verificar si el calorímetro funciona bien, se usa un cuerpo de calor específico conocido y se verifica que la temperatura de equilibrio que se establece en el calorímetro es la

esperada de acuerdo con el principio teórico que se usa para calcular el calor específico: *el calor ganado es igual al calor cedido*.

Supongamos que en un calorímetro hay  $m_1 = 1\,000$  g de agua a temperatura  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , y que en ésta se deposita un cubo de latón de masa  $m_2 = 500$  g a temperatura  $t_2 = 90^\circ\text{C}$ . Con esos datos, es posible encontrar la temperatura de equilibrio térmico a la que llegarían el agua y el latón.

Si la temperatura de equilibrio térmico es  $t_e$ , el calor ganado por el agua es:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_e - t_1)$$

donde  $c_1$  es el calor específico del agua y  $m_1$  es su masa.

Por otro lado, el calor perdido por el latón es:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_e)$$

donde  $c_2$  es el calor específico del latón y  $m_2$  es su masa.

Al igualar los calores ganado y cedido ( $Q_1 = Q_2$ ), se obtiene:

$$\begin{aligned} c_1 m_1 (t_e - t_1) &= c_2 m_2 (t_2 - t_e) \\ c_1 m_1 t_e - c_1 m_1 t_1 &= c_2 m_2 t_2 - c_2 m_2 t_e \end{aligned}$$

Al despejar la temperatura de equilibrio térmico  $t_e$ , se llega a la ecuación:

$$t_e = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}$$

Dado que se conocen los calores específicos del agua ( $c_1 = 1$  cal/g°C) y del latón ( $c_2 = 0.091$  cal/g°C), se puede calcular el valor de la temperatura de equilibrio:

$$t_e = \frac{\left(1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 1\,000 \text{ g} \cdot 20^\circ\text{C}\right) + \left(0.91 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 500 \text{ g} \cdot 90^\circ\text{C}\right)}{\left(1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 1\,000 \text{ g}\right) + \left(0.91 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 500 \text{ g}\right)} = 23^\circ\text{C}$$

Entonces, si la temperatura de equilibrio que se mide en el calorímetro coincide con el valor calculado, se dice que el calorímetro está bien calibrado.

El resultado calculado es una primera aproximación, pues el calor cedido por el latón no sólo sirve para calentar el agua, sino también para calentar el recipiente en el que está el agua. ¿Cómo influye esta distribución más precisa del calor cedido en la temperatura de equilibrio? Supongamos que el recipiente es de aluminio y su masa de 400 g. Para aumentar  $3^\circ\text{C}$  la temperatura de 1 000 g de agua se necesitan 3 000 cal, mientras que generar el mismo cambio de temperatura en 400 g de aluminio sólo requiere 258 calorías.

Esta última cantidad de calor puede aumentar la temperatura  $3^\circ\text{C}$  de sólo 86 g de agua. Entonces, para incluir el recipiente en la distribución del calor cedido y llegar a una predicción más precisa de la temperatura de equilibrio, se puede manejar el concepto de *masa efectiva* del agua, en lugar de masa real del agua, la cual sería, en este caso, de 1 086 g.

La **masa efectiva** es igual a la suma de la masa real y la masa de agua térmicamente equivalente a la masa del recipiente.

Si se repite el cálculo con el nuevo valor para la masa del agua, la temperatura de equilibrio sería:

$$t_e = \frac{\left(1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 1\,086 \text{ g} \cdot 20^\circ\text{C}\right) + \left(0.91 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 500 \text{ g} \cdot 90^\circ\text{C}\right)}{\left(1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 1\,086 \text{ g}\right) + \left(0.91 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot 500 \text{ g}\right)} = 22.8^\circ\text{C}$$

La influencia térmica del recipiente no es significativa y es razonable tomarla en cuenta cuando interesa verificar, de manera muy cuidadosa, el funcionamiento del calorímetro.

## EN ACCIÓN

Resuelve los siguientes problemas.

- 1 En un calorímetro, con  $m_1 = 1$  kg de agua a temperatura  $t_1 = 25^\circ\text{C}$ , se deposita una esfera de plomo de masa  $m_2 = 1$  kg y temperatura  $t_2 = 95^\circ\text{C}$ . Si la temperatura de equilibrio es  $t_e = 27.1^\circ\text{C}$ , ¿cuál es el calor específico del plomo? Expresa el valor en  $\text{cal/g}^\circ\text{C}$  y  $\text{J/kg}^\circ\text{C}$ .

- 2 En un calorímetro, con 1 kg de agua a  $18^\circ\text{C}$  se introduce 0.8 kg de clavos de acero que previamente fueron calentados hasta una temperatura de  $150^\circ\text{C}$ . ¿A qué temperatura de equilibrio llegan el agua y los clavos de acero si el calor específico de éstos últimos es de  $0.107 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ? Se recomienda despreciar el calor perdido por la evaporación del agua causada por la alta temperatura inicial del hierro.

## EN ACCIÓN

### Globo resistente al fuego

Esta actividad te permitirá apreciar una importante característica del agua. ¿Es posible colocar un globo inflado sobre la llama de una vela sin que éste explote?

- 1 Consigue un globo y llénalo con agua hasta la mitad; el resto llénalo con aire. Después colócalo sobre la llama de una vela (Figura 2.51). Anota tus observaciones.

---



---

- 2 El material del globo no puede aumentar su temperatura hasta romperse antes de que el agua alcance la misma temperatura, ¿por qué? \_\_\_\_\_

---

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre los conceptos de calor, temperatura, escalas termométricas y termómetros para responder cuestionamientos consultando diversas fuentes y realizando experimentos pertinentes en cada tema.

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



Figura 2.51 ¿Qué sucede cuando colocas un globo con agua en la llama de una vela?

## Consecuencias del alto valor del calor específico del agua

El calor específico del agua ( $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ) es grande en comparación con el de otras sustancias. Por ejemplo, es 30 veces mayor que el calor específico del mercurio y el plomo, y 5 veces mayor que el calor específico del aluminio y el vidrio.

El agua es difícil de calentar y enfriar. Es probable que hayas experimentado esta propiedad del agua en diferentes situaciones. Por ejemplo, es notable la diferencia entre la temperatura del mar y la de la arena de la playa. Mientras que al mediodía la arena quema, el agua todavía está fresca (Figura 2.52).

La causa de la diferencia no es que la radiación solar sea más en la arena y menos en el agua. La radiación solar cae de manera uniforme sobre la arena y el agua. La arena se calienta mucho porque su calor específico es pequeño, mientras que el agua se calienta poco porque su calor específico es, aproximadamente, 6 veces mayor que el de la arena.

Esta “flojera” térmica del agua tiene importantes consecuencias para el clima. Las masas grandes de agua (ríos, lagos u océanos) actúan como **estabilizadores de la temperatura** impidiendo que cambie mucho. Cerca de una gran masa de agua, la temperatura no oscila tanto como en las regiones que carecen de considerables depósitos de agua.

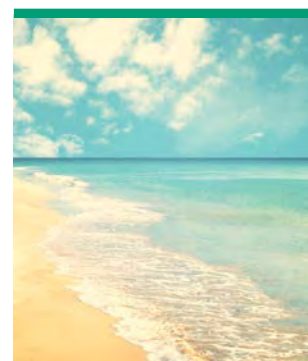


Figura 2.52 La arena y el agua del mar tienen diferentes temperaturas debido a sus diferentes calores específicos.

## Calor y cambio de fase

En el apartado anterior estudiaste fenómenos en los cuales un cuerpo que absorbe calor también cambia su temperatura. Sin embargo, aún quedan preguntas sin responder: ¿es posible que un cuerpo absorba calor sin que cambie su temperatura?, ¿cuánto calor necesita un sólido para volverse líquido?, ¿cuánto calor necesita un líquido para volverse gas?, ¿de qué depende la fusión o la ebullición de un material?

El agua es una sustancia que conocemos en tres estados diferentes: sólido, líquido y gaseoso. Así, un hielo puede fundirse para volverse líquido y, a su vez, siendo líquido evaporarse para convertirse en gas (vapor de agua). De forma contraria, el vapor de agua puede licuarse para convertirse en líquido y estando en este estado solidificarse para transformarse en hielo otra vez. Los cambios de fase son fenómenos que, al menos en el caso del agua, son comunes en nuestra vida cotidiana. Otras sustancias como el hielo seco, son incluso capaces de pasar de estado sólido a gaseoso sin pasar por el estado líquido. Dicho cambio recibe el nombre de **sublimación**.

El cambio de fase de una sustancia requiere calor para llevarse a cabo. Este calor recibe el nombre de **calor latente**. Existen dos tipos de calor latente:

1. **Calor latente de fusión.** Cuando el calor es absorbido provoca que un material pase de estado sólido a líquido, y cuando es liberado provoca que pase de líquido a sólido.
2. **Calor latente de ebullición.** Cuando el calor es absorbido, provoca que un material pase de estado líquido a gaseoso, y cuando es liberado pase de gaseoso a líquido.

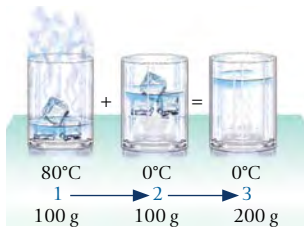


Figura 2.53 El hecho que permite determinar el calor necesario para fundir el hielo.

## Calor latente de fusión

Para convertir el hielo a  $0^{\circ}\text{C}$  en agua a  $0^{\circ}\text{C}$ , se observó el siguiente hecho: al mezclar 100 g de agua a  $80^{\circ}\text{C}$  con 100 g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$ , se obtienen 200 g de agua a  $0^{\circ}\text{C}$  (Figura 2.53).

Un gramo de agua caliente, al enfriarse  $80^{\circ}\text{C}$  (de  $80$  a  $0^{\circ}\text{C}$ ), libera 80 cal. Éstas se usan para convertir 1 g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$  en 1 g de agua a  $0^{\circ}\text{C}$ . Es decir, 1 g de hielo a  $0^{\circ}\text{C}$  necesita 80 cal para convertirse en 1 g de agua a  $0^{\circ}\text{C}$ . Esta propiedad del hielo se llama *calor latente de fusión*.

El **calor latente de fusión** de una sustancia es el calor necesario para convertir 1 g de la sustancia del estado sólido al líquido a la temperatura de fusión.

El calor latente de fusión del hielo es:

$$q_f = 80 \text{ cal/g} = 80 \text{ kcal/kg}$$

En las unidades del SI tiene el valor  $q_f = 334\,880 \text{ J/kg} = 3.35 \times 10^5 \text{ J/kg}$ .

Para fundir un cuerpo de masa  $m$  hecho de una sustancia cuyo calor latente es  $q_f$ , se necesita, a la temperatura de fusión, la cantidad de calor:

$$Q_f = mq_f$$

## CONEXIONES

### Energía necesaria para que se derrita un bloque de hielo

En una campaña llamada “La apuesta del bloque de hielo”, la cual se proponía hacer para resaltar la importancia de un buen aislamiento térmico para el ahorro de energía, se encerraron en muchas ciudades europeas en pequeñas cabañas muy bien aisladas térmicamente, grandes bloques de hielo (de entre 1 y 2 toneladas) (Figura 2.54).

Los ciudadanos debían apostar acerca del tiempo necesario para que el bloque de hielo se derritiera. Muchos se sorprendieron al ver que el bloque tardaba hasta tres meses en derretirse.

a) ¿Cuánta energía se necesita para derretir un bloque de hielo de masa igual a 1 tonelada?

b) ¿Cuánto tiempo necesita estar encendido un calentador eléctrico de 1 kW de potencia para generar tanta energía?



Figura 2.54 Gran bloque de hielo antes de ser encerrado en una cabaña como parte de la campaña “La apuesta del bloque de hielo”.

**EJEMPLO**

A una jarra con 2 L de jugo a  $20^{\circ}\text{C}$  se le agregaron algunos cubos de hielo (Figura 2.55) que se revolviaron hasta fundirse. La masa del hielo era de 0.3 kg. ¿Cuál es la temperatura del jugo cuando alcanza el equilibrio térmico? (se despreciarán las pérdidas de frío que sirven para enfriar el aire y la jarra).

**Solución**

El calor cedido por el jugo, al enfriarse desde la temperatura inicial  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$  hasta la temperatura de equilibrio  $t_e$ , sirve para fundir el hielo y calentar el agua, producto de la fusión desde  $t_3 = 0^{\circ}\text{C}$  hasta la temperatura de equilibrio  $t_e$ .

El calor cedido por el jugo es:

$$Q_1 = cm_1(t_1 - t_e)$$

donde  $m_1 = 2\,000\text{ g}$  es la masa del jugo.

El calor ganado por el hielo para fundirse y convertirse en agua es:

$$Q_2 = m_2q_f$$

donde  $m_2 = 300\text{ g}$  es la masa del hielo.

El calor ganado por el agua resultante de la fusión del hielo al calentarse desde  $t_3 = 0^{\circ}\text{C}$  hasta la temperatura de equilibrio  $t_e$ , es:

$$Q_3 = cm_2(t_e - t_3) = cm_2t_e$$

Al igualar los calores cedidos y ganados  $Q_1 = Q_2 + Q_3$ , se tiene:

$$cm_1(t_1 - t_e) = m_2q_f = cm_2t_e$$

$$cm_1t_1 - cm_1t_e = m_2q_f = cm_2t_e$$

Al despejar de la última ecuación la temperatura de equilibrio, se llega a la expresión:

$$\begin{aligned} t_e &= \frac{m_1}{m_1 + m_2} t_1 - \frac{m_2q_f}{c(m_1 + m_2)} = \frac{2\,000\text{ g}}{2\,300\text{ g}} \cdot 20^{\circ}\text{C} - \frac{300\text{ g} \cdot 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}}{1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \cdot 2\,300\text{ g}} \\ &= 17.39^{\circ}\text{C} - 10.43^{\circ}\text{C} = 6.96^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Para verificar que el resultado anterior es correcto, se tiene que al enfriarse el jugo desde  $20$  hasta  $6.96^{\circ}\text{C}$ , el calor cedido por el jugo es de:

$$Q_1 = cm_1(t_1 - t_e) = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \cdot 2\,000\text{ g} \cdot (20^{\circ}\text{C} - 6.96^{\circ}\text{C}) = 26\,080\text{ cal}$$

Por otro lado, el calor absorbido por el hielo para fundirse es:

$$Q_2 = m_2q_f = 300\text{ g} \cdot 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 24\,000\text{ cal}$$

Finalmente, el calor absorbido por el agua obtenida a partir del hielo derretido es:

$$Q_3 = cm_2t_e = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \cdot 300\text{ g} \cdot 6.96^{\circ}\text{C} = 2\,088\text{ cal}$$

Al sumar  $Q_2 + Q_3$  se tiene que el calor total absorbido por los hielos (y el agua derretida) es:

$$Q_2 + Q_3 = 24\,000\text{ cal} + 2\,088\text{ cal} = 26\,088\text{ cal}$$

La diferencia existente entre el calor absorbido y el calor liberado por el jugo se debe al redondeo de las cantidades.



Figura 2.55 ¿Cuál es la temperatura cuando el jugo dentro de una jarra con cubos de hielo alcanza el equilibrio térmico?

## Calor latente de vaporización

La vaporización del agua por ebullición requiere aún más calor que la fusión del hielo. El calor necesario para que ocurra la transición de líquido a gas se denomina *calor latente de vaporización*.

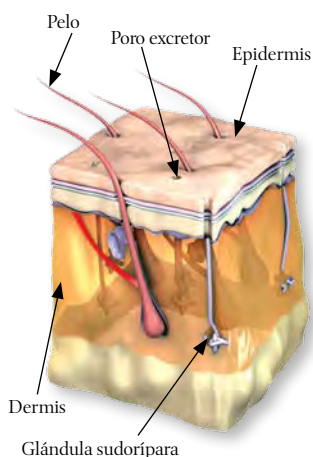
El **calor latente de vaporización** de una sustancia es igual al calor necesario para que 1 g de esta sustancia se evapore a la temperatura de ebullición.

El calor latente de vaporización del agua es  $q_v = 540 \text{ cal/g} = 540 \text{ kcal/kg}$ . Así, el calor necesario para evaporar 1 g de agua a  $100^\circ\text{C}$ , bastaría para calentar 10 g de agua de  $0$  a  $54^\circ\text{C}$ . En las unidades del SI, el calor latente de vaporización del agua es  $q_v = 2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ .

La evaporación de un líquido necesita energía no sólo a la temperatura de ebullición, sino a todas las temperaturas. La evaporación ocurre a todas las temperaturas. El calor latente de vaporización aumenta si la temperatura es menor que la temperatura de ebullición. A  $20^\circ\text{C}$ , el calor latente del agua es 8% mayor ( $585 \text{ cal/g}$ ).

Si el agua se evapora sin recibir el calor necesario de su exterior, ésta se enfría. Lo anterior se debe a que el agua está gastando su propia energía para la evaporación.

Los líquidos que se evaporan con más facilidad absorben más calor de los cuerpos con los que están en contacto. Para que sientas esta diferencia, pon sobre la palma de tu mano una gota de agua y otra de alcohol, sopla sobre ellas. Sentirás la gota de alcohol más fría porque se evapora más rápidamente.



**Figura 2.56** El sudor es producido por las glándulas sudoríparas que se encuentran en la parte inferior de la piel.

### CONEXIONES

#### ¿Cuándo, por qué y cuánto sudamos?

Mediante el sudor, el cuerpo humano se libera del calor acumulado. Su activación es controlada por el hipotálamo del cerebro. Al detectar que la temperatura corporal sube por arriba de lo normal, éste manda una señal a las glándulas para que produzcan sudor (Figura 2.56), el cual sube por unos tubos hasta la superficie y sale por los poros. Al evaporarse, el sudor enfría la piel usando el calor acumulado en el cuerpo.

Busca e investiga en fuentes confiables de Internet, cuánto sudor es capaz de producir el cuerpo humano durante: a) un esfuerzo físico extremo y, b) durante una actividad física tranquila. Asimismo, investiga qué ocurre con la sudoración del cuerpo en regiones con altos porcentajes de humedad. Escribe en tu cuaderno un breve reporte.

#### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

#### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Respondan los siguientes cuestionamientos:

- 1 ¿Por qué cuando una persona sufre quemaduras con agua caliente o vapor de agua se genera una secuela sobre la piel? \_\_\_\_\_

- 2 Si colocamos sobre una barra de hielo 3 esferas de diferentes metales (cobre, aluminio, hierro) de la misma masa y calientes a una misma temperatura, ¿cuál esfera metálica se hundirá con mayor rapidez? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_
- 3 Dos cuerpos con diferentes temperaturas se ponen en contacto térmico. Si la temperatura del cuerpo A es  $t_A = 293 \text{ K}$  y la del cuerpo B es  $t_B = 311 \text{ K}$ , ¿cuál de los siguientes valores de temperatura es posible que corresponda a la temperatura de equilibrio?  
 a) 270 K.      b) 293 K.      c) 298 K.      d) 311 K.      e) 319 K.  
 Justifica tu respuesta \_\_\_\_\_

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Utiliza el concepto y los valores de calor específico que ya conoces para resolver los siguientes cuestionamientos y problemas relacionados con situaciones presentes en tu hogar, comunidad o región.

- 1 ¿Has intentado alguna vez comer de prisa una pizza recién sacada del horno? Mientras que su base se enfría rápidamente y se puede comer casi de inmediato, la salsa tarda más en estar a una temperatura adecuada para ingerirse. ¿Por qué la base de la pizza se enfría más rápido que la salsa? \_\_\_\_\_
- 2 La temperatura de las chispas despedidas por un “torito” u otro mecanismo con fuegos artificiales es mayor a  $1000^\circ\text{C}$  (Figura 2.57). A pesar de esa temperatura, estas chispas son menos peligrosas para la piel de una persona que las gotas de agua a una temperatura de  $80^\circ\text{C}$ . ¿A qué se debe esa diferencia? \_\_\_\_\_
- 3 Una botella con 0.8 kg de agua se pone en el refrigerador. Se enfrió desde  $15^\circ\text{C}$  hasta  $5^\circ\text{C}$  en 600 s. ¿Cuánta energía se tuvo que sacar del agua para que ocurriera el enfriamiento mencionado? ¿Cuál es la potencia térmica del refrigerador?

- 4 ¿Cuánta energía se necesita para aumentar la temperatura de 2 kg de aluminio a  $30^\circ\text{C}$ ? Considera  $0.22 \text{ cal/g}$  como valor para el calor específico del aluminio.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

#### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza las formas de intercambio de calor entre los cuerpos.

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.



Figura 2.57 Los “toritos” de fuego son cargados por una persona que, tras encender la mecha, corre persiguiendo a la gente y asustándola con las chispas.

- 5 Un calentador eléctrico es capaz de calentar 3 kg de agua desde 20 hasta 100°C en 300 s. ¿Cuál es la potencia del calentador?

- 6 Al agregar 4 500 cal a 1 kg de hierro, se logra calentarlo hasta 60°C. ¿Cuál era la temperatura inicial del hierro? Considera 0.11 cal/g como valor para el calor específico del hierro.

- 7 En un recipiente cuya capacidad térmica es despreciable, se encuentra 1 kg de agua a una temperatura de 20°C. Si se sumerge en el agua una esfera de cobre cuya masa y temperatura son 1 kg y 70°C, ¿cuál sería la temperatura de equilibrio? Considera 0.093 cal/g como valor para el calor específico del cobre.

- 8 ¿Cuánta agua a 0°C se necesita para enfriar 500 g de agua desde 80 hasta 20°C?

- 9 El calor específico del aceite es aproximadamente igual a la mitad del calor específico del agua. Al recibir la energía  $Q$ , una muestra de agua de masa igual a 1 kg aumenta su temperatura 6°C. Si una muestra de aceite, cuya masa también es de 1 kg, recibe la misma energía  $Q$ , ¿cuánto aumentará su temperatura: 3, 6, 9 o 12°C? \_\_\_\_\_

---

- 10 Se necesitan 480 J de energía para subir 10°C la temperatura de 24 g de alguna sustancia. Si se entregan 960 J de energía a 96 g de dicha sustancia, ¿cuántos grados centígrados aumentará su temperatura: 1, 2, 3 o 4°C? \_\_\_\_\_

---

# Sistemas y procesos termodinámicos

De forma increíble, gran cantidad de los fenómenos en la naturaleza se llevan a cabo dentro de un sistema termodinámico. Sin embargo, ¿te has preguntado qué es un sistema termodinámico?, ¿cómo se estudia un sistema termodinámico?, ¿qué procesos termodinámicos encontramos en nuestra vida cotidiana?

En términos generales, un **sistema termodinámico** es un cuerpo o conjunto de cuerpos cuyas propiedades y comportamiento energético se quieren estudiar. Las propiedades del sistema y su comportamiento energético dependen del intercambio de materia y energía con su **entorno**.

El entorno es la parte del Universo que está separada del sistema termodinámico por una superficie real o ficticia. Esa superficie recibe el nombre de **pared** del sistema termodinámico. Estos conceptos y términos se presentan de forma esquemática en la **Figura 2.58**.

El sistema termodinámico debe ser lo suficientemente grande para que se pueda describir mediante variables macroscópicas como son, por ejemplo, el volumen o la presión. No es sensato hablar de volumen o presión de una molécula; de hecho, en la termodinámica no se considera la estructura molecular de los cuerpos que forman sistemas termodinámicos. La pared puede permitir o impedir el intercambio de energía y partículas entre el sistema termodinámico y el entorno. Existen seis diferentes tipos de paredes termodinámicas:

1. **Móvil.** Permite el cambio de volumen.
2. **Fija o rígida.** Impide el cambio de volumen.
3. **Diatérmica.** Posibilita el flujo de calor.
4. **Adiabática.** Evita el flujo de calor.
5. **Permeable.** Consiente el flujo de materia.
6. **Impermeable.** Impide el flujo de materia.

El tipo de pared determina el tipo de sistema termodinámico.

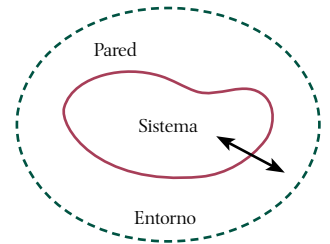
- **Sistema termodinámico abierto.** Intercambia tanto la energía, como la materia con el entorno.
- **Sistema termodinámico cerrado.** Cambia energía con el entorno, pero no materia.
- **Sistema termodinámico aislado.** No intercambia ni energía ni materia con el entorno.

Retomemos el ejemplo inicial con el que se afirma que: la taza con el té caliente es un sistema termodinámico abierto, ya que el té se evapora y el vapor se va al entorno. Se trata de intercambio de materia, pues el té y la taza se enfrían porque pierden energía. Finalmente, trata de intercambio de energía porque la pared del sistema que coincide con la taza es diatérmica.

La botella termo con el té caliente es un sistema termodinámico aislado. Por largo tiempo el té no se enfría, entonces no hay intercambio de energía con el entorno. Como

## GLOSARIO

**Sistema.** Conjunto de elementos que se encuentran relacionados entre sí y que a su vez se relacionan con su exterior.



**Figura 2.58** Esquema de un sistema termodinámico. Las interacciones de materia y energía entre sistema y entorno corren a través de la pared.

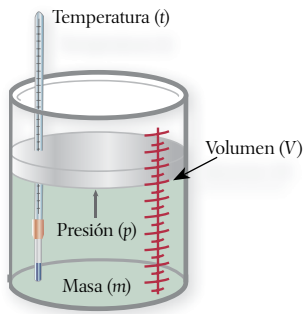


Figura 2.59 Esquema que muestra el sistema termodinámico más sencillo: un cilindro con un pistón móvil que contiene gas.

el vapor no puede salir de la botella termo, no hay intercambio de materia con el entorno. La pared del sistema es adiabática.

Si el té se vierte en una botella de plástico y la botella se cierra con la tapa, se tendrá un sistema termodinámico cerrado. El té y la botella se enfrían porque pierden energía, entonces es palpable el intercambio de energía. Como nada sale de la botella, no hay intercambio de materia con el entorno. La pared del sistema es diatérmica.

Para estudiar un sistema termodinámico, es necesario contar con un conjunto de magnitudes físicas medibles que ofrezcan información sobre el comportamiento del sistema. Estas variables se llaman **variables termodinámicas**.

De acuerdo con el sistema termodinámico que se estudie, existe una gran cantidad de variables termodinámicas. Para comenzar, conviene trabajar con un sistema termodinámico que no sea tan complejo. Así, el sistema más sencillo es el gas encerrado en un recipiente con un pistón (Figura 2.59). El estado en que se encuentra el gas encerrado se describe con las siguientes cantidades físicas: la masa del gas ( $m$ ), que es proporcional a la cantidad de gas medida en moles ( $n$ ); el volumen del gas ( $V$ ); la presión del gas ( $p$ ); la temperatura del gas ( $t$ ), y la energía interna del gas ( $U$ ).

En general, en un sistema termodinámico, un cambio en alguna de sus características implica una modificación en las demás características. Esto se debe a que las variables termodinámicas se encuentran relacionadas y dependen unas de otras. Cuando un sistema termodinámico se somete a cambios en alguna de sus características, se dice que en dicho sistema se realiza un *proceso termodinámico*.

## Procesos termodinámicos

Las cantidades físicas que describen el sistema termodinámico cambian si el sistema termodinámico intercambia energía y materia con el entorno. Los cambios de las cantidades físicas que describen el sistema termodinámico se llaman **procesos termodinámicos**. Existen diferentes tipos de procesos termodinámicos:

- Procesos isotérmicos.
- Procesos isocóricos.
- Procesos isobáricos.
- Procesos adiabáticos.

A continuación se describirá cada proceso y se utilizará como ejemplo el sistema termodinámico compuesto por un gas en un pistón.

### Procesos isotérmicos

Se presenta un **proceso isotérmico** si los cambios ocurren a temperatura constante. Si la cantidad del gas en un pistón también es constante, entonces sólo cambian la presión y el volumen del gas.

Si el volumen se reduce lentamente, aumenta la presión del gas. Si el volumen aumenta muy despacio, disminuye la presión del gas. Los cambios son tales que el producto de la presión  $p$  del gas y de su volumen  $V$  es igual. Simbólicamente se escribe como:

$$pV = \text{constante}$$

Por ejemplo, si el volumen se reduce 2 veces, la presión aumenta 2. Si el volumen aumenta 3, la presión disminuye 3 veces.

Esa ley para la *elasticidad de los gases* fue el resultado de los experimentos que realizó **Robert Boyle** en el siglo XVII, la cual se conoce como **ley de Boyle**.

## EN ACCIÓN

Un experimento sencillo para ejemplificar un proceso isotérmico consiste en llenar con aire, de manera parcial, una jeringa sin aguja. Después de tapan el orificio de la jeringa, oprime o jala lentamente el pistón y observa qué sucede. La [Figura 2.60](#) presenta un ejemplo del dispositivo casero.

- 1 Cuando empujas el pistón de la jeringa, en realidad se incrementa la presión sobre el aire contenido en ella. ¿Qué sucede con el gas cuando se incrementa la presión?

---



---

- 2 Cuando jalas el pistón de la jeringa, se disminuye la presión que se ejerce sobre el aire contenido en ella. ¿Qué sucede con el gas cuando se disminuye la presión?

---



---

- 3 ¿Es posible cuantificar el incremento o disminución de la presión utilizando la ley de Boyle, así como la escala de volumen en la jeringa? Justifica tu respuesta.

---



---

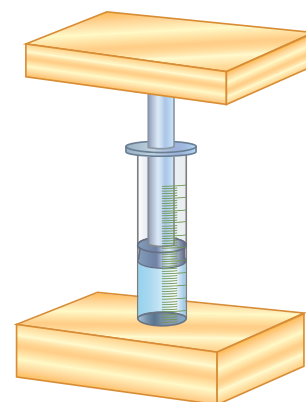
- 4 Con base en tu experimento y la ley de Boyle, elabora una gráfica de volumen contra presión para el gas contenido en la jeringa.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Comprende la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



**Figura 2.60** Dispositivo casero para explorar un proceso isotérmico.

## Procesos isobáricos

Se presenta un **proceso isobárico** si el cambio del estado del gas ocurre a presión constante. Al mantener constantes la cantidad de gas y la presión, los cambios de temperatura causan los cambios del gas encerrado. Al calentar el gas, su volumen aumenta. Si el gas se enfría, éste disminuye.

Los cambios son tales que el cociente entre el volumen  $V$  y la temperatura absoluta  $T$  (expresada en Kelvin) se mantiene constante:

$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$

Entonces, el volumen de gas es proporcional a la temperatura absoluta.

Hay que enfatizar que no es fácil realizar grandes cambios del volumen del gas. Veamos un ejemplo. Supongamos que un gas tiene un volumen de 4 L a una temperatura ambiental de 27°C y a presión atmosférica. Sería erróneo pensar que a una temperatura de 13.5°C (la mitad de la temperatura inicial en grados Celsius) el volumen del gas fuera de 2 L (la mitad del volumen inicial). Para que se logre esa reducción de volumen a presión atmosférica, sería necesario disminuir a la mitad la temperatura inicial expresada en Kelvin. Como la temperatura inicial es 300 K, eso ocurriría en la temperatura de 150 K (-127°C).

Para que el volumen del gas aumente a 8 L (el doble del volumen inicial), sería necesario calentar el gas a la temperatura de 600 K (el doble de la temperatura inicial en Kelvin). Esa temperatura corresponde a 327°C.

### EN ACCIÓN

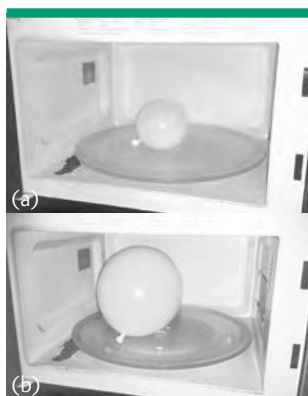


Figura 2.61 El globo en el horno de microondas: (a) volumen inicial y (b) volumen final del globo aumentado térmicamente.

Es posible demostrar el aumento térmico del volumen de un globo poco inflado poniéndolo en el horno de microondas.

Pon un poco de agua en un globo. Inflalo ligeramente y colócalo en el horno de microondas (Figura 2.61a). Después, acciona el horno durante 25 s. El globo aumentará su volumen visiblemente (Figura 2.61b). Repite este mismo experimento pero ahora con un globo que no contenga agua en su interior.

- 1 ¿Por qué aumentó el volumen del globo? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Por qué el globo poco inflado, sin agua, no aumenta su volumen en el horno de microondas? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Procesos isocóricos

Se presenta un **proceso isocórico** si los cambios del estado del gas encerrado ocurren a volumen constante. Eso sucede si las paredes del recipiente en que se encuentra el gas son rígidas, lo que hace imposible el cambio de volumen.

Si la cantidad del gas también se mantiene constante, los cambios de temperatura causan las modificaciones en la presión del gas. Al calentarse éste, su presión aumenta.

Si el gas se enfría, su presión disminuye.

Los cambios son tales que el cociente entre la presión  $p$  y la temperatura absoluta  $T$  (expresada en Kelvin) se mantiene constante:

$$\frac{p}{T} = \text{constante}$$

Entonces, la presión del gas es proporcional a la temperatura absoluta.

## EN ACCIÓN

Resuelve el siguiente problema:

El gas encerrado en un recipiente con las paredes rígidas está a una presión de 150 000 Pa. La temperatura del gas es de 27°C. ¿A qué temperatura en Kelvin y grados Celsius hay que calentar el gas para que la presión sea de 300 000 Pa?

## Procesos adiabáticos

Sucede un **proceso adiabático** si los cambios del estado de gas ocurren sin el intercambio de energía con el entorno. Los rápidos cambios de volumen del gas, ya sea en cuanto a su expansión o compresión, se pueden considerar, en una buena aproximación, como procesos adiabáticos.

Si se deja salir el gas de un recipiente en el que estaba a una presión alta, su temperatura disminuye. Ese proceso se llama **enfriamiento adiabático**. Cuando se abre un refresco gaseoso se observa que se forma una nube de vapor de agua.

Si se comprime rápidamente un gas, su temperatura aumenta en forma considerable. Ese fenómeno se llama **calentamiento adiabático**. En él, la temperatura del gas aumenta no por el contacto térmico con un cuerpo de alta temperatura, sino porque se realizó un trabajo mecánico sobre él. Al bombear el aire para que se infle un balón de fútbol o una llanta de bicicleta, el cuerpo de la bomba se calienta. Ese aumento de temperatura se debe al incremento de la temperatura del aire, consecuencia de las rápidas compresiones necesarias para aumentar la presión (Figura 2.62).

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Comprende la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



Figura 2.62 La compresión adiabática del aire con que se infla un balón hace que dicho aire incremente su temperatura.

### WEB

#### La formación de las nubes

Las nubes en el cielo llaman la atención por su diversidad de formas y tamaños. Investiguen en Internet qué papel juega el enfriamiento adiabático en la formación de las nubes. Para comenzar, revisen los siguientes vínculos electrónicos:

<http://goo.gl/M2tySM>

<http://goo.gl/g1nHNn>



# Primera y segunda leyes de la termodinámica

Las leyes de la termodinámica rigen el comportamiento de gran cantidad de fenómenos físicos, algunos intrigantes: ¿es posible que exista una máquina que produzca más energía de la que consume? ¿Por qué nada en la vida es reversible, por el contrario, todo sucede en una sola dirección?, ¿es posible que exista una máquina 100% eficiente?

## Primera ley de la termodinámica

El equivalente mecánico del calor establece que una cantidad de trabajo mecánico de 4.186 J realizado sobre un cuerpo, lo calienta tanto como lo haría el calor de 1 cal recibido de un cuerpo cuya temperatura fuese más alta. El mismo Joule encontró que la recepción de 4.186 J de energía eléctrica también calienta el cuerpo como lo haría 1 cal de calor. No obstante, el resultado de Joule fue mucho más que una relación que sólo permite expresar el calor en unidades de energía. Representó la base para formular la *ley de conservación de la energía*.

La **ley de conservación de la energía** es la suma de diferentes tipos de energía (mecánica, calorífica, eléctrica, acústica, luminosa, etc.) no cambia en los procesos físicos.

Lo importante de esta ley es que establece la conexión entre los procesos mecánicos, acústicos y térmicos. Por ejemplo, al dejar caer una pelota, ésta rebota cada vez menos hasta alcanzar una altura menor para, finalmente, quedarse en reposo sobre el suelo. En este caso, su **energía mecánica** disminuye gradualmente hasta desaparecer por completo en el momento en que queda en reposo sobre el piso. Una parte de esa energía se la llevaron los sonidos producidos en los choques contra el suelo y otra sirvió para calentar (muy poco) la pelota, el aire y el suelo. Se puede decir, entonces, que la energía mecánica de la pelota no se perdió, sino que se transformó en energía acústica y en la energía interna de la pelota, del aire y del suelo (Figura 2.63).

Para comprender mejor cómo se concibe en la actualidad el concepto de calor, necesitamos conocer el concepto de *energía interna*.

La **energía interna** de un cuerpo es la suma de las energías cinéticas y potenciales de las partículas que forman el cuerpo.

Si no se consideran los cambios de fase, el cambio de energía interna está acompañado de uno de temperatura. En los *cambios de fase* (fusión y ebullición), la energía interna cambia, pero la temperatura no cambia. Para los gases, la temperatura absoluta es proporcional a la energía cinética promedio de las partículas (la energía interna que, en promedio, le toca a una partícula del gas).

Esta interpretación de temperatura (energía cinética promedio de las partículas) se puede usar, de manera cualitativa, para los líquidos y sólidos. Si dos cantidades de agua iguales tienen temperaturas de 30 y 60°C, las moléculas del agua más caliente tienen, en promedio, mayor energía cinética, lo que implica que se muevan más rápido.

### GLOSARIO

**Energía mecánica.** Es la suma de la energía cinética, la energía potencial gravitacional, y la energía potencial elástica de un cuerpo.

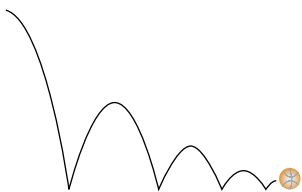


Figura 2.63 Cuando una pelota rebota contra el piso, su energía mecánica se transforma en energía interna.

Como se ha explicado, un cuerpo se puede calentar de dos formas. Una de ellas consiste en realizar un trabajo mecánico sobre el cuerpo y la otra, en ponerlo en contacto con un cuerpo cuya temperatura sea mayor o permitir que absorba radiación térmica.

Estas dos maneras de calentar el cuerpo se describen mediante la *primera ley de la termodinámica*.

La **primera ley de la termodinámica** establece que el cambio de la energía interna de un sistema es igual a la suma del calor  $Q$  recibido por el sistema y del trabajo mecánico  $T$  realizado por el sistema.

La representación simbólica de dicha ley es:

$$\Delta U = Q + T$$

La primera ley de la termodinámica permite distinguir entre *calor* y energía interna:

El **calor** es igual al cambio de la energía interna del cuerpo debido a la interacción térmica.

La *interacción térmica* es el intercambio de energía interna que ocurre entre cuerpos con diferentes temperaturas. Como se ha visto, la interacción térmica se realiza a través de procesos de conducción, convección e intercambio de radiación térmica. Sin embargo, no está de más repetir que el concepto de **energía interna** permite distinguir con mayor claridad los conceptos de *temperatura* y *calor*.

La temperatura está relacionada con la parte cinética de la energía interna que, en promedio, le toca a una partícula. El calor se relaciona con el cambio de energía interna debido a la interacción térmica.

La primera ley de la termodinámica se puede escribir como:

$$Q = \Delta U + T$$

donde  $Q$  es la cantidad de calor que gana el sistema,  $\Delta U$  es el cambio de la energía interna y  $T$  es el trabajo realizado por el sistema sobre el entorno.

El calor ganado por el sistema se *gasta* para aumentar la energía interna y realizar el trabajo sobre el entorno. Esa forma de la primera ley permite entender algunos detalles de los procesos termodinámicos mencionados.

Por ejemplo, en el proceso isocórico, el sistema no realiza ningún trabajo mecánico sobre el entorno, y por eso  $T = 0$ . De esta manera, todo el calor ganado se *gasta* en el aumento de la energía interna y, en consecuencia, en el aumento de la temperatura.

En el proceso adiabático no hay intercambio de energía, por eso el calor ganado es cero ( $Q = 0$ ). En tal caso, la primera ley dice:

$$T = -\Delta U$$

La energía necesaria para el trabajo que realiza el sistema al extenderse (expansión adiabática), proviene de la energía interna. En consecuencia, la energía interna disminuye y la temperatura baja en el enfriamiento adiabático.

## EJEMPLOS

- 1 Encontrar el cambio de energía interna que sufre un gas durante una compresión isobárica a 100 000 Pa en la que se le extraen 2 500 J de calor y el volumen disminuye de 27.8 hasta 16.9 L.

**Solución**

De acuerdo con la primera ley de la termodinámica, el cambio en la energía interna del gas está dada por:

$$\Delta U = Q + T$$

donde  $Q$  es el calor que entra o sale del sistema y  $T$  es el trabajo que, en este caso, se calcula mediante el producto de la presión por el cambio en el volumen del gas:

$$T = p\Delta V = p(V_f + V_0) = 100\,000 \text{ Pa} \cdot (0.0278 \text{ m}^3 - 0.0169 \text{ m}^3) = 1\,090 \text{ J}$$

Como el gas se comprime, éste recibe trabajo durante la compresión y por tanto el trabajo tiene signo positivo dentro de la ecuación de la primera ley. Por otra parte, el calor tiene signo negativo debido a que es calor cedido. Así, el cambio en la energía interna es:

$$\Delta U = -2\,500 \text{ J} + 1\,090 \text{ J} = -1\,410 \text{ J}$$

- 2 Encontrar el valor del trabajo producido sobre un gas si durante una compresión adiabática incrementa su energía interna en 870 J.

**Solución**

Durante un proceso adiabático no existe transferencia de calor. Por esta razón, la primera ley de la termodinámica se escribe como:

$$\Delta U = T$$

Como  $\Delta U = 870 \text{ J}$ , entonces el trabajo es:

$$T = \Delta U = 870 \text{ J}$$

**DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE**

Comprende la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

**COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de temperatura, dilatación, calor específico, calor cedido y absorbido de los cuerpos.

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

En equipos completen la tabla con las características y el significado de cada proceso termodinámico. Además, indiquen de qué manera se tiene que modificar la fórmula de la primera ley de la termodinámica para adaptarse a cada una de ellas.

PROCESO	CARACTERÍSTICAS	PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA	SIGNIFICADO
Isobárico.			
Isotérmico.			
Isocórico.			
Adiabático.			

## Segunda ley de la termodinámica

Según la primera ley de la termodinámica es posible transformar por completo el trabajo mecánico en energía interna. El proceso inverso, la transformación de la energía interna en trabajo mecánico, no ocurre espontáneamente. ¿Es posible que una pelota que está en reposo en el suelo salga disparada hacia arriba debido a un pequeño enfriamiento del suelo?

Este proceso nunca ocurre; sin embargo, no violaría la primera ley de la termodinámica, bastaría que la energía mecánica ganada por la pelota fuese igual a la disminución de la energía interna del suelo. La ausencia de éste y otros procesos similares sugiere que para los procesos térmicos vale la denominada *segunda ley de la termodinámica*.

La **segunda ley de la termodinámica** dice que no es posible transformar completamente la energía interna en trabajo mecánico.

Las máquinas térmicas sirven para convertir energía interna en trabajo mecánico, tienen dos **depósitos térmicos** (uno frío y otro caliente) y una **sustancia de trabajo** (algún gas, por ejemplo).

En las máquinas térmicas de **combustión externa**, la sustancia de trabajo se calienta en el depósito caliente, realiza trabajo al expandirse y, al entrar en contacto con el depósito frío, se enfría y entrega la energía que le sobra para regresar al estado inicial. La diferencia entre las energías (la que se toma del depósito caliente y la que se entrega al depósito frío) es el valor límite del trabajo que la máquina puede realizar. Entonces, la conversión de la energía interna en trabajo mecánico es sólo parcial (Figura 2.64).

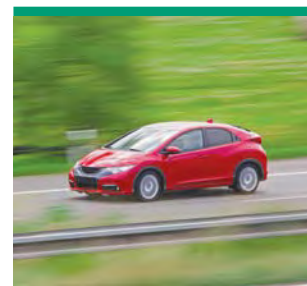


Figura 2.64 Como la transformación de energía interna en trabajo siempre es parcial, entonces no existe una máquina que sea 100% eficiente.

## El funcionamiento de un refrigerador

Las partes del refrigerador son: el gabinete, el compresor, el condensador, la válvula de expansión y el evaporador, como se observa en la Figura 2.65.

A través de todas las partes y de los tubos circula un **refrigerante**, es decir, un líquido que, como el alcohol, se evapora a bajas temperaturas. Debido a los cambios de temperatura y presión, en algunas partes el refrigerante está en estado líquido y en otras en gaseoso. También hay partes en las que existe una mezcla de gas y líquido.

Durante el funcionamiento del refrigerador, el refrigerante pasa por todas partes, completando un ciclo llamado **ciclo del refrigerador**, el cual consta de los cuatro pasos ilustrados en la Figura 2.66.

1. **Compresión y calentamiento.** El compresor comprime bruscamente el refrigerante que está en estado gaseoso (vapor). Como sabes, todos los gases se calientan al ser comprimidos, lo mismo pasa con el refrigerante. Enseguida, el compresor envía el refrigerante, en forma de vapor caliente, hacia el condensador.
2. **Enfriamiento y condensación.** El condensador es un tubo largo de muchas vueltas. Al pasar por el condensador, el gas caliente se enfría porque calienta el tubo del condensador, el cual calienta el aire que está alrededor.

Al bajar su temperatura, el refrigerante se condensa de manera parcial, es decir, una parte se hace líquido. De esa manera, al final del tubo del condensador la tem-

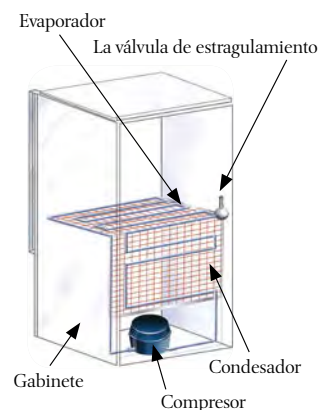


Figura 2.65 Las partes del refrigerador. El evaporador está dentro del gabinete. Fuera de éste se encuentran el compresor, el condensador y la válvula de expansión. Las partes del refrigerador están conectadas mediante tubos, formando así un sistema cerrado.

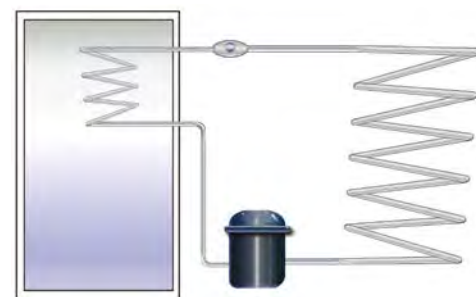


Figura 2.66 Partes en que ocurren los cuatro pasos del ciclo del refrigerador.

peratura del refrigerante es menor que al principio y se obtiene una mezcla de vapor y líquido. En esta parte del ciclo, que ocurre en el condensador, **el refrigerante se enfría y el aire que rodea el condensador se calienta.**

3. **Expansión y enfriamiento.** La válvula de expansión es un tubo que se va haciendo angosto y, de repente, se ensancha. Al pasar por esta válvula, el vapor se expande bruscamente. En una expansión brusca, la presión y la temperatura de un gas disminuyen (el gas se enfría). Antes de pasar por la válvula, el refrigerante está a una presión alta. Después de pasar, el gas está a una presión baja. Entonces, en la válvula de expansión el refrigerante se expande, se enfría y disminuye su presión.
4. **Calentamiento y evaporación.** Este paso del ciclo ocurre en el evaporador que es una caja metálica que está en el congelador. También consta de un tubo largo de varias vueltas. Al entrar al evaporador, una parte del refrigerante es vapor frío y otra es líquido frío. El vapor frío enfría lo que está en el congelador y, como consecuencia, se calienta. Debido a que el refrigerante líquido está a una presión baja, se evapora rápidamente. Como el proceso de evaporación consume energía, ésta se tiene que tomar del congelador, enfriándolo aún más. Este tipo de enfriamiento es por evaporación.

Al final del tubo del evaporador, el refrigerante está por completo en estado gaseoso y su temperatura es más alta que antes de haber entrado en el evaporador. La temperatura del congelador es más baja. En la etapa del evaporador, el refrigerante se calienta y el congelador se enfría. Otra vez: para que un cuerpo se pueda calentar, otro debe enfriarse.

El resultado global del ciclo del refrigerador es: el congelador se enfría y el ambiente circundante se calienta.

## CONEXIONES



Figura 2.67 Mario Molina.

### Agujeros en la capa de ozono

El químico estadounidense de origen mexicano **Mario Molina Henríquez** (1943-) (Figura 2.67), egresado de la UNAM, denunció en 1974 el peligro de que los clorofluorocarbonos pudieran dañar la ozonósfera (capa de ozono situada entre los 15 y 30 km de altitud).

Entre las sustancias más dañinas está el freón, que se utilizaba como refrigerante, como formador de burbujas en el proceso de fabricación de las espumas plásticas y como propelente en los envases de aerosoles.

La predicción se ha visto confirmada en los últimos años con la detección de agujeros en la capa de ozono sobre los Polos Norte y Sur (Figura 2.68). Por su trabajo, Molina recibió el Premio Nobel de Química en 1995.

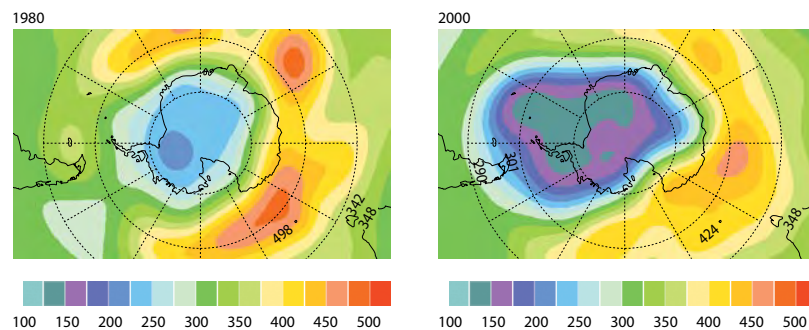


Figura 2.68 Agujero en la capa de ozono.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Trabaja en equipos de cuatro personas y realiza una investigación referente al efecto invernadero. Al final, elaboren una presentación electrónica que describa las características de fenómeno, así como el conjunto de fenómenos y conceptos que intervienen.

Contesta las siguientes preguntas:

- 1 ¿Qué formas de transferencia de calor intervienen en el efecto invernadero? Describe con claridad en qué situaciones se presentan. \_\_\_\_\_

---



---



---

- 2 ¿Cómo se modifica la temperatura de una región debido al efecto invernadero?

---



---



---

- 3 Determina la manera en que la primera o la segunda ley de la termodinámica ayuda a explicar el fenómeno del efecto invernadero. \_\_\_\_\_

---



---

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Comprende la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.

Analiza y comprende el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la termodinámica con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

## PREGUNTAS Y EJERCICIOS

### TEMPERATURA

- ¿Qué es la temperatura?
- ¿En qué unidades del Sistema Internacional se mide la temperatura?
- ¿Cuál es la diferencia entre la escala Celsius y la escala Fahrenheit?
- ¿Qué es el contacto térmico?
- ¿Cómo se expresa el punto de fusión del agua en grados Celsius, Fahrenheit y Kelvin?
- ¿Cómo se expresa el punto de ebullición del agua en grados Celsius, Fahrenheit y Kelvin?
- ¿Qué es el equilibrio térmico?
- Convierte  $65^{\circ}\text{C}$  a grados Fahrenheit.
- Convierte  $450\text{K}$  a grados Fahrenheit.
- Convierte  $124^{\circ}\text{F}$  a grados Celsius.
- El punto de fusión del oro es de  $1064^{\circ}\text{C}$ . Expresa esa temperatura en a) grados Fahrenheit y b) Kelvin.
- ¿Qué establece la ley Cero de la termodinámica?
- El punto de ebullición del mercurio es de  $357^{\circ}\text{C}$ . Expresa esa temperatura en a) grados Fahrenheit y b) Kelvin.
- El etanol ebulle a  $78.3^{\circ}\text{C}$ . Expresa ese valor de temperatura en grados Rankine.

### CALOR

- ¿Qué es el calor?
- ¿Cuál es la diferencia entre el calor y la temperatura?
- ¿En qué unidades se mide el calor?
- ¿Qué es un BTU?

19. ¿Qué es el equivalente mecánico del calor?
20. ¿A cuántos joules equivale una caloría?
21. Convierte 25.4 BTU a joules.
22. Convierte 98.4 kcal a joules.
23. Convierte 100 J a BTU.
24. ¿En qué consiste la conducción del calor?
25. ¿Qué es la conductividad térmica?
26. ¿En qué consiste la convección del calor?
27. ¿En qué consiste la radiación térmica?
28. ¿De qué manera transfiere el calor la llama de una vela?
29. Cuando se asan cortes de carne en una parrilla, ¿qué forma de transmisión de calor es la que cuece la comida?

### LA CALORÍA Y EL VALOR NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS

30. ¿Qué es la tasa metabólica basal?
31. ¿Cómo se calcula la tasa metabólica basal?
32. ¿En qué unidades se mide la tasa metabólica basal?
33. ¿Qué es el índice de masa corporal?
34. Calcula la tasa metabólica basal y el índice de masa corporal de un joven que tiene una masa de 78 kg y una estatura de 1.72 m.
35. Una joven de 16 años tiene una estatura de 1.58 m y una masa de 42 kg. ¿Cuál es su TMB y su IMC?

### LA DILATACIÓN TÉRMICA

36. ¿Qué es la dilatación térmica?
37. ¿De qué depende la dilatación térmica?
38. ¿Cuáles son los diferentes tipos de dilatación térmica?
39. Escribe la fórmula para encontrar la longitud final de una placa de cobre con superficie inicial  $S_0$  que se dilata debido a un incremento de temperatura  $\Delta t$ .
40. Un alambre de cobre tiene una longitud inicial de 30 cm. ¿Cuál es el incremento en su longitud si el alambre se calienta de una temperatura inicial de 32°C hasta una temperatura de 98°C? ( $\alpha_{\text{cobre}} = 1.7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )
41. Un alambre de acero que inicialmente tiene una longitud de 55.00 cm y se encuentra a temperatura de 45°C se calienta de modo tal que su longitud final es de 55.07 cm. ¿Hasta qué temperatura se calentó el alambre? ( $\alpha_{\text{acero}} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

42. Un bloque de aluminio tiene inicialmente 7 cm de lado y sufre un incremento de temperatura  $\Delta t = 77^\circ\text{C}$ . ¿Cuál es el volumen final del bloque? ( $\alpha_{\text{aluminio}} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

### TRANSFERENCIA DE CALOR Y EQUILIBRIO TÉRMICO

43. ¿Qué es el calor específico de un cuerpo?
44. ¿En qué unidades se mide el calor específico de un cuerpo?
45. 820 mL de agua a una temperatura de 88°C se mezclan con 470 mL de agua a una temperatura de 35°C. ¿Cuál es la temperatura de equilibrio de la mezcla?
46. En un recipiente tengo 650 mL de agua a 60°C. ¿Cuántos mililitros debo agregar de agua a 90°C para que la mezcla tenga una temperatura de equilibrio de 73°C?
47. Un trozo de plomo de 800 g requiere 2080 J de calor para incrementar su temperatura de 300K hasta 320K. ¿Cuál es el calor específico del plomo?
48. ¿Cuánto calor es necesario para calentar 7 litros de agua de una temperatura de 18°C hasta 79°C?
49. Una barra de 755 g de hierro a una temperatura de 99°C se pone en contacto térmico con una placa de latón de 642 g que se encuentra a una temperatura de 47°C. ¿A qué temperatura alcanzarán el equilibrio térmico ambos materiales? ¿Cuánto calor transfirió la barra de hierro a la placa de latón?
50. Una piedra de 3 kg se calienta hasta una temperatura de 65°C y se coloca en un calorímetro que contiene 2 kg de agua a una temperatura de 18°C. Si la temperatura de equilibrio es de 25.5°C, ¿cuál es el calor específico de la piedra?

