GOBIERNO DE
EL SALVADOR

Ciencia y Tecnología

Libro de texto

GOBIERNO DE
EL SALVADOR

Ciencia y Tecnología

Libro de texto

Este libro pertenece a: _____

Karla Edith Trigueros
Capitán y Doctora
Ministra de Educación, Ciencia y Tecnología

Edgar Eliseo Alvarenga F.
Viceministro de Educación y de Ciencia y Tecnología, *ad honorem*

Edgard Ernesto Ábrego Cruz
Director General de Educación

Wilfredo Alexander Granados Paz
Director de Currículo y Materiales Educativos

Gilberto Alexander Motto García
Director de Educación Secundaria

Tonatiuh Eddie M. Orantes Ramos
Jefe del Departamento de Ciencia y Tecnología

Edición
Adela Melissa Martínez de Guirola
Martha Alicia Artiga Hernández
Orlando Leonel Castillo Henríquez
Tonatiuh Eddie M. Orantes Ramos
Vilma Guadalupe Mártir Ramírez
Carolina Ruiz de Escobar

Autoría
Nathalie Carmelina Galicia Shul
Dennis Ulises Lemus Flores
Edwin Adverdi Pérez Ventura
Oscar Mauricio Olmedo Martínez
Jorge Alfredo Ávila Moreno
Xochilt María Pocasangre Orellana
Jessica Vanessa Aguilar Vásquez

Diseño editorial y diagramación
Diego Esaú Hernández Molina
Judith Samanta Romero de Ciudad Real

Jefe del Departamento de Materiales Educativos
Julio Adolfo Castellanos

Corrección de textos
Ana Esmeralda Quijada Cárdenas

Ilustraciones
Ernesto Escobar

Realidad aumentada
Kevin Oswaldo Chávez Berrios

Imágenes
Shutterstock
Dpto. de Ciencias Naturales
Observatorio de Amenazas
Recursos Naturales, MARN
Maira Flores
British Pathé
Sofía Grimaldi
Saúl González
Alejandra Trejo
Smithsonian Institution
Comandos de Salvamento

Primera edición, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, San Salvador, El Salvador, 2023.
Reimpresión 2025.

Derechos reservados. Prohibida su venta y su reproducción con fines comerciales por cualquier medio, sin previa autorización del MINEDUCYT.

ISBN en trámite

Estimado estudiante:

Inicias un nuevo año escolar, una oportunidad para consolidar lo aprendido y alcanzar nuevas metas.

Este libro ha sido preparado para acompañarte en ese camino y refleja nuestro compromiso de transformar el sistema educativo mediante la reforma Mi Nueva Escuela, para que recibas aprendizajes de calidad en escuelas dignas y seguras.

En sus páginas encontrarás la oportunidad de aprender sobre ciencia y tecnología, enfatizando en cómo se construye el conocimiento científico, sus técnicas, limitantes e impactos en nuestra sociedad a través del desarrollo tecnológico. Para ello, transitarás por múltiples temáticas fundamentales y de vanguardia, tales como física clásica y moderna, química orgánica e inorgánica, biología celular y biotecnología, así como geología, astronomía y ciencias planetarias. Cada apartado ha sido diseñado para ayudarte a descubrir nuevos conocimientos, aplicarlos en situaciones reales y desarrollar competencias que te preparen para enfrentar con éxito los retos de la vida escolar y personal.

Estos materiales no solo te ofrecen contenidos, también te invitan a reflexionar, a participar activamente y a crecer como estudiante y como salvadoreño comprometido con el futuro. También recuerda que la disciplina, el orden, la cortesía y el respeto hacia tus compañeros y docentes son pilares para que tengas una formación integral.

El camino del aprendizaje está lleno de alegrías, desafíos y satisfacciones. Te animo a recorrerlo con entusiasmo, constancia y compromiso, por ti, por tu familia y por el nuevo El Salvador que estamos construyendo, paso a paso.

Confío en que tu dedicación dará resultados cada día, acercándote más a tus sueños.

Karla Edith Trigueros
Capitán y Doctora
Ministra de Educación, Ciencia y Tecnología

Conoce tu Libro de Texto

En tu Libro de Texto encontrarás experimentos, recorridos de campo, instrucciones para la construcción de objetos, curiosidades, problemas, juegos y una gran diversidad de actividades que potenciarán tus habilidades científicas y tecnológicas.

A Entradas de unidad

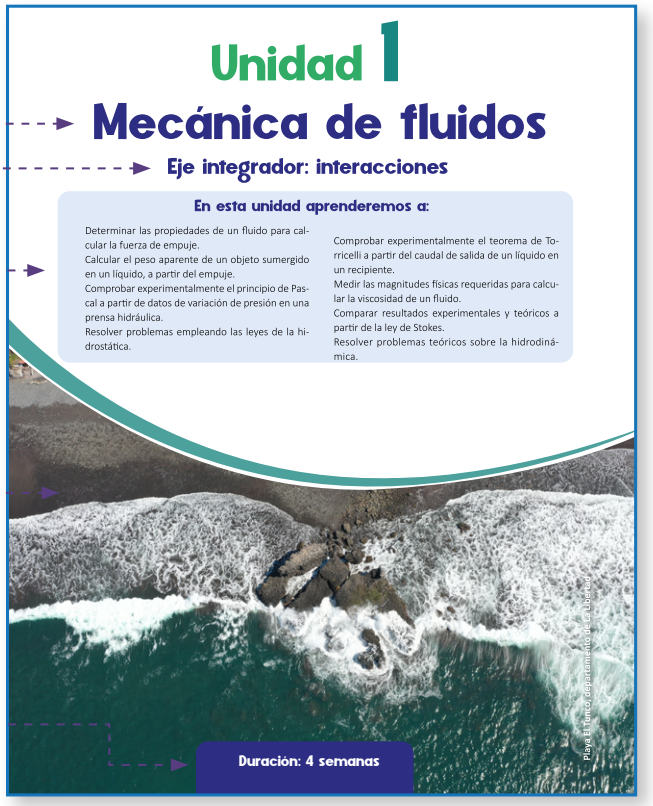
Nombre y número de la unidad.

Perspectiva de las temáticas.

Aprendizajes que alcanzarás al desarrollar la unidad.

Imagen alusiva al contenido.

Tiempo estimado que dedicarás a la unidad.

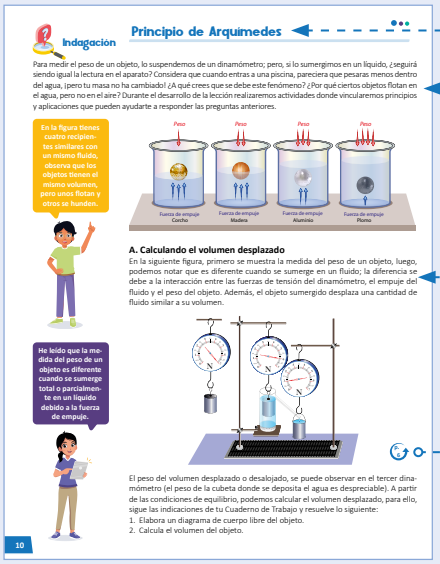


B Secuencia de la semana

Cada unidad se divide en semanas y, en cada una, transitarás por las siguientes etapas:

1. Indagación

En esta fase aprenderás a cuestionar, recolectar información y explorar tu entorno desde una perspectiva científica. Veamos sus componentes.



Temática principal de la semana.

Introducción.

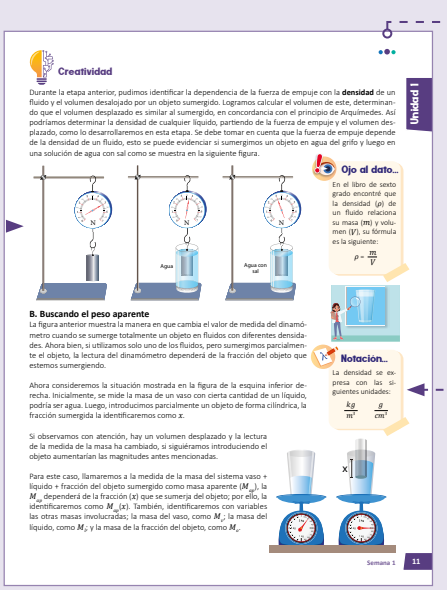
Actividades para desarrollar.

Además, tu Libro de Texto está enlazado con tu Cuaderno de Trabajo. Las flechas circulares te indican la página exacta para efectuar anotaciones.

p. 56

2. Creatividad

En esta etapa pondrás a punto tus habilidades científicas y tecnológicas, efectuando prácticas de todo tipo.


Creatividad

Durante la etapa anterior, pudimos identificar la dependencia de la fuerza de empuje con la **densidad** de un fluido y el volumen desalojado por un objeto sumergido. Logramos calcular el volumen de este, determinando que el volumen desplazado es similar al sumergido, en concordancia con el principio de Arquímedes. Así podríamos determinar la densidad de cualquier líquido, partiendo de la fuerza de empuje y el volumen desplazado, como lo desarrollaremos en esta etapa. Se debe tomar en cuenta que la fuerza de empuje depende de la densidad de un fluido, esto se puede evidenciar si sumergimos un objeto en agua del grifo y luego en una solución de agua con sal como se muestra en la siguiente figura.

Ojo al dato...

En el libro de sexto grado encontré que la densidad (ρ) de un fluido relaciona su masa (m) y volumen (V), su fórmula es la siguiente:

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

B. Buscando el peso aparente

La figura anterior muestra la manera en que cambia el valor de medida del dinamómetro cuando se sumerge totalmente un objeto en fluidos con diferentes densidades. Ahora bien, si utilizamos solo uno de los fluidos, pero sumergimos parcialmente el objeto, la lectura del dinamómetro dependerá de la fracción del objeto que estemos sumergiendo.

Ahora consideremos la situación mostrada en la figura de la esquina inferior derecha. Inicialmente, se mide la masa de un vaso con cierta cantidad de un líquido, podría ser agua. Luego, introducimos parcialmente un objeto de forma cilíndrica, la fracción sumergida la identificaremos como x.

Si observamos con atención, hay un volumen desplazado y la lectura de la medida de la masa ha cambiado, si siguiéramos introduciendo el objeto aumentarían las magnitudes antes mencionadas.

Para este caso, llamaremos a la medida de la masa del sistema vaso + líquido + fracción del objeto sumergido como masa aparente (M_{ap}), la M_{ap} dependerá de la fracción (x) que se sumerja del objeto; por ello, la identificaremos como $M_{ap}(x)$. También, identificaremos con variables las otras masas involucradas; la masa del vaso, como M_v; la masa del líquido, como M_l; y la masa de la fracción del objeto, como M_x.

Notación...

La densidad se expresa con las siguientes unidades: $\frac{kg}{m^3}$, $\frac{g}{cm^3}$

Semana 1 11

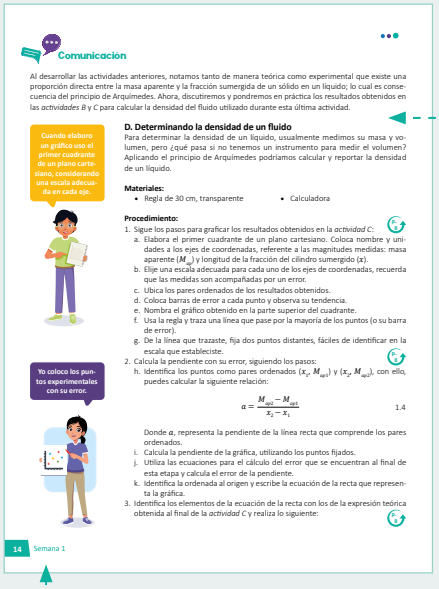
Los círculos de colores te indican en qué clase o momento de la semana te encuentras.

Secciones especiales.

Procedimientos ilustrados. Te ayudarán a seguir los pasos por tu propia cuenta o con tus compañeros.

3. Comunicación

Al finalizar cada semana, investigarás y compartirás tus resultados y dificultades con tus compañeros.


Comunicación

Al desarrollar las actividades anteriores, notamos tanto de manera teórica como experimental que existe una proporción directa entre la masa aparente y la fracción sumergida de un sólido en un líquido; lo cual es consecuencia del principio de Arquímedes. Ahora, discutiremos y pondremos en práctica los resultados obtenidos en las *actividades B* y *C* para calcular la densidad del fluido utilizado durante esta última actividad.

Cuando elaboro un gráfico uso el primer cuadrante de un plano cartesiano, considerando una escala adecuada en cada eje.

Yo coloco los puntos experimentales con su error.

D. Determinando la densidad de un fluido

Para determinar la densidad de un líquido, usualmente medimos su masa y volumen, pero ¿qué pasa si no tenemos un instrumento para medir el volumen? Aplicando el principio de Arquímedes podríamos calcular y reportar la densidad de un líquido.

Materiales:

- Regla de 30 cm, transparente
- Calculadora

Procedimiento:

1. Sigue los pasos para graficar los resultados obtenidos en la *actividad C*:
   a. Elabora el primer cuadrante de un plano cartesiano. Coloca nombre y unidades a los ejes de coordenadas, referente a las magnitudes medidas: masa aparente (M_{ap}) y longitud de la fracción del cilindro sumergido (x).
   b. Elije una escala adecuada para cada uno de los ejes de coordenadas, recuerda que las medidas son acompañadas por un error.
   c. Ubica los pares ordenados de los resultados obtenidos.
   d. Coloca barras de error a cada punto y observa su tendencia.
   e. Nombra el gráfico obtenido en la parte superior del cuadrante.
   f. Usa la regla y traza una línea que pase por la mayoría de los puntos (o su barra de error).
   g. De la línea que trazaste, fija dos puntos distantes, fáciles de identificar en la escala que estableciste.
2. Calcula la pendiente con su error, siguiendo los pasos:
   h. Identifica los puntos como pares ordenados (x_1, M_{ap1}) y (x_2, M_{ap2}), con ello, puedes calcular la siguiente relación:

$$a = \frac{M_{ap2} - M_{ap1}}{x_2 - x_1} \qquad 1.4$$

Donde a, representa la pendiente de la línea recta que comprende los pares ordenados.

   i. Calcula la pendiente de la gráfica, utilizando los puntos fijados.
   j. Utiliza las ecuaciones para el cálculo del error que se encuentran al final de esta etapa y calcula el error de la pendiente.
   k. Identifica la ordenada al origen y escribe la ecuación de la recta que representa la gráfica.
3. Identifica los elementos de la ecuación de la recta con los de la expresión teórica obtenida al final de la *actividad C* y realiza lo siguiente:

14 Semana 1

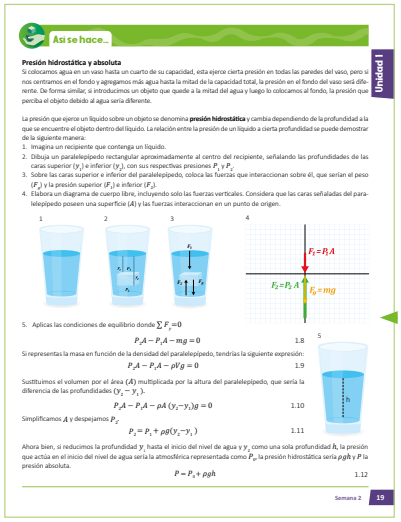
En esta etapa encontrarás información y fuentes relevantes para contrastar tus resultados y conclusiones.

El color del pie de página indica la etapa y la semana en la que te encuentras.

C Secciones especiales

Te proporcionarán un paso a paso de cómo desarrollar por cuenta propia distintos procedimientos de naturaleza científica.

1. Así se hace...


Así se hace...

Presión hidrostática y absoluta

Si colocamos agua en un vaso hasta un cuarto de su capacidad, esta ejerce cierta presión en todas las paredes del vaso, pero si nos centramos en el fondo y agregamos más agua hasta la mitad de la capacidad total, la presión en el fondo del vaso será diferente. De forma similar, si introducimos un objeto que quede a la mitad del agua y luego lo colocamos al fondo, la presión que percibe el objeto debido al agua sería diferente.

La presión que ejerce un líquido sobre un objeto se denomina **presión hidrostática** y cambia dependiendo de la profundidad a la que se encuentre el objeto dentro del líquido. La relación entre la presión de un líquido a cierta profundidad se puede demostrar de la siguiente manera:

1. Imagina un recipiente que contenga un líquido.
2. Dibuja un paralelepípedo rectangular aproximadamente al centro del recipiente, señalando las profundidades de las caras superior (y_1) e inferior (y_2), con sus respectivas presiones P_1 y P_2.
3. Sobre las caras superior e inferior del paralelepípedo, coloca las fuerzas que interaccionan sobre él, que serían el peso (F_g) y la presión superior (F_1) e inferior (F_2).
4. Elabora un diagrama de cuerpo libre, incluyendo solo las fuerzas verticales. Considera que las caras señaladas del paralelepípedo poseen una superficie (A) y las fuerzas interaccionan en un punto de origen.

5. Aplicas las condiciones de equilibrio donde $\sum F_y = 0$

$$P_2A - P_1A - mg = 0 \qquad 1.8$$

Si representas la masa en función de la densidad del paralelepípedo, tendrías la siguiente expresión:

$$P_2A - P_1A - \rho Vg = 0 \qquad 1.9$$

Sustituimos el volumen por el área (A) multiplicada por la altura del paralelepípedo, que sería la diferencia de las profundidades ($y_2 - y_1$).

$$P_2A - P_1A - \rho A\,(y_2 - y_1)g = 0 \qquad 1.10$$

Simplificamos A y despejamos P_2.

$$P_2 = P_1 + \rho g(y_2 - y_1) \qquad 1.11$$

Ahora bien, si reducimos la profundidad y_1 hasta el inicio del nivel de agua y y_2 como una sola profundidad h, la presión que actúa en el inicio del nivel de agua sería la atmosférica representada como P_o, la presión hidrostática sería $\rho g h$ y P la presión absoluta.

$$P = P_o + \rho g h \qquad 1.12$$

Semana 2 19

Encontrarás técnicas y estrategias para afrontar situaciones recurrentes que suceden durante las prácticas experimentales.

2. Así se usa...

Recordemos que según el origen de los sedimentos se pueden clasificar en:

Sedimentos litogénicos: derivados de la erosión de las rocas en los continentes. Provienen de los ríos y glaciares que arrojan sedimentos a la plataforma continental.

Sedimentos biogénicos: provienen de los restos óseos de organismos; entre ellos caparazones, fragmentos de coral, espinas de erizo de mar y restos de conchas de moluscos.

Sedimentos hidrogénicos: provienen de la precipitación de los materiales disueltos en el agua de mar. Los dos tipos más comunes de **evaporitas** son el yeso y la halita. La halita es cloruro de sodio (NaCl), que es la sal común.

Sedimentos cosmogénicos: son aquellos que llegan del espacio exterior. Aproximadamente 4-6 x10⁴ toneladas de estas partículas se acumulan cada año.

Fijate que...

Las diatomeas son algas unicelulares, que segregan sílice que se acumula como sedimento en grandes cantidades y es conocido como «tierra de diatomeas». Este material se usa para elaborar filtros, esponjas faciales y es componente de la pasta dental.

Así se usa...

Dispositivo para muestreo de sedimentos

Para estudiar los sedimentos marinos, es necesario extraerlos desde el fondo, lo que se efectúa con un **nucleador**. El equipo consiste en un cilindro que llena en un extremo una pesa y un mecanismo de disparo. El dispositivo se deja caer en el agua y se abre la válvula de vacío para permitir el desplazamiento del agua y el cilindro se va introduciendo en el fondo y llenándose de sedimentos. Con la pérdida de tensión de la cuerda se libera el mecanismo de disparo y la esfera se desplaza a la parte inferior del nucleador para tapar el cilindro.

1. Se deja caer el agua
2. La esfera cierra el cilindro
3. Cilindro lleno de sedimento
Fondo del océano

Luego, en la embarcación se libera el tubo con los sedimentos.

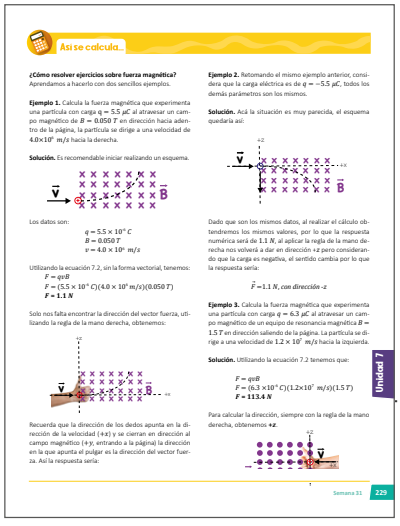
Nucleador de gravedad tipo UWITEC, utilizado para la extracción de núcleos sedimentarios.

Los oceanógrafos utilizan estos núcleos para observar las capas de sedimentos que se han acumulado en el fondo del océano a lo largo del tiempo. Los estudios brindan información sobre el clima del pasado, la composición de gases atmosféricos, la evolución de las especies y el movimiento de las corrientes.

Semana 20 143

Explica cómo emplear apropiadamente los dispositivos o ciertas herramientas necesarias para desarrollar una práctica o resolver un problema.

3. Así se calcula...


Así se calcula...

¿Cómo resolver ejercicios sobre fuerza magnética?

Aprendamos a hacerlo con dos sencillos ejemplos.

Ejemplo 1. Calcula la fuerza magnética que experimenta una partícula con carga $q = 5.5\ \mu C$ al atravesar un campo magnético de $\vec{B} = 0.050\ T$ en dirección hacia adentro de la página, la partícula se dirige a una velocidad de $4.0 \times 10^4\ m/s$ hacia la derecha.

Solución. Es recomendable iniciar realizando un esquema.

Los datos son:

$$q = 5.5 \times 10^{-6}\ C$$
$$B = 0.050\ T$$
$$v = 4.0 \times 10^{4}\ m/s$$

Utilizando la ecuación 7.2, ún la forma vectorial, tenemos:

$$\vec{F} = q v \vec{B}$$
$$F = (5.5 \times 10^{-6}\ C)(4.0 \times 10^{4}\ m/s)(0.050\ T)$$
$$\boldsymbol{F = 1.1\ N}$$

Solo nos falta encontrar la dirección del vector fuerza, utilizando la regla de la mano derecha, obtenemos:

Recuerda que la dirección de los dedos apunta en la dirección de la velocidad ($+x$) y se cierran en dirección al campo magnético ($+y$, entrando a la página) la dirección en la que apunta el pulgar es la dirección del vector fuerza. Así la respuesta sería:

Ejemplo 2. Retomando el mismo ejemplo anterior, considera que la carga eléctrica es de $q = -5.5\ \mu C$, todos los demás parámetros son los mismos.

Solución. Acá la situación es muy parecida, el esquema quedaría así:

Dado que son los mismos datos, al realizar el cálculo obtendremos los mismos valores, por lo que la respuesta numérica será de $1.1\ N$, al aplicar la regla de la mano derecha nos volverá a dar en dirección $+z$ pero considerando que la carga es negativa, el sentido cambia por lo que la respuesta sería:

$$\vec{F} = 1.1\ N, \text{con dirección } -z$$

Ejemplo 3. Calcula la fuerza magnética que experimenta una partícula con carga $q = 6.3\ \mu C$ al atravesar un campo magnético de un equipo de resonancia magnética $B = 1.5\ T$ en dirección saliendo de la página. La partícula se dirige a una velocidad de $1.2 \times 10^{7}\ m/s$ hacia la izquierda.

Solución. Utilizando la ecuación 7.2 tenemos que:

$$\vec{F} = q v \vec{B}$$
$$\vec{F} = (6.3 \times 10^{-6}\ C)(1.2 \times 10^{7}\ m/s)(1.5\ T)$$
$$\boldsymbol{F = 113.4\ N}$$

Para calcular la dirección, siempre con la regla de la mano derecha, obtenemos $+z$.

Semana 31 229

Presenta distintas estrategias para obtener valores numéricos, emplear herramientas matemáticas o resolver ejercicios y problemas que involucren cálculos.

4. Llamados

Te proporcionarán información relevante sobre las características de los fenómenos naturales estudiados, términos, cifras, notación y dónde compartir tus logros.

D Recursos tecnológicos

A lo largo del libro encontrarás elementos interactivos que puedes explorar utilizando dispositivos móviles. Estos te brindan acceso a recursos adicionales que pueden ayudarte a comprender mejor las temáticas presentadas.

1. Códigos QR

Están en blanco y negro. Tienen forma rectangular y tres cuadrados en las esquinas.

Para acceder a su información, es necesario escanearlos con un dispositivo móvil.

Puedes encontrar contenido en diversos formatos, como audio, video, *software* de aplicación o sitios web.

2. Realidad Aumentada (RA)

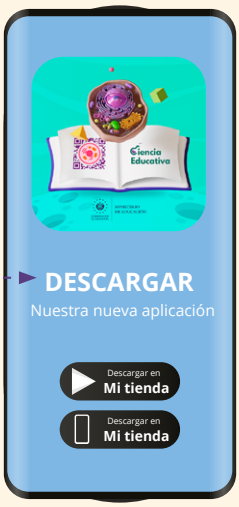
Recurso que combina elementos virtuales con el mundo físico. Te permitirá interactuar con los fenómenos y objetos estudiados para mejorar tu experiencia.

Son tarjetas a color, con un código QR de fondo y un ícono al centro.

Nombre del elemento.

Descripción del elemento.

Para comenzar a usar la RA, primero necesitas descargar e instalar la aplicación «Ciencia Educativa» desde la tienda de tu dispositivo.

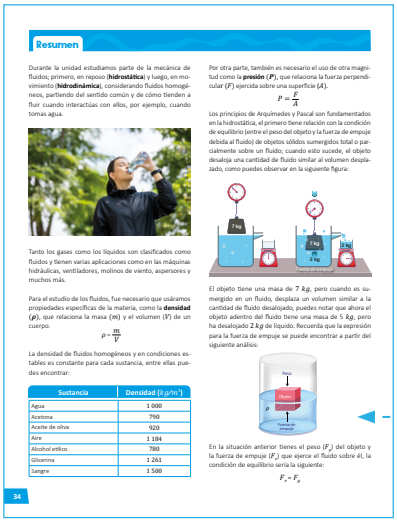


Luego, debes acceder a la aplicación, escanear la tarjeta ¡y listo!

Toma en cuenta que si retiras el dispositivo dejarás de ver el elemento.

E Cierre de unidad

Consolida tus aprendizajes y conoce las aplicaciones del contenido científico de cada unidad.


Resumen

Durante la unidad estudiamos parte de la mecánica de fluidos; primero, en reposo (**hidrostática**) y luego, en movimiento (**hidrodinámica**), considerando fluidos homogéneos, partiendo del sentido común y de cómo tienden a fluir cuando interactúan con ellos, por ejemplo, cuando tomas agua.

Tanto los gases como los líquidos son clasificados como fluidos y tienen varias aplicaciones como en las máquinas hidráulicas, ventiladores, molinos de viento, aspersores y muchos más.

Para el estudio de los fluidos, fue necesario que usáramos propiedades específicas de la materia, como la **densidad** (ρ), que relaciona la masa (m) y el volumen (V) de un cuerpo.

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

La densidad de fluidos homogéneos y en condiciones estables es constante para cada sustancia, entre ellas puedes encontrar:

Sustancia	Densidad (kg/m^3)
Agua	1 000
Acetona	790
Aceite de oliva	920
Aire	1 184
Alcohol etílico	780
Glicerina	1 261
Sangre	1 500

Por otra parte, también es necesario el uso de otra magnitud como la **presión** (P), que relaciona la fuerza perpendicular (F) ejercida sobre una superficie (A).

$$P = \frac{F}{A}$$

Los principios de Arquímedes y Pascal son fundamentales en la hidrostática, el primero tiene relación con la condición de equilibrio (entre el peso del objeto y la fuerza de empuje debida al fluido) de objetos sólidos sumergidos total o parcialmente sobre un fluido; cuando esto sucede, el objeto desaloja una cantidad de fluido similar al volumen desplazado, como puedes observar en la siguiente figura:

El objeto tiene una masa de 7 kg, pero cuando es sumergido en un fluido, desplaza un volumen similar a la cantidad de fluido desalojado, puedes notar que ahora el objeto adentro del fluido tiene una masa de 5 kg, pero ha desalojado 2 kg de líquido. Recuerda que la expresión para la fuerza de empuje se puede encontrar a partir del siguiente análisis:

En la situación anterior tienes el peso (F_g) del objeto y la fuerza de empuje (F_e) que ejerce el fluido sobre él, la condición de equilibrio sería la siguiente:

$$F_e = F_g$$

34

1. Resumen

Repasarás los conceptos, leyes y teorías más relevantes que se abordaron durante la unidad. Además, tendrás la oportunidad de fortalecer tu vocabulario científico junto a Nico.

Tecnología

Flujos en nano y microescala

Avances recientes en ciencia y tecnología tienen como objetivo fabricar dispositivos más pequeños. Por ejemplo, la industria electrónica posee ganancias en productividad, eficiencia, escala e incluso en nuevos productos que cambian la cultura, que resultan del diseño y control de dispositivos pequeños. Avances y aplicaciones similares se desarrollan en la hidrodinámica que ocurre a un ritmo acelerado. La tecnología resultante se denomina **microfluídica** si los tamaños típicos de los canales que transportan fluidos son inferiores a **1 mm** y **nanofluídica** cuando los tamaños típicos involucrados son inferiores a **1 µm**.

La capacidad de controlar fluidos en canales de dimensiones tan pequeñas está generando avances en la investigación básica e innovaciones tecnológicas en biología, química, ingeniería y física. Por ejemplo, se están utilizando acelerómetros de tamaño micrométrico para desplegar sistemas de bolsas de aire en automóviles. Los nuevos bioensayos que consisten en redes de microfluidos están diseñados para la administración de fármacos. Los avances son más significativos en la investigación centrada en nuevos materiales, nuevos métodos de fabricación, enfriamiento de dispositivos electrónicos, flujos multifásicos en laboratorios en un chip y esfuerzos para comprender los procesos básicos en células biológicas individuales.

Conozcamos a...

César Armando Alvarado Batres

Originario de San Juan Nonualco, La Paz. Graduado de Licenciatura en Física en la Universidad de El Salvador, posteriormente realizó estudios de posgrado en Hidrogeología y Manejo del Recurso Hídrico en la Universidad de Costa Rica por medio de una beca de excelencia del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), obteniendo el reconocimiento de mejor promedio académico del posgrado.

Actualmente, se desempeña como docente e investigador del Departamento de Geofísica en la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, donde impulsa la investigación en aguas subterráneas por medio de su Grupo de investigación de Hidrogeología, ayudando a varias comunidades en la gestión integral del recurso hídrico y formando profesionales en Física y Geofísica.

Ha realizado diversas publicaciones científicas en el área de la hidrogeología y de la educación superior en revistas nacionales e internacionales.

Semana 4 37

2. Tecnología

Encontrarás los avances y ámbitos de aplicación del conocimiento científico estudiado en cada unidad. Además, conocerás casos de salvadoreños destacados en estos ámbitos.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Física **Duración:** 5 años/10 ciclos

Descripción. La Licenciatura en Física hace énfasis en los principios científicos que conducen al conocimiento de la ciencia en general y de la física en particular, y sus aplicaciones a los diversos campos técnicos o científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos de la física misma.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Propiedades de los materiales
- Aprovechamiento de los recursos naturales
- Hidrogeología, hidrología e hidráulica
- Meteorología
- Equipos científicos o industriales
- Metrología
- Astrofísica
- Radiación

Bachilleratos sugeridos: general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales: Biología, Física, Matemática, Química, Tecnología, Inglés

Habilidades: Pensamiento crítico, Investigación, Creatividad, Comunicación, Resolución de problemas, Capacidad de cálculo, Abstracción y lógica

Carrera: Ingeniería Mecánica **Duración:** 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Mecánica se ocupa del diseño, construcción y operación eficiente, segura y económica de dispositivos, máquinas e instalaciones mecánicas, para la solución de problemas prácticos. Interviene además en procesos industriales, de planificación y de investigación o supervisión de sistemas mecánicos.

La Ingeniería Mecánica ofrece las bases para desempeñarse en investigación aplicada, diseño y desarrollo, e instalación y mantenimiento de sistemas de distintos campos, como los siguientes:

- Industria de construcción
- Industria automotriz
- Industria textil
- Industria alimenticia
- Producción energética
- Tratamiento de aguas
- Biomedicina
- Manufacturas

Bachilleratos sugeridos: general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales: Biología, Física, Matemática, Química, Tecnología, Inglés

Habilidades: Pensamiento crítico, Investigación, Creatividad, Comunicación, Resolución de problemas, Capacidad de cálculo, Abstracción y lógica

38

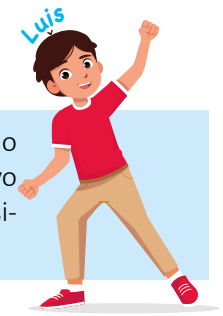
3. Quiero ser...

Si estás interesado en adentrarte en el quehacer científico o tecnológico, en esta sección encontrarás opciones de estudio para que puedas volverte todo un profesional en la materia.

F Nuevos amigos

Toda aventura requiere de grandes compañeros.

Le encanta explorar el campo y realizar experimentos científicos. Además, es buena deportista. Te dará consejos de seguridad y te ayudará a preparar tus actividades.



Acostumbra a preguntar acerca de todo lo que le parece interesante. Es muy creativo y dinámico. Te ayudará a construir dispositivos y adaptar experimentos.

Le gusta la lectura y las películas de ciencia ficción. Le va genial en informática. Te ayudará a llevar tus registros, las notaciones y a manejar los posibles errores.

Le fascinan los gadgets y los postres. Está a la vanguardia del desarrollo tecnológico. Te ayudará a reconocer formas para aplicar tu nuevo conocimiento.

Robot autónomo programable para distintas tareas. Tiene acceso inalámbrico a las bibliotecas y museos de todo el mundo. Te ayudará con diversos datos de interés.

Una araña saltadora, con increíbles habilidades. Te acompañará a conocer la vida silvestre. Además, ¿no es adorable?

Índice

Unidad 1. Mecánica de fluidos		9
Semana 1:	Principio de Arquímedes	10
Semana 2:	Principio de Pascal	16
Semana 3:	Teorema de Torricelli	22
Semana 4:	Ley de Stokes	28
Cierre de unidad		34

Unidad 2. Calor y temperatura		39
Semana 5:	Cambio de temperatura y de fase	40
Semana 6:	Procesos termodinámicos	46
Semana 7:	Leyes de la termodinámica. Parte 1	52
Semana 8:	Leyes de la termodinámica. Parte 2	59
Cierre de unidad		66

Unidad 3. Equilibrio químico		69
Semana 9:	Introducción al equilibrio químico	70
Semana 10:	¿Se puede afectar el equilibrio químico?	76
Semana 11:	Constante de equilibrio y su interpretación	82
Semana 12:	Sustancias ácidas y amargas	89
Semana 13:	Potencial de hidrógeno	95
Semana 14:	Fuerza de los ácidos y bases	101
Semana 15:	Soluciones amortiguadoras	107
Semana 16:	Reacciones de ácidos y bases	113
Cierre de unidad		120

Unidad 4. Oceanografía		123
Semana 17:	Introducción al estudio de los océanos	124
Semana 18:	Interacciones en los océanos	130
Semana 19:	Oleaje y mareas	136
Semana 20:	Oceanografía geológica	142
Semana 21:	Biología marina	148
Cierre de unidad		154

Unidad 5. Geología de El Salvador		157
Semana 22:	Introducción a la geología de El Salvador	158
Semana 23:	Estudiemos los espectaculares volcanes	165
Semana 24:	Sismos: causas, características y sus impactos	172
Cierre de unidad		178

Unidad 6. Electricidad		181
Semana 25:	Fundamentos de electricidad	182
Semana 26:	Dispositivos electrónicos	189
Semana 27:	Circuito eléctrico del hogar	195
Semana 28:	Circuitos integrados	201
Semana 29:	Compuertas lógicas	207
Cierre de unidad		214

Unidad 7. Magnetismo aplicado		217
Semana 30:	Magnetismo en la Tierra	218
Semana 31:	Magnetismo aplicado a la medicina	224
Semana 32:	Principio del motor	230
Cierre de unidad		236

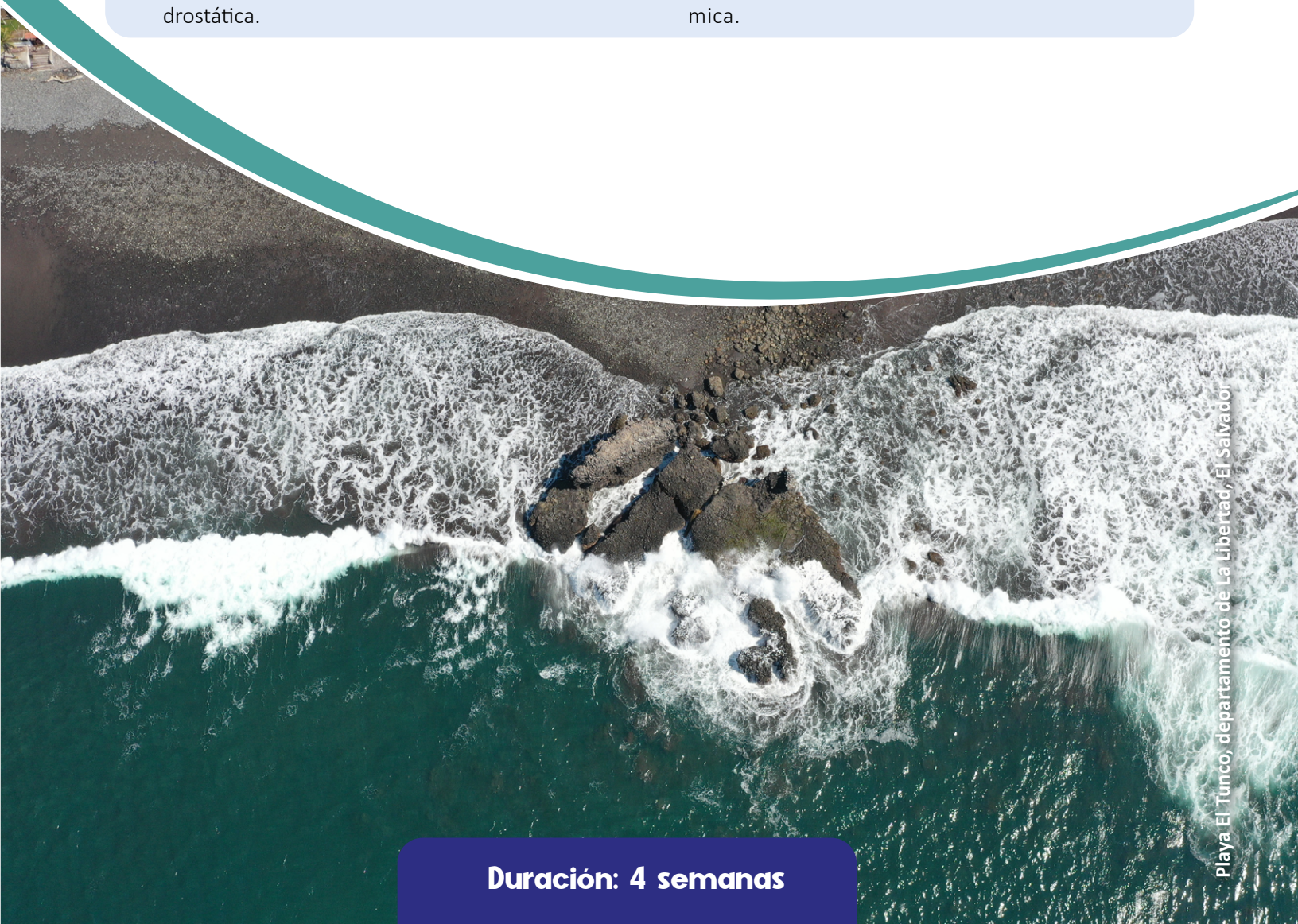
Unidad 1

Mecánica de fluidos

Eje integrador: interacciones

En esta unidad aprenderemos a:

- Determinar las propiedades de un fluido para calcular la fuerza de empuje.
- Calcular el peso aparente de un objeto sumergido en un líquido, a partir del empuje.
- Comprobar experimentalmente el principio de Pascal a partir de datos de variación de presión en una prensa hidráulica.
- Resolver problemas empleando las leyes de la hidrostática.
- Comprobar experimentalmente el teorema de Torricelli a partir del caudal de salida de un líquido en un recipiente.
- Medir las magnitudes físicas requeridas para calcular la viscosidad de un fluido.
- Comparar resultados experimentales y teóricos a partir de la ley de Stokes.
- Resolver problemas teóricos sobre la hidrodinámica.



Playa El Tunco, departamento de La Libertad, El Salvador.

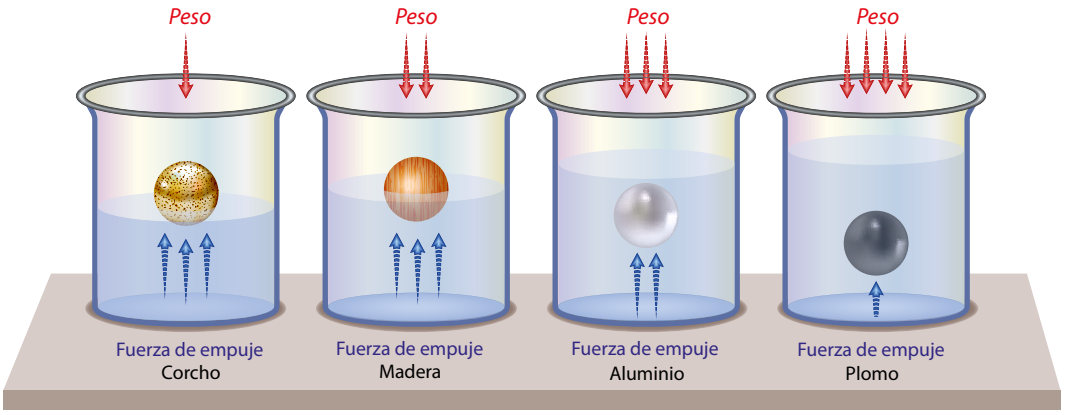
Duración: 4 semanas

Principio de Arquímedes

Indagación

Para medir el peso de un objeto, lo suspendemos de un dinamómetro; pero, si lo sumergimos en un líquido, ¿seguirá siendo igual la lectura en el aparato? Considera que cuando entras a una piscina, pareciera que pesaras menos dentro del agua, ¡pero tu masa no ha cambiado! ¿A qué crees que se debe este fenómeno? ¿Por qué ciertos objetos flotan en el agua, pero no en el aire? Durante el desarrollo de la lección realizaremos actividades donde vincularemos principios y aplicaciones que pueden ayudarte a responder las preguntas anteriores.

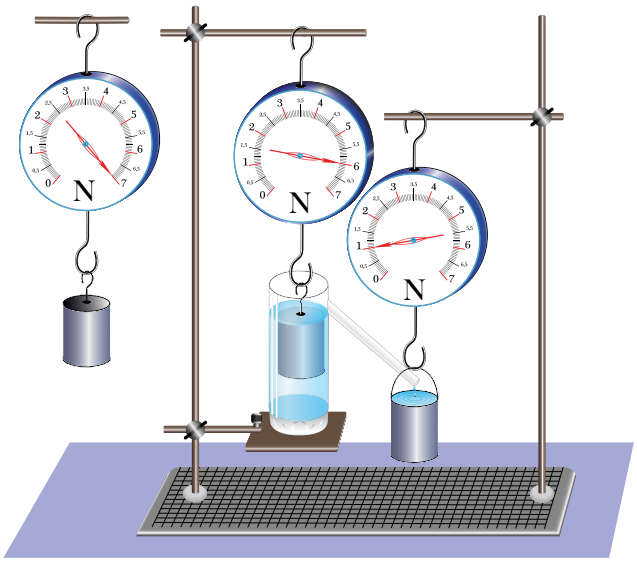
En la figura tienes cuatro recipientes similares con un mismo fluido, observa que los objetos tienen el mismo volumen, pero unos flotan y otros se hunden.



He leído que la medida del peso de un objeto es diferente cuando se sumerge total o parcialmente en un líquido debido a la fuerza de empuje.

A. Calculando el volumen desplazado

En la siguiente figura, primero se muestra la medida del peso de un objeto, luego, podemos notar que es diferente cuando se sumerge en un fluido; la diferencia se debe a la interacción entre las fuerzas de tensión del dinamómetro, el empuje del fluido y el peso del objeto. Además, el objeto sumergido desplaza una cantidad de fluido similar a su volumen.



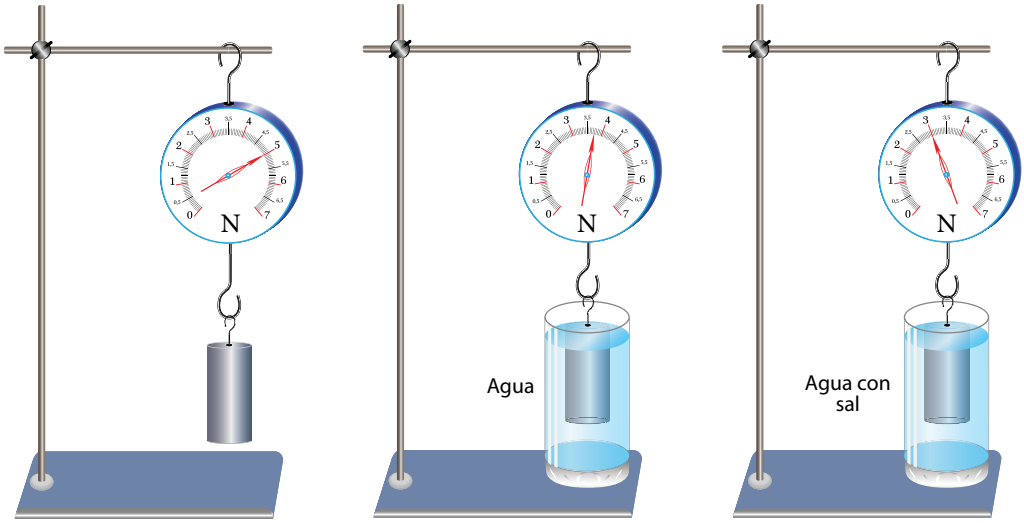
p. 6

El peso del volumen desplazado o desalojado, se puede observar en el tercer dinamómetro (el peso de la cubeta donde se deposita el agua es despreciable). A partir de las condiciones de equilibrio, podemos calcular el volumen desplazado, para ello, sigue las indicaciones de tu Cuaderno de Trabajo y resuelve lo siguiente:

1. Elabora un diagrama de cuerpo libre del objeto.
2. Calcula el volumen del objeto.

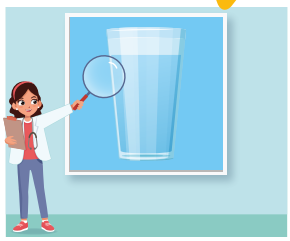
Creatividad

Durante la etapa anterior, pudimos identificar la dependencia de la fuerza de empuje con la **densidad** de un fluido y el volumen desalojado por un objeto sumergido. Logramos calcular el volumen de este, determinando que el volumen desplazado es similar al sumergido, en concordancia con el principio de Arquímedes. Así podríamos determinar la densidad de cualquier líquido, partiendo de la fuerza de empuje y el volumen desplazado, como lo desarrollaremos en esta etapa. Se debe tomar en cuenta que la fuerza de empuje depende de la densidad de un fluido, esto se puede evidenciar si sumergimos un objeto en agua del grifo y luego en una solución de agua con sal como se muestra en la siguiente figura.



En el libro de sexto grado encontré que la densidad (ρ) de un fluido relaciona su masa (m) y volumen (V), su fórmula es la siguiente:

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



B. Buscando el peso aparente

La figura anterior muestra la manera en que cambia el valor de medida del dinamómetro cuando se sumerge totalmente un objeto en fluidos con diferentes densidades. Ahora bien, si utilizamos solo uno de los fluidos, pero sumergimos parcialmente el objeto, la lectura del dinamómetro dependerá de la fracción del objeto que estemos sumergiendo.

Ahora consideremos la situación mostrada en la figura de la esquina inferior derecha. Inicialmente, se mide la masa de un vaso con cierta cantidad de un líquido, podría ser agua. Luego, introducimos parcialmente un objeto de forma cilíndrica, la fracción sumergida la identificaremos como x.

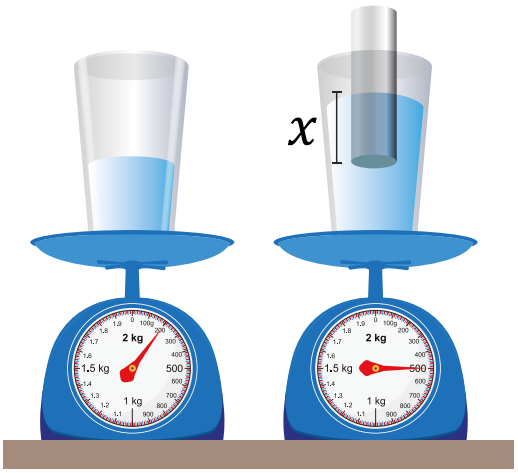
Si observamos con atención, hay un volumen desplazado y la lectura de la medida de la masa ha cambiado, si siguiéramos introduciendo el objeto aumentarían las magnitudes antes mencionadas.

Para este caso, llamaremos a la medida de la masa del sistema vaso + líquido + fracción del objeto sumergido como masa aparente (M_{ap}), la M_{ap} dependerá de la fracción (x) que se sumerja del objeto; por ello, la identificaremos como $M_{ap}(x)$. También, identificaremos con variables las otras masas involucradas; la masa del vaso, como M_v; la masa del líquido, como M_l; y la masa de la fracción del objeto, como M_o.

Notación...

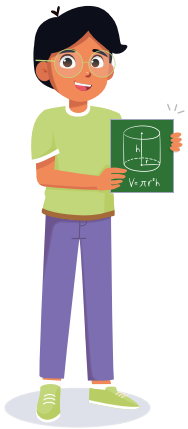
La densidad se expresa con las siguientes unidades:

$$\frac{kg}{m^3} \qquad \frac{g}{cm^3}$$



p. 7

Recuerdo que el volumen de un cilindro es el producto de la constante pi (π) por el radio elevado al cuadrado (r^2) por la altura (h).



Tomando en cuenta lo anterior, resuelve lo siguiente:

a. Escribe una expresión (ecuación) utilizando variables que relacionen la masa aparente con las del líquido, el vaso y el objeto.
b. Considera la expresión obtenida en el literal a y sustituye la masa del vaso con la del líquido como una sola variable ($M = M_l + M_o$). Luego, coloca la masa del objeto en función de la densidad (ρ) y el volumen de la fracción (x) del cilindro sumergido. Para terminar, escribe M_{ap} como una dependencia de la fracción sumergida del objeto [$M_{ap}(x)$].
c. ¿Por qué cambia el nivel del líquido a medida que se sumerge el cilindro?

Hasta este momento, hemos demostrado la relación que existe entre la masa aparente y el volumen sumergido de un cilindro sólido en un líquido. Ahora podemos desarrollar un experimento para deducir de manera experimental como se relaciona la masa aparente con el volumen sumergido de un objeto sólido en forma cilíndrica. Para lograrlo, realicemos la siguiente actividad.

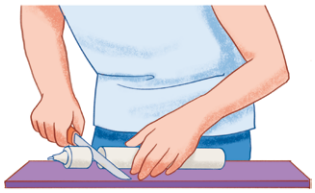
C. Relacionando la masa aparente y el volumen sumergido de un objeto

En la actividad anterior, demostramos de manera analítica cómo se relacionan la masa aparente y el volumen del fluido desplazado. Ahora, verificaremos esto experimentalmente.

Materiales:

- Vaso transparente
- Vela n.º 4
- Argolla cerrada de $8\ mm \times 28\ mm$
- Hilo para costura
- Cinta adhesiva
- Cuchillo plástico
- Tijeras
- Marcador permanente
- Soporte universal
- Varilla metálica
- Nuez doble
- Balanza
- Regla de $30\ cm$
- Cinta métrica de $150\ cm$
- Calibrador vernier
- Líquido (agua, agua con sal, aceite o refresco)

1



2

3

Procedimiento:

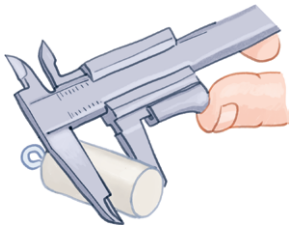
1. Realiza un corte transversal con el cuchillo a la parte superior de la vela, procurando formar un cilindro (sólido de revolución).
2. Identifica como cara superior del cilindro a la parte cortada e inserta la argolla al centro de ella.
3. Fija la cinta métrica o regla de manera longitudinal sobre el cilindro, marca diferentes escalas desde la base hasta la parte superior, utiliza una separación aproximada de $0.50\ cm$.
4. Utiliza el calibrador vernier para medir el diámetro del cilindro. Luego, vuelve a medir el diámetro utilizando la regla o la cinta métrica.
   a. Anota las medidas obtenidas del diámetro con su error.
5. Toma alrededor de $1\ m$ de hilo y enrolla una parte cerca de un extremo de la varilla metálica. Procura que aproximadamente $10\ cm$ de hilo queden libres, acopla la varilla con la nuez doble al soporte universal.

p. 7

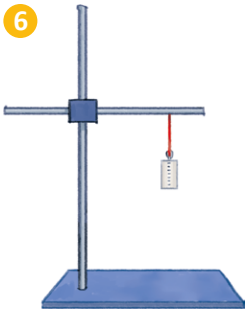
6. Sujeta la argolla del cilindro al hilo que quedó libre en la varilla; luego, afloja un poco la nuez doble para enrollar y desenrollar el hilo girando la varilla para que el cilindro pueda subir y bajar.
7. Coloca la balanza y el vaso sobre la base del soporte universal, procura que la base del cilindro se ubique alrededor de $2\ cm$ sobre el centro de la parte superior del vaso.
8. Vierte líquido al vaso, procura no llenarlo ni derramar sobre la balanza, completa hasta alcanzar aproximadamente 3/4 de su capacidad.
   b. Mide la masa del sistema y anota su valor con su respectivo error.
9. Introduce el cilindro desenrollando el hilo, haciendo que coincida la primera marca ($0.50\ cm$) en la interfaz líquido-aire, toma la medida de M_{ap}. Repite el proceso para las otras marcas. Evita que el cilindro interaccione con el fondo del vaso y sus paredes.

p. 7

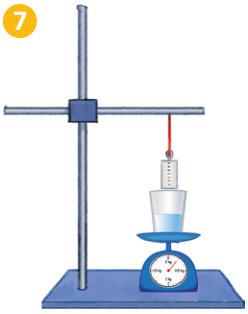
4



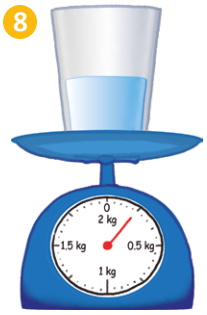
6



7



8



9

   c. Anota los valores de M_{ap} y profundidad (x).
   d. Cuando termines de medir, observa el sistema y encuentra una expresión para la fuerza de empuje que el líquido realiza sobre el cilindro. Usa la expresión del radio en función del diámetro (D).

Por lo general, cuando realizamos un experimento, debemos optimizar la manipulación entre magnitudes para minimizar la propagación del error en las diferentes operaciones efectuadas, por ejemplo, si tomamos la relación $M_{ap}(x)$ que encontramos en el desarrollo de la *actividad B*:

$$M_{ap}(x) = M + \pi r^2 \rho x \qquad 1.1$$

Si observamos las variables en la ecuación 1.1, durante la *actividad C* medimos de manera directa la masa aparente $[M_{ap}(x)]$ en función de la fracción del cilindro sumergido, la masa inicial (M) del vaso con el líquido, la longitud (x) de la fracción del cilindro sumergido y el diámetro (D) del cilindro, sin embargo, para el análisis experimental es conveniente sustituir D por el radio (r) del cilindro, recordando la siguiente relación:

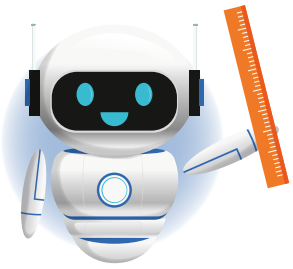
$$D = 2r \qquad 1.2$$

Si sustituimos la expresión del radio en la ecuación 1.1 obtendremos:

$$M_{ap}(x) = M + \frac{1}{4}\pi D^2 \rho x \qquad 1.3$$

La ecuación 1.3 nos servirá en el desarrollo de la siguiente etapa.

El error en una medida directa, cuando se usa un instrumento de medida analógico, es la mitad de la menor división del instrumento.



Comunicación

Al desarrollar las actividades anteriores, notamos tanto de manera teórica como experimental que existe una proporción directa entre la masa aparente y la fracción sumergida de un sólido en un líquido; lo cual es consecuencia del principio de Arquímedes. Ahora, discutiremos y pondremos en práctica los resultados obtenidos en las *actividades B* y *C* para calcular la densidad del fluido utilizado durante esta última actividad.

Cuando elaboro un gráfico uso el primer cuadrante de un plano cartesiano, considerando una escala adecuada en cada eje.

D. Determinando la densidad de un fluido

Para determinar la densidad de un líquido, usualmente medimos su masa y volumen, pero ¿qué pasa si no tenemos un instrumento para medir el volumen? Aplicando el principio de Arquímedes podríamos calcular y reportar la densidad de un líquido.