### CALOR Y CAMBIO DE FASE

51. ¿Cuáles son los tres estados de la materia?
52. ¿Qué nombre reciben los diferentes cambios de fase que puede sufrir un material?
53. ¿Cuántos tipos de calor latente existen?
54. ¿Cuánto calor es necesario para fundir completamente un bloque de hielo de 150 g a 0°C?

55. ¿Cuánto calor tienen que ceder 350 g de plomo líquido para solidificarse si éstos se encuentran en su temperatura de fusión ( $327^{\circ}\text{C}$ ) y el calor latente de fusión del plomo es  $q_f = 24.5 \text{ kJ/kg}$ ?
56. Se sabe que se liberan 43,215 J de calor en la licuefacción de 215 gramos de nitrógeno. ¿Cuál es el calor latente de vaporización de este gas?
57. Encuentra la cantidad de calor necesaria para que 450 gramos de agua en estado sólido a una temperatura de  $-12^{\circ}\text{C}$  se conviertan en agua en estado líquido a una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ .
69. Durante una expansión isobárica, un gas contenido en un pistón incrementa su temperatura de  $80^{\circ}\text{C}$  hasta  $135^{\circ}\text{C}$ . Si el volumen inicial del gas era de 800 mL, encuentra el volumen final del gas.
70. Durante un proceso isocórico, un gas contenido en un recipiente que inicialmente se encontraba a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  incrementa su temperatura en  $\Delta t = 80^{\circ}\text{C}$ . Si la presión inicial del gas era de 100 000 Pa, ¿cuál es la presión del gas después de que éste incrementó su temperatura?

### SISTEMAS Y PROCESOS TERMODINÁMICOS

58. ¿Qué es un sistema termodinámico?
59. ¿Qué se entiende por entorno?
60. ¿Cuál es la diferencia entre una pared móvil y una pared rígida?
61. ¿Qué tipo de pared tiene un sistema abierto?
62. ¿Qué es una pared diatérmica?
63. ¿Qué es una pared adiabática?
64. ¿Qué tipo de sistema puede poseer una pared permeable?
65. ¿Qué es un proceso termodinámico?
66. ¿Cuál es la diferencia existente entre una máquina térmica y un refrigerador?
67. Describe los pasos del ciclo del refrigerador.
68. En un recipiente que contiene gas a temperatura constante se incrementa la presión de 100 000 Pa hasta 110 000 Pa. Si el volumen inicial del gas es de 800 mL, ¿cuál es su volumen final?
71. ¿Qué establece la primera ley de la Termodinámica?
72. ¿Cuál de las leyes de la termodinámica hace referencia al concepto de equilibrio térmico?
73. ¿Qué es la entropía? ¿Qué dice la segunda ley de la termodinámica con respecto a este concepto?
74. Elabora un cuadro sinóptico que contenga una explicación de la ley cero, así como de la primera y la segunda ley de la termodinámica.
75. Un gas contenido en un recipiente se somete a una compresión isobárica de 100 000 Pa, en la cual su volumen disminuye de 2.7 litros hasta 1.2 litros. Si el cambio de energía interna del gas fue  $\Delta U = +215 \text{ J}$ , ¿cuánto calor cedió o absorbió el gas?
76. Si en un sistema termodinámico se lleva a cabo un proceso isotérmico en el cual el cambio de energía interna es exactamente el doble del valor del calor agregado al sistema  $Q$ , entonces, expresa el trabajo en términos del calor agregado.

# EVALUACIÓN DEL BLOQUE

## Autoevaluación

**Instrucciones:** estima tu nivel de logro de los siguientes desempeños y escribe qué debes hacer para mejorarlo.

3 Lo puedo enseñar a otros      2 Lo puedo hacer solo      1 Necesito ayuda

DESEMPEÑOS	1	2	3	PARA MEJORAR MI DESEMPEÑO DEBO:
Defino conceptos básicos relacionados con el calor y la temperatura, así como sus unidades de medida.				
Identifico y analizo las formas de intercambio de calor entre los cuerpos.				
Describo con base a sus características el fenómeno de la dilatación de los cuerpos.				
Analizo y comprendo el fenómeno del calor cedido y ganado por las sustancias o cuerpos.				
Comprendo la transformación del trabajo en energía y de la energía en trabajo.				

## Coevaluación

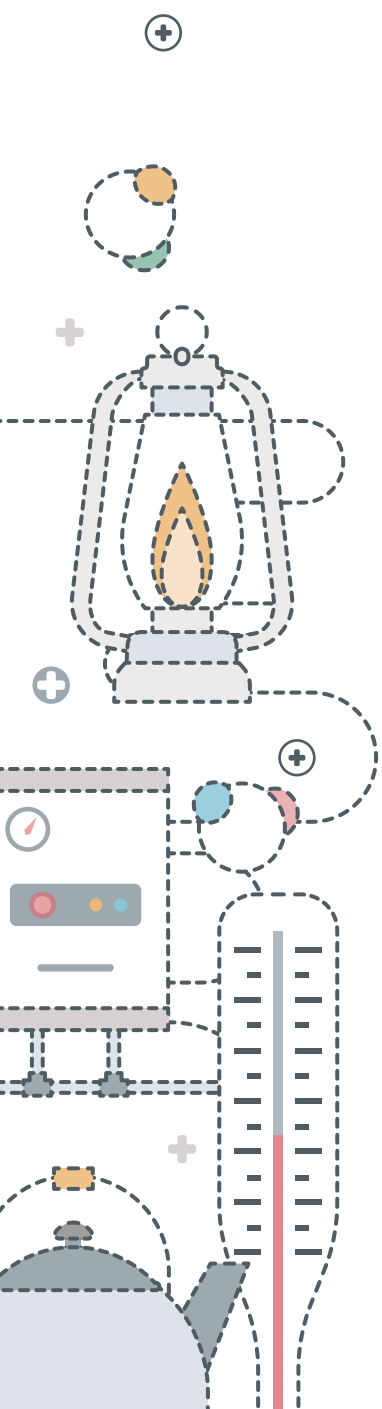
**Instrucciones:** evalúa el trabajo que realizó cada compañero de tu equipo cuando participaron en las actividades colaborativas de la sección **Actividad de aprendizaje** y **En acción**. Obtengan la suma del puntaje de acuerdo a la siguiente escala.

3 Muy bien      2 Bien      1 Regular      0 Deficiente

ASPECTOS A EVALUAR	INTEGRANTES DEL EQUIPO				
	1	2	3	4	5
Aporta sus conocimientos para lograr los fines de la actividad.					
Propone maneras de llevar a cabo la actividad.					
Escucha y respeta las opiniones de los demás.					
<b>TOTAL DE PUNTOS</b>					

## Heteroevaluación

En la página 245 encontrarás una serie de preguntas que permitirán que tu profesor evalúe los conocimientos que adquiriste en este bloque. Respóndelas, recorta la hoja y entrégala a tu profesor.



## Evaluación de actividades de aprendizaje y portafolio de evidencias

La siguiente es una lista de las actividades que le ayudarán a tu profesor a evaluar el trabajo que realizaste durante este bloque. En la página 239 encontrarás algunos modelos de los instrumentos de evaluación que utilizará.

ACTIVIDAD	EVIDENCIA	UBICACIÓN	INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN
Realizar una consulta bibliográfica sobre el origen de los termómetros y sus características. Redactar un resumen con la información recabada.	Resumen.	Actividad de aprendizaje, pág. 68	Lista de cotejo.
Realizar una consulta bibliográfica sobre el origen de las distintas escalas termométricas que existen.	Cuadros comparativos.	Actividad de aprendizaje, págs. 72-73	Lista de cotejo.
Completar la siguiente tabla con las fórmulas para convertir las diferentes escalas de temperatura existentes.	Tablas comparativas.	Actividad de aprendizaje, págs. 73	Lista de cotejo.
Problemario de conversión de temperaturas entre las diferentes escalas termométricas	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 73-74	Rúbrica.
Realizar un experimento sencillo en el que analizarás las diferencias entre el calor y la temperatura.	Experimento sencillo.	Actividad de aprendizaje, pág. 76	Guía de observación.
Realizar un experimento en el que analices el fenómeno de convección.	Experimento sencillo.	Actividad de aprendizaje, pág. 81	Guía de observación.
Realizar una investigación sobre los mecanismos de transferencia de calor en materiales sólidos, líquidos y gases, así como en el vacío enfatizando en el comportamiento de estos fenómenos a nivel molecular. Elaborar un cuadro sinóptico donde describas cada forma de transferencia de calor en cada medio en el que pueden ocurrir.	Investigación y cuadro sinóptico.	Actividad de aprendizaje, págs. 82-83	Lista de cotejo y guía de observación.
Investigar en fuentes electrónicas, bibliográficas y hemerográficas confiables sobre el cambio climático. Indiquen de forma clara y concisa de qué manera el calor y la temperatura influyen en el clima de las diferentes regiones. Contesten las preguntas que siguen y finalmente elaboren un ensayo que resuma toda la información recabada.	Ensayo.	Actividad de aprendizaje, pág. 84	Rúbrica.
Elaborar un problemario referente al el consumo diario de alimentos y su valor nutricional.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 85-86	Rúbrica.
Calcular la actividad física diaria necesaria para mantener constante el peso corporal a partir de la cantidad de alimentos consumidos y su valor nutricional.	Cálculo de la actividad física.	Actividad de aprendizaje, págs. 89-90	Rúbrica.
Elaborar un mapa conceptual referente a la dilatación térmica.	Mapa conceptual.	Actividad de aprendizaje, pág. 92	Guía de observación.
Resolver un problemario referente a la dilatación térmica.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 97-99	Rúbrica.
Elaborar tablas comparativas relativas a los tipos de dilatación térmica de los cuerpos.	Tablas comparativas.	Actividad de aprendizaje, pág. 100	Lista de cotejo.
Investigar en los medios a su disposición el calor específico de diferentes sustancias sólidas, líquidas y gaseosas utilizadas en la vida diaria. Elaborar una tabla con los valores de calor específico (en $\text{cal/g}^\circ\text{C}$ y en $\text{J/kg}^\circ\text{C}$ ) de mínimo seis sustancias sólidas, gaseosas y líquidas.	Tabla de valores.	Actividad de aprendizaje, pág. 105	Lista de cotejo.
Resolver problemas sobre el incremento de temperatura al recibir cierta cantidad de calor.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, pág. 107	Rúbrica.
Resolver un problemario propuesto por el docente referente al intercambio de calor entre cuerpos.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 114-115	Rúbrica.
Resolver un problemario propuesto por el docente referente al concepto y valores de calor específico.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 115-116	Rúbrica.
Completar una tabla con las características y el significado de cada proceso termodinámico.	Tabla comparativa.	Actividad de aprendizaje, pág. 124	Lista de cotejo.
Realizar una investigación referente al efecto invernadero.	Investigación.	Actividad de aprendizaje, pág. 127	Guía de observación.

## 3

TIEMPO ASIGNADO AL BLOQUE

20 horas

# COMPRENDES LAS LEYES DE LA ELECTRICIDAD

## OBJETOS DE APRENDIZAJE

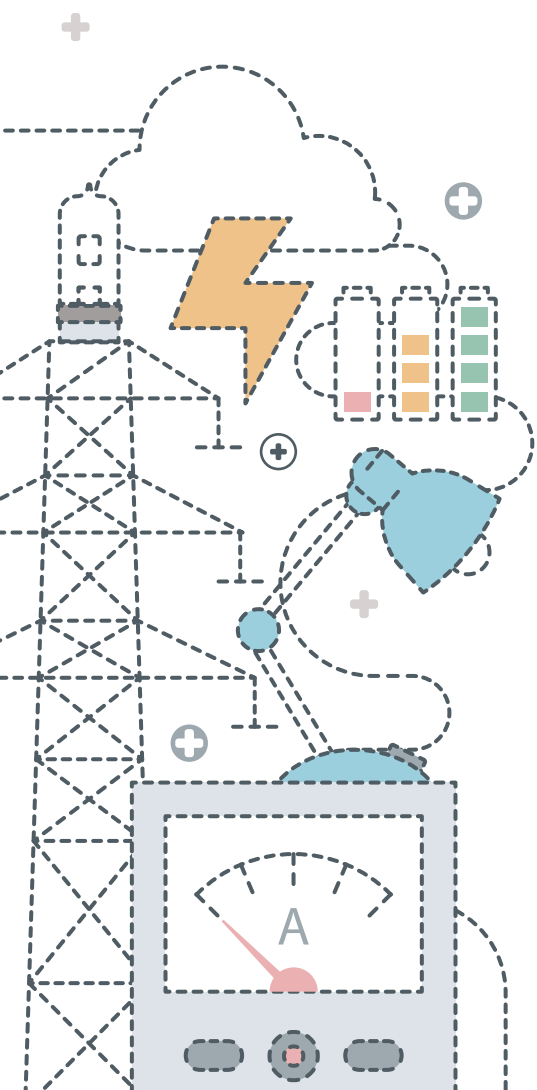
- Electricidad.
- Electrostática.
- Electrodinámica.

## DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

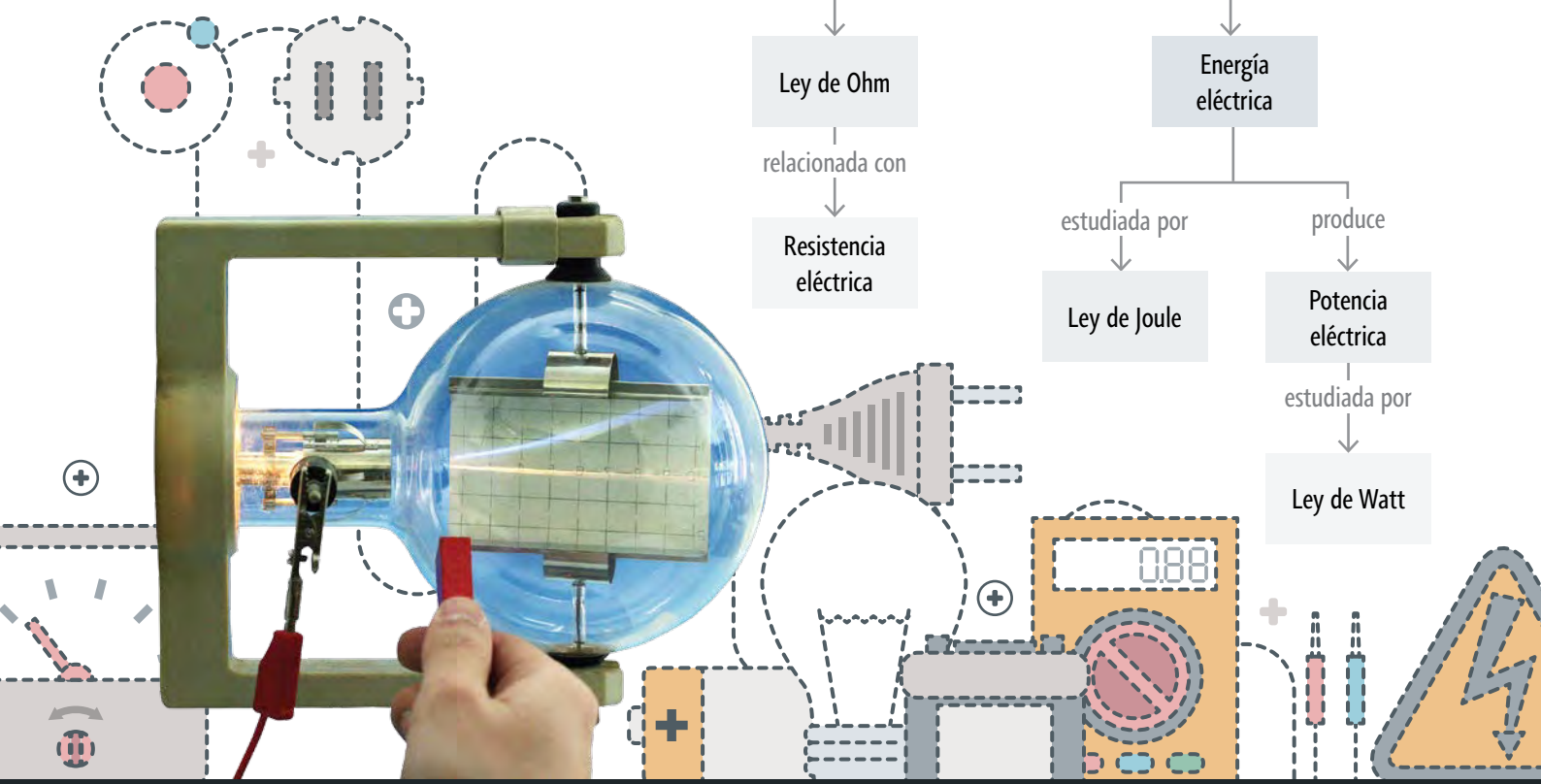
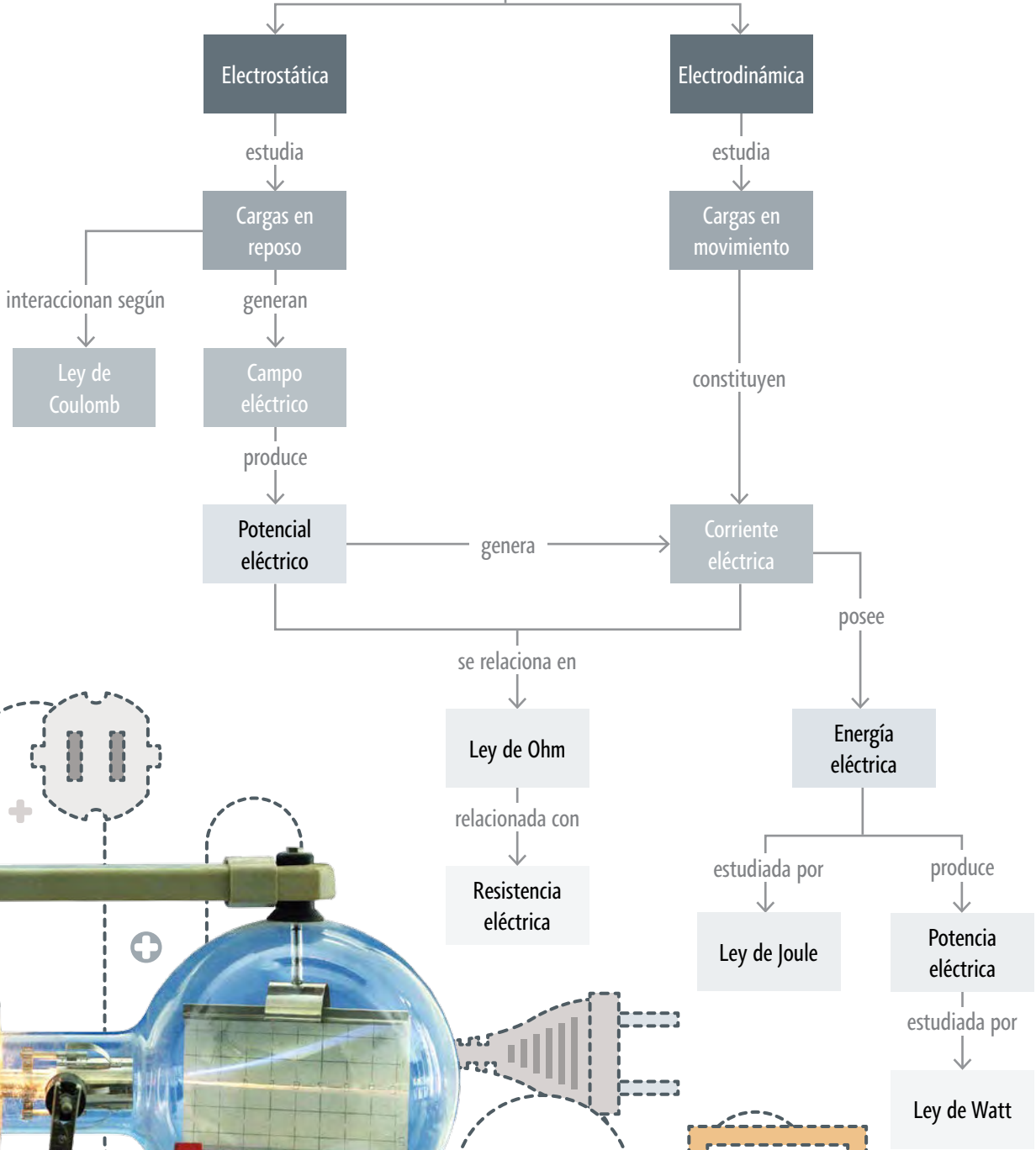
- Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.
- Identifica y analiza las formas de electrizar cuerpos.
- Describe, con base a sus características, el fenómeno de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.
- Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere, y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

## COMPETENCIAS A DESARROLLAR

- Establece la interrelación entre la electricidad y sus ramas con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.
- Aporta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana a partir de la evolución de la electricidad.
- Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.
- Obtiene, registra y sistematiza información sobre conceptos relacionados con la electricidad como: qué y cuáles son los materiales conductores, semiconductores, aislantes, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, entre otros, consultando diversas fuentes.
- Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos eléctricos a partir de evidencias científicas.
- Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.
- Diseña prototipos para representar tanto la función de un electroscopio como la conexión de circuitos eléctricos ya sea en serie, paralelo y/o mixto.
- Relaciona las expresiones simbólicas de la electricidad y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



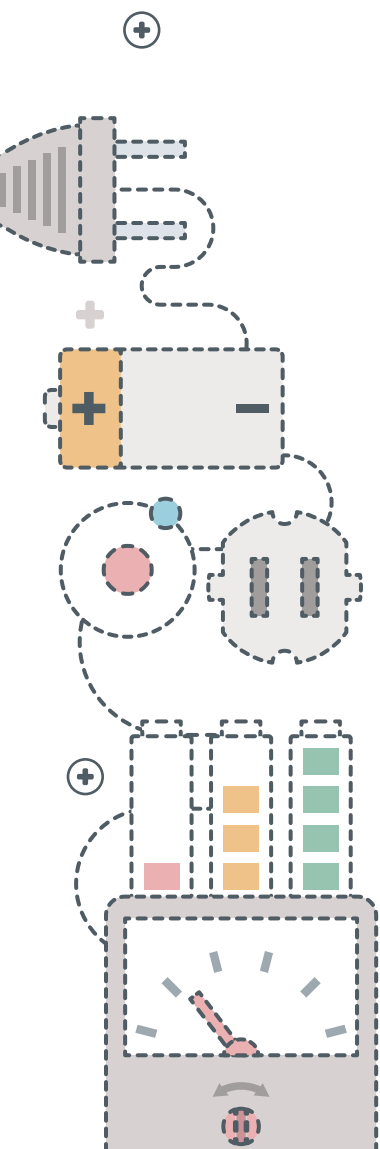
# ELECTRICIDAD



## EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

En ocasiones no nos damos cuenta de lo que sabemos hasta que nos preguntan; para conocer qué tanto sabes, proponemos que leas y respondas las siguientes preguntas acerca de algunos conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se trabajarán en este bloque.

- 1 ¿Cómo se puede cargar eléctricamente un peine de plástico?
  - a) No es posible.
  - b) Frotándolo previamente.
  - c) Mojándolo con anterioridad.
  - d) Colocándolo cerca de una corriente eléctrica.
- 2 Se tienen dos cuerpos neutros A y B tales que A cede carga negativa fácilmente y B gana esas cargas sin ningún esfuerzo. Al frotar A con B:
  - a) B se carga negativamente.
  - b) A se carga de manera negativa.
  - c) Tanto A como B quedan neutros.
  - d) Tanto A como B se cargan negativamente.
- 3 ¿Qué inciso presenta materiales considerados buenos conductores de la electricidad?
  - a) Oro, carbono, azufre.
  - b) Hierro, cromo, madera.
  - c) Cobre, plata, aluminio.
  - d) Níquel, plástico, titanio.
- 4 ¿Cómo se llama al flujo de electrones a través de un material?
  - a) Fuerza eléctrica.
  - b) Corriente eléctrica.
  - c) Campo gravitacional.
  - d) Átomos en movimiento.
- 5 ¿Cómo se logra que un cuerpo neutro se cargue negativamente? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 A cierta distancia, la fuerza electrostática entre dos cuerpos cargados es de 8 N. Si estos cuerpos se separan a una distancia dos veces mayor, ¿cuál será el nuevo valor de la fuerza electrostática? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 7 ¿Por qué en ocasiones los focos encendidos brillan menos al conectar una plancha eléctrica que consume mucha corriente? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 8 ¿Consideras que el avance de la ciencia y la tecnología nos conducirá a un mejor nivel de vida? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



# Electricidad

La palabra electricidad es de uso común en diversas situaciones de la vida cotidiana. Sin embargo, ¿qué significa realmente el término electricidad? ¿Para qué nos sirve entender lo que es la electricidad?

El término *electricidad* nombra a la rama de la física que estudia los fenómenos eléctricos donde las partículas cargadas eléctricamente se encuentran en reposo o en movimiento. La electricidad se divide en dos ramas básicas:

1. La **electrostática**, estudia los fenómenos eléctricos relacionados con los cuerpos cargados y las partículas cargadas en reposo.
2. La **electrodinámica**, analiza los fenómenos relacionados con el movimiento de las partículas cargadas (electrones e iones).

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

- 1 Realiza una investigación bibliográfica sobre los antecedentes históricos más sobresalientes en el estudio de la electricidad que llevaron al establecimiento de la electrostática y la electrodinámica, así como los personajes históricos que participaron en el desarrollo de estas disciplinas. Enseguida completa la tabla con las aportaciones de cada uno.

PERSONAJE	APORTACIÓN
Tales de Mileto.	
Benjamín Franklin.	
Alessandro Volta.	
Charles Coulomb.	
André Marie Ampere.	
Michael Faraday.	
Georg Simon Ohm.	
James Maxwell.	

- 2 Con ayuda de la tabla elabora, en tu cuaderno, una línea de tiempo en la que describas los sucesos más importantes de la historia de la electricidad.



Para desarrollar la línea de tiempo puedes hacer uso de las herramientas de *Cronos*: [goo.gl/1sRQVm](https://goo.gl/1sRQVm)

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Establece la interrelación entre la electricidad y sus ramas con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.

Aporta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana a partir de la evolución de la electricidad.

Las sociedades modernas no existirían como tales sin el suministro de energía eléctrica. Ésta es indispensable para el funcionamiento tanto de los sistemas de servicios públicos, como de un gran número de aparatos, instrumentos y herramientas que se usan en la industria, los negocios y los hogares.

Algunos aparatos domésticos, como el horno de microondas, funcionan gracias a una conexión con la red eléctrica del hogar, la cual obtiene energía de la compañía proveedora de electricidad. Sin embargo, otros dispositivos eléctricos, como los teléfonos celulares, obtienen la energía a partir de baterías recargables.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Establece la interrelación entre la electricidad y sus ramas con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.

- 1 En equipos elaboren un listado de aparatos, instrumentos o herramientas que funcionen por medio de electricidad. Éstos pueden ser útiles en los ámbitos del entretenimiento, el hogar y la industria, o en el trabajo y la comunicación.
- 2 Llenen la siguiente tabla con la información del listado. Anoten el ámbito en que es útil cada aparato.

APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD EN APARATOS, INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS	
Ámbito de la aplicación	Ejemplos de aparatos, instrumentos o herramientas
Hogar.	
Diversión.	
Trabajo.	
Industria.	
Comunicación.	

## Electrostática

La electrostática estudia fenómenos en los que intervienen los cuerpos cargados eléctricamente; sin embargo, éstos guardan muchas interrogantes: ¿qué es la carga eléctrica?, ¿por qué “salen chispas” de algunos cuerpos cargados con electricidad?, ¿cómo es posible cargar eléctricamente a los cuerpos?

Todos los días pueden observarse fenómenos eléctricos. Por ejemplo, cuando alguien se quita ropa hecha de telas sintéticas y se observa cómo saltan pequeñas chispas, o cuando se toca la chapa metálica de una puerta tras caminar sobre un tapete sintético y se siente una ligera descarga eléctrica (Figura 3.1), por lo que podríamos decir que, en estos casos, se está en contacto con *cuerpos electrizados*, es decir, que poseen un exceso o carencia de *carga eléctrica*.

La **carga eléctrica** es la propiedad que tienen los cuerpos para atraer o repeler otros cuerpos cargados.



Figura 3.1 Sentir la descarga eléctrica que se produce al tocar la chapa de una puerta, indica que estamos en contacto con cuerpos electrizados.

Existen dos tipos de carga eléctrica:

1. **Carga eléctrica positiva.** Es adquirida por una barra de vidrio frotada con lana (Figura 3.2a).
2. **Carga eléctrica negativa.** Se adquiere por medio de una barra de plástico frotada, también, con lana (Figura 3.2b).

Se ha observado que dos cuerpos con cargas del mismo tipo (ambas positivas o negativas), siempre se *repelen*. Por el contrario, dos cuerpos con cargas diferentes (positiva y negativa) siempre se *atraen*.

Un cuerpo tendrá carga positiva si repele una barra de vidrio o atrae una barra de plástico que han sido frotadas con lana con anterioridad (Figura 3.3a y b).

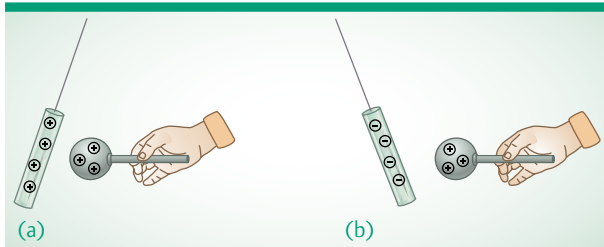


Figura 3.3 Un cuerpo cargado positivamente (a) repele una barra de vidrio (que tiene carga positiva luego de haber sido frotada con lana) o (b) atrae una barra de plástico (que tiene carga negativa por haber sido frotada con lana).

Asimismo, un cuerpo tendrá carga negativa si repele una barra de plástico o atrae una de vidrio que han sido previamente frotadas con lana (Figura 3.4a y b).

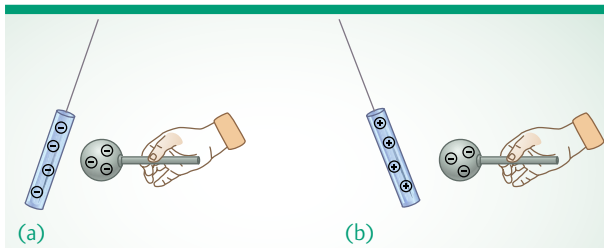


Figura 3.4 Un cuerpo cargado negativamente repele una barra de plástico (que tiene carga negativa por haber sido frotada con lana) o atrae una barra de vidrio (que tiene carga positiva por haber sido frotada con lana).

El primer material que mostró la capacidad de adquirir carga eléctrica si se le frotaba fue el ámbar (Figura 3.5), descubrimiento que se atribuye al filósofo griego **Tales de Mileto** (624 a. C.-574 a. C.). Del nombre griego del ámbar, *elektron*, se derivó la palabra *electricidad*, la cual fue usada para denominar los fenómenos relacionados con esa propiedad de dicha resina.

Los términos *carga positiva* y *carga negativa* se deben a **Benjamín Franklin**, quien pensaba que los cuerpos se cargaban eléctricamente debido a la presencia de un fluido eléctrico. Así, si dicho fluido es mayor al apropiado, el cuerpo tendría carga positiva. En cambio, una deficiencia de fluido eléctrico implicaría una carga negativa.

#### WEB

Benjamín Franklin fue un personaje multifacético cuya labor impactó a la sociedad desde diferentes campos. Las siguientes ligas electrónicas son recomendables para el estudio de este tema.

<http://goo.gl/J0MZ5J> y <http://goo.gl/0RzbKp>

Revisa la información y elabora un mapa mental con las principales ideas, comenta con tus compañeros.

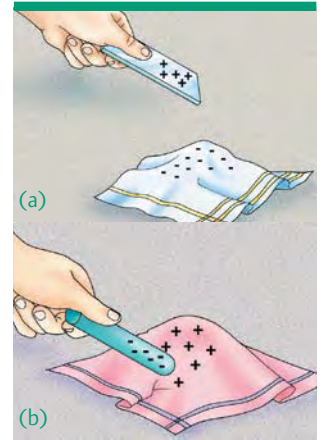
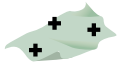


Figura 3.2 Una barra de vidrio (a) que se frota con lana adquiere carga eléctrica positiva, mientras que una barra de plástico (b) que se frota con lana adquiere carga eléctrica negativa.

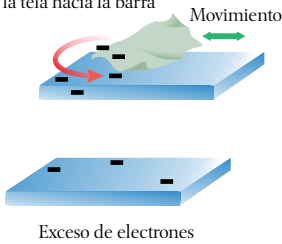


Figura 3.5 El ámbar se carga eléctricamente si se le frota, con lo que es capaz de atraer cuerpos livianos como plumas finas y briznas de paja.

Deficiencia de electrones



En el frotamiento los electrones se mueven de la tela hacia la barra



Exceso de electrones

Figura 3.6 Por lo general, los cuerpos se cargan eléctricamente por transferencia de electrones.

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Identifica y analiza las formas de electrizar cuerpos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre conceptos relacionados con la electricidad como: qué y cuáles son los materiales conductores, semiconductores, aislantes, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, entre otros, consultando diversas fuentes.

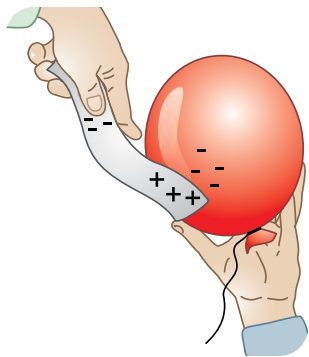


Figura 3.7 La tira de papel aluminio es atraída por el globo cargado.

En la actualidad, según la visión aceptada, la carga de los cuerpos se debe a que los átomos están formados por partículas: los protones, electrones y neutrones. Sólo los dos primeros tienen carga eléctrica. Los electrones tienen carga negativa y los protones, positiva. En cambio, los neutrones no poseen ningún tipo de carga.

En condiciones normales, los cuerpos son neutros, es decir, tienen igual número de electrones y protones (Figura 3.6). Los protones de un cuerpo sólido no se trasladan con facilidad a través de él ni salir de éste. Los responsables de la carga eléctrica del cuerpo son los electrones que pierde o gana.

Si se logra que un cuerpo contenga más protones que electrones, entonces tendrá carga positiva. Un cuerpo se carga de manera positiva cuando pierde electrones. Esto quiere decir que al frotar la barra de vidrio, pierde electrones y queda cargada positivamente.

Si se logra que un cuerpo contenga más electrones que protones, tendrá carga negativa. Para que se cargue negativamente, un cuerpo tiene que recibir electrones. Al ser frotada una barra de plástico, ésta adquiere electrones y queda cargada de manera negativa.

## EN ACCIÓN

En condiciones normales, un cuerpo no tiene carga eléctrica, pues tiene un número de electrones igual al de protones. Si se le acerca un cuerpo cargado con electricidad, ocurrirá un fenómeno muy interesante que merece ser conocido. Reúnanse en equipos y consigan el siguiente material:

- Un globo inflado.
- Una servilleta.
- Un grifo de agua.
- Un trapo de lana.
- Una tira de papel aluminio.
- Tijeras.

1 Con las tijeras corten la servilleta en pequeños pedazos y colóquenlos sobre la mesa. Después, frotan con fuerza el globo inflado con el trapo de lana o contra el cabello de alguno de los integrantes del equipo y acercan la parte frotada a los pedacitos de servilleta.

- ¿Qué sucedió con los pedacitos de servilleta? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2 Ahora tomen la tira de aluminio y dejen que cuelgue verticalmente. Frotan otra vez el globo y acercan la región frotada a la tira de aluminio.

- ¿Qué sucedió con la tira de papel aluminio (Figura 3.7)? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3 Abran ligeramente el grifo del agua para que salga apenas un chorrillo, lo más delgado que sea posible. Frotan una vez más el globo inflado con el trapo de lana o contra su cabello, y acercan la parte frotada del globo al chorro de agua.

- ¿Qué sucedió con el chorro de agua cuando acercaron la parte frotada del globo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- Al considerar que el globo se carga eléctricamente por frotación, determinen con base en sus observaciones si un cuerpo neutro puede atraerse o repelerse por un cuerpo cargado con electricidad. Expliquen las razones por las que creen que esto suceda.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Si en la actividad anterior frotaron bien el globo, la parte frotada se habrá cargado negativamente como cualquier cuerpo de plástico. Al acercar esa parte a los pedacitos de papel, a la tira de papel aluminio y al chorrito de agua, se habrá provocado en ellos una redistribución de las partículas cargadas y, como consecuencia, habrán sido atraídos por el globo.

La explicación de este fenómeno es más sencilla para la tira de aluminio, pues en los metales hay muchos electrones libres que no están bien “atados” a los núcleos y se pueden mover con facilidad. Al acercar el globo cargado negativamente, los electrones libres de la tira “huyen” y se alejan lo más posible del globo. La parte de la tira sin electrones se vuelve positiva debido a su ausencia, la cual es atraída por la parte negativa del globo.

Aunque la tira tiene todavía tanto electrones como protones y es, por tanto, neutra, sus extremos han perdido el equilibrio eléctrico. La parte más cercana al globo se ha vuelto positiva y por eso la tira es atraída por el globo, mientras que la parte más lejana se ha vuelto negativa.

Este fenómeno de redistribución de las partículas cargadas de los cuerpos neutros se llama *inducción electrostática*.

La **inducción electrostática** es cargar eléctricamente las partes de un cuerpo neutro debido a la cercanía de otro ya cargado.

Tanto el papel como el agua no tienen electrones libres y la explicación del efecto observado es más complicada. El agua tiene *moléculas polarizadas*, es decir, una parte de la molécula del agua es positiva y la otra negativa. El globo repele la parte negativa y atrae la positiva de las moléculas, logrando así que el lado del chorro de agua cercano al globo se vuelva positivo y, entonces, gracias a la atracción entre cargas de diferente tipo, se desvía el chorro hacia el globo (Figura 3.8). En el caso de los pedacitos de papel, el globo *polariza* las moléculas superficiales, lo que carga de manera positiva la parte más cercana al globo y, de nuevo, gracias a la atracción entre cargas de diferente tipo, los pedacitos de papel se elevan hacia el globo.

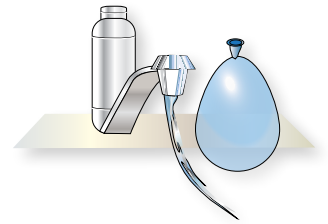


Figura 3.8 El chorro de agua se desvía debido a que la carga acumulada en el globo atrae a la parte de las moléculas del agua que poseen carga opuesta.

## EN ACCIÓN

Coloca sobre una mesa lisa un globo desinflado y una lata de refresco como se muestra en la Figura 3.9. Acuesta la lata, infla el globo y frótalo con fuerza contra tu cabello. Acerca la parte frotada del globo a la lata. ¡Ésta se moverá!

- 1 ¿Por qué se mueve la lata ante la presencia del globo frotado? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Qué carga eléctrica adquiere el globo cuando se le frota? \_\_\_\_\_
- 3 Explica de qué manera se le induce carga eléctrica a la lata. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4 Si la lata estuviera hecha de plástico en vez de aluminio, ¿se hubiera movido ante la presencia del globo frotado? Explica. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



Figura 3.9 ¿Puedes mover la lata con el globo?

Al explicar la atracción entre la tira de papel aluminio y el globo frotado, se observa que el extremo de la tira más alejado del globo, sirvió como “refugio” de los electrones repelidos. ¿Sería posible verificar esto de manera más convincente? Para eso puede servir el electroscopio, primer instrumento inventado para determinar si un cuerpo estaba cargado eléctricamente.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Identifica y analiza las formas de electrizar cuerpos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre conceptos relacionados con la electricidad como: qué y cuáles son los materiales conductores, semiconductores, aislantes, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, entre otros, consultando diversas fuentes.

Consulta diferentes libros impresos y páginas electrónicas y recaba información sobre el electroscopio. Contesta las siguientes preguntas:

- 1 ¿Qué es un electroscopio? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Cómo funciona? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 ¿Para qué sirve? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4 En el siguiente espacio elabora el diagrama de un electroscopio casero.

- 5 Consigue el material necesario y construye un electroscopio casero con base en el diagrama que dibujaste.

## EN ACCIÓN

Reúnete en equipos y elabora el electroscopio que investigaste en la actividad de aprendizaje anterior.

- 1 Consigue un globo; ínflalo y frótalo con fuerza contra una tela de lana o el cabello. Después acerca la región frotada del globo a la parte metálica del electroscopio sin tocarla (Figura 3.10).

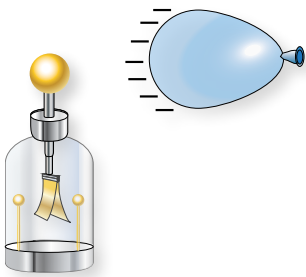


Figura 3.10 ¿Qué pasa cuando acercas un globo cargado al electroscopio?

- 2 ¿Qué ocurre con las láminas del electroscopio? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 3 ¿Cómo se distribuyen los electrones en el electroscopio cuando acercas el globo cargado? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 4 Frota nuevamente el globo y en esta ocasión toca la parte metálica del electroscopio con la región frotada.
- 5 ¿Qué ocurre con las láminas del electroscopio? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 6 ¿Cómo se distribuyen los electrones en el electroscopio cuando lo tocas con el globo cargado? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 7 Con base en lo observado en los experimentos anteriores, analiza y discute.
- ¿Existe alguna forma en la que las placas del electroscopio permanezcan separadas aun cuando no se le acerque o toque con un globo cargado? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

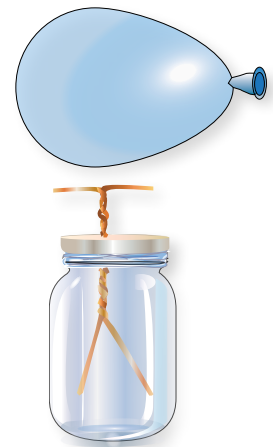


Figura 3.11 Cuando se acerca el globo cargado al electroscopio, las láminas de aluminio se separan debido a una redistribución de cargas dentro de la estructura metálica del electroscopio.

En la primera parte de la actividad anterior, el comportamiento de la tira demostró de manera clara el fenómeno de la inducción electrostática. Como la esfera, el alambre y la tira de aluminio forman un único cuerpo metálico, la presencia del globo cargado negativamente repelió los electrones de la esfera y éstos se alejaron moviéndose hacia la tira doblada. De esa manera la tira quedó cargada de manera negativa y la esfera, por la falta de electrones, se volvió positiva. Las dos partes de la tira, al tener carga negativa, se repelen y se levantan. Cuando el globo se aleja, los electrones son atraídos por la esfera positiva y regresan. Todas las partes metálicas del electroscopio vuelven a ser neutras, pues el número de electrones es el mismo que antes del experimento, ya que ni entraron ni salieron electrones. En consecuencia, las dos partes de la tira no se repelen y vuelven a su posición vertical (Figura 3.11).

Cuando el globo frotado toca la esfera, ésta le transfiere una parte de sus electrones y la parte metálica del electroscopio queda cargada negativamente. Otra vez, las partes de la tira se repelen y se levantan, ahora un poco más que antes. Sin embargo, la diferencia básica ocurre cuando el globo frotado se aleja. Como los electrones provenientes del globo se quedan en el electroscopio, la parte metálica mantiene su carga negativa. Ésta no sólo queda contenida en la tira, sino que una parte queda en la esfera, pues los electrones sobrantes se repelen entre sí y se distribuyen por todas partes para alejarse lo más posible unos de otros. Las dos partes de la tira quedan separadas y levantadas, por lo que se dice que la tira se cargó por *contacto* (Figura 3.12).

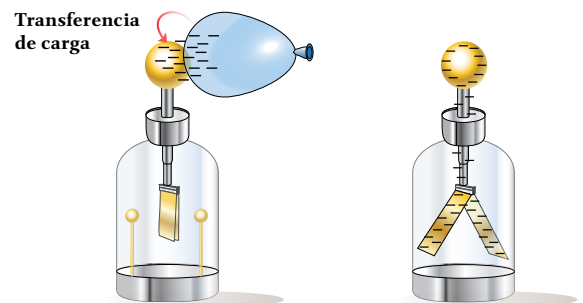


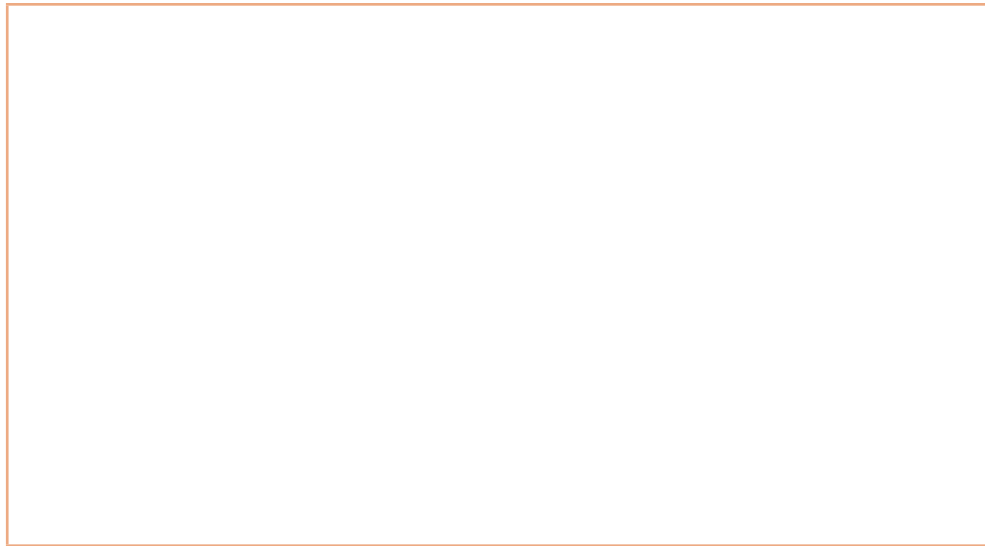
Figura 3.12 Cuando el electroscopio se carga por contacto, existe una transferencia de carga, de modo que el electroscopio queda con un exceso de carga positiva o negativa.

Por lo anterior, un cuerpo puede cargarse eléctricamente por:

- Frotamiento.
- Inducción electrostática.
- Contacto.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Reúne ilustraciones que muestren las diferentes formas de electrizar cuerpos. Posteriormente utilízalas y, junto con lo que has aprendido a lo largo del bloque, elabora un mapa mental en el siguiente espacio.



### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Identifica y analiza las formas de electrizar cuerpos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos eléctricos a partir de evidencias científicas.



Figura 3.13 Los semiconductores se utilizan en la elaboración de microprocesadores.

El funcionamiento del electroscopio se basa en la propiedad que los metales poseen, la cual permite el movimiento de los electrones. Si la esfera de aluminio estuviera conectada con la tira mediante una varita de plástico, ésta no se cargaría.

Se pueden distinguir, entonces, dos grandes grupos de materiales:

1. **Conductores eléctricos.** Son los materiales que permiten el movimiento de los electrones, tanto de los suyos como de los adquiridos por contacto o frotamiento. Estos materiales son, básicamente, los metales.
2. **Aislantes eléctricos.** Son los materiales que no tienen electrones libres y no permiten el movimiento de los electrones adquiridos por contacto o frotamiento. Ejemplos de estos materiales son el vidrio y los plásticos.

Además de los materiales que son únicamente conductores o aislantes eléctricos, existen otros que son aislantes que pueden convertirse, de diferentes maneras, en conductores eléctricos. A dichos materiales se les llama **semiconductores** y tienen su aplicación en aparatos y dispositivos electrónicos (Figura 3.13).

Existen materiales que se convierten, a temperaturas bajas, en **superconductores**, es decir, materiales en los que los electrones se mueven sin resistencia alguna. Esa característica hace que los superconductores sean materiales de gran utilidad, por ejemplo, en la construcción de potentes electroimanes.

## WEB

La superconductividad es objeto de estudio en los laboratorios de muchos países. Revisa los siguientes vínculos electrónicos y aprende un poco más sobre este tema:

<http://goo.gl/ooKnQX> y <http://goo.gl/fLWIFx>

Te pareció interesante, ¿qué alcances crees que pueda tener la superconductividad?

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En equipos investiguen en fuentes confiables acerca de los conductores, aislantes, semiconductores y superconductores. Completen la tabla que se muestra a continuación con las características, uso y algunos ejemplos.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS	USO
Conductores.			
Aislantes.			
Semiconductores.			
Superconductores.			

## DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Identifica y analiza las formas de electrizar cuerpos.

## COMPETENCIA A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información sobre conceptos relacionados con la electricidad como: qué y cuáles son los materiales conductores, semiconductores, aislantes, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, entre otros, consultando diversas fuentes.

## Ley de conservación de la carga eléctrica

Una ley básica relacionada con la carga eléctrica es la **ley de conservación de la carga eléctrica**, la cual dice:

La carga eléctrica neta se conserva en todos los procesos físicos.

No es posible cargar un cuerpo positivamente sin que algún otro se cargue de forma negativa. Esto es comprensible si los procesos de carga o descarga eléctrica de los cuerpos se consideran como pérdidas o ganancias de electrones.

Supón que una persona frota varias veces un globo contra su cabello y luego lo aleja. Debido al frotamiento, el globo se cargará negativamente. Desde un punto de vista microscópico del proceso, se dice que los electrones del cabello se pasaron al globo. Por haber entregado algunos de sus electrones al globo, el cabello queda cargado positivamente y con una carencia de electrones. Si hay poca humedad, los cabellos se separan y se levantan porque se repelen.

Si la persona acerca el globo a esos cabellos, notará una atracción entre ellos y el globo, debido a que ambos han quedado con cargas opuestas, de tal forma que los electrones que le sobran al globo son los que le faltan a los cabellos (Figura 3.14).

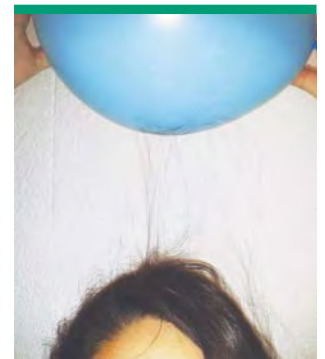


Figura 3.14 La Ley de conservación de la carga eléctrica permite entender por qué el globo frotado logra levantar los cabellos de una persona.

**DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE**

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Identifica y analiza las formas de electrizar cuerpos.

**COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos eléctricos a partir de evidencias científicas.

Relaciona las expresiones simbólicas de la electricidad y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

**EN ACCIÓN**

Resuelve estos problemas y ejercicios.

- 1 ¿Por qué las prendas se pegan entre sí al sacarlas de una secadora de ropa? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 Si dos cuerpos se atraen electrostáticamente, ¿quiere decir que tienen cargas netas opuestas? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 Si dos cuerpos se repelen electrostáticamente, ¿quiere decir que tienen cargas netas iguales? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4 Un cuerpo que en un inicio era neutro, está ganando electrones. ¿Su carga será positiva o negativa? ¿Su masa aumentará o disminuirá? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5 Un cuerpo que en un inicio era neutro, está perdiendo electrones. ¿Su carga será positiva o negativa? ¿Su masa aumentará o disminuirá? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 6 Un electroscopio está cargado negativamente y sus hojas están separadas. ¿Qué pasaría con las hojas del electroscopio si a la perilla del electroscopio:
  - a) se le acercara una barra cargada negativamente cada vez más sin tocarla?
  - b) se le acercara una barra cargada positivamente cada vez más sin tocarla?
 \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Carga eléctrica y la Ley de Coulomb

Dos cuerpos con cargas eléctricas pueden atraerse o repelerse entre ellas. ¿De qué variables depende esa fuerza de atracción?, ¿en qué unidades se expresa la cantidad de carga eléctrica?, ¿cómo cambia la atracción o repulsión entre los cuerpos con cargas conforme se modifica la distancia a la que éstos se encuentran?

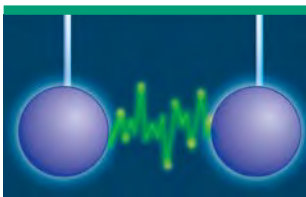


Figura 3.15 La distancia a la que salta la chispa como medida de la carga eléctrica.

Para describir los fenómenos eléctricos de manera numérica, es necesario cuantificar la carga eléctrica. Esto se ha intentado de diferentes formas. Por ejemplo, si un cuerpo se acerca lentamente a una esfera metálica y se desea medir su carga, lo que se debe hacer es calcular la distancia del cuerpo a la esfera en el momento en que salte una chispa entre ellos (Figura 3.15).

Cuanto más grande sea la carga eléctrica del cuerpo, mayor será la distancia a la que salte la chispa. Como esta distancia no sólo depende de la carga almacenada, sino también de la forma del cuerpo cargado, esta manera de medir la carga eléctrica no proporciona resultados confiables.

El descubrimiento fundamental lo hizo **Charles-Augustin Coulomb** (Figura 3.16) midiendo las fuerzas entre los cuerpos cargados.

## Ley de Coulomb

Para medir las fuerzas entre cuerpos cargados, Coulomb usaba una balanza de torsión que él mismo construyó (Figura 3.17). La balanza consistía en un hilo muy fino que podía torcerse. Del hilo colgaba una varilla de madera que en un extremo tenía una esfera metalizada y en el otro un contrapeso que mantenía la varilla en posición horizontal.

Si a la esfera cargada de la varilla se le acerca otra con el mismo tipo de carga, el hilo se tuerce debido a la repulsión entre las esferas, hasta que se establece el equilibrio. Cuando se encuentran en este estado, la fuerza causada por la torsión del hilo, que trata de regresar la varilla a la posición inicial, es igual a la fuerza de repulsión entre las esferas.

Coulomb conocía la relación entre el ángulo de torsión y la intensidad de la fuerza de torsión. Por eso pudo medir, de manera muy precisa, las fuerzas entre las esferas cargadas.

Al repetir el experimento para diferentes distancias entre las esferas cargadas, Coulomb encontró que la fuerza  $F$  es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia  $d$ :

$$F \propto \frac{1}{d^2}$$

Si la distancia entre las esferas se duplica, la fuerza entre ellas se reduce a la cuarta parte. Si la distancia entre las esferas se triplica, la fuerza entre ellas se reduce a la novena parte.

Coulomb también demostró que la fuerza es directamente proporcional al producto de las cargas eléctricas de las esferas. El razonamiento que le llevó a este descubrimiento, en la terminología moderna, sería el siguiente:

Se tienen dos esferas metálicas iguales: una de carga  $q$  y otra neutra. Si la esfera neutra toca a la esfera cargada, la carga inicial  $q$  se dividirá entre las dos esferas. Al final, ambas tendrán la carga  $q/2$ , que es igual a la mitad de la carga de la esfera cargada inicialmente (Figura 3.18).

Si una de estas esferas de carga  $q/2$  toca a otra igual pero sin carga, la carga final de las dos esferas será  $q/4$ . Cambiando la carga en diferentes proporciones, Coulomb pudo investigar cómo la fuerza dependía de la carga.

Supón que 2 esferas cargadas con carga  $q$ , separadas por una cierta distancia  $d$ , se repelen con fuerzas de magnitud  $F$  (Figura 3.19a). Al tocar una de estas esferas con otra igual y neutra, su carga disminuirá a  $q/2$ . Las fuerzas entre la esfera cargada con la carga  $q$  y la que tiene carga  $q/2$ , para la misma distancia  $d$ , ya no serán de magnitud  $F$ , sino  $F/2$ . (Figura 3.19b).