Materiales:

- Regla de $30\ cm$, transparente
- Calculadora

Procedimiento:

1. Sigue los pasos para graficar los resultados obtenidos en la *actividad C*: p. 8
   a. Elabora el primer cuadrante de un plano cartesiano. Coloca nombre y unidades a los ejes de coordenadas, referente a las magnitudes medidas: masa aparente (M_{ap}) y longitud de la fracción del cilindro sumergido (x).
   b. Elije una escala adecuada para cada uno de los ejes de coordenadas, recuerda que las medidas son acompañadas por un error.
   c. Ubica los pares ordenados de los resultados obtenidos.
   d. Coloca barras de error a cada punto y observa su tendencia.
   e. Nombra el gráfico obtenido en la parte superior del cuadrante.
   f. Usa la regla y traza una línea que pase por la mayoría de los puntos (o su barra de error).
   g. De la línea que trazaste, fija dos puntos distantes, fáciles de identificar en la escala que estableciste.
2. Calcula la pendiente con su error, siguiendo los pasos: p. 8
   h. Identifica los puntos como pares ordenados (x_1, M_{ap1}) y (x_2, M_{ap2}), con ello, puedes calcular la siguiente relación:

$$a = \frac{M_{ap2} - M_{ap1}}{x_2 - x_1} \qquad 1.4$$

   Donde a, representa la pendiente de la línea recta que comprende los pares ordenados.
   i. Calcula la pendiente de la gráfica, utilizando los puntos fijados.
   j. Utiliza las ecuaciones para el cálculo del error que se encuentran al final de esta etapa y calcula el error de la pendiente.
   k. Identifica la ordenada al origen y escribe la ecuación de la recta que representa la gráfica.
3. Identifica los elementos de la ecuación de la recta con los de la expresión teórica obtenida al final de la *actividad C* y realiza lo siguiente: p. 8

Yo coloco los puntos experimentales con su error.

l. Iguala la pendiente (a) obtenida con la expresión teórica correspondiente:

$$a = \frac{1}{4}\pi D^2 \rho \qquad 1.5$$

m. Calcula la densidad del líquido con su respectivo error.

4. Compara tus resultados con los de tus compañeros.
5. Discute con tus compañeros lo siguiente: si la pendiente de la gráfica fuese mayor, ¿qué pasaría con la densidad?
6. Tu docente te indicará que expliques a tus compañeros cómo obtendrías el diámetro del cilindro si el fluido en estudio fuese agua con una densidad de $1\,000\ kg/m^3$, y la pendiente fuese similar a la obtenida en tus resultados.

El cálculo de la densidad se realiza a partir del análisis gráfico, esto se puede implementar fácilmente para otros líquidos. Notemos que utilizamos el principio de Arquímedes, y aprovechando la relación de las magnitudes involucradas fue posible implementar un método para el cálculo de la densidad en un fluido.

Los submarinos tienen depósitos que se llenan de agua o aire, variando la fuerza resultante entre peso y empuje, para flotar, sumergir o emerger.

Ecuaciones para el cálculo del error

Cuando realizamos una medida con un instrumento analógico, consideramos el error o la incertidumbre como la mitad de la menor medida que podemos tomar, por ejemplo, cuando medimos la masa con una báscula de baño como la imagen de la derecha, observamos que la medida se encuentra entre $58\ kg$ y $59\ kg$, observando el instrumento notamos que la medida menor que podemos medir es $1\ kg$; por lo tanto, la forma correcta de reportar la masa sería:

$$(58.5 \pm 0.5)\ kg$$

El error se propaga a medida que realizamos diferentes operaciones, por ejemplo, si a la medida de la masa anterior queremos calcularle el peso, se debe multiplicar por el valor de la aceleración de la gravedad, para ello, tomamos el valor constante $g = 9.8\ \ m/s^2$ y el peso sería:

$$(573.3 \pm 49.0)\ N$$

Como observamos, la constante de la aceleración de la gravedad multiplica tanto a la medida como al error, en general, una medida con su error se representa como:

$$a \pm \Delta a \qquad 1.6$$

Donde a representa la medida y Δa el error, si multiplicamos la medida con su error por una constante c, obtendríamos:

$$ca \pm c\Delta a \qquad 1.7$$

En ocasiones, es necesario sumar, restar, multiplicar o dividir dos magnitudes que se miden de manera directa, representamos una de ellas como $a \pm \Delta a$ y otra como $b \pm \Delta b$, el valor del error dependiendo de la operación, se obtendría de la siguiente manera:

Tipo de operación	Cálculo de la magnitud	Cálculo del error
Suma	$a + b$	$\Delta a + \Delta b$
Resta	$a - b$	$\Delta a + \Delta b$
Multiplicación	ab	$a\Delta b + b\Delta a$
División	$\frac{a}{b}$	$\frac{a\Delta b + b\Delta a}{b^2}$

Indagación

Principio de Pascal

Al levantar un objeto, aplicamos una fuerza mayor que su peso, pero si el peso es mucho mayor a la fuerza aplicada, se nos complicará mucho levantarlo directamente. Si nos encontramos en una situación como la anterior, podemos utilizar ciertos dispositivos que nos permitan aplicar una fuerza que, aun siendo menor al peso, es capaz de levantar los objetos, entre dichos dispositivos encontramos al elevador hidráulico, el cual, se basa en la relación de presiones que establece el principio de Pascal. Empleando este principio, conseguimos multiplicar la fuerza que aplicamos en un elevador hidráulico.

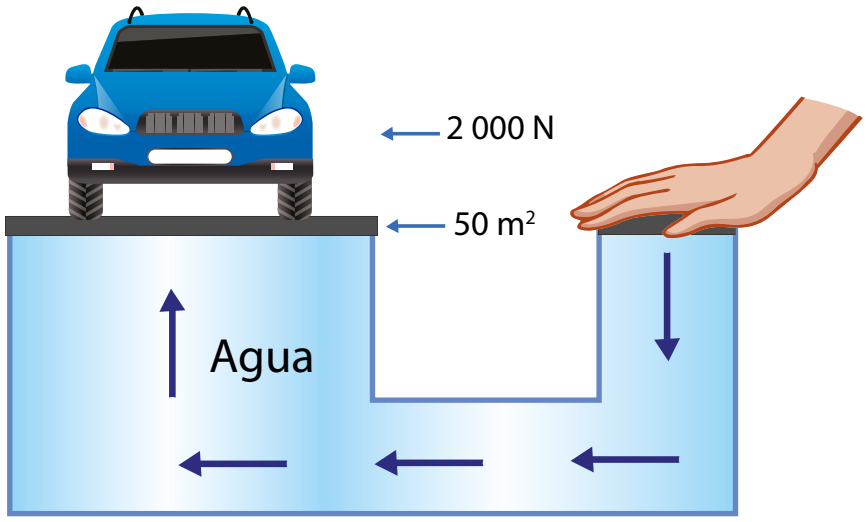
¿Cómo puedo calcular la presión que una fuerza ejerce sobre una superficie?

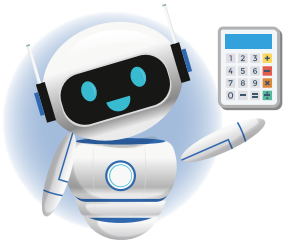
A. Calculando la fuerza aplicada a un elevador

Si empleamos el principio de Pascal, podemos encontrar la fuerza que debemos aplicar para levantar un objeto con un peso mayor, usando un elevador hidráulico. Para determinar la fuerza aplicada podemos auxiliarnos de un esquema de elevador hidráulico como el siguiente:

La presión (P) para una fuerza (F) que actúa de manera perpendicular a una superficie (A), se calcula dividiendo la magnitud de la fuerza por la superficie o área.

$$P = \frac{F}{A}$$





Considera que la plataforma del elevador donde aplicas la fuerza es circular y posee un diámetro de $10\ cm$, con los datos proporcionados calcula lo siguiente:

1. El área donde se aplicará la fuerza que elevará el carro.
2. La presión que el carro ejerce sobre la plataforma.
3. La fuerza que se aplica para elevar el carro.

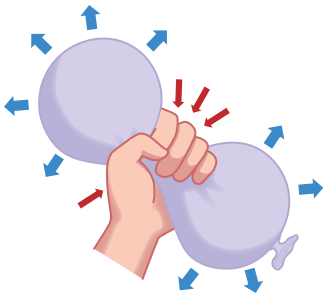
p. 9

Creatividad

Si ejercemos presión en la parte externa de un recipiente cerrado, fácilmente deformable y con líquido adentro, esta se distribuirá en igual magnitud en las paredes internas. Dependiendo de la forma del recipiente o del espacio donde se encuentre encerrado el fluido. La relación entre las magnitudes de presión, fuerza y superficie puede ayudarnos para construir prensas hidráulicas como elevadores, que nos pueden servir para levantar objetos pesados y demostrar el principio de Pascal.

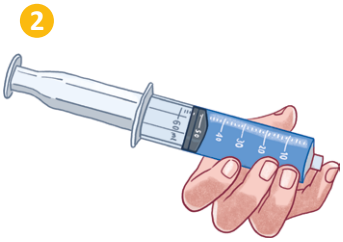
B. Construyendo una prensa hidráulica

La prensa hidráulica se basa en el principio de Pascal, por lo general posee dos pistones con superficies diferentes sobre un fluido. Una de sus ventajas es que, si se aplica una fuerza sobre el pistón de menor superficie, esta se multiplica a razón de las superficies, para corroborar lo anterior construiremos una prensa hidráulica.



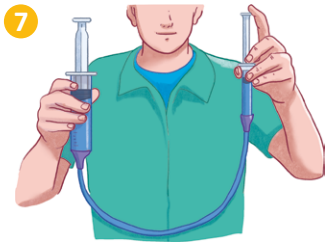
Materiales:

- Jeringa de $10\ ml$
- Jeringa de $60\ ml$
- Regla de $30\ cm$
- Calibrador vernier
- Manguera de $50\ cm$ de longitud y $3.18\ cm$ de diámetro
- Balanza
- Pistola para silicón
- Barra de silicón termoadhesiva
- Colorante comestible
- Agua
- Plato hondo
- Removedor o cuchara
- Papel toalla
- 20 monedas de $ 0.05
- Cinta tapagoteras
- Plastilina
- Compás
- Cúter
- Caja con forma de paralelepípedo rectangular



Procedimiento:

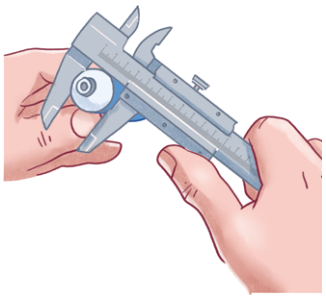
1. Vierte agua en el plato hondo, agrega colorante y remueve hasta que el color sea uniforme.
2. Usa la jeringa de $60\ ml$ y toma aproximadamente $40\ ml$ de agua coloreada, evita que quede aire dentro de la jeringa.
3. Acopla la manguera en el pivote de la jeringa. Coloca silicón o plastilina para evitar fugas de agua.
4. Llena la manguera de agua coloreada, procurando que no quede aire. Puedes auxiliarte de la jeringa de $10\ ml$ para completar el llenado.
5. Llena completamente la jeringa de $10\ ml$ con agua y acopla al otro extremo de la manguera, de manera similar al *paso 3*.
6. Si observas fugas, puedes utilizar cortes de cinta tapagoteras o utilizar plastilina para corregirlas.
7. Verifica que tu sistema (prensa hidráulica) posea agua solo dentro las jeringas y manguera.
8. Aplica una fuerza sobre el apoyo del émbolo de la jeringa de $10\ ml$; luego, hala hasta llevarlo a la posición original.
   a. Anota lo que observas cuando aplicas la fuerza.



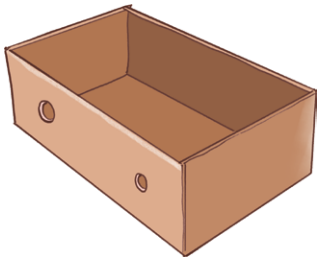
p. 10

9. Mide el diámetro externo del tubo de cada jeringa.
10. Retira una de las caras de mayor superficie de la caja.
11. Sobre una de las caras de superficie intermedia de la caja haz dos agujeros, separados por $20\ cm$. Ten en cuenta que los agujeros deben tener diámetros similares a los de los tubos.
12. Acopla las jeringas a los agujeros. Usa cinta tapagoteras para que quede ajustado y evitar que se muevan. Verifica que los apoyos de los émbolos puedan moverse libremente.
13. Mide la masa de cada moneda y verifica que sean similares.

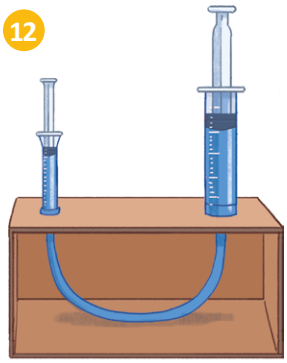
9



11

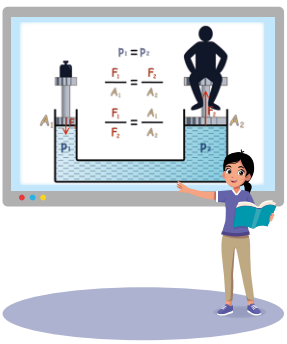


12



13

El principio de Pascal establece que, si tienes un recipiente cerrado totalmente y lleno de un fluido, y ejerces una presión sobre él, esta se transmite similar a todas las partes del fluido y paredes del recipiente.



14. Realiza pruebas para equilibrar fuerzas en la prensa hidráulica, colocando diferentes cantidades de monedas en cada apoyo de los émbolos.
15. Hala el apoyo del émbolo de la jeringa de $10\ ml$ hasta que el pistón marque $10\ ml$; luego, coloca diferentes monedas sobre los apoyos de los émbolos y realiza lo siguiente:
    b. Registra en una tabla la masa que colocas en cada uno de los émbolos para mantener la prensa hidráulica en equilibrio. Procura tener por lo menos 10 puntos. p. 10
    c. Grafica los datos obtenidos en el *literal b*, considera la variable independiente (m_1) a las masas colocadas sobre el apoyo del émbolo de la jeringa de $10\ ml$.
    d. Traza una línea recta que coincida con la mayoría de los puntos o su barra de error.
    e. Calcula la pendiente de la línea recta que trazaste anteriormente y apunta el resultado a la derecha de la gráfica.
    f. ¿Qué representa la pendiente que calculaste?
16. Calcula el área de los apoyos de los émbolos; luego, divide el área que obtuviste del émbolo menor por el mayor.
17. Compara el resultado obtenido en la división realizada en el *paso 16* con la pendiente que calculaste en el *literal e*.
18. Cambia las masas en ambos apoyos de los émbolos para que el pistón de la jeringa de $60\ ml$ se mueva, y verifica si la energía se conserva en el sistema.

Hemos elaborado una prensa hidráulica, donde comprobamos cómo se puede multiplicar una fuerza aplicada. Como pudiste observar, el cálculo de presiones se realizó con objetos sólidos, sin embargo, también se puede calcular la presión en fluidos. Revisemos cómo se hace.

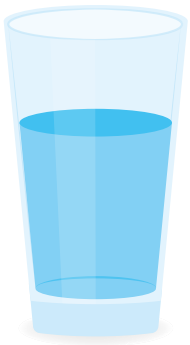
Presión hidrostática y absoluta

Si colocamos agua en un vaso hasta un cuarto de su capacidad, esta ejerce cierta presión en todas las paredes del vaso, pero si nos centramos en el fondo y agregamos más agua hasta la mitad de la capacidad total, la presión en el fondo del vaso será diferente. De forma similar, si introducimos un objeto que quede a la mitad del agua y luego lo colocamos al fondo, la presión que perciba el objeto debido al agua sería diferente.

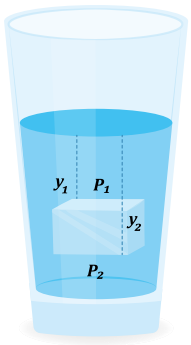
La presión que ejerce un líquido sobre un objeto se denomina **presión hidrostática** y cambia dependiendo de la profundidad a la que se encuentre el objeto dentro del líquido. La relación entre la presión de un líquido a cierta profundidad se puede demostrar de la siguiente manera:

1. Imagina un recipiente que contenga un líquido.
2. Dibuja un paralelepípedo rectangular aproximadamente al centro del recipiente, señalando las profundidades de las caras superior (y_1) e inferior (y_2), con sus respectivas presiones P_1 y P_2.
3. Sobre las caras superior e inferior del paralelepípedo, coloca las fuerzas que interaccionan sobre él, que serían el peso (F_g) y la presión superior (F_1) e inferior (F_2).
4. Elabora un diagrama de cuerpo libre, incluyendo solo las fuerzas verticales. Considera que las caras señaladas del paralelepípedo poseen una superficie (A) y las fuerzas interaccionan en un punto de origen.

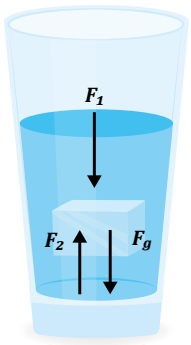
1



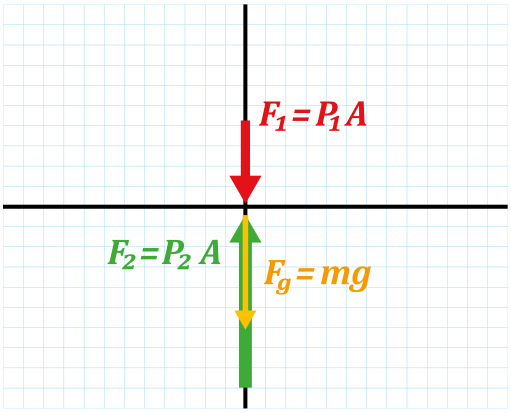
2



3



4



5. Aplicas las condiciones de equilibrio donde $\sum F_y = 0$

$$P_2 A - P_1 A - mg = 0 \qquad 1.8$$

Si representas la masa en función de la densidad del paralelepípedo, tendrías la siguiente expresión:

$$P_2 A - P_1 A - \rho V g = 0 \qquad 1.9$$

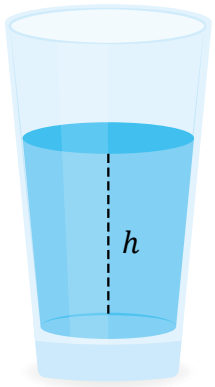
Sustituimos el volumen por el área (A) multiplicada por la altura del paralelepípedo, que sería la diferencia de las profundidades $(y_2 - y_1)$.

$$P_2 A - P_1 A - \rho A\,(y_2 - y_1) g = 0 \qquad 1.10$$

Simplificamos A y despejamos P_2.

$$P_2 = P_1 + \rho g (y_2 - y_1) \qquad 1.11$$

5



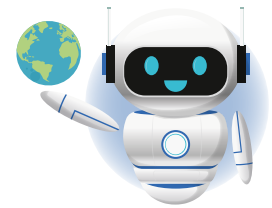
Ahora bien, si reducimos la profundidad y_1 hasta el inicio del nivel de agua y y_2 como una sola profundidad h, la presión que actúa en el inicio del nivel de agua sería la atmosférica representada como P_0, la presión hidrostática sería $\rho g h$ y P la presión absoluta.

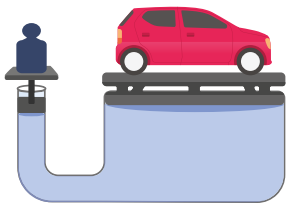
$$P = P_0 + \rho g h \qquad 1.12$$

Comunicación

En la etapa anterior, la elaboración de una prensa hidráulica nos permitió comprobar el principio de Pascal, donde experimentamos que la cantidad de agua no cambió, por lo que se puede considerar como un fluido incompresible. Por otra parte, aprendimos que la presión hidrostática o manométrica cambia respecto a la profundidad y que, si incluimos la presión atmosférica, obtenemos la presión absoluta. A continuación, aprenderemos a resolver problemas teóricos usando el principio de Pascal y la presión hidrostática.

La presión atmosférica (P_0) es la que recibimos por la atmósfera, esta cambia según la altura respecto al nivel del mar. Toma un valor promedio de $101\ 325\ Pa$.





C. Resolviendo problemas de hidrostática

La resolución de problemas en hidrostática es necesaria porque en ocasiones complementa a los experimentos, dado que podría simplificar algunos procedimientos. Cabe mencionar que, para el caso de la hidrostática, es primordial el uso de las magnitudes de densidad y presión. A continuación, aprenderemos a resolver algunos problemas.

Ejemplo 1. Se desea levantar un automóvil de $1\ 430.0\ \text{kg}$ para verificar una fuga de aceite; para ello, se coloca en un elevador con base rectangular de $4.50\ \text{m}$ de largo y $2.00\ \text{m}$ de ancho. El elevador se encuentra comunicado a una superficie de forma rectangular de $34.50\ \text{cm}$ de largo y $22.50\ \text{cm}$ de ancho, además, se dispone de 5 bloques de $3.0\ \text{kg}$ cada uno y de 7 bloques de $100.0\ \text{g}$ cada uno, que se pueden colocar en la segunda superficie. ¿Cuántos bloques de $3.0\ \text{kg}$ y $100.0\ \text{g}$ se necesitarán para comenzar a elevar el automóvil?

Solución:

Iniciamos identificando los elementos de cada extremo del elevador, podemos realizar un dibujo como el de la figura de la izquierda. Para simplificar, colocaremos a la izquierda el punto donde se pondrán los bloques y a la derecha la superficie donde se encuentra el vehículo; identificando con los subíndices 1 y 2, respectivamente cada elemento. Con lo anterior, podemos colocar en una tabla los datos que brinda el problema.

Izquierda (1)	Derecha (2)
$A_1 = 0.2250\ m \times 0.3450\ m = 0.0776\ m^2$	$A_2 = 4.50\ m \times 2.00\ \text{m} = 9.00\ m^2$
5 bloques de $3.0\ \text{kg}$ cada uno	$m_2 = 1\ 430.0\ \text{kg}$
7 bloques de $100.0\ \text{g}$ cada uno	

Notación...

La presión se expresa con las unidades N/m^2 que equivale a pascal (Pa).

Por tratarse de una prensa hidráulica, se cumple el principio de Pascal.

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

La fuerza en cada caso, serían los pesos de los bloques a necesitar y del vehículo.

$$\frac{m_1 g}{A_1} = \frac{m_2 g}{A_2}$$

Simplificamos la aceleración gravitatoria (g) dado que es igual en cada extremo.

$$\frac{m_1}{A_1} = \frac{m_2}{A_2}$$

Despejamos m_1 y sustituimos las otras variables.

$$m_1 = \frac{A_1}{A_2} m_2$$

$$m_1 = \frac{0.0776\ m^2}{9.00\ m^2} (1\ 430.0\ kg) = 12.3\ kg$$

Ahora, verificamos cuantos bloques suman una masa inmediatamente superior a $12.3\ kg$; para ello, puedes utilizar una tabla como la siguiente:

Bloques de $3.0\ kg$				Bloques de $100.0\ g$ ($0.1000\ kg$)			
$3.0\ kg$	$3.0\ kg$	$3.0\ kg$	$3.0\ kg$	$0.1\ kg$	$0.1\ kg$	$0.1\ kg$	$0.1\ kg$

Si sumamos las masas de la segunda fila, obtenemos un valor de $12.4\ kg$, por lo tanto, necesitaríamos como mínimo 4 bloques de $3.0\ kg$ y 4 bloques de $100.0\ g$ para iniciar el ascenso del automóvil.

Ejemplo 2. Para calcular la presión podemos utilizar instrumentos fáciles de construir, uno de ellos es el manómetro de tubo abierto, por lo general en forma de U, similar al de la figura de la derecha, el cual contiene un líquido con una densidad conocida. En uno de los extremos del tubo en U se acopla el recipiente que contiene el fluido del que se desea conocer la presión y el otro se mantiene abierto o expuesto a la atmósfera.

Ahora bien, se necesita calcular la presión de un gas desconocido que se encuentra en un recipiente que es calentado en un balón fondo redondo, similar al de la figura de la derecha; para ello, se acopla a un manómetro que contiene agua potable ($\rho = 1\,000\ kg/m^3$), se fijan dos profundidades, iniciando desde la interfaz de agua hasta el fondo, y se obtienen como resultados $y_1 = 30.0\ cm$ para el lado izquierdo y $y_2 = 45.0\ cm$ para el derecho. Con los datos proporcionados, calculemos la presión que ejerce el gas.

Solución:
Usamos las profundidades señaladas en el tubo en U y expresamos la presión para ambos lados de la siguiente manera:

$$P_1 = P_{gas} + \rho g y_1$$
$$P_2 = P_0 + \rho g y_2$$

Como la profundidad donde se pretenden calcular las presiones 1 y 2, es similar en el tubo, por lo tanto:

$$P_1 = P_2$$

Igualamos ambas ecuaciones, así:

$$P_{gas} + \rho g y_1 = P_0 + \rho g y_2$$

Resolvemos P_{gas}:

$$P_{gas} = P_0 + \rho g y_2 - \rho g y_1$$
$$P_{gas} = P_0 + \rho g (y_2 - y_1)$$
$$P_{gas} = P_0 + \rho g h$$

Identificamos la información que nos proporciona el ejemplo:

$$P_0 = 101\,325\ Pa$$
$$\rho = 1\,000\ kg/m^3$$
$$g = 9.80\ m/s^2$$
$$h = 0.450\ cm - 0.300\ cm = 0.150\ m$$

Sustituimos para calcular la presión del gas.

$$P_{gas} = P_0 + (1\,000\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)(0.15\ m)$$
$$P_{gas} = 101\,325\ Pa + 1\,470\ Pa$$
$$P_{gas} = 102\,795\ Pa$$
$$P_{gas} \approx 1.03 \times 10^5\ Pa$$

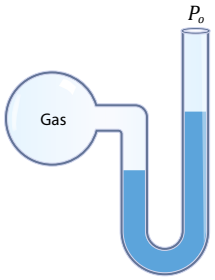
Para obtener el resultado de la presión que ejerce el gas, solo fueron necesarios elementos basados en el fluido de densidad conocida (agua); por ello, es importante utilizar el manómetro de tubo abierto, cuando se necesita saber la presión de un fluido desconocido.

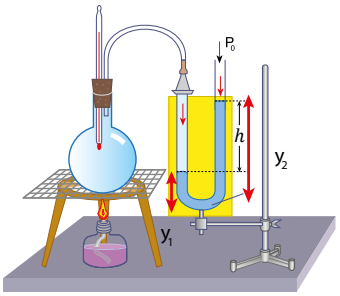
Resuelve los problemas propuestos en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 11

FRENOS HIDRÁULICOS

Al ejercer presión sobre el pedal, el fluido contenido en las mangueras, la transmite en todas partes, activando los frenos en un vehículo.



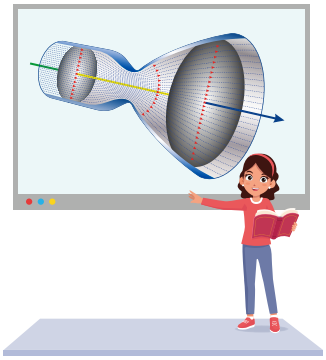


Teorema de Torricelli

Indagación

Hasta ahora, hemos desarrollado actividades sobre fluidos en reposo, pero cuando estos se encuentran en movimiento, cada gota cumple con las leyes del movimiento de Newton, si hiciéramos el análisis del movimiento para cada gota nos resultaría extremadamente complejo, sin embargo, podemos plantear situaciones donde los fluidos en movimiento cumplen ciertas condiciones para hacerlo práctico, para ello, nos basaremos en los principios de conservación de la masa y de la energía; partiendo de magnitudes que permiten estudiar fluidos como la densidad y presión.

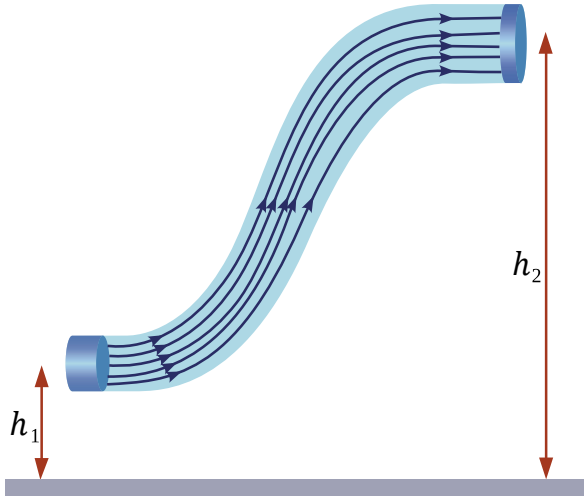
El trayecto que describe cada partícula en un fluido en movimiento se conoce como línea de flujo. Si se mantienen las líneas durante cierto tiempo, es considerado como flujo estable.