Figura 3.16 Charles-Augustin Coulomb (1736-1806), ingeniero militar y físico francés, fue galardonado por la Academia de Ciencias de París por su artículo sobre las brújulas magnéticas y su trabajo sobre la fricción.

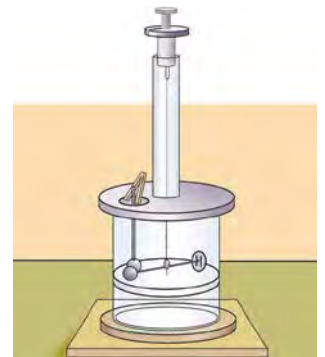


Figura 3.17 Balanza de torsión usada por Coulomb para medir la fuerza entre dos esferas cargadas.



Figura 3.18 Procedimiento de Coulomb para reducir la carga inicial de una esfera a la mitad.

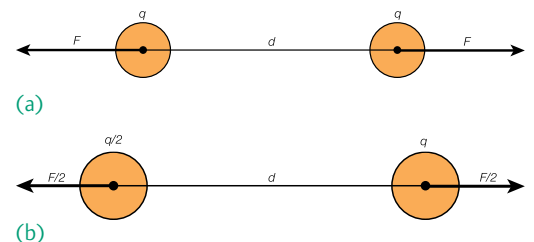


Figura 3.19 (a) Fuerzas entre dos esferas de cargas  $Q$  separadas por una distancia  $d$ . (b) Fuerzas entre dos esferas, una de carga  $Q$  y otra de carga  $Q/2$ , separadas por una distancia  $d$ .

Si la carga de ambas esferas es  $q/2$  para la misma distancia  $d$ , las fuerzas entre ellas tienen magnitud  $F/4$ .

La conclusión es que la intensidad de las fuerzas entre las esferas cargadas, es directamente proporcional al producto de sus cargas:

$$F \propto Q_1 Q_2$$

Al juntar ambas regularidades se obtiene la **Ley de Coulomb**, la cual sostiene lo siguiente:

La intensidad de las fuerzas entre dos esferas cargadas, es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.

De manera simbólica, la Ley de Coulomb se escribe como:

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

Si se introduce la constante de proporcionalidad  $k$ , la fórmula para esta ley se vuelve una igualdad:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

Cabe destacar que la ley es estrictamente válida sólo si la separación entre las esferas es mayor que su radio. A las esferas que cumplen esta condición se les llaman *cargas puntuales*.

## Unidad de carga eléctrica

La unidad de carga del Sistema Internacional es el *coulomb* (o *culombio*) y su símbolo es C. Por razones prácticas, la carga eléctrica no tiene el estatus de una cantidad física fundamental, y en dicho sistema se trata como una cantidad derivada. Como cantidad fundamental para los fenómenos eléctricos, se escogió la intensidad de la corriente eléctrica. Su unidad es el *amperio* (o *ampere*), cuyo símbolo es A.

Un **coulomb** es la suma de las cargas de los electrones que atraviesan, en un segundo, la sección transversal de un conductor cuando la intensidad de la corriente eléctrica es de 1 A.

El valor y la unidad de la constante de proporcionalidad de la Ley de Coulomb son:

$$k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

La unidad de la constante  $k$  se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$[k] = \frac{[F][d^2]}{[q^2]} = \frac{1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}^2}{1 \text{ C}^2} = \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

El valor numérico de la constante implica el valor numérico de las fuerzas de repulsión que deberían surgir entre dos cuerpos cargados con una carga de 1 coulomb si fuera posible colocarlos a la distancia de 1 m.

### EJEMPLO

¿Cuál es la fuerza electrostática entre dos cuerpos cuya carga es de 1 C si están a una distancia de 1 m?

**Solución**

De la Ley de Coulomb se obtiene:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(1 \text{ C})(1 \text{ C})}{(1 \text{ m})^2} = 9 \times 10^9 \text{ N}$$

El valor de la fuerza es impresionante: ¡9 mil millones de newtons! Esto corresponde al peso de un cuerpo cuya masa es aproximadamente de 900 000 toneladas.

Sin embargo, aunque el valor de la constante de proporcionalidad implica de manera formal ese valor de fuerza para la situación planteada, ésta no puede ocurrir en la realidad. Más adelante se detallará por qué es imposible tener, a una distancia de 1 m, dos cuerpos cargados cada uno con 1 coulomb y rodeados de aire.

El valor de la carga mínima detectada en la naturaleza es la carga de un electrón o de un protón:

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Se dice que la carga eléctrica está **cuantizada** precisamente porque esta cantidad física no puede dividirse en fracciones de forma arbitraria. Siempre habrá una cantidad mínima de carga indivisible y esa cantidad será  $e$ .

Para que un cuerpo tenga una carga de  $+1 \text{ C}$ , es necesario quitarle  $6.25 \times 10^{18}$  electrones. Para que tenga una carga de  $-1 \text{ C}$ , hay que sumarle dicho número de electrones. Las cargas que se pueden alcanzar por frotación en los cuerpos comunes, difícilmente son mayores de unos cuantos microcoulombs ( $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ) o nanocoulombs  $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$ .

**EN ACCIÓN**

Resuelve los siguientes problemas y ejercicios sobre la Ley de Coulomb.

- 1 La concentración de cargas en los *diablos de polvo marcianos* (Figura 3.20) es de 1 millón de electrones por centímetro cúbico. ¿A cuánto equivale en coulombs?

- 2 Una afirmación sobre los rayos dice que: “comienza cuando toneladas de cargas negativas se dirigen hacia abajo”. Al tomar en cuenta que la masa de un electrón es, aproximadamente, igual a  $10^{-30} \text{ kg}$ , calcula el número de electrones que deben reunirse para que, juntos, tengan la masa de una tonelada  $10^3 \text{ kg}$ . ¿Cuál sería la carga total de una “tonelada de electrones”? ¿Es posible que en una nube de tormenta se junte una “tonelada de electrones”?

**WEB**

En la actualidad, se sabe que existen partículas con carga fraccionaria llamadas **quarks**. Y que éstos no existen en la naturaleza aisladamente, sino en pequeños grupos que generan partículas con cargas mayores o iguales que  $e$ . Investiga en los siguientes vínculos electrónicos sobre los quarks.

<https://goo.gl/0LBbyD>

<https://goo.gl/i2cZ1q>

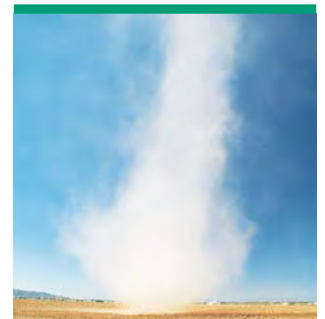


Figura 3.20 Los *diablos de polvo* son minitornaos que se forman en los lugares desérticos. Para los cinéticos fue una gran sorpresa descubrir que dentro de ellos se forma un intenso campo eléctrico, y más aún descubrir que también se forman en Marte.

- 3 El valor más preciso de la masa de un electrón es  $9.11 \times 10^{-31}$  kg. ¿Cuánto aumentaría la masa de un cuerpo que se carga con  $-1$  C de carga?

- 4 Un rayo que cae al suelo deposita una carga de  $-25$  C, ¿cuántos electrones son necesarios para formar esa carga?

La aplicación más común de la Ley de Coulomb es el cálculo de la fuerza electrostática entre dos cuerpos cargados, cuando se conocen las cargas de los cuerpos y la distancia entre sus centros.

### EJEMPLO

Dos pequeñas canicas, cuya carga es de  $+1 \mu\text{C}$  y  $-10 \mu\text{C}$ , están a una distancia  $d = 0.5$  m. ¿Cuáles son las fuerzas electrostáticas entre las canicas?

#### Solución

Las fuerzas entre las canicas son:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2} = \left(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\right) \frac{(10^{-6} \text{ C})(-10 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.5 \text{ m})^2} = -0.36 \text{ N} \approx -0.4 \text{ N}$$

El signo negativo indica que se trata de fuerzas que se atraen. La magnitud de las fuerzas es casi igual a  $0.4$  N. Eso es, aproximadamente, el peso de un chocolate de  $40$  g. Si las fuerzas entre esas dos canicas son, más o menos iguales a  $0.4$  N cuando están a una distancia de  $0.5$  m.

La Ley de Coulomb permite calcular las cargas eléctricas de los cuerpos si se conocen las fuerzas electrostáticas de interacción entre ellos, así como la distancia que los separa. Para eso, basta conocer la fórmula para las cargas que se obtiene al despejar esa cantidad de la fórmula para la fuerza.

### EJEMPLOS

- 1 ¿Qué carga tendrán dos esferas idénticas si éstas tienen la misma carga y a una distancia de  $1$  m se repelen con una fuerza de  $1$  N (Figura 3.21)?

#### Solución

Como las cargas de las esferas son iguales, entonces  $Q_1 = Q_2 = Q$ , por lo que la Ley de Coulomb toma la forma:

$$F = k \frac{Q^2}{d^2}$$

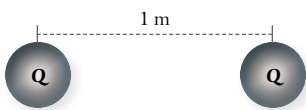


Figura 3.21 Dos esferas iguales que se repelen con una fuerza de  $1$  N y se encuentran separadas por una distancia de  $1$  m.

Si se despeja la carga  $Q$ , se obtiene:

$$Q = \sqrt{\frac{Fd^2}{k}} = d\sqrt{\frac{F}{k}}$$

En este caso la distancia es  $d = 1$  m, y la fuerza es  $F = 1$  N.

A eso corresponde la carga:

$$Q = 1 \text{ m} \sqrt{\frac{1 \text{ N}}{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}}} = \frac{1}{3} \times 10^{-3} \text{ C}$$

Si se conocen las cargas y la magnitud de las fuerzas entre los cuerpos cargados, la Ley de Coulomb permite calcular la distancia entre los centros de los cuerpos. Como en el caso de las cargas, primero hay que despejar la distancia en la fórmula para las fuerzas.

- 2 Dos canicas tienen cargas de  $+0.1 \mu\text{C}$  y  $+0.2 \mu\text{C}$ . Si las fuerzas de repulsión electrostática tienen una magnitud de  $20 \text{ mN}$ , ¿a qué distancia están las canicas?

### Solución

Si se despeja la distancia en la Ley de Coulomb, se obtiene:

$$d = \sqrt{k \frac{Q_1 Q_2}{F}} = \sqrt{\left(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\right) \frac{(0.1 \times 10^{-6} \text{ C})(0.2 \times 10^{-6} \text{ C})}{20 \times 10^{-3} \text{ N}}} = 0.095 \text{ m}$$

La distancia es casi de  $10 \text{ cm}$  en la que las canicas se repelen con una fuerza de  $20 \text{ mN}$ , aproximadamente igual al peso de un cuerpo cuya masa es de  $2 \text{ g}$ .

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En equipos de tres personas resuelvan los siguientes cuestionamientos y problemas relacionados con la Ley de Coulomb.

- La fuerza de repulsión entre dos pequeñas esferas cargadas, cuando están a una distancia de  $1 \text{ m}$ , es de  $4 \text{ N}$ . Si la distancia entre las esferas aumenta hasta  $2 \text{ m}$ , la fuerza de repulsión entre ellas será de:
  - $8 \text{ N}$ .
  - $5 \text{ N}$ .
  - $3 \text{ N}$ .
  - $1 \text{ N}$ .
- Si la distancia entre las mismas esferas del inciso anterior se reduce a  $0.5 \text{ m}$ , la fuerza de repulsión será de:
  - $2 \text{ N}$ .
  - $10 \text{ N}$ .
  - $16 \text{ N}$ .
  - $20 \text{ N}$ .
- Dos esferas tienen cargas de  $+10 \mu\text{C}$  y  $+6 \mu\text{C}$ , y sus centros están a una distancia de  $1 \text{ m}$  (Figura 3.22).
  - ¿Cuál es la magnitud de las fuerzas electrostáticas entre esas dos esferas?

- ¿Son fuerzas de atracción o de repulsión?

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

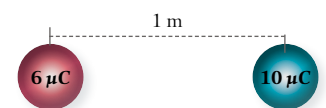


Figura 3.22 ¿Cuál es la fuerza con que se repelen dos esferas cargadas y separadas por una distancia de  $1 \text{ m}$ ?

- c) ¿Cuántas veces disminuiría la magnitud de las fuerzas electrostáticas si la distancia entre las esferas aumentara hasta 3 m?

- 4 Dos esferas tienen cargas iguales y sus centros se encuentran a una distancia  $d = 0.3$  m.

- a) Si la fuerza de repulsión electrostática entre las esferas es  $F = 9$  milinewtons ( $1 \text{ mN} = 10^{-3} \text{ N}$ ), ¿cuál es la carga eléctrica de las esferas?

- b) Si la distancia entre las esferas aumentara 3 veces (es decir, 0.9 m), ¿cuál sería el valor de la fuerza entre ellas?

- 5 Dos esferas tienen cargas de  $+3 \mu\text{C}$  y  $+6 \mu\text{C}$ . ¿A qué distancia las fuerzas de repulsión tendrían una magnitud de 0.9 N entre sus centros?

- 6 Al frotar una esfera de vidrio contra una otra de plástico, la de vidrio se carga con  $+60$  picocoulombs, mientras que la de plástico con  $-60$  picocoulombs. Si las esferas se separan hasta una distancia de 0.20 m, ¿cuál sería la intensidad de las fuerzas atractivas entre ellas?

- 7 Dos esferas de plástico tienen cargas opuestas, pero de igual magnitud. Cuando están separadas por una distancia de 0.18 m, sus fuerzas atractivas tienen una magnitud de 0.3 N. ¿Cuál es la magnitud de la carga de las esferas? ¿Cuántos electrones sobran en una y faltan en otra?

- 8 Dos esferas están cargadas con 2 mC y 4 mC. ¿Cuál debe ser la separación entre sus centros para que la fuerza electrostática de repulsión sea de 1 mN?

- 9 Dos pequeñas partículas de plástico tienen masa de 50 microgramos y están a una distancia de 1 mm. ¿Cuánta carga eléctrica deberían tener para que su atracción eléctrica sea igual a su peso? Para el factor de peso consideren  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

## Campo eléctrico

Las fuerzas de atracción o repulsión entre cargas eléctricas dependen del campo eléctrico. Sin embargo, ¿qué es un campo eléctrico?, ¿cómo funciona?, ¿de qué manera puede representarse un campo eléctrico?

Según la Ley de Coulomb, las fuerzas electrostáticas son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre los cuerpos cargados. Al suponer que dos cuerpos cargados están a una gran distancia y se cambia rápidamente la posición de uno de los cuerpos, ¿el otro cuerpo sentiría de inmediato el cambio en la fuerza que ejerce sobre él el que fue movido?

Según la fórmula para la fuerza, el cambio se sentiría de inmediato porque la modificación de la distancia implica la variación de la fuerza. Esto significaría que la acción eléctrica entre los cuerpos se propagaría a una velocidad infinita. Como esta idea no es aceptable, fue necesario elaborar una visión más adecuada de la interacción eléctrica: ésta, entre los cuerpos cargados, se realiza a través del *campo eléctrico*.

El **campo eléctrico** es el medio material que rodea los cuerpos cargados y hace posible su interacción con otros que también lo están.

Los cuerpos cargados no interactúan a distancia, sino mediante sus campos eléctricos. Cada cuerpo cargado está acompañado por su campo eléctrico, que es lo que actúa sobre otros cargados que se le acercan. Si la fuente del campo eléctrico cambia su posición, un cuerpo alejado no siente el cambio sino hasta que se modifica el campo eléctrico en la posición en que se encuentra el cuerpo alejado. Los cambios del campo eléctrico se propagan a la velocidad de la luz. Esa velocidad, de 300 000 km/s, es muy grande, pero no es infinita.

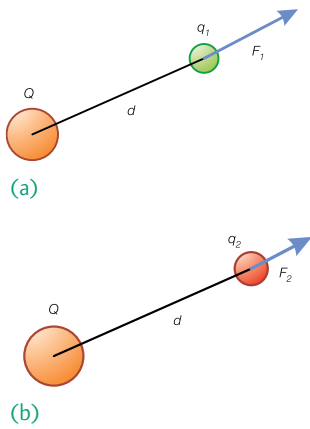


Figura 3.23 (a) Fuerza  $F_1$  que el campo eléctrico ejerce sobre un cuerpo de carga  $q_1$ . (b) Fuerza  $F_2$  que el campo eléctrico ejerce sobre un cuerpo de carga  $q_2$ .

La fuerza que ejerce el campo eléctrico sobre los cuerpos cargados, no lo caracteriza bien. Supongamos que la fuente del campo eléctrico es una pequeña esfera de carga  $Q$ . Al colocar dos pequeñas esferas de cargas  $q_1$  y  $q_2$ , una después de otra, en algún punto de su campo eléctrico, se medirán las fuerzas correspondientes  $F_1$  (Figura 3.23a) y  $F_2$  (Figura 3.23b) que ejerce el campo.

Según la Ley de Coulomb, las intensidades de esas fuerzas son diferentes:

$$F_1 = k \frac{Qq_1}{d^2}$$

$$F_2 = k \frac{Qq_2}{d^2}$$

Sin embargo, el cociente entre la fuerza y la carga es igual en ambos casos:

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = k \frac{Q}{d^2}$$

Por lo anterior, esta cantidad se elige como la que caracteriza al campo eléctrico y se llama *intensidad del campo eléctrico*.

La **intensidad del campo eléctrico** en un punto, es igual al cociente entre la fuerza que ejerce el campo sobre un cuerpo cargado y la carga del cuerpo.

Si en un punto el campo eléctrico ejerce una fuerza  $F$  sobre un cuerpo de carga  $q$ , la intensidad del campo eléctrico en tal punto es:

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

La unidad de medida de la intensidad del campo eléctrico es:

$$[E] = \frac{[F]}{[q]} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ C}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

La intensidad del campo eléctrico puede usarse para encontrar la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas. La fuerza  $F$  que ejerce el campo eléctrico sobre un cuerpo de carga  $q$  ubicado en un punto donde el campo tiene intensidad  $E$ , es igual a:

$$F = qE$$

### EJEMPLO

¿Cuál es la fuerza que ejerce un campo eléctrico sobre un cuerpo de carga  $q = 10 \mu\text{C}$  ( $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ) ubicado en un punto donde la intensidad del campo es  $E = 1000 \text{ N/C}$ ?

#### Solución

La fuerza que ejerce el campo eléctrico es:

$$F = qE = (10 \times 10^{-6} \text{ C}) \left( 1000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \right) = 10^{-2} \text{ N} = 10 \text{ mN}$$

La fuerza es de 10 milinewtons (10 mN). Ésta es aproximadamente igual al peso de un cuerpo cuya masa es de 1 g.

## EN ACCIÓN

Resuelve los siguientes problemas:

- 1 En un punto del campo eléctrico se colocó una carga de prueba  $q = 2 \mu\text{C}$ . La fuerza que ejerce el campo eléctrico sobre esa carga es  $F = 1 \text{ mN}$ .

a) ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico en ese punto?

b) Si la fuerza del campo eléctrico fuera  $F = 4 \text{ mN}$ , ¿cuál sería la intensidad del campo eléctrico?

- 2 ¿Cuál sería la fuerza que ejerce un campo eléctrico de  $850 \text{ N/C}$  sobre una carga de  $5 \mu\text{C}$  ubicada a  $1 \text{ cm}$  de la fuente?

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

## Líneas del campo eléctrico

La intensidad del campo eléctrico es una cantidad vectorial. En cada punto, su dirección y sentido coinciden con las correspondientes a la fuerza que el campo eléctrico ejerce sobre una carga de prueba positiva. Su magnitud se obtiene al dividir la magnitud de la fuerza entre la cantidad de carga de la carga de prueba.

Otra manera de representar el campo eléctrico es mediante *líneas de campo*.

Las **líneas de campo** son líneas para las que la dirección de la tangente, en cada punto de la línea, coincide con la dirección de la intensidad del campo eléctrico en ese punto.

El sentido de la línea de campo coincide con el del vector de la intensidad del campo eléctrico. De esa manera, las líneas de campo tienen el sentido del movimiento de una carga de prueba positiva que se alejaría de un cuerpo cargado también de manera positiva y se acercaría a un cuerpo cargado negativamente. Se dice, metafóricamente

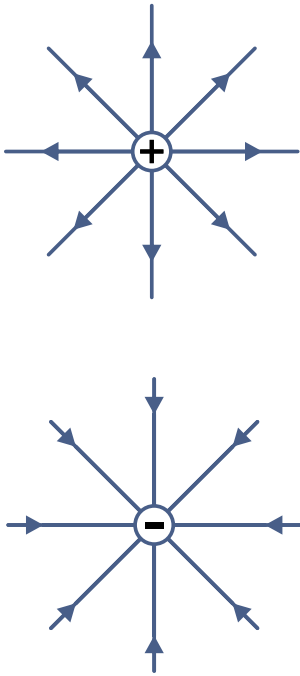


Figura 3.24 Las líneas de campo de dos pequeñas esferas aisladas: una de carga positiva (izquierda) y otra de carga negativa (derecha).

#### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

hablando, que las líneas de campo “salen” de los cuerpos cargados positivamente y “entran” en los cuerpos cargados de forma negativa.

Cuando se trata de un campo eléctrico creado por un solo cuerpo cargado, el patrón de las líneas de campo es sencillo (Figura 3.24).

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Consulta fuentes electrónicas e impresas referentes a las líneas del campo eléctrico. Usa la información recopilada para dibujar las líneas de los campos eléctricos formados por los siguientes elementos:

- 1 Dos cargas puntuales positivas.

- 2 Dos cargas puntuales negativas.

- 3 Dos cargas puntuales: una positiva y una negativa.

- 4 Dos cargas diferentes que no son puntuales.

## El campo eléctrico terrestre

La Tierra no sólo posee un campo magnético, sino también un campo eléctrico. Dicho campo se presenta en todo el mundo los días en que el cielo está despejado, por lo que se le podría llamar el “campo eléctrico del cielo azul” (Figura 3.25).

Las líneas de campo son perpendiculares a la superficie terrestre y están dirigidas hacia abajo. Eso quiere decir que, cuando la superficie de la Tierra está cubierta por un cielo azul, ésta se encuentra cargada de manera negativa y, por tanto, tiene un exceso de electrones.

La intensidad de este campo eléctrico está entre  $-100 \text{ N/C}$  y  $-150 \text{ N/C}$ .

La intensidad del campo eléctrico en la superficie de una esfera de carga  $Q$  y radio  $R$  es:

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

Esta fórmula es lo que se necesita para estimar el valor de la carga eléctrica que tiene la Tierra.

Para estimar el valor de la carga eléctrica de la Tierra, se supone que ésta es una esfera conductora perfecta. Si se despeja la carga en la fórmula para la intensidad del campo eléctrico de una esfera cargada, se obtiene:

$$Q = \frac{ER^2}{k} = \frac{-100 \frac{\text{N}}{\text{C}} (6.37 \times 10^6 \text{ m})^2}{9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}} = -4.5 \times 10^5 \text{ C}$$

La carga eléctrica de la Tierra es de  $-450000$  coulombs. A primera vista parece grande; sin embargo, hay que tomar en cuenta que la superficie de la Tierra también lo es.

Si se divide la carga entre el área de la superficie terrestre, se obtiene una densidad superficial de carga aproximadamente de  $1 \text{ nC/m}^2$ .

Cuando hay nubes de tormenta, el campo eléctrico cerca de la superficie terrestre cambia de manera drástica, tanto en sentido como en intensidad. El suelo adquiere una gran carga positiva, pues los electrones “huyen” de la zona cubierta por las nubes de tormenta, y la intensidad del campo aumenta considerablemente (Figura 3.26). En muchos lugares, como en los campos de centros de lanzamiento de naves espaciales, por ejemplo, se hace un monitoreo de la intensidad del campo terrestre. Esa información es crucial para determinar la probabilidad de que caigan rayos en la zona. El campo terrestre puede ser tan intenso que el aire circundante se ionice y produzca un rayo.

En condiciones normales el aire no es un conductor eléctrico; sin embargo, cuando está expuesto a un campo eléctrico de gran intensidad, la situación cambia, sus moléculas neutras se rompen en fragmentos que son partículas cargadas y se vuelve un conductor eléctrico. El movimiento de estas partículas cargadas calienta el aire y éste se vuelve luminoso, y se logra observar una chispa eléctrica. Dependiendo de las condiciones, las chispas llegan a ser espectaculares.

Para que salten chispas de un cuerpo cargado rodeado de aire, la intensidad de su campo eléctrico tiene que alcanzar, cuando menos, el valor crítico  $E_c$ :

$$E_c = 3 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Este valor crítico estima el tamaño de una esfera capaz de almacenar una carga de 1 coulomb.

Para almacenar una carga de 1 coulomb sin que salten chispas, la esfera metálica debe tener un radio *mayor* que un radio crítico  $R_c$ . Si el radio fuera igual al radio crítico,



Figura 3.25 Cuando el cielo está despejado, se detecta un campo eléctrico en la superficie terrestre.

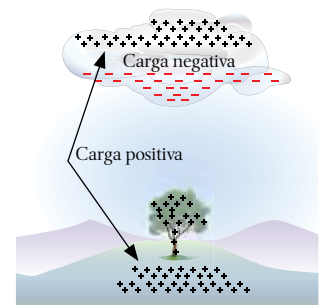


Figura 3.26 Durante una tormenta eléctrica, el suelo adquiere carga positiva mientras que las nubes se polarizan y se cargan negativamente en su zona inferior, y de manera positiva en su zona superior.

la intensidad del campo eléctrico en la superficie sería igual a la intensidad crítica que haría que el aire alrededor de la esfera se volviera conductor y produciría chispas.

### EJEMPLO

¿Cuál es el radio crítico para las esferas metálicas?

#### Solución

Al despejar el radio de la esfera en la fórmula para la intensidad del campo eléctrico en la superficie, se obtiene:

$$R = \sqrt{k \frac{Q}{E}}$$

Entonces, la relación entre el radio crítico  $R_c$  y la intensidad crítica del campo  $E_c$  es:

$$R = \sqrt{k \frac{Q}{E_c}} = \sqrt{\left(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\right) \frac{1 \text{ C}}{3 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}}} = 54.7 \text{ m} \approx 55 \text{ m}$$

Para almacenar 1 C de carga eléctrica, una esfera metálica debería tener un diámetro mayor de 110 m, su altura sería comparable con la de un rascacielos de 40 pisos y su anchura con la longitud de una cancha de fútbol. Esto da una idea del tamaño de una carga de 1 coulomb. Por eso, es irreal suponer que dos cuerpos cargados con 1 coulomb estén a una distancia de 1 m.

Para que salten chispas no se necesitan grandes cantidades de carga, sino que la intensidad del campo eléctrico sobrepase el valor crítico de 3 millones de N/C. Una esfera de radio igual a 5.5 cm, al ser cargada con 1 microcoulomb ( $10^{-6}$  C), ioniza el aire que la rodea y se descarga.

Para que ocurran descargas cuando se tienen cargas pequeñas, éstas deben concentrarse en áreas chicas para que alcancen la intensidad crítica del campo eléctrico.

## Energía potencial eléctrica y potencial eléctrico

El término de *energía eléctrica* se refiere, por lo general, a la energía que se utiliza para encender diversos aparatos eléctricos. Sin embargo, ¿qué es la energía eléctrica? ¿Cuál es la diferencia entre el potencial eléctrico y el voltaje?

La intensidad del campo eléctrico es una descripción basada en la fuerza que ejerce sobre los cuerpos cargados. Una posibilidad complementaria sería describir el campo a partir del concepto de *energía*.

Imaginemos dos esferas cargadas de manera positiva y alejadas una de la otra. Una esfera es fija y la otra móvil (está montada en una pequeña carreta, por ejemplo). Al principio, costaría trabajo acercar un poco la esfera móvil a la fija (Figura 3.27a), porque la fuerza de repulsión entre esferas alejadas es despreciable. Esto cambia cuando están cerca (Figura 3.27b). Al ya no sostener la esfera móvil, ésta se alejaría de la esfera fija (Figura 3.27c).

Al acercar la esfera móvil hacia la fija, en contra de la acción del campo eléctrico, la primera adquiere *energía potencial eléctrica*.

La **energía potencial eléctrica** de un cuerpo cargado que se encuentra en un punto de un campo eléctrico, es igual al trabajo realizado en contra de la acción del campo eléctrico para poner el cuerpo en ese punto.

La energía potencial eléctrica se mide en joules. Al alejarse, la esfera móvil gana energía cinética y pierde energía potencial eléctrica. Se dice que la energía potencial eléctrica se transforma en cinética. Así como la fuerza electrostática entre las esferas depende de las cargas eléctricas de ambas, también depende la energía potencial eléctrica.

Si se quiere tener una cantidad relacionada con la energía que describa un campo eléctrico, ésta debe tener el mismo valor sin que importe la carga del cuerpo que se mueve en el campo eléctrico. Con este fin se introduce una nueva cantidad física: el *potencial eléctrico*.

El **potencial eléctrico** es la energía potencial eléctrica por unidad de carga eléctrica.

Si la energía potencial eléctrica de un cuerpo de carga  $q$  en un punto es  $E_{pe}$ , el potencial eléctrico en ese punto es:

$$V = \frac{E_{pe}}{q}$$

La unidad del potencial eléctrico es la energía potencial eléctrica dividida entre la unidad de carga:

$$[V] = \frac{[E_{pe}]}{[q]} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$$

En honor a **Alessandro Volta**, el inventor de la batería eléctrica, esta unidad, la cual forma parte del Sistema Internacional (SI), recibe el nombre de *voltio* (o *volt*), su símbolo es V:

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

El potencial eléctrico en un punto del campo eléctrico es igual a 1 V si al mover un pequeño cuerpo de 1 C de carga desde el infinito hasta el punto en cuestión en contra de la fuerza del campo eléctrico, se realiza un trabajo de 1 J.

## Diferencia de potencial eléctrico

Vamos a suponer que nos interesa el trabajo realizado al mover una esfera móvil de carga  $q$  desde un punto 1 hasta un punto 2, en contra del campo eléctrico formado por una esfera fija de carga  $Q$ . En esos puntos la esfera de carga  $Q$  tiene energías potenciales eléctricas  $E_{pe1}$  y  $E_{pe2}$  (Figura 3.28). Al empujar la esfera móvil desde el infinito, primero se llega al punto 2. Para acercarse más y llevarla hasta el punto 1 se realiza un trabajo adicional. Entonces, en el punto 1, que está más cerca de la esfera de carga  $Q$ , la energía potencial eléctrica de la esfera móvil es más grande que en el punto 2 (esto será cierto sólo cuando  $Q$  y  $q$  sean del mismo signo).

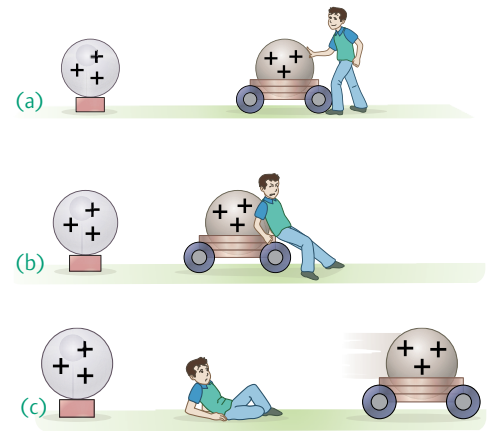


Figura 3.27 (a) Cuando una esfera móvil está lejos de una fija, no cuesta trabajo acercarla. En cambio, (b) si las esferas están cerca una de la otra, cuesta trabajo acercarla aún más a la fija; por ello (c), al dejar de sostener la esfera móvil, ésta se alejaría de la fija.

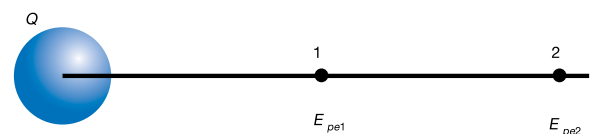


Figura 3.28 Posiciones en las que la esfera de carga  $q$  tiene energías potenciales  $E_{pe1}$  y  $E_{pe2}$ .

El trabajo realizado hasta el punto 2 es  $E_{pe2}$  y hasta el punto 1 es  $E_{pe1}$ . De tal forma que el trabajo realizado para ir desde 2 hasta 1 es:

$$T_{21} = E_{pe1} - E_{pe2}$$

Por definición, el potencial eléctrico en el punto 1 es:

$$V_1 = \frac{E_{pe1}}{q}$$

y en el punto 2 es:

$$V_2 = \frac{E_{pe2}}{q}$$

Entonces, las energías potenciales eléctricas pueden expresarse mediante el potencial eléctrico como:

$$E_{pe1} = qV_1$$

y

$$E_{pe2} = qV_2$$

Al insertar estas expresiones en la fórmula para el trabajo, queda lo siguiente:

$$T_{21} = E_{pe1} - E_{pe2} = qV_1 - qV_2 = q(V_1 - V_2) = qU$$

donde la cantidad  $U = V_1 - V_2$  se llama *diferencia de potencial*.

En términos de la diferencia de potencial, la fórmula para el trabajo es:

$$T_{21} = qU$$

Al despejar la diferencia de potencial, se obtiene:

$$U = \frac{T_{21}}{q}$$

Esta fórmula permite confeccionar una definición de la *diferencia de potencial*.

La **diferencia de potencial** entre dos puntos en un campo eléctrico es igual al cociente entre el trabajo realizado para mover un cuerpo de carga  $q$  de un punto al otro y el valor de la carga.

La diferencia de potencial se mide en voltios y por eso, a veces, se le llama *voltaje*. En la vieja terminología se le conocía como *tensión eléctrica*.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

- 1 Consulten fuentes impresas o electrónicas confiables e investiguen acerca de los conceptos de *energía potencial eléctrica*, *potencial eléctrico* y *voltaje*. Completen la tabla que se muestra a continuación con la definición de cada concepto, así como con ejemplos de su utilización en la vida cotidiana.

CONCEPTO	DEFINICIÓN	APLICACIÓN EN LA VIDA COTIDIANA
Energía potencial eléctrica.		
Potencial eléctrico.		
Voltaje.		

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

## EJEMPLOS

- 1 La batería de un automóvil tiene un voltaje  $U = 12 \text{ V}$ . Para cargarla completamente es necesario mover una carga  $q = 288\,000 \text{ C}$ , desde el polo negativo hasta el positivo. ¿Cuál es el trabajo eléctrico que se tiene que realizar para cargar la batería?

## Solución

El trabajo realizado es:

$$T = qU = 288\,000 \text{ C} \cdot 12 \text{ V} = 3\,456\,000 \text{ J}$$

El trabajo es igual a casi 3.5 millones de joules. Con ese trabajo se podría levantar un automóvil de una tonelada hasta una altura de 350 m.

El potencial eléctrico en la superficie de una esfera cargada está determinado por la carga  $Q$  y el radio  $R$ :

$$V = k \frac{Q}{R}$$

En los cálculos de potencial eléctrico es práctico usar otra unidad para la constante  $k$ :

$$1 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{C}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{Vm}}{\text{C}}$$

- 2 Un generador tipo van de Graaff (Figura 3.29) genera un potencial eléctrico de 390 000 voltios y su esfera colectora tiene un diámetro de 25 cm.

- a) ¿Cuánta carga se colecta en la esfera?  
b) ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico?

## Solución

- a) Al despejar la carga en la fórmula para el potencial eléctrico de una esfera cargada, se obtiene:

$$Q = \frac{VR}{k} = \frac{390\,000 \text{ V} \cdot 0.125 \text{ m}}{9 \times 10^9 \frac{\text{Vm}}{\text{C}}} = 5.42 \times 10^{-6} \text{ C} = 5.42 \mu\text{C}$$

- b) La intensidad del campo eléctrico en la superficie de la esfera es:

$$E = k \frac{Q}{R^2} = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{5.42 \times 10^{-6}}{(0.125 \text{ m})^2} = 3\,122\,000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \approx 3.1 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Aunque un potencial de 390 000 voltios es muy grande, la carga eléctrica acumulada en la esfera es sólo de 5.42 microcoulombs. La intensidad del campo eléctrico en la superficie de la esfera, es mayor que la intensidad del campo eléctrico que ioniza el aire ( $3 \times 10^6 \text{ N/C}$ ). Por eso, saltan chispas de la esfera a este nivel de potencial, que llegan hasta a una distancia de 35 cm.

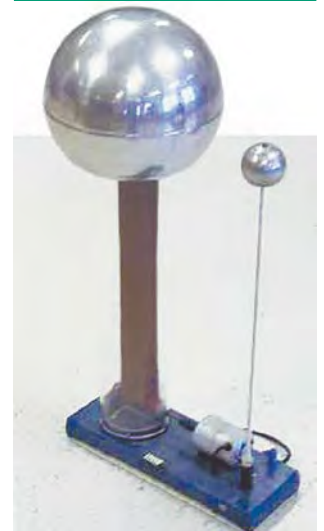


Figura 3.29 Generador van de Graaff.

## EN ACCIÓN

Resuelve los siguientes problemas:

- 1 Una batería opera a un voltaje  $U = 4.5 \text{ V}$ . Para cargarla por completo se realizó un trabajo eléctrico de 88 290 J. ¿Qué carga se tuvo que mover del polo negativo al positivo?

## DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

**COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

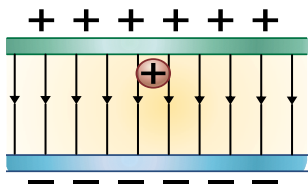


Figura 3.30 Una partícula de carga positiva colocada cerca de la placa positiva.

2 Un modelo del globo terráqueo con un diámetro de 18 cm se cargará a  $Q = 1 \mu\text{C}$ .

a) ¿Cuál sería su potencial eléctrico?

b) ¿Cuál sería su potencial si se cargara con  $0.5 \mu\text{C}$ ?

## Diferencia de potencial en un campo eléctrico uniforme

Un campo eléctrico uniforme tiene la misma intensidad en todos los puntos. Se forma entre dos placas metálicas con cargas de signo opuesto. Imaginemos una partícula de carga positiva que se encuentra cerca de la placa positiva (Figura 3.30).

Si la dejamos moverse con libertad, lo hace hacia la placa negativa. Entonces, cerca de la placa positiva la partícula del mismo signo tendrá una energía potencial eléctrica y un potencial eléctrico. Para que alcance esa energía potencial habría que realizarse un trabajo para poner la partícula positiva en el punto cercano a la placa positiva.

En ese proceso se tuvo que vencer la fuerza atractiva de la placa negativa y la fuerza repulsiva de la placa positiva.

El trabajo realizado es la energía potencial de la partícula, que puede expresarse en términos de la distancia de la partícula a la placa positiva. Al dividir esta energía potencial eléctrica entre la carga de la partícula, se obtiene el potencial eléctrico en términos de la distancia a la misma placa. Si la intensidad del campo eléctrico es  $E$  y la carga eléctrica de la partícula es  $q$ , la fuerza que ejerce el campo sobre la partícula es:

$$F = qE$$

Como el campo eléctrico tiene la misma intensidad en todos los puntos, la fuerza es constante y es fácil calcular el trabajo. Si la distancia entre las placas es  $d$ , el trabajo que se realiza al mover la partícula de la placa negativa a la positiva, venciendo la fuerza del campo eléctrico, es:

$$T = Fd = qEd$$

Este trabajo es igual al producto de la carga de la partícula y la diferencia de potencial eléctrico de las placas:

$$T = qU$$

Al igualar las dos expresiones para el trabajo, se obtiene:

$$qEd = qU$$

Si se despeja la intensidad del campo eléctrico, se obtiene:

$$E = \frac{U}{d}$$

Esta fórmula permite introducir otra unidad para la intensidad del campo eléctrico equivalente a 1 N/C:

$$[E] = \frac{[U]}{[d]} = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ m}} = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

**EJEMPLO**

La diferencia de potencial entre dos placas metálicas de cargas opuestas es  $U = 12\,000\text{ V}$ . Si hay aire entre las placas, ¿hasta qué distancia deben acercarse para que comiencen a saltar chispas entre ellas? La intensidad del campo eléctrico a la que el aire se vuelve conductor es  $E = 3 \times 10^6\text{ V/m}$ .

**Solución**

Si se despeja la distancia entre las placas de la fórmula para la intensidad del campo eléctrico y se considera que  $1\text{ V} = 1\text{ J/C}$ , se obtiene:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{12\,000\text{ V}}{3\,000\,000\frac{\text{V}}{\text{m}}} = 0.004\text{ m}$$

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

En equipos resuelvan los siguientes problemas y ejercicios sobre el campo eléctrico, la energía potencial eléctrica, el potencial eléctrico y voltaje.

- 1 Si en un punto el campo eléctrico ejerce una fuerza de  $0.001\text{ N}$  sobre una pequeña esfera con carga de  $0.000\,001\text{ C}$ , ¿cuál es la intensidad del campo eléctrico en ese punto?

- 2 En un punto el campo eléctrico tiene una intensidad de  $3\,000\text{ N/C}$ . ¿Qué fuerza ejercerá el campo en ese punto sobre una carga de prueba de  $0.001\text{ C}$ ?

- 3 Al mover un cuerpo de carga  $q = 10^{-6}\text{ C}$  entre dos puntos en un campo eléctrico, se realiza un trabajo  $T = 2 \times 10^{-3}$ . ¿Cuál es la diferencia de potencial entre esos dos puntos?

- 4 En la caída de un rayo se consumieron  $4\,000\,000\text{ J}$  de energía para pasar una carga de  $4\text{ C}$  de la nube al suelo. ¿Cuál era la diferencia de potencial entre la nube y el suelo (Figura 3.31)?

**DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE**

Define conceptos básicos relacionados con la electricidad.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.



Figura 3.31 Un rayo consume  $4\,000\,000\text{ J}$  de energía.

- 5 ¿Cuál debería ser la carga de un globo, cuyo radio es de 0.1 m, para que el potencial eléctrico del globo sea de 5 000 voltios? Consideren que la carga está igualmente distribuida sobre el globo.

- 6 La altura de una electrosfera es de 60 km. La diferencia de potencial entre la electrosfera y la superficie terrestre es de 300 kV. ¿Cuál es el valor promedio de la intensidad del campo eléctrico de la atmosfera?

- 7 La diferencia de potencial entre una nube y la superficie terrestre es  $U = 10^8$  V. Para que ocurra una descarga eléctrica en el aire húmedo, el campo eléctrico debe ser de  $10^5$  V/m. ¿A qué altura debe estar la parte inferior de una nube para que comiencen a caer los rayos?

- 8 En una esfera metálica, cuyo radio es de 0.15 m, se pueden depositar  $7.5 \mu\text{C}$  antes de que comiencen a saltar chispas debido a la ionización del aire. ¿Cuál es la intensidad del campo que puede soportar el aire en esas condiciones?

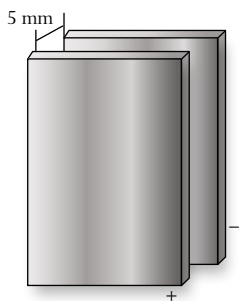


Figura 3.32 Placas metálicas cargadas eléctricamente y separadas por 5 mm de distancia.

- 9 Dos placas metálicas tienen cargas eléctricas opuestas y hay aire entre ellas. Cuando las placas están a una distancia  $d = 5$  mm, comienzan a saltar chispas. Si la intensidad del campo eléctrico que rompe las moléculas del aire es de 3 000 V/mm, ¿cuál es el voltaje entre las placas (Figura 3.32)?

- 10 En la atmosfera de Marte el campo eléctrico crítico es de sólo 20 kV/m. ¿Cuántos electrones debe almacenar una partícula cuyo radio es de 1 micrón ( $10^{-6}$  m), para que en su superficie se tenga la intensidad crítica del campo eléctrico?

## Fenómenos electrostáticos: los peligrosos rayos

El fenómeno electrostático más conocido y, a la vez, más peligroso para los seres humanos es el rayo. En Estados Unidos, a causa de ellos mueren entre 75 y 100 personas cada año, y se producen 10 000 incendios forestales que ocasionan daños valuados en hasta 100 millones de dólares.

Aunque no se conocen todos los detalles sobre cómo se cargan las nubes de tormenta, está establecido que la parte inferior de la nube se carga negativamente y la superior, de manera positiva. Pueden ocurrir descargas eléctricas dentro de la misma nube, entre una nube y otra, y entre una nube y el suelo. Esta última descarga es la más importante, pues es la más peligrosa para los seres.

Cuando la concentración de las cargas negativas en la parte inferior de la nube es lo suficientemente grande, el aire a su alrededor se comienza a ionizar. Por la repulsión entre ellos, los electrones se aceleran y al chocar con las moléculas del aire las ionizan y liberan nuevos electrones. Éstos, junto con los electrones que causaron la ionización inicial, ionizan más moléculas y el proceso toma la forma de una “avalancha” de ionización que se mueve hacia abajo denominada *líder escalonado descendente*. Su trayectoria es muy irregular debido a las ramificaciones de la ionización (Figura 3.33a)

Cuando el líder descendente de carga negativa se acerca a la superficie terrestre, repele, por inducción electrostática, los electrones y aumenta aún más la carga positiva del suelo. Todas las partes terminadas en punta, como árboles o puntos altos de casas y edificios, llegan a tener una gran concentración de cargas positivas, lo que ocasiona un rompimiento masivo de las moléculas del aire y la creación de una corriente de iones positivos que tratan de alejarse de las puntas positivas. Se forma, entonces, un líder ascendente de carga positiva (Figura 3.33b).

Es muy probable, pero no seguro, que el líder descendente negativo se conecte con el ascendente positivo proveniente de la parte en punta más alta. Cuando ocurre esta conexión (Figura 3.33c), se abre un camino eléctrico desde la base de la nube hasta el suelo y comienza una descarga rápida. Dentro del canal conductivo, la temperatura aumenta casi hasta 30 000°C, lo que es 5 veces mayor que la temperatura en la superficie del Sol. De tal forma que ésta es la fase más brillante de un rayo. La expansión explosiva del aire caliente produce la onda sonora que llamamos *trueno*.

Los pararrayos son la protección más común para las casas y edificios contra los daños que ocasionan los rayos (Figura 3.34).

Un *pararrayos* tiene tres partes básicas: una barra conductora con un extremo puntiagudo, un cable y una placa masiva enterrada en el suelo. Cuando hay una nube de tormenta sobre el pararrayos, en el extremo puntiagudo se forma el líder ascendente. Si éste se conecta con el descendente, la descarga se realizará a través del cable hasta la placa masiva enterrada en el suelo.

Esa “descarga controlada” protege la casa de los daños que ocurren cuando un rayo cae sobre ella. Si esto último ocurre, el rayo destruye por completo la instalación eléctrica y todos los aparatos conectados a la luz. Las altas temperaturas desarrolladas causarían un incendio.

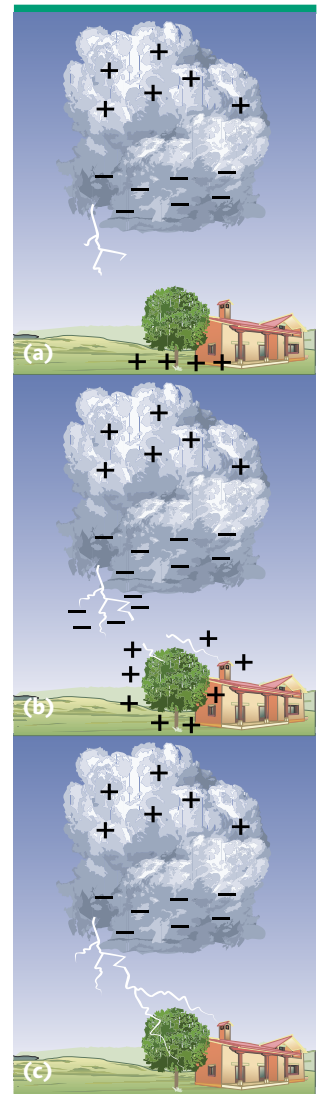


Figura 3.33 (a) Formación del líder descendente de carga negativa. (b) Formación de los líderes ascendentes de carga positiva. (c) Formación del canal conductivo entre la nube y el suelo.

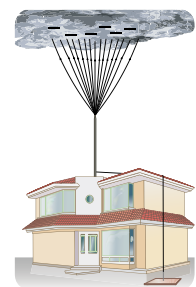


Figura 3.34 Esquema simplificado de un pararrayos.



Figura 3.35 Al limpiar un barco petrolero se corre el riesgo de causar incendios y explosiones.



Figura 3.36 Suministrar combustible a un avión puede desencadenar un peligro potencial de explosión.

## CONEXIONES

### Los peligros de la triboelectricidad

La triboelectricidad es el fenómeno en el que dos cuerpos se cargan eléctricamente debido al frotamiento. En algunas ocasiones, esa carga eléctrica puede ser tan intensa que se produce una chispa entre una región positiva y una negativa.

Las chispas producidas por triboelectricidad han provocado gran cantidad de accidentes en lugares donde se manejan materiales inflamables. En las décadas de 1950 y 1960, durante el proceso de limpieza de los tanques de almacenamiento de los barcos petroleros, se utilizaban chorros de agua de alta presión que generaban carga eléctrica en las mangueras debido al rápido paso del líquido. Las chispas generadas por la descarga causaban explosiones (Figura 3.35).

Con más conocimientos sobre la triboelectricidad es posible prevenir desastres. Por ejemplo, cuando los aviones cargan combustible, se utilizan bombas que aceleran el flujo del queroseno a través de las mangueras y por tanto generan en éstas una carga eléctrica. Así, para evitar una chispa, el avión y la cisterna se conectan con un cable conductor de modo que la carga eléctrica se neutralice (Figura 3.36).

Investiga un poco más sobre el efecto triboeléctrico y elabora un resumen en donde describas otros riesgos producidos por este fenómeno. Asimismo, investiga qué es la serie triboeléctrica y qué uso se le puede dar en la prevención de accidentes.

### WEB

El trabajo dentro de una oficina a veces requiere que se hagan copias de diferentes documentos, por lo que se usan las fotocopadoras.

Revisa los siguientes vínculos electrónicos y descubre cómo funcionan estas máquinas.

<https://goo.gl/XAkvfB> y <https://goo.gl/1J41S3>

¿Qué conceptos electrostáticos son útiles para comprender su funcionamiento?



### WEB

Los aceleradores de partículas son empleados en la actualidad para estudiar la estructura de la materia. Revisa los siguientes vínculos electrónicos e infórmate sobre su funcionamiento y la física de partículas, disciplina en la que se utiliza éste importante dispositivo.

<https://goo.gl/oBd51h>

<https://goo.gl/YwfDDk>



## Electrodinámica

¿Cuál es la diferencia entre la electrostática y la electrodinámica? ¿Por qué dicen que un alto voltaje es peligroso? ¿Qué es la corriente eléctrica? ¿De qué está hecha una corriente eléctrica? En este capítulo encontrarás respuestas a estas preguntas y a otras más.

## Corriente eléctrica, voltaje y resistencia eléctrica

De acuerdo con la física contemporánea, la corriente eléctrica es el movimiento ordenado de partículas cargadas dentro de los conductores eléctricos. En este texto se definirá a la corriente eléctrica de la siguiente manera:

La **corriente eléctrica** es el movimiento ordenado de las partículas cargadas.

Una corriente eléctrica se puede establecer en todos los medios que cuenten con partículas cargadas que se puedan mover con facilidad bajo la influencia del campo eléctrico, como se presenta en la [Tabla 3.1](#).

**TABLA 3.1** Partículas que forman la corriente eléctrica en diferentes medios.

MEDIO CONDUCTOR	PARTÍCULAS CARGADAS MÓVILES
Metales.	Electrones.
Electrolitos.	iones positivos y negativos.
Gases ionizados.	iones positivos y negativos.



**Figura 3.37** Acelerador de partículas.

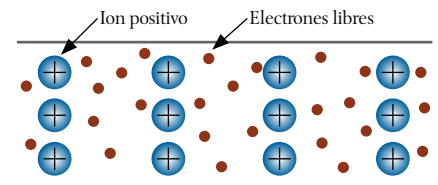
El movimiento de partículas cargadas en el vacío también constituye una corriente eléctrica. Esto ocurre, por ejemplo, en los grandes *aceleradores de partículas* ([Figura 3.37](#)). En los tubos de alto vacío de un acelerador de partículas, los electrones, protones y sus antipartículas (positrones y antiprotones) pueden acelerarse hasta velocidades cercanas a la velocidad de la luz.

En los metales, los **electrones libres** (o **electrones de conducción**) son las partículas cargadas cuyo movimiento ordenado constituye la corriente eléctrica. Cada átomo del metal proporciona uno o dos electrones al *gas de electrones libres*, convirtiéndose en un ion positivo. Esos iones positivos forman la *red cristalina* ([Figura 3.38](#)).

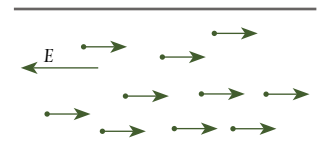
Los electrones de conducción forman un gas de electrones que rodea los iones positivos. Como las moléculas de un gas, los electrones libres siempre están en movimiento térmico. Sin embargo, este movimiento no constituye una corriente eléctrica porque no hay ninguna dirección preferida.

Para que hubiese corriente eléctrica, el movimiento debería ser ordenado. Esto lo logra la fuente de potencial mediante el campo eléctrico que se establece en el metal. Lo anterior, en forma simplificada, se refiere a que el campo eléctrico obliga a todos los electrones a tener un componente de la velocidad en la dirección del campo eléctrico.

Si se digrama sólo este componente de la velocidad de los electrones, la corriente en un metal que se representa como lo muestra la [Figura 3.39](#).



**Figura 3.38** Red cristalina de un metal.



**Figura 3.39** Modelo simplificado de la corriente eléctrica en los metales.

## Intensidad de la corriente eléctrica

Para comparar diferentes corrientes eléctricas en el mismo conductor o en diferentes, hay que definir las cantidades físicas que describen cuantitativamente las diferentes características de la corriente eléctrica.

La principal característica de una corriente eléctrica es su *intensidad*.

La **intensidad de la corriente eléctrica** es igual a la suma de las cargas eléctricas de las partículas que atraviesan en un segundo una sección transversal del conductor.

Si  $q$  es la suma de las cargas de las partículas que atraviesan la sección transversal del conductor en un tiempo  $t$ , entonces la cantidad de carga que corresponde a un segundo se obtiene dividiendo la carga entre el tiempo. Esta cantidad es, por definición, la intensidad de la corriente eléctrica:

$$I = \frac{q}{t}$$



**Figura 3.40** La unidad de intensidad de corriente se define en honor a André-Marie Ampère (1775-1836), físico y matemático francés quien realizó importantes experimentos en el área del electromagnetismo.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Describe, con base a sus características, los fenómenos de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la electricidad y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.



**Figura 3.41** Georg Simon Ohm (1787-1854) estudió los fenómenos eléctricos, acústicos y ópticos. Introdujo los términos *resistencia eléctrica* y *fuerza electromotriz*.

La unidad de la corriente eléctrica en el SI es:

$$[I] = \frac{[q]}{[t]} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}$$

En honor a **André-Marie Ampère** (Figura 3.40), se llama *ampere* (o *amperio*) a la unidad de medición, cuyo símbolo es A:

$$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}$$

El amperio es una de las unidades básicas del SI y no se define mediante la carga eléctrica y el tiempo, sino a través de la fuerza entre dos conductores de corriente eléctrica. En consecuencia, el coulomb es una unidad derivada:

$$1 \text{ C} = 1 \text{ As}$$

### EN ACCIÓN

A través del circuito de una calculadora científica de bolsillo, “pasa” una carga  $q = 4 \text{ C}$  en un tiempo  $t = 4 \text{ h}$ .

a) ¿Cuál es la intensidad de la corriente eléctrica?

b) ¿En qué tiempo debería pasar 1 millón de electrones a través de la sección transversal de un alambre para que la intensidad de la corriente sea de un microamperio?

## Ley de Ohm y resistencia eléctrica

La Ley de Ohm es crucial en el funcionamiento de diversos dispositivos electrónicos, ¿qué variables intervienen en la Ley de Ohm? ¿Qué es la resistencia eléctrica de un material?, ¿es posible que la resistencia eléctrica de un material cambie?