A. Analizando un fluido en movimiento

Consideremos un fluido incompresible que se mueve por un tubo que tiene diferentes secciones transversales, como el de la figura de la parte inferior izquierda. La cantidad de fluido no cambia cuando se mueve de una sección a otra en un determinado tiempo, sin embargo, la rapidez con la que pasa en las diferentes secciones es diferente; originando una dependencia de la presión con respecto a la rapidez.

Por otra parte, si fijamos dos secciones a diferentes alturas, se efectúa trabajo sobre la sección que se encuentra a menor altura para llegar a la altura mayor, dado que en el trabajo se involucran diferentes fuerzas, también estaría asociado con la energía mecánica total.



Dada la descripción del fluido incompresible en movimiento, intenta deducir lo siguiente:

p. 12

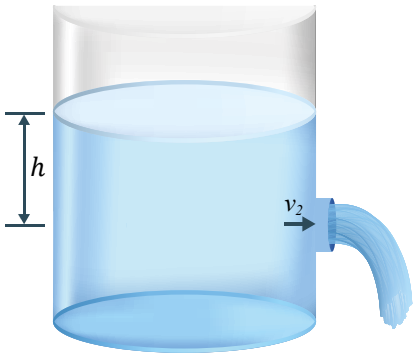
1. La relación que existe en cada altura, entre la rapidez y la sección transversal por donde pasa el fluido.
2. A partir de la expresión anterior, deduce la rapidez con que el volumen se mueve en cualquiera de las dos secciones transversales.
3. Aplica el teorema del trabajo y energía al fluido, y encuentra la relación que existe con la presión.

Creatividad

Todos los días observamos fluidos en movimiento, por ejemplo, al llenar un vaso con agua de un grifo. Cuando tomamos el vaso con agua de un recipiente dispensador, podemos asumir que el recipiente tiene una cantidad de agua equivalente a un vaso menos de agua, con ello podemos identificar que se cumple el principio de conservación de la masa; ya que la cantidad de agua que estaba al inicio en el recipiente ahora está en el vaso. A continuación, experimentemos el comportamiento de un fluido en movimiento.

B. Deduciendo la expresión de la rapidez de salida de un fluido

Consideremos la imagen que se encuentra a la derecha, donde encontramos un recipiente con forma cilíndrica que posee un área transversal A_1, que contiene un fluido de densidad ρ hasta cierto nivel, la parte superior del recipiente se encuentra totalmente expuesta a la atmósfera. A una profundidad h tiene un orificio de área A_2 en la parte lateral, provocando que el fluido salga por él con una rapidez v_2, que podemos nombrar rapidez de salida. Dado que la parte superior del recipiente y el agujero están expuestos al aire, reciben la presión atmosférica (P_0).



Con lo descrito anteriormente, y haciendo uso de la ecuación de Bernoulli que te presenta Nico, resuelve lo siguiente:

p. 13

1. Encuentra una expresión para la rapidez de salida.
2. Usa el resultado del *paso 1* para escribir una expresión que permita obtener la rapidez con la que se mueve el volumen del fluido o rapidez de flujo.

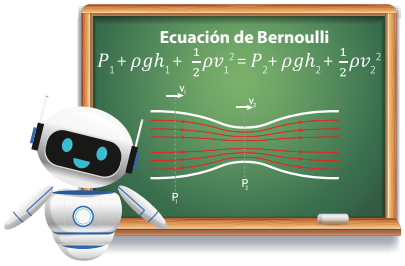
C. Experimentando con la evacuación de un fluido

La expresión de la rapidez de salida de un fluido, cuando es evacuado de un recipiente por un orificio, es similar a la que adquiere un cuerpo al caer libremente. Para hacer un análisis experimental, podemos elaborar un sistema similar al descrito en la *actividad B* u otro diferente, donde el agua se evacua al fondo del recipiente. Veamos cómo.

Materiales:

- 2 recipientes plásticos con forma cilíndrica y capacidad mínima de $1\ \text{L}$
- Tijeras
- Cúter
- Regla de $30\ cm$
- Cinta métrica para costura de $150\ cm$
- Colorante comestible
- Cinta tapagoteras
- Agua
- Marcador permanente
- Ladrillo de arcilla
- Recipiente hondo, con capacidad mínima de $1.5\ \text{L}$ y $30\ cm$ de diámetro
- Cronómetro

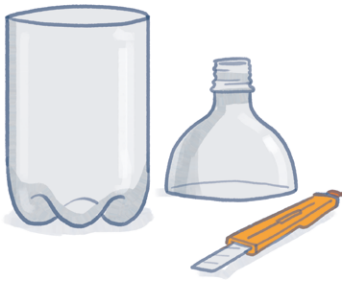
La ecuación de Bernoulli resulta del teorema del trabajo y la energía; relacionando la diferencia de presión entre dos puntos de un fluido en movimiento.



Procedimiento:

1. Toma uno de los recipientes con forma cilíndrica y corta transversalmente un extremo. El diámetro de la sección circular debe ser similar a la parte cilíndrica del recipiente.
2. Abre en el centro un orificio de $2.0\ mm$ de diámetro aproximadamente, opuesto al corte transversal que realizaste.

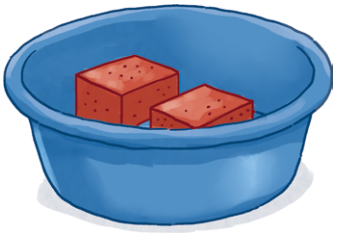
1



2

4

5



7

8

3. Toma una porción de cinta tapagoteras para cubrir totalmente el orificio.
4. Traza por la parte externa del recipiente, en el sector que tenga una forma aproximadamente cilíndrica, una escala de medida, con separaciones de $1.0\ cm$, partiendo del sector donde se encuentre más cerca el orificio de menor diámetro.
5. Divide el ladrillo en dos bloques similares, y colócalos al fondo del recipiente hondo.
6. Pon colorante comestible en el interior del segundo recipiente con forma cilíndrica; luego, vierte agua hasta llenarlo.
7. Coloca el recipiente al que realizaste los agujeros sobre los bloques de ladrillo y vierte el agua coloreada hasta aproximadamente $2.0\ cm$ por encima de la mayor marca de la escala.
8. Retira la cinta tapagoteras y verifica que el orificio por donde saldrá el agua no se encuentre obstruido.
9. Verifica que el agua salga por el orificio hasta la marca de $0\ cm$ (o menos). De ser necesario, retira el agua del recipiente hondo.
10. Repite los *pasos 7* y *8*, y mide el tiempo en el que desciende cada centímetro de agua (primer ensayo). Luego, desarrolla:
    a. Registra en la tabla las magnitudes obtenidas en el primer ensayo, dentro de las columnas t_1 y h_1.
    b. Realiza dos ensayos más (*paso 10*) y registra las magnitudes medidas dentro de las columnas t_2, t_3, h_2 y h_3, respectivamente.
    c. Escribe el promedio correspondiente de las magnitudes que has medido, dentro de las columnas $\bar{t}$ y $\bar{h}$.

p. 13

Comparando entre la figura del recipiente de la *actividad B* con el que elaboramos en la *actividad C*, podríamos obtener un resultado similar para la rapidez, pero para el caso del que elaboramos debemos tomar en consideración la rapidez del fluido en la región superior (mayor área transversal), por ello, no la podemos considerar despreciable comparada con la rapidez con la que evacúa el fluido, para obtener una expresión más cercana se debe utilizar la ecuación de Bernoulli:

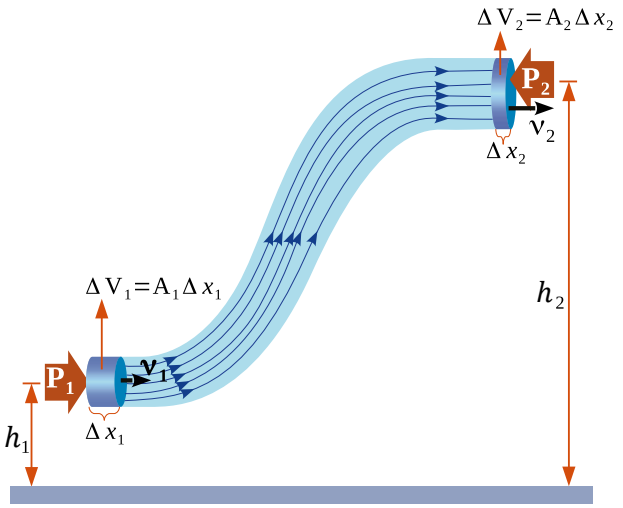
$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \qquad 1.13$$

Además, podemos encontrar la relación entre la rapidez del agua en ambos puntos, utilizando la ecuación de continuidad:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \qquad 1.14$$

Ecuación de continuidad

Partiendo de una situación similar a la que resolvimos en la etapa de *Indagación*, observemos la siguiente imagen que representa un tubo donde hay un flujo laminar.



Delimitamos porciones de las masas, definiendo Δm_1 para la primera sección y Δm_2 para la segunda. Como ambas porciones son iguales, podemos realizar lo siguiente:

$$\Delta m_1 = \Delta m_2$$

Expresamos las porciones de las masas en función de la densidad (ρ) del fluido.

$$\Delta m_1 = \rho \Delta V_1 \text{ y } \Delta m_2 = \rho \Delta V_2$$

Como es el mismo fluido el que se desplaza por el tubo, sería la misma densidad en toda la sección, al igual que el volumen, aunque por la forma del tubo pueden cambiar ciertos parámetros, como la longitud de la sección del tubo o el área transversal por la que pasa el fluido. Consideremos lo anterior y expresemos la masa de la siguiente manera:

$$\rho \Delta V_1 = \rho \Delta V_2 \Longrightarrow \Delta V_1 = \Delta V_2$$

Las secciones transversales se mantendrían fijas independientemente de la cantidad de fluidos que pasen por ellas, puedes expresar la sección de volumen en relación con el área transversal (A_1 y A_2) y la distancia correspondiente (Δx_1 y Δx_2).

$$A_1 \Delta x_1 = A_2 \Delta x_2$$

Por otro lado, podemos escribir la distancia dependiendo de la rapidez:

$$\Delta x_1 = v_1 \Delta t \text{ y } \Delta x_2 = v_2 \Delta t$$
$$A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t$$

De esa forma deducimos la ecuación de continuidad para un fluido incompresible.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \qquad 1.15$$

Caudal

El **caudal** (Q) es la rapidez con la que el volumen del fluido se mueve en cualquiera de las dos secciones transversales. Para deducir una expresión usamos las ecuaciones de densidad y de continuidad, de la siguiente manera:

$$\Delta V_1 = \frac{\Delta m_1}{\rho};\ \Delta m_1 = \Delta m_2$$

$$\Delta V_1 = \frac{\Delta m_2}{\rho}$$

$$\Delta V_1 = \frac{\rho A_2 v_2 \Delta t}{\rho}$$

$$\frac{\Delta V_1}{\Delta t} = A_2 V^2 = Q$$

$$Q = \frac{\Delta V_1}{\Delta t} \qquad 1.16$$

Teorema de Torricelli

Iniciemos analizando la figura de la *actividad B*, donde llamaremos sección 1 a la parte superior y 2 a la inferior. Luego, planteamos la ecuación de Bernoulli:

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Analizamos cada uno de los puntos, empezando por P_1 y P_2; como están expuestos a la atmósfera, reciben la misma presión atmosférica P_0. Si colocamos nuestro sistema de referencia en el orificio notamos que la sección 1 se encuentra a una altura h y la otra a $0\ m$; con respecto a la rapidez, en la sección 1 sería despreciable $v_1 \approx 0\ m/s$. Ahora, la ecuación nos quedaría:

$$P_0 + \rho g h + \frac{1}{2}\rho (0\ m/s) = P_0 + \rho g (0\ m) + \frac{1}{2}\rho v^2$$

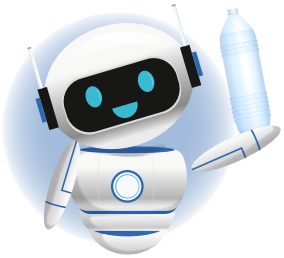
Despejando la rapidez (v) tenemos:

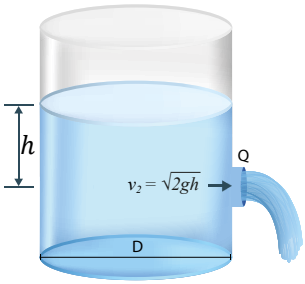
$$v = \sqrt{2gh} \qquad 1.17$$

Comunicación

Reflexionemos sobre las actividades desarrolladas. En la *actividad B*, obtuvimos una expresión para la rapidez de salida de un fluido por un orificio que se encuentra a una profundidad determinada, dicho resultado es conocido como el teorema de Torricelli, que además es una expresión similar a la que se obtiene de un objeto en caída libre. En la *actividad C*, el orificio se ubicó al fondo del recipiente, al analizarlo obtendríamos resultados similares, sin embargo, a medida que el fluido se ubica a diferentes profundidades se tienen que considerar otras magnitudes que podemos discutir a continuación.

La rapidez de salida para un fluido que sale por un orificio ubicado a una profundidad h del recipiente que lo contiene es $v = \sqrt{2gh}$, conocido como teorema de Torricelli.





En la *actividad C*, teníamos un depósito con agua inicialmente hasta una altura h, pero cuando empezó a vaciarse medimos los cambios de profundidad y de tiempo, ambas magnitudes tienen relación con el caudal. Si realizamos un análisis teórico, podemos encontrar una expresión que relacione las magnitudes medidas.

Nos referiremos con subíndice 1 a la parte superior del recipiente y con 2 al orificio, utilizando la ecuación de continuidad y la de caudal de la parte superior de la siguiente manera:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \text{ y } Q = \frac{\Delta V_1}{\Delta t}$$

Consideremos un recipiente como el de la figura de la izquierda, para poder colocar el cambio de volumen ΔV_1 en relación con los cambios de altura o descenso del nivel de agua Δh; tomamos la expresión del cálculo del volumen de un cilindro y llegamos a la siguiente expresión:

$$\Delta V_1 = \pi r_1^2 \Delta h$$

Donde r_1 es el radio de la parte superior del recipiente.

Para disminuir la propagación de errores, es preferible que expresemos el volumen en función del diámetro (D). Recordemos que $D = 2r$.

$$\Delta V_1 = \pi \left(\frac{D_1}{2}\right)^2 \Delta h$$

$$\Delta V_1 = \frac{1}{4} \pi D_1^2 \Delta h$$

Si dividimos por el cambio de tiempo, obtenemos una expresión para el caudal que utilizaremos en los cálculos de las medidas obtenidas en la *actividad C*.

$$Q = \frac{1}{4} \pi D_1^2 \frac{\Delta h}{\Delta t} \qquad 1.18$$

Tomando en cuenta la ecuación de continuidad, el caudal puede escribirse considerando el agua que pasa por el orificio:

$$Q = A_2 v_2$$

Podemos usar el teorema de Torricelli, $v_2 = \sqrt{2gh}$, colocando el caudal de la siguiente manera:

$$Q = A_2 \sqrt{2gh} \qquad 1.19$$

Esta sería otra forma de representar el caudal, si observamos, el caudal no se encuentra identificado con un punto en específico, dado que por la ecuación de continuidad sería similar.

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

Notación...

El caudal se expresa con las siguientes unidades:

$$\frac{m^3}{s}$$

D. Analizando el movimiento de un fluido por un orificio

Ahora analizaremos los resultados que obtuvimos en la *actividad C*, para ello, usaremos la expresión del caudal para el vaciado de un recipiente, demostrada antes. Además, necesitaremos manipular las medidas de los descensos y el tiempo para asociar los resultados experimentales a un modelo teórico. Posteriormente, podemos comparar y discutir resultados con otros compañeros.

Materiales:

- Recipiente con un orificio al fondo (utilizado en la *actividad C*)
- Calculadora
- Calibrador vernier

Procedimiento:

1. Mide con el calibrador vernier el diámetro interno de la parte superior del recipiente que utilizaste en la *actividad C*.
2. Usa la ecuación 1.18 para calcular el valor del caudal (Q) para cada promedio de los descensos ($\bar{h}$) de agua con el tiempo correspondiente.
   a. Registra los valores de Q para cada $\bar{h}$ del fluido en una tabla.
   b. Elabora un cuadrante de plano cartesiano, verifica que la escala de los ejes esté acorde con los valores de la tabla y coloca los puntos obtenidos del caudal y los descensos ($\bar{h}$, Q).
3. Verifica si el gráfico que obtuviste tiene relación similar a la ecuación 1.19.
4. Considera los valores constantes de $g = 9.80\ m/s^2$ y $\pi = 3.14$ para cálculos posteriores.
5. Realiza el cambio de variable $x = \sqrt{(\bar{h})}$, para obtener una gráfica aproximadamente lineal de los datos obtenidos.
   c. Registra los valores encontrados del caudal y el cambio de variable $x = \sqrt{(\bar{h})}$ (raíz cuadrada de los promedios de descensos).
   d. Elabora un cuadrante del plano cartesiano, considera la escala de los ejes que estén dentro del rango de los valores de la tabla, luego, coloca los puntos que obtuviste (x, Q).
   e. Traza una línea recta, que mejor se ajuste a los puntos de la gráfica. Considera el error en cada punto.
   f. Encuentra la pendiente de la línea recta que trazaste.
6. Asume la relación del caudal como una dependencia del cambio de variable, de siguiente manera:

$$Q(x) = A_2\sqrt{2gx} \qquad 1.20$$

La expresión $A_2\sqrt{2g}$ sería aproximadamente la pendiente que acabas de calcular, iguala su valor y calcula lo siguiente:

   g. El área del orificio por donde evacua el agua.
   h. Asume que el orificio tiene forma circular y calcula su diámetro.

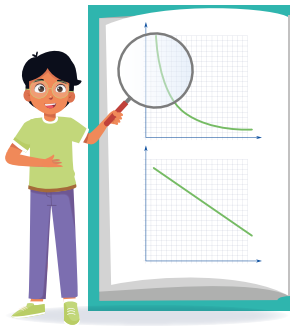
p. 14

p. 14

DRON

El movimiento de los drones es debido a los cambios de presión que se origina por el movimiento de sus rotores, basado en el principio de Bernoulli.

El método de cambio de variable de un gráfico te permitirá obtener una línea recta, con esto podrías analizar la relación entre las variables involucradas de una forma menos complicada entre las variables involucradas.



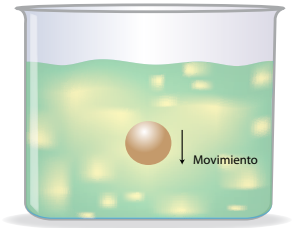
Cuando realizamos un cambio de variable, la finalidad es buscar una relación directa que nos permita calcular alguna magnitud involucrada en la pendiente, en esta ocasión encontramos el área y el diámetro del orificio del recipiente, esto resulta más conveniente cuando no podemos obtener dichas magnitudes por otro método.

Indagación

Ley de Stokes

En las *actividades B* y *C* de la semana anterior, demostramos que la rapidez con la que sale un fluido no depende de la densidad, sino básicamente de la profundidad y de la aceleración gravitatoria, suponiendo que la fricción interna era nula y que tratábamos con un flujo laminar. Sin embargo, si hubiéramos desarrollado las actividades con otro fluido, por ejemplo, miel, probablemente el tiempo de descenso hubiese sido mayor, debido a que la fricción interna del fluido, llamada **viscosidad**, habría sido notoria, manifestando cierta resistencia al moverse y adhiriéndose en las paredes del recipiente. La viscosidad puede afectar a fluidos que se desplazan sobre un sólido o a un objeto moviéndose dentro de él. En condiciones estables, cada fluido posee un valor característico de viscosidad.

Si lanzo un objeto en un recipiente que contenga miel, le tomaría más tiempo descender que si lo lanzara en agua. Quiere decir, que aparte de la fuerza de empuje hay otra fuerza que se opone al movimiento y depende de la viscosidad del fluido.



A. Fuerzas de un cuerpo en movimiento dentro de un fluido

Consideremos un objeto sólido de forma esférica, que cae libremente en un recipiente que contiene un fluido de densidad ρ, con una fricción interna considerable (figura de la izquierda). Pasado un tiempo, el peso del objeto (F_g) es equilibrado con la fuerza de resistencia (F_R) y por la fuerza de empuje (F_E) que ejerce el fluido. En ese instante, el objeto se mueve a una rapidez constante hasta llegar al fondo del recipiente. Con la información anterior, desarrolla:

1. Analiza el objeto cuando se mueve a una rapidez constante, asume la densidad del objeto como ρ_o y resuelve las siguientes dificultades:
   a. Elabora un diagrama de cuerpo libre, donde señales las fuerzas involucradas que interactúan con el objeto.
   b. Coloca el peso y F_E en función de las densidades; haz uso de las condiciones de equilibrio y encuentra una expresión para F_R.
2. Para el fenómeno planteado, F_R tendría una relación directa con la rapidez (v) y la viscosidad del fluido (μ); considera dicha relación como $F_R=k\mu v$, donde k es una constante; luego, intenta resolver lo siguiente:
   c. Con el resultado obtenido en el *literal b*, considera el volumen de la esfera como $V=4\pi r^3/3$ y encuentra una expresión para la viscosidad del fluido.

p. 15

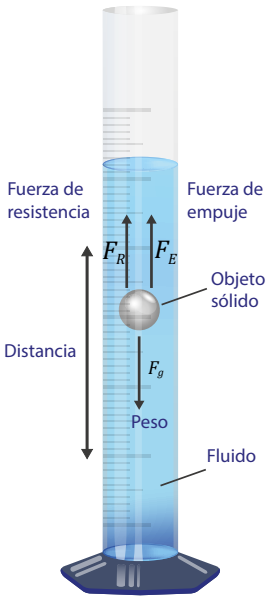
Creatividad

La **viscosidad** es particular para cada fluido; por ello, un objeto pesado que cae en un recipiente con miel, desciende más lento que si lo hiciera en agua. Al respecto, es posible encontrar experimentalmente la viscosidad de un líquido, ya que existen demostraciones para la fuerza de resistencia que depende, aparte de la viscosidad, de la geometría del objeto que cae en él. En esta semana, iniciaremos analizando las fuerzas que interactúan con un objeto de forma esférica que cae en un líquido; luego, realizaremos un experimento y con las deducciones realizadas encontraremos la viscosidad de un líquido.

B. Analizando la caída de una esfera sólida en un fluido

Consideremos una situación similar a la *actividad A*, donde un objeto sólido con forma esférica y un recipiente cilíndrico, cuyo diámetro sea mayor que el de la esfera. Si agregamos un líquido en el recipiente y luego dejamos caer la esfera dentro de él; después de que la esfera descienda cierta distancia, llegará un momento en que alcance una velocidad constante o terminal. Entonces, podremos asumir que existe un equilibro en torno a las fuerzas que interactúan con el objeto, dado que el movimiento es vertical, la sumatoria de fuerzas se expresaría de la siguiente manera:

$$F_R + F_E - F_g = 0$$



Podemos sustituir el peso por el producto de la masa (m) de la esfera y la aceleración gravitatoria (g). También, si recordamos el principio de Arquímedes, podemos sustituir la fuerza de empuje en relación con la densidad (ρ) del líquido y el volumen (V) desalojado del objeto.

$$F_R + \rho V g - mg = 0$$

También, podríamos expresar la masa de la esfera con su respectiva densidad (ρ_0) y volumen (V):

$$F_R + \rho V g - \rho_0 V g = 0$$

p. 16

Dado que el objeto tiene forma esférica, la fuerza de resistencia puede ser reemplazada por la propuesta en la ley de Stokes.

1. Utiliza la fuerza de resistencia propuesta en la ley de Stokes y muestra que para el caso descrito la viscosidad (μ) cumple con la siguiente relación:

$$\mu = \frac{1}{18}\frac{D^2 g}{v}(\rho_0 - \rho) \qquad 1.21$$

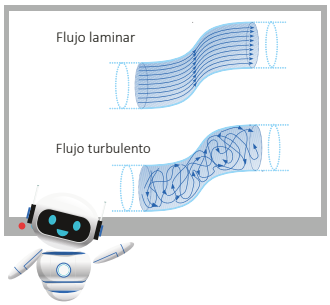
Donde D es el diámetro del objeto; g la aceleración gravitatoria y v la rapidez terminal.

La viscosidad depende del tamaño (diámetro) del objeto y de la rapidez terminal (constante) que este alcanza al momento de sumergirse en un fluido. Por otra parte, dependerá también de la densidad del fluido, por ende, es algo característico en condiciones estables.

Por lo anterior, los fluidos se caracterizan tanto por su densidad como viscosidad. Plantearemos de manera experimental una situación similar a lo descrito, solo variaremos el tamaño de la esfera, esto provocará una rapidez terminal distinta.

¡Qué bien! Encontré que la Ley de Stokes establece que la fuerza de resistencia que un fluido ejerce sobre un objeto sólido de forma esférica de radio r es:
$F_R = 6\pi\mu r v$

Cuando estudiamos los fluidos en movimiento con la ecuación de Bernoulli consideramos un flujo laminar, que quiere decir que el movimiento se mantiene estable. Sin embargo, cuando se tiene un flujo irregular se llama turbulencia; ambos fenómenos dependen de la viscosidad.



C. Movimiento de esferas sólidas en un medio viscoso

En la expresión del cálculo de la viscosidad a partir de la ley de Stokes, podemos notar la relación existente en las magnitudes, algunas de ellas se pueden medir o calcular con un montaje experimental adecuado, observando su comportamiento y la dependencia una de otra.

A continuación, realizaremos una actividad que nos permitirá manipular las magnitudes involucradas para el cálculo de la viscosidad de un líquido.

Materiales:

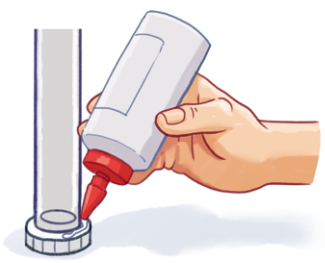
- $60\ cm$ de manguera transparente con un diámetro aproximado de $5\ cm$
- Tapón de PVC con un diámetro aproximado de $5\ cm$
- Silicón para PVC y plástico
- Cinta métrica de costura de $150\ cm$
- Cinta tapagoteras
- Embudo
- Balanza
- Calculadora
- Calibrador vernier
- Vaso medidor de $100\ ml$
- $1\ L$ de champú transparente
- $180\ g$ de plastilina
- Cronómetro
- 8 cinchos de *nylon* (abrazaderas) de $15\ cm$ de longitud
- Marcador permanente

Procedimiento:

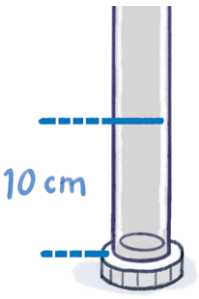
1. Acopla el tapón de PVC a un extremo de la manguera y coloca silicón por la parte exterior entre el tapón y la maguera. Espera que el silicón se seque; luego, coloca cinta tapagoteras sobre el silicón.
2. Mide y marca desde el acople $10\ cm$ sobre la manguera; luego, fíjala sobre una estructura vertical con los cinchos de *nylon*, procura no deformar la parte transversal.
3. Mide la masa del vaso medidor; luego, coloca champú en el vaso hasta una lectura exacta de volumen. Mide de nuevo la masa del sistema vaso + champú. Para saber la masa del champú, resta la masa del vaso a la del sistema vaso + champú.
   a. Con el cálculo de la masa y la medida del volumen del champú, encuentra su densidad (ρ) aproximada.

p. 16

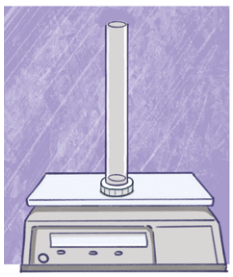
1

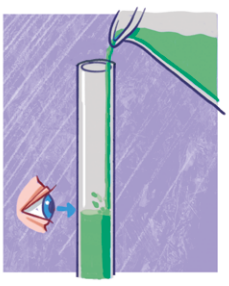


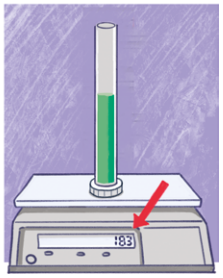
2



3



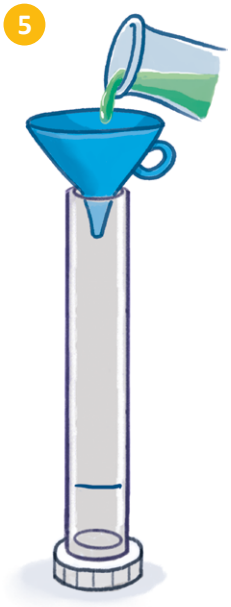


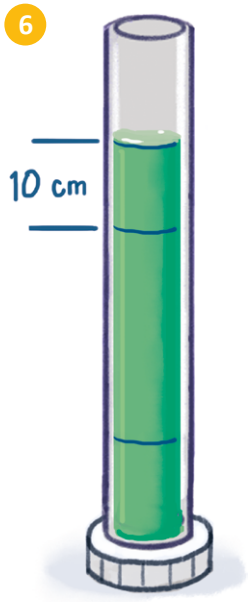


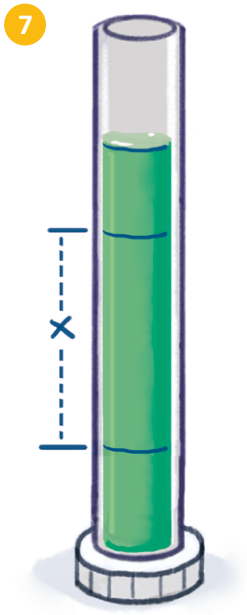
4. Elabora 10 esferas de plastilina de diferentes tamaños, iniciando desde los $0.50\ cm$ de diámetro hasta los $5.00\ cm$. Mide sus masas en la balanza y luego calcula sus volúmenes. Usa la fórmula para el cálculo del volumen de una esfera $V = 4\pi r^3/3$. Para disminuir la propagación de errores, puedes sustituir el diámetro (D) por el radio (r), recuerda la relación $D = 2r$ y verifica que $V = \pi D^3/6$.
   b. Calcula la densidad (ρ_o) para cada una de las esferas, verifica si los valores obtenidos son similares; luego, obtén el promedio de las densidades calculadas.

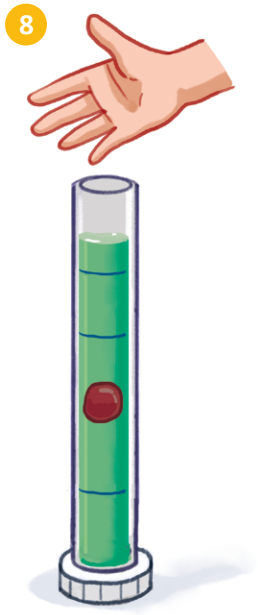
p. 16

5. Coloca el embudo en la manguera y vierte $1\ L$ de champú, verifica si existen fugas en la base, si hubiese, puedes colocar más cinta tapagoteras.
6. Sobre la parte exterior de la manguera, coloca una marca en el nivel donde se encuentre el champú; luego, mide una profundidad aproximada de $10\ cm$.
7. Mide la distancia que hay entre la parte superior e inferior, puedes asignar una variable x a dicha medida.
8. Toma la esfera de menor diámetro y suéltala aproximadamente en el centro de la parte interior de la manguera. Observa cuando pase por la primera marca y mide el tiempo que tarda en pasar desde esa marca hasta la segunda (de la marca superior a la inferior). Haz lo mismo con las esferas restantes, partiendo de menor a mayor diámetro.









   c. Registra los valores del tiempo que tardan las esferas en pasar de la marca superior a la inferior.
   d. Calcula la rapidez de cada esfera, cuando pasa de la marca superior a la inferior. Todas las esferas deben recorrer una distancia similar.
   e. Registra los pares ordenados de la relación rapidez-diámetro (v, D).
   f. Elabora un gráfico que relacione la rapidez calculada y el diámetro medido de cada esfera.

p. 17

Observa el gráfico y verifica si la tendencia que tiene es similar a la relación de la viscosidad que demostraste en la *actividad B*. Considera que durante el experimento manipulaste como variable independiente la rapidez y como dependiente el diámetro.

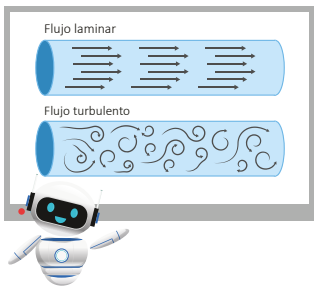
Comunicación

En la *actividad C* notamos el cambio en las magnitudes medidas y calculadas, esto nos permite dilucidar la relación que existe entre ellas, una aproximación a dichas relaciones se podría realizar usando la expresión que corroboramos en la *actividad B*, con ello podemos calcular la viscosidad del champú. Además, conociendo la rapidez, densidad y viscosidad de un fluido, podemos identificar si presenta un flujo laminar o turbulento calculando el número de Reynolds. A continuación, calcularemos la viscosidad y el número de Reynolds.

Para identificar si un fluido que se mueve por una tubería fluye de manera laminar o turbulenta se utiliza el número de Reynolds (N_R)

$$N_R = \frac{\rho v_m D}{\mu}$$

Donde, ρ es la densidad del fluido, v_m la rapidez del fluido en la tubería, D el diámetro de la tubería y μ la viscosidad del fluido.



Notación...

La viscosidad se expresa con las unidades pascal por segundo:

$$Pa \cdot s$$

D. Calculando la viscosidad de un fluido

Si retomamos los resultados obtenidos en la *actividad C*, junto con la expresión que corroboramos en la *actividad B* para la viscosidad de un fluido, podemos calcular la viscosidad del champú; para ello, necesitaremos despejar una de las variables medidas en la expresión de viscosidad.

Materiales:

- Manguera utilizada en la *actividad C*
- Calculadora
- Calibrador vernier

Procedimiento:

1. Mide con el calibrador vernier el diámetro interno de la manguera que utilizaste en la *actividad C*.
2. De la expresión que corroboraste en la *actividad C*, muestra que despejando D^2 obtienes la siguiente expresión:

$$D^2 = \frac{18\,\mu}{g(\rho_0 - \rho)}\,V \qquad 1.22$$

   La expresión y los datos que graficaste en la *actividad C*, no tienen una relación lineal, pero haciendo un cambio de variable adecuado en este caso puedes lograrlo, usa $Y = D^2$, estableciendo la relación de la siguiente manera:

$$Y = \frac{18\,\mu}{g(\rho_0 - \rho)}\,V \qquad 1.23$$

   a. Copia los valores de rapidez (v) que obtuviste en la *actividad C* y eleva al cuadrado cada diámetro (D) correspondiente a la rapidez, coloca estos datos en una tabla.
   b. Elabora un cuadrante de plano cartesiano, verifica que la escala de los ejes esté acorde a los valores de la tabla; luego, coloca los puntos obtenidos de la rapidez y el cambio de variable (v, Y).
3. Verifica si el gráfico que obtuviste es aproximadamente lineal, traza una línea recta de tendencia que se ajuste a la mayoría de los puntos.
4. Considera el valor constante de $g = 9.8\ m/s^2$ y los que mediste de ρ_0 y ρ.
   c. De la línea que trazaste, fija dos puntos y calcula la pendiente, puedes identificarla como a.
   d. De la relación desarrollada en el *paso 2*, identifica que la pendiente sería:

p. 18

$$a = \frac{18\,\mu}{g(\rho_0 - \rho)} \qquad 1.24$$

e. Calcula el valor de la viscosidad μ del champú, trabaja todas las magnitudes con sus unidades de medida correspondientes.

$$\mu = \frac{g(\rho_0 - \rho)}{18}\ a \qquad 1.25$$

E. Identificando flujos turbulentos o laminares

El número de Reynolds (N_R) permite que conozcamos la influencia entre las fuerzas de inercia y viscosas en la **hidrodinámica**. Depende de la rapidez media (v_m), densidad (ρ) y viscosidad (μ) con la que un fluido se mueve en un tubo de cierto diámetro (D). Su valor nos permite saber si un flujo es laminar o turbulento.

Si consideramos $N_R = 2\,000$, como valor máximo para que consideremos un flujo como laminar, podríamos determinar una rapidez crítica (v_c) en sustitución de v_m, obteniendo la siguiente expresión:

$$v_c = \frac{2\,000\,\mu}{\rho D} \qquad 1.26$$

FLUJO TURBULENTO

Cuando un fluido se mueve a rapidez baja, puede presentar un flujo laminar, de lo contrario la influencia de la viscosidad puede generar turbulencia.

Ejemplo 1. Por una tubería de $10.00\ \text{cm}$ de diámetro circula lecitina de soya con una baja viscosidad aproximada de $12.0\ \text{Pa}\cdot\text{s}$ y $1\,040\ \text{kg/m}^3$ de densidad. Si en un tramo de la tubería la lecitina se mueve a la rapidez del sonido en el aire, ¿qué tipo de flujo posee en ese instante? ¿Hasta qué rapidez podemos considerarlo como un flujo laminar?

De acuerdo con lo que investigué, el número de Reynolds es adimensional, si tiene un valor inferior a 2 000 se considera un flujo laminar y si es superior a 3 000 es turbulento. Entre 2 000 y 3 000 se considera inestable porque puede pasar de un flujo a otro.

Solución:

Iniciemos identificando las magnitudes involucradas y separándolas. Además, si es necesario realizar una conversión de unidades la realizaremos mientras separamos los datos. Por otra parte, la rapidez del sonido en el aire es aproximadamente de $340\ \text{m/s}$.

Datos:

$D = 10.00\ \text{cm} = 0.10\ \text{m}$ $\qquad$ $\rho = 1\,040\ \text{kg/m}^3$

$\mu = 12.0\ \text{Pa}\cdot\text{s}$ $\qquad$ $v_m = 340\ \text{m/s}$

Calculemos el número de Reynolds con los datos proporcionados.

$$N_R = \frac{\rho v_m D}{\mu}$$

$$N_R = \frac{(1\,040\ \text{kg/m}^3)(340\ \text{m/s})(0.10\ \text{m})}{12.0\ Pa\cdot\text{s}} \approx 2\,947$$

El número de Reynolds es mayor a $2\,000$, por lo tanto, sería un flujo turbulento. La rapidez que debería tener para considerarlo laminar sería:

$$v_c = \frac{2\,000\,\mu}{\rho D}$$

$$v_c = \frac{2\,000\ (12.0\ \text{Pa}\cdot\text{s})}{(1\,040\ \text{kg/m}^3)(0.10\ \text{m})} \approx 231\ \text{m/s}$$

Realizando algunos cálculos podemos identificar si un flujo es turbulento o laminar. También, analizando los resultados experimentales obtuvimos la viscosidad de un líquido.

Resumen

Durante la unidad estudiamos parte de la mecánica de fluidos; primero, en reposo (**hidrostática**) y luego, en movimiento (**hidrodinámica**), considerando fluidos homogéneos, partiendo del sentido común y de cómo tienden a fluir cuando interactúas con ellos, por ejemplo, cuando tomas agua.

Tanto los gases como los líquidos son clasificados como fluidos y tienen varias aplicaciones como en las máquinas hidráulicas, ventiladores, molinos de viento, aspersores y muchos más.

Para el estudio de los fluidos, fue necesario que usáramos propiedades específicas de la materia, como la **densidad** $(\boldsymbol{\rho})$, que relaciona la masa (m) y el volumen (V) de un cuerpo.

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

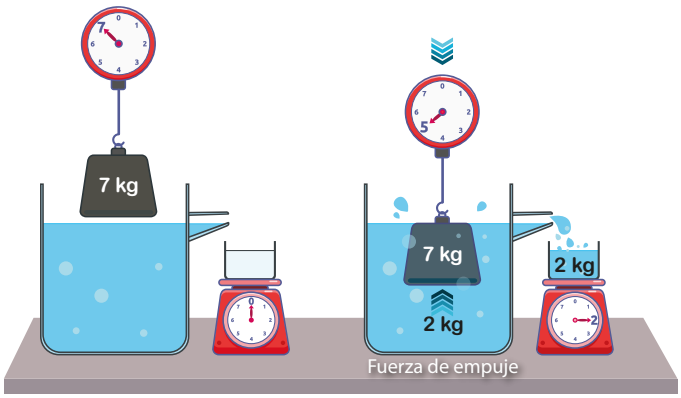
La densidad de fluidos homogéneos y en condiciones estables es constante para cada sustancia, entre ellas puedes encontrar:

Sustancia	Densidad (kg/m^3)
Agua	1 000
Acetona	790
Aceite de oliva	920
Aire	1 184
Alcohol etílico	780
Glicerina	1 261
Sangre	1 500

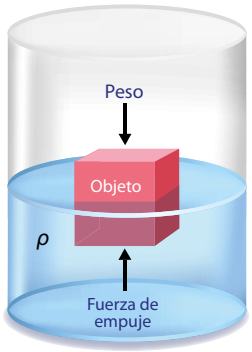
Por otra parte, también es necesario el uso de otra magnitud como la **presión** $(\boldsymbol{P})$, que relaciona la fuerza perpendicular (F) ejercida sobre una superficie (A).

$$P = \frac{F}{A}$$

Los principios de Arquímedes y Pascal son fundamentados en la hidrostática, el primero tiene relación con la condición de equilibrio (entre el peso del objeto y la fuerza de empuje debida al fluido) de objetos sólidos sumergidos total o parcialmente sobre un fluido; cuando esto sucede, el objeto desaloja una cantidad de fluido similar al volumen desplazado, como puedes observar en la siguiente figura:



El objeto tiene una masa de $7\ kg$, pero cuando es sumergido en un fluido, desplaza un volumen similar a la cantidad de fluido desalojado, puedes notar que ahora el objeto adentro del fluido tiene una masa de $5\ kg$, pero ha desalojado $2\ kg$ de líquido. Recuerda que la expresión para la fuerza de empuje se puede encontrar a partir del siguiente análisis:



En la situación anterior tienes el peso (F_g) del objeto y la fuerza de empuje (F_e) que ejerce el fluido sobre él, la condición de equilibrio sería la siguiente:

$$F_e = F_g$$

Para el caso del peso, sabemos que relaciona la masa del objeto con la aceleración gravitatoria de la siguiente manera:

$$F_g = mg$$

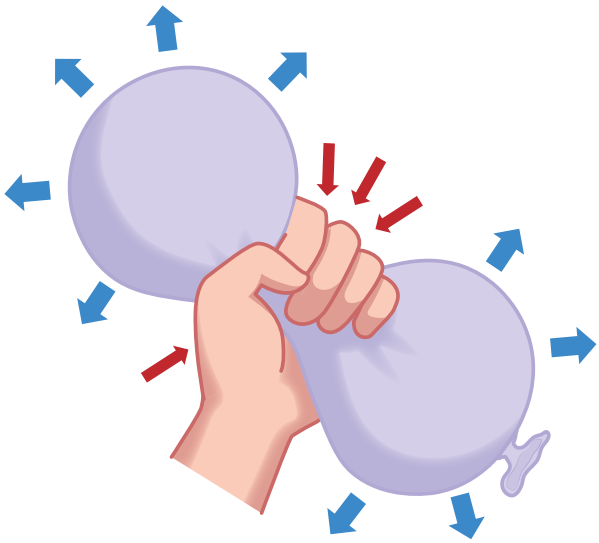
Puedes asumir que la fuerza de empuje sería igual:

$$F_e = mg$$

Con la diferencia de que la masa estaría relacionada con la cantidad de fluido desplazado, como lo notaste en la figura anterior, de esa manera puedes colocar la masa en función de la densidad del fluido (ρ) y el volumen desalojado (V), para que obtengas la siguiente expresión para la fuerza de empuje:

$$F_e = \rho V g$$

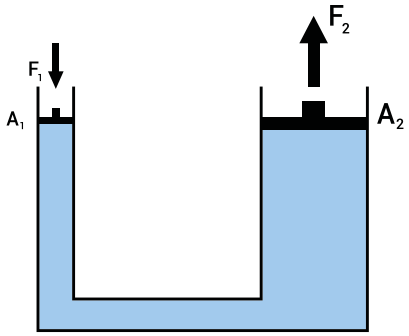
El principio o ley de Pascal establece que, si tienes un recipiente cerrado, totalmente lleno de un fluido, y si ejerces una presión sobre él, esta se transmite de forma similar a todas las partes del fluido y paredes del recipiente, por ejemplo, cuando ejerces presión sobre un globo inflado.



Una de las grandes aplicaciones que se basa en el principio de Pascal es la prensa hidráulica; por lo general, posee dos pistones con superficies diferentes sobre un fluido, una de las ventajas es que, si se aplica una fuerza sobre el pistón de menor superficie, esta se multiplica a razón de las áreas de las superficies.

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

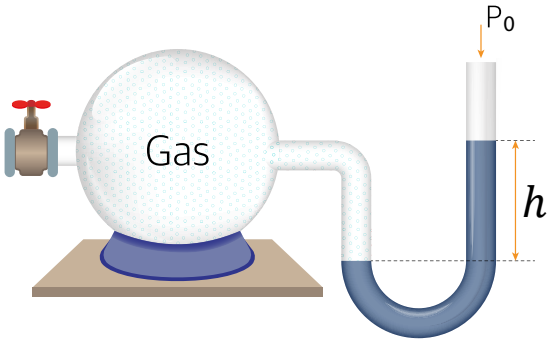
La presión que ejerce un líquido se conoce como presión hidrostática (P_H) y cambia dependiendo de la profundidad (h).

$$P_H = \rho g h$$

Cuando el recipiente del líquido se encuentra expuesto al medio, se considera la presión atmosférica (P_0) para el cálculo de la presión a cierta profundidad, dando como resultado la presión absoluta (P).

$$P = P_0 + \rho g h$$

Cuando resuelvas problemas o ejercicios donde se involucre la presión hidrostática, más que todo en los manómetros de tubo abierto, siempre considera que en el mismo nivel o profundidad la presión es similar, independientemente del fluido o fluidos involucrados; como ejemplo, observa la siguiente figura:

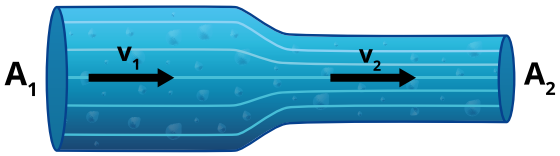


Si notas, al lado izquierdo hay gas y en el otro un fluido, basta con conocer la presión a un mismo nivel de la interfaz gas-líquido para saber la presión que el gas ejerce, cuyo cálculo se podría realizar utilizando la fórmula para la presión absoluta.

Con respecto a la **hidrodinámica**, iniciamos considerando la ecuación de continuidad como la aplicación del principio de conservación de masa.

Ecuación de continuidad

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



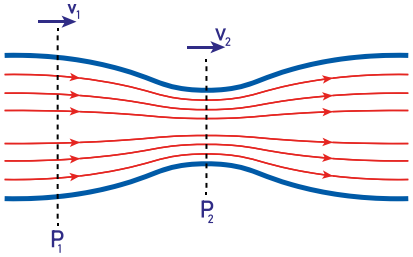
Además, partiendo de la ecuación de continuidad logramos obtener la rapidez con que el volumen del fluido se mueve en cualquiera de las dos secciones transversales, esto se conoce como **caudal** (Q) y es expresado de la siguiente forma:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

También, cuando planteaste el teorema del trabajo y la energía para una porción de fluido que se mueve en un tubo; lograste obtener la ecuación de Bernoulli que tiene relación con el principio de conservación de la energía en la mecánica de fluidos.

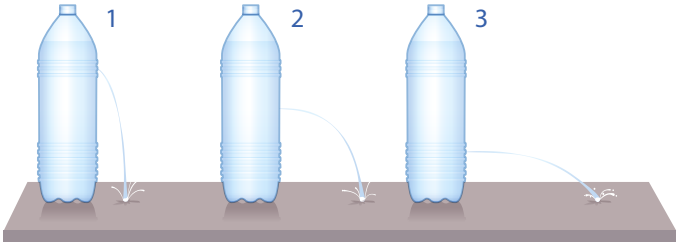
Ecuación de Bernoulli

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$



Por otra parte, la rapidez de salida para un fluido que sale por un orificio ubicado a una profundidad h del recipiente que lo contiene es conocido como teorema de Torricelli.

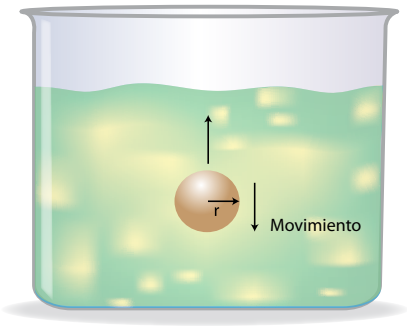
$$v = \sqrt{2gh}$$



Al inicio del estudio de la hidrodinámica, indirectamente despreciamos el efecto de fuerzas no conservativas en el fluido, pero estas dan lugar a disipación de energía mecánica que es transformada en energía térmica, que puede ser percibido debido a los cambios de temperatura en el entorno; también, las fuerzas de rozamiento transfieren energía.

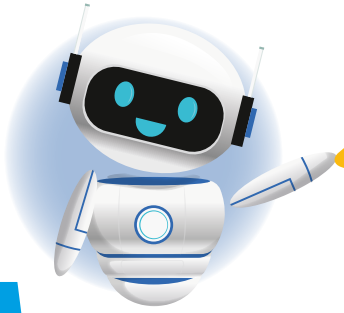
Para acercarte al comportamiento de fluidos reales en movimiento, debes considerar la contribución de las fuerzas y energía involucradas que se deriva de la resistencia del fluido al moverse **viscosidad** como también identificar por medio del número de Reynolds el tipo de flujo que posee.

La Ley de Stokes establece que la fuerza de resistencia que un fluido ejerce sobre un objeto sólido de forma esférica de radio r es:



$$F = 6\pi\mu r v$$

F = Fuerza de resistencia
μ = Viscosidad
r = Radio de la esfera
v = Rapidez de la esfera



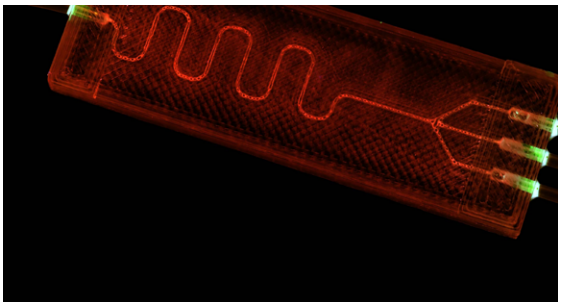
Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado. Te será de mucha utilidad.

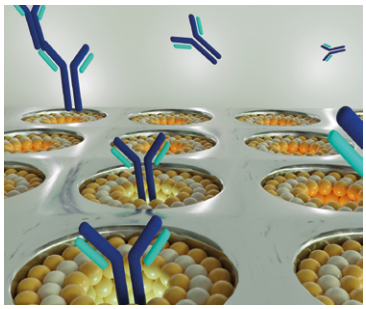
- **Hidrostática**
- **Hidrodinámica**
- **Densidad**
- **Presión**
- **Caudal**
- **Viscosidad**

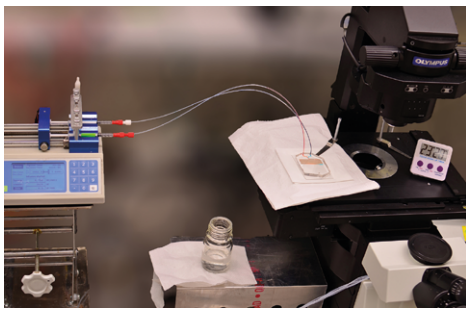
Flujos en nano y microescala

Avances recientes en ciencia y tecnología tienen como objetivo fabricar dispositivos más pequeños. Por ejemplo, la industria electrónica posee ganancias en productividad, eficiencia, escala e incluso en nuevos productos que cambian la cultura, que resultan del diseño y control de dispositivos pequeños. Avances y aplicaciones similares se desarrollan en la hidrodinámica que ocurre a un ritmo acelerado. La tecnología resultante se denomina **microfluídica** si los tamaños típicos de los canales que transportan fluidos son inferiores a $1\ mm$ y **nanofluídica** cuando los tamaños típicos involucrados son inferiores a $1\ \mu m$.

La capacidad de controlar fluidos en canales de dimensiones tan pequeñas está generando avances en la investigación básica e innovaciones tecnológicas en biología, química, ingeniería y física. Por ejemplo, se están utilizando acelerómetros de tamaño micrométrico para desplegar sistemas de bolsas de aire en automóviles. Los nuevos bioensayos que consisten en redes de microfluidos están diseñados para la administración de fármacos. Los avances son más significativos en la investigación centrada en nuevos materiales, nuevos métodos de fabricación, enfriamiento de dispositivos electrónicos, flujos multifásicos en laboratorios en un chip y esfuerzos para comprender los procesos básicos en células biológicas individuales.







Conozcamos a...

César Armando Alvarado Batres

Originario de San Juan Nonualco, La Paz. Graduado de Licenciatura en Física en la Universidad de El Salvador, posteriormente realizó estudios de posgrado en Hidrogeología y Manejo del Recurso Hídrico en la Universidad de Costa Rica por medio de una beca de excelencia del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), obteniendo el reconocimiento de mejor promedio académico del posgrado.

Actualmente, se desempeña como docente e investigador del Departamento de Geofísica en la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, donde impulsa la investigación en aguas subterráneas por medio de su Grupo de Investigación de Hidrogeología, ayudando a varias comunidades en la gestión integral del recurso hídrico y formando profesionales en Física y Geofísica.

Ha realizado diversas publicaciones científicas en el área de la hidrogeología y de la educación superior en revistas nacionales e internacionales.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Física

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Licenciatura en Física hace énfasis en los principios científicos que conducen al conocimiento de la ciencia en general y de la física en particular, y sus aplicaciones a los diversos campos técnicos o científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos de la física misma.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Propiedades de los materiales
- Aprovechamiento de los recursos naturales
- Hidrogeología, hidrología e hidráulica
- Meteorología
- Equipos científicos o industriales
- Metrología
- Astrofísica
- Radiación

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Carrera: Ingeniería Mecánica

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Mecánica se ocupa del diseño, construcción y operación eficiente, segura y económica de dispositivos, máquinas e instalaciones mecánicas, para la solución de problemas prácticos. Interviene además en procesos industriales, de planificación y de investigación o supervisión de sistemas mecánicos.

La Ingeniería Mecánica ofrece las bases para desempeñarse en investigación aplicada, diseño y desarrollo, e instalación y mantenimiento de sistemas de distintos campos, como los siguientes:

- Industria de construcción
- Industria automotriz
- Industria textil
- Industria alimenticia
- Producción energética
- Tratamiento de aguas
- Biomedicina
- Manufacturas

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Unidad 2
Calor y temperatura

Eje integrador: energía

En esta unidad aprenderemos a:

- Interpretar el gráfico de temperatura versus tiempo de una sustancia para el análisis del calor específico.
- Calcular el calor latente y el calor específico a partir de un gráfico de calentamiento.
- Experimentar sobre procesos termodinámicos y resolver problemas a partir de gráficas.
- Explicar con nuestras palabras el concepto de equilibrio térmico.
- Elaborar un dispositivo transformador de calor en trabajo mecánico.
- Resolver problemas empleando la primera ley de la termodinámica.
- Explicar un proceso irreversible de extracción de calor por medio de trabajo mecánico.
- Resolver problemas acerca de la máxima eficiencia posible en una reversión parcial con máquinas térmicas.

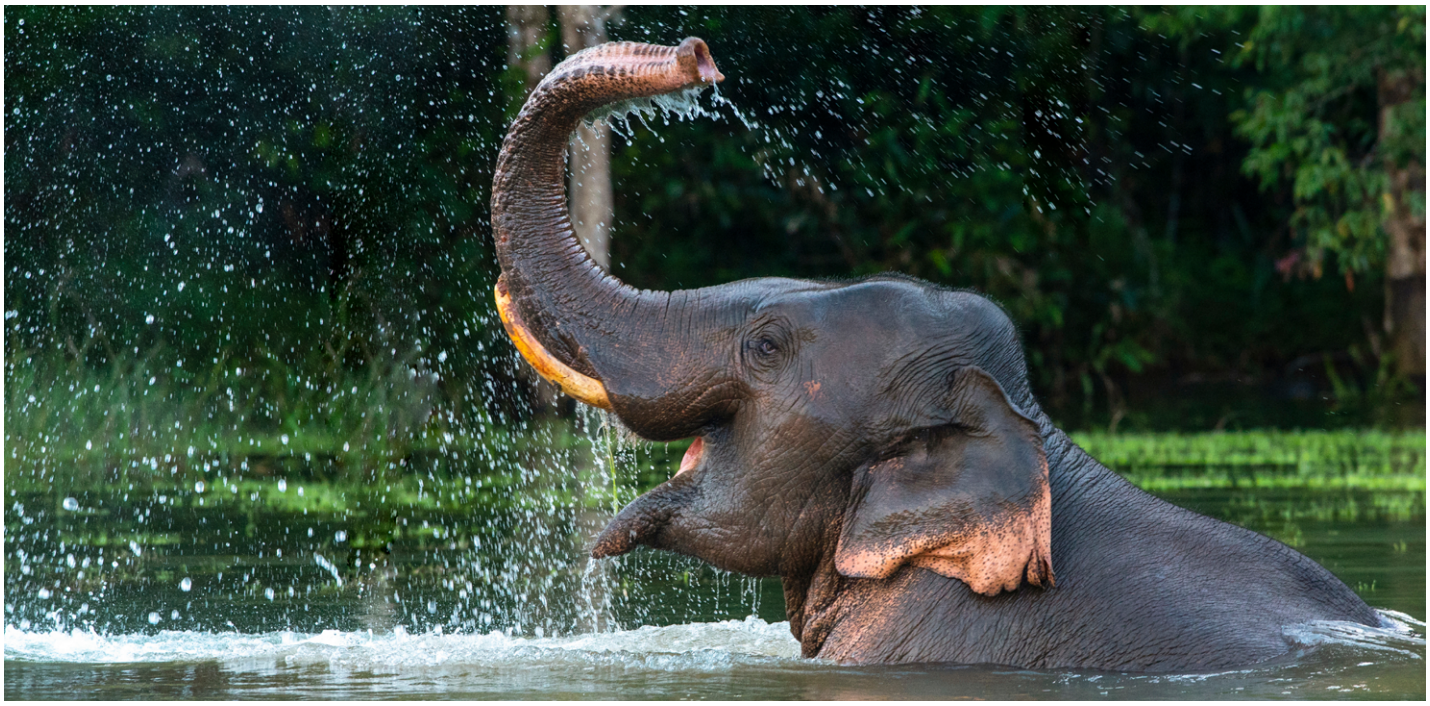
Dos pistones de motor y su combustión.