¿De qué depende la intensidad de la corriente eléctrica en un conductor? El primer físico quien respondió esta pregunta fue el alemán **Georg Simon Ohm** (Figura 3.41), quien también descubrió la relación entre la intensidad de la corriente eléctrica, la tensión eléctrica (el voltaje) y la resistencia eléctrica (1826), la cual dedujo de manera teórica poco tiempo después (1827). En su honor, la unidad de resistencia eléctrica lleva el nombre de *ohm* (u *ohmio*), con símbolo  $\Omega$ . La **Ley de Ohm** afirma lo siguiente:

La intensidad de la corriente eléctrica que pasa a través de un conductor, es proporcional a la diferencia de potencial que proporciona la fuente.

En forma simbólica esto es:

$$I \propto U$$

Si una batería cuya diferencia de potencial es de 1.5 V produce en un alambre una corriente de intensidad igual a 0.5 A, dos baterías que proporcionan una diferencia de potencial de 3 V, producirán en el mismo alambre una corriente de intensidad igual a 1 A. En forma de igualdad, la Ley de Ohm se escribe como:

$$I = \frac{U}{R}$$

La cantidad

$$R = \frac{U}{I}$$

se llama *resistencia eléctrica* o *resistencia*.

La **resistencia** de un conductor es igual al cociente entre la diferencia de potencial y la intensidad de la corriente eléctrica.

La unidad de resistencia es:

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

Como se mencionó anteriormente, en el SI esta unidad se llama *ohm* y su símbolo es  $\Omega$ . Por tanto y de acuerdo con la ecuación anterior, se tiene que:

$$1 \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

## EN ACCIÓN

Resuelve los siguientes problemas:

- 1 Una batería crea entre los extremos de un conductor una diferencia de potencial  $U = 12 \text{ V}$ . Si la intensidad de la corriente establecida es  $I = 2 \text{ A}$ , ¿cuál es la resistencia del conductor?

- 2 Si la resistencia de un trozo de material aislante es de  $350 \Omega$  y la intensidad de la corriente que lo atraviesa es de  $0.07 \text{ A}$ , ¿qué voltaje le suministra la batería al trozo de material aislante?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Describe, con base a sus características, los fenómenos de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

## Conductividad eléctrica de los materiales

Los experimentos muestran que la resistencia  $R$  de un conductor es proporcional a la longitud  $L$  del conductor, e inversamente proporcional al área  $S$  de su sección transversal:

$$R \propto \frac{L}{S}$$

Si se introduce la constante de proporcionalidad  $\rho$ , se obtiene la siguiente fórmula para la resistencia:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

La constante de proporcionalidad  $\rho$  se llama *resistencia específica* o *resistividad*, y su valor depende del material del que esté hecho el conductor. Constituye la causa de las diferencias entre la resistencia eléctrica de conductores de la misma longitud y la misma área de sección transversal. La unidad de la resistencia específica es:

$$[\rho] = \frac{[R][S]}{[L]} = \frac{1 \Omega \cdot 1 \text{ m}^2}{1 \text{ m}} = 1 \Omega\text{m}$$

Los valores de la resistividad de algunos materiales a la temperatura de 20°C están dados en la [Tabla 3.2](#).

**TABLA 3.2** Resistividad de algunos materiales.

MATERIAL	RESISTIVIDAD	MATERIAL	RESISTIVIDAD
Plata	$1.59 \times 10^{-8}$	Tungsteno	$5.6 \times 10^{-8}$
Cobre	$1.67 \times 10^{-8}$	Carbón (diamante)	$10^{11}$
Oro	$2.44 \times 10^{-8}$	Azufre	$10^{15}$
Aluminio	$2.66 \times 10^{-8}$	Cuarzo	$7.5 \times 10^{17}$

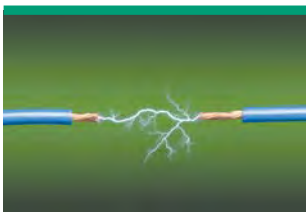
Si el cable tiene sección transversal en forma de círculo, la fórmula para la resistencia del cable es:

$$R = \rho \frac{L}{\pi r^2}$$

donde  $r$  es el radio del cable.

Los mejores conductores son los metales porque tienen los valores de resistividad más pequeños. Los aislantes (carbón, azufre, cuarzo) tienen valores de resistividad más grandes. Por ejemplo, un hilo hecho de cuarzo tiene una resistencia que es más de  $4 \times 10^{25}$  veces mayor que la resistencia de un hilo, de la misma longitud y sección transversal, hecho de cobre.

La conductividad (que es el inverso de la resistividad o  $1/\rho$ ) de los materiales depende de su estructura microscópica. El factor más importante para la conductividad es la disponibilidad de partículas cargadas que se puedan mover con facilidad y cuyo movimiento ordenado constituirá la corriente eléctrica. Los metales son buenos conductores porque tienen electrones libres. Los aislantes no los tienen y, en condiciones normales, no se puede establecer una corriente eléctrica.



**Figura 3.42** Cable de cobre del número 10.

### EJEMPLOS

- 1 Los cables de cobre del número 10 ([Figura 3.42](#)) tienen un radio  $r = 1.3 \text{ mm}$ . ¿Cuál es la resistencia que tiene un cable de cobre del número 10 cuya longitud es  $L = 50 \text{ m}$ ?

**Solución**

La resistividad del cobre tiene el valor de  $1.7 \times 10^{-8} \text{ m}$ . La resistencia de un cable de sección circular es:

$$R = \rho \frac{L}{\pi r^2} = 1.7 \times 10^{-8} \Omega\text{m} \cdot \frac{50 \text{ m}}{3.14 \cdot (1.3 \times 10^{-3} \text{ m})^2} = 0.16 \Omega$$

Para que tenga una resistencia de sólo  $1 \Omega$ , un cable de esas características debería tener una longitud mayor de 300 m.

- 2 Un cable usado en una línea de alto voltaje tiene una longitud  $L = 200 \text{ km}$  y resistencia  $R = 7.5 \Omega$  (Figura 3.43). Si el cable está hecho de aluminio, ¿cuál es su radio? La resistividad del aluminio es de  $2.66 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ .

**Solución**

Si se despeja el radio  $r$  de la fórmula para la resistencia, se obtiene:

$$r = \sqrt{\rho \frac{L}{\pi R}} = \sqrt{2.66 \times 10^{-8} \Omega\text{m} \cdot \frac{200200 \text{ m}}{3.14 \cdot 7.5 \Omega}} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ m} = 1.5 \text{ cm}$$

La baja resistencia se debe al grosor considerable del cable, el cual tiene un diámetro de 3 cm.



Figura 3.43 Línea de alto voltaje.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE**

Registra, en la tabla que se presenta a continuación, los conceptos relacionados con la electrodinámica, así como los modelos matemáticos, significados de las variables y las unidades de medida correspondientes.

CONCEPTO	EXPRESIÓN MATEMÁTICA	SIGNIFICADO DE LAS VARIABLES	UNIDADES DE MEDIDA
Intensidad de la corriente eléctrica.			
Voltaje.			
Resistencia.			
Ley de Ohm.			

**DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE**

Describe, con base a sus características, los fenómenos de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

**COMPETENCIAS A DESARROLLAR**

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

**Cambio de la resistencia con la temperatura**

Así como la temperatura depende del material, de la longitud y del grosor, también lo hace de la temperatura a la que se encuentra.

Supongamos que la resistencia de un alambre metálico es igual a  $R_0$  a temperatura  $t_0$ , y que su resistencia a temperatura  $t$  ( $t > t_0$ ) es  $R$ .

El aumento de la resistencia  $\Delta R$  es:

$$\Delta R = R - R_0$$

El aumento de la temperatura  $\Delta t$  es:

$$\Delta t = t - t_0$$

Los experimentos muestran que el aumento de la resistencia  $\Delta R$  es proporcional a la resistencia inicial  $R_0$  y al aumento de la temperatura  $\Delta t$ :

$$\Delta R \propto R_0 \Delta t$$

En forma de igualdad, ese hecho experimental se escribe como sigue:

$$\Delta R = \alpha R_0 \Delta t$$

donde  $\alpha$  es el coeficiente de temperatura.

Para entender el sentido del coeficiente de temperatura, hay que despejarlo en la última ecuación:

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R_0 \Delta t}$$

Entonces, el coeficiente de temperatura es igual al cambio en la resistencia correspondiente a cada ohmio de la resistencia inicial cuando la temperatura aumenta  $1^\circ\text{C}$ .

La unidad del coeficiente de temperatura es:

$$[\alpha] = \frac{[\Delta R]}{[R_0][\Delta t]} = \frac{1 \Omega}{1 \Omega \cdot 1^\circ\text{C}} = \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

Los valores del coeficiente de temperatura de diferentes metales se presentan en la [Tabla 3.3](#).

**TABLA 3.3** Valores del coeficiente de temperatura para diferentes metales.

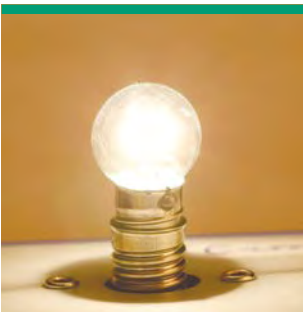
MATERIAL	COEFICIENTE DE TEMPERATURA ( $1/^\circ\text{C}$ )	MATERIAL	COEFICIENTE DE TEMPERATURA ( $1/^\circ\text{C}$ )
Plata	0.0061	Aluminio	0.0043
Cobre	0.0068	Tungsteno	0.0045
Oro	0.0054		

El valor de la resistencia a temperatura  $t$  está determinado por los valores de la resistencia inicial  $R_0$ , el aumento de la temperatura  $\Delta t$  y el coeficiente de temperatura.

$$R = R_0 + \Delta R = R_0 + \alpha R_0 \Delta t$$

En síntesis, esta relación se escribe como:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta t)$$



**Figura 3.44** Cuando se enciende un foco de 60 W, éste incrementa su temperatura de modo tal que cambia su resistencia eléctrica.

### EJEMPLO

Un foco desconectado de 60 W tiene a  $20^\circ\text{C}$  una resistencia  $R_0 = 21 \Omega$ . Cuando el foco está encendido, su resistencia es  $R = 260 \Omega$  ([Figura 3.44](#)). ¿Cuál es la temperatura del filamento en operación? Para el coeficiente de temperatura  $\alpha$  se considera el valor para el tungsteno ( $0.0045 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ ).

#### Solución

El aumento de la resistencia está dado por la fórmula:

$$\Delta R = R - R_0 = R_0 \alpha \Delta t$$

Si se despeja el aumento de la temperatura, se obtiene:

$$\Delta t = \frac{\Delta R}{R_0 \alpha} = \frac{260 \Omega - 21 \Omega}{21 \Omega \cdot 0.0045 \frac{1}{^\circ\text{C}}} = 2.529^\circ\text{C}$$

Como la resistencia  $R_0$  se midió a temperatura  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ , la temperatura  $t$  del foco encendido es:

$$t = t_0 + \Delta t = 20^\circ\text{C} + 2529^\circ\text{C} = 2549^\circ\text{C}$$

Esta temperatura es muy alta y los metales comunes no la podrían alcanzar sin antes fundirse. Por eso, los filamentos de los focos se hacen de tungsteno, metal cuya temperatura de fusión es mayor de  $3400^\circ\text{C}$ .

## Visión microscópica de la resistencia eléctrica

Si la fuente establece un campo eléctrico dentro de un conductor, la intensidad de la corriente eléctrica depende del número de electrones que se mueven en la dirección del campo. Si este número es grande, la resistencia es pequeña; y viceversa, si el número es pequeño, la resistencia es grande.

El número de electrones que se mueven en la dirección del campo, depende de su concentración y de la frecuencia de los choques que sufren con los iones en vibración de la red cristalina. La resistencia eléctrica, también, tiene una contribución debida a los choques de los electrones con los defectos (por ejemplo, la falta de un ion) de la red cristalina.

Entonces, la resistencia eléctrica está relacionada con las desviaciones que tienen los electrones a consecuencia de sus choques con los iones de la red cristalina. Un modelo mecánico puede ayudar a entender mejor esta interpretación microscópica de la resistencia. Supongamos que unas canicas deben bajar por un plano inclinado en el que están colocados una gran cantidad de postes pequeños (Figura 3.45).

La distribución de los postes es tal que las canicas no pueden bajar por el plano inclinado sin chocar con ellos y cambiar de dirección varias veces. Como consecuencia, el número de canicas que se mueve hacia abajo es menor que el número que se mueve hacia abajo sobre un plano inclinado sin los postes.

¿Cómo se explica, dentro de esta visión microscópica, que la resistencia eléctrica del metal aumente con la temperatura? Al incrementarse la temperatura, los iones de la red cristalina vibran con amplitudes mayores, y la frecuencia de los choques de los electrones aumenta. Como consecuencia, un menor número de electrones se mueve en la dirección del campo eléctrico.

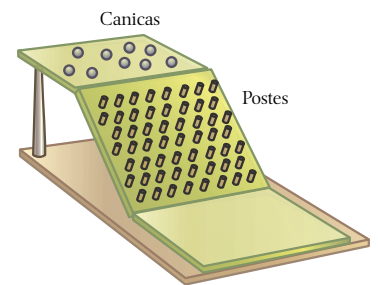


Figura 3.45 Modelo mecánico de la resistencia eléctrica de los metales.

## CONEXIONES

### La resistencia de la piel humana y las descargas eléctricas

Muchos procesos del organismo humano son eléctricos. Si se establece una corriente eléctrica en el cuerpo (por una descarga), habría efectos peligrosos a partir de ciertas intensidades de corriente, tal como lo podemos apreciar en la Tabla 3.4.

TABLA 3.4 Algunos efectos de una descarga eléctrica.

INTENSIDAD DE LA CORRIENTE (mA)	EFEECTO
1	Umbral de sensación.
5	Ningún daño.

INTENSIDAD DE LA CORRIENTE (mA)	EFEECTO
10 - 20	Contracción muscular sostenida; se detiene la respiración.
50	Umbral de dolor.
100 - 300	Funcionamiento irregular del corazón, con frecuencia fatal.
> 300	Quemaduras.



Figura 3.46 Es peligroso usar aparatos eléctricos en el baño, pues la resistencia de la piel es menor cuando está húmeda.

La intensidad de la corriente a través del cuerpo depende de la tensión eléctrica y resistencia de la piel humana. Cuanto más grande sea la resistencia de la piel, más pequeña será la intensidad de la corriente eléctrica que atraviese el cuerpo.

La piel seca tiene una resistencia muy grande (100 000 ohms). Para una tensión eléctrica de 120 V, la intensidad de la corriente será de 1.2 mA y la descarga casi no se sentirá. Sin embargo, la piel mojada tiene una resistencia menor (5 000 ohms) y la intensidad de la corriente para la misma tensión eléctrica será de 24 mA, lo que la sitúa en un nivel peligroso. Por eso, hay que evitar el uso de aparatos eléctricos cuando la piel está húmeda (Figura 3.46).

Utiliza la Ley de Ohm para encontrar el valor del voltaje máximo que el cuerpo humano soporta cuando: a) la piel está seca y, b) cuando la piel está mojada.

## Energía eléctrica

La energía eléctrica está relacionada con la corriente eléctrica que fluye por un cable. ¿Qué efectos tiene la energía eléctrica sobre los cuerpos que atraviesa la corriente?, ¿es posible que se disipe la energía eléctrica?

La energía eléctrica es lo que hace que funcionen los aparatos eléctricos, desde una sencilla plancha hasta los instrumentos científicos más sofisticados que se encuentran en las naves espaciales. Debido a esta importancia, no es para sorprenderse que el término *energía eléctrica* se haya convertido en una palabra de moda.

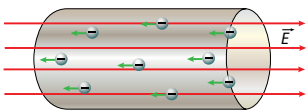


Figura 3.47 Las cargas eléctricas que se mueven en un conductor poseen energía eléctrica.

La **energía eléctrica** es la energía de la corriente eléctrica.

En un modelo simple de la corriente eléctrica en los metales se supone que el campo eléctrico acelera los electrones, de modo que su velocidad en la dirección del campo aumenta. Tomemos la energía cinética de esos electrones como la energía de la corriente eléctrica (Figura 3.47).

En la interacción con las vibraciones de la red de iones los electrones pierden, de manera constante, su energía cinética y cambian la dirección de su movimiento. Para que sigan moviéndose en la dirección del campo eléctrico, éste tiene que acelerarlos continuamente en esa dirección.

El funcionamiento de los aparatos eléctricos requiere la presencia de una corriente eléctrica. Pero para que se presente en los conductores un campo eléctrico que realiza un “trabajo eléctrico”, se deben acelerar los electrones.

La presencia de este campo y el trabajo que realiza sobre los electrones en nuestra instalación eléctrica, así como en los aparatos conectados a ella, es lo que cobran las compañías productoras y distribuidoras de electricidad como la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en México. En pocas palabras, estas compañías proporcionan el campo eléctrico y nosotros los electrones.

El *trabajo eléctrico* realizado por el campo eléctrico al mover una partícula de carga eléctrica  $q$  entre dos puntos caracterizados por la diferencia de potencial  $U$ , es:

$$T = qU$$

Si la intensidad de la corriente eléctrica es  $I$ , la carga total de las partículas que atraviesan una sección del conductor transversal en la dirección del campo eléctrico durante el tiempo  $t$ , es:

$$q = It$$

Si la diferencia de potencial que proporciona la fuente es  $U$ , el trabajo eléctrico  $T$  es:

$$T = qU = ItU$$

Como la energía cinética de los electrones se debe a este trabajo eléctrico, se considera igual a la energía de la corriente eléctrica.

## Efecto térmico de la corriente eléctrica

Si el modelo descrito con anterioridad es correcto, ¿cuál sería una consecuencia observable de los choques entre los electrones y iones positivos?

La energía que pierde un electrón en el choque aparece como un aumento de la energía cinética del ion positivo con el que ha chocado. De esta manera, debido a los choques con los electrones, la energía de los iones positivos aumenta.

En consecuencia, la energía interna y temperatura del conductor también aumentan. Entonces, un conductor metálico en el que existe una corriente eléctrica debería calentarse. Ese efecto recibe el nombre de *efecto de Joule*.

La veracidad de esta conclusión la confirma el funcionamiento de muchos aparatos eléctricos que se basa en este efecto térmico de la corriente eléctrica, por ejemplo, el de una plancha eléctrica o un calentador eléctrico (Figura 3.48).

El aumento de la energía interna del conductor, debido a la presencia de la corriente eléctrica, es igual al trabajo eléctrico que se realiza al mover los electrones. Por razones históricas, ese aumento de la energía interna se llama *calor generado* por la corriente eléctrica.

Si la intensidad de la corriente eléctrica es  $I$ , la diferencia de potencial o voltaje es  $U$  y el tiempo de la presencia de la corriente en el conductor es  $t$ , el calor generado  $Q$  es:

$$Q = UIt$$

Esa fórmula que mide el calor generado por la corriente eléctrica se llama *Ley de Joule*. Si el voltaje o diferencia de potencial se expresa en volts, la intensidad de la corriente lo hace en amperes y el tiempo en segundos; el calor generado se expresa en joules. Si se quiere formular el calor generado en calorías, hay que tomar en cuenta la relación:

$$1 \text{ joule} = 0.24 \text{ calorías}$$

Por eso, en algunos libros la Ley de Joule tiene la forma:

$$Q = 0.24 UIt$$



Figura 3.48 Las planchas y calentadores eléctricos funcionan debido al efecto térmico de la corriente eléctrica.



Figura 3.49 Alambres de un tostador de pan.



Figura 3.50 La batería establece una corriente eléctrica en la cinta.

#### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Describe, con base a sus características, los fenómenos de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

#### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos eléctricos a partir de evidencias científicas.

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

### EJEMPLO

En los alambres de un tostador de pan (Figura 3.49) se crea una corriente de intensidad  $I = 6.25 \text{ A}$ , cuando está conectado a un voltaje  $U = 120 \text{ V}$ . ¿Qué cantidad de calor genera en media hora de operación? Expresar la energía en joules y calorías.

#### Solución

El calor generado por el tostador en un tiempo  $t$  es:

$$Q = UIt$$

Para el tostador eso da:

$$Q = 120 \text{ V} \cdot 6.25 \text{ A} \cdot 1800 \text{ s} = 1\,350\,000 \text{ J}$$

La relación entre joules y calorías es de  $1 \text{ J} = 0.24 \text{ cal}$ . Por eso se tiene que:

$$Q = 1\,350\,000 \text{ J} \cdot \frac{0.24 \text{ cal}}{1 \text{ J}} = 324\,000 \text{ cal}$$

Esa energía sería suficiente para levantar un automóvil de una tonelada hasta una altura de 135 m, o aumentar  $81^\circ\text{C}$  la temperatura de 4 L de agua. Aunque en su construcción se ha aumentado intencionalmente, el efecto térmico no es una exclusividad de las planchas y los calentadores eléctricos. Es un efecto universal que siempre acompaña a la corriente eléctrica.

### EN ACCIÓN

Reúnete en equipos de tres personas y consigue el material que se menciona a continuación para realizar un experimento en el que observes el efecto de Joule de la corriente eléctrica.

#### Material

- Cinta de papel aluminio de 6 cm de largo.
- Batería de 1.5 V (AAA).

#### Procedimiento

Estira la cinta y conecta sus extremos a los polos de la batería presionándolos con los dedos (Figura 3.50). No mantengas durante mucho tiempo la corriente en la cinta para que no te quemes. Verifica, tocándolos, que la batería y la cinta se hayan calentado.

1 ¿Se calienta la cinta de la misma manera en sus otros puntos que en los puntos de contacto con la batería? \_\_\_\_\_

2 ¿Por qué se calienta la batería? \_\_\_\_\_

Los fusibles son una aplicación importante del efecto térmico de la corriente eléctrica (Figura 3.51). La parte principal de estos sencillos elementos eléctricos, está formada por un pedazo de alambre que no permite que se mantenga en el circuito eléctrico una corriente cuya intensidad sobrepase un valor predeterminado, por ejemplo, 20 A. Si, por alguna razón, la intensidad de la corriente es mayor, el alambre del fusible se calien-

ta hasta una temperatura más grande que su punto de fusión. El alambre se funde, se abre el circuito y ya no hay corriente.

Es claro que los fusibles son sólo una defensa que se activa cuando, por cualquier razón, surge una corriente de intensidad peligrosa. Para que eso no ocurra tan seguido, los cables deben tener un grosor adecuado para soportar las intensidades requeridas de corrientes.

## Potencia de la corriente eléctrica

Como en el caso de la potencia mecánica, la eléctrica es igual al trabajo eléctrico realizado en la unidad de tiempo:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{IUt}{t} = IU$$

Algunos autores llaman a esta fórmula la *Ley de Watt*. De esa fórmula se deriva la definición de la *potencia eléctrica*.

La **potencia eléctrica** es igual al producto de la intensidad de corriente y de la diferencia de potencial.

A partir de la fórmula para la Ley de Ohm ( $I = U/R$  o  $U = RI$ ), se escriben otras dos expresiones para la potencia de un circuito:

$$P = IU = \frac{U}{R} U = \frac{U^2}{R}$$

$$P = IU = I \cdot RI = RI^2$$

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Consulten fuentes impresas y electrónicas confiables para completar la tabla con los conceptos que se muestran abajo. Después, utilicen dichos conceptos para explicar las leyes de Ohm, Watt y el efecto Joule.

CONCEPTO	UNIDADES DE MEDIDA
Voltaje	
Intensidad de corriente	
Resistencia	
Trabajo eléctrico	
Energía eléctrica	

LEY	VARIABLES RELACIONADAS	FÓRMULA MATEMÁTICA
Ley de Ohm		
Ley de Watt		
Efecto Joule		

### EJEMPLOS

- ¿Cuántos focos de 75 W se podrían conectar en paralelo a una fuente de 120 V sin que se funda un fusible de  $I_c = 20$  A?



Figura 3.51 Los fusibles eléctricos se valen del efecto térmico de la corriente eléctrica para funcionar.

#### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Describe, con base a sus características, los fenómenos de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

**Solución**

La potencia crítica en el circuito a la que se va a fundir el fusible es:

$$P_c = UI_c = 120 \text{ V} \cdot 20 \text{ A} = 2400 \text{ W}$$

Si cada foco, para operar de modo correcto, necesita una potencia  $P = 75 \text{ W}$ , el número crítico de focos sería:

$$N = \frac{2400 \text{ W}}{75 \text{ W}} = 32$$

Entonces, se recomienda que el número de focos sea 31.

- 2 Una secadora de cabello funciona con una diferencia de potencial  $U = 120 \text{ V}$  y tiene una potencia eléctrica  $P = 1600 \text{ W}$ .
- ¿Cuál es la intensidad de la corriente eléctrica en la secadora?
  - ¿Cuál es la resistencia de la secadora?
  - ¿Cuánta energía gasta la secadora al funcionar durante una hora? Expresar esa energía en kWh, joules y calorías.
  - ¿Cuánto cuesta esa energía con la tarifa baja (0.6 pesos/kWh)?, ¿y con la tarifa alta (3 pesos/kWh)?

**Solución**

- a) El valor efectivo de la intensidad de la corriente alterna es:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1600 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 13.3 \text{ A}$$

- b) La resistencia de la secadora es:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{120 \text{ V}}{13.3 \text{ A}} = 9 \Omega$$

- c) La energía que gasta la secadora en una hora ( $t = 1 \text{ h}$ ) es:

$$T = 1.6 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1.6 \text{ kWh}$$

Como  $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$ , la energía gastada es de  $5\,760\,000 \text{ J}$ . Dado que  $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$ , la energía gastada es, también, de  $1\,376\,015 \text{ cal}$ .

- d) El costo de esa energía es de 0.96 pesos con la tarifa baja, y de 4.8 pesos con la alta. La energía gastada bastaría para levantar un automóvil de una tonelada hasta una altura de 576 m. La misma energía sería suficiente para calentar 7.6 L de agua de  $0^\circ\text{C}$  a  $100^\circ\text{C}$  y evaporarla por completo.

- 3 Los aficionados al café procuran hacerlo en su cafetera preferida (Figura 3.52). Sin embargo, ¿es posible que una cafetera funcione correctamente en cualquier país?

- ¿Qué le pasaría a una cafetera de  $1000 \text{ W}$  hecha para el voltaje mexicano de  $120 \text{ V}$ , si se usara en España con un voltaje de  $220 \text{ V}$ ?
- ¿Le pasaría lo mismo en México a una cafetera que alcanza una potencia de  $1000 \text{ W}$  con el voltaje español?

Es posible suponer que el cambio de la resistencia de operación se puede desestimar al pasar de un país a otro.

**Solución**

- a) La intensidad de la corriente para la cafetera en México es:

$$I_M = \frac{P}{U_M} = \frac{1000 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 8.33 \text{ A}$$



Figura 3.52 ¿Es posible utilizar una misma cafetera eléctrica en diferentes países?

Entonces, la resistencia de operación es:

$$R_M = \frac{U_M}{I_M} = \frac{120 \text{ V}}{8.33 \text{ A}} = 14.4 \Omega$$

Si la cafetera se conectara en España a un voltaje de 220 V, la intensidad de la corriente sería:

$$I_E = \frac{U_E}{R_M} = \frac{220 \text{ V}}{14.4 \Omega} = 15.3 \text{ A}$$

A esa intensidad le correspondería la siguiente potencia:

$$P_E = U_E \cdot I_E = 3\,366 \text{ W}$$

Como esa potencia es más de 3 veces mayor que la programada, la cafetera hecha para usarse en México se quemaría al ser usada en España.

b) La cafetera hecha para usarse en España opera con la siguiente intensidad de corriente:

$$I_E = \frac{P}{U_E} = \frac{1\,000 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 4.55 \text{ A}$$

Su resistencia de operación es:

$$R_E = \frac{U_E}{I_E} = 48.4 \Omega$$

Al usarla en México, la intensidad de corriente sería:

$$I_M = \frac{U_M}{R_E} = \frac{120 \text{ V}}{48.4 \Omega} = 2.48 \text{ A}$$

Su nueva potencia sería:

$$P_M = U_M \cdot I_M = 120 \text{ V} \cdot 2.48 \text{ A} = 297.6 \text{ W}$$

Como esa potencia es más de 3 veces menor que la necesaria, la cafetera hecha en España no calentaría el café como debería hacerlo estando en México. Así, los aparatos eléctricos hechos para México se quemarían al ser usados en España, y los hechos en España no se quemarían al usarlos en México, pero no podrían usarse porque la potencia sería menor que la necesaria para su óptimo funcionamiento.

## EN ACCIÓN

Realiza los cálculos necesarios y contesta las siguientes preguntas:

- 1 Un foco de 100 W funciona con un voltaje de 120 V.
- a) ¿Cuál es la intensidad de la corriente a través del foco cuando está encendido?

- b) ¿Cuál es la resistencia del foco?

- c) ¿Cuál sería el gasto anual de energía de este foco si durante 1 año estuviera encendido durante 1 500 h?

- d) ¿Cuál sería el costo de esa energía con la tarifa baja (0.6 pesos/kWh)?, ¿y con la alta (3 pesos/kWh)?



Figura 3.53 Los rayos son corrientes eléctricas espectaculares entre las nubes y el suelo.

## CONEXIONES

### Las características eléctricas de los rayos

Con los conceptos aprendidos en este tema es posible conocer, de manera cuantitativa, las características eléctricas de los rayos (Figura 3.53). Aunque esas características varían mucho, se considera que un rayo típico (el que ocurre con mayor frecuencia) dura 0.2 segundos, que la energía eléctrica involucrada en la transferencia de la carga es de  $10^9$  J y que la diferencia de potencial entre la nube y el suelo, que causa la caída del rayo, es de  $5 \times 10^7$  V.

- a) ¿Cuál es la carga típica involucrada en un rayo?  
 b) ¿Cuál es la intensidad promedio de la corriente eléctrica en un rayo?  
 c) ¿Cuál es la potencia eléctrica de un rayo típico?

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Reúnanse en equipos y realicen un inventario de los aparatos eléctricos que poseen en su casa. Investiguen las características eléctricas de los mismos (amperaje, voltaje y potencia) y calculen el consumo diario de energía eléctrica. Después, calculen el consumo de energía eléctrica en una semana. Completen la tabla que se presenta a continuación:

APARATO ELÉCTRICO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	CONSUMO SEMANAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA
Refrigerador.			
Teléfono celular.			

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Describe, con base a sus características, los fenómenos de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Aporta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana a partir de la evolución de la electricidad.

APARATO ELÉCTRICO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	CONSUMO SEMANAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Resuelve los siguientes problemas relacionados con la corriente eléctrica y las leyes de Ohm, Watt y Joule.

- Para el funcionamiento de las modernas herramientas eléctricas inalámbricas se necesitan baterías especiales. En la siguiente tabla están dadas las características de esas baterías. Complétala con los datos que faltan. No olvides que la energía es igual al producto de voltaje y carga, y que  $1 \text{ A} \cdot \text{h}$  es igual a  $3\,600 \text{ C}$ .

VOLTAJE (V)	CARGA DISPONIBLE (A · H)	CARGA DISPONIBLE (C)	ENERGÍA DISPONIBLE (J)
9.6	1.7	6 120	
12			73 440
	2.0		103 680
24			146 880
24		9 000	

- Un batería de reloj “movió” una carga  $q = 10\,000 \text{ C}$  manteniendo una corriente de intensidad promedio  $I = 0.5 \text{ mA}$ . ¿Cuánto tiempo duró la batería?

- Para hacer funcionar el motor de un automóvil se necesita una corriente de gran intensidad ( $400 \text{ A}$ ) (Figura 3.54). ¿Qué carga se “saca” de la batería de  $12 \text{ V}$  si se necesitan  $0.5 \text{ s}$  para que el automóvil encienda?

#### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

#### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Describe, con base a sus características, los fenómenos de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.



Figura 3.54 Una batería de automóvil le entrega  $400 \text{ A}$  al automóvil para que encienda.

- 4 La batería de automóvil de 12 V puede generar una energía de 720 000 J. ¿Cuánta carga se tiene que “mover”?

- 5 Por la marcha de un automóvil pasa una corriente de intensidad igual a 150 A cuando la batería proporciona un voltaje de 12 V. ¿Cuál es su resistencia efectiva? Usa la Ley de Ohm.

- 6 Estima cuánto cuesta por año que un foco de 100 W se deje encendido 5 horas cada día sin necesidad de prenderlo. Para hacer un cálculo rápido, supón que el año tiene 400 días y que el costo de 1 kWh es de 0.5 pesos.



Figura 3.55 Anguila eléctrica.

- 7 ¿Cuál es la intensidad media de la corriente de la descarga que produce una anguila eléctrica (Figura 3.55), si genera un voltaje de 50 V y la potencia de descarga es de 1 kW?

- 8 Un foco que opera a un voltaje de 120 V, tiene un filamento de resistencia de  $12 \Omega$  cuando está frío ( $20^\circ\text{C}$ ). Cuando está a la temperatura de operación (encendido), la resistencia sube hasta  $144 \Omega$ .
- Usa la Ley de Ohm para calcular la intensidad de la corriente en la temperatura de operación.
  - Usa la Ley de Joule para calcular el calor generado en la media hora de operación.
  - Utiliza la Ley de Watt para calcular la potencia del foco en operación.
  - ¿A qué temperatura opera ese foco? Para el coeficiente de temperatura toma el valor del tungsteno ( $0.0045 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ ).

- 9 En una linterna de baterías la corriente que circula es de 0.40 A y el voltaje es de 3.0 V.
- Calcula la resistencia del foco de la linterna.

- b) Calcula la potencia entregada a la linterna.  
 c) Calcula la energía consumida por la linterna en 10 minutos de operación.

## Circuitos eléctricos

Los circuitos eléctricos son de gran uso hoy en día. Por ello es importante conocer respecto a este tipo de dispositivos. ¿Cuántos tipos de circuitos existen?, ¿qué tipo de circuito se encuentra en la instalación eléctrica de las casas?, ¿qué aplicación tiene cada tipo de circuito?

Los circuitos eléctricos son arreglos de varios elementos conectados a fuentes de voltaje que establecen corrientes eléctricas a través de ellos. El circuito eléctrico más sencillo es el formado por una batería, un *socket* (portalámpara), un foco y dos alambres que conectan los polos de la batería con el *socket* (Figura 3.56).

Es importante observar que el sentido convencional de la corriente eléctrica en los cables va del polo positivo hacia el negativo de la batería (u otra fuente de diferencia de potencial). Ese sentido corresponde al movimiento que tendrían las partículas cargadas positivamente. Es un recuerdo de la época en que se consideraba que la corriente eléctrica era el movimiento del fluido eléctrico positivo.

Hoy se sabe que la corriente eléctrica en los metales es un movimiento ordenado de electrones que se mueven del polo negativo al positivo de la batería. Ese sería, entonces, el sentido de la corriente eléctrica. Sin embargo, la visión incorrecta perduró como convención en los esquemas de los circuitos eléctricos. De este modo, el sentido verdadero de la corriente se denomina a veces *sentido físico de la corriente eléctrica* para distinguirlo del sentido convencional.

Los circuitos más complejos consisten en una o varias baterías, diversos dispositivos eléctricos y varios alambres e interruptores. Algunos ejemplos de estos circuitos son:

- La conexión en serie de dos focos (Figura 3.57a y 3.58a).
- La conexión en paralelo de dos focos (Figura 3.57b y 3.58b).
- La conexión mixta de tres focos (Figura 3.57c y 3.58c).

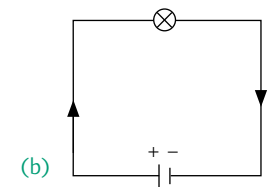
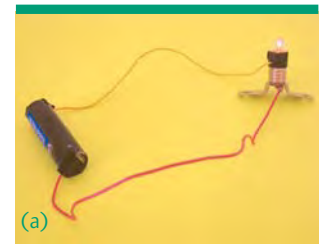
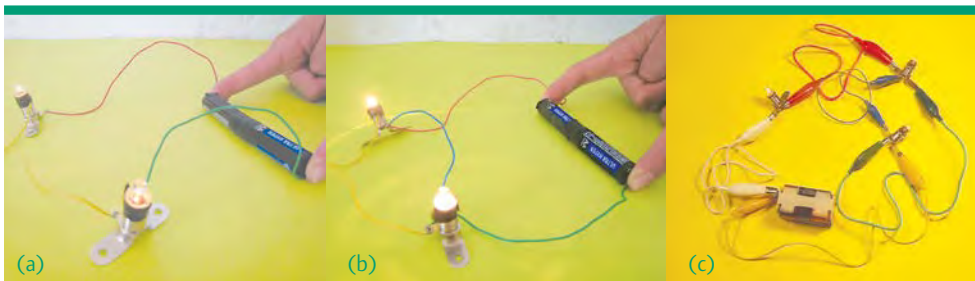
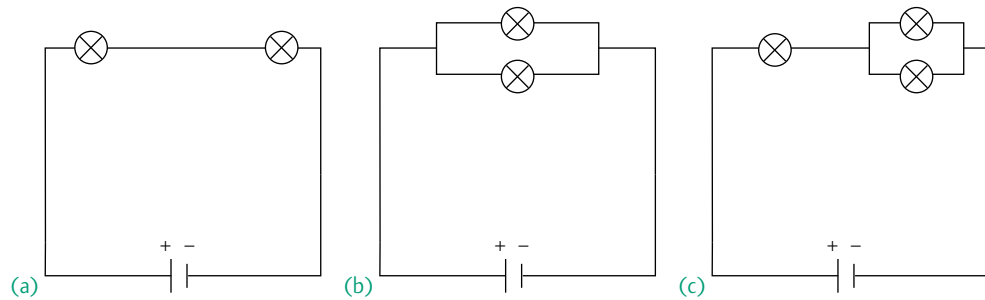


Figura 3.56 El circuito eléctrico más sencillo (a) y su esquema (b).

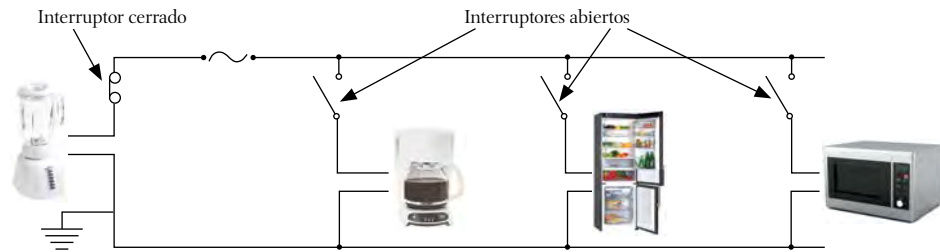
Figura 3.57 Circuitos de mayor complejidad: (a) dos focos en serie; (b) dos focos en paralelo; (c) tres focos en conexión mixta.

Figura 3.58 Esquemas de circuitos de mayor complejidad: (a) dos focos en serie; (b) dos focos en paralelo; (c) tres focos en conexión mixta.



Los aparatos eléctricos en una casa se conectan en paralelo con la fuente de voltaje (Figura 3.59). Los interruptores sirven para activar o desactivar la corriente en un aparato.

Figura 3.59 Esquema simplificado de las conexiones eléctricas de una casa.



## CONEXIONES

### Las series de luces de Navidad

El cableado moderno de las series de Navidad permitió resolver un viejo problema: un solo foco quemado hacía que todos los demás se apagaran. Investiga y razona para conocer.

- ¿Cómo se conectaban los focos anteriormente?
- ¿Cómo se conectan los focos en la actualidad?

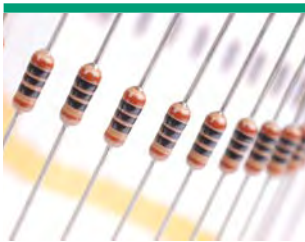


Figura 3.60 Los resistores sirven para optimizar la resistencia de un circuito eléctrico.

Los cálculos relacionados con la resistencia de los elementos de los circuitos eléctricos y las intensidades de las corrientes, se basan en la aplicación de la Ley de Ohm y de otras reglas específicas sobre los voltajes y las corrientes.

Ya que la resistencia es la característica más importante de los elementos que forman un circuito eléctrico, conviene representar los circuitos sencillos como diferentes configuraciones de *resistores* (Figura 3.60).

El **resistor** es el dispositivo eléctrico que sirve para lograr la resistencia deseada de un circuito.

Por ejemplo, el foco de una lámpara actúa en el circuito como si fuera un resistor con la resistencia de  $9\ \Omega$ .

## Resistores conectados en serie

Supongamos que a una batería de voltaje  $U = 4.5\ \text{V}$  se conectan dos resistores en serie, cuyas resistencias son  $R_1 = 10\ \Omega$  y  $R_2 = 5\ \Omega$  (Figura 3.61).

Para calcular la intensidad de la corriente que se establece en el circuito, se tiene que encontrar la *resistencia equivalente* de los dos resistores.

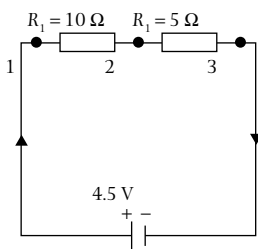


Figura 3.61 Circuito con dos resistores en serie.

La **resistencia equivalente** afecta la intensidad de la corriente de la misma manera que la acción conjunta de los resistores en cuestión.

En un circuito con dos resistores en serie, la intensidad de la corriente es igual en todos los puntos del circuito. En otras palabras, se establece la misma intensidad de la corriente tanto en el resistor  $R_1$  como en el resistor  $R_2$ .

Lo que difiere entre ambos resistores es la *caída de potencial*.

La **caída de potencial** en un resistor es igual al producto de la corriente que se establece en él y de su resistencia.

Entonces, las caídas de potencial en los dos resistores son:

$$U_1 = IR_1$$

$$U_2 = IR_2$$

La caída de potencial del resistor  $R_1$  es la diferencia de potencial entre los puntos 1 y 2, mientras que la caída de potencial del resistor  $R_2$  es la diferencia de potencial entre los puntos 2 y 3. El punto 1 está al mismo potencial que el polo positivo de la batería, pues la resistencia del cable que lo conecta con el polo positivo es despreciable y no hay en él caída de potencial. De la misma manera, el punto 3 está al mismo potencial que el polo negativo de la batería.

Al tomar en cuenta lo anterior, se afirma que:

$$U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$

Si se despeja la intensidad de la corriente, se obtiene:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

Dicha expresión para la intensidad de la corriente coincide con la Ley de Ohm si se escribe como:

$$I = \frac{U}{R_e}$$

donde  $R_e = R_1 + R_2$  es la *resistencia equivalente* de los dos resistores en serie. Al aplicar el mismo procedimiento, se llega a la regla:

La **resistencia equivalente** de los resistores conectados en serie, es igual a la suma de sus resistencias.

¿Cuál sería la intensidad de la corriente en el circuito de la [Figura 3.61](#)?

La resistencia equivalente es:

$$R_e = R_1 + R_2 = 10 \, \Omega + 5 \, \Omega = 15 \, \Omega$$

Al aplicar la Ley de Ohm con esa resistencia equivalente, se tiene la intensidad de la corriente:

$$I = \frac{U}{R_e} = \frac{4.5 \, \text{V}}{15 \, \Omega} = 0.3 \, \text{A}$$

Las caídas de potencial en los resistores son:

$$U_1 = IR_1 = 0.3 \, \text{A} \cdot 10 \, \Omega = 3 \, \text{V}$$

$$U_2 = IR_2 = 0.3 \, \text{A} \cdot 5 \, \Omega = 1.5 \, \text{V}$$

Su suma es igual al voltaje de la batería:

$$U_1 + U_2 = 3 \, \text{V} + 1.5 \, \text{V} = 4.5 \, \text{V} = U$$

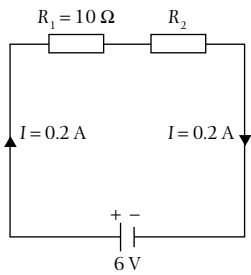


Figura 3.62 Circuito con una resistencia desconocida.

## EJEMPLO

Un circuito en el que hay una resistencia desconocida está representado en la Figura 3.62. ¿Cuál es la resistencia desconocida  $R_2$ ?

### Solución

Según los datos de la Figura 3.62, la resistencia equivalente es:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6 \text{ V}}{0.2 \text{ A}} = 30 \Omega$$

Como para la resistencia equivalente vale  $R_e = R_1 + R_2$ , la resistencia  $R_2$  es:

$$R_2 = R_e - R_1 = 30 \Omega - 10 \Omega = 20 \Omega$$

La caída de potencial en el primer resistor es de 2 V. Entonces, la caída de potencial en el segundo debe ser de 4 V. Esto es posible sólo si la resistencia es de 20  $\Omega$ .

## EN ACCIÓN

Tres resistores de 2  $\Omega$ , 2  $\Omega$  y 6  $\Omega$  se conectan en serie a una batería de voltaje igual a 6 V.

- 1 Dibuja el esquema del circuito.

- 2 Calcula:
  - a) La resistencia equivalente.
  - b) La intensidad de la corriente.
  - c) La caída de potencial de cada resistor.

- 3 Verifica que la suma de las caídas de potencial sea igual que el voltaje de la batería.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Relaciona las expresiones simbólicas de la electricidad y sus ramas con los rasgos observables a simple vista en fenómenos de este tipo.

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

## Resistores conectados en paralelo

Supongamos que ahora los resistores de la [Figura 3.60](#) están conectados en paralelo ([Figura 3.63](#)).

De nuevo el problema es encontrar la resistencia equivalente de los dos resistores conectados en paralelo.

Se nota en el esquema que la intensidad de la corriente ya no es la misma en todos los puntos del circuito. Esto se debe al hecho de que ahora la caída de potencial (el producto de la intensidad de la corriente y de la resistencia) es igual en ambos resistores y al voltaje de la batería. Como las resistencias son diferentes, las intensidades también lo son. La intensidad de la corriente es mayor en el resistor con la resistencia menor.

En el punto de ramificación vale que:

$$I = I_1 + I_2$$

donde  $I$  es la intensidad de la corriente en el circuito antes y después de la sección de la conexión en paralelo, mientras que  $I_1$  e  $I_2$  son las intensidades en los resistores  $R_1$  y  $R_2$  respectivamente.

Como la caída de potencial en cada resistor es igual al voltaje de la batería, las intensidades de las corrientes, según la Ley de Ohm, son:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

Al insertar esas expresiones en la ecuación para la intensidad de la corriente, se tiene:

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Si esa ecuación se reescribe en forma de la Ley de Ohm, es:

$$I = \frac{U}{R}$$

se ve que la resistencia equivalente de dos resistencias conectadas en paralelo satisface la relación:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Esta relación se cumple sin importar el número de resistencias conectadas en paralelo.

El valor recíproco de la **resistencia equivalente** a los resistores conectados en paralelo, es igual a la suma de los valores recíprocos de sus resistencias.

Para encontrar la fórmula de la resistencia equivalente de dos resistores en paralelo, se necesita un poco de álgebra:

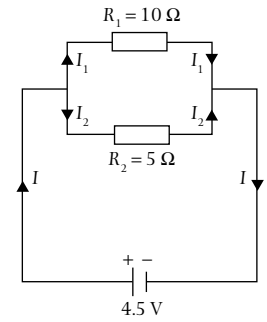
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

Al tomar los valores recíprocos de ambos lados, se obtiene:

$$R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Para el circuito en la [Figura 3.63](#), el valor de la resistencia equivalente es:

$$R_e = \frac{10 \Omega \cdot 5 \Omega}{10 \Omega + 5 \Omega} = \frac{50 \Omega^2}{15 \Omega} = 3.33 \Omega$$



[Figura 3.63](#) Resistores conectados en paralelo.

Es importante que notes bien que la resistencia equivalente de dos resistores en paralelo es **menor** que cada resistencia individual. En este caso,  $3.33 \Omega$  es menor que  $5 \Omega$  y, evidentemente, menor que  $10 \Omega$ .

La intensidad de la corriente en el circuito antes y después de la sección de la conexión en paralelo es:

$$I = \frac{U}{R_e} = \frac{4.5 \text{ V}}{3.33 \Omega} = 1.35 \text{ A}$$

Las intensidades de las corrientes en los resistores son:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{4.5 \text{ V}}{10 \Omega} = 0.45 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{4.5 \text{ V}}{5 \Omega} = 0.9 \text{ A}$$

Su suma es:

$$I_1 + I_2 = 0.45 \text{ A} + 0.9 \text{ A} = 1.35 \text{ A} = I$$

### EJEMPLO

Dos resistores están conectados en paralelo como se indica en la [Figura 3.64](#). ¿Cuál es el valor de la resistencia desconocida?

#### Solución

Con los datos de la [Figura 3.64](#) se halla con facilidad la resistencia equivalente de la conexión paralela:

$$R_e = \frac{U}{I} = \frac{12 \text{ V}}{5.2 \text{ A}} = 2.3 \Omega$$

De la ecuación para la resistencia equivalente se tiene:

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_e} - \frac{1}{R_1} = \frac{1}{2.3 \Omega} - \frac{1}{10 \Omega} = \frac{10 \Omega - 2.3 \Omega}{23 \Omega^2} = \frac{7.7}{23 \Omega}$$

Al tomar el valor recíproco de ambos lados, se tiene:

$$R_2 = \frac{23 \Omega}{7.7} = 2.987 \Omega \approx 3 \Omega$$

El mismo resultado se puede encontrar siguiendo un proceso más sencillo.

La intensidad de la corriente a través del primer resistor es:

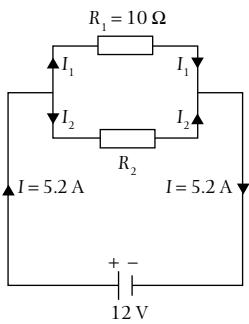
$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12 \text{ V}}{10 \Omega} = 1.2 \text{ A}$$

La intensidad de la corriente en el resistor con la resistencia desconocida es:

$$I_2 = I - I_1 = 5.2 \text{ A} - 1.2 \text{ A} = 4 \text{ A}$$

La resistencia desconocida, según la Ley de Ohm, es:

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{12 \text{ V}}{4 \text{ A}} = 3 \Omega$$



**Figura 3.64** Resistores en paralelo. El valor de uno de ellos es desconocido.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Identifica problemas con base a información proporcionada de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

### EN ACCIÓN

#### Resistencia equivalente de tres resistencias en paralelo

Esta resistencia es:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

En equipos demuestren que esa relación implica que la fórmula para la resistencia equivalente es:

$$R_e = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$



## Conexión mixta de resistores

Si se conocen las reglas para las conexiones en serie y en paralelo, no es complicado considerar las conexiones mixtas. A modo de ejemplo veamos la conexión de la **Figura 3.65**.

¿Cuáles son las intensidades de las corrientes en las resistencias? La resistencia equivalente  $R_e$  de esa conexión mixta de resistencias se puede hallar imaginándola como la resistencia equivalente de dos resistores conectados en serie. Uno es el resistor con la resistencia  $R_1$  y la otra un resistor con la resistencia equivalente  $R_{23}$  de los resistores conectados en paralelo  $R_2$  y  $R_3$ .

El valor de  $R_{23}$  es:

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{7 \Omega \cdot 9 \Omega}{7 \Omega + 9 \Omega} = 3.94 \Omega$$

La resistencia equivalente de toda la conexión sería:

$$R_e = R_1 + R_{23} = 5 \Omega + 3.94 \Omega = 8.94 \Omega$$

Entonces, la intensidad de la corriente en el circuito es:

$$I = \frac{U}{R_e} = \frac{9 \text{ V}}{8.94 \Omega} = 1.007 \text{ A}$$

Esa corriente también se establece en el resistor  $R_1$ .

La caída de potencial en ese resistor es:

$$U_1 = I_1 R_1 = 1.007 \text{ A} \cdot 5 \Omega = 5.035 \text{ V}$$

La caída de potencial para los resistores  $R_2$  y  $R_3$  es:

$$U_{23} = U - U_1 = 9 \text{ V} - 5.035 \text{ V} = 3.965 \text{ V}$$

Así, las intensidades de las corrientes en esos resistores son:

$$I_2 = \frac{U_{23}}{R_2} = \frac{3.965 \text{ V}}{7 \Omega} = 0.566 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{U_{23}}{R_3} = \frac{3.965 \text{ V}}{9 \Omega} = 0.441 \text{ A}$$

No está de más verificar que  $0.566 \text{ A} + 0.441 \text{ A}$  es igual a  $1.007 \text{ A}$ , lo que es la intensidad de la corriente antes de la ramificación.

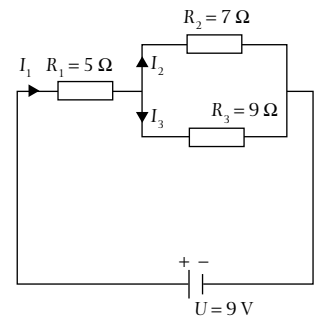


Figura 3.65 Conexión mixta de tres resistores.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Hace explícitas las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas de la Ley de Coulomb, campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico, Ley de Ohm, Ley de Watt y Ley de Joule.

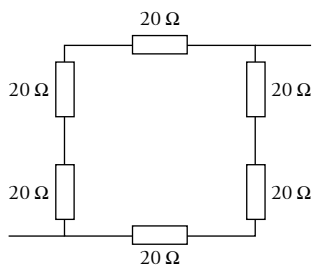


Figura 3.66 Conexión mixta de 6 resistores de  $20\ \Omega$ .

Resuelve los siguientes problemas relacionados con circuitos en serie, paralelo y mixtos.

- 1 Tres resistores de  $4\ \Omega$ ,  $8\ \Omega$  y  $12\ \Omega$  están conectados en serie a un resistor con resistencia desconocida.
  - a) Si la resistencia equivalente de este circuito es  $30\ \Omega$ , ¿cuál es el valor de la resistencia desconocida?
  - b) Si la intensidad de corriente en el circuito es de  $4\ \text{A}$ , ¿cuál es el voltaje de la fuente de potencial?

- 2 ¿Cuál es la resistencia equivalente de la conexión de resistores de la Figura 3.66?

- 3 Tres resistores de  $12\ \Omega$ ,  $16\ \Omega$  y  $20\ \Omega$  están conectados en paralelo. ¿Qué resistencia tendría un cuarto resistor conectado con ellos en serie para que la resistencia equivalente fuese de  $25\ \Omega$ ?

- 4 ¿Cómo deben conectarse unas resistencias de  $2\ \Omega$ ,  $3\ \Omega$  y  $6\ \Omega$  para que la resistencia equivalente sea de  $4\ \Omega$ ?

- 5 ¿Qué valores de la resistencia se pueden obtener conectando de diferentes maneras los resistores con las resistencias  $R_1 = 1 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$  y  $R_3 = 3 \Omega$ ? No es necesario usar siempre los tres resistores.

- 6 Al comenzar a anochecer, en una casa se encienden tres focos de 40, 60 y 75 W. Las resistencias de los focos son respectivamente de  $360 \Omega$ ,  $240 \Omega$  y  $192 \Omega$ .
- ¿Cuál es la resistencia equivalente de los tres focos encendidos?
  - ¿Cuál es la intensidad de la corriente en el circuito?
  - ¿Cuál es la intensidad de la corriente en cada foco?

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En equipos construyan prototipos de circuitos eléctricos con materiales caseros. Para ello, utilicen focos conectados en serie, en paralelo y mixto.

Una vez que hayan construido sus prototipos, completen la siguiente tabla con la información sobre sus circuitos. Por cada uno apunten la intensidad de la corriente, el voltaje y resistencia equivalente que maneja cada circuito.

CARACTERÍSTICA	CIRCUITO EN SERIE	CIRCUITO EN PARALELO	CIRCUITO MIXTO
Número de resistencias			
Intensidad			
Voltaje			
Resistencia equivalente			
Esquema			

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Describe, con base a sus características, los fenómenos de cargas eléctricas en reposo y en movimiento.