Duración: 4 semanas

Cambio de temperatura y de fase

Indagación

Cuando los elefantes encuentran una fuente de agua durante la migración, rocían con la trompa su espalda y cabeza para refrescarse. Del mismo modo, si te echas agua en el rostro, te refrescas en un día caluroso, pero ¿a qué se debe el efecto de enfriamiento en la piel? Para comprender este fenómeno, realiza la *actividad A*.



Ojo al dato...

Convención de signos establecida para la transferencia de calor, Q: el calor toma un valor positivo cuando la sustancia absorbe energía térmica ($+Q_{ganado}$), y toma un valor negativo cuando libera energía térmica ($-Q_{liberado}$).

A. Evaporación

A continuación, experimentaremos dos procesos de evaporación en nuestra piel empleando sustancias distintas para comprender el origen de la sensación que dejan.

Materiales:

- 5 mL de alcohol
- 5 mL de agua

Procedimiento:

1. Coloca 3 gotas de alcohol en tu mano. Espera hasta que se vaporicen.
2. Coloca 3 gotas de agua en tu mano. Sopla hasta que se vaporicen.
3. Analiza y responde en el Cuaderno de Trabajo.
   a. ¿Qué sensación percibes a medida que el alcohol se evapora?
   b. ¿Por qué las transferencias de calor (conducción, convección o radiación) se encuentran involucradas durante la evaporación de los líquidos y cómo es su influencia?

p. 22

El fenómeno que se experimenta es el de la evaporación. Este se realiza en la «interfase líquido-vapor» a temperatura ambiente, sin cambio de temperatura para el líquido. Hay más situaciones donde se produce, por ejemplo: el agua de un vaso, la ropa mojada secándose al aire libre, un perfume al aire libre, el sudor, etc. Sin embargo, existe otro tipo de vaporización conocida como ebullición, que se realiza en la «interfase sólido-líquido».

Creatividad

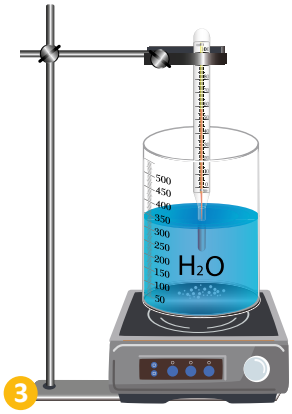
El agua contenida en la atmósfera y los océanos es un importante regulador del clima terrestre porque posee una gran capacidad calorífica que le permite transportar y almacenar grandes cantidades de calor. Tiene el valor más alto de calor latente de evaporación de todas las sustancias y el valor más alto de calor latente de fusión (a excepción del amoníaco, NH_3). Estos grandes valores son importantes para la transferencia de calor y agua en la atmósfera.

B. Fusión y ebullición del agua

En esta actividad se calentará agua en estado sólido y se pondrán las mediciones en una gráfica nombrada **curva de calentamiento** de «temperatura vs. tiempo», mientras el agua pasa por las fases de fusión y ebullición.

Materiales:

- Termómetro, rango de $0\ °C$ o menor a más de $100\ °C$
- Soportes de pinzas para sostener el termómetro y el recipiente
- Hielo
- Cronómetro
- Cocina eléctrica
- Recipiente metálico



Procedimiento:

1. Coloca trozos de hielo dentro del recipiente metálico.
2. Coloca el recipiente sobre el quemador de la cocina apagada.
3. Ajusta la altura del termómetro con el soporte de pinzas y deja el bulbo del termómetro sobre el hielo.
4. Enciende la cocina, deja la perilla en una posición fija e inicia el cronómetro. Registra en la tabla de tu Cuaderno de Trabajo.
   a. Anota la temperatura (T_a) y el tiempo inicial (t_a=0).
   b. Vuelve a tomar la temperatura (T_b) y el tiempo (t_b) cuando observes el primer cambio. Registra los datos en la tabla.
   c. Repite el paso anterior cuando observes que el agua comienza a ebullir.
   d. Finaliza la medición cuando el bulbo quede expuesto a la atmósfera.
5. Realiza y responde lo que se plantea en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 22

El agua del recipiente abierto experimentó una interacción térmica con el quemador a alta temperatura de la cocina por el simple hecho de estar a una temperatura menor que el quemador. Este tipo de interacción causó calor o transferencia de energía por calor del quemador al agua.

¡Es sorprendente que haya intervalos de tiempo con temperatura constante en el agua! La energía térmica transferida se utiliza para superar las fuerzas de atracción intermoleculares del agua en lugar de aumentar su temperatura. Este mismo comportamiento se ha observado también en otros líquidos. En general, la temperatura no subirá ni bajará en cualquier cambio de fase hasta que se haya terminado de transformar completamente la masa de una fase de la sustancia. El hielo no subirá de los $0\ °C$ hasta haberse agotado todo el hielo.

Leí que todas las sustancias tienen valores propios de temperatura de evaporación y fusión, y que la presión afecta esos valores.

CALOR ESPECÍFICO

Por el alto calor específico del refrigerante circulando se absorbe gran cantidad de energía térmica del contenido del refrigerador.

C. Calor específico y calor latente de una sustancia

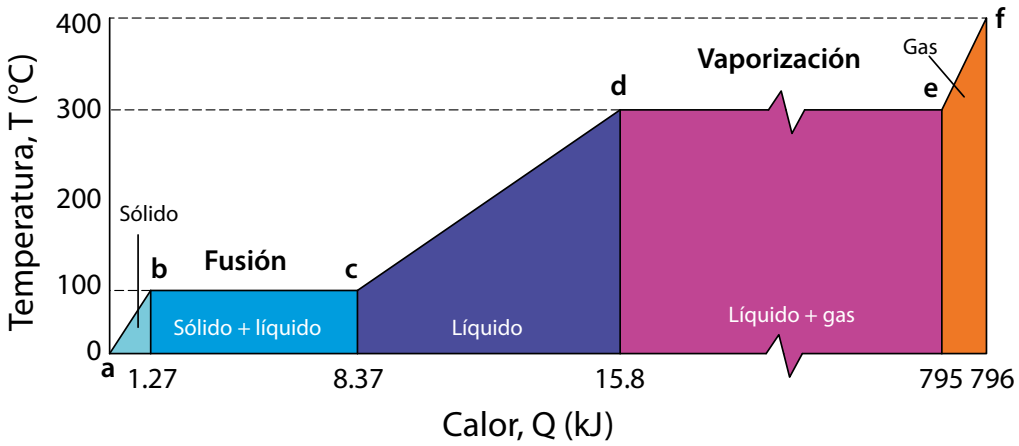
A partir de la información dada en el gráfico de calentamiento «temperatura vs. calor» vamos a obtener, tramo por tramo, las cantidades de energía térmica que absorben $15.0\ g$ de agua durante las diferentes fases y cambios de fase que van pasando hasta convertirse en un gas a $400\ °C$ de temperatura.

Procedimiento:

1. Observa con detenimiento los nombres, los valores y las unidades que toman los ejes horizontal y vertical del gráfico de calentamiento.
2. Responde lo que se vaya indicando, siguiendo el ejemplo del tramo a-b, utiliza subíndices para especificar cada tramo.

p. 23

Gráfico de calentamiento



3. Calcula, en los tramos a-b, c-d y e-f, las capacidades específicas de la sustancia, utilizando la ecuación y los cambios de temperatura obtenidos en *a*.

$$Q = mc\Delta T \qquad 2.1$$

4. Calcula, en los tramos b-c y d-e, los calores latentes de la sustancia por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = mL \qquad 2.2$$

5. Analiza y responde lo que se plantea en tu Cuaderno de Trabajo.

Como puedes observar, usamos dos constantes para la misma sustancia. En todos los tramos se añadió energía térmica. La cantidad de energía térmica que provoca un cambio de fase (sin cambio de temperatura) en la sustancia se llama **calor latente**. Estos cambios de fase ocurren en los tramos b-c ($100\ °C$) y d-e ($300\ °C$). Por otro lado, en los tramos a-b, c-d y e-f, donde la temperatura aumenta a medida que la energía térmica se añade, debemos usar la **capacidad específica**.

Notación...

Q es el calor que absorbe o cede la sustancia (sistema), en J. La masa de la sustancia es m, en kg.

$\Delta T = T_f - T_i$ expresa la diferencia de la temperatura de la sustancia, donde T_i es la temperatura inicial y T_f la temperatura final, esta puede expresarse en $°C$ o K.

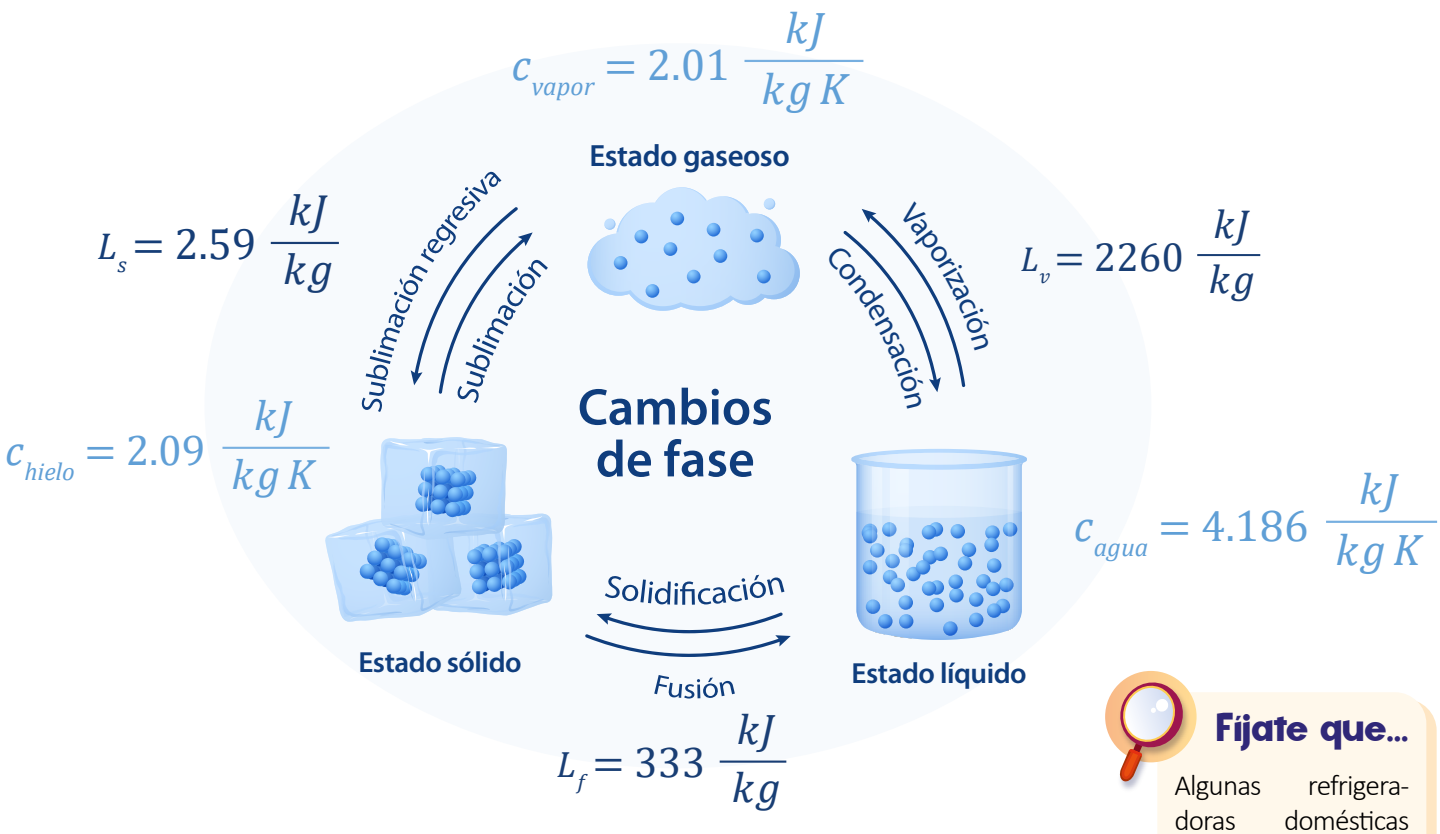
La unidad del calor específico es $\frac{J}{kg\,K}$ y su símbolo es c (minúscula). La unidad del calor latente es $\frac{J}{kg}$ y su símbolo es L (mayúscula) especificado de un subíndice (cambio de fase): L_f, calor latente de fusión o solidificación; L_v, calor latente de vaporización o condensación.

D. Calor específico y calor latente del agua

Vamos a calcular la cantidad de energía térmica total que se necesita suministrar a $20.0\ kg$ de hielo que se halla a $-15.0\ °C$, bajo una presión de $1\ atm$ $(101.3\ kPa)$ para convertirlo en vapor de agua a $110.0\ °C$. Utilizaremos la información dada en la figura. Luego, graficaremos la curva de calentamiento «temperatura vs. calor».

Procedimiento:

1. Observa a detalle la figura, que presenta las constantes del calor específico y el calor latente del agua.



2. Calcula lo que se lista a continuación dejando constancia de tus procedimientos en tu Cuaderno de Trabajo. p. 24
   a. La energía térmica Q_{hielo}, que debe absorber el hielo para subir la temperatura de $-15.0\ °C$ a $0\ °C$. Emplea la ecuación 2.1.
   b. La energía térmica $Q_{fusión}$ necesaria para fundir todo el hielo a $0\ °C$. Emplea la ecuación 2.2.
   c. La energía térmica Q_{agua} requerida para subir la temperatura de $0\ °C$ a $100\ °C$.
   d. La energía térmica $Q_{vaporización}$ necesaria para vaporizar el agua.
   e. La energía térmica para subir la temperatura de $100\ °C$ a $110\ °C$.
   f. Suma todas las cantidades de energía térmica.
3. Elabora el gráfico «temperatura vs. calor» a partir de los datos experimentales calculados en el *paso 2*.

Observa que los valores de los calores latentes de fusión y solidificación, de vaporización y condensación, y de sublimación regresiva y sublimación son los mismos. El calor latente nos indica la energía térmica requerida para cambiar de fase una sustancia; mientras la temperatura permanece constante.

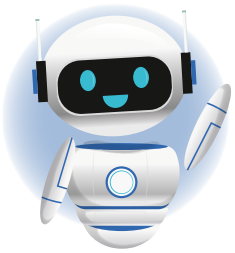
Fíjate que...

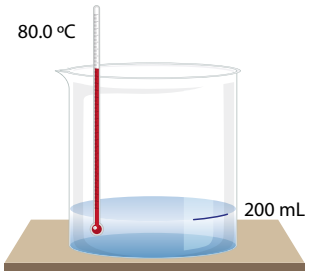
Algunas refrigeradoras domésticas operan con el gas refrigerante R-134a. Su calor específico desempeña un rol crucial en el proceso de mantener fríos los alimentos de su compartimiento interior.

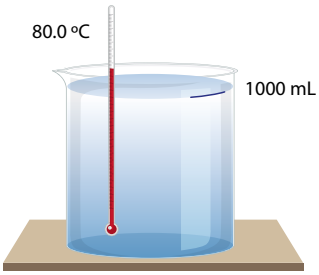
Comunicación

En las actividades anteriores, hemos visto los cambios de temperatura y de fase, ahora vamos a examinar los cambios que ocurren en dos volúmenes diferentes de agua ($200\ mL$ y $1\ 000\ mL$), a la misma temperatura ($80.0\ °C$), contenidos en recipientes destapados (presión atmosférica de $101.3\ kPa$), mientras el aire que los rodea se halla a $30.0\ °C$. Analicemos cuál de ellos almacena la mayor energía térmica.

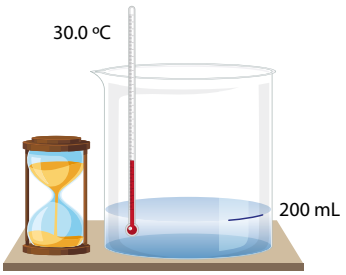
¿Notaste que mencionamos repetidas veces el concepto de energía térmica? Recordemos que su primera aparición fue en la *Semana 6* del Libro de Texto de 6.°, en esa ocasión, fue aplicado a dos volúmenes de la misma sustancia, los cuales se encontraban inicialmente en las mismas condiciones de presión y temperatura.

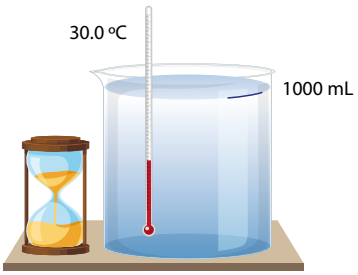






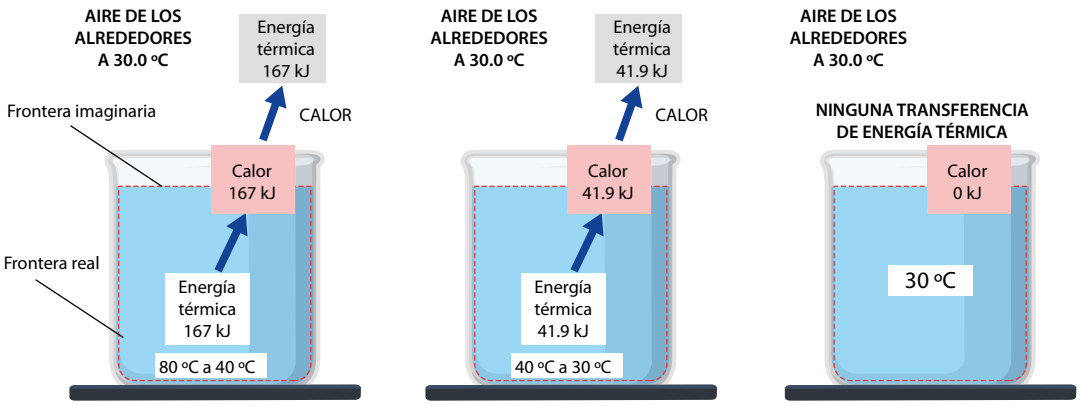
Si los dejamos enfriar hasta $40.0\ °C$, ¿cuál de ellos tardará más tiempo? La respuesta intuitiva y correcta es el de $1\ 000\ mL$. En una primera aproximación, la energía térmica almacenada de una sustancia depende de la temperatura y la masa (ecuación 2.1). Obviamente hay menos masa en $200\ mL$.





Otro concepto estudiado anteriormente fue el calor, lo vimos en la *semana 7* del Libro de Texto de 6.°. Existe una condición para que ocurra un flujo de energía térmica por calor, o calor entre dos regiones. ¡Averigüémosla!

Supón que esperas suficiente tiempo hasta enfriar $1\ 000\ mL$ de agua desde $80.0\ °C$ hasta $30.0\ °C$ (temperatura del aire de los alrededores). Por medio de la ecuación 2.1 hemos calculado el calor en dos intervalos de temperatura, de $80.0\ °C$ a $40.0\ °C$ y después de $40.0\ °C$ a $30.0\ °C$. En las primeras dos figuras de abajo presentamos los valores, respectivamente.



Observa que el calor liberado por el agua es mayor en la primera figura ($167\ kJ$). ¿A qué se debe? Ahí está la diferencia de temperatura mayor, ya que: $\Delta T = T_f - T_i = 40.0\ °C - 80.0\ °C = -40.0\ °C$ (o, $-40.0\ K$).

A medida que la temperatura del agua se aproxima a la del aire ($30.0\ °C$), el calor liberado es menor, tal como lo demuestran los $41.1\ kJ$ de energía térmica cedidos al entorno (segunda figura). Al llegar a los $30.0\ °C$, ambas temperaturas son iguales y cesa el viaje del calor ($0\ kJ$) porque $\Delta T = 30.0\ °C - 30.0\ °C = 0\ °C$ (tercera figura). Por otro lado, es incorrecto afirmar que el agua dejó de tener calor, porque las sustancias no tienen calor, pero sí es posible afirmar que el agua contiene energía térmica almacenada.

Como ves, el desequilibrio térmico entre el agua y el aire es la condición que permite la transferencia de calor. El **calor** es una de las dos formas de energía que se pueden transferir entre dos sistemas o entre un sistema y sus alrededores debido a una diferencia de temperatura. Es simplemente la energía térmica en tránsito cuando hay una diferencia de temperatura. El calor atraviesa la frontera de un sistema.

Si observas con atención la figura de la izquierda, que utilizamos en nuestra discusión sobre el calor, verás que se han ilustrado algunos nuevos términos que utilizaremos de acá en adelante. Le llamamos **sistema** a la cantidad de materia o a una región en el espacio elegida para el análisis. La masa o región fuera del sistema se conoce como **entorno**. La superficie, ya sea real o imaginaria que separa al sistema de su entorno se denomina **frontera** (ver figura inferior izquierda de la página anterior).

He leído que la energía interna tiene que ver con la energía almacenada en las moléculas que constituyen una sustancia. Por esta razón, la energía interna engloba varias categorías: energía térmica, energía química (almacenada en los enlaces químicos), energía nuclear, entre otras.

E. Discusión de la nueva terminología y aplicaciones

Analiza y discute con tus compañeros el siguiente numeral:

Procedimiento:

1. Identifica el sistema, la frontera y los alrededores de las actividades experimentales de la semana.

En la *actividad B* aprendiste que el proceso de ebullición del agua requiere absorber mayor energía térmica que el de fusión. Para saber estas cantidades debemos tener los calores latentes de la sustancia. La conclusión de esto es que no todos los cambios de fase requieren la misma cantidad de energía térmica. Este es el caso del refrigerante R-134a que posee un calor específico de vaporización de $216\ kJ/\ kg$ durante su circulación en las tuberías de algunas refrigeradoras domésticas.

Los valores numéricos de masa y temperatura que medimos en las *actividades B y C* expresan una parte de la condición en la que se encontraba el agua (sistema) en ese momento. Este subconjunto (todavía incompleto) de propiedades de valores conocidos expresa el **estado** del sistema.

Debido a que existen más relaciones entre propiedades que permiten calcular otras, especificaremos mejor el estado termodinámico de los sistemas analizados en las próximas semanas. Pero es necesario aclarar que, ni el calor ni el trabajo son propiedades y, por tanto, no definen el estado del sistema.

Procesos termodinámicos

Indagación

Agregar o extraer energía térmica a una sustancia no es la única forma que existe para cambiar la temperatura o fase. El aire en una pelota se expande si se calienta. Si la sustancia es lo suficientemente restringida, no se expandirá, sino que se crearán fuerzas y presiones en respuesta a la restricción. Por ejemplo, si sellas una olla a presión y la calientas, evitas que el aire del interior se expanda. En respuesta, la presión y la temperatura interior aumentan. Conozcamos estas leyes básicas.

Fíjate que...

La olla a presión posee una tapa hermética que impide al vapor escapar, haciendo que la presión de aire en su interior suba. Esto a su vez eleva la temperatura de ebullición del agua, creando un ambiente de vapor muy caliente ($>100\ °C$). Como resultado, se reduce el tiempo de cocción.

6

A. Ley de Gay-Lussac

En esta actividad agregarás energía térmica a una masa de aire y observarás cómo se comporta. Encuentra la restricción y descubre la respuesta que nos da el gas. ¡Manos a la ciencia!

Materiales:

- Cocina eléctrica
- Guantes de cocina
- Recipiente metálico
- Termómetro, rango de 0 a $100\ °C$
- $300\ mL$ de agua
- Pajilla de plástico
- Vaso alto de vidrio o plástico transparente

Procedimiento:

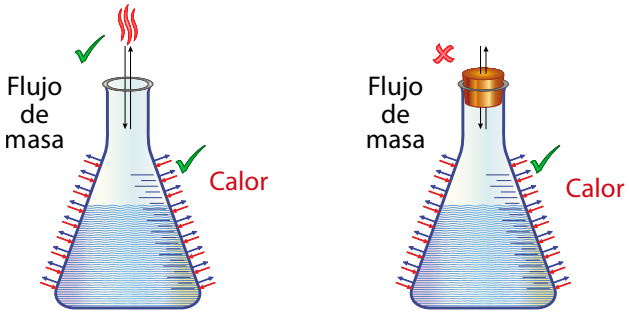
1. Vierte agua en el recipiente y colócalo sobre el quemador de la cocina.
2. Enciende la cocina y calienta el agua por unos minutos.
3. Usa los guantes para tomar el recipiente que contiene el agua caliente.
4. Llena el vaso con agua caliente.
5. Mide la temperatura del agua y registra el dato.
6. Presiona fuertemente con el dedo un extremo de la pajilla y sumerge el otro extremo en el vaso con agua caliente, casi hasta tocar el fondo.
7. Mantén la presión con el dedo y observa detalladamente el extremo sumergido.
8. Realiza y responde lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
   a. Describe lo que observaste en el extremo sumergido de la pajilla.
   b. ¿A qué crees que se debe el cambio en el extremo de la pajilla?
   c. ¿La masa de aire dentro de la pajilla tiene un valor variable o constante en el experimento?
   d. Esquematiza el *paso 5* y etiqueta el sistema, la frontera real y la frontera imaginaria.

p. 25

Este experimento está diseñado intencionadamente para observar un ligero cambio en una propiedad del aire. El cambio que nos interesa sugerir en el calentamiento es la presión del aire, mientras que el volumen del aire varía poco, como una respuesta del aumento de la energía cinética de las moléculas de aire.

Creatividad

En las *actividades A* y *B* de la *Semana 5* se produjo transferencia de calor entre el sistema y el entorno, lo cual se conoce como **proceso no adiabático**. Además, también se observó un flujo de masa de vapor de agua dentro y fuera del sistema, lo que se clasifica como un **sistema abierto**. Por el contrario, en las actividades de esta semana, se están analizando **sistemas cerrados**, caracterizados por tener una masa de control fija.



Sistema abierto **Sistema cerrado**

PROCESO ISOBÁRICO

Cuando el gas dentro de un globo aerostático se calienta, permite que este ascienda, y al enfriarse descienda, esto a una presión atmosférica constante.

B. Ley de Charles

Para comprobar la ley de Charles, realizaremos un experimento en el que compararemos cómo evoluciona el «mismo» estado ante dos procesos diferentes. Para ello, necesitaremos dos vejigas infladas con el mismo estado inicial de temperatura y volumen.

Materiales:

- 2 envases de plástico o vidrio, anchos, hondos y con tapadera
- 2 vejigas
- Agua caliente y fría (con hielo)
- Guantes de cocina

Procedimiento:

1. Infla ambas vejigas del tamaño de tu puño. Procura que ambas tengan el mismo diámetro (así conseguirás obtener un volumen similar de gas en cada vejiga) y anúdalas. Considéralas como una sola vejiga.
2. Coloca las vejigas dentro de cada envase.
3. Intenta llenar los envases, uno de agua caliente y el otro de agua fría, de modo que las vejigas queden sumergidas totalmente. Tapa los envases.
4. Espera de 5 a 10 minutos.
5. Observa los tamaños de las vejigas dentro de los envases con agua.
6. Saca ambas vejigas y ponlas una al lado de la otra.
7. Registra lo siguiente en tu Cuaderno de Trabajo:
   a. En términos de volumen, ¿qué observaste en las dos vejigas?
   b. Indica si la temperatura del aire interior guarda alguna relación de proporcionalidad directa o inversa con el volumen interior de las vejigas.
   c. Especifica si la masa del aire dentro de cada vejiga es un valor variable o un valor constante en el experimento.
   d. Esquematiza el *paso 3* y etiqueta el sistema y su frontera real.

p. 25

3

Agua caliente

3

Agua fría (con hielo)

La ley de Charles se cumple si la presión es constante, mientras que la ley de Gay-Lussac se cumple si el volumen no varía durante el proceso. Cada ley describe cómo la temperatura afecta a una propiedad diferente del gas.

Notación...

Los subíndices 1 y 2 son otra forma de especificar los estados inicial y final de una propiedad termodinámica del sistema.