Analiza y comprende el uso de las leyes de: Coulomb, Ohm, Watt, Joule, Ampere y Faraday en el manejo y diseño de circuitos eléctricos.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Diseña prototipos para representar tanto la función de un electroscopio como la conexión de circuitos eléctricos ya sea en serie, paralelo y/o mixto.

## PREGUNTAS Y EJERCICIOS

### ELECTRICIDAD

1. ¿Qué es la electricidad?
2. ¿Cuáles son las ramas de la electricidad?
3. ¿Qué es la electrostática?
4. ¿Qué es la electrodinámica?
5. Menciona cinco aplicaciones que tiene la energía eléctrica.

### ELECTROSTÁTICA

6. ¿Qué es la carga eléctrica?
7. ¿Cuáles son los diferentes tipos de carga eléctrica que existen?
8. Describe las diferentes interacciones que existen entre las cargas eléctricas.
9. ¿Qué es un electroscopio?
10. ¿De cuántas formas se puede cargar eléctricamente un objeto?
11. ¿En qué consiste la carga por contacto?
12. Describe el proceso de carga por inducción.
13. ¿Qué es un conductor eléctrico?
14. ¿Qué es un aislante eléctrico?
15. ¿Qué es un material superconductor?
16. ¿Qué establece la ley de conservación de la carga eléctrica?

### CARGA ELÉCTRICA Y LA LEY DE COULOMB

17. ¿Qué establece la ley de Coulomb?
18. Explica el experimento de la balanza de torsión de Coulomb.
19. ¿En qué unidades se mide la carga eléctrica?
20. ¿Por qué se dice que la carga eléctrica está cuantizada?
21. ¿Cuántos coulombs de carga eléctrica posee un electrón?, ¿y un protón?
22. Encuentra la fuerza de atracción que existe entre un protón y un electrón que se encuentran separados por 1 mm de distancia.
23. Dos esferas idénticas cargadas positivamente se encuentran separadas por una distancia de 0.5 cm. Si la fuerza que se ejercen entre sí es de 0.07 N, ¿cuál es la carga que poseen las esferas?

### CAMPO ELÉCTRICO

24. ¿Qué es un campo eléctrico?

25. ¿Cuál es la expresión algebraica para el campo eléctrico de un cuerpo puntual cargado eléctricamente?
26. ¿En qué unidades se expresa el campo eléctrico?
27. Un cuerpo cargado positivamente con  $0.5 \mu\text{C}$  es atraído por una fuerza eléctrica de 0.03 N. ¿Cuál es la magnitud del campo eléctrico que atrae a la carga positiva?
28. Encuentra la magnitud del campo eléctrico que produce un electrón a una distancia de 1 nm.
29. ¿Qué son las líneas de campo?
30. Dibuja las líneas de campo de un cuerpo puntual con carga a) positiva y b) negativa.
31. Dibuja las líneas de campo que existen entre dos cuerpos cargados eléctricamente con a) exactamente la misma carga b) con cargas de la misma magnitud pero opuestas en signo.

### ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA Y POTENCIAL ELÉCTRICO

32. ¿Qué es la energía potencial eléctrica?
33. ¿Qué es el potencial eléctrico?
34. ¿En qué unidades se mide la energía potencial eléctrica en el sistema internacional de unidades?
35. ¿Qué es un volt?
36. ¿Qué es la diferencia de potencial que existe entre dos puntos?
37. Explica el proceso en el cual se forma un relámpago.
38. ¿Cuál es el trabajo que se tiene que realizar para que un electrón se coloque a una distancia de 1.2 nm del núcleo de un átomo con 3 protones?
39. Si se requiere de un trabajo de 0.5 J para que un cuerpo cargado con  $-17.8 \text{ nC}$  se coloque a una distancia de 0.04 cm de otro cuerpo con carga negativa, ¿cuánta carga tiene el segundo cuerpo?

### ELECTRODINÁMICA

40. ¿Qué es la corriente eléctrica?
41. ¿Qué tipo de partículas pueden conformar una corriente eléctrica? Menciona algunos ejemplos.
42. ¿Qué es la intensidad de la corriente eléctrica?
43. ¿En qué unidades se expresa la intensidad de la corriente eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades?
44. ¿Cómo se define el coulomb en términos de la intensidad de corriente eléctrica?

### LA LEY DE OHM Y LA RESISTENCIA ELÉCTRICA

45. ¿Qué establece la ley de Ohm?
46. ¿Qué es la resistencia eléctrica de un material? ¿De qué depende esta propiedad?
47. ¿En qué unidades se mide la resistencia eléctrica en el sistema internacional de unidades?
48. Define el concepto de resistividad.
49. Encuentra la resistencia eléctrica de un cable de cobre que tiene un radio de 2.1 mm y una longitud de 18 m (Resistividad del cobre:  $1.67 \times 10^{-8}$ )
50. Un cable de cobre con una resistencia  $R = 9.1 \Omega$  tiene una longitud de 195 km. ¿Cuál es el radio del cable?
51. ¿Cuál es la expresión algebraica que determina el cambio en la resistencia eléctrica con un cambio en la temperatura?
52. Encuentra el incremento que tiene un cable de cobre en su resistencia eléctrica si éste tiene una resistencia inicial de  $4.3 \Omega$  y su temperatura cambia de  $17^\circ\text{C}$  hasta  $55^\circ\text{C}$ .

### ENERGÍA ELÉCTRICA

53. ¿Qué es la energía eléctrica?
54. ¿Qué es el trabajo eléctrico?
55. ¿Qué es el efecto Joule?
56. Si por un cable se establece una corriente con una intensidad de 4.8 A cuando se conecta a una fuente de voltaje de 155 V, ¿qué cantidad de calor se generaría durante 45 minutos?
57. Un cable de cobre libera 870 000 cal de calor después de estar conectado a una fuente de voltaje de 200 V durante 50 minutos. ¿Cuál es el valor de la intensidad de la corriente que pasa por el cable?
58. ¿Qué es la potencia eléctrica?
59. ¿Qué establece la ley de Watt?
60. Si se conectan 25 focos de 75 W en paralelo a una fuente de 120 V, ¿cuál es la intensidad de corriente que deberá soportar el circuito?
61. ¿Qué corriente transita por un foco de 100 W cuando éste se conecta a una fuente de voltaje de 120 V?

### CIRCUITOS ELÉCTRICOS

62. ¿Qué es un circuito eléctrico?
63. Describe las características de un circuito en serie.
64. Describe las características de un circuito en paralelo.

65. ¿Qué tipo de circuito eléctrico se utiliza en las instalaciones eléctricas de una casa?
66. Cuatro resistores de  $12 \Omega$ ,  $7 \Omega$ ,  $22 \Omega$ , y  $15 \Omega$ , se conectan en serie a una pila de 6 V. a) Encuentra el valor de la resistencia equivalente del circuito. b) Encuentra el valor de la intensidad de corriente total que transita por el circuito.
67. Cuatro resistencias de  $8 \Omega$ ,  $24 \Omega$ ,  $17 \Omega$ , y  $5 \Omega$ , se conectan en paralelo a una pila de 6 V. a) Encuentra el valor de la resistencia equivalente del circuito. b) Encuentra el valor de la intensidad de corriente que transita por el circuito.
68. Para el circuito eléctrico que se muestra en la Figura 3.71 encuentra: a) La resistencia equivalente, b) la caída de potencial en cada resistencia, c) La intensidad de corriente en cada resistencia.

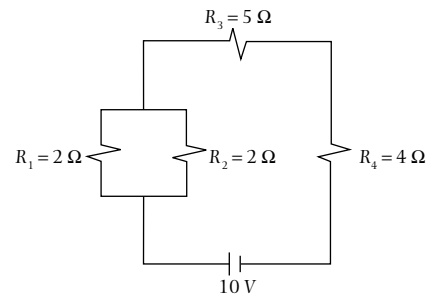


Figura 3.71 Un circuito eléctrico mixto.

69. Para el circuito eléctrico que se muestra en la Figura 3.72 encuentra: a) La resistencia equivalente, b) la intensidad de corriente total que transita por el circuito y c) la caída de potencial en cada resistencia.

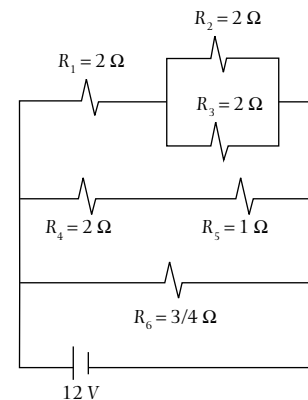


Figura 3.72 Un circuito eléctrico mixto.

# EVALUACIÓN DEL BLOQUE

## Autoevaluación

**Instrucciones:** estima tu nivel de logro de los siguientes desempeños y escribe qué debes hacer para mejorarlo.

- 3 Lo puedo enseñar a otros      2 Lo puedo hacer solo      1 Necesito ayuda

DESEMPEÑOS	1	2	3	PARA MEJORAR MI DESEMPEÑO DEBO:
Identifico la importancia de los métodos de investigación y su relevancia en el desarrollo de la ciencia como la solución de problemas cotidianos.				
Reconozco y comprendo el uso de las magnitudes físicas y su medición como herramientas de uso en la actividad científica de mi entorno.				
Interpreto el uso de la notación científica y de los prefijos como una herramienta de uso que me permite representar números enteros y decimales.				
Identifico las características y propiedades de los vectores que me permiten su manejo y aplicación en la solución de problemas cotidianos.				

## Coevaluación

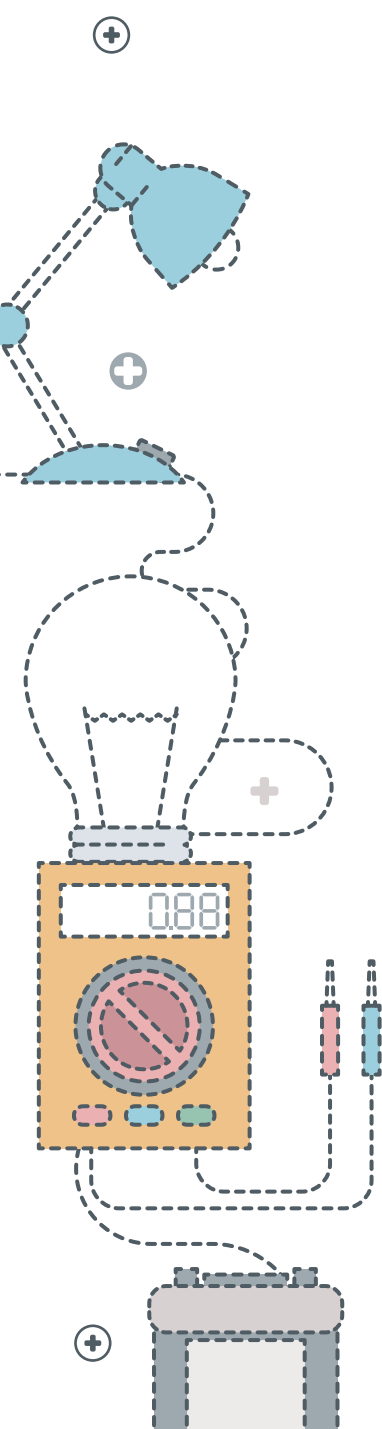
**Instrucciones:** evalúa el trabajo que realizó cada compañero de tu equipo cuando participaron en las actividades colaborativas de las secciones **Actividad de aprendizaje** y **En acción**. Obtengan la suma del puntaje de acuerdo a la siguiente escala.

- 3 Muy bien      2 Bien      1 Regular      0 Deficiente

ASPECTOS A EVALUAR	INTEGRANTES DEL EQUIPO				
	1	2	3	4	5
Aporta sus conocimientos para lograr los fines de la actividad.					
Propone maneras de llevar a cabo la actividad.					
Escucha y respeta las opiniones de los demás.					
<b>TOTAL DE PUNTOS</b>					

## Heteroevaluación

En la página 247 encontrarás una serie de preguntas que permitirán que tu profesor evalúe los conocimientos que adquiriste en este bloque. Respóndelas, recorta la hoja y entrégala a tu profesor.



## Evaluación de actividades de aprendizaje y portafolio de evidencias

La siguiente es una lista de las actividades que le ayudarán a tu profesor a evaluar el trabajo que realizaste durante este bloque. En la página 239 encontrarás algunos modelos de los instrumentos de evaluación que utilizará.

ACTIVIDAD	EVIDENCIA	UBICACIÓN	INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN
Realizar una consulta bibliográfica sobre los antecedentes históricos más sobresalientes en el estudio de la electricidad y elaborar una tabla que contenga las aportaciones más importantes de diversos investigadores en este campo de estudio.	Tabla comparativa.	Actividad de aprendizaje, pág. 135	Rúbrica.
Elaborar un listado de aparatos, instrumentos o herramientas que funcionen con electricidad.	Lista de aparatos.	Actividad de aprendizaje, pág. 136	Rúbrica.
Realizar una consulta en diferentes medios bibliográficos o electrónicos sobre el electroscopio y su funcionamiento. Con la información recabada contestar una serie de preguntas.	Respuesta a preguntas realizadas.	Actividad de aprendizaje, pág. 140	Rúbrica.
Elaborar un mapa mental con ilustraciones sobre las diferentes formas de electrizar un cuerpo.	Mapa mental.	Actividad de aprendizaje, pág. 142	Lista de cotejo.
Investigar acerca de los conductores, aislantes, semiconductores y superconductores. Elaborar una tabla con las características de cada uno.	Tabla.	Actividad de aprendizaje, pág. 143	Rúbrica.
Resolver cuestionamientos y problemas referentes a la ley de Coulomb.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 149-151	Rúbrica.
Investigar sobre las líneas de campo y dibujar los campos eléctricos de dos cargas puntuales en distintas posiciones.	Dibujo de las líneas de campo.	Actividad de aprendizaje, pág. 154	Rúbrica.
Investigar y elaborar una tabla que contenga la definición a cada concepto de energía potencial eléctrica, potencial eléctrico y voltaje y la aplicación del mismo a la vida cotidiana.	Tabla.	Actividad de aprendizaje, pág. 158	Rúbrica.
Resolver problemas y cuestionamientos sobre campo eléctrico, energía potencial eléctrica, potencial eléctrico y voltaje.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 161-162	Rúbrica.
Elaborar una tabla que registre los conceptos, modelos, variables y unidades de medida de la electrodinámica.	Tabla.	Actividad de aprendizaje, pág. 169	Rúbrica.
Buscar información para completar una tabla con los conceptos y las unidades de medida para explicar las leyes de Ohm, Watt y el efecto Joule.	Tabla.	Actividad de aprendizaje, pág. 175	Rúbrica.
Hacer un inventario de aparatos eléctricos e investigar sus características eléctricas, calculando el consumo diario de energía eléctrica, así como el semanal.	Tabla.	Actividad de aprendizaje, págs. 178-179	Lista de cotejo.
Resolver problemas relacionados con la corriente eléctrica y con las leyes de Ohm, Watt y Joule.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 179-181	Rúbrica.
Resolver problemas relacionados con circuitos en serie, paralelo y mixtos.	Problemario.	Actividad de aprendizaje, págs. 188-189	Rúbrica.
Construir prototipos de circuitos eléctricos en serie, paralelo y mixto, hechos con materiales caseros y completar una tabla con las características de los circuitos construidos.	Prototipos.	Actividad de aprendizaje, pág. 189	Lista de cotejo y rúbrica.

## 4

TIEMPO ASIGNADO AL BLOQUE

20 horas

# RELACIONAS LA ELECTRICIDAD CON EL MAGNETISMO

## OBJETOS DE APRENDIZAJE

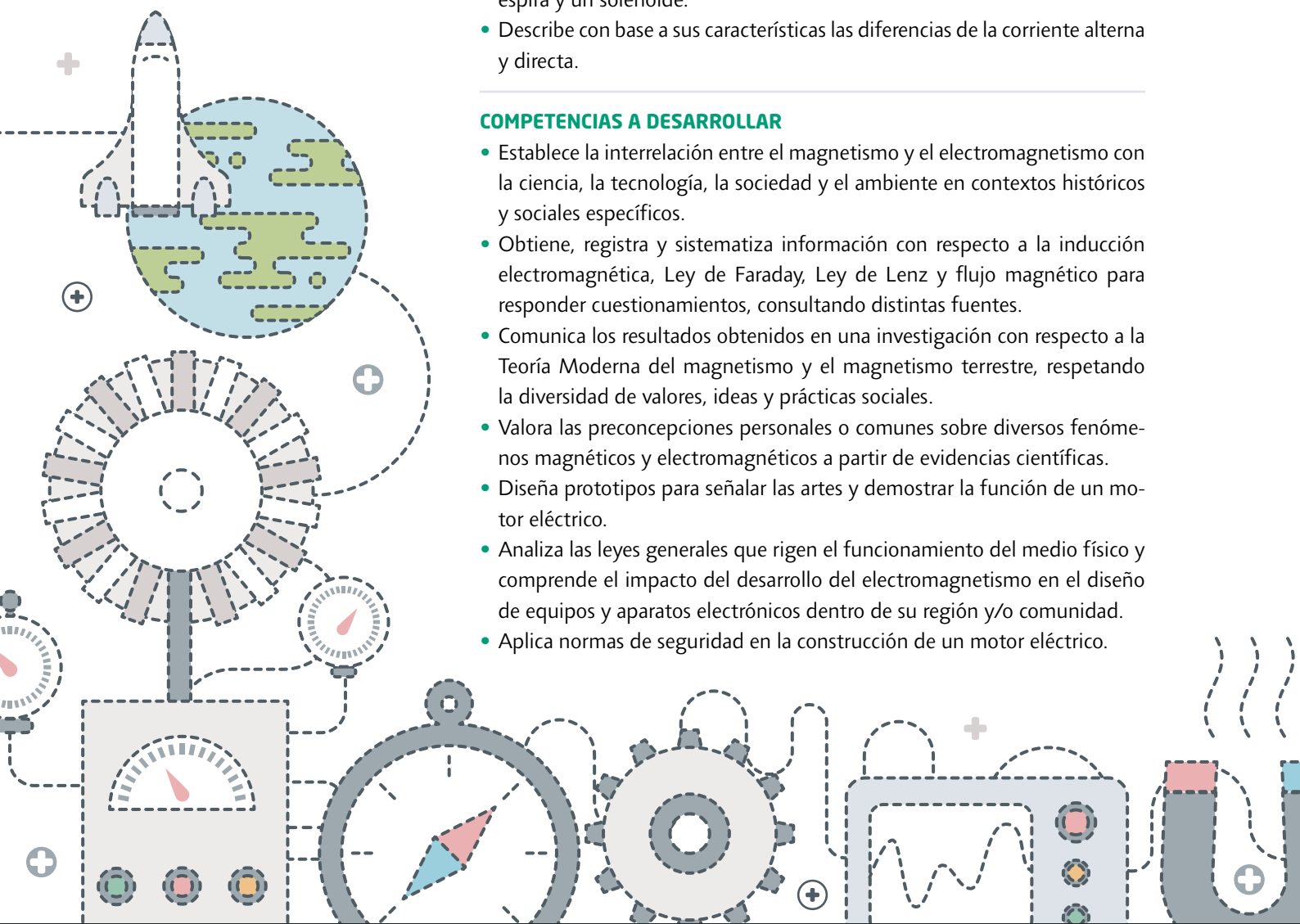
- Magnetismo.
- Electromagnetismo.

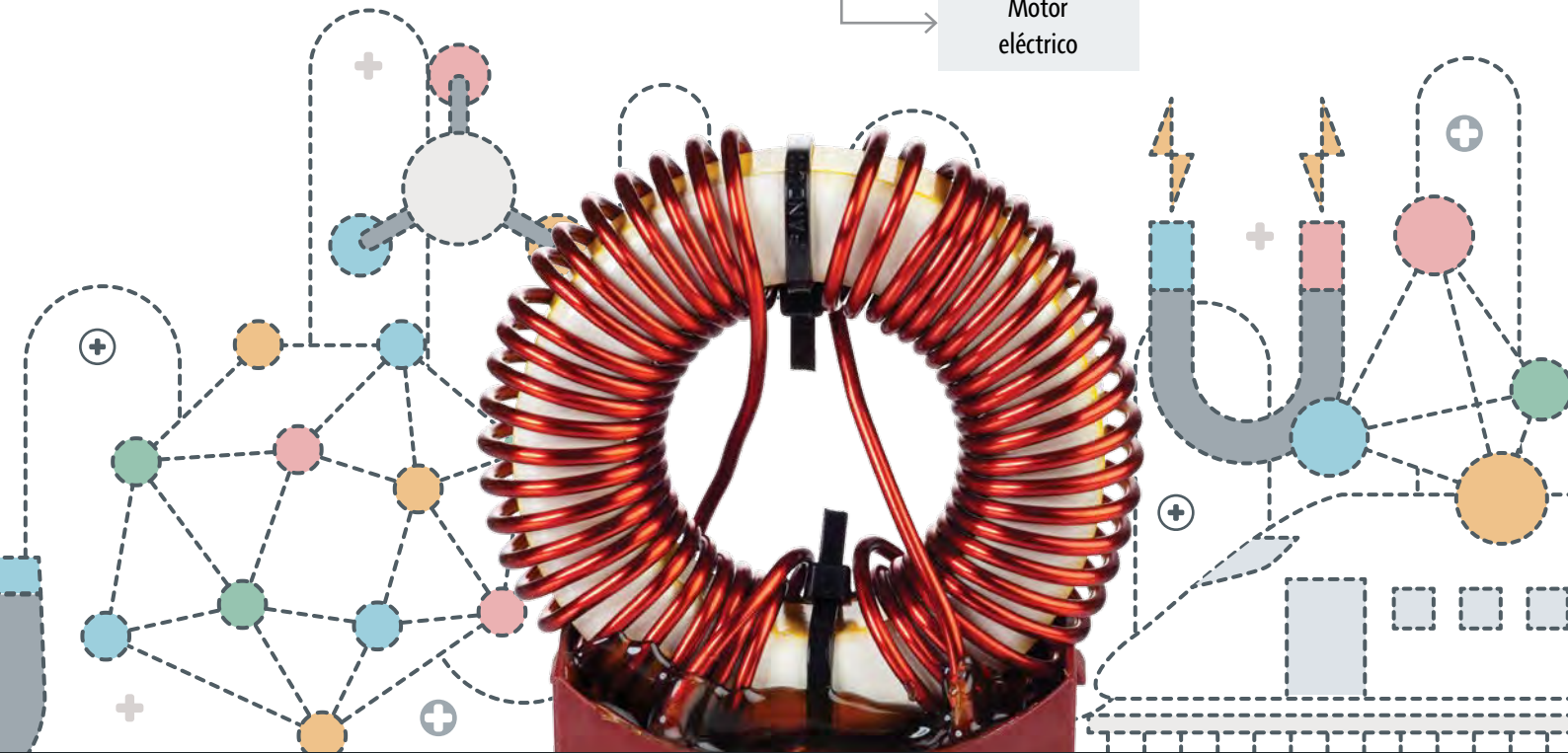
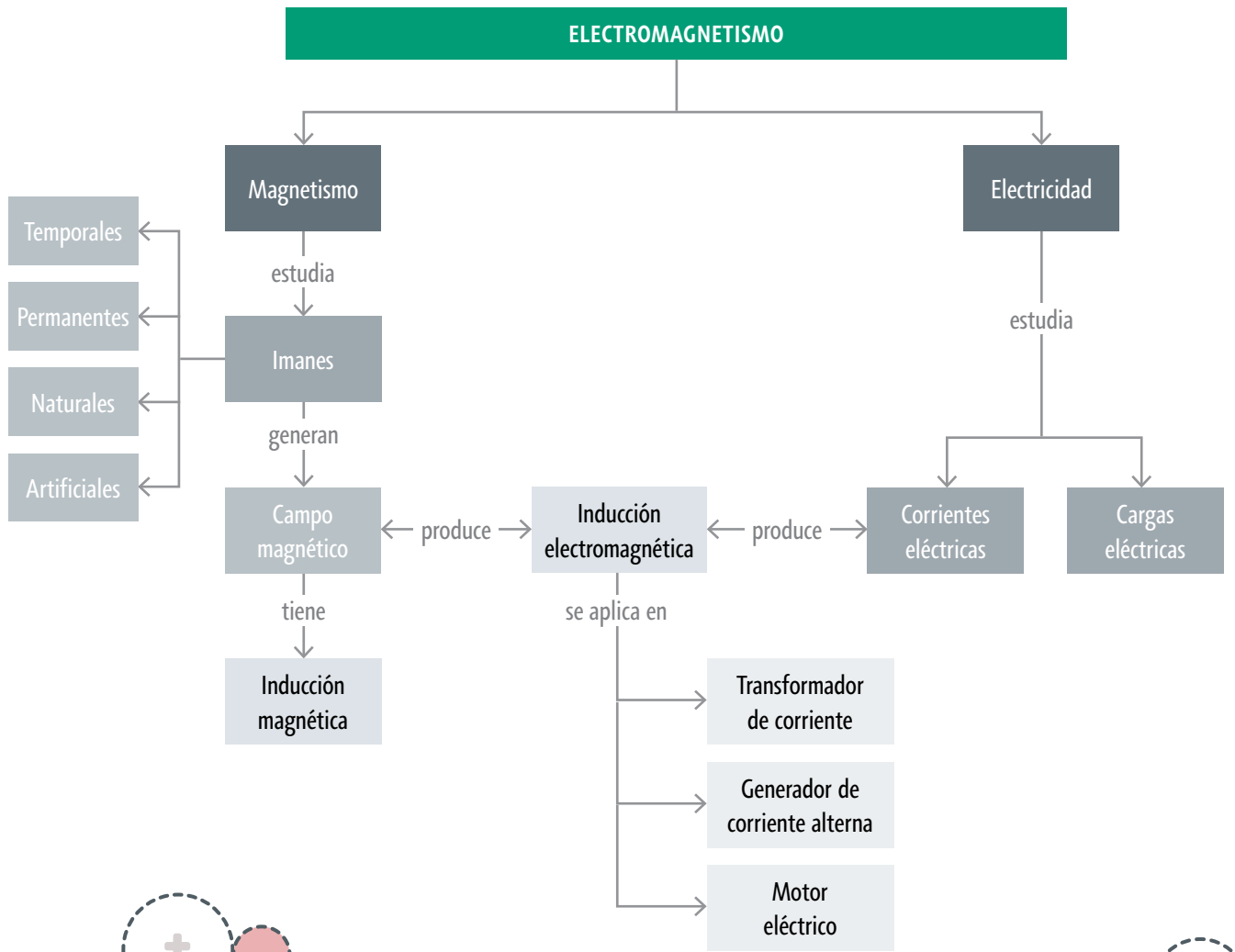
## DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

- Define conceptos básicos relacionados con el magnetismo y el electromagnetismo.
- Identifica y analiza el campo magnético generado por los imanes, por una espira y un solenoide.
- Describe con base a sus características las diferencias de la corriente alterna y directa.

## COMPETENCIAS A DESARROLLAR

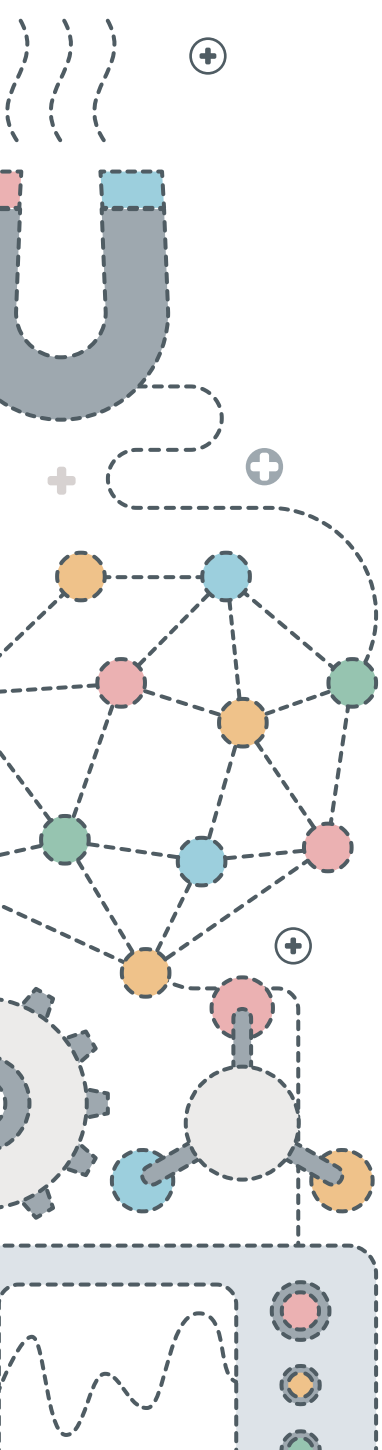
- Establece la interrelación entre el magnetismo y el electromagnetismo con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.
- Obtiene, registra y sistematiza información con respecto a la inducción electromagnética, Ley de Faraday, Ley de Lenz y flujo magnético para responder cuestionamientos, consultando distintas fuentes.
- Comunica los resultados obtenidos en una investigación con respecto a la Teoría Moderna del magnetismo y el magnetismo terrestre, respetando la diversidad de valores, ideas y prácticas sociales.
- Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos magnéticos y electromagnéticos a partir de evidencias científicas.
- Diseña prototipos para señalar las artes y demostrar la función de un motor eléctrico.
- Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y comprende el impacto del desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos dentro de su región y/o comunidad.
- Aplica normas de seguridad en la construcción de un motor eléctrico.





# EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

En ocasiones no nos damos cuenta de lo que sabemos hasta que nos preguntan; para conocer qué tanto sabes, proponemos que leas y respondas las siguientes preguntas acerca de algunos conocimientos, habilidades, actitudes y valores que se trabajarán en este bloque.

- 
- 1 Si cortaras un imán de barra a la mitad, ¿qué sucedería con los polos?
    - a) Desaparecen los polos del imán.
    - b) Cada mitad se queda con un polo: norte o sur.
    - c) Las dos mitades se quedan con un polo: norte o sur.
    - d) En cada mitad aparece un nuevo par de polos: norte y sur.
  - 2 Las fuerzas magnéticas pueden ser:
    - a) Atractivas.
    - b) Repulsivas.
    - c) Atractivas y repulsivas.
    - d) Ninguna de las anteriores.
  - 3 Un globo de vidrio cargado positivamente cuelga de un plafón. ¿Qué sucede si le acercamos el polo norte de un imán de barra?
    - a) No sucederá nada.
    - b) El globo se reventará.
    - c) El imán repelerá al globo de vidrio.
    - d) El globo de vidrio será atraído hacia el imán.
  - 4 ¿Cómo se puede imantar una barra de aluminio?
    - a) No es posible hacerlo.
    - b) Mojando la barra de aluminio.
    - c) Acercando la barra a un objeto magnetizado.
    - d) Frotando la barra de aluminio contra un objeto cargado.
  - 5 Los imanes tienen un polo norte y un polo sur, ¿en qué circunstancias las fuerzas magnéticas serán atractivas y en cuáles repulsivas? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  - 6 ¿Por qué es necesario utilizar una brújula para los puntos cardinales? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  - 7 ¿Qué polo magnético se encuentra cerca del polo norte geográfico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  - 8 ¿Por qué la cercanía de una llave (u otro objeto) de hierro afecta el buen funcionamiento de las brújulas? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Magnetismo

Por lo general, los imanes son objetos de mucha utilidad y que, incluso a veces, resultan ser juguetes divertidos. ¿Sabes desde cuándo el ser humano ha jugado con imanes?, ¿por qué una brújula siempre apunta hacia el norte?, ¿por qué la Tierra se comporta como un imán gigante?

El comportamiento de los imanes y todos los fenómenos en los que intervienen son analizados por el magnetismo. Por extraño que parezca, el estudio de los imanes se remonta 800 años antes de Cristo en la ciudad de Magnesia. Los griegos utilizaron piedras que atraían distintos metales (Figura 4.1). El magnetismo adquirió su nombre gracias a esta ciudad y fue debido a los griegos que el magnetismo comenzó a estudiarse desde una edad muy temprana.

De acuerdo con una antigua leyenda griega, la atracción magnética fue descubierta por un pastor quien, al estar a punto de atrapar a una oveja que había escapado del rebaño, se quedó pegado a una roca negra. Al suceder esto, el pastor notó, para su gran sorpresa y ligero espanto, que la roca no le permitía levantar sus zapatos. Con mucho esfuerzo los despegó deshechos, pues ¡los clavos de hierro que éstos tenían, se quedaron pegados a la roca!

Como en toda leyenda, un hecho asombroso como lo es la existencia de rocas que atraen los objetos de hierro, se transforma en una historia adornada con detalles fantásticos que la hacen inolvidable. Vale la pena dejar el mundo fantástico y revisar el desarrollo histórico de las ideas y experimentos científicos sobre el magnetismo.



Figura 4.1 La magnetita es un mineral que posee propiedades magnéticas y recibe su nombre a partir de la ciudad de Magnesia.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

- 1 Reúnanse en equipos de tres personas y realicen una investigación bibliográfica sobre los antecedentes históricos más sobresalientes acerca del estudio del magnetismo. Completen la tabla que se muestra a continuación con la aportación de cada personaje que se enlistan, así como la fecha en que se llevó a cabo dicha aportación.
- 2 Elaboren una línea de tiempo con todo el material que investigaron.

PERSONAJE	APORTACIÓN
Antiguos griegos de la ciudad de Magnesia	
Hans Christian Oersted	
André Marie Ampère	
Carl Friedrich Gauss	
Michael Faraday	
James Clerk Maxwell	

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el magnetismo y el electromagnetismo.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Establece la interrelación entre el magnetismo y el electromagnetismo con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.

## GLOSARIO

**Fuerza.** Descripción cuantitativa de la interacción entre dos cuerpos.

## Imanes

Los imanes son objetos capaces de atraer o repeler a otros mediante una **fuerza** magnética. Asimismo, los imanes pueden atraer ciertos metales como el hierro y el níquel. Los metales que son atraídos por los imanes reciben el nombre de **ferromagnéticos**. En la actualidad, los imanes son objetos que podemos utilizar en muchas actividades de nuestra vida cotidiana (Figura 4.2).

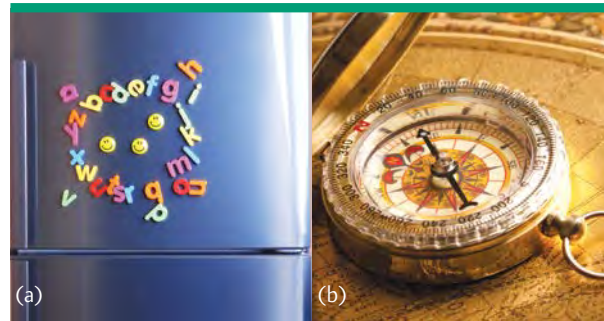


Figura 4.2 Estamos rodeados de imanes en todas sus formas y aplicaciones; por ejemplo, (a) figuras que se pegan magnéticamente en la puerta del refrigerador o (b) brújulas.



Figura 4.3 Los polos son los dos extremos de un imán. En ellos, su poder para atraer objetos de hierro es máximo.



Figura 4.4 Un imán de barra colgado con un extremo (rojo) apuntando hacia el norte.

Todos los imanes tienen dos regiones en las que el poder de atracción de cuerpos de hierro es muy grande y a los que se les conoce, por razones históricas, como **polos** (Figura 4.3).

Un imán de barra tiene sus polos en sus extremos. Si un imán de esta forma cuelga de un hilo, de manera que quede en posición horizontal, uno de sus polos apuntará hacia el norte geográfico. Por esta razón, el polo magnético de ese extremo se denomina *polo norte* (símbolo N). El otro polo recibe el nombre de *polo sur* (símbolo S) (Figura 4.4).

Los polos magnéticos opuestos se atraen (Figura 4.5a), mientras que los polos magnéticos iguales se repelen (Figura 4.5b).

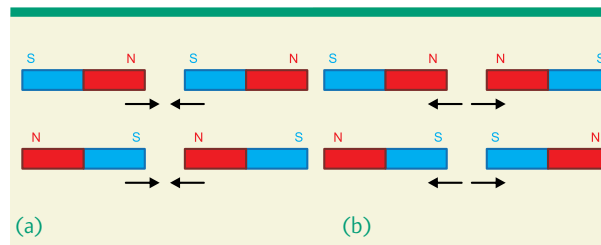


Figura 4.5 (a) Los polos diferentes se atraen y, (b) los polos iguales se repelen.

Así, las fuerzas magnéticas difieren de la fuerza gravitacional. Esta última siempre atrae. Las fuerzas magnéticas son tanto atractivas como repulsivas. Cuanto más cercanos entre sí estén los polos, las fuerzas magnéticas entre ellos –tanto las atractivas como las repulsivas–, serán mayores. Este cambio con la distancia (a mayor distancia, menor fuerza, y a menor distancia, mayor fuerza) caracteriza a las fuerzas gravitacionales. Éstos son hechos básicos acerca de los imanes.

## DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el magnetismo y el electromagnetismo.

Identifica y analiza el campo magnético generado por los imanes, por una espira y un solenoide.

## EN ACCIÓN

Los anillos coloreados de la Figura 4.6 a y b son magnéticos.

- 1 Observa con cuidado las dos figuras para obtener conclusiones acerca del comportamiento de los imanes y contesta las siguientes preguntas:

a) A partir de las figuras, ¿es posible determinar los polos de cada imán? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

b) A partir de las figuras, ¿es posible determinar si los polos de dos anillos contiguos son iguales o diferentes? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

2 A partir de la **Figura 4.6a** supón la posición de los polos del anillo rojo e indícalos con letras N y S en ambas figuras. Luego, de acuerdo con esta suposición, indica con las letras N y S los polos de los otros anillos. Presta atención a las fuerzas de atracción y repulsión existentes entre los anillos.

3 En la **Figura 4.6a**, el anillo amarillo se encuentra encima del verde, y por debajo del anillo azul y el violeta. Tomando en consideración al anillo violeta y al verde, ¿qué anillo ejerce mayor fuerza magnética sobre el anillo amarillo en la **Figura 4.6b**? Justifica tu respuesta.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Los imanes pueden clasificarse en cuatro tipos de acuerdo con su origen o con el tiempo que duran sus propiedades magnéticas en:

1. Naturales.
2. Artificiales.
3. Permanentes.
4. Temporales.

Como su nombre lo indica, los **imanes naturales** son los materiales magnéticos que se encuentran en la naturaleza, quizás el más claro ejemplo lo constituye la magnetita. Los **imanes artificiales**, en cambio, son elaborados por el hombre y se obtienen al frotar un metal como el acero o el hierro con un imán. Si las propiedades magnéticas del imán desaparecen después de un periodo corto, se dice que es un **imán temporal** (**Figura 4.7**). Por otro lado, si las propiedades magnéticas duran por un tiempo largo, entonces se dice que es un **imán permanente**.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

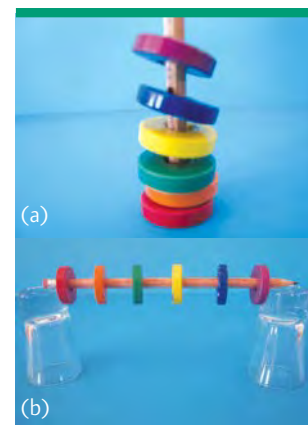
En equipos realicen una consulta bibliográfica sobre los diferentes tipos de imanes que existen. De acuerdo con su investigación, completen la siguiente tabla y anoten las características y algunos ejemplos sobre su uso en la vida cotidiana.

TIPO DE IMÁN	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
Natural.		
Artificial.		

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos magnéticos y electromagnéticos a partir de evidencias científicas.

Establece la interrelación entre el magnetismo y el electromagnetismo con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.



**Figura 4.6** Anillos magnéticos en un lápiz en posición (a) vertical y (b) horizontal.



**Figura 4.7** Un clip magnetizado es un imán temporal, ya que su capacidad para atraer metales dura poco.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el magnetismo y el electromagnetismo.

**COMPETENCIA A DESARROLLAR**

Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y comprende el impacto del desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos dentro de su región y/o comunidad.

**WEB**

Puedes jugar un poco y aprender un poco más acerca de las líneas de campo con las animaciones que se presentan en los siguientes vínculos electrónicos:

<https://goo.gl/SRgQsT>

<https://goo.gl/loeOR6>

**GLOSARIO**

**Brújula.** Instrumento de orientación que sirve para determinar ubicaciones en el globo terrestre. Consiste en una delgada aguja suspendida sobre una base y que bajo condiciones normales apunta siempre al polo norte de la Tierra.

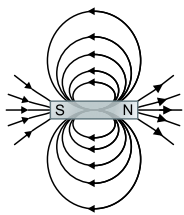


Figura 4.8 Orientación de las líneas de campo.



Figura 4.9 La limadura de hierro se orienta de acuerdo con las líneas de campo, la dirección de éstas es la indicada por el polo norte de una brújula.

TIPO DE IMÁN	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
Temporal.		
Permanente.		

## El campo magnético

En el caso de la interacción entre cuerpos cargados eléctricamente, se concluye que la interacción eléctrica se realiza mediante el campo eléctrico. La misma idea se aplica para comprender la interacción magnética entre los polos de los imanes. Un imán actúa sobre otros mediante su *campo magnético*.

El **campo magnético** es el medio material que hace posible la interacción magnética.

El campo magnético se representa mediante líneas denominadas *líneas de campo*. Éstas van de un polo a otro y tienen la característica de representar la intensidad de un campo magnético con su densidad. Es decir, mientras más juntas estén las líneas, más intenso será el campo magnético. Por el contrario, el campo magnético será más débil mientras más alejadas entre sí se encuentren las líneas de campo.

Si se mueve una **brújula** a lo largo de una línea de campo magnético, la dirección de la aguja será siempre tangencial a la línea. La orientación de la línea coincide con la dirección indicada por el polo norte de la aguja. La representación del campo magnético de un imán de barra mediante líneas de campo se observa en la **Figura 4.8**.

Para tener una idea del concepto de campo magnético, se puede colocar limadura de hierro en las proximidades de un imán. Como muestra la **Figura 4.9**, la limadura se ordena y se *enfila* con las líneas de campo. La brújula sirve para indicar el sentido de las líneas.

La forma y orientación de las líneas de campo magnético entre polos iguales se presentan en la **Figura 4.10a**, y entre polos opuestos en la **Figura 4.10b**.

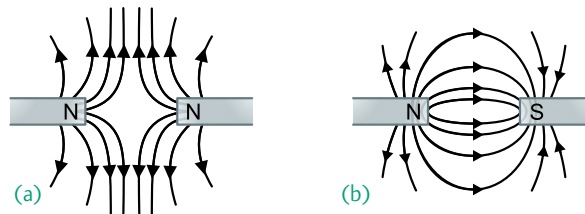


Figura 4.10 La forma y orientación de las líneas de campo en (a) polos iguales y (b) polos opuestos.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

- 1 Elaboren un álbum fotográfico que muestre el campo magnético formado por diferentes tipos de imanes, así como las líneas del campo magnético en la interacción entre ellos. Para elaborar el álbum, busquen ilustraciones en Internet y, si es posible, utilicen limadura de hierro para observar cómo cambia el campo magnético alrededor de distintos tipos de imanes.

2 Dibujen las líneas de campo de los ejemplos que se enlistan en la siguiente tabla:

EJEMPLO	BOSQUEJO
Imán de barra.	
Imán de herradura.	
Dos imanes de barra atraídos en sus polos.	
Dos imanes de barra repelidos en sus polos.	
Tres imanes cuyo polo norte se ubica en las esquinas de un triángulo equilátero.	

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza el campo magnético generado por los imanes, por una espira y un solenoide.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y comprende el impacto del desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos dentro de su región y/o comunidad.

## Teoría moderna del magnetismo

En su intento por explicar las propiedades magnéticas de los cuerpos, el físico francés **André-Marie Ampère** (Figura 4.11) propuso la hipótesis de los *imanes moleculares*, los cuales, al estar ordenados (Figura 4.12a), hacen que el cuerpo muestre propiedades magnéticas, pero en caso de estar desordenados (Figura 4.12b), hacen que el cuerpo carezca de propiedades magnéticas.

Si un imán se calienta mucho, pierde sus propiedades magnéticas; si es golpeado con fuerza, también pierde sus propiedades magnéticas. ¿Cómo se interpretan estos hechos? Según Ampère, el calentamiento o los golpes fuertes desordenarían los pequeños imanes ocasionando la pérdida de las propiedades magnéticas.

La hipótesis de Ampère se modificó cuando se tomaron en cuenta la estructura microscópica de los cuerpos y el hecho de que cada corriente produce y se rodea de un campo magnético.

Si el movimiento de los electrones del átomo se considera una microcorriente, ésta debería poseer un microcampo magnético que podría ser el imán molecular que imaginaba Ampère. Al ordenar dicho campo, surge el campo macroscópico que caracteriza un cuerpo magnético. Si el microcampo magnético no está bien ordenado, la sustancia no muestra propiedades magnéticas.

A diferencia de las propiedades eléctricas que se deben a partículas positivas y negativas separables, no es posible separar los polos de los imanes. Si cortamos un imán en dos, obtenemos dos imanes y cada uno tendrá sus respectivos polos magnéticos.

Por otra parte, no es posible cortar los imanes moleculares y separar sus polos, esto se debe a que el origen de los microcampos es el movimiento del electrón. Los polos sur y norte son las dos caras del movimiento de un solo electrón. Los micropolos existen juntos o no existen.



Figura 4.11 André-Marie Ampère.

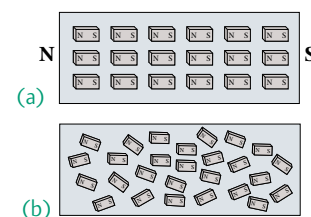
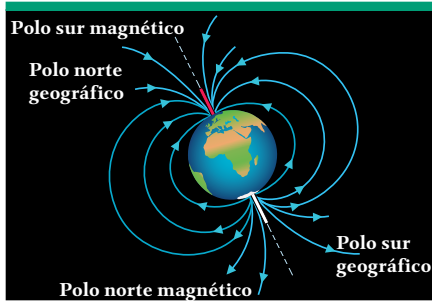


Figura 4.12 Según Ampère, (a) un cuerpo tiene propiedades magnéticas si sus imanes moleculares están ordenados, pero (b) carece de dichas propiedades si sus imanes moleculares están desordenados.



**Figura 4.13** En primera aproximación, el campo magnético de la Tierra es similar al campo magnético de un gran imán de barra.



**Figura 4.14** La aurora boreal es una consecuencia espectacular del magnetismo terrestre.

#### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza el campo magnético generado por los imanes, por una espira y un solenoide.

Define conceptos básicos relacionados con el magnetismo y el electromagnetismo.

#### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Comunica los resultados obtenidos en una investigación con respecto a la Teoría Moderna del magnetismo y el magnetismo terrestre, respetando la diversidad de valores, ideas y prácticas sociales.

Establece la interrelación entre el magnetismo y el electromagnetismo con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.

## Magnetismo terrestre

La Tierra posee un campo magnético que, en una primera aproximación, se parece al que formaría un gigantesco imán de barra que hubiese sido colocado dentro del planeta (Figura 4.13). Las brújulas funcionan gracias a este campo, ya que este instrumento tiene una aguja de metal que se alinea con el campo magnético terrestre. Así, el extremo de la aguja que apunta hacia el polo norte geográfico se llama *polo norte*. Sin embargo, se sabe que en el magnetismo la fuerza de atracción existe sólo entre polos opuestos. Por lo tanto, si el polo norte de la aguja se ve atraído hacia el polo norte geográfico, significa que en el polo norte geográfico se encuentra, en realidad, el polo sur magnético de la Tierra.

Las mediciones revelan que el campo terrestre no depende sólo del magnetismo de la Tierra, sino, también, del llamado *viento solar* que es un flujo de partículas cargadas provenientes del Sol. Algunas de estas partículas son desviadas por el campo magnético de la Tierra y llevadas hacia los polos magnéticos. Cuando éstas chocan con las moléculas de la atmósfera terrestre cerca de los polos, estas partículas se obligan a emitir una luz intensa, cuya emisión produce un fenómeno conocido como *aurora boreal* (en el hemisferio norte) y *aurora austral* (en el hemisferio sur) (Figura 4.14).

Aún no se sabe con certeza a qué se debe el magnetismo de la Tierra. Se cree que en su interior hay metales fundidos que debido a la rotación terrestre y a otros factores, se forman en ellos grandes corrientes eléctricas. Esas corrientes eléctricas podrían ser las causantes de dicho campo magnético.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

- 1 Reúnanse en equipos de tres personas y preparen una exposición oral acerca de la teoría moderna del magnetismo y el magnetismo terrestre. Utilicen diversos recursos como diapositivas, videos o animaciones como materiales de apoyo. Para obtener la información apóyense en su libro de texto y en otras fuentes de consulta.
- 2 Para su exposición elaboren en el siguiente espacio un mapa conceptual que contenga las ideas más importantes que presentarán.

## CONEXIONES

### Los animales y el campo magnético terrestre

Recientemente una noticia sobre el *sentido magnético* de las vacas dio la vuelta al mundo. Se descubrió que estos mamíferos se orientan para comer y dormir con inusual frecuencia en dirección norte-sur, algo que requeriría el poder de detectar el campo magnético de la Tierra (Figura 4.15). Fueron científicos alemanes quienes notaron este comportamiento al analizar fotos satelitales extraídas del programa Google Earth. Así pudieron conocer la conducta de 8 510 bovinos de 308 campos de pastoreo de América Latina, Europa, Asia y África. Asimismo, fue analizado el modo de pastar de las vacas *sagradas* de la India.

Dichos estudios proporcionan una evidencia más de que otros animales son capaces de detectar el campo magnético terrestre para orientarse. Se cree que los animales con *sentido magnético* cuentan con células sensibles al campo magnético terrestre, las cuales contendrían cristales de magnetita, sustancia de origen orgánico con propiedades magnéticas.

1. Investiga en fuentes electrónicas y bibliográficas confiables qué otros animales poseen un *sentido magnético* y qué uso le dan durante su vida.
2. Elabora un resumen donde describas las características de estos animales y el uso que ellos hacen del magnetismo.



Figura 4.15 ¡Las vacas son capaces de detectar el campo magnético terrestre!

## Electromagnetismo

Cuando se escucha la palabra *electromagnetismo* es natural pensar que ésta se obtiene de la combinación de la electricidad y el magnetismo. Sin embargo, ¿es posible que un cuerpo con carga eléctrica produzca un campo magnético?, ¿un campo magnético puede interactuar con cuerpos que poseen cargas eléctricas?, ¿es lo mismo la electricidad y el magnetismo?

Durante mucho tiempo el estudio sobre los fenómenos eléctricos y magnéticos se realizaban por separado debido que se analizaban las situaciones en que los cuerpos cargados y los imanes estaban en reposo. Un imán estacionario no actúa sobre un cuerpo cargado en reposo, del mismo modo que un cuerpo cargado estacionario tampoco afecta una brújula.

La estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo se comenzó a comprender cuando fue posible experimentar con las corrientes eléctricas causadas por el movimiento de partículas cargadas.

### La relación entre la electricidad y el magnetismo

El paso decisivo hacia la comprensión de la relación entre la electricidad y el magnetismo lo dio el científico danés **Hans Christian Oersted** (Figura 4.16).

Debido a que creía en la unidad de las fuerzas de la naturaleza, Oersted estuvo interesado durante mucho tiempo en verificar por medio de la experimentación la conexión entre las fuerzas eléctricas y magnéticas.



Figura 4.16 Hans Christian Oersted (1777-1851).

## GLOSARIO

**Perpendicular.** Cualidad que tiene una línea que forma un ángulo de  $90^\circ$  respecto a otra o a un plano.

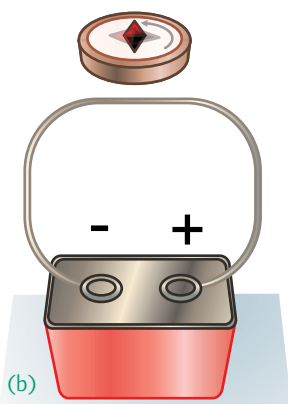
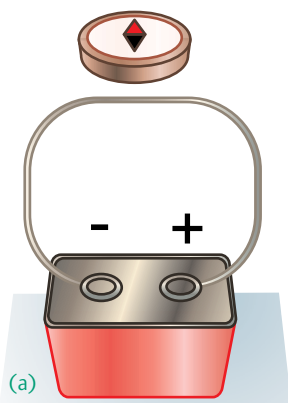


Figura 4.17 (a) Cuando el alambre se coloca perpendicularmente a la aguja magnética, la corriente eléctrica no desvía la aguja. (b) En cambio, cuando el alambre con corriente es paralelo a la aguja magnética, ésta gira hacia la posición perpendicular.

Con este fin, entre otras cosas, el científico danés colgaba pilas voltaicas para verificar si se comportaban como los imanes. Cuando ponía un alambre con corriente eléctrica sobre una aguja magnética, estaba cerca del descubrimiento, pero cuando colocaba el alambre **perpendicularmente** a la aguja, ésta no reaccionaba.

En una ocasión después de terminar una clase, Oersted puso el alambre con corriente en dirección paralela a la aguja y, entonces, ¡la aguja reaccionó de inmediato y se desvió hacia la dirección perpendicular (Figura 4.17)!

Oersted cambió el sentido de la corriente, colocó el alambre sobre la aguja y ésta tomó una vez más la posición perpendicular, pero girando hacia la dirección contraria. Reconoció de inmediato la importancia del descubrimiento: se trataba de la interacción entre la corriente eléctrica y la aguja magnética, evidencia clara de la conexión entre los fenómenos eléctricos y magnéticos que había buscado por tanto tiempo.

El descubrimiento de Oersted fue una de las más importantes noticias científicas sobre los fenómenos eléctricos y magnéticos. Como en el caso de la pila de Volta, hoy es posible realizar el experimento de Oersted de manera más sencilla y con materiales que son fáciles de conseguir. Poco después, la relación fue entendida y se sentaron las bases teóricas para su aplicación tecnológica.

## EN ACCIÓN

En esta actividad construirás un dispositivo similar al que realizó Oersted. Para ello, forma equipos de trabajo y lleva a cabo cada paso.

**Materiales:**

- Una brújula.
- Una pila de 1.5 V.
- Un cable con caimanes.

**Procedimiento:**

- 1 Enrollen el cable alrededor de la brújula. La aguja debe quedar escondida y los extremos del cable libres para conectarse a la pila como se muestra en la Figura 4.18a.
- 2 Conecten los extremos del cable a los polos de la pila (en la figura, el dedo índice presiona el extremo del cable unido al polo positivo) para que se establezca una corriente eléctrica en el cable (Figura 4.18b). ¿En qué dirección apunta la aguja de la brújula?

---



---

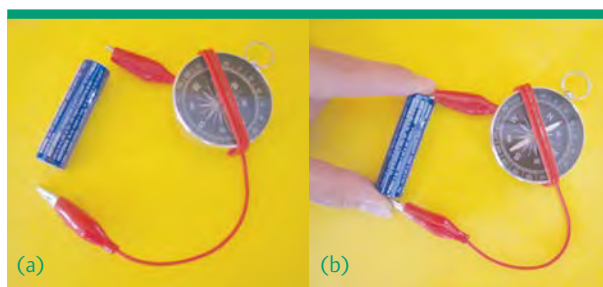


Figura 4.18 El cable enrollado alrededor de la brújula listo para conectarse con la pila. (b) Al establecerse la corriente eléctrica en el cable, la aguja de la brújula gira hacia la dirección perpendicular al cable. (c) Al establecerse la corriente eléctrica en el cable, la aguja de la brújula se orienta perpendicularmente al cable.

- 3 Desconecten los extremos del cable y volteen la pila. Conecten una vez más los extremos del cable a los polos de la pila (esta vez, en la figura correspondiente, el dedo pulgar

presiona el extremo del cable unido al polo positivo de la pila). ¿En qué dirección apunta ahora la brújula? \_\_\_\_\_

## Características del campo magnético producido por una corriente eléctrica

Como sabes, la aguja magnética apunta hacia el norte porque se acopla al campo magnético de la Tierra. Si en presencia de un conductor en el que hay una corriente eléctrica la aguja toma una posición perpendicular a éste, es lógico imaginar que la corriente eléctrica posee un campo magnético que obliga a la aguja a cambiar su dirección.