C. Ley de Boyle

En esta actividad observarás cómo se comporta el volumen y la presión ante la compresión de aire encerrado dentro de una vejiga. Tu docente formará grupos para la actividad. Uno de los integrantes se encargará exclusivamente de la manipulación de la jeringa.

Materiales:

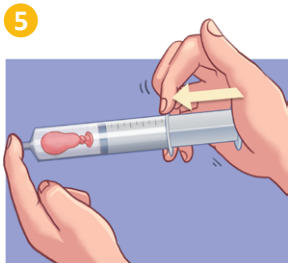
- Jeringa de $60\ mL$, sin aguja
- Termómetro analógico
- Vejiga pequeña
- Agua caliente y fría
- Recipientes para el agua
- Guante y pinza de cocina

Procedimiento:

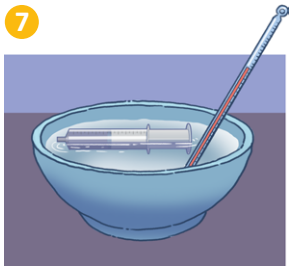
1. Infla la vejiga de manera que pueda entrar a la jeringa y anúdala.
2. Calcula el volumen inicial del aire contenido en la vejiga. Utiliza la fórmula que se presenta en tu Cuaderno de Trabajo. p. 25
3. Introduce la vejiga en la jeringa con ayuda de un lápiz.
4. Registra la temperatura ambiente. Considera igual la temperatura del aire dentro de la vejiga.
5. Tapa la punta de la jeringa con un dedo y presiona el émbolo para reducir el volumen de la vejiga en $3\ mL$. A partir de este momento, no sueltes el émbolo ni retires el dedo de la jeringa.
6. Completa la columna V_i, sección «Temperatura ambiente» de la tabla de presiones y volúmenes: p. 26
   a. Lee la escala de la jeringa y registra su valor en la fila «a» en metros cúbicos.
   b. Presiona el émbolo para reducir el volumen de la vejiga progresivamente a intervalos de $3\ mL$.
   c. Registra tantos valores de volumen como el número de las compresiones que hiciste (filas «b» a «e»).
7. Suelta la jeringa para sumergirla en el agua caliente hasta que observes un cambio en el volumen de la vejiga. Utiliza el guante y la pinza.
8. Registra la temperatura del agua. Se considerará igual la temperatura del aire dentro de la vejiga.
9. Repite el *paso 6* y completa la sección «Agua caliente» de la tabla.
10. Suelta la jeringa para sumergirla en el agua fría hasta que observes un cambio en el volumen de la vejiga. Utiliza el guante y la pinza.
11. Registra la temperatura del agua. Se considerará igual la temperatura del aire dentro de la vejiga.
12. Repite nuevamente el *paso 6* y completa la sección «Agua fría» de la tabla.
13. Calcula las presiones (P_i, P_f) y el volumen final (V_f) para cada una de las compresiones que efectuaste.
14. Completa la tabla de presiones y volúmenes con los cálculos efectuados.
15. Grafica los valores de las tres condiciones sobre los mismos ejes.

3

5



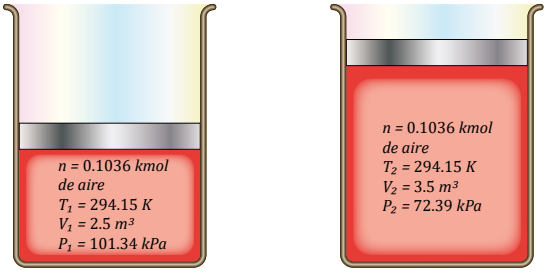
7



Cálculo de la presión, el volumen y la temperatura de un sistema empleando el modelo del gas ideal

Desarrollaremos la idea intuitiva del **estado termodinámico** de un sistema. Si un sistema muestra valores diferentes de una propiedad en dos momentos distintos, se halla en otro estado y ha ocurrido un proceso.

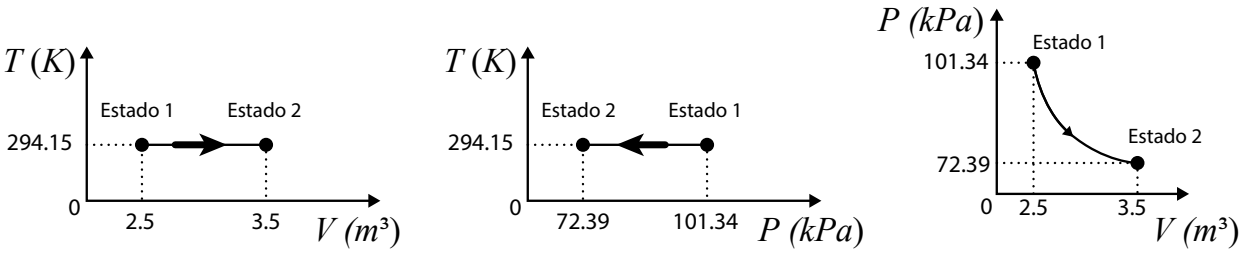
Consideremos $3.0\ kg$ de aire en el cilindro de la derecha. Es un sistema cerrado. Hagamos aumentar su volumen de $2.5\ m^3$ a $3.5\ m^3$ y analicemos su evolución.



Estado 1 Estado 2

Durante el proceso de expansión, el número de moles y la temperatura del aire se mantuvieron constantes, como puedes ver en los valores del Estado 1 (inicial) y Estado 2 (final). Las líneas punteadas indican la frontera del sistema.

Es muy útil representar los procesos de estado en diagramas, ya que dan una idea de cómo se comportan en conjunto las propiedades. Particularmente, aprenderemos a identificar tres procesos de cambio de estado analizando diagramas: T vs. V, T vs. P y P vs. V. Los siguientes diagramas representan la expansión del aire en el cilindro, presta atención al sentido de la flecha de las trayectorias.



En lo anterior, podemos observar trayectorias en línea recta vertical y una trayectoria curva. Los tres diagramas están estrechamente interconectados. El aire, al pasar del Estado 1 al 2, simultáneamente aumenta de volumen (diagrama T vs. V) y reduce su presión (diagrama T vs. P); por su parte, la temperatura no varía.

Acabamos de hacer un análisis acerca de cómo el volumen del gas cambia con la presión. Si ya lo notaste, este análisis describe la proporcionalidad inversa entre V y P del gas (esto es $V \propto 1/P$), que es la que se refleja en la trayectoria del diagrama P vs. V aunque ahí no aparezca «temperatura constante» como tal.

Respecto a la causa de la expansión del aire en el cilindro, no podemos determinar si tiene un origen mecánico (trabajo) o térmico (calor) a partir de la información proporcionada. Necesitamos las leyes de la termodinámica y más información para determinarlo. Abordaremos este tema en las próximas dos semanas. Ahora veamos cómo calcularemos las tres propiedades; para ello, aplicaremos el modelo del gas ideal. Cabe mencionar, que todo gas que cumpla con la **ecuación de estado del gas ideal** es considerado como tal.

$$PV = nRT \qquad 2.3$$

Donde R es la constante universal de los gases que tiene el mismo valor para todos los gases ($R = 8.314\ J/mol\ K$); n, el número de moles de gas; T, la temperatura absoluta (K); y P, es la presión absoluta P_{abs} en Pa. Ten en cuenta que $P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$, donde P_{man} es la presión leída con un manómetro.

La proporcionalidad inversa discutida antes entre V y P también puede escribirse como PV= **constante de proporcionalidad**. Si trasladamos al miembro derecho los términos de la ecuación 2.3 cuyas propiedades son constantes en el proceso del aire en expansión y trasladamos al miembro izquierdo las propiedades que varían en el proceso, obtendríamos la misma ecuación 2.3. Lo interesante de esto es que para cualquier par de valores de un punto (P,V) de la trayectoria que una el Estado 1 y 2 de un diagrama P vs. V que introduzcas, el producto PV no variará, porque es la constante de proporcionalidad. Probémoslo: estado 1, $P_1 V_1 = (101.34\ kPa) \cdot (2.5\ m^3)$ = $253.35\ kJ$ y el estado 2, $P_2 V_2 = (72.39\ kPa) \cdot (3.5\ m^3) = 253.36\ kJ$.

Este análisis es suficiente para deducir que si la constante de proporcionalidad del estado 1 es $P_1 V_1$, la del estado 2 es $P_2 V_2$, entonces: $P_1 V_1 = P_2 V_2$. Esta ecuación es la **ley de Boyle**, que describe el comportamiento de los gases ideales a temperatura constante de un sistema cerrado (el número de moles de gas permanece fijo).

Ejemplo. Manteniendo constante la temperatura, el volumen de un gas en un cilindro con pistón móvil aumenta de $2.5\ m^3$ a $3.5\ m^3$. La presión absoluta inicial del aire en el cilindro es $101.34\ kPa$. ¿Cuál es la presión absoluta final del aire dentro del cilindro después de que el volumen de aire se incrementa?

Solución. A partir de los diagramas T vs. V, T vs. P y P vs. V, analizamos el tipo de proceso. Si te fijas, el enunciado trata del mismo sistema que ya analizamos antes con los diagramas. El aire (sistema) del cilindro se sometió a un proceso de expansión volumétrica a temperatura constante. La ley que gobierna el comportamiento del sistema. Es $P_1 V_1 = P_2 V_2$ (proceso $T = constante$).

Luego, calculamos la propiedad empleando la ley de Boyle. Primero, definimos dos estados del sistema. Las propiedades del Estado 1 son $P_1 = 101.34\ kPa$ y $V_1 = 2.5\ m^3$; mientras que las del Estado 2 son $V_2 = 3.5\ m^3$. $P_2 = ?$ es la presión absoluta final, la propiedad por calcular. Después sustituimos los valores en la ley: $101.34\ kPa \times 2.5\ m^3 = P_2 \times 3.5\ m^3$. Despejamos P_2 y realizamos la operación aritmética: $P_2 = (101.34\ kPa \times 2.5\ m^3)/3.5\ m^3 = 72.38\ kPa$.

Por último, escribimos la información que nos llevó al resultado. En conclusión, la presión absoluta final del aire en el cilindro después del incremento del volumen de $2.5\ m^3$ a $3.5\ m^3$ a temperatura constante fue de $72.38\ kPa$. Si la restricción del proceso del sistema cerrado (masa fija de gas) dejara de ser la temperatura y fuera:

- el volumen constante, la presión absoluta del gas sería directamente proporcional a su temperatura absoluta. **Ley de Gay-Lussac:** $P_1/T_1 = P_2/T_2$.
- la presión constante, el volumen del gas sería directamente proporcional a la temperatura absoluta. **Ley de Charles:** $V_1/T_1 = V_2/T_2$.

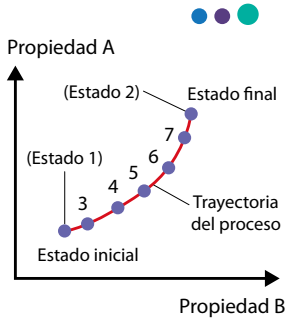
D. Análisis de procesos termodinámicos

Sigue la solución del ejemplo anterior y aplícala a la información de los sistemas que se presentan a continuación:

1. La presión absoluta de una mezcla de gases ideales permanece constante a $1\ 800\ Pa$ y la temperatura aumentó de $250\ K$ a $750\ K$. Tomando en cuenta que el volumen original del gas era de $0.15\ m^3$, calcula el volumen final y haz la trayectoria del diagrama P vs. V.
2. Irene infla el neumático de su bicicleta con aire a $15.0\ °C$ $(288.15\ K)$ hasta que la lectura del manómetro señala $2.50\ atm$. Después de andar un rato en bicicleta, si la temperatura del neumático sube a $45.0\ °C$ $(318.15\ K)$ y supones que el volumen del neumático no varió, calcula la presión manométrica del neumático a esa temperatura y dibuja la trayectoria del diagrama T vs. V. Considera que la presión atmosférica es $1.00\ atm$. Recuerda pasar la presión manométrica a presión absoluta y usar la unidad kelvin en los cálculos.

p. 27

Comunicación



Hemos analizado procesos de cambio de un estado a otro, exclusivamente, el gas ideal. Estos procesos son representados en diagramas de propiedades y para su cálculo se toma en cuenta que la presión P ejercida por el sistema sobre el entorno es la absoluta y la temperatura T debe ser la absoluta.

La **trayectoria** del proceso ilustra la serie de estados por los que pasa el sistema. Para especificar el **estado**, necesitamos medir y/o calcular las propiedades de todo el sistema y, para describir completamente un **proceso** necesitamos especificar el estado inicial (1) y final (2), la trayectoria (3, 4, 5, 6…) y las interacciones del sistema con los alrededores.

En los gases ideales son insignificantes los efectos: tensión superficial, capilaridad y campos de fuerza externos (eléctricos, magnéticos y gravitacionales).

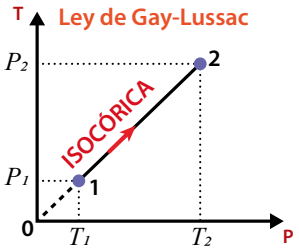
A partir de la ecuación 2.3 es posible obtener las trayectorias especiales de los procesos de cambio de estado del gas según qué se mantuvo constante durante el proceso entre el estado inicial y estado final.

Ojo al dato…

En los cálculos con las ecuaciones 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6, tienes que usar la temperatura en K y no en $°C$; y la presión absoluta y no la presión manométrica.

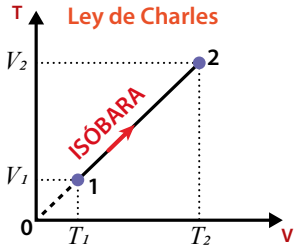
La **ley de Gay-Lussac**. A volumen constante, la presión absoluta de una determinada masa de gas varía directamente proporcional a su temperatura absoluta (kelvin). Esto significa que si $P\uparrow$, entonces $T\uparrow$; y si $P\downarrow$, entonces $T\downarrow$. La fórmula es:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$ (**Proceso isocórico** de un gas ideal) 2.4



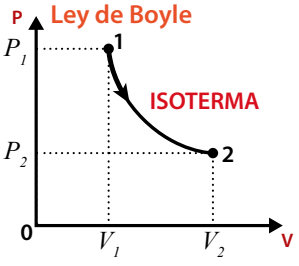
La **ley de Charles**. A presión constante, el volumen de una determinada masa de gas varía directamente proporcional a su temperatura absoluta (kelvin). Esto significa que si $T\uparrow$, entonces $V\uparrow$; y si $T\downarrow$, entonces $V\downarrow$. La fórmula es:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$ (**Proceso isobárico** de un gas ideal) 2.5



La **ley de Boyle**. A temperatura constante, el volumen de una determinada masa de gas varía inversamente proporcional a su presión. Esto significa que si P$\uparrow$, entonces $V\downarrow$; y si $P\downarrow$, entonces $V\uparrow$. La fórmula es:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$ (**Proceso isotérmico** de un gas ideal) 2.6



Los procesos anteriores todavía no conforman un ciclo. Un **ciclo termodinámico** es una secuencia de procesos que empieza y termina en el mismo estado. Al final de un ciclo todas las propiedades del sistema vuelven a tener los mismos valores que tuvieron al principio. En consecuencia, el sistema no experimenta cambio de estado alguno al finalizar cada ciclo. Por ejemplo, el ciclo de circulación que recorre el refrigerante 134a a través de un refrigerador constituye un ciclo termodinámico.

Leyes de la termodinámica. Parte 1

Indagación

Hemos comprendido cómo evoluciona un proceso si restringimos una propiedad del gas ideal. Pero ¿cuál es la conexión entre sus variaciones de presión, volumen y temperatura, y la tecnología de la refrigeración, por ejemplo? La respuesta está en las leyes de la termodinámica, sin las cuales no pudiéramos preservar los alimentos, degustar un helado o enfriar un edificio.

A. ¿Por qué no explota?

Las vejigas o globos fabricados de látex son aislantes térmicos, la pared dificulta la transferencia de calor a través de ellas; sin embargo, al estirarse o inflarse, la pared se vuelve demasiado delgada para evitar la transferencia de calor, así que, las moléculas del látex dejan de transferir calor hacia las moléculas del aire interior a la vejiga. En la siguiente experimentación indagaremos por qué una de ellas explota y la otra no, ante el contacto térmico de la misma fuente de calor.

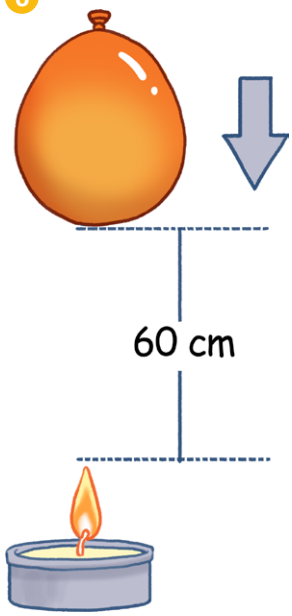
2

Materiales:

- Termómetro
- $300\ mL$ de agua
- 2 vejigas de látex
- Candela
- Fósforos
- Papel toalla
- Regla graduada
- Guante y pinza de cocina

Procedimiento:

6



1. Registra la temperatura del agua. Esta se considerará equivalente a la temperatura del látex de la vejiga. p. 28
2. Agrega cuidadosamente agua dentro de una vejiga hasta que alcance el tamaño de tu puño. Luego, ínflala con aire hasta triplicar el tamaño. Anúdala y seca su exterior con papel toalla.
3. Infla solo con aire la segunda vejiga hasta lograr el mismo tamaño que la primera. Anúdala.
4. Registra la temperatura ambiente. Esta se considerará equivalente a las temperaturas del aire interior y de la pared de látex de la segunda vejiga.
5. Enciende la candela.
6. Coloca la segunda vejiga, llena solo de aire, y con el brazo extendido, a unos $60\ cm$ por encima de la llama y bájala lentamente hacia ella.
7. Repite el *paso 6* con la vejiga llena de agua y aire. Asegúrate que la parte con agua se mantenga siempre por encima de la llama.
8. Responde lo que se te indica en el Cuaderno de Trabajo.

Esta actividad demuestra cómo funciona el concepto de equilibrio térmico, donde los objetos en contacto alcanzan una temperatura común y se establece una distribución uniforme de calor. Aquí se alcanza el equilibrio térmico cuando la temperatura del agua en la vejiga se iguala con la temperatura del aire y la pared del látex.

Realiza la *actividad B* para conocer el efecto que se genera sobre la frontera real de un tipo de sistema, en términos de variación de volumen cuando experimenta una transferencia de energía por calor hacia el entorno.

B. Botella plástica aplastada

En esta actividad descubrirás la influencia que puede tener el entorno sobre el sistema termodinámico formado por una botella y el agua caliente en su interior.

Materiales:

- Botella plástica vacía con tapadera
- Agua caliente
- Guantes de cocina

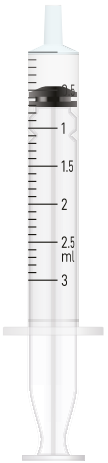
Procedimiento:

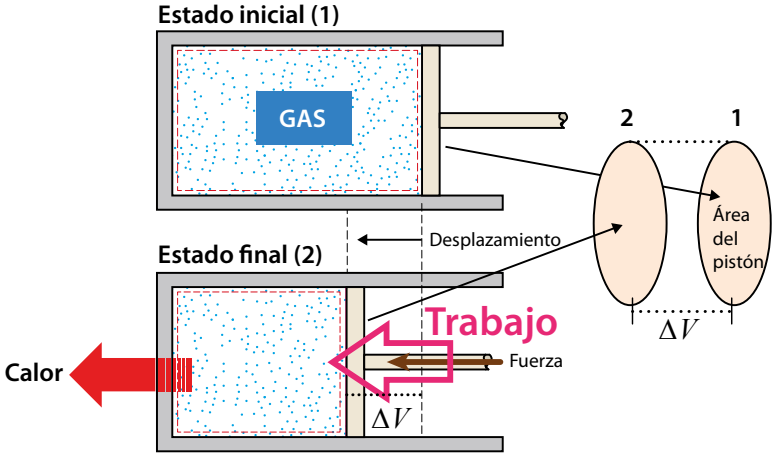
1. Vierte el agua caliente dentro de la botella plástica. Hazlo usando los guantes de cocina, para evitar quemarte.
2. Cierra bien la botella con su tapadera.
3. Registra y resuelve lo siguiente:
   a. Esquematiza el montaje. Para esto, dibuja la frontera del sistema y señala diferenciando el sistema y el entorno.
   b. Clasifica el sistema termodinámico formado como «sistema cerrado» o «sistema abierto» según corresponda.
   c. Si observaste una variación en el volumen del sistema, indica si fue positiva, negativa o nula.

p. 28

La variación de volumen que ocurrió en el experimento se debe a la disminución de la presión y de la temperatura del aire de la botella. Hay una conexión interesante con el concepto de trabajo. Pero la expresión de **trabajo** hecho por una fuerza sobre un objeto (fuerza x desplazamiento) no es práctica para adaptarla a una variación de volumen. Afortunadamente, podemos deducir una expresión diferente a partir de una jeringa, cilindro de tapa móvil o cilindro-pistón de motor de vehículo: W= fuerza x desplazamiento = (área del pistón x presión) x desplazamiento = presión x (área del pistón x desplazamiento) = presión x variación de volumen = $P \cdot \Delta V$. La presión de gas constante se logra extrayendo calor al gas.

$$W = P \cdot \Delta V \qquad 2.7$$





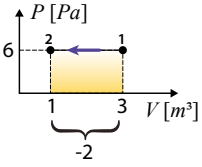
Notación...

ΔV es variación o cambio de volumen, en m^3; W es trabajo, en J y ΔU la variación o cambio de energía interna en J.

1

Ojo al dato...

El área bajo la curva del proceso en un diagrama P vs. V es trabajo realizado.

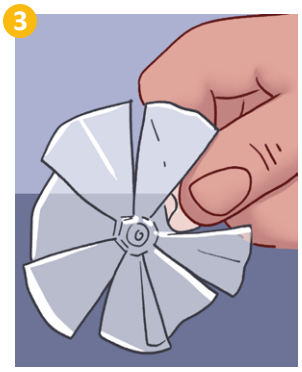


W= área del rectángulo
W= lado V x lado P
W= (1-3) m^3 (6) Pa
W= -2 m^3 × 6 Pa
W= -12 J

Creatividad

Las máquinas de vapor se construyeron con el propósito de producir trabajo (eléctrico, mecánico y de otros tipos) a partir de un aporte de energía por transferencia de calor hacia la misma máquina térmica. Aparatos como refrigeradores y congeladores funcionan mediante una **máquina térmica**; esta, a su vez, también se utiliza en la generación de energía eléctrica. Para poder comprender cómo funciona: ¡Realiza la siguiente actividad!

3



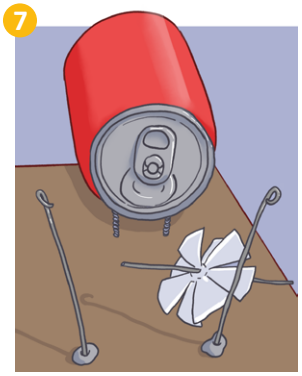
C. Máquina térmica

A gran escala, ¿qué magnitudes termodinámicas se hallan involucradas en una máquina térmica? Lo veremos la próxima semana. Por hoy, aprende con el experimento cómo es el proceso para convertir calor a trabajo.

Materiales:

- Destornillador
- Tenaza para cortar alambres
- $80\ mL$ de agua caliente
- Lata de refresco (sin abrir)
- $20\ cm$ de alambre calibre 16
- 4 tornillos para pared de $3\ in$
- Jeringa con aguja de $5\ mL$ o más
- Tabla de madera de $10\ x\ 15\ cm^2$
- Botella de plástico
- 3 velas
- Guantes de cocina
- Encendedor
- Tijeras
- Silicón líquido

7

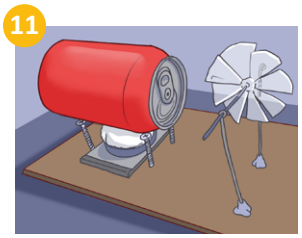


Procedimiento:

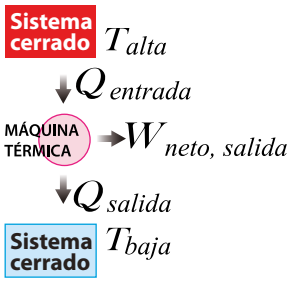
1. Haz un pequeño orificio en la parte superior y lejos de la tapa de la lata con uno de los tornillos.
2. Vacía el contenido de la lata por el orificio que acabas de hacer. No retires la tapa ni aplastes el cuerpo de la lata.
3. Corta un trozo de botella y elabora una veleta con orificio al centro.
4. Atornilla sobre la tabla los cuatro tornillos como soporte para colocar la lata en posición horizontal. Luego, coloca la lata con el orificio arriba.
5. Perfora dos hoyos en la madera por el lado donde va el orificio de la lata.
6. Toma un alambre y dóblale la punta en forma de «P». Repite el procedimiento para el otro alambre. Luego, insértalos en los hoyos y acorta sus alturas asegurando que las formas «P» tengan menor altura que el orificio de la lata.
7. Pasa un alambre recto en el centro (eje) de la veleta y fíjalo con silicón.
8. Instala la veleta pasando su eje por los soportes y asegura una rotación libre.
9. Coloca tres velas bajo el área de la lata.
10. Vierte $80\ mL$ de agua por el orificio de la lata. Utiliza la jeringa con aguja.
11. Enciende las velas y coloca la lata con el orificio frente a la veleta.
12. Espera hasta que el vapor de agua salga en forma de chorro hacia la veleta y logre hacerla girar.
13. Registra lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
    a. Esquematiza el montaje, dibuja las fronteras (real e imaginaria) del sistema. Nombra el sistema y el entorno.

p. 29

11



b. Clasifica el sistema como «cerrado» o «abierto», y su proceso como «adiabático» o «no adiabático».
c. ¿Cuál ecuación utilizarías para el aumento de la temperatura del agua y cuál para el caso de la ebullición del agua?
d. Sabemos que el sistema experimentó una transferencia de energía por calor porque atravesó la frontera del sistema en una interacción térmica con las velas (parte del entorno). Entonces, ¿cómo se considera esta transferencia de calor?



Una consecuencia de agregar energía térmica al agua fue el aumento de su energía interna. El cambio en la energía interna es igual a la cantidad neta de calor y trabajo transferidos al agua.

El vapor de agua realizó trabajo sobre la veleta (parte de su entorno) porque la hizo girar como resultado de añadirle energía mecánica, es decir: la energía cinética rotacional. Con este breve análisis, resulta sencillo concluir que el trabajo es otra forma de transferencia de energía entre dos sistemas o entre un sistema y su entorno. Si recuerdas, esta idea la dijimos también en la *Semana 5*; el trabajo, al igual que el calor, siempre atraviesa la frontera de un sistema.

D. Lata de aluminio aplastada

Esta actividad, similar a la *actividad B* te permitirá ver la conexión que hay entre presión, temperatura, energía interna del sistema y trabajo del entorno.

Materiales:

- Recipiente hondo con agua
- Lata de refresco vacía
- Agua
- Pinza para crisol o pinza de cocina
- 3 velas u hornilla
- Fósforos

Procedimiento:

1. Agrega $5\ mL$ de agua a la lata.
2. Enciende las velas y calienta el agua de la lata hasta la ebullición. Utiliza la pinza para sostener la lata.
3. Rápidamente coloca la lata boca abajo sobre el agua que está en el recipiente hondo y observa.
4. Registra lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
   a. Esquematiza el montaje, dibujando las fronteras (real e imaginaria) del sistema. Identifica y nombra al sistema y el entorno.
   b. Clasifica el sistema termodinámico como: «cerrado» o «abierto», y su proceso como «adiabático» o «no adiabático».
   c. Después de volcar la lata, ¿qué podemos afirmar acerca de la variación de la energía interna del sistema?
   d. Clasifica el trabajo de aplastamiento que experimentó la lata a partir de la transferencia de energía.

p. 29

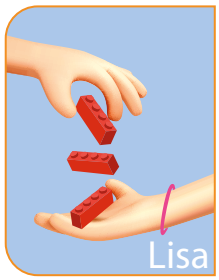
Así se calcula...

Trabajo y calor en procesos y ciclos termodinámicos

Realizarás cálculos con la primera ley de la termodinámica para **sistemas cerrados**. Un sistema cerrado es aquel cuya cantidad de masa es fija, por lo que también se denomina **masa de control**. Ejemplos: un dispositivo cilindro-pistón conteniendo un gas (o líquido), una botella de agua cerrada, un termo cerrado, un tubo de pasta de dientes cerrado, etc. Si se piensa es fácil concluir que no hay masas cruzando en ninguna parte de la frontera del termo cerrado; solo por retomar un ejemplo. En cambio, no son sistemas cerrados las bombas y las turbinas porque son dispositivos a través de los cuales fluye masa por sus fronteras. La siguiente expresión es la **primera ley de la termodinámica**.