Como consecuencia de una corriente eléctrica en un conductor recto, las líneas del campo magnético son circulares. El conductor pasa por sus centros (Figura 4.20a). El sentido (orientación) indicado por el polo norte de las pequeñas brújulas en la Figura 4.19, se determina con la *Regla de la mano derecha para las líneas del campo magnético* (Figura 4.20b).

**Regla de la mano derecha para las líneas del campo magnético.** Si el dedo pulgar de la mano derecha indica el sentido convencional de la corriente eléctrica en el conductor, el sentido de las líneas circulares del campo magnético es el mismo que tienen los otros dedos cuando se cierran en la mano.

### EJEMPLO

Indicar la dirección del campo magnético que tiene un cable por el que circula una corriente eléctrica si éste se ubica verticalmente sobre la hoja de este libro y la corriente eléctrica fluye hacia abajo (Figura 4.21).

#### Solución

Se utiliza la Regla de la mano derecha. Se coloca el dedo pulgar derecho en la misma dirección en la que pasa la corriente eléctrica (hacia abajo). Luego, las líneas del campo magnético “girarán” alrededor del cable en la misma dirección en la que los dedos de la mano derecha se cierran alrededor del pulgar. Así, del lado izquierdo del cable, las líneas del campo magnético “viajan” en una dirección que atraviesa “hacia adentro” la página de tu libro. Por otro lado, del lado derecho del cable, el campo magnético tiene una dirección tal que las líneas de campo “salen” de la hoja del libro.

Para señalar la dirección de las líneas que entran y atraviesan la hoja del libro, se utiliza el símbolo  $\times$ . Por otro lado, las líneas que salen del plano en que se encuentra la hoja de tu libro se representan comúnmente con el símbolo  $\odot$  (Figura 4.22). Cuando una corriente eléctrica circula por un alambre conductor, se produce un campo magnético capaz de alterar la dirección en la que apunta una brújula.

Un solenoide (llamado también *bobina*) consiste en un alambre que se enrolla formando varias espiras que están cerca unas de otras. Cuando los dos extremos del alambre se conectan a los polos de una batería, una corriente comienza a fluir a través del alambre



Figura 4.19 Las brújulas muestran las características del campo magnético de una corriente eléctrica.

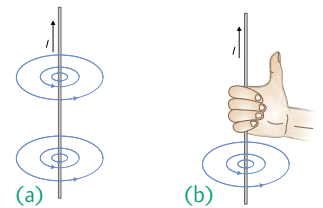


Figura 4.20 La forma (a) y el sentido (b) de las líneas del campo magnético de una corriente eléctrica.

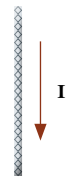


Figura 4.21 Un cable vertical por el que transita una corriente eléctrica hacia abajo.

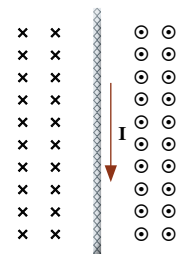


Figura 4.22 Las líneas de campo para un alambre con una corriente hacia abajo. Del lado derecho, las líneas salen del plano definido por la hoja del libro. Del lado izquierdo las líneas entran al plano definido por esta misma hoja.

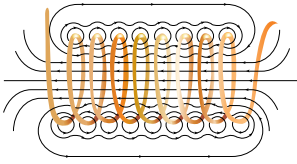


Figura 4.23 La densidad de las líneas de campo revela que en el interior de un solenoide el campo magnético es intenso mientras que en el exterior el campo es débil.

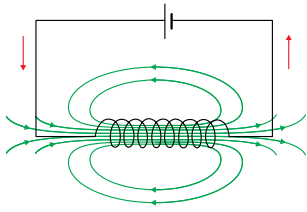


Figura 4.24 El campo magnético de un solenoide en el que hay una corriente eléctrica, es similar al campo de un imán de barra.

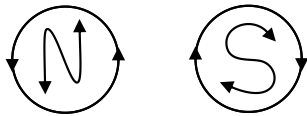


Figura 4.25 Esquema mnemotécnico para recordar la posición de los polos de un imán de solenoide.

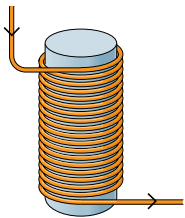


Figura 4.26 Solenoide con una barra de hierro (electroimán).

y las espiras. Debido a que la corriente eléctrica fluye en la misma dirección en todas las espiras, el campo magnético que se produce alrededor de cada una es idéntico.

Debido a la proximidad que existe entre las espiras de un solenoide, el campo magnético generado por una espira se combina con el campo magnético producido por las espiras contiguas, de tal modo que el campo magnético neto creado por el solenoide es muy fuerte en su interior y muy débil en el exterior, como se puede observar en la Figura 4.23.

Para los investigadores fue muy grato descubrir que un solenoide forma un campo magnético cuyas propiedades son similares al campo de un imán de barra, cuando conduce corriente eléctrica.

El polo norte del imán de solenoide se encuentra en el extremo en el que, visto desde ese lado del solenoide y de afuera hacia dentro, el sentido de la corriente es contrario al de las manecillas del reloj. En la Figura 4.24 es el extremo derecho.

El polo sur del imán de solenoide se encuentra en el extremo en el que, visto desde ese lado, el sentido de la corriente es igual al sentido de las manecillas del reloj. En la Figura 4.24 es el extremo izquierdo.

En la Figura 4.25 se muestra un esquema mnemotécnico para recordar la posición de los polos de un imán de solenoide.

En ocasiones, para aumentar el efecto magnético de un solenoide, simplemente hay que colocar en su interior una barra de hierro. Así, el campo magnético generado por el solenoide la magnetizará. Ésta, a su vez, producirá un campo magnético adicional que se sumará al campo producido por el solenoide. El dispositivo constituido por un solenoide con una barra de hierro en su interior recibe el nombre de *electroimán* (Figura 4.26).

Un **electroimán** es cualquier imán eléctrico cuyo poder magnético aumenta mediante un núcleo de hierro.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

1 En equipos hagan una investigación en fuentes electrónicas y bibliohemerográficas confiables acerca de las bobinas y los electroimanes con la finalidad de entender mejor su funcionamiento y aplicación en la vida cotidiana. Asimismo, investiguen y obtengan ideas respecto a cómo construir un prototipo de cada uno.

2 Contesten las siguientes preguntas:

a) ¿Qué relación existe entre la electricidad y el magnetismo? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b) ¿Cómo se determina el polo eléctrico de un electroimán si se conoce la dirección en la que circula la corriente por el alambre? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

c) Si se conocen los polos norte y sur de un electroimán, ¿es posible determinar la dirección en la que circula la corriente por la bobina? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza el campo magnético generado por los imanes, por una espira y un solenoide.

- d) Enuncia cuatro ejemplos de casos en los que se utilicen los electroimanes en diferentes actividades humanas. \_\_\_\_\_

## Uso de los electroimanes

A diferencia de los imanes naturales o de los producidos por imantación usando los primeros, las propiedades magnéticas de los electroimanes se pueden cambiar de manera controlada. Al modificar la intensidad de la corriente, cambia su poder magnético. Lo más importante para su utilización, es que el electroimán gane o pierda su magnetismo según se necesite.

Por ejemplo, para levantar y mover piezas de metal se activa un gran electroimán, y se desactiva cuando se desea soltarlas (Figura 4.27).

Una de las aplicaciones de los electroimanes es su uso en los trenes de propulsión magnética, donde lo crucial es la posibilidad de cambiar la polaridad de los electroimanes en momentos precisos.

Con la ayuda de electroimanes potentes fue posible crear la base para una nueva generación de trenes de alta velocidad. Se trata de trenes que usan el fenómeno de levitación magnética en el que la repulsión magnética contrarresta el peso del tren.

### CONEXIONES

#### Maglev: el tren que levita

En los trenes convencionales se usa la fricción existente entre las ruedas y las vías para la propulsión, conducción o el frenado. Los trenes experimentales tipo Maglev no necesitan la fricción (Figura 4.28).

Los trenes Maglev levitan debido a la repulsión magnética y se mueven sin tocar nada en su trayecto. Por eso alcanzan velocidades ¡de hasta 500 km/h! Esos trenes se mueven aprovechando la *atracción magnética* (entre S y N) y la *repulsión magnética* (entre S y S, y N y N).

El gran estreno de estos trenes experimentales se hizo en marzo de 1989, durante la Expo de Yokohama (Japón). Algunos afortunados pudieron disfrutar el viaje en el tren *HSST-05*, el cual disponía de dos vagones con 158 asientos.

Investiga con más detalles las características de los trenes Maglev y elabora un resumen en donde presentes las ventajas del uso de este medio de transporte.

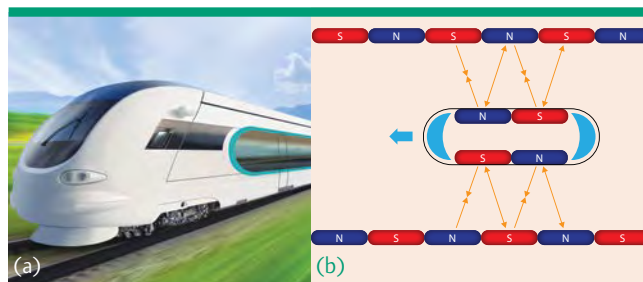


Figura 4.28 El tren Maglev (a) no tiene ruedas, flota (levita) y se mueve gracias a potentes electroimanes que (b) se valen de la atracción y repulsión magnética para mover el tren.

## Inducción magnética y fuerza eléctrica

La conexión entre los fenómenos magnéticos y eléctricos permite definir con más precisión las propiedades del campo magnético.

El campo magnético actúa sobre la corriente eléctrica. La dirección y el sentido de la fuerza del campo magnético sobre un conductor con corriente eléctrica dependen

### DESEMPEÑOS DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el magnetismo y el electromagnetismo.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Obtiene, registra y sistematiza información con respecto a la inducción electromagnética, Ley de Faraday, Ley de Lenz y flujo magnético para responder cuestionamientos, consultando distintas fuentes.

Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y comprende el impacto del desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos dentro de su región y/o comunidad.



Figura 4.27 Los electroimanes pueden activarse, desactivarse y cambiar su potencia, lo que no ocurre con los imanes naturales.

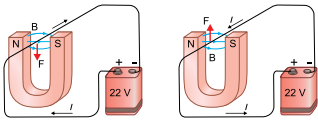


Figura 4.29 Fuerza del campo magnético (de un imán de herradura) sobre un conductor con corriente eléctrica.

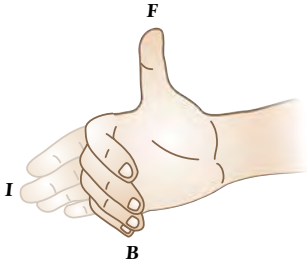


Figura 4.30 Elementos de la Regla de la mano derecha para la fuerza magnética.

de la orientación relativa de las líneas de campo y de la corriente eléctrica (Figura 4.29).

La dirección del vector de fuerza del campo magnético es perpendicular tanto a la dirección de la corriente, como a la dirección de las líneas del campo.

El sentido del vector de fuerza se determina con la Regla de la mano derecha para la fuerza magnética (Figura 4.30).

**Regla de la mano derecha para la fuerza magnética.** Si los dedos extendidos muestran la dirección y el sentido de la corriente y los dedos doblados muestran la dirección y el sentido de las líneas del campo magnético, el pulgar muestra la dirección y el sentido de la fuerza magnética.

Los experimentos muestran que la intensidad de la fuerza de un campo magnético es directamente proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica y a la longitud del conductor que está en el campo:

$$F \propto Il$$

Al introducir el coeficiente de proporcionalidad  $B$ , se tiene la igualdad:

$$F = BIl$$

El coeficiente de proporcionalidad

$$B = \frac{F}{Il}$$

representa una propiedad del campo magnético. Dicha propiedad se llama **inducción magnética** y es semejante a la intensidad del campo eléctrico. Mientras que la presencia del campo eléctrico se detecta con un cuerpo cargado, la presencia del campo magnético se revela con una corriente eléctrica.

La unidad de la inducción magnética es:

$$[B] = \frac{[F]}{[l][I]} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ A} \cdot 1 \text{ m}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{Am}}$$

la cual es nombrada *tesla* en honor al inventor **Nikola Tesla** (Figura 4.31) y tiene el símbolo T:

Los valores de la inducción magnética de algunos campos magnéticos se presentan en la Tabla 4.1.

TABLA 4.1 Inducción magnética de algunos campos magnéticos.

LUGAR	INDUCCIÓN MAGNÉTICA (T)
Superficie de una estrella de neutrones.	$10^8$
Electroimán de superconductores.	20
El centro de la más grande mancha solar.	0.39
Instrumento para RMN.	0.35
TV a color.	0.02
Ecuador terrestre.	$30 \cdot 10^{-6}$
Espacio interestelar.	$10^{-10}$

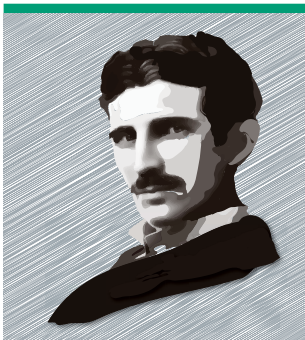


Figura 4.31 Nikola Tesla destaca por su trabajo en el área del electromagnetismo. Contribuyó al desarrollo de sistemas y motores de corriente alterna.

**EJEMPLO**

La intensidad de la fuerza que ejerce un campo magnético homogéneo sobre un conductor por el que pasa una corriente eléctrica es  $F = 0.15 \text{ N}$ . Si la longitud de la sección del conductor que queda dentro de la región en la que hay un campo magnético es  $\ell = 0.50 \text{ m}$  y la intensidad de la corriente eléctrica es  $I = 20 \text{ A}$ , ¿cuál es la inducción magnética de ese campo magnético?

**Solución**

Según la definición, la inducción magnética es:

$$B = \frac{F}{I\ell} = \frac{0.15 \text{ N}}{20 \text{ A} \cdot 0.50 \text{ m}} = 0.015 \text{ T}$$

Como ya se ha visto, en la cercanía de un conductor con corriente eléctrica se crea un campo magnético de líneas de campo circulares. Este campo está caracterizado por el vector de inducción magnética  $B$  (Figura 4.32). En cada punto del campo, el vector  $B$  es tangencial a la línea de campo que pasa por ese punto.

Para encontrar la relación entre la inducción magnética de un campo magnético creado por una corriente, se usa la **Ley de Ampère**. En este curso no es posible presentar la forma matemática de tal ley; sin embargo, se puede escribir lo que arroja esa ley en unos casos sencillos. A una distancia  $r$  del conductor con la corriente eléctrica de intensidad  $I$ , la inducción magnética es:

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

La constante  $\mu_0$  tiene el valor:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$$

**EJEMPLO**

En un cable vertical empotrado en la pared, hay una corriente eléctrica de intensidad igual a 20 A. ¿Cuál es la inducción magnética a una distancia de 10 cm del cable?

**Solución**

La inducción magnética es:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}}{2\pi} \cdot \frac{20 \text{ A}}{0.10 \text{ m}} = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$$

La inducción es un poco mayor que la inducción magnética del campo magnético terrestre. Eso quiere decir que la brújula podría detectar ese campo magnético y no indicar correctamente la dirección norte.

**El campo magnético de una espira**

Al establecer una corriente eléctrica en una espira (vuelta), las líneas del campo magnético creado a su alrededor tienen la forma que se muestra en la Figura 4.33.

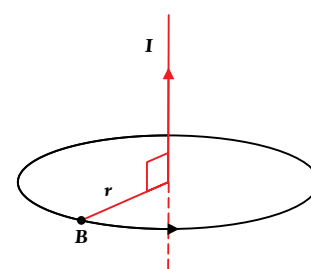


Figura 4.32 Vector de inducción magnética del campo magnético creado por la corriente  $I$ .

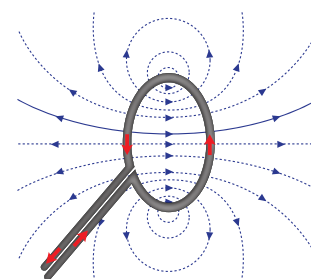


Figura 4.33 Líneas del campo magnético alrededor de una espira con corriente eléctrica.

Si el radio de la espira es  $r$  y la intensidad de la corriente es  $I$ , la inducción magnética  $B$  en el centro de la espira es:

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

## EJEMPLOS

- 1 Si el radio de una espira es de 0.03 m y la intensidad de corriente que la atraviesa es de 0.02 A, ¿cuál es el valor de la inducción magnética en el centro de la espira?

### Solución

La inducción magnética en el centro de la espira está dada por:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{\left(3.14 \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}\right) \cdot 0.02 \text{ A}}{2 \cdot 0.03 \text{ m}} = 1.1 \times 10^{-7} \text{ T}$$

- 2 En el centro de una espira, cuyo radio es de 0.01 m, se pretende tener una inducción magnética de 5 mT (el valor típico de los imanes de refrigerador). ¿Cuál debe ser la intensidad de la corriente eléctrica para crear un campo magnético de esas características?

### Solución

Al despejar la intensidad de la corriente eléctrica en la fórmula para la inducción magnética, se obtiene:

$$I = \frac{2Br}{\mu_0}$$

Después de sustituir los valores de las cantidades conocidas, se obtiene que el valor de la intensidad de la corriente debería ser:

$$I = \frac{2 \cdot 5 \times 10^{-3} \text{ T} \cdot 10^{-2} \text{ m}}{4 \cdot 3.14 \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}} = 79.6 \text{ A}$$

Este valor requerido de la intensidad de la corriente, es mayor que la intensidad típica en las instalaciones eléctricas de una casa. ¿Cuál debería ser el radio de la espira para obtener una inducción magnética de 5 mT con una intensidad de corriente cinco veces menor?

## EN ACCIÓN

Resuelve los siguientes problemas:

- 1 En una espira cuyo radio es de 0.05 m se estableció una corriente eléctrica de intensidad igual a 5 A. ¿Cuál es el valor de la inducción magnética  $B$  en el centro de la espira?

- 2 ¿Cuál es el radio de la espira para obtener una inducción magnética de 7 mT si la intensidad de corriente utilizada es de 56.7 A?

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza el campo magnético generado por los imanes, por una espira y un solenoide.

### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y comprende el impacto del desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos dentro de su región y/o comunidad.

En el interior de un solenoide en cuyas espiras hay corriente eléctrica, se crea un campo magnético uniforme. La inducción magnética de este campo se calcula mediante la fórmula:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

donde  $N$  es el número de espiras,  $I$  la intensidad de la corriente y  $L$  la longitud del solenoide.

### EJEMPLO

Si un solenoide está formado por 65 espiras y tiene una longitud de 5.4 cm y la corriente que pasa por dicho solenoide es de 0.7 A, ¿cuál es el valor de la inducción magnética en el centro del dispositivo?

#### Solución

La inducción magnética en el interior del solenoide está dada por:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{\left(3.14 \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}\right) \cdot 65 \cdot 0.7 \text{ A}}{0.054 \text{ m}} = 2.6 \times 10^{-4} \text{ T}$$

## Inducción electromagnética

La inducción electromagnética es un fenómeno del que el ser humano ha obtenido beneficios como la producción de energía eléctrica y la realización de trabajos empleando motores eléctricos. En todos estos procesos se esconden interrogantes muy interesantes: ¿cómo se produce la energía eléctrica que se utiliza en los hogares todos los días?, ¿qué es un generador eléctrico y para qué sirve?, ¿cómo funcionan los motores eléctricos?, ¿cuál es la diferencia entre un generador y un transformador?

Como se ha visto, el experimento de Oersted mostró que la corriente eléctrica crea a su alrededor un campo magnético. Sin embargo, ¿es posible que un campo magnético produzca una corriente eléctrica?

El científico inglés **Michael Faraday** (Figura 4.34) se preguntó lo mismo. En 1820, él anotó en su bitácora: *Convertir magnetismo en electricidad*. Expresada en términos modernos, la pregunta que había detrás de este planteamiento era la siguiente:

*Si la corriente eléctrica crea un campo magnético, ¿es posible que el campo magnético cree una corriente eléctrica?*

Los experimentos de Faraday demostraron que el campo magnético es capaz de inducir en los conductores una corriente eléctrica.

En 1825, Faraday intentó resolver el problema usando el campo magnético de una corriente eléctrica. La analogía que lo guiaba era la siguiente: si un cuerpo cargado induce carga eléctrica en un cuerpo neutro, un conductor con corriente debería inducir la en un conductor sin ella. Los primeros intentos de Faraday no fueron exitosos. Acercó un circuito en el que había un **galvanómetro** a un circuito en el que ya había una corriente eléctrica. El galvanómetro no registró nada (Figura 4.35a).



Figura 4.34 Michael Faraday (1791-1867).

### GLOSARIO

**Galvanómetro.** Sensible instrumento que revela la presencia de corriente.



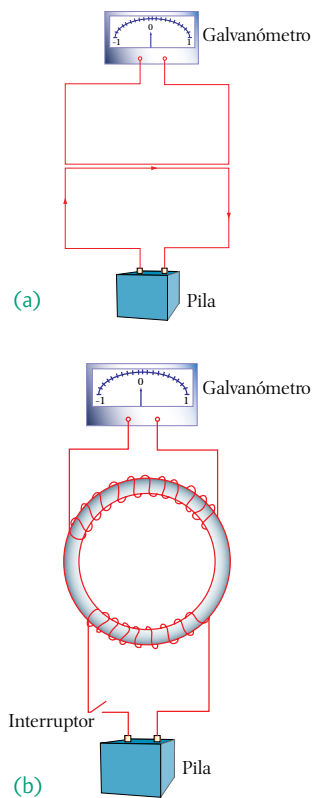


Figura 4.35 (a) La corriente eléctrica constante no induce corriente eléctrica en un conductor cercano. (b) Dispositivo con el que Faraday descubrió la inducción electromagnética.

En 1831 repitió este experimento con un dispositivo modificado. Un anillo de hierro acoplaba dos circuitos, uno con fuente y otro con galvanómetro (Figura 4.35b).

Como en el primer experimento, en éste cuando se tenía corriente constante en el primer circuito, el galvanómetro no detectaba corriente en el segundo, pero Faraday logró notar algo de verdad asombroso: ¡el galvanómetro registraba una corriente cuya duración era muy corta cuando se cerraba o abría el primer circuito!

La conclusión de Faraday fue:

*El campo magnético variable, creado por el primer circuito, induce corriente eléctrica en el segundo circuito.*

Con esta idea, Faraday logró inducir corriente eléctrica. Cuando él acercaba y alejaba un imán de un solenoide conectado a un galvanómetro, éste registraba una corriente eléctrica inducida (Figura 4.36).

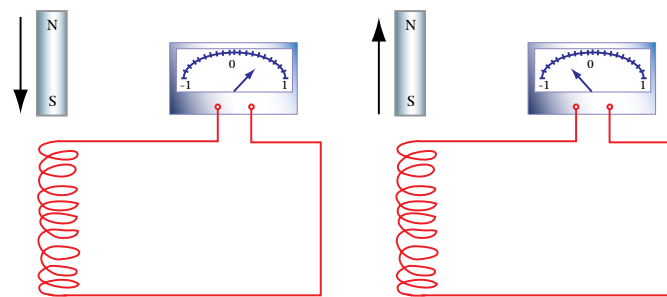


Figura 4.36 Dispositivo con el que Faraday verificó la idea de que un campo magnético variable induce una corriente eléctrica.

Cuando el imán se acercaba, la corriente tenía una dirección y cuando se alejaba, ésta era opuesta. Si el imán no se movía, el galvanómetro no registraba nada.

El proceso descubierto por Faraday se llama *inducción electromagnética*.

La **inducción electromagnética** es la creación de una corriente eléctrica en un conductor cerrado que se encuentra en un campo magnético variable.

El campo magnético variable que interactúa con un conductor, se puede representar mediante las líneas de campo que lo atraviesan como se observa en la Figura 4.37a. De esta forma, mientras más intenso sea el campo magnético, mayor será la cantidad de líneas de campo que traspase la superficie del cuerpo conductor. La cantidad de líneas de campo que lo hagan, es la medida del **flujo magnético**. De esta manera, mientras más intenso sea el campo magnético, mayor será el flujo sobre un conductor que se encuentre en dicho campo. Por el contrario, un campo magnético débil implica un flujo pequeño (Figura 4.37b). Otra forma de alterar el flujo magnético es alterando la superficie de la placa conductora. Una placa conductora con mayor superficie tendrá un flujo magnético superior que una placa que tenga una superficie menor.

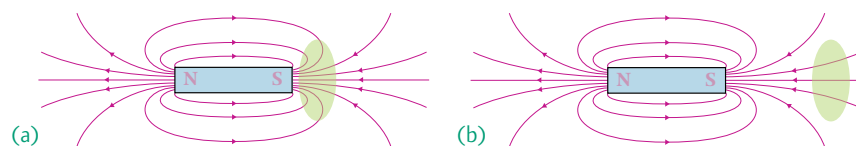


Figura 4.37 El flujo magnético es proporcional a la cantidad de líneas de campo que atraviesa un área determinada. (a) Una placa conductora cerca de un imán tiene un alto flujo magnético. (b) Cuando la placa se aleja del imán, el campo es más débil y el flujo magnético disminuye.

#### WEB

Para estudiar más respecto al flujo magnético, es recomendable que consultes los siguientes vínculos electrónicos:

<https://goo.gl/Xyr6dg>

<https://goo.gl/jaX2Kh>

La inducción electromagnética puede explicarse en términos del flujo magnético: la corriente eléctrica inducida en un conductor, depende de un campo magnético variable. Sin embargo, el cambio en el campo magnético implica también una modificación en el flujo magnético. Por lo tanto, **la corriente eléctrica inducida depende del cambio en el flujo magnético del conductor.**

Una característica importante de la corriente eléctrica inducida por un campo magnético variable, es su dirección. ¿Qué sentido tiene la corriente inducida? La respuesta se conoce como *Ley de Lenz*.

De acuerdo a la **Ley de Lenz**, el sentido de la corriente inducida es el que hace posible que el campo magnético de dicha corriente se oponga al cambio que la ocasiona.

Para ilustrar esta idea, hay que ver la situación que se tiene cuando un imán se acerca y aleja de un solenoide con un indicador de la corriente inducida (Figura 4.38).

Cuando el imán se acerca, el sentido de la corriente inducida es tal, que el polo magnético del solenoide cercano a él es el polo norte. Así, para acercar el imán hay que vencer la fuerza de repulsión entre dos polos magnéticos del mismo tipo.

Cuando el imán se aleja, el sentido de la corriente inducida es tal, que el polo magnético del solenoide cercano a él es el polo sur. Así, para alejar el imán hay que vencer la fuerza de atracción entre dos diferentes polos magnéticos. En ambos casos, la corriente inducida tiene el sentido que hace crear el campo magnético que se opone al cambio de distancia entre el imán y el solenoide, sea eso un acercamiento o un alejamiento.

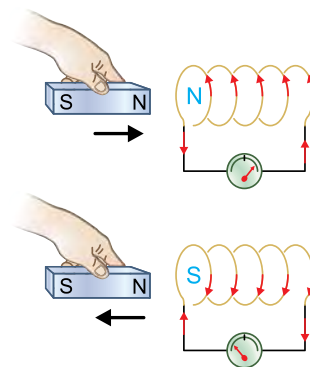


Figura 4.38 Ley de Lenz.

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Reúnanse en equipos y realicen una investigación documental acerca de la inducción electromagnética. Elaboren un resumen y con la información obtenida contesten las siguientes preguntas:

- 1 ¿Qué es la inducción electromagnética? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Qué se demuestra con el experimento de Faraday? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 ¿Qué establece la ley de Lenz? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 4 ¿Qué es el flujo magnético? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5 ¿Qué establece la ley de Faraday (fuerza electromotriz inducida)? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el magnetismo y el electromagnetismo.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos magnéticos y electromagnéticos a partir de evidencias científicas.

Obtiene, registra y sistematiza información con respecto a la inducción electromagnética, Ley de Faraday, Ley de Lenz y flujo magnético para responder cuestionamientos, consultando distintas fuentes.

## Barra conductora móvil como prototipo de pila electromagnética

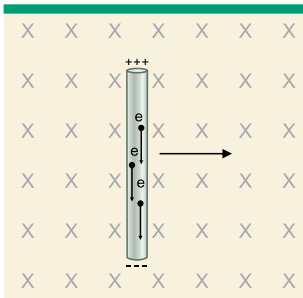


Figura 4.39 Un campo magnético crea una diferencia de potencial entre los extremos de una barra conductora.

En el primer experimento exitoso de Faraday, el campo magnético cambiaba porque aparecía o desaparecía junto con la corriente en el primer circuito. En el experimento con el imán móvil, el solenoide inmóvil reaccionaba ante un campo magnético variable porque el imán se movía. Para el solenoide la intensidad del campo aumenta mientras el imán se acerca y disminuye cuando se aleja.

No es posible definir la condición general necesaria para la inducción electromagnética sin usar conceptos abstractos. Una idea aproximada es la siguiente:

*En un circuito cerrado se induce corriente eléctrica cuando éste corta las líneas del campo magnético, sin importar si esto se debe a su propio movimiento o al del imán.*

Imaginemos que en un campo magnético uniforme se mueve una barra conductora cortando las líneas del campo (Figura 4.39). El símbolo  $\times$  indica que el vector de inducción magnética del campo es perpendicular al plano del dibujo, orientándose hacia el otro lado del plano.

Por la acción del campo magnético, los electrones se moverán hacia el extremo inferior de la barra. Ese movimiento continuará hasta que el campo eléctrico creado en el interior de la barra conductora sea capaz de contrarrestar la fuerza del campo magnético. Debido a la acumulación de los electrones en el extremo inferior, el otro lado de la barra quedará cargado positivamente. En consecuencia, entre los extremos de la barra se establecerá una diferencia de potencial. Una barra que se mueve en un campo magnético sería un prototipo de pila electromagnética. En la pila de Volta la diferencia de potencial se establece debido a procesos químicos invisibles; sin embargo, parte del proceso que establece esta diferencia se puede ver en el movimiento de la barra conductora ocurrido en el campo magnético.

Si la inducción del campo magnético es  $B$ , y la longitud y velocidad de la barra son  $l$  y  $v$ , la diferencia de potencial inducida es:

$$U = Blv$$

Como es posible cambiar todos los factores de los que depende la diferencia de potencial ( $B$ ,  $l$  y  $v$ ), la pila electromagnética imaginada tendría una ventaja en comparación con una pila química. Esta última funciona debido a procesos químicos cuyas características básicas son inalterables. De igual forma, la pila electromagnética poseería ciertas desventajas como lo muestra el siguiente ejemplo.

### EJEMPLO

En un campo magnético uniforme de inducción magnética  $B = 0.01$  T, una barra conductora cuya longitud es  $l = 0.5$  m se mueve perpendicularmente a las líneas de campo. Si la velocidad de la barra es  $v = 10$  m/s, ¿cuál sería la diferencia de potencial inducida?

#### Solución

La diferencia de potencial entre los extremos de la barra sería:

$$U = Blv = 0.01 \text{ T} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.05 \text{ V}$$

Aunque los valores de las cantidades involucradas no son pequeños, el valor de la diferencia de potencial que se establece es reducido, apenas 50 milésimas de voltio. Para que se tenga la diferencia de una pila común y corriente igual a 1.5 V, la velocidad de la barra debería ser 30 veces mayor, es decir, ¡300 m/s!

Aunque el resultado anterior sugiere que la pila electromagnética en realidad tiene poca utilidad, resulta que con algunos cambios, la idea de este tipo de pila se hizo realidad en forma de generadores de corriente eléctrica alterna.

## Aplicaciones tecnológicas de la inducción electromagnética

En la actualidad, la inducción electromagnética tiene gran cantidad de aplicaciones. Sin embargo, tres de ellas merecen especial atención: el generador, el motor eléctrico y el transformador.

### Motor eléctrico

El *motor eléctrico* es un aparato capaz de convertir la energía eléctrica en mecánica y está conformado por dos partes: un estator y un rotor (Figura 4.40).

El estator está conformado por uno o varios electroimanes que se encuentran fijos en el motor. El rotor, por otra parte, consiste en una pieza móvil capaz de girar en el interior o por encima del estator, el cual contiene electroimanes que generan un campo magnético al momento en que pasa por ellos una corriente eléctrica.

Al momento en que una corriente eléctrica pasa por el rotor, sus electroimanes generan un campo magnético que interactúa con el otro campo producido por el estator y provoca que el rotor tenga un movimiento de rotación. De ese movimiento se extrae la energía mecánica necesaria para realizar cuantiosos trabajos. Hoy día existen motores eléctricos muy sofisticados; sin embargo, el funcionamiento básico de todos los motores radica en la interacción que existe entre el estator y el rotor.

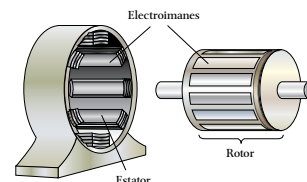


Figura 4.40 Partes de un motor eléctrico. El rotor, en este modelo, se coloca en el interior de la cavidad circular definida por el estator. Cuando se activan los electroimanes, el rotor gira en el interior del estator.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Reúnete en equipos de tres personas e investiguen acerca del motor eléctrico y su funcionamiento. De manera individual elabora un resumen con la información recabada y contesta las siguientes preguntas:

- 1 ¿Qué es un motor eléctrico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Cuáles son las partes esenciales de un motor eléctrico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 ¿Qué función tiene cada parte del motor eléctrico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza el campo magnético generado por los imanes, por una espira y un solenoide.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Diseña prototipos para señalar las artes y demostrar la función de un motor eléctrico.

Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y comprende el impacto del desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos dentro de su región y/o comunidad.

4 En el siguiente espacio dibuja los componentes del motor eléctrico. \_\_\_\_\_

5 Existen motores eléctricos de corriente alterna y continua, ¿cuál es la diferencia en su funcionamiento? Explica brevemente. \_\_\_\_\_

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

En esta actividad construirás tu propio motor eléctrico. Reúnete en equipos de tres a cuatro integrantes y realicen lo siguiente.

### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Identifica y analiza el campo magnético generado por los imanes, por una espira y un solenoide.

### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Diseña prototipos para señalar las artes y demostrar la función de un motor eléctrico.

Aplica normas de seguridad en la construcción de un motor eléctrico.

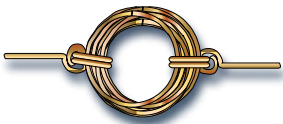


Figura 4.41 Enrolla el cable y forma una bobina de 10 vueltas con dos extremos sueltos y opuestos de 7 cm de longitud.

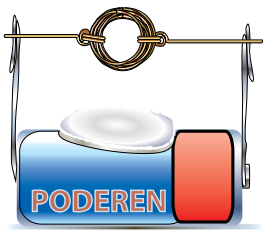


Figura 4.42 Motor eléctrico construido. El imán se encuentra justo debajo de la bobina, los clips sirven como soporte y conexión a los polos de la pila.

### Materiales:

- Una pila.
- Clips o alfileres.
- Alambre de cobre.
- Un imán.
- Una lija.

### Procedimiento:

1 Con el alambre elabora una pequeña bobina de más o menos 10 vueltas (6 cm de diámetro). Asegúrate que los extremos del cable queden libres y tengan una longitud de aproximadamente 7 cm, justo como se muestra en la [Figura 4.41](#).

2 En los extremos de la bobina remueve con la lija la cobertura plástica del alambre sólo en la mitad superior de los cables.

3 Utiliza los clips para elaborar dos soportes sobre los que coloques los dos extremos de la bobina. Los lados que no estén en contacto con ella, se conectarán a los polos de la batería.

4 Una vez que la bobina se encuentre sostenida por los clips, coloca el imán debajo de ésta. Finalmente, conecta los clips a la pila y observa el funcionamiento del motor. Observa el siguiente ejemplo de un motor construido en la [Figura 4.42](#).

5 ¿Cuál de las piezas de tu motor corresponde al rotor? \_\_\_\_\_

6 ¿Cuál de las piezas de tu motor corresponde al estator? \_\_\_\_\_

7 ¿En qué casos se puede aplicar este tipo de motor? \_\_\_\_\_

## Generador de corriente alterna

Los generadores eléctricos son dispositivos que transforman la energía mecánica y magnética en eléctrica. La energía mecánica proviene de la energía cinética del agua o del vapor que hace girar los rotores de los generadores.

El más sencillo generador de corriente alterna consiste en una espira rectangular de alambre que gira en un campo magnético (el rotor) (Figura 4.43). Al momento en que la espira comienza a rotar, la cantidad de líneas de campo magnético que atraviesa dicha espira cambia: primero, el flujo magnético aumenta conforme la espira gira y se incrementa el número de líneas de campo que la atraviesan hasta llegar a un valor máximo. Después, tanto el número de líneas que traspasan la espira como el flujo magnético, disminuyen. La primera *media vuelta* que da la espira corresponde a un incremento en el flujo magnético, y por tanto a la inducción de una intensidad de corriente y una diferencia de potencial en una dirección específica; la *media vuelta* restante presenta una disminución del flujo que provoca que la corriente inducida y la diferencia de potencial inducido cambien de dirección (Figura 4.44).

Los extremos de la espira están conectados a dos anillos colectores, entre los que se forma una diferencia de potencial dado que la espira rotante corta las líneas del campo magnético que van de un polo al otro del imán. Las escobillas, hechas de carbono para asegurar un buen contacto eléctrico, sacan la corriente generada. El un generador produce una diferencia de potencial y una intensidad de corriente que cambia de forma periódica su dirección. Se dice que la diferencia de potencial y la corriente producidas por este generador son **alternas**.

En los generadores reales de corriente alterna, la parte que rota en el campo magnético no consta de una sola espira (vuelta) de alambre, sino de muchas, enrolladas alrededor de un rotor. Las numerosas espiras de alambre de un generador que giran a gran velocidad, producen diferencias de potencial que sobrepasan los 22 000 voltios.

### Diferencia entre la corriente directa (CD) y la corriente alterna (CA)

Durante la rotación, el número de líneas de campo que la espira de alambre *corta* cambia de manera constante, la diferencia de potencial (voltaje) entre los extremos A y B de la espira cambiará en reiteradas ocasiones. La corriente eléctrica sostenida con esta diferencia de potencial, será una **corriente alterna** (CA).

La corriente alterna cambia de sentido describiendo **ciclos**. La corriente alterna que usamos en nuestras casas, por ejemplo, realiza 60 ciclos completos en un segundo. Esto significa que durante un segundo, la corriente osciló en el valor de su intensidad 60 veces. A la cantidad de ciclos por segundo que posee la corriente alterna se le llama **frecuencia**.

A diferencia de la corriente alterna, la **corriente directa** (CD) (Figura 4.45), la cual en ocasiones también se llama *corriente continua*, no cambia de dirección y el valor de su

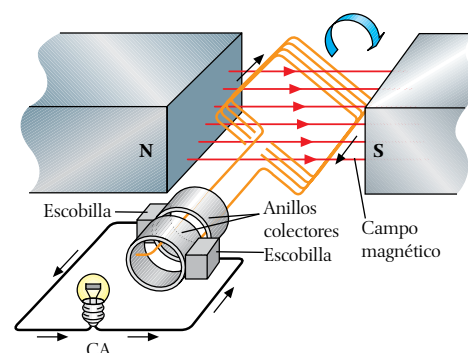


Figura 4.43 Espira rectangular de alambre que gira en un campo magnético como parte esencial de un generador de corriente alterna.

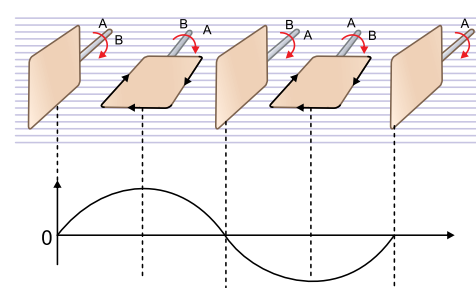


Figura 4.44 Cambio temporal del voltaje entre los anillos colectores de un generador de corriente alterna.

### GLOSARIO

**Ciclo.** Intervalo de tiempo que existe entre dos valores idénticos de su intensidad.

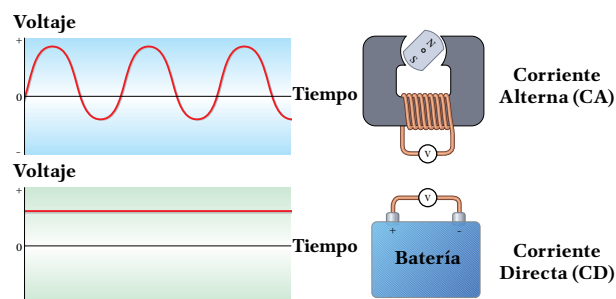


Figura 4.45 La corriente directa es producida por un voltaje constante; en cambio, la corriente alterna se produce por un voltaje que oscila entre dos valores de modo que la corriente cambia de dirección periódicamente.

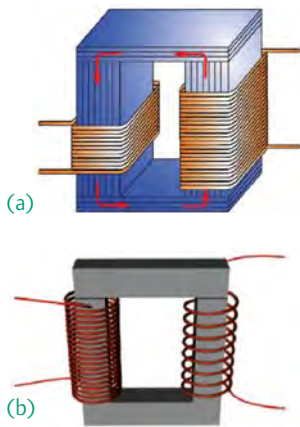


Figura 4.46 Esquemas de dos tipos de transformadores eléctricos.

intensidad es siempre constante. De la misma manera, la diferencia de potencial que produce una CD también es constante y nunca cambia con el tiempo.

La corriente directa por lo general se utiliza en las pilas de diversos aparatos eléctricos; sin embargo, producir una CD es más difícil que una CA; además, la ventaja de la CA es que ésta puede producirse en los generadores con elevadas diferencias de potencial que después pueden regularse mediante el uso de transformadores.

## Transformadores de corriente alterna

El dispositivo que sirve para cambiar la tensión eléctrica de la corriente alterna es el **transformador eléctrico**. En esencia, es el mismo dispositivo que usó Faraday cuando descubrió la inducción electromagnética.

Un transformador consta de dos bobinas con distinto número de vueltas que se encuentran acopladas por un marco de hierro. Para elevar la tensión eléctrica, la segunda bobina debe tener más vueltas (Figura 4.46a). Si la tensión debe disminuir, el número de vueltas de la segunda bobina debe ser menor (Figura 4.46b).

Los cambios de intensidad de la corriente alterna en la primera bobina, producen cambios en su campo magnético. Este campo magnético variable induce una corriente alterna en la segunda bobina.

El cociente de las tensiones eléctricas de las bobinas es igual al cociente entre el número de sus vueltas:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Para aumentar la tensión eléctrica 100 veces, el número de vueltas de la segunda bobina debe ser 100 veces mayor que el número de giros de la primera.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Describe con base a sus características las diferencias de la corriente alterna y directa.

#### COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y comprende el impacto del desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos dentro de su región y/o comunidad.

Establece la interrelación entre el magnetismo y el electromagnetismo con la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente en contextos históricos y sociales específicos.

En equipos de tres integrantes consulten fuentes impresas y electrónicas confiables para conocer más acerca de los generadores (tanto de corriente alterna como directa) y los transformadores eléctricos. Al finalizar, respondan las siguientes preguntas:

- 1 ¿Qué es un generador eléctrico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 2 ¿Cómo funciona un generador eléctrico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3 ¿Qué es un transformador eléctrico? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4 ¿Cómo funciona un transformador eléctrico? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5 ¿Para qué sirven los generadores y transformadores eléctricos? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Electromagnetismo y sociedad

En el mundo actual, los generadores, motores y transformadores son dispositivos indispensables para el uso masivo de la energía eléctrica. La aplicación de la inducción electromagnética y el electromagnetismo es la base del funcionamiento de diversos aparatos eléctricos (Figura 4.47).

Los seres humanos disfrutamos de los beneficios que ofrece el electromagnetismo, por ejemplo, en las noches es común que encendamos la *la luz* para realizar diversas actividades. Tal vez, enciendas la televisión para ver tu programa favorito o quizá tengas ganas de escuchar la radio. Por supuesto, el teléfono celular es un dispositivo muy utilizado en la actualidad y es indispensable para mantener la comunicación entre las personas en cualquier momento.

### CONEXIONES

#### Detectores de metales

Últimamente los detectores de metales se han convertido en dispositivos imprescindibles en los aeropuertos, los cuales permiten descubrir objetos metálicos que podrían ser una amenaza para la seguridad de los pasajeros.

Ésa es sólo una de las muchas funciones que realizan estos dispositivos. El espectro de sus aplicaciones va desde su uso en la búsqueda de tesoros antiguos, hasta su empleo en el peligroso trabajo de encontrar y desactivar las minas que han quedado ocultas bajo tierra después de las guerras recientes.

Aunque difieren en tamaños y diseños, el funcionamiento de todos los detectores de metales se basa en la inducción electromagnética. La parte principal es una bobina. Cuando en ella se establece una corriente alterna, alrededor de la bobina (color rojo) se crea un campo magnético variable (color azul) (Figura 4.48a).

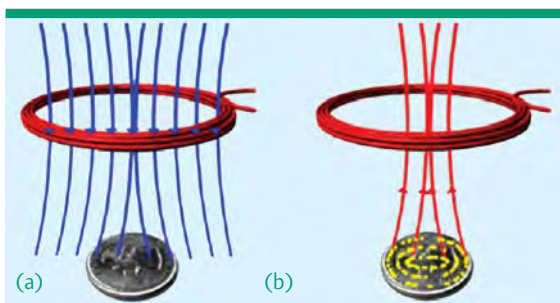


Figura 4.48 Esquema simplificado del funcionamiento de un detector de metales.



Figura 4.47 Gran cantidad de los dispositivos que se utilizan en la actualidad tienen un funcionamiento basado en las leyes del electromagnetismo.

Si en este campo magnético variable se encuentra, por ejemplo, una moneda metálica, se generan en ella corrientes eléctricas (color amarillo) (Figura 4.48b). El campo magnético de esas corrientes (color rojo) es tal que, según la ley de Lenz, pretende eliminar la causa que lo está ocasionando. En otras palabras, el campo magnético creado por las corrientes inducidas en la moneda, debilita el campo creado por las corrientes en la bobina del detector.

La disminución del campo primario se puede medir, y es evidente que al detectarse una disminución, el detector indicará la presencia de un objeto metálico.

Investiga qué otras aplicaciones tiene la inducción electromagnética en la actualidad y elabora una lista con dichas aplicaciones. Discute con tus compañeros la importancia de este fenómeno físico.

#### DESEMPEÑO DEL ESTUDIANTE

Define conceptos básicos relacionados con el magnetismo y el electromagnetismo.

#### COMPETENCIA A DESARROLLAR

Analiza las leyes generales que rigen el funcionamiento del medio físico y comprende el impacto del desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos dentro de su región y/o comunidad.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE

Reúnanse en equipos y discutan sobre las preguntas que se enlistan a continuación. En el recuadro anoten los puntos más importantes a los que llegaron en su discusión.

1. ¿Cuáles son los principales aportes que han generado los conocimientos del electromagnetismo para la sociedad? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. ¿Qué impacto ha tenido el desarrollo del electromagnetismo en el diseño de equipos y aparatos electrónicos? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Cuál es la importancia del electromagnetismo en el mundo actual y en la vida cotidiana? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Para la pregunta presentada anteriormente, redacten un texto de una cuartilla en el que argumenten las respuestas que anotaron.

## PREGUNTAS Y EJERCICIOS

### MAGNETISMO

1. ¿Qué es el magnetismo?
2. Describe cuáles son los orígenes del nombre *magnetita*.
3. ¿Qué son los materiales ferromagnéticos?
4. Indica cuáles son los elementos de un imán.

5. ¿Porqué cada uno de los polos del imán reciben el nombre de polo norte y polo sur respectivamente?
6. Indica cuál es la regla que describe la interacción entre los polos de dos diferentes imanes.
7. Indica cuáles son las similitudes y diferencias entre la fuerza magnética y la fuerza gravitacional.
8. ¿Cuál es la diferencia entre los imanes naturales y los imanes artificiales?
9. ¿Cuál es la diferencia entre los imanes permanentes y los imanes temporales?
10. ¿Qué es el campo magnético?
11. Indica cómo se representa el campo magnético de un imán.
12. ¿Cómo se indica la dirección del campo magnético producido por un imán?
13. Describe la hipótesis de los imanes moleculares de Ampère.
14. De acuerdo con la teoría moderna del magnetismo, ¿por qué hay materiales con propiedades magnéticas, y materiales que no tienen propiedades magnéticas?
15. Describe el campo magnético de la Tierra.
16. ¿A qué se debe la generación de las auroras boreales y las auroras australes?

### ELECTROMAGNETISMO

17. ¿Qué descubrió Hans Christian Oersted en sus estudios con una corriente eléctrica?
18. Describe el experimento de Hans Christian Oersted
19. ¿En qué consiste la regla de la mano derecha?
20. ¿Qué es un solenoide?
21. Dibuja el campo magnético que se produce en un solenoide cuando éste es atravesado por una corriente eléctrica.
22. ¿En dónde se ubica el polo norte de un solenoide?
23. ¿Cuál es la diferencia entre un electroimán y un solenoide?
24. ¿Qué es lo que provoca la presencia de una barra de hierro en el interior de un solenoide?
25. ¿Qué es la inducción magnética?
26. ¿En qué unidades se mide la inducción magnética?
27. Si la intensidad de la fuerza que ejerce un campo magnético homogéneo sobre un conductor sobre el cual la fuerza eléctrica es  $F = 0.24 \text{ N}$ . Si la longitud de la sección del conductor que queda dentro de la región en la que se encuentra el campo magnético es  $\ell = 0.77 \text{ m}$  y la intensidad de la corriente eléctrica es  $I = 0.20 \text{ A}$ , ¿cuál es la inducción magnética del campo magnético?
28. Si un campo magnético con una inducción magnética  $B = 0.32 \text{ T}$  se aplica de forma uniforme sobre un segmento de cable que se ubica de forma perpendicular a las líneas de campo magnético y que tiene una longitud  $\ell = 0.36 \text{ m}$ . ¿Cuál es la fuerza que se ejerce sobre el cable si éste es atravesado por una corriente eléctrica con una intensidad  $I = 1.3 \text{ A}$ ?
29. ¿Cuál es la inducción magnética de un solenoide que tiene 105 espiras y una longitud de 12.5 cm si es atravesado por una corriente eléctrica con una intensidad de 0.45 A?
30. ¿Cuál es el radio de una espira que produce un campo magnético con una inducción magnética de 0.5 mT si la intensidad de corriente que utiliza es de 12.5 A?

### INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

31. Explica en qué consistió el experimento de Faraday.
32. ¿Qué es la inducción electromagnética?
33. ¿Qué es el flujo magnético?
34. ¿Qué relación tiene la inducción electromagnética con el flujo magnético?
35. ¿Qué establece la ley de Lenz?
36. ¿Qué establece la ley de Faraday?
37. En un campo magnético uniforme con una inducción magnética de 0.08 T se mueve una barra conductora con una longitud  $\ell = 0.75 \text{ m}$ . Si la barra se mueve con una dirección perpendicular a las líneas de campo magnético a una velocidad de 5.4 m/s. ¿Cuál es la diferencia de potencial inducida?
38. Explica cómo funciona un motor eléctrico.
39. ¿Cómo funciona un generador de corriente alterna?
40. ¿Cuál es la diferencia entre una corriente alterna y una corriente directa?
41. ¿En qué consiste la diferencia entre un motor eléctrico y un generador de corriente alterna?
42. ¿Porqué un transformador de corriente tiene dos bobinas?

# EVALUACIÓN DEL BLOQUE

## Autoevaluación

**Instrucciones:** estima tu nivel de logro de los siguientes desempeños y escribe qué debes hacer para mejorarlo.

- 3 Lo puedo enseñar a otros      2 Lo puedo hacer solo      1 Necesito ayuda

DESEMPEÑOS	1	2	3	PARA MEJORAR MI DESEMPEÑO DEBO:
Identifico la importancia de los métodos de investigación y su relevancia en el desarrollo de la ciencia como la solución de problemas cotidianos.				
Reconozco y comprendo el uso de las magnitudes físicas y su medición como herramientas de uso en la actividad científica de mi entorno.				
Interpreto el uso de la notación científica y de los prefijos como una herramienta de uso que me permite representar números enteros y decimales.				
Identifico las características y propiedades de los vectores que me permiten su manejo y aplicación en la solución de problemas cotidianos.				

## Coevaluación

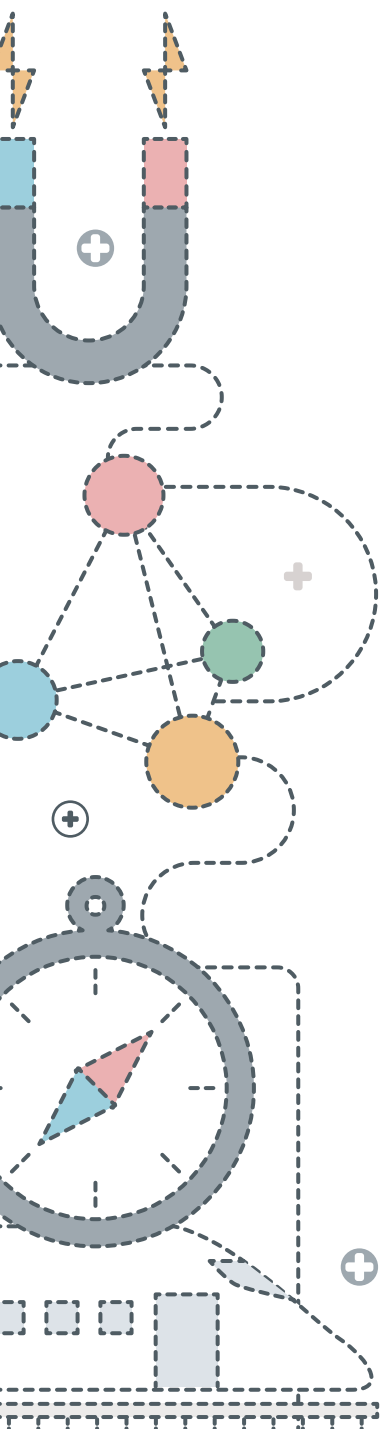
**Instrucciones:** evalúa el trabajo que realizó cada compañero de tu equipo cuando participaron en las actividades colaborativas de la sección **Actividad de aprendizaje** y **En acción**. Obtengan la suma del puntaje de acuerdo a la siguiente escala.

- 3 Muy bien      2 Bien      1 Regular      0 Deficiente

ASPECTOS A EVALUAR	INTEGRANTES DEL EQUIPO				
	1	2	3	4	5
Aporta sus conocimientos para lograr los fines de la actividad.					
Propone maneras de llevar a cabo la actividad.					
Escucha y respeta las opiniones de los demás.					
<b>TOTAL DE PUNTOS</b>					

## Heteroevaluación

En la página 249 encontrarás una serie de preguntas que permitirán que tu profesor evalúe los conocimientos que adquiriste en este bloque. Respóndelas, recorta la hoja y entrégala a tu profesor.



## Evaluación de actividades de aprendizaje y portafolio de evidencias

La siguiente es una lista de las actividades que le ayudarán a tu profesor a evaluar el trabajo que realizaste durante este bloque. En la página 239 encontrarás algunos modelos de los instrumentos de evaluación que utilizará.

ACTIVIDAD	EVIDENCIA	UBICACIÓN	INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN
Realizar una consulta bibliográfica sobre los antecedentes históricos del magnetismo. Completar una tabla y elaborar una línea de tiempo.	Tabla con las aportaciones de diferentes personajes y línea de tiempo.	Actividad de aprendizaje, pág. 197	Rúbrica.
Realizar una consulta bibliográfica sobre los diferentes tipos de imanes que existen. Elaborar una tabla con características y algunos ejemplos.	Tabla con las características de los imanes y los ejemplos.	Actividad de aprendizaje, págs. 199-200	Rúbrica.
Elaborar un álbum de fotografías donde se muestre el campo magnético producido por diferentes imanes así como la interacción que existe entre ellos. Elaborar un bosquejo de las líneas de campo producido por algunos imanes.	Álbum de fotografías y bosquejo de las líneas de campo de los imanes.	Actividad de aprendizaje, págs. 200-201	Rúbrica.
Elaborar una presentación oral sobre la teoría moderna del magnetismo y el magnetismo terrestre. Elaborar un mapa conceptual que de apoyo a la presentación.	Mapa conceptual y presentación oral.	Actividad de aprendizaje, pág. 202	Guía de observación.
Investigar en fuentes confiables sobre bobinas y electroimanes, responder serie de preguntas.	Respuestas a las preguntas elaboradas.	Actividad de aprendizaje, págs. 206-207	Rúbrica.
Realizar una investigación documental para elaborar un resumen y contestar una serie de preguntas sobre la inducción electromagnética.	Resumen y respuesta a las preguntas elaboradas.	Actividad de aprendizaje, pág. 213	Rúbrica.
Investigar sobre el funcionamiento del motor eléctrico. Elaborar un resumen y contestar una serie de preguntas.	Resumen y respuesta a las preguntas elaboradas.	Actividad de aprendizaje, págs. 215-216	Rúbrica.
Construir un motor eléctrico con material casero.	Motor eléctrico construido.	Actividad de aprendizaje, pág. 216	Lista de cotejo.
Realizar una consulta en fuentes confiables sobre los generadores y los transformadores eléctricos para después contestar una serie de preguntas	Respuesta a las preguntas presentadas.	Actividad de aprendizaje, pág. 218	Rúbrica.
Responder una serie de preguntas referentes al impacto del electromagnetismo en la sociedad.	Respuesta a las preguntas elaboradas.	Actividad de aprendizaje, pág. 220	Rúbrica.

## PROYECTO 1

# ¿En qué dispositivos se utilizan las propiedades de los fluidos?

Existen muchas máquinas que hacen uso de las propiedades de los fluidos. La finalidad de este proyecto consiste en que tú construyas un conjunto de modelos y dispositivos en los que ejemplifiques la aplicación del estudio de los fluidos en la vida cotidiana. Para ello, deberás reunirte en equipos de cuatro personas y elaborar diferentes dispositivos en los cuales se utilicen los fenómenos en los que se involucran a los fluidos.

### Planeación

Antes de construir tu dispositivo, debes asegurarte de que cumplas con los siguientes requisitos básicos:

1. Elabora una lista que contenga todo el material que utilizarás en la elaboración del dispositivo. Es recomendable que te asegures que los materiales requeridos sean de fácil obtención y que no sean muy costosos; de lo contrario, se sugiere planear el diseño de un dispositivo diferente.
2. Dibuja uno o varios bosquejos del dispositivo en el que expliques de forma concreta la manera en que pretendes construirlo. Añade indicaciones en las cuales puntualices detalles finos de su elaboración.
3. Describe de forma clara y concisa el fenómeno físico en que se basa el funcionamiento de tu dispositivo. Para ayudarte con la descripción, intenta contestar la siguiente pregunta: ¿por qué es importante ese fenómeno físico en el funcionamiento de tu dispositivo?
4. Investiga y explica las aplicaciones que tiene el dispositivo en la vida cotidiana. Elabora un breve resumen con la información recabada.

### Ejecución

Una vez realizada la planeación, se sugiere seguir los pasos mencionados a continuación para llevar a cabo la ejecución del proyecto:

1. **Recopilación del material.** Consigue todo el material necesario para construir tu dispositivo. Asegúrate de que no falta nada del material enlistado durante la planeación y, si así lo crees pertinente, consigue algunos de los elementos (como clavos, tornillos, etcétera) con algunas piezas extra para tenerlas de repuesto.
2. **Construcción de tu dispositivo.** Apóyate en los bosquejos para construir tu dispositivo. Ten mucho cuidado con los detalles presentes en las indicaciones.
3. **Poner a prueba tu dispositivo.** Es hora de “ver si funciona” el dispositivo construido. Sin embargo, ten mucho cuidado de no forzar demasiado el aparato construido o podrás romperlo.
4. **Confirmación de la teoría.** Explica el fenómeno físico en que se basa el funcionamiento de tu dispositivo. Completa, de forma breve y clara, la siguiente tabla por cada dispositivo construido:

DISPOSITIVO	CONCEPTO FÍSICO	APLICACIONES	OBSERVACIONES

## Consolidación

Presenta los dispositivos elaborados frente a tu grupo y analiza el funcionamiento de cada uno de ellos a la luz del fenómeno físico estudiado durante el bloque. Finalmente, no olvides agregar las aplicaciones y los beneficios que brinda la utilización de tu dispositivo.

## Evaluación

Reúnete con tu equipo para evaluar su desempeño en el desarrollo del proyecto. Para ello, identifiquen niveles de dominio en función de los criterios y evidencias que se presentan en la siguiente rúbrica de evaluación.

PROCESO A EVALUAR: DESARROLLO DEL PROYECTO 1				
RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN: COEVALUACIÓN				
CRITERIOS Y EVIDENCIAS	NIVELES DE DOMINIO			
	INICIAL-RECEPTIVO	BÁSICO	AUTÓNOMO	ESTRATÉGICO
Producto del proyecto: Prototipos y tabla con características	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan incompletos e inconexos.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan de modo poco definido y desvinculado.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan de modo escueto pero coherente.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan con claridad y articulación.
Ponderación: 40%	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Integración de los principales conocimientos del bloque.	Los conocimientos del bloque que se integran son incompletos y poco adecuados.	Los conocimientos del bloque que se integran son los mínimos necesarios.	Los conocimientos del bloque que se integran son suficientes.	Los conocimientos del bloque se integran con suficiencia, claridad y adecuación.
Ponderación: 40%	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Participación	La participación en el desarrollo del proyecto muestra poco cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son los mínimos necesarios.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son suficientes.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son adecuados, creativos e interesantes.
Ponderación: 20%	0.5 puntos	1 punto	1.5 puntos	2 puntos

## PROYECTO 2

# La máquina de vapor

El proyecto correspondiente a este bloque consiste en elaborar una presentación digital en la cual veas y analices la máquina de vapor a través de los ojos de la termodinámica. Puedes agregar videos, fotografías y marcos conceptuales. Tu presentación debe incluir los siguientes puntos:

- Una explicación del funcionamiento de la máquina de vapor a la luz de:
  - Las tres leyes de la termodinámica
  - La transferencia de energía con su entorno.
- Beneficios que trajo la máquina de vapor a la sociedad.
- Inconvenientes de la utilización de la máquina de vapor.

### Planeación

Antes de diseñar tu presentación, elabora el plan de investigación que seguirás durante el desarrollo del proyecto. Comienza por hacer una lista con el contenido temático principal que debe cubrir tu proyecto. Toma en cuenta que la presentación final debe incluir los siguientes puntos:

- **Introducción.** Esta sección contiene las primeras ideas referentes al desarrollo de la máquina de vapor. Debe incluir el contexto histórico y social dentro del cual apareció esta máquina, así como los problemas inmediatos que resolvió con su llegada.
- **Desarrollo.** Las ideas principales del trabajo se presentan y analizan con detalle. En esta parte se debe describir el funcionamiento de una máquina de vapor a la luz de los conceptos aprendidos sobre termodinámica.
- **Cierre y conclusiones.** La última parte del trabajo debe culminar con una breve discusión sobre el impacto que tuvo la máquina de vapor en la sociedad así como los efectos nocivos que puede tener el uso excesivo de este dispositivo.

Recopila las fuentes de información en donde llevarás a cabo tu investigación y registra las referencias (en formato APA, de preferencia) en tu cuaderno.

### Ejecución

Investiga, en fuentes bibliográficas y electrónicas confiables, el contexto histórico dentro del cual se desarrolló la máquina de vapor. Se sugiere elaborar un breve contenido temático que ayude a organizar la información recopilada. Considera la lista que se presenta a continuación para elaborar tu marco.

- Contexto histórico y social en que se desarrolló la máquina de vapor.
- Relación entre calor y temperatura: intercambios de energía.
- Las leyes de la termodinámica.
- Funcionamiento de una máquina de vapor.
- Aplicaciones de la máquina de vapor.
- Contaminación y medio ambiente.

Elabora resúmenes, mapas conceptuales o cuadros sinópticos con los cuales sintetices la información recabada.

No olvides agregar fotografías e ilustraciones que sean útiles en la presentación. Puedes presentar ejemplos, esquemas e incluso bosquejos que sirvan como auxiliares a la explicación del funcionamiento de la máquina.

## Consolidación

Presenta tu trabajo frente a tus compañeros y discute sobre la importancia que ha tenido la máquina de vapor en la sociedad. Cuida que tu exposición incluya los siguientes puntos:

- La utilización de la termodinámica en la descripción del funcionamiento de una máquina de vapor.
- El impacto de la máquina de vapor en la sociedad.

## Evaluación

Reúnete con tu equipo para evaluar su desempeño en el desarrollo del proyecto. Para ello, identifiquen niveles de dominio en función de los criterios y evidencias que se presentan en la siguiente rúbrica de evaluación.

PROCESO A EVALUAR: DESARROLLO DEL PROYECTO 2				
RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN: COEVALUACIÓN				
CRITERIOS Y EVIDENCIAS	NIVELES DE DOMINIO			
	INICIAL-RECEPTIVO	BÁSICO	AUTÓNOMO	ESTRATÉGICO
Producto del proyecto: Presentación de termodinámica.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan incompletos e inconexos.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan de modo poco definido y desvinculado.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan de modo escueto pero coherente.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan con claridad y articulación.
Ponderación: 40%	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Integración de los principales conocimientos del bloque.	Los conocimientos del bloque que se integran son incompletos y poco adecuados.	Los conocimientos del bloque que se integran son los mínimos necesarios.	Los conocimientos del bloque que se integran son suficientes.	Los conocimientos del bloque se integran con suficiencia, claridad y adecuación.
Ponderación: 40%	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Participación	La participación en el desarrollo del proyecto muestra poco cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son los mínimos necesarios.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son suficientes.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son adecuados, creativos e interesantes.
Ponderación: 20%	0.5 puntos	1 punto	1.5 puntos	2 puntos

## PROYECTO 3

# La electricidad en otras ciencias

Las aplicaciones de la electrostática y la electrodinámica son visibles en muchos aparatos y dispositivos que utilizamos en la vida cotidiana. Sin embargo, no es tan fácil reconocer que la electricidad también juega un papel importante en otras ciencias. En este proyecto, investigarás la manera en que la electricidad influye en el campo de estudio de otras ciencias. Después, elaborarás una presentación electrónica en la que expliques conceptos, fenómenos, o el funcionamiento de dispositivos utilizados en otras ramas de la ciencia a la luz de lo que has aprendido sobre electricidad.

### Planeación

Lo primero que tienen que definir son las ciencias sobre las cuales elaborarán su investigación. Una vez que definan su objeto de estudio, es importante que recopilen información en la literatura o en fuentes electrónicas de confianza para que averigüen en qué rubros interviene la electricidad.

Algunas ciencias que pueden investigar son las siguientes:

- Medicina
- Biología
- Geología
- Química
- Meteorología
- Psicología

La presentación que elaboren debe estar conformada por tres partes importantes:

- **Introducción.** Describirán de forma breve el objeto de estudio de la electricidad. Asimismo, presentarán de forma clara y concisa cuáles son las ciencias que se relacionan con la electricidad.
- **Desarrollo:** Darán a conocer con detalle cuál es la relación que guarda la ciencia que eligieron con la electricidad. Toma en cuenta que la relación de la ciencia con la electricidad puede encontrarse de diferentes maneras:
  - *Relación con el objeto de estudio:* además de los conceptos inherentes a la ciencia en cuestión, es necesario entender los conceptos de electricidad para entender y explicar el fenómeno que acontece dentro del marco de estudio de esta ciencia.
  - *Relación a través de la instrumentación:* sin contar con la utilización de la energía eléctrica para su funcionamiento. Muchos instrumentos de análisis o medición recurren a fenómenos eléctricos para interactuar con el objeto de estudio. Así, para entender el funcionamiento de dichos instrumentos, es necesario conocer las bases de electricidad.

### Ejecución

Busca, en internet o en la bibliografía, diferentes objetos de estudio en los cuales sea necesario utilizar el concepto de electricidad para describir sus características. También puedes investigar

acerca de algún instrumento de análisis y medición que sea de utilidad en el desarrollo de esta ciencia. Deberán elaborar una tabla como la que se muestra para recopilar la información.

CIENCIA	OBJETO DE ESTUDIO O INSTRUMENTO DE ANÁLISIS	CONCEPTOS FÍSICOS QUE UTILIZA	DESCRIPCIÓN DEL OBJETO O FUNCIONAMIENTO DEL INSTRUMENTO

Elabora tu presentación con el contenido incluido en la tabla. No olvides agregar imágenes y esquemas que ilustren los fenómenos eléctricos presentes.

### Consolidación

Presenta tu trabajo frente a tus compañeros. Discute en plenaria las aplicaciones que tiene la electricidad y su relación con otras disciplinas.

### Evaluación

Reúnete con tu equipo para evaluar su desempeño en el desarrollo del proyecto. Para ello, identifiquen niveles de dominio en función de los criterios y evidencias que se presentan en la siguiente rúbrica de evaluación.

PROCESO A EVALUAR: DESARROLLO DEL PROYECTO 3				
RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN: COEVALUACIÓN				
CRITERIOS Y EVIDENCIAS	NIVELES DE DOMINIO			
	INICIAL-RECEPTIVO	BÁSICO	AUTÓNOMO	ESTRATÉGICO
Producto del proyecto: Presentación electrónica.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan incompletos e inconexos.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan de modo poco definido y desvinculado.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan de modo escueto pero coherente.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan con claridad y articulación.
Ponderación: 40%	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Integración de los principales conocimientos del bloque.	Los conocimientos del bloque que se integran son incompletos y poco adecuados	Los conocimientos del bloque que se integran son los mínimos necesarios.	Los conocimientos del bloque que se integran son suficientes.	Los conocimientos del bloque se integran con suficiencia, claridad y adecuación.
Ponderación: 40%	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Participación	La participación en el desarrollo del proyecto muestra poco cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son los mínimos necesarios.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son suficientes.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son adecuados, creativos e interesantes.
Ponderación: 20%	0.5 puntos	1 punto	1.5 puntos	2 puntos

## PROYECTO 4

# El funcionamiento de un coche eléctrico

Éste es el último proyecto que realizarás y, por tanto, deberás conjuntar todos los conocimientos adquiridos sobre física.

En este proyecto, construirás un pequeño coche eléctrico y después, elaborarás un reporte en el cual analices su funcionamiento y describas sus características energéticas.

### Planeación

Reúnete en equipos y discute con tus compañeros de trabajo sobre el diseño que tendrá su coche eléctrico. Dibuja un bosquejo del motor eléctrico que impulsará al coche, así como de la estructura que soportará dicho motor. Elabora una lista con todo el material que utilizarás en la construcción de tu prototipo.

### Ejecución

Consigue el material que enlistaste durante la planeación y construye tu coche eléctrico. Considera que la elaboración de tu coche incluye tanto la fabricación de un motor eléctrico, como la de una estructura móvil que conecte a la bobina giratoria con las ruedas.

Analicen el funcionamiento de su coche eléctrico y estudien las transformaciones energéticas que se llevan a cabo en él. Elabora un resumen con el análisis sobre el funcionamiento del coche eléctrico. En el estudio de sus características, procura contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la potencia que entrega la pila del coche?
2. ¿Cuál es la energía cinética real del coche?
3. ¿Cuánta energía se disipa y se desperdicia durante el movimiento del coche?
4. ¿Cuál es la eficiencia del coche?

### Consolidación

Presenten su prototipo y su resumen. Discutan el comportamiento energético y compárenlo con el funcionamiento de los coches eléctricos de otros equipos. ¿Qué coche eléctrico es el que tiene la mayor eficiencia? ¿Hay algún coche que supere la eficiencia del 50%?

### Evaluación

Reúnete con tu equipo para evaluar su desempeño en el desarrollo del proyecto. Para ello, identifiquen niveles de dominio en función de los criterios y evidencias que se presentan en la siguiente rúbrica de evaluación.

PROCESO A EVALUAR: DESARROLLO DEL PROYECTO 4				
RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN: COEVALUACIÓN				
CRITERIOS Y EVIDENCIAS	NIVELES DE DOMINIO			
	INICIAL-RECEPTIVO	BÁSICO	AUTÓNOMO	ESTRATÉGICO
Producto del proyecto: Presentación electrónica.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan incompletos e inconexos.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan de modo poco definido y desvinculado.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan de modo escueto pero coherente.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto, se presentan con claridad y articulación.
<b>Ponderación: 40%</b>	<b>1 punto</b>	<b>2 puntos</b>	<b>3 puntos</b>	<b>4 puntos</b>
Integración de los principales conocimientos del bloque.	Los conocimientos del bloque que se integran son incompletos y poco adecuados.	Los conocimientos del bloque que se integran son los mínimos necesarios.	Los conocimientos del bloque que se integran son suficientes.	Los conocimientos del bloque se integran con suficiencia, claridad y adecuación.
<b>Ponderación: 40%</b>	<b>1 punto</b>	<b>2 puntos</b>	<b>3 puntos</b>	<b>4 puntos</b>
Participación	La participación en el desarrollo del proyecto muestra poco cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son los mínimos necesarios.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son suficientes.	El cuidado, organización y participación de los integrantes del equipo en la realización del proyecto son adecuados, creativos e interesantes.
<b>Ponderación: 20%</b>	<b>0.5 puntos</b>	<b>1 punto</b>	<b>1.5 puntos</b>	<b>2 puntos</b>

## Cómo hacer una línea de tiempo

La línea de tiempo es una representación gráfica que nos permite identificar y comprender el tiempo histórico, a la vez que aporta claridad sobre la relación entre distintos períodos con base en cambios, eventos sobresalientes, duraciones, sucesiones, continuidades y simultaneidades.

Para elaborar una línea de tiempo, es recomendable adherirse a los siguientes pasos:

1. Utilizar uno o varios organizadores gráficos —pueden ser mapas mentales, cuadros sinópticos o esquemas de causa-efecto— para organizar la información acerca del contexto y las circunstancias de las etapas que se busca representar.
2. Una vez vaciada la información, establecer los períodos, fechas, duración y aspectos más relevantes de cada evento. Estos datos temporales pueden ser exactos o aproximados, dependiendo del objetivo de la línea de tiempo y, por supuesto, de la información con que se cuente.
3. Con base en el punto anterior, fijar las fechas de inicio y final de la línea de tiempo, así como la unidad de medida temporal, es decir, considerar si se mostrarán días, semanas, meses, años o hasta siglos, dependiendo del período que se busque representar gráficamente.
4. Dibujar o construir una línea recta que será la guía temporal, donde las fechas correrán de izquierda a derecha. Hacer sobre ella tantas divisiones como sea necesario, con el fin de marcar la unidad de medida seleccionada. Colocar una línea vertical en el segmento que cronológicamente corresponda a las fechas que se establecieron en la información.
5. Decidir los acontecimientos que se incluirán en la línea de tiempo y redactar de manera muy breve su descripción.
6. Escribir las descripciones de los acontecimientos en las fechas correspondientes. Incluir fotografías, imágenes, dibujos, objetos tridimensionales proporcionales al espacio asignado, etcétera.
7. Determinar un título para la línea de tiempo, con el objeto de enfatizar el período y el objetivo de la cronología.

Una variante de la línea de tiempo podría ser la secuencia cronológica, que es una representación gráfica de la información esencial de un tema que de manera visual induce la recuperación rápida de conocimientos. Su realización favorece en los estudiantes la comprensión y el análisis de problemas, así como la reflexión sobre las causas y consecuencias que tuvo un suceso y que repercuten en la actualidad.

Las características de las secuencias cronológicas son:

- Su elaboración requiere investigar el registro exacto de las fechas que se van a representar.
- Su planeación exige organizar la información recabada, notas, bibliografía y todo el material necesario.
- Los datos consignados se pueden representar en una línea de tiempo.
- Incluye comentarios breves de cada suceso que aportan información adicional, pero importante, relacionada con el tema.

- Se integran datos biográficos de los protagonistas de algún hecho.
- Aporta datos acerca de la ideología de los protagonistas principales.
- Ofrece antecedentes del tema.
- Los años que se representan en la línea de tiempo coinciden con los de la secuencia cronológica.
- Los datos, hechos e información de la secuencia cronológica facilitan la comprensión de los antecedentes y consecuentes representados gráficamente en la línea de tiempo.
- La línea se acota a un tema seleccionado y su extensión se adapta al espacio disponible donde se exhibe.
- Se señala la ubicación geográfica de los hechos externos incluidos.
- Los espacios de arriba y abajo de la línea de tiempo se utilizan para organizar la información.
- Deben organizar la información recabada, notas, bibliografía y todo el material necesario para la relación cronológica de hechos.

---

## Cómo hacer un reporte

El reporte es la conclusión de la labor de búsqueda, estructuración y análisis de un tema en particular, a partir de la consulta de fuentes directas o indirectas, electrónicas o impresas. Tiene como finalidad presentar los resultados obtenidos en el proceso de investigación. Existen dos tipos de reportes: el académico y el no académico, en éstos se pueden incluir estudios cuantitativos o cualitativos.

A continuación se presentan las características del reporte académico.

- Su objetivo principal es presentar ante el grupo de estudiantes y sus profesores los resultados. Los lectores del documento son básicamente del ámbito estudiantil.
- El tipo de documento en que se puede presentar el reporte es la tesis, la disertación, el artículo para publicación en revistas científicas, libros y reportes técnicos.

A continuación se explican los elementos del reporte tras una investigación:

- **Portada.** Debe contener el título de la investigación, nombre o nombres de los autores o las autoras, el nombre de la institución a la que pertenecen y fecha de presentación.
- **Índice.** Contiene presentación, títulos de capítulos, subtítulos, número de página en que se localiza cada tema y subtema, así como apéndices, si los hay.
- **Resumen.** Da a conocer en forma breve lo esencial del reporte de investigación, y debe incluir el planteamiento del problema, el método utilizado, los resultados más importantes y las conclusiones principales.
- **Introducción.** Incluye los antecedentes del planteamiento de la investigación, el objetivo de la misma, la justificación (el por qué se hace la investigación), el contexto (dónde y cómo se realizó), las variables que pudieran encontrarse y las limitaciones que pudiera tener.
- **Marco teórico.** Hace referencia a las investigaciones que se han hecho antes sobre el tema, mismas que deben revisarse.
- **Método.** Forma en que se realizó la investigación.
- **Enfoque.** Cualitativo, cuantitativo o mixto.

- **Resultados.** Los hallazgos, aun cuando no fueran los esperados.
- **Conclusiones.** Ideas generales que se desprenden de la labor y los resultados de la investigación.
- **Bibliografía.** En ella se citan los libros, revistas, tesis, así como cualquier otra fuente impresa o electrónica que se haya utilizado para realizar la investigación y el desarrollo del tema.

---

## Cómo hacer una investigación

A continuación se describen las etapas generales que se deben seguir para realizar una investigación.

1. **Delimitar el tiempo y el espacio de los hechos por investigar.** Se debe respetar el tiempo en que suceden los acontecimientos y, establecer las fechas es una tarea fundamental.
2. **Delimitar un marco geográfico.** Es importante establecer la dimensión espacial, es decir, el territorio en el que han sucedido los acontecimientos, puede ser un país, un territorio, un municipio, un poblado, una comunidad o una ciudad, con objeto de tener claro el alcance y la influencia de cada suceso y cómo éste afecta territorios regionales o mundiales.
3. **Delimitar las estrategias de recolección de datos locales y regionales del tema.** Acotar fechas, épocas, personajes, hechos permitirá que la investigación se centre en el objeto de estudio para no divagar en la información.
4. **Buscar y elegir las fuentes de información.** La bibliografía es para este tipo de investigación, pues permitirá obtener datos importantes para hacer las comparaciones necesarias, sobre todo cuando se deben comparar acontecimientos de distintas épocas históricas.
5. **Corroborar la información obtenida.** En algunos casos, sobre todo en la investigación de campo, es necesario que se corroboren los datos que se han obtenido de fuentes directas principalmente.
6. **Redactar el informe de investigación.** Junto con los apoyos gráficos, como mapas, gráficas, entre otros.

---

## Estrategias para seleccionar un organizador gráfico

Los organizadores gráficos representan visualmente el contenido principal de un tema o texto; ofrecen un panorama general y las relaciones que mantienen las ideas e información entre sí. Cada organizador gráfico se caracteriza por representar un tipo de relación entre los elementos del tema o texto a escribir. De esta manera, constituyen una herramienta útil

para el estudio, la comprensión de un texto o la escritura de un tema particular.

A continuación te ofrecemos una breve guía para saber en qué casos conviene utilizar cada organizador gráfico y cómo hacerlo:

- **Considera tus objetivos al elaborar el organizador gráfico.** Estudiar, preparar una exposición oral, escribir un texto, interpretar o analizar el contenido de una fuente...
- **Identifica qué tipo de relación tienen las ideas que quieres representar.**
- **Elige cuál es el organizador gráfico más adecuado para tus propósitos y el tipo de relación que quieres representar.** Por ejemplo, si necesitas estudiar para la asignatura de Historia, conviene elaborar una línea de tiempo que te permita representar un panorama general sobre los principales acontecimientos de un período determinado; o bien, para comparar el tratamiento de un mismo tema en dos textos literarios de autores diferentes, puedes recurrir a un diagrama de Venn, el cual te permitirá identificar las principales semejanzas y diferencias entre los textos elegidos.



# BIBLIOGRAFÍA

- Sepúlveda, Elsa; Zazueta, Fedro (2004) *Tensión superficial*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016 de: [goo.gl/hl9n5E](http://goo.gl/hl9n5E)
- Salager, Jean; Anton, Raquel (2005) *Métodos de medición de la tensión superficial o interfacial*. Recuperado el 9 de septiembre de 2016 de: [goo.gl/SKaTb](http://goo.gl/SKaTb)
- Gutiérrez, Carlos (2004), *Si quieres experimentar... en casa puedes empezar / con aire*. México. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de: [goo.gl/FYY4k9](http://goo.gl/FYY4k9)
- Kent, V. (2014) *Efectos de la presión sobre los humanos*. Recuperado el 25 de octubre de 2016 de: <https://goo.gl/Er9Ngx>
- Anónimo [William Toti] (2011) *NASA's Neutral Buoyancy Lab [Archivo de video]*. Recuperado el 20 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/iEKBp5>
- Anónimo (2003) *Una visita al Centro Espacial Johnson de la NASA (1a parte)*. Recuperado el 20 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/lvLN3s>
- Aeronáutica civil (2009) *Uso de fundas protectoras para el sistema pitot estático y para los motores*. Recuperado el 12 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/wN7VfG>
- Rodríguez, F. (2009) *Los tubos de pitot, origen de la tragedia de Fray Bentos*. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/sui9aX>
- Valor, E; Hernández M.J; Cros, A. (s.f) *Termómetro de Galileo*. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/vX3vxu>
- Laboratorio Costarricense de Meteorología (s.f) *¡Construyamos un termómetro! ¡Midamos temperaturas!* Recuperado el 18 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/WSNVsy>
- Casas, C.; Alarcón, M.; (1999) *Meteorología y clima, México*. Recuperado el 19 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/DodTwv>
- Bidegain, M.; Severova, V.; (2010) *Componente Geográfica del clima*. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/kaGY9W>
- Garreaud, R.; (2005) *Nubes y Precipitación*. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/acdpHR>
- Toscano, M.; 2016 *Nubes y Nieblas*. Recuperado el 22 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/mNriXm>
- Anónimo (2015) *Biografía de Benjamín Franklin – Quién fue*. Recuperado el 8 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/x8AlzW>
- Anónimo (s.f) *Historia de la cometa*. Recuperado el 14 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/wuVNJe>
- Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (s.f) *Materiales superconductores*. Recuperado el 13 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/r2lZ46>
- Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (s.f) *Materiales superconductores*. Recuperado el 14 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/6rthWX>
- Nave, R.; Olmo, M.; (2019) *Quarks*. Recuperado el 19 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/49cdxj>
- Barnett, M.; Muehry, H.; Quinn, H.; Aubrecht, G.; Cahn, R.; Dorfan, J.; Dresden, M.; Goldhaber, G.; Jackson, J.; Olive, K., J. (1996). *Contemporary Physics Education Project, Quarks*. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/qQw63d>
- JHF informática (s.f) *La fotocopiadora clásica*. Recuperado el 20 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/0RVelj>

- Anónimo (2003) *Fotocopiadoras: Como funciona una fotocopiadora*. Recuperado el 13 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/CKxjfj>
- Muñoz, F.; (2016) *Las ventajas de un nuevo acelerador de partículas lineal y otras claves*. Recuperado el 19 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/GPqueq>
- Cid, X.; Cid, M. (s.f) *Acelerador de partículas. Acercándonos al LHC*. Recuperado el 12 de septiembre de 2016 de: <https://goo.gl/vDP2t4>

## Fuentes electrónicas

- Biografía de Benjamín Franklin. <http://www.quien.net>. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/J0MZ5J>
- Cid Vidal, X; Cid Manzano, R. Acelerador de partículas. *Universidad de Santiago, España*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/YwfDDk>
- Componente geográfica del clima. *Universidad de la República*. <http://meteo.fisica.edu.uy>. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/BLFBrn>
- ¿Cómo funciona la fotocopiadora? *JHF Informática*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/XAkvfB>
- ¡Construyamos un termómetro! ¡Midamos temperaturas! *Laboratorio Costarricense de Metrología*. Consultado el 31 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/Kj5qea>
- Escobar Espinoza E. Campo magnético de un imán. *Electricidad y magnetismo. Instituto Tecnológico de Tijuana*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/loeOR6>
- Fendt, W. Traducción Zamarró, J. M. Campo magnético de una corriente rectilínea. *Applets Java de Física*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/SRgQsT>
- Flujo magnético. *CECYT número 7, Instituto Politécnico Nacional*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/JaX2Kh>
- Flujo magnético. *HyperPhysics, Georgia State University*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/Xyr6dg>
- Fotocopiadoras: cómo funciona la fotocopiadora. *Fotocopiadoras.net*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/1J41S3>
- Historia de la cometa. *Ciencia 15*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/0RzbKp>
- Kent, V. Efectos de la presión sobre los humanos. *El rincón de la ciencia*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/7FH22v>
- Video:** Laboratorio de flotación neutra. *NASA*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/aLmeLs>
- Los tubos pitot, origen de la tragedia de Fray Bentos. *La Nación*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/K4u0kW>
- Materiales superconductores. *Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón, Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/fLWIFx>
- Materiales superconductores. Superconductividad. *Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/ooKnQX>
- Muñoz Gómez, F. Las ventajas de un nuevo acelerador de partículas lineal y otras claves. *ABC Ciencia*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/oBd51h>

- Nubes y niebla. Universidad de Sevilla. Consultado el 25 de octubre de 2016 en:  
<http://goo.gl/g1nHNn>
- Nubes y precipitación. *Universidad de Chile*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en:  
<http://goo.gl/M2tySM>
- Quarks. *HyperPhysics, Georgia State University*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en:  
<https://goo.gl/0LBbyD>
- Quarks. La aventura de las partículas. *Particle Data Group. Lawrence Berkeley National Laboratory*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <https://goo.gl/i2cZ1q>
- Salager, J. L.; Anton R. (2005). Métodos de medición de la tensión superficial o interfacial. *Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/SKaTb>
- Tensión superficial. *Academic Technology, University of Florida*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/hl9n5E>
- Una visita al centro espacial de la NASA. <https://astroseti.org/>. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/dliouD>
- Uso de fundas protectoras para el sistema pitot estático y para los motores. *Aeronáutica Civil de la República de Colombia*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en:  
<http://goo.gl/4fNBGW>
- Valor i Micó. Termómetro de Galileo. *Universidad de Valencia*. Consultado el 25 de octubre de 2016 en: <http://goo.gl/1ehIEV>

# MODELOS DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

En la formación de competencias, la evaluación está orientada a la mejora del desempeño individual, es continua e integral, guarda estrecha relación con el proceso de aprendizaje y fomenta su concreción mediante el dominio de los conocimientos y el desarrollo de habilidades, actitudes y valores determinados. Enseguida se proporcionan ejemplos y formatos.

## LISTA DE COTEJO

Es una enumeración de elementos que debe contener un producto de trabajo. Permite que, antes de elaborar el producto, el alumno sepa lo que se espera. Durante el proceso, puede revisar el producto y mejorarlo en función de lo solicitado.

1 LISTA DE COTEJO PARA LA EVALUACIÓN DE PORTAFOLIO DE EVIDENCIAS			
2 CARACTERÍSTICAS	3 SÍ	3 NO	4 OBSERVACIONES
La carátula exhibe los datos de identificación: nombre completo, número de lista del alumno, grupo, título del trabajo y materia.			
Hay una presentación del portafolio, con sus propósitos de desarrollo.			
Existe un orden coherente y lógico de los trabajos presentados.			
Las conclusiones reflejan los alcances y la mejora del desempeño propio.			
El diseño es uniforme y original, con recursos gráficos pertinentes.			

- 1 Se establece qué producto hará el estudiante.
- 2 Características que el producto deberá mostrar y que serán la base de su evaluación.
- 3 Se indica si el trabajo tiene o no las características deseables.
- 4 El evaluador hace observaciones de mejora.

## GUÍA DE OBSERVACIÓN

Es una lista de muestras de desempeño. Es ideal para identificar las habilidades y registrar las actitudes y valores, así como para identificar los aspectos que hay que reforzar o fomentar.

1 GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA EVALUACIÓN DE EXPOSICIONES ORALES				
2 CRITERIOS	3 NUNCA	3 A VECES	3 SIEMPRE	4 LOGROS Y ASPECTOS
El expositor proyecta seguridad y dominio del tema.				
Se expresa con fluidez y naturalidad.				
Su lenguaje corporal es congruente con el discurso.				
Se apoya en los recursos tecnológicos para explicar el tema.				
Muestra respeto ante el público y maneja con madurez las objeciones.				

- 1 Se establece qué producto hará el estudiante.
- 2 Habilidades, actitudes y valores que el alumno deberá mostrar y que serán la base de su evaluación.
- 3 Se registra la frecuencia con la que el estudiante muestra el desempeño esperado.
- 4 El evaluador destaca los logros, indica los errores y cómo corregirlos.

## RÚBRICA

Es un conjunto de criterios de desempeño y la descripción de sus niveles de dominio para valorar el aprendizaje y el grado de desarrollo de las competencias del estudiante.

RÚBRICA PARA EVALUACIÓN DE: PROYECTO DEL BLOQUE				
3 CRITERIOS Y EVIDENCIAS	4 NIVELES DE DOMINIO			
	INICIAL-RECEPTIVO	BÁSICO	AUTÓNOMO	ESTRATÉGICO
Comunican información relativa a un tema. Evidencia: Presentación del proyecto.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto se presentan incompletos e inconexos.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto se presentan de modo poco definido y desvinculado.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto se presentan de modo escueto, pero coherente.	La introducción, el desarrollo y las conclusiones del proyecto se presentan con claridad y articulación.
5 Ponderación:40%	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Integran los principales conocimientos del bloque. Evidencia: Producto de trabajo del proyecto.	Los conocimientos del bloque que se integran son incompletos y poco adecuados.	Los conocimientos del bloque que se integran son los mínimos necesarios.	Los conocimientos del bloque que se integran son suficientes.	Los conocimientos del bloque se integran con suficiencia, claridad y adecuación.
5 Ponderación:40%	1 punto	2 puntos	3 puntos	4 puntos
Utilizan materiales de apoyo en la exposición. Evidencia: Material audiovisual.	El material de apoyo es insuficiente.	El material de apoyo es el mínimo necesario.	El material de apoyo es suficiente.	El material de apoyo es adecuado, suficiente y explicativo.
Ponderación:20%	0.5 puntos	1 punto	1.5 puntos	2 puntos
Realimentación: 6				

- 1 Se menciona el objeto de evaluación: un producto o una competencia.
- 2 Sugerencias sobre cómo evaluar.
- 3 Se explican los criterios de desempeño o atributos y las evidencias o productos esperados.
- 4 El evaluador destaca los logros, indica los errores y cómo corregirlos.
- 5 Valor porcentual y puntos asignados a cada nivel.
- 6 Comentarios sobre el desempeño y recomendaciones para mejorarlo.

**LISTA DE COTEJO PARA LA EVALUACIÓN DE PORTAFOLIO DE EVIDENCIAS**

CARACTERÍSTICAS	SÍ	NO	OBSERVACIONES



<b>RÚBRICA PARA EVALUACIÓN DE:</b>				
<b>PROCESO A EVALUAR:</b>		<b>RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN:</b>		
<b>CRITERIOS Y EVIDENCIAS</b>	<b>NIVELES DE DOMINIO</b>			
	<b>INICIAL-RECEPTIVO</b>	<b>BÁSICO</b>	<b>AUTÓNOMO</b>	<b>ESTRATÉGICO</b>
Ponderación:	puntos	puntos	puntos	puntos
Ponderación:	puntos	puntos	puntos	puntos
Ponderación:	puntos	puntos	puntos	puntos
<b>REALIMENTACIÓN:</b>				

# HETEROEVALUACIÓN

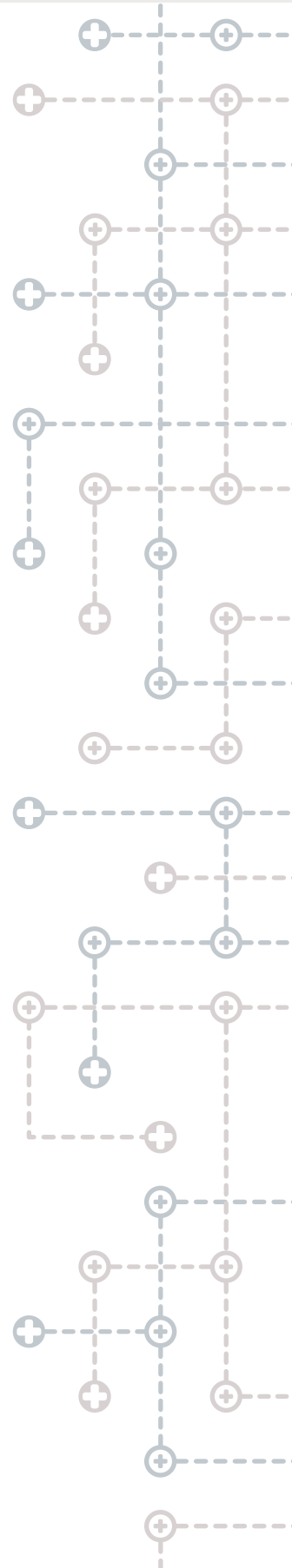
## Explicas el comportamiento de los fluidos

Nombre: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás algunas preguntas acerca de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que habrás integrado a tus saberes después de haber estudiado este bloque. Contéstalas y recorta la hoja para entregarla a tu profesor.

- La superficie libre de un líquido se comporta como una finísima membrana elástica debido a:
  - La cohesión.
  - La viscosidad.
  - La adherencia.
  - La tensión superficial.
- La atmosfera está constituida por una mezcla de gases llamada:
  - Aire.
  - Vapor.
  - Ozono.
  - Nubes.
- A medida que se asciende sobre la superficie de la Tierra, el valor de la presión atmosférica:
  - Aumenta.
  - Va disminuyendo.
  - Permanece igual.
  - Se incrementa proporcionalmente.
- La expresión matemática de la presión hidrostática tiene la siguiente relación:
  - Una masa en un determinado volumen.
  - Una fuerza aplicada sobre una superficie.
  - El producto de una fuerza y una distancia.
  - El producto de una densidad, un factor de peso y una altura.
- La densidad de una sustancia es una magnitud que:
  - Será mayor si se incrementa la masa de la sustancia.
  - Varía de acuerdo con la cantidad de dicha sustancia.
  - Permanece constante independientemente de la cantidad de sustancia.
  - Disminuye su valor a medida que el volumen de la sustancia disminuye.
- La flotación de barcos y submarinos se explica con base en:
  - La Ley de Boyle.
  - El principio de Pascal.
  - El principio de Bernoulli.
  - El principio de Arquímedes.
- A la relación entre el volumen del líquido que fluye por un conducto y el tiempo que tarda en fluir se le denomina:
  - Gasto.
  - Viscosidad.
  - Peso específico.
  - Masa específica.
- Lo que comprobó Bernoulli fue que:
  - A mayor altura, menor presión atmosférica.
  - Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje ascendente.
  - La presión de un líquido que fluye por una tubería es baja si la magnitud de su velocidad es alta.
  - La presión aplicada a un líquido encerrado se transmite en forma íntegra a todo el líquido.



9. Si por un tramo de tubería ancho pasa determinado volumen de líquido en cierto tiempo, y el tramo de tubería reduce su tamaño más adelante, se observará que:
- a) El volumen del líquido que fluye determinado tiempo sigue siendo el mismo.
  - b) En el tramo más ancho se tiene un gasto de líquido mayor que en el tramo más angosto.
  - c) Al reducirse el tramo de tubería y ser más angosto, el volumen del líquido debe disminuir en determinado tiempo.
  - d) Pasa mayor cantidad de líquido en un segundo por la parte ancha que por la parte angosta.

10. Estudia los líquidos en movimiento:

- a) La capilaridad.
- b) La hidrostática.
- c) La hidrodinámica.
- d) La fuerza de fricción viscosa.

11. Encuentra el valor de la presión hidrostática que siente un buzo que se sumerge a 18 m de profundidad en el agua de mar (la densidad del agua de mar es  $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ ).

12. Calcula el diámetro que debe tener una tubería para que el gasto de agua sea de  $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , a una velocidad cuya magnitud es de  $5 \text{ m/s}$ .

13. Calcula la velocidad del derrame de agua por una abertura que está a 15 m por debajo de la superficie libre del agua en un tanque.

14. Un cuerpo con una masa de 18 kg y un volumen de  $0.016 \text{ m}^3$  se sumerge completamente en agua. a) Encuentra la fuerza de empuje que el agua ejerce sobre el cuerpo. b) Determina si el cuerpo flota o se hunde una vez que se haya soltado.

15. La presión manométrica en un balón de fútbol es de 11.6 psi. ¿Cuál es el valor de la presión absoluta dentro del balón?

# HETEROEVALUACIÓN

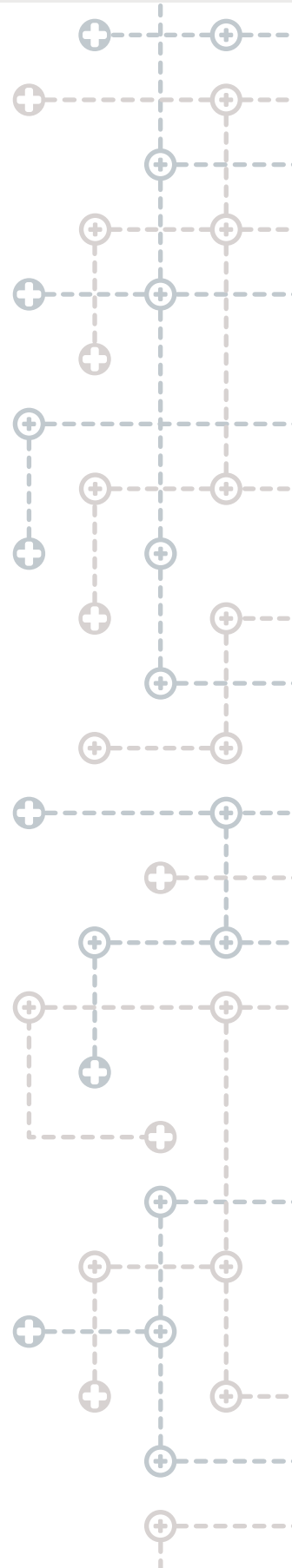
## Identificas diferencias entre calor y temperatura

Nombre: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás algunas preguntas acerca de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que habrás integrado a tus saberes después de haber estudiado este bloque. Contéstalas y recorta la hoja para entregarla a tu profesor.

- ¿Qué magnitud física indica qué tan caliente o fría es una sustancia respecto de un objeto que se toma como patrón?
  - El calor.
  - La temperatura.
  - El calor latente.
  - La energía interna.
- El tamaño de los objetos se ve afectado por los cambios de temperatura, ya que la mayoría de ellos:
  - Manifiesta una dilatación irregular.
  - Se dilatan al calentarse y se contraen al enfriarse.
  - Se contraen al calentarse y se dilatan al enfriarse.
  - Incrementan considerablemente su energía potencial.
- La dilatación lineal difiere de la dilatación volumétrica porque esta última implica un incremento de:
  - Área.
  - Volumen.
  - Energía cinética.
  - Energía potencial.
- Para elevar la temperatura de un gramo de agua un grado centígrado se requiere una cantidad de calor llamado:
  - Calor latente.
  - Calor específico.
  - Capacidad calorífica.
  - Calor de vaporización.
- El calor perdido o cedido en cualquier intercambio de calor es igual al:
  - Calor latente.
  - Calor ganado.
  - Calor específico.
  - Calor de vaporización.
- El calor específico del vidrio en comparación con el calor específico del agua es:
  - Igual.
  - Menor.
  - Mayor.
  - No se sabe.
- Se define como la cantidad de calor por unidad de masa que se requiere para que una sustancia cambie de estado sin variar su temperatura.
  - Calor latente.
  - Calor de ebullición.
  - Calor de vaporización.
  - Calor de intercambio de las sustancias.
- Es el proceso de transformación que experimenta una sustancia cuando pasa del estado sólido al líquido.
  - Fusión.
  - Sublimación.
  - Solidificación.
  - Condensación.



9. Es la transferencia de calor a través de un fluido en la que ocurren movimientos visibles de las partes del fluido que tienen diferentes temperaturas.
- |                |                          |
|----------------|--------------------------|
| a) Radiación.  | c) Convección.           |
| b) Conducción. | d) Radiación infrarroja. |

10. El enunciado "no es posible transformar completamente la energía interna en trabajo mecánico" se refiere a:
- El equivalente mecánico del calor.
  - El estado interno de las sustancias.
  - La primera ley de la termodinámica.
  - La segunda ley de la termodinámica.

11. Calcula la cantidad de calor que se necesita suministrar a 3 litros de agua para que ésta eleve su temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ .

12. Se tienen 900 gramos de agua a  $90^{\circ}\text{C}$  y se combinan con 800 gramos de agua a  $25^{\circ}\text{C}$ ; calcula el valor de la temperatura final de la solución.

13. Si se tienen 850 gramos de hielo a una temperatura inicial de  $-35^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuánto calor será necesario para convertir al hielo en agua líquida a una temperatura de  $48^{\circ}\text{C}$ ?

14. ¿Por qué razón en climas fríos el ser humano consume más alimentos? Justifica tu respuesta. \_\_\_\_\_

---



---

15. ¿Por qué se afirma que sin el Sol no habría vida? Si contaras con todos los recursos necesarios, ¿qué harías para sustituir la fuente de energía del Sol? Justifica tus respuestas.

---



---



---

# HETEROEVALUACIÓN

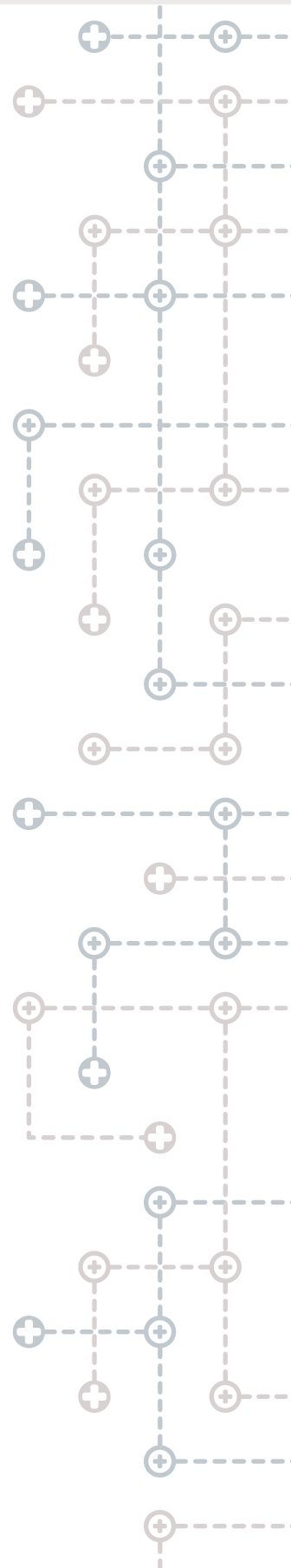
## Comprendes las leyes de la electricidad

Nombre: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás algunas preguntas acerca de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que habrás integrado a tus saberes después de haber estudiado este bloque. Contéstalas y recorta la hoja para entregarla a tu profesor.

- ¿En qué tema se estudia la atracción y repulsión que existe entre cargas eléctricas en reposo?
  - Electricidad.
  - Magnetismo.
  - Electrostática.
  - Electrodinámica.
- ¿Qué nombre reciben los materiales que aunque sólo se froten en un punto, se electrifican en toda su superficie?
  - Aislantes.
  - Conductores.
  - Dieléctricos.
  - Semiconductores.
- ¿Cuál es la unidad en la que se mide la carga eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades?
  - Volt.
  - Farad.
  - Ampère.
  - Coulomb.
- ¿Qué nombre recibe el medio material que rodea a los cuerpos cargados eléctricamente y que hace posible su interacción con otros cuerpos cargados?
  - Campo eléctrico.
  - Campo nebuloso.
  - Campo magnético.
  - Campo gravitacional.
- ¿Qué nombre recibe la cantidad de carga eléctrica que pasa por cada sección transversal de un conductor en un segundo?
  - Voltaje.
  - Energía eléctrica.
  - Potencia eléctrica.
  - Intensidad de corriente eléctrica.
- ¿Qué cantidad física se obtiene al dividir el voltaje que aparece en los extremos de un elemento entre la intensidad de la corriente eléctrica que circula por él?
  - Resistividad.
  - Calor disipado.
  - Potencia eléctrica.
  - Resistencia eléctrica.
- ¿Cuál es el circuito eléctrico en el cual todos los ramales tienen el mismo voltaje?
  - Serie.
  - Paralelo.
  - Corriente directa.
  - Corriente alterna.
- ¿Cuál es el circuito en el cual la suma de las caídas de voltaje de cada elemento o resistencia es igual al voltaje aplicado?
  - Mixto.
  - En serie.
  - Alterno.
  - Paralelo.





# HETEROEVALUACIÓN

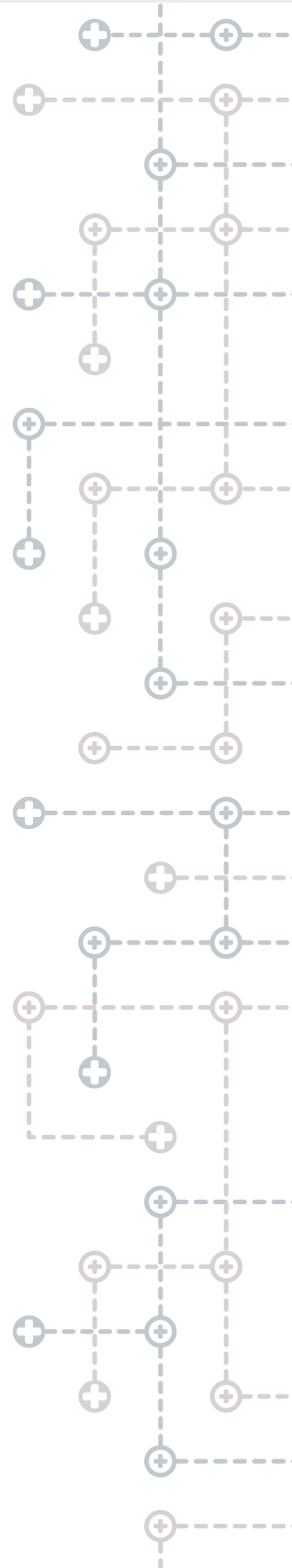
## Relacionas la electricidad con el magnetismo

Nombre: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás algunas preguntas acerca de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que habrás integrado a tus saberes después de haber estudiado este bloque. Contéstalas y recorta la hoja para entregarla a tu profesor.

- Los polos de dos imanes:
  - Se neutralizan entre sí.
  - Se atraen si son iguales.
  - Se atraen si son distintos.
  - Se repelen si son distintos.
- Un imán pierde sus propiedades magnéticas cuando:
  - Se calienta mucho.
  - Se cubre con papel.
  - Se parte en dos piezas.
  - Se le aplica una capa de pintura.
- Si un cuerpo con la carga eléctrica se mueve paralelamente a las líneas del campo magnético, ¿experimenta el cuerpo alguna fuerza?
  - No se puede determinar.
  - No experimenta fuerza alguna.
  - Sí, en la dirección de su movimiento.
  - Sí, en la dirección perpendicular a la dirección de su movimiento.
- Si un alambre recto largo conduce una corriente eléctrica, las líneas del campo magnético generado son:
  - Nulas.
  - Paralelas al alambre.
  - Concéntricas y perpendiculares al alambre.
  - Concéntricas, pero no perpendiculares al alambre.
- Es la creación de una corriente eléctrica en un conductor cerrado que se encuentra en un campo magnético variable.
  - Inducción térmica.
  - Inducción magnética.
  - Inducción electrodinámica.
  - Inducción electromagnética.
- Oersted descubrió que alrededor de un conductor, por el cual circula una corriente eléctrica, se forma un campo:
  - Eléctrico.
  - Magnético.
  - Gravitacional.
  - Electroestático.
- ¿Cuál de estos materiales no es necesario para construir un electroimán?
  - Un motor.
  - Un alambre.
  - Una batería.
  - Una barra de acero.
- Aparato que transforma energía eléctrica en energía mecánica:
  - Electroscopio.
  - Motor eléctrico.
  - Generador eléctrico.
  - Transformador eléctrico.



9. Aparato que transforma energía mecánica en energía eléctrica:

- a) Electroimán.
- b) Galvanómetro.
- c) Electroscopio.
- d) Generador eléctrico.

10. Para aumentar o disminuir el voltaje de la corriente alterna se emplean los:

- a) Electroimanes.
- b) Semiconductores.
- c) Transformadores.
- d) Generadores eléctricos.

11. La fuerza que un campo magnético ejerce sobre un cable de 30 cm de longitud es de 0.7 N. Si las líneas de campo magnético son perpendiculares al cable y por este último circula una corriente con una intensidad de 0.7 A. ¿Cuál es la inducción magnética del campo?

12. Una corriente de 2 A circula por un conductor de 20 cm de longitud que se encuentra en un campo magnético de  $500 \mu\text{T}$ . Determina la fuerza sobre el conductor considerando que éste se coloca paralelo al campo.

13. Un transformador se emplea en una línea de 1 800 V para suministrar 50 A, a 120 V. ¿Cuántas vueltas tiene el primario si el secundario posee 200 vueltas?

14. ¿Qué beneficios obtienes en tu vida cotidiana del fenómeno de inducción electromagnética? Justifica tu respuesta.

15. Describe qué daños produce al medio ambiente la generación de energía eléctrica en las plantas termoeléctricas, y qué recomendaciones puedes hacer para disminuir dichos daños. Justifica tu respuesta.

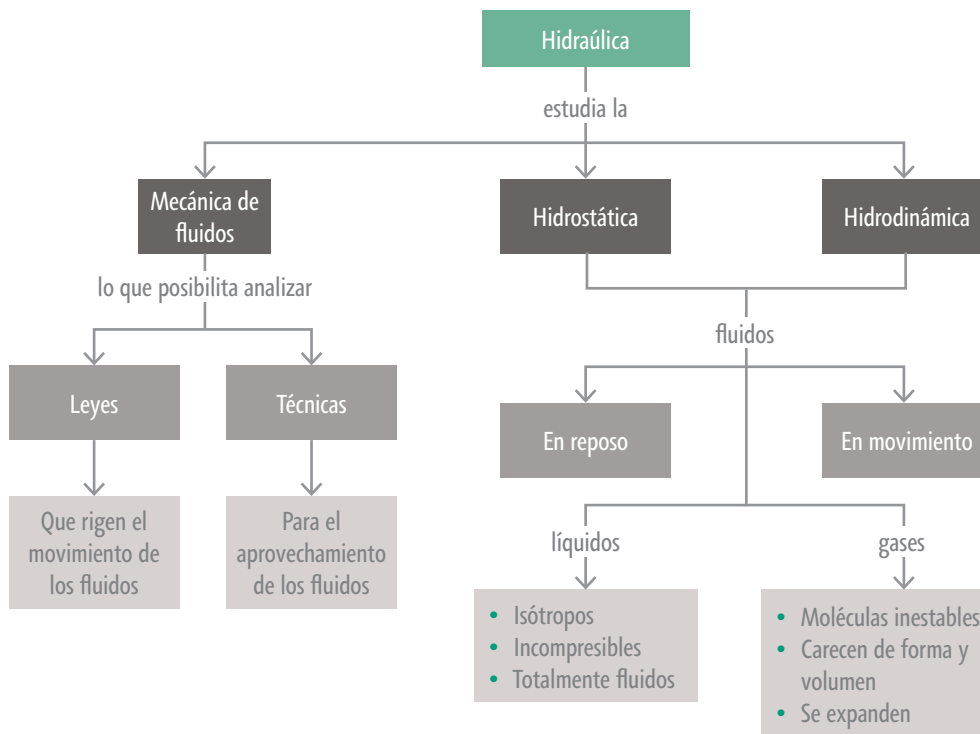
# RESPUESTAS A EJERCICIOS IMPARES

## BLOQUE 1

### EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA. PÁGINA 4

- c)
- b)
- La densidad del huevo fresco es mayor que la densidad del agua y, por el principio de Arquímedes, se sabe que un objeto inmerso en un fluido de menor densidad que el objeto, se hundirá. A medida que el huevo envejece, éste comienza a deteriorarse, lo cual implica que a través de la cáscara del huevo se emiten gases, producto de la descomposición, originando que la densidad del huevo disminuya hasta el punto que la densidad del huevo es menor que la densidad del agua y, de nueva cuenta por el principio de Arquímedes, el huevo flotará.
- La presión atmosférica en la cima de la montaña es menor debido a que la presión es un indicador del peso del aire y, a mayor altura, existe una menor “concentración” de aire debido a la fuerza de gravedad que también disminuye con la altura.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 5



### EN ACCIÓN. PÁGINA 6

- Sólido. Jabón, lápiz y papel.
- Líquido. Aceite, miel y agua.

### EN ACCIÓN. PÁGINA 7

- Las distancias entre las partículas van aumentando de acuerdo a la siguiente desigualdad:  
 $\text{sólido} < \text{líquido} < \text{gaseoso}$
- En el gaseoso.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 7**

1.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES		
Sólidos	Líquidos	Gases
Resistencia.	Viscosidad.	Sin forma propia.
Flexibilidad.	Volatilidad.	Sin volumen constante.
Fragilidad.	Adoptan la forma del recipiente que los contiene.	Adoptan el tamaño y la forma del recipiente que los contiene.
Elasticidad.	Ligeramente compresibles.	Alta compresibilidad.
Dureza.	Volumen constante.	Se difunden y tienden a mezclarse con otras sustancias en el mismo estado.

3.

SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE GASES Y LÍQUIDOS	
Semejanzas	Diferencias
Se difunden.	Volumen.
Se dilatan y contraen.	Compresibilidad.
Adoptan la forma del recipiente.	Adoptan el tamaño completo del recipiente que los contiene.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 9**

1. Arriba.

3. La razón de ello se encuentra en lo más íntimo de su ser, en su propia naturaleza. Cada molécula de agua está compuesta por tres átomos: dos de hidrógeno y uno de oxígeno ( $H_2O$ ). La atracción que experimentan entre sí, la fuerza de cohesión que las mantiene unidas, es muy especial: deriva de la polaridad que caracteriza a las moléculas, como si de un montón de minúsculos imanes se tratase, con sus polos negativos y sus polos positivos.

Por su parte, el aceite está formado por grandes moléculas integradas por muchos átomos de carbono e hidrógeno, careciendo de átomos de oxígeno. No son en absoluto sustancias polares, no poseen ningún atractivo para tentar a una molécula de agua. Igual sería acercar un imán a un trozo de madera. No ocurriría nada.

Sólo cuando una sustancia esté formada por átomos y moléculas con carga eléctrica (similares a las del agua), podrá llamar su atención. Primero la mojará, la engullirá después y, finalmente, acabará por disolverla.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 10**

5. a) La servilleta absorbió el agua rápidamente.  
 b) El terrón de azúcar absorbió agua lentamente.  
 c) La fuerza de adhesión existente.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 11**

1. El clip estaría seco debido a la tensión superficial que posee el agua.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 12**

1. Se hunde.  
 3. Un agente tensoactivo es aquella sustancia capaz de modificar la tensión superficial de un líquido.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 13**

1. El rocío se produce porque, cuando el aire sufre una disminución brusca de temperatura, es incapaz de alojar tanta agua, la cual se va depositando en lo que toca: hojas, flores, paredes etc., en forma de pequeñas gotas debido a la fuerza de cohesión.
3. Los insectos logran caminar sobre la superficie del agua debido a la tensión superficial en la superficie del agua.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 16**

ESTADO FÍSICO	SUSTANCIA	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
Sólido.	Madera.	0.38 – 0.69
	Piedra (caliza).	2.5
	Hierro.	7.8
	Sal.	2.2
Líquido.	Leche.	1.028 – 1.035
	Alcohol.	0.810
	Miel.	1.402 – 1.424
	Agua.	1
Gas.	Aire.	0.0013
	Gas natural.	0.000717
	Gas LP.	0.00252

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 17**

3. Si se utilizaron exactamente las sustancias que se enlistan en la tabla, la densidad calculada debe ser parecida, debido a que la densidad es una propiedad de cada uno de los materiales.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 18**

1. 7.3 kg y 0.977 g/cm<sup>3</sup>

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 19**

1. El segundo cuerpo, debido a que tiene mayor volumen.
3. c)
5. 1.33 cm usando la densidad de 0.5 g/cm<sup>3</sup>
7. 424.1 g

**EN ACCIÓN. PÁGINA 20**

1. Se siente una mayor deformación en el dedo en contacto con el lado con punta.
3. El área en contacto en cada uno de los extremos es distinta, lo cual origina que la presión que se siente aumente mientras el área en contacto disminuye.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 21**

1. 1.1 Ton
3. Para acercarse a la orilla de un lago congelado, se tiene que gatear, ya que se aumenta la superficie de contacto, lo cual origina que la presión aplicada sobre el hielo sea menor que si se acercara de pie.
5.  $p_1 = 0.5 \text{ GPa}$ ,  $p_2 = 187.5 \text{ kPa}$ .

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 24**

5. La fuerza hidrostática que ejerce el agua sobre la tarjeta, es la que evita que ésta se separe de la boca de la botella.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 25**

1. 2.56 MPa
3. 229.5 kPa

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 27**

5. La tarjeta se mantendrá en su lugar.
7. La dirección de la presión del aire atmosférico es en todos los sentidos.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 29**

1. La botella lucirá un poco aplastada, debido a que la presión atmosférica de la cabina (donde se cerró la botella) es menor que la presión atmosférica al nivel del mar.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 31**

1.  $p_{o1} = 2.94 \text{ atm}$ ;  $p_{o2} = 3.04 \text{ atm}$
3. Sí se pueden tener presiones manométricas negativas.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 34**

5. El émbolo más grande ascendió, y el más pequeño descendió.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 34**

1. Debido a que se trata de un fluido incompresible, la fuerza que suministra el émbolo se transmite con la misma intensidad en todas las direcciones.
3.  $1\,200 \text{ m}^2$

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 36**

1. Se hunde.
3. Depende del área superficial en contacto con la superficie.
5. Se hunde.
7. La densidad del agua salada es mayor.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 40**

1. c)
3. Como el pedazo de hielo flota, el peso de toda el agua desplazada por éste es igual al peso del propio hielo o del agua recibida de éste. Por eso, el agua que se forma después del deshielo, ocupará un volumen igual al volumen de la parte hundida del pedazo de hielo y, por consiguiente, el nivel del agua no cambiará.
5.  $799 \text{ kg/m}^3$ .

**EN ACCIÓN. PÁGINA 42**

5.  $0.00006 \text{ m}^3/\text{s}$
7. 15 s

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 44**

1. a)  $0.166 \text{ L/s}$     b)  $0.000166 \text{ m}^3/\text{s}$
3. Que un fluido esté en un sistema cerrado significa que circula y recircula por el mismo sin salir al exterior ni tomar fluido del exterior. Por lo tanto, las razones por las cuales pudiera existir un decremento en el gasto es:
  - a) Si el fluido es un líquido, éste se debe de mantener en un régimen constante, es decir, el gasto se mantiene constante en todo el recorrido, por lo tanto, no debe de

existir variación en el mismo. Dicho esto, si existe un decremento en el gasto de medio litro por segundo, indica que existe alguna fuga en el sistema.

- b) Si el fluido es un gas, se podría considerar que este fluido se comprime en algunas secciones del recorrido dentro del sistema, debido a una variación entre bajas presiones y altas presiones, entonces, mientras que en el sistema se mantiene un gasto de masa constante, el gasto volumétrico da como resultado un menor volumen por segundo. Éstas son algunas de las razones por las cuales pudiera existir una disminución del gasto en un sistema cerrado.

5. 514.4 cm/s

#### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 46

1. No son los mismos, debido a la diferencia de densidades.  
3. 96 litros

#### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 46

1. Se expresa en  $m^3$  y se realiza bimestralmente.  
3. a) 0.4166 kg/día      b)  $4.82 \times 10^{-6}$  kg/s

#### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 48

1. 3 m/s  
3. c)  
5. 1.92 cm

#### EN ACCIÓN. PÁGINA 50

1. Al soplar entre las dos hojas de papel, éstas tienden a unirse debido a una diferencia de presiones. Al soplar entre las hojas, reducimos el volumen del aire que está entre ellas, por lo tanto, la presión hidrostática entre las hojas disminuye y, al mantenerse constante, la presión hidrostática a los lados externos de las hojas produce una diferencia de presión que origina que las hojas tiendan a unirse.

#### EN ACCIÓN. PÁGINA 54

Al destapar los orificios, el agua que sale por el orificio con altura  $h_3$  tiene mayor alcance, el orificio con altura  $h_2$  es el segundo con respecto a distancia de alcance y, finalmente, el orificio con altura  $h_1$  tiene el menor alcance de los tres.

Esto se puede corroborar con la fórmula de Torricelli, al ir incrementando la altura, la velocidad será mayor, por lo tanto, existirá un mayor alcance para el valor más grande de altura.

#### EN ACCIÓN. PÁGINA 57

1. a) 200 m/s      b) 40 000 Pa

#### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 59

1. Por la viscosidad del aire (el rozamiento entre moléculas) el camión arrastra una masa importante de aire consigo y, al momento de cruzarse con otro vehículo, la velocidad relativa de ese aire es grande y se canaliza en el espacio entre el camión y el otro vehículo, generando una caída importante de presión estática, eso hace un efecto “succión” entre los dos vehículos. El camión es grande y pesado y esa fuerza no le afecta tanto, pero a un vehículo chico, como en términos relativos es un camper, sí le afecta.  
3. 2.8 m/s  
5. 5.1 m

**PREGUNTAS Y EJERCICIOS. PÁGINA 60**

1. La hidráulica, es la rama de la ingeniería que aplica los conocimientos de la mecánica de los fluidos para diseñar y construir dispositivos que funcionen con este tipo de sustancias, ya sea en reposo y en movimiento.
3. Estática de los fluidos.
5. La tendencia a estar unidos.
7. Es el fenómeno de elevación del nivel del líquido en tubos muy finos.
9. La capilaridad.
11. Porque promueve la disminución de la tensión superficial.
13. No, debido a que tienen distintas densidades.
15. 1 atm
17. En el principio de Pascal, la presión externa ejercida sobre una parte de un líquido encerrado en un recipiente, se transmite en todas direcciones y llega a todos los puntos del líquido sin disminuir su magnitud.
19. La fuerza de empuje, es la fuerza dirigida verticalmente hacia arriba ejercida por los fluidos, como el agua y el aire, sobre los cuerpos sumergidos parcial o totalmente en ellos.
21. Menor, debido a que la fuerza de empuje es mayor que el peso del cuerpo.
23.  $790 \text{ kg/m}^3$
25.  $110.13 \text{ MPa}$
27. 10 m
29.  $54.7 \text{ N}$
31.  $11\,420 \text{ kg/m}^3$
33. En el flujo laminar, las líneas de flujo no se intersectan, a diferencia del flujo turbulento.
35. Es el volumen de líquido que pasa por una sección transversal de una tubería en una unidad de tiempo.
37. Establece que mientras más pequeña sea el área de la sección transversal, más grande será la velocidad del fluido que pasa a través de ella, y viceversa.
39. Establece que la velocidad de la salida es igual a la velocidad que alcanza un cuerpo que cae en caída libre desde una altura  $h$ .
41. a)  $1.75 \text{ L/min}$       b)  $2.91 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
43.  $5.17 \text{ m/s}$
45.  $10\,830 \text{ Pa}$

**BLOQUE 2****EVALUACIÓN DIAGNOSTICA. PÁGINA 66**

1. d)
3. d)
5. Con la cubeta de agua se podría derretir mayor cantidad de hielo, debido a que existe mayor cantidad de calor disponible para cederle al hielo.
7.  $51^\circ\text{C}$

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 68**

TERMÓMETRO	ORIGEN	PROPIEDAD TERMOMÉTRICA QUE UTILIZA	FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS
Clínico.	Debido a la necesidad de lograr algún sistema para medir de manera más rápida la temperatura de los pacientes, el médico británico Thomas Clifford Allbutt, ideó el primer termómetro que podría considerarse como clínico.	Volumen de un líquido.	Funciona gracias a la dilatación del mercurio, ya que éste, al entrar en contacto con una superficie de temperatura distinta a la del termómetro, se dilata o contrae, dependiendo si la temperatura es mayor (se dilata) o menor (se contrae), y esto hace que el mercurio en estado líquido, suba o baje por un tubo graduado llamado capilar, marcando la temperatura exacta del cuerpo o sustancia.
De gas.	Es el resultado de los estudios de Amontons sobre la relación entre la temperatura, la presión y el volumen de los gases.	Variación del volumen o presión del gas.	Se pone la ampolla del gas en el ambiente cuya temperatura hay que medir, y se ajusta entonces la columna de mercurio (manómetro) que está en conexión con la ampolla, para darle un volumen fijo al gas de la ampolla. La altura de la columna de mercurio indica la presión del gas. A partir de ella se puede calcular la temperatura.
Termopar.	Este termómetro surgió debido al descubrimiento del efecto termoeléctrico Seebeck.	Fuerza electromotriz.	Está formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden de los milivoltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos (punto caliente) y el otro llamado punto frío.
De resistencia.	Debido a las observaciones de Sir Humphry Davy sobre la resistencia de los materiales variando su temperatura.	Resistencia eléctrica.	Consiste en un alambre de algún metal (como el platino) cuya resistencia eléctrica cambia cuando varía la temperatura.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 69**

- 35°C
- 0.1°C

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 72**

	CELSIUS	FAHRENHEIT	KELVIN	RANKINE	RÉAUMUR
Valor para el punto de fusión del agua.	0	32	273.15	491.67	0
Valor para el punto de ebullición del agua.	100	212	373.15	671.67	80
Temperatura promedio del cuerpo humano.	36.5	98.6	310.5	310.15	29.2
Valor para el cero absoluto.	-273.15	-459.4	0	0	-218.52

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 73**

KELVIN	CELSIUS	FAHRENHEIT	RANKINE	RÉAUMUR
295	21.85	71.33	531	17.48
278.15	-15	5	464.67	-12
200	-73.15	-99.67	360	-57.72
263.15	-10	14	473.67	-8
423.15	65.55	150	423.15	52.44

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 73**

1. 10 832°F
3. 285.929K

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 76**

3. La mano derecha se empieza a calentar hasta equilibrarse con el agua.
5. Al calor.
7. Se debe sentir muy fría.
9. Al calor.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 77**

1. 1054.87 J
3. 7.62 – 2.52 kcal, 31.89 – 10.54 kJ
5. 1462 016 kcal, 5 801 651.764 BTU

**EN ACCIÓN. PÁGINA 83**

EJEMPLOS	CONDUCCIÓN	CONVECCIÓN	RADIACIÓN
Una tortilla en el microondas.	NO	NO	SÍ
Una sartén en la estufa.	SÍ	NO	NO
El agua de los océanos en el día expuesta a la luz del Sol.	NO	NO	SÍ
El agua de los océanos en la noche.	NO	SÍ	NO
El magma que se encuentra entre el núcleo de la Tierra y la corteza terrestre.	SÍ	NO	NO
Caldo de pollo en la hornilla.	NO	SÍ	NO

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 84**

1. Ocasiona que emerjan montañas y volcanes, que las masas de tierra se unan o separen, etcétera. Todo esto influye en la temperatura, las precipitaciones y otros elementos del clima. Por ejemplo, una hipótesis sobre el calentamiento durante el Cretácico, sugiere que los movimientos entre las placas liberaron una alta cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.
3. Podrían producir una elevación de la temperatura en ciertas regiones del planeta.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 85**

1. a) 2 226.9 kJ, 2 111 BTU      b) 222.7 veces

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 89**

ALIMENTO	VALOR NUTRIMENTAL	CONSUMO DIARIO	CANTIDAD DE CALORÍAS CONSUMIDAS
Carne.	240	300 g	720
Pescado.	90 000	200 g	180 000
Huevos.	80	2	180
Pan.	52 200	100 g	261 000
Leche.	57	500 mL	285

**EN ACCIÓN. PÁGINA 90**

1. La bolsa de té se infla.
3. Aumentó 0.1 mm. Al enfriar, regresa a su tamaño original.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 96**

1.65 L.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 97**

- Debido al coeficiente de dilatación térmica que posee el aluminio, éste tendería a alongarse con mayor facilidad que el hierro con alguna variación de temperatura.
- Al momento de entrar en contacto con el agua, lo primero que recibe calor es el vidrio que forma al termómetro, el cual se dilata y aumenta de sección el diámetro interior del tubo, por lo que aumenta el volumen y el mercurio baja, posteriormente, cuando el mercurio recibe la suficiente cantidad de calor para que inicie la dilatación, éste comienza a subir por la columna. Debido a esto, siempre se espera a que se equilibren térmicamente la sustancia u objeto con el termómetro.
- 0.00001/°C
- 50.0425 m
- 95 cm
- 531.45 cm<sup>3</sup>
- 63.19 mL

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 100**

SITUACIÓN	TIPO DE DILATACIÓN (LINEAL, SUPERFICIAL O VOLUMÉTRICA)	¿POR QUÉ SE DILATA?
Rieles de un tren.	Dilatación lineal.	Debido al aumento de temperatura al estar expuestos al calor del sol y también a la fricción entre metales.
Cables de electricidad.	Dilatación lineal.	Debido al aumento de temperatura al estar expuestos al calor del sol.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 101**

TEMPERATURAS DE LOS 100 g DE AGUA (°C)	TEMPERATURA DE LOS 300 g DE AGUA (°C)	TEMPERATURAS DE LOS 100 g DE AGUA (°C)	TEMPERATURA DE LOS 300 g DE AGUA (°C)
20	60	38(32 + 6)	54(56 - 2)
26(20 + 6)	58(60 - 2)	44(38 + 6)	52(54 - 2)
32(26 + 6)	56(58 - 2)	50(44 + 6)	50(52 - 2)

**EN ACCIÓN. PÁGINA 102**

- 97 L
- 27.5°C

**EN ACCIÓN. PÁGINA 104**

- $\frac{1}{30}$  cal/g°C
- 30 veces

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 105**

SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO EN cal/g°C	CALOR ESPECÍFICO EN J/kg°C
Agua.	1	4 182
Aire seco.	0.241	1 000
Hielo.	0.55	2 299

SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO EN cal/g°C	CALOR ESPECÍFICO EN J/kg°C
Estaño.	0.055	230
Plomo.	0.031	130

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 107**

- 57.6°C
- 410°C

**EN ACCIÓN. PÁGINA 110**

$$1. 0.031 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} = 542\,972.16 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

**EN ACCIÓN. PÁGINA 110**

- El globo no explota al instante.

**CONEXIONES. PÁGINA 112**

- 3.35 MJ
- 93 horas

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 114**

- Esto es debido a que el calor que posee el agua caliente, o el vapor, es transferido a la parte en contacto con la persona y, al elevarse la temperatura de alguna sección del cuerpo humano, éste reacciona.
- c)

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 115**

- El calor específico de la pasta es alto comparado con el de la salsa, por lo tanto, la velocidad de enfriamiento de la pasta es mucho mayor que el de la salsa.
- Extrajeron 33.6 kJ, Potencia 56 J/s
- 3 352 J/s
- 137.36°C
- 12°C

**EN ACCIÓN. PÁGINA 119**

- El gas se comprime.
- Sí es posible.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 120**

- El horno de microondas suministra suficiente energía para que el agua que se encuentra dentro del globo cambie de estado líquido a gaseoso, teniendo como consecuencia un aumento en la cantidad de gas dentro del globo.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 121**

- 54°C = 327K

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 124**

PROCESO	CARACTERÍSTICA	PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA	SIGNIFICADO
Isobárico.	$P = \text{cte}$	$\Delta U = Q - P(V_f - V_i)$	Un gas se expande mientras que la presión del mismo no varía.
Isotérmico.	$T = \text{cte}$	$Q = T$	El trabajo es igual al calor ganado.

PROCESO	CARACTERÍSTICA	PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA	SIGNIFICADO
Isocórico.	$V = cte$	$\Delta U = Q$	Significa que si se agrega o se quita calor, todo el calor se usa para aumentar la energía interna del sistema.
Adiabático.	$Q = 0$	$T = -\Delta U$	No existe intercambio de energía.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 127

- Radiación.
- La segunda ley de la termodinámica.

### PREGUNTAS Y EJERCICIOS. PÁGINA 127

- Magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico.
- La diferencia entre las temperaturas de fusión del hielo y de ebullición del agua en la escala Celsius es de  $100^\circ\text{C}$  ( $100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}$ ), mientras que en la escala Fahrenheit es de  $180^\circ\text{F}$  ( $212^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F}$ ).
- $0^\circ\text{C}$ ,  $32^\circ\text{F}$ ,  $273.15\text{K}$
- Es cuando el sistema termodinámico y su entorno logran tener la misma temperatura.
- $350.33^\circ\text{F}$
- a)  $33.9152^\circ\text{F}$       b)  $274.214\text{K}$
- a)  $674.6^\circ\text{F}$       b)  $630.15\text{K}$
- El calor es la energía que se transfiere entre dos cuerpos que interactúan térmicamente.
- La caloría es la unidad para medir la cantidad del calor.
- El equivalente mecánico del calor es el efecto térmico que sobre un cuerpo causa una caloría, que es posible de lograr también ejerciendo sobre ese cuerpo un trabajo mecánico de  $4.186$  joules.
- $26798.42$  joules.
- $0.0947817$  BTU
- La conducción de calor, es la transferencia de calor de una parte de un cuerpo a otra que tiene temperatura diferente, sin que ocurra un movimiento visible de esas partes.
- La transferencia por radiación térmica, es el traspaso de calor que ocurre mediante la radiación térmica que emiten los cuerpos a todas las temperaturas.
- Por radiación.
- Hombres:  $\text{TMB} = (10 \times \text{masa}) + (6.25 \times \text{altura}) - (5 \times \text{edad}) + 5$   
Mujeres:  $\text{TMB} = (10 \times \text{masa}) + (6.25 \times \text{altura}) - (5 \times \text{edad}) - 161$
- El Índice de Masa Corporal (IMC) determina si la masa de una persona es adecuada.
- $\text{TMB} = 1332.5$ ;  $\text{IMC} = 16.82 \text{ kg/m}^2$
- Depende de la diferencia en la temperatura del material, esto es, cuánto ha variado la temperatura durante la dilatación o contracción en el material. Y de un término propio del material llamado coeficiente de dilatación térmica, que nos dice "qué tan susceptible es el material a dilatarse o contraerse", este coeficiente, si es dilatación lineal, se mide en unidades de distancia sobre temperatura.
- $L_f = L_i(1 + \alpha\Delta T)$ .
- $0.03366 \text{ cm}$ .
- El calor específico de una sustancia es igual al calor necesario para aumentar la temperatura de  $1 \text{ g}$  de esa sustancia.
- $68.68^\circ\text{C}$
- $130 \text{ 1/kgK}$

49.  $77.17^{\circ}\text{C}$
51. Sólido, líquido y gaseoso.
53. Dos tipos (evaporación y fusión).
55.  $8.575\text{ kJ}$
57.  $56.97\text{ kcal}$
59. El entorno es la parte del Universo que está separada del sistema termodinámico por una superficie real o ficticia.
61. Móviles.
63. Es aquella que impide el flujo de calor.
65. Los cambios de las cantidades físicas que describen el sistema termodinámico, se llaman procesos termodinámicos.
67. **Compresión y calentamiento.** El compresor comprime bruscamente el refrigerante que está en estado gaseoso (vapor). Como sabes, todos los gases se calientan al ser comprimidos, lo mismo pasa con el refrigerante. Enseguida, el compresor envía el refrigerante, en forma de vapor caliente, hacia el condensador.
- Enfriamiento y condensación.** El condensador es un tubo largo de muchas vueltas. Al pasar por el condensador, el gas caliente se enfría porque calienta el tubo del condensador, el cual calienta el aire que está alrededor.
- Al bajar su temperatura, el refrigerante se condensa de manera parcial, es decir, una parte se hace líquido. De esa manera, al final del tubo del condensador la temperatura del refrigerante es menor que al principio y se obtiene una mezcla de vapor y líquido. En esta parte del ciclo, que ocurre en el condensador, el refrigerante se enfría y el aire que rodea el condensador se calienta.
- Expansión y enfriamiento.** La válvula de expansión es un tubo que se va haciendo angosto y, de repente, se ensancha. Al pasar por esta válvula, el vapor se expande bruscamente. En una expansión brusca, la presión y la temperatura de un gas disminuyen (el gas se enfría). Antes de pasar por la válvula, el refrigerante está a una presión alta. Después de pasar, el gas está a una presión baja. Entonces, en la válvula de expansión el refrigerante se expande, se enfría y disminuye su presión.
- Calentamiento y evaporación.** Este paso del ciclo ocurre en el evaporador, que es una caja metálica que está en el congelador. También consta de un tubo largo de varias vueltas. Al entrar al evaporador, una parte del refrigerante es vapor frío y otra es líquido frío. El vapor frío enfría lo que está en el congelador y, como consecuencia, se calienta. Debido a que el refrigerante líquido está a una presión baja, se evapora rápidamente. Como el proceso de evaporación consume energía, ésta se tiene que tomar del congelador, enfriándolo aún más. Este tipo de enfriamiento es por evaporación.
69.  $1350\text{ mL}$
71. La primera ley de la termodinámica establece que el cambio de la energía interna de un sistema, es igual a la suma del calor recibido por el sistema y del trabajo mecánico realizado por el sistema.
73. La segunda Ley de la Termodinámica, la cual establece que existe otra magnitud llamada "entropía", que permanece constante en algunas transformaciones y que aumenta en otras, sin disminuir jamás. La entropía es la medida del desorden en un sistema.
75.  $65\text{ J}$

## BLOQUE 3

### EVALUACIÓN DIAGNOSTICA. PÁGINA 134

1. b)
3. c)
5. Agregándole electrones.
7. Al conectar la plancha a algún contacto, se está agregando a la instalación un centro de carga demandante y, entonces, la corriente eléctrica se tiene que distribuir provocando que la corriente que le llega a los focos disminuya.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 135

PERSONAJE	APORTACIÓN
Tales de Mileto.	Desde el punto de vista de la electricidad, fue el primero en descubrir que, si se frota un trozo de ámbar, éste atrae objetos más livianos, y aunque no llegó a definir que era debido a la distribución de cargas, sí creía que la electricidad residía en el objeto frotado.
Benjamín Franklin.	Desarrolló una teoría, según la cual, la electricidad era un fluido único existente en toda materia, y calificó a las sustancias en eléctricamente positivas y eléctricamente negativas, de acuerdo con el exceso o defecto de ese fluido. Confirmó también que las tormentas eran fenómenos de tipo eléctrico y demostró, por medio de su célebre cometa, que los rayos eran descargas eléctricas de tipo electrostático.
Alessandro Volta.	Es conocido sobre todo por la pila que lleva su nombre (construida por empilado de láminas de zinc, papel y cobre). En 1775 inventó el electróforo, un instrumento que producía cargas de electricidad estática. La unidad de tensión eléctrica o fuerza electromotriz, conocida como voltio, recibió este nombre en su honor.
Charles Coulomb.	En 1777 inventó la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión que ejercen entre sí dos cargas eléctricas, y estableció la función que liga esta fuerza con la distancia. Con este invento, culminado en 1785, Coulomb pudo establecer el principio, que rige la interacción entre las cargas eléctricas, actualmente conocido como ley de Coulomb: $F = \frac{k(qq')}{d^2}$ . Coulomb también estudió la electrización por frotamiento y la polarización, e introdujo el concepto de momento magnético. También colaboró en la planificación del sistema métrico decimal de pesas y medidas. La unidad de medida de carga eléctrica, el coulombio, recibió este nombre en su honor.
André-Marie Ampère.	Sus teorías e interpretaciones sobre la relación entre electricidad y magnetismo, se publicaron en 1822 en su Colección de observaciones sobre electrodinámica, y en 1826, en su Teoría de los fenómenos electrodinámicos. Ampère descubrió las leyes que hacen posible el desvío de una aguja magnética por una corriente eléctrica, lo que hizo viable el funcionamiento de los actuales aparatos de medida. Descubrió las acciones mutuas entre corrientes eléctricas al demostrar que dos conductores paralelos por los que circula una corriente en el mismo sentido, se atraen, mientras que, si los sentidos de la corriente son opuestos, se repelen. La unidad de intensidad de corriente eléctrica, el amperio, recibe este nombre en su honor.
Michael Faraday.	Es conocido principalmente por su descubrimiento de la inducción electromagnética, que ha permitido la construcción de generadores y motores eléctricos, y de las leyes de la electrólisis; por lo que es considerado como el verdadero fundador del electromagnetismo y de la electroquímica.
Georg Simon Ohm.	Estudió la relación que existe entre la intensidad de una corriente eléctrica, su fuerza electromotriz y la resistencia, formulando en 1827 la ley que lleva su nombre (Ley de Ohm: $V = IR$ ). La unidad de resistencia eléctrica, el ohmio, recibe este nombre en su honor.
James Maxwell.	Maxwell amplió las investigaciones que Michael Faraday había realizado sobre los campos electromagnéticos, demostrando la relación matemática entre los campos eléctricos y magnéticos, formulando las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo, que relacionan el campo eléctrico y el magnético para una distribución espacial de cargas y corrientes, que actualmente llevan su nombre. También demostró que la naturaleza de los fenómenos luminosos y electromagnéticos era la misma, demostrando que ambos se propagan a la velocidad de la luz.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 136**

ÁMBITO DE APLICACIÓN	EJEMPLOS DE APARATOS, INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS
Hogar.	Horno de microondas, licuadora, plancha.
Diversión.	Carro a control remoto, consolas de videojuegos, televisión.
Trabajo.	Taladros, desarmador eléctrico, cortadoras.
Industria.	Torno, fresadora, máquina de maquila.
Comunicación.	Celulares, computadoras, tablets.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 138**

1. Los pedazos de servilleta son atraídos por el globo.
3. El chorro de agua se curva en dirección al globo. El agua del grifo es neutra, es decir, cuenta con la misma cantidad de cargas positivas y negativas. Al acercar el globo cerca del agua éste empuja a los electrones, dejando una zona de carga positiva que es atraído por el globo.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 139**

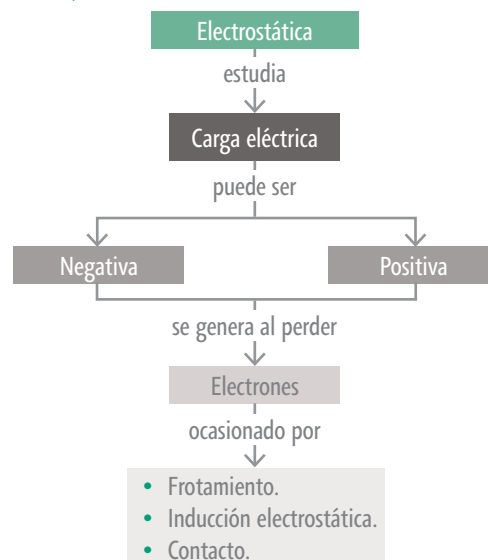
El globo frotado adquiere carga negativa. Cuando se acerca a la lata, repele los electrones de la lata. Debido a la “huida” de los electrones, la parte más cercana de la lata queda cargada positivamente. Gracias a esta nueva distribución de la carga de la lata, el globo atrae la lata.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 140**

1. El electroscopio es un instrumento que permite determinar la presencia de cargas eléctricas.
3. Para saber si un cuerpo está electrizado y permite, en caso afirmativo, determinar su signo.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 140**

3. Asumiendo que el globo se carga positivamente, las cargas negativas del electroscopio se mueven hacia la esfera metálica y las positivas se van hacia las tiras de aluminio.
5. La tira doblada comenzará a separarse por los extremos libres, haciendo mención que la separación es mayor que en el caso anterior.
7. Manteniendo un objeto cargado tocando la parte metálica del electroscopio.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 142**

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 143**

MATERIAL	CARACTERÍSTICA	EJEMPLOS	USOS
Conductores.	Son materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja. Rigidez eléctrica igual a 0. Mayormente de forma cilíndrica	Cobre. Aluminio. Oro. Agua. Hierro. Tantalio. Plata.	Tendidos eléctricos. Puntas de comunicación de circuitos eléctricos.
Aislantes.	Tienen una resistencia alta al paso de la electricidad. Rigidez eléctrica distinta a 0. Son de cualquier forma.	Cuarzo. Teflón. Maylar. Losa. Plástico. Vidrio. Porcelana.	Aislantes eléctricos y térmicos.
Semiconductores.	Los semiconductores suelen ser aislantes a cero grados Kelvin, y permiten el paso de corriente a la temperatura ambiente. Dificultad intermedia para pasar los electrones de valencia a la de conducción. Se caracteriza por tener una banda prohibida, entre la de conducción y la de valencia, pero no muy ancha	Silicio. Germanio. Selenio. Arseniuro de galio. Seleniuro de cinc. Telururo de plomo.	Diodos, transistores y termistores, principalmente.
Superconductores.	Resistencia cero o continuidad infinita. Campo magnético inducido es cero cuando éste es enfriado por debajo de su temperatura crítica en un débil campo magnético externo (el flujo magnético es expedito del superconductor). Este efecto es llamado Meissner-Ochsenfel y es el que permite que los imanes leviten sobre un superconductor.	Aluminio. Estaño.	Desarrollo de circuitos y electroimanes.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 144**

- Las prendas quedan pegadas debido a que, al estar en la secadora, éstas se frotan entre sí, generando que las prendas queden cargadas electrostáticamente.
- Sí, al tratarse de dos cuerpos cargados con cargas iguales, éstas ejercen individualmente una fuerza de repulsión que, a escala macroscópica, la suma de fuerzas resultante es tal que los objetos resultan repelidos.
- La carga será positiva y la masa disminuirá.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 147**

- $-1.9 \times 10^{-13} \text{ C}$
- $6.25 \times 10^{-13} \text{ kg}$

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 149**

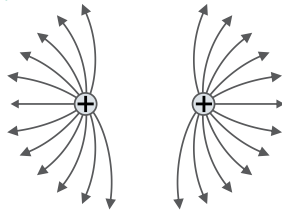
- d)
- a) 0.54 N.      b) Fuerzas de repulsión.      c) Un noveno de la fuerza original.
- 0.424 m
- $1.039 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $6.49 \times 10^{12}$  electrones.
- $7.45 \times 10^{-9} \text{ C}$

**EN ACCIÓN. PÁGINA 153**

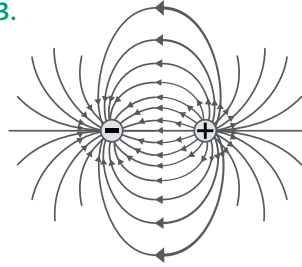
- a)  $500 \frac{\text{N}}{\text{C}}$       b)  $2000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 154**

1.



3.



**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 158**

CONCEPTO	DEFINICIÓN	APLICACIÓN EN LA VIDA COTIDIANA
Energía potencial eléctrica.	La energía potencial eléctrica de un cuerpo cargado que se encuentra en un punto de un campo eléctrico, es igual al trabajo realizado en contra de la acción del campo eléctrico para poner el cuerpo en ese punto.	La energía potencial eléctrica suministrada a un globo al frotarlo con el pelo.
Potencial eléctrico.	El potencial eléctrico, es la energía potencial eléctrica por unidad de carga eléctrica.	Recargar una batería.
Voltaje.	La diferencia de potencial entre dos puntos en un campo eléctrico, es igual al cociente entre el trabajo realizado para mover un cuerpo de carga $q$ de un punto al otro y el valor de la carga.	El rayo.

**EN ACCIÓN. PÁGINA 159**

1. 19 620 C

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 161**

1. 1 000 N/C

3.  $2 \times 10^3 \frac{J}{C}$

5.  $55.5 \times 10^{-9} C$

7. 1 000 m

9. 15 000 V

**EN ACCIÓN. PÁGINA 166**

1. a)  $I = 0.27 \times 10^{-3} A$     b)  $1.6 \times 10^{-7} s$

**EN ACCIÓN. PÁGINA 167**

1. 6  $\Omega$

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 169**

CONCEPTO	EXPRESIÓN MATEMÁTICA	SIGNIFICADO DE LAS VARIABLES	UNIDADES DE MEDIDA
Intensidad de la corriente eléctrica.	$I$		Amperio
Voltaje.	$V$		Voltio
Resistencia.	$R$		Ohm
Ley de Ohm.	$R = \frac{V}{I}$	$R$ = resistencia. $V$ = voltaje. $I$ = intensidad de corriente.	

**EN ACCIÓN. PÁGINA 174**

1. Sí se calienta de la misma manera en todos sus puntos.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 175**

CONCEPTO	UNIDADES DE MEDIDA
Intensidad de la corriente eléctrica.	Amperio
Voltaje.	Voltio
Resistencia.	Ohm
Trabajo eléctrico.	Joule
Energía eléctrica.	Joule

LEY	VARIABLES RELACIONADAS	FÓRMULA MATEMÁTICA
Ley de Ohm.	$R =$ resistencia $V =$ voltaje $I =$ intensidad de corriente	$R = \frac{V}{I}$
Ley de Watt.	$P =$ potencia eléctrica $V =$ voltaje $I =$ corriente eléctrica	$P = VI$
Efecto Joule.	$W =$ cantidad de calor $I =$ intensidad de corriente $R =$ resistencia eléctrica $T =$ tiempo	$W = I^2Rt$

**EN ACCIÓN. PÁGINA 177**

1. a) 0.833 A b) 144  $\Omega$  c) 150 000 kWh d) 90 000 y 450 000 pesos, respectivamente.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 178**

APARATO ELÉCTRICO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	CONSUMO SEMANAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA
Refrigerador.	110 V, 575 W, 4.52 A	13.8 kWh	96.6 kWh
Teléfono celular.	5 V, 7.5 W, 1.5 A	0.01 kWh	0.07 kWh
Horno de microondas.	127 V, 1 200 W, 9.44 A	1.2 kWh	8.4 kWh
Televisión.	110 V, 250 W, 2.27 A	1 kWh	7 kWh

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 179**

1.

VOLTAJE (V)	CARGA DISPONIBLE (A · h)	CARGA DISPONIBLE (C)	ENERGÍA DISPONIBLE (J)
9.6	1.7	6 120	58 752
12	1.7	6 120	73 440
14.4	2.0	7 200	103 680
24	1.7	6 120	146 880
24	2.5	9 000	216 000

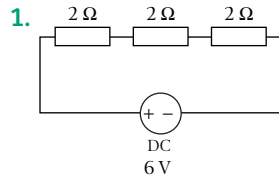
3. 200 C

5. 0.08  $\Omega$

7. 20 A

9. a) 7.5  $\Omega$  b) 1.2 W c) 0.2 Wh

**EN ACCIÓN. PÁGINA 184**



3. 6 V

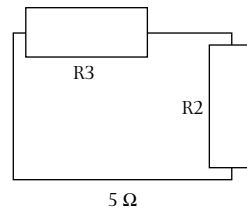
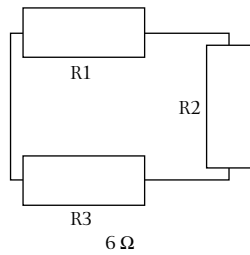
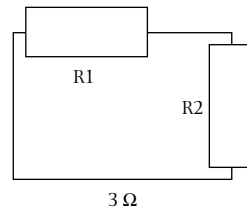
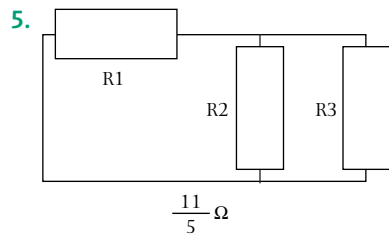
**EN ACCIÓN. PÁGINA 186**

$$R_e = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 188**

1. a)  $6\ \Omega$     b) 120 V

3.  $19.9\ \Omega$



**PREGUNTAS Y EJERCICIOS. PÁGINA 190**

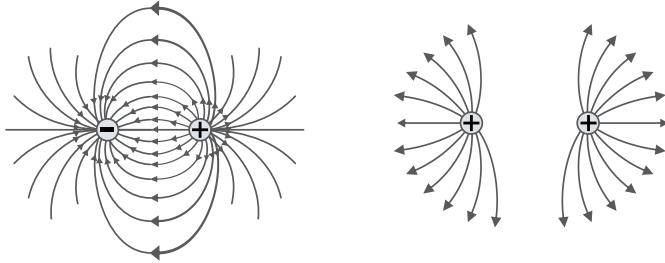
1. El término electricidad nombra a la rama de la física que estudia los fenómenos eléctricos, donde las partículas cargadas eléctricamente se encuentran en reposo o en movimiento.
3. Estudia los fenómenos eléctricos relacionados con los cuerpos cargados y las partículas cargadas en reposo.
5. Hogar, diversión, trabajo, industria y comunicación.
7. Carga eléctrica positiva y negativa.
9. Instrumento inventado para determinar si un cuerpo estaba cargado eléctricamente.
11. Cuando existe una transferencia de carga al tocar un objeto no cargado con uno cargado.
13. Son materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja.
15. Materiales con resistencia cero o continuidad infinita.
17. La intensidad de las fuerzas entre dos esferas cargadas, es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.
19. Coulomb.
21.  $1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}$
23.  $1.39 \times 10^{-8}\ \text{C}$

25.  $E = \frac{F}{q}$

27.  $6 \times 10^5 \text{ N/C}$

29. Las líneas de campo, son líneas para las que la dirección de la tangente, en cada punto de la línea, coincide con la dirección de la intensidad del campo eléctrico en ese punto.

31.



33. El potencial eléctrico es la energía potencial eléctrica por unidad de carga eléctrica.

35. La diferencia de potencial entre dos puntos en un campo eléctrico, es igual al cociente entre el trabajo realizado para mover un cuerpo de carga  $q$  de un punto al otro y el valor de la carga.

37. Cuando la concentración de las cargas negativas en la parte inferior de la nube es lo suficientemente grande, el aire a su alrededor se comienza a ionizar. Por la repulsión entre ellos, los electrones se aceleran y al chocar con las moléculas del aire las ionizan y liberan nuevos electrones. Éstos, junto con los electrones que causaron la ionización inicial, ionizan más moléculas y el proceso toma la forma de una "avalancha" de ionización que se mueve hacia abajo, denominada líder escalonado descendente. Su trayectoria es muy irregular debido a las ramificaciones de la ionización.

39.  $1.25 \times 10^{-6} \text{ C}$

41. Partículas cargadas, ejemplo: electrones.

43. Ampere.

45. La intensidad de la corriente eléctrica que pasa a través de un conductor, es proporcional a la diferencia de potencial que proporciona la fuente.

47. Ohm.

49.  $0.02 \ \Omega$

51.  $\Delta R = \alpha R_0 \Delta T$

53. La energía eléctrica es la energía de la corriente eléctrica.

55. Se conoce como efecto Joule al fenómeno irreversible por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo.

57.  $6.04 \text{ A}$

59. La potencia eléctrica es igual al producto de la intensidad de corriente y de la diferencia de potencial.

61.  $0.83 \text{ A}$

63. Las resistencias se conectan una tras de otra. La resistencia equivalente de los resistores conectados en serie, es igual a la suma de sus resistencias.

65. En paralelo.

67.  $2.35 \ \Omega$ ,  $2.55 \text{ A}$

69.  $0.5 \ \Omega$ ,  $24 \text{ A}$

## BLOQUE 4

### EVALUACIÓN DIAGNOSTICA. PÁGINA 196

- d)
- c)
5. Cuando se trate de polos iguales, la fuerza magnética será repulsiva. Cuando se trate de polos diferentes, la fuerza magnética será atractiva.
7. El polo sur magnético se encuentra en el polo norte geográfico.

### EN ACCIÓN. PÁGINA 198

- a) No es posible debido a que solo se aprecia la repulsión o atracción entre ellos. b) Si es posible, si los imanes se juntan tienen polos distintos y si se separan tienen polos iguales.
3. El verde.

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 199

TIPO DE IMÁN	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
Natural.	Son los que se encuentran en la naturaleza formando el mineral llamado magnetita u óxido de hierro magnético.	Magnetita.
Artificial.	Son barras o herraduras de acero, a las que se comunican las propiedades magnéticas por diferentes métodos (frotamiento, inducción, o por acción de la corriente eléctrica).	Aguja frotada con un imán.
Temporal.	Aquellos que producen un campo magnético sólo cuando circula por ellos una corriente eléctrica.	Electroimán.
Permanente.	Las sustancias magnéticas que, al frotarlas con la magnetita, se convierten en imanes, y conservan durante mucho tiempo su propiedad de atracción.	El imán de las bocinas.

### EN ACCIÓN. PÁGINA 204

3. La aguja de la brújula apunta en sentido contrario al que se apreció en el punto 2.

### EN ACCIÓN. PÁGINA 210

1.  $628 \times 10^{-5} \text{ T}$

### ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 213

1. Es la creación de una corriente eléctrica en un conductor cerrado que se encuentra en un campo magnético variable.
3. Establece que el sentido de la corriente inducida es el que hace posible que el campo magnético de dicha corriente se oponga al cambio que la ocasiona.
5. Establece que la fuerza electromotriz inducida en un circuito cerrado, es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie cualquiera con el circuito como borde:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

donde

$\vec{E}$  es el campo eléctrico.

$d\vec{l}$  es el elemento infinitesimal del contorno C.

$\vec{B}$  es la densidad de campo magnético

S es una superficie arbitraria, cuyo borde es C.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 215**

1. El motor eléctrico, es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.
3. **Rotor.** Constituye la parte móvil del motor. El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete, y pueden ser básicamente de tres tipos: Rotor ranurado, Rotor de polos salientes y Rotor jaula de ardilla. **Estator.** Constituye la parte fija del motor. El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero si magnéticamente.
5. En un motor de corriente continua, el rotor recibe una corriente continua, y un conmutador invierte la corriente cuando el rotor gira en un campo estacionario magnético creado por un imán permanente en el estator. En un motor de CA, el rotor recibe una corriente inducida alterna y el estator es un campo magnético inducido. La ventaja de los motores de corriente continua es que puedes ajustar la velocidad simplemente mediante el aumento de la tensión. Sin embargo, los motores de corriente continua, tienen un diseño más complejo, requiriendo cepillos para transferir energía a las partes móviles y un conmutador para invertir periódicamente la tensión. El motor de corriente alterna tienen un diseño más simple, pero funcionan a velocidades fijas y no pueden operar a bajas velocidades.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 216**

5. La bobina corresponde al rotor.
7. Éste es el principio básico de los motores eléctricos, por lo cual podría tener diversas aplicaciones.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 218**

1. Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estátor). Si se produce mecánicamente un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). Este sistema está basado en la ley de Faraday.
3. Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida.
5. Los generadores, sirven para convertir energía mecánica a eléctrica, y los transformadores, modifican la tensión en un circuito.

**ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE. PÁGINA 220**

1. El electroimán, los imanes grandes y potentes, son cruciales en muchas tecnologías modernas (aplican superconductores que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía). Los trenes de levitación magnética, que utilizan poderosos imanes para elevarse por encima de los rieles y evitar el rozamiento (aplican superconductores que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía). En la exploración del cuerpo humano, mediante resonancia magnética nuclear, una importante herramienta

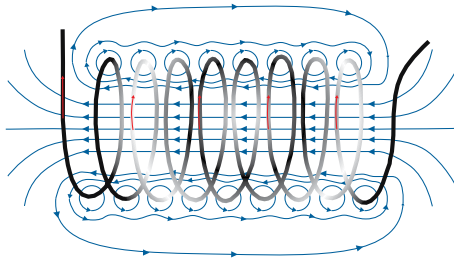
de diagnóstico empleada en medicina, se utilizan campos magnéticos de gran intensidad (aplican superconductores que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía); equipos de rayos X, entre otros. Los imanes superconductores, que se emplean en los aceleradores de partículas más potentes para mantener las partículas aceleradas en una trayectoria curva y enfocarlas, son muy empleados en la física de las partículas y atómica. Los motores eléctricos y los grandes generadores de corrientes, transformadores y diversos dispositivos electromagnéticos. Cojinetes magnéticos para motores de ultra velocidades.

3. En la actualidad, vivimos en un mundo inmerso en la tecnología, a tal grado que cualquier cosa que realicemos está relacionada con alguna de las aplicaciones del electromagnetismo, por lo cual, se puede considerar que este fenómeno tiene un gran impacto, tanto en el mundo actual como en la vida cotidiana.

### PREGUNTAS Y EJERCICIOS. PÁGINA 220

1. El magnetismo es un fenómeno físico por el que los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales.
3. Los metales ferromagnéticos son aquellos que pueden ser atraídos por un imán. Compuestos de hierro y sus aleaciones con cobalto, tungsteno, níquel, aluminio y otros metales, son los materiales magnéticos más comunes, y se utilizan para el diseño y constitución de núcleos de los transformadores y máquinas eléctricas.
5. Si un imán de esta forma cuelga de un hilo, de manera que quede en posición horizontal, uno de sus polos apuntará hacia el norte geográfico. Por esta razón, el polo magnético de ese extremo se denomina polo norte (símbolo N). El otro polo recibe el nombre de polo sur (símbolo S).
7. En ambas, existen fuerzas de atracción, y dicha fuerza de atracción es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
9. Las propiedades magnéticas de los imanes temporales desaparecen después de un periodo corto de tiempo, a diferencia de los imanes permanentes.
11. El campo magnético se representa mediante líneas denominadas líneas de campo.
13. Los imanes moleculares, al estar ordenados, hacen que el cuerpo muestre propiedades magnéticas, pero en caso de desordenarse, hacen que el cuerpo carezca de propiedades magnéticas.
15. La Tierra posee un campo magnético que, en una primera aproximación, se parece al que formaría un gigantesco imán de barra que hubiese sido colocado dentro del planeta. Las brújulas funcionan gracias a este campo, ya que este instrumento tiene una aguja de metal que se alinea con el campo magnético terrestre. Así, el extremo de la aguja que apunta hacia el polo norte geográfico se llama polo norte; sin embargo, se sabe que en el magnetismo la fuerza de atracción existe sólo entre polos opuestos; por tanto, si el polo norte de la aguja se ve atraído hacia el polo norte geográfico, significa que en el polo norte geográfico se encuentra, en realidad, el polo sur magnético de la Tierra.
17. La interacción entre la corriente eléctrica y la aguja magnética, es evidencia clara de la conexión entre los fenómenos eléctricos y magnéticos que había buscado por tanto tiempo.
19. Si el dedo pulgar de la mano derecha indica el sentido convencional de la corriente eléctrica en el conductor, el sentido de las líneas circulares del campo magnético es el mismo que tienen los otros dedos cuando se cierran en la mano.

21.



23. La diferencia es que el electroimán es un solenoide con una barra de hierro en su interior.
25. La inducción magnética es el proceso mediante el cual campos magnéticos generan campos eléctricos.
27. 0.01558 T
29.  $1.186 \times 10^4$  T
31. Cuando él acercaba y alejaba un imán de un solenoide conectado a un galvanómetro, éste registraba una corriente eléctrica inducida. Cuando el imán se acercaba, la corriente tenía una dirección, y cuando se alejaba, ésta era opuesta. Si el imán no se movía, el galvanómetro no registraba nada.
33. La cantidad de líneas de campo que lo hagan, es la medida del flujo magnético.
35. Establece que el sentido de la corriente inducida es el que hace posible que el campo magnético de dicha corriente se oponga al cambio que la ocasiona.
37. 0.324 V
39. El más sencillo generador de corriente alterna consiste en una espira rectangular de alambre que gira en un campo magnético (el rotor). Al momento en que la espira comienza a rotar, la cantidad de líneas de campo magnético que atraviesa dicha espira cambia: primero, el flujo magnético aumenta conforme la espira gira y se incrementa el número de líneas de campo que la atraviesan hasta llegar a un valor máximo. Después, tanto el número de líneas que traspasan la espira como el flujo magnético disminuyen. La primera "media vuelta" que da la espira corresponde a un incremento en el flujo magnético y por tanto a la inducción de una intensidad de corriente y una diferencia de potencial en una dirección específica; la "media vuelta" restante presenta una disminución del flujo que provoca que la corriente inducida y la diferencia de potencial inducido cambien de dirección.
41. La diferencia es que su objetivo es invertido, es decir, el generador utiliza energía mecánica para convertirla en energía eléctrica y el motor convierte energía eléctrica en energía mecánica.





Con una sólida propuesta metodológica que la ubica como líder en el mercado, la nueva edición de **Competencias+Aprendizaje+Vida** refuerza los aspectos que la han consolidado como una serie confiable que cubre al 100% el programa de estudios de cada materia de la DGB-SEP.

Gracias a la retroalimentación de docentes, especialistas y alumnos de numerosas instituciones, se logró diseñar una herramienta que facilita la experiencia de enseñanza-aprendizaje, cuyas propuestas están encaminadas a que el estudiante logre el aprendizaje esperado para cada asignatura, aplique en su vida cotidiana los conocimientos de las diferentes disciplinas y emplee las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

A los docentes, la estructura de los libros les permitirá identificar con facilidad los objetivos que marca el programa de estudio; además, encontrarán contenidos óptimos para los diversos estilos de aprendizaje de los alumnos, recursos didácticos y proyectos adicionales, así como sugerencias para emplear las TIC dentro y fuera del salón de clases.

Con todos estos recursos queremos contribuir para que alumnos y maestros practiquen nuevas formas de aprender y de relacionarse, en las que se requieren herramientas pedagógicas y tecnológicas que permitan adquirir conocimientos de diversas áreas y que, al mismo tiempo, hagan más atractivo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

[www.pearsonenespañol.com](http://www.pearsonenespañol.com)

ISBN 978-607-32-3922-6