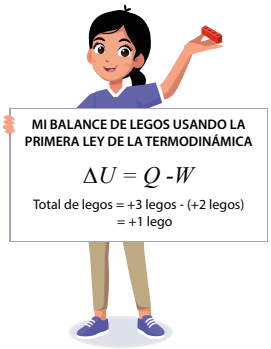
$$\Delta U = Q_{neto,\ entrada} - W_{neto,\ salida} \qquad 2.8$$

Lisa, con un simple intercambio de legos, nos aclara el significado de los signos de la dirección de los flujos de energía por calor y trabajo del sistema, e indica si el sistema al final gana o pierde energía. Las tres magnitudes termodinámicas (ΔU, Q y W) tienen unidades de energía, en J.

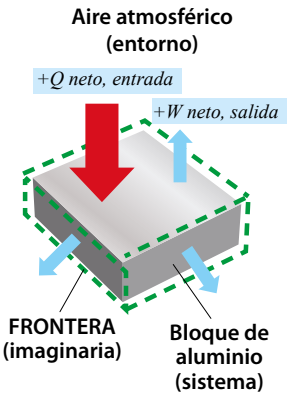


Recibo 3 legos, es decir, la cantidad positiva de +3 (calor, $+Q$).

Entrego 2 legos, es decir, la cantidad positiva de +2 (trabajo, $+W$).



¿Cuál es el cambio de la energía interna de un bloque de aluminio de $1.00\ kg$ que se calienta a la presión atmosférica de $101.3\ kPa$, si su temperatura aumenta de $22.0\ °C$ a $40.0\ °C$? Las propiedades del aluminio son: calor específico, c = $900\ J/(kg \cdot K)$; coeficiente de dilatación térmica lineal, $\alpha = 24.0 \times 10^{-6}/K$ (donde el coeficiente de dilatación volumétrica es $\gamma = 3\alpha$, *Semana 9 Libro de Texto 6*°); densidad, $\rho = 2.70 \times 10^3\ kg/m^3$. La variación de volumen: $\Delta V = V_i \times \gamma \times \Delta T$. El calentamiento produce una dilatación térmica o variación de volumen al bloque. Para calcular ΔU necesitamos analizar y realizar pasos previos para finalmente aplicar la primera ley de la termodinámica.



1. Calcula la variación de volumen del bloque. Primero, necesitas hallar el coeficiente de dilatación volumétrica: $\gamma = 3\alpha = 3 \cdot (24.0 \times 10^{-6}/\ K) = 72 \times 10^{-6}/\ K$

   Luego, la variación de temperatura:

   $$\Delta T = T_f - T_i = 40.0\ °C - 22.0\ °C = +18.0\ °C = +18.0\ K$$

   La variación positiva de temperatura indica aumento de temperatura. Y después, el volumen inicial del bloque por medio de la densidad:

   $$V_i = m/\rho = 1.00\ kg\ /\ (2.70 \times 10^3\ kg/m^3) = 0.370 \times 10^{-3}\ m^3$$

   Utiliza la ecuación $\Delta V = V_i \times \gamma \times \Delta T$ y sustituye los tres valores anteriores. Obtendrás que $\Delta V = +4.80 \times 10^{-7}\ m^3$. El signo positivo indica una expansión del bloque.

2. Determina el trabajo realizado. Utiliza la ecuación 2.7 para obtener el trabajo del bloque: $W = P \cdot \Delta V = (101.3 \times 10^3\ Pa)\ (+4.80 \times 10^{-7}\ m^3) = 486 \times 10^{-4}\ J = +0.0486\ J$

El signo positivo indica el trabajo hecho «por» el bloque (sistema) sobre la atmósfera (el entorno). El trabajo obtenido de $0.0486\ J$ es la transferencia de energía que el bloque entrega hacia la atmósfera causándole una **compresión**. El bloque se expande ($+4.80 \times 10^{-7}\ m^3$), causando que el entorno disminuya la misma variación de volumen, pero negativa ($-4.80 \times 10^{-7}\ m^3$).

3. Energía añadida. Con los datos de masa, cambio de temperatura y calor específico, usa la ecuación 2.1 para la energía neta añadida por calor: $Q = mc\Delta T$, sustituyendo:

$$Q = (1.00\ kg) \times [900\ J/(kg \cdot K)](+18.0\ K) = +16\ 200\ J = +16.2\ kJ$$

El signo positivo indica una transferencia de energía mediante calor desde la fuente de calor (el entorno) «hacia» el bloque (sistema) que puede interpretarse como $16.2\ kJ$ de transferencia de energía por el calor absorbido por el bloque.

4. El cambio de su energía interna. Con los datos conocidos de trabajo y calor, puedes emplear la ecuación 2.8 para calcular la energía interna:

$$\Delta U = Q - W = +16\ 200\ J - (+0.0486\ J) = +16\ 199.9514\ J$$
$$= +16.1999514 \times 10^3\ J = +16.2\ kJ$$

El signo positivo se interpreta que el bloque absorbe (o almacena) $16.2\ kJ$ de energía térmica al final del proceso isocórico debido al calentamiento al que se sometió.

E. Calcula con datos experimentales

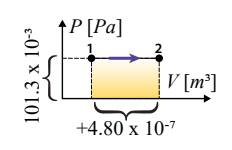
Resuelve los problemas que se te plantean y realiza los cálculos que se indican basándote en el ejercicio resuelto en el *así se calcula* y toma algunos datos experimentales de lo que registraste de una actividad pasada.

1. Considera el rango de temperaturas de T_b hasta T_c registradas en la *actividad B* de la *Semana 5*. Las propiedades del agua son: $c = 4.186\ kJ\ /\ (kg \cdot K)$; $\gamma = 210 \times 10^{-6}\ /\ K$; $\rho = 1000\ kg/m^3$. Calcula lo que se indica para una masa de $0.200\ kg$ de agua. p. 29
2. Un gas realiza $300\ J$ de trabajo sobre su entorno, mientras se agrega $800\ J$ de calor al gas. p. 30
3. El volumen de un gas ideal incrementa de $0.8\ m^3$ a $2.4\ m^3$, pero conservando la presión constante de $1\ 000\ Pa$.
4. El trabajo que realiza un gas que se expande del estado 1 al estado 2 se indica en el diagrama P vs. V que se muestra en el Cuaderno de Trabajo; realiza lo que allí se te indica. p. 31

La razón de poner una flecha de Q_{salida} en un proceso isobárico durante la compresión de gas ($-\Delta V$), es porque son negativas la variación volumétrica y de temperatura, de acuerdo con la ley de Charles. Haciendo balance de energía a partir de $\Delta U = Q - W$. La $-\Delta V$ hace $W<0$. La $-\Delta T$ hace $\Delta U<0$. Siempre Q será negativo. Puedes inventarte valores para W y ΔU que cumplan su propia desigualdad, por ejemplo, si $\Delta U = -8\ J$ y $W = -3\ J$ resultará $Q = -11\ J$ (negativo).

Ojo al dato...

Otra forma de calcular el trabajo de este proceso isocórico (de compresión) es por medio del área bajo el diagrama P vs. V:

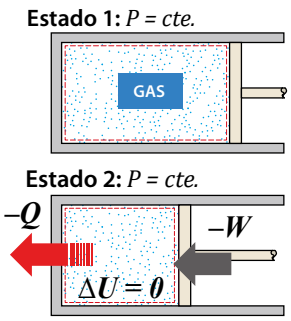


$$W = (101.3 \times 10^3) \cdot (+4.80 \times 10^{-7})$$
$$W = +486 \times 10^{-4}\ J$$

Notación...

Convenio de signos: Para el trabajo: $W>0$ si es trabajo hecho «por» el sistema. $W<0$ si es trabajo hecho «sobre» el sistema.

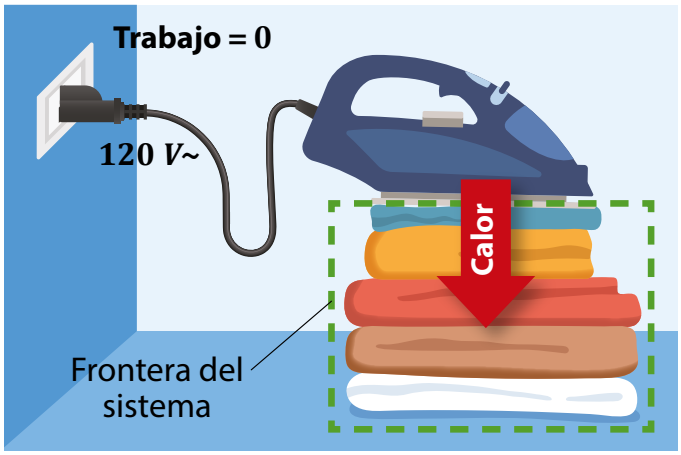
Para el calor: $Q>0$ si absorbe o gana energía térmica el sistema. $Q<0$ si libera, cede o pierde energía térmica el sistema.

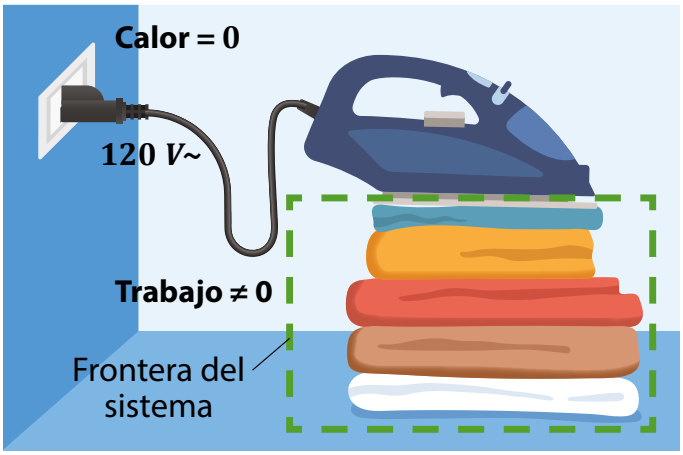


Comunicación

La idea clave por la que no explotó la vejiga con agua de la *actividad A*, es porque el punto de ebullición del agua es menor que $120\ °C$. Mientras el agua líquida cambie a vapor, los $100\ °C$ se mantendrán. Esto es como un **freno térmico** instalado por el agua sobre el látex. Es decir, sus temperaturas no cambian y por esta razón ambos materiales están en **equilibrio térmico** con un tercer cuerpo; el termómetro (ley cero de la termodinámica). Es importante aclarar que el calor no es una nueva forma de energía, sino el nombre que le damos a la energía térmica o (de manera más general) a la energía interna transferida debido a una diferencia de temperaturas entre dos ambientes. El calor «antes» de ser liberado por un sistema hacia su entorno es energía interna. El calor «después» de ser absorbido por un sistema vuelve a ser energía interna.

Por su parte, cada vez que aplicamos la primera ley debemos tener la precaución con el convenio de los signos que se ha seleccionado, porque no es el único convenio que existe; hay que comunicarlo en termodinámica. Otro punto importante radica en ver la localización de la frontera del sistema porque puede ser significativa para determinar si una transferencia de energía en particular debe considerarse como calor o trabajo. Por ejemplo, observa ambos escenarios alternativos que incluyen una plancha eléctrica encendida y conectada al tomacorriente, ¡alguien la dejó olvidada en esa posición sobre una pila de ropa!





MOTOR DE COMBUSTIÓN

En este tipo de motor se quema una mezcla de aire y combustible dentro de un cilindro, para aumentar la presión y generar un movimiento mecánico.

En la figura de la izquierda hay un flujo de corriente a través de la plancha. Dado que existe una diferencia de temperaturas entre la plancha (el entorno) y la ropa (el sistema), clasificamos la transferencia de energía como calor. En la figura de la derecha se ha elegido la frontera de modo que incluya a la plancha junto con la ropa. La única transferencia de energía acá es mediante trabajo eléctrico.

Comprendimos que la conversión de calor a trabajo requiere construir un dispositivo especial llamado **máquina térmica** como el que se construyó en la *actividad C*. La máquina de esa actividad no opera en un ciclo termodinámico, porque el vapor de agua (fluido de trabajo) no experimenta un ciclo completo. Operaría bajo un ciclo si cambiáramos su diseño, de modo que el vapor se pudiera enfriar a la temperatura inicial, lo cual provocaría condensación y luego que se vuelva a elevar la temperatura hasta que ocurra la evaporación alternativamente; tal como operan los ciclos de potencia de vapor. Esta es una explicación simplificada, pero deja la idea para que se desarrolle un poco más en la siguiente semana junto con la segunda ley de la termodinámica.

Indagación

Leyes de la termodinámica. Parte 2

Hasta este momento, hemos resuelto varios problemas poniendo atención a que la energía se conserve durante los procesos. De hecho, el proceso de enfriamiento obedece a la primera ley de la termodinámica. Entonces, ¿por qué es necesaria una segunda ley? ¿Acaso no son suficientes la ley cero y la primera ley para analizar y operar sistemas de refrigeración y máquinas térmicas? Justifiquemos la necesidad y la utilidad de la segunda ley de la termodinámica realizando la siguiente actividad.

A. Procesos irreversibles

En esta actividad, llevaremos dos sistemas a un estado inicial, y después, analizaremos el calentamiento y el enfriamiento de ambos sin ninguna intervención externa de trabajo o calor de nuestra parte. ¿Tomará la transferencia de calor cierta dirección específica en cada proceso espontáneo?

Materiales:

- 1 vaso de agua helada
- 1 pinza de madera para ropa
- Martillo, clavo y un trozo de madera
- Termómetro

Procedimiento:

1. Deja el vaso de agua helada sobre el pupitre o la mesa. Este será el sistema.
2. Registra lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
   a. La temperatura ambiente (entorno: aire) y la del agua.
   b. La temperatura final del equilibrio térmico entre el agua y aire.
   c. En el esquema, dibuja en los vasos que lo requieran, la dirección y la intensidad (longitud) del calor, usando flechas.
   d. Lee el proceso que atraviesa el agua y subraya las palabras correctas.
   e. Registra la temperatura ambiente. Esta se considera igual a la temperatura inicial del clavo.
3. Toca el clavo y recuerda lo que percibiste (estado 1). Luego, agarra la punta del clavo con la pinza de ropa y golpea el clavo (sistema) con el martillo sobre la madera hasta insertar la mitad.
4. Registra lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
   f. Toca el clavo, ¿cómo lo percibes ahora (estado 2)?
   g. En el esquema, dibuja una flecha indicando la dirección del calor.
   h. Lee el proceso que atraviesa el clavo y subraya las palabras correctas.

p. 32

¿Podemos regresar el agua al estado inicial (bajar su temperatura) luego de alcanzar la temperatura ambiente? Sí, pero no mediante un proceso espontáneo, ya que el calor se transfiere por sí solo de un medio caliente a uno frío. Entonces, necesitamos un dispositivo auxiliar como un refrigerador; pero, esta máquina consume energía eléctrica. Esto produce un cambio a la planta hidroeléctrica (entorno) o a quien le suministra la electricidad.

PROCESO IRREVERSIBLE

Los fuegos artificiales son un ejemplo de procesos químicos irreversibles, porque una vez que explotan es imposible regresarlos a su forma inicial.

Enfriar agua es un proceso irreversible porque deja un rastro o cambio en el entorno respecto a su estado inicial, que se reflejará en la factura de electricidad. De forma análoga, calentar el clavo es un proceso irreversible.

Creatividad

La combustión de la cera de las velas constituyó el combustible sólido de la máquina térmica que diseñamos en la *actividad C* de la *Semana 7*, y la energía liberada en forma de calor y luz durante este proceso se transfirió al agua de la lata como calor ($Q_{entrada}$) para que la cantidad de trabajo ($W_{neto,salida}$) que entregara el vapor de agua se expandiera en la veleta. Por esta razón, sin combustible, ninguna máquina térmica trabaja. Completemos, pues, el análisis de transferencias de energía por calor y trabajo que presentan las máquinas termodinámicas.

B. Máquinas termodinámicas

En esta actividad registrarás las respuestas, una vez planteada la terminología que se usa en las máquinas termodinámicas. De aquí en adelante, el sistema se llamará máquina termodinámica y el fluido (gas o líquido), fluido de trabajo.

Procedimiento:

1. Lee lo que está a continuación:

   Tanto la máquina térmica y el refrigerador operan bajo un ciclo mecánico, en general, requieren un fluido hacia y desde el cual se transfiere energía térmica mientras experimentan un ciclo termodinámico cerrado, es decir, el fluido vuelve al estado inicial al final del ciclo y recircula. A este fluido se le denomina **fluido de trabajo**.

   También es máquina térmica, el dispositivo que opera en un ciclo mecánico, donde el fluido de trabajo no recorre un ciclo termodinámico completo (ciclo termodinámico abierto), es decir, que el fluido de trabajo se renueva al final de cada ciclo en lugar de recircular, como en el motor de combustión interna y los motores de los automóviles. Las máquinas térmicas se clasifican en **máquinas de combustión externa**, donde la combustión es fuera de la máquina y la energía térmica liberada durante este proceso se transfiere al fluido de trabajo como calor, y **máquinas de combustión interna**, donde el quemado del combustible se hace dentro de los límites de la máquina.

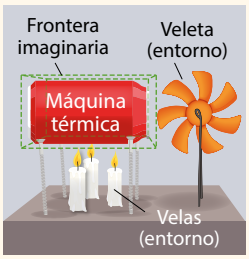
   En la página 44, sección *Comunicación*, la temperatura del agua disminuyó de $80\ °C$ a $30\ °C$ mientras que el aire atmosférico del entorno absorbió energía térmica en forma de calor del agua, sin calentarse ($30\ °C$ = constante). A este cuerpo que puede suministrar o absorber cantidades finitas de energía térmica sin experimentar ningún cambio de temperatura se le llama **depósito de energía térmica**. Al depósito que suministra o cede energía en forma de calor se le llama **fuente** (T_{alta}) y al depósito de energía térmica que absorbe energía en forma de calor se le llama **sumidero** (T_{baja}).

2. Analiza los esquemas de tu Cuaderno de Trabajo e indica:
   a. La dirección del calor que experimenta el fluido de trabajo donde se te indique. Usa una flecha.
   b. La clasificación del ciclo termodinámico del fluido de trabajo: ciclo cerrado o ciclo abierto.

p. 33

Ojo al dato...

Las máquinas térmicas difieren bastante entre sí; sin embargo, poseen las siguientes características: reciben energía térmica de un cuerpo a temperatura alta ($Q_{entrada}$), convierten parte de esta energía en trabajo ($W_{neto,\ salida}$), rechazan el calor de desecho hacia un cuerpo de baja temperatura (Q_{salida}) y operan en un ciclo.



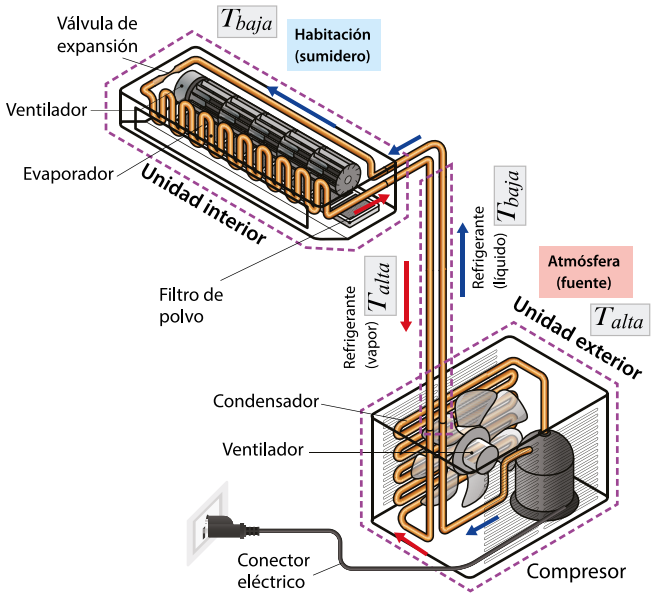
c. La clasificación de las máquinas térmicas: combustión interna o externa.
d. La fuente y el sumidero de los depósitos de energía térmica.

3. Explica por qué son depósitos térmicos los cuerpos especificados en las siguientes situaciones:
   e. El proceso de hornear papas en un horno convencional. El depósito térmico es el aire caliente del horno.
   f. La energía generada por un celular. El depósito térmico es el aire circundante de la habitación que encierra el celular.

Los refrigeradores y las máquinas térmicas tienen aplicaciones diferentes, aunque ambos sean dispositivos cíclicos. La de la máquina térmica es la generación de potencia. Estas máquinas son dispositivos productores de trabajo ($W_{neto,\ salida}$) donde la energía térmica se transfiere en la dirección de la temperatura decreciente, es decir, del medio con temperatura alta (fuente) hacia el de temperatura baja (sumidero). La central eléctrica de vapor opera bajo un ciclo termodinámico llamado **ciclo de potencia** en el que intervienen cuatro componentes principales: turbina, condensador, bomba eléctrica y caldera.

En cambio, para transferir energía térmica de un medio que se halla a baja temperatura (sumidero) hacia otro de temperatura alta (fuente) se necesitan dispositivos especiales llamados **refrigeradores**, aplicados en la refrigeración (el aire acondicionado, por ejemplo). Estos dispositivos requieren de consumo de trabajo ($W_{neto,\ entrada}$).

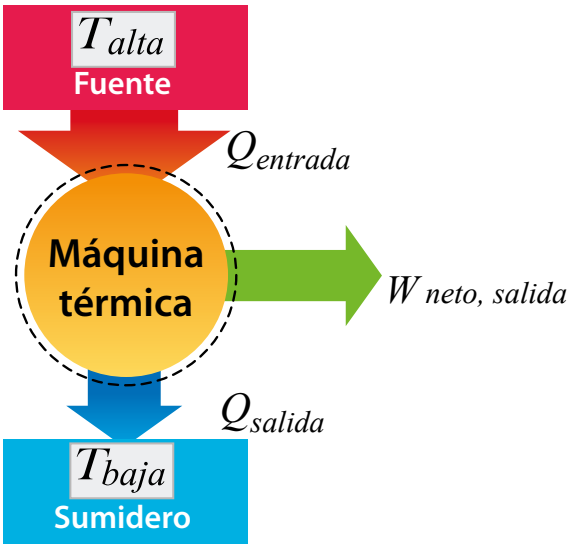
El fluido de trabajo que usan se denomina **refrigerante** y opera bajo un ciclo termodinámico llamado ciclo de refrigeración. El ciclo que se utiliza con frecuencia es el **ciclo de refrigeración** de compresión de vapor, donde intervienen cuatro componentes principales: compresor, válvula de expansión, evaporador y condensador.



En El Salvador, los ingenios azucareros Central Izalco, Ingenio Chaparrastique, Ingenio El Ángel, Ingenio La Cabaña e Ingenio Jiboa, utilizan como combustible la energía liberada por la biomasa del bagazo de caña ($Q_{entrada}$) para calentar agua y generar vapor. El vapor a alta presión es conducido por una tubería hacia una turbina transmitiéndole energía cinética rotacional; la turbina a su vez va conectada a un generador eléctrico quien realiza trabajo ($W_{neto,\ salida}$) produciendo la electricidad. La mayor parte de la energía térmica suministrada al agua para hervirla en la caldera, se expulsa a través del condensador como calor residual hacia la atmósfera (Q_{salida}). Nota que lo que se expulsa es la energía térmica del fluido de trabajo y no la masa. El ciclo del fluido termina cuando se comprime el agua a la presión de la caldera ($W_{entrada}$).

El funcionamiento de una máquina térmica es complicado, pero, podemos representar sus características de la siguiente forma:

- Se representa con el esquema dado abajo.
- Recibe energía térmica desde una fuente, $Q_{entrada}$.
- Convierte parte de la energía térmica que recibe en trabajo mecánico, $W_{neto,\ salida}$.
- Rechaza el resto de la energía térmica hacia un sumidero, Q_{salida}.
- Funciona según un ciclo.



En un sistema cerrado, las variables del estado del fluido de trabajo coinciden en cada ciclo mecánico, entonces, $\Delta U_{ciclo} = 0$, y la restricción del principio de conservación de energía (ecuación 2.8) queda así:

$$0 = Q_{neto,\ entrada} - W_{neto,\ salida}$$

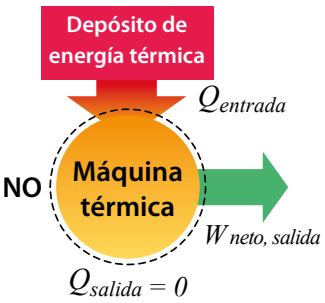
$$W_{neto,\ salida} = Q_{neto,\ entrada} \qquad 2.9$$

Sumando las dos transferencias de calor del esquema (usando el convenio de signos de Q):

$$Q_{neto,\ entrada} = Q_{entrada} + (-Q_{salida})$$
$$Q_{neto,\ entrada} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}|$$

Sustituye esta expresión en la ecuación (2.9).

$$W_{neto,salida} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}| \qquad 2.10$$



Incluso, bajo condiciones ideales, el calor Q_{salida} desperdiciado de la máquina es inevitable. Esta limitación forma la base de la segunda ley.

Enunciado de Kelvin-Planck de la segunda ley de la termodinámica:
«Es imposible construir un dispositivo o sistema que, funcionando según un ciclo termodinámico, ceda una cantidad neta de trabajo a su entorno mientras recibe energía por transferencia de calor procedente de un único depósito de energía térmica». Su expresión matemática es:

$$W_{ciclo} \leq 0 \text{ (un único depósito de energía térmica)} \qquad 2.11$$

Observa que el enunciado no niega la posibilidad de que un sistema produzca una cantidad neta de trabajo ($W_{ciclo} > 0$) hacia el entorno, mientras recibe una transferencia de energía térmica (o calor) procedente de un solo depósito. Solo niega la posibilidad de que este sistema funcione según un ciclo termodinámico. De hecho, esto hace aproximadamente la célula fotovoltaica de un panel solar: genera energía eléctrica ($W_{eléctrico} > 0$) a una casa (entorno) mientras recibe luz solar (el único depósito de energía térmica). Aclaramos que la generación de electricidad en la célula fotovoltaica no se debe a un ciclo termodinámico, ni a la transferencia de calor proveniente del sol, sino, al efecto fotoeléctrico.

También, podemos expresar el enunciado de Kelvin-Planck como «Ninguna máquina térmica puede tener una eficiencia térmica del 100 por ciento». Observa que esta imposibilidad no se debe a la fricción o a otros efectos de disipación de la máquina térmica y aplica tanto para las máquinas térmicas ideales como para las reales.

La eficiencia energética en cualquier dispositivo o proceso se define como:

$$Eficiencia = \frac{producción\ de\ energía\ o\ trabajo}{entrada\ de\ energía\ o\ trabajo}\ x\ 100\ \% \qquad 2.12$$

La eficiencia de cualquier ciclo de potencia es < 100 % e indica el porcentaje de conversión de energía térmica a trabajo. En las máquinas térmicas, la eficiencia, ε, por ciclo, se expresa como:

$$\varepsilon = \frac{|W_{neto,\ salida}|}{|Q_{entrada}|}\ x\ 100\ \% \qquad 2.13$$

Sustituyendo la ecuación 2.8 en la anterior, también se expresa como:

$$\varepsilon = \frac{|Q_{entrada}| - |Q_{salida}|}{|Q_{\ entrada}|}\ x\ 100\ \% \qquad 2.14$$

Es cierto que hay máquinas térmicas reales que utilizan procesos inherentemente más eficientes que otros. Sin embargo, todas ellas tienen un límite teórico superior que no pueden alcanzar, el cual está limitado por las temperaturas de los depósitos de energía térmica en los que operan. A esta eficiencia máxima térmica se le denomina **eficiencia de la máquina de Carnot**, ε_c. La eficiencia de esta máquina ideal, por cada ciclo, es:

$$\varepsilon_C = \frac{T_{alta} - T_{baja}}{T_{alta}}\ x\ 100\ \% \qquad 2.15$$

Ojo al dato...

La potencia media P de una máquina es el cociente del trabajo por ciclo $W_{neto,\ salida}$ y su tiempo de duración Δt.

$$P = \frac{W_{neto,\ salida}}{\Delta t}$$

Notación...

T_{alta} y T_{baja} son las temperaturas absolutas, en K, de los depósitos de energía térmica, fuente y sumidero, respectivamente.

Así se calcula...

A continuación, efectuarás cálculos sobre la eficiencia de Carnot y de máquinas térmicas, para descubrir si hay leyes de la termodinámica que no se cumplen.

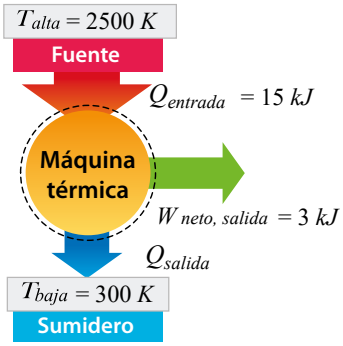
Problema 1. Mientras un motor de gasolina está funcionando, existe cierto volumen de gasolina que contiene $15\ 000\ J$ de energía potencial química que se quema en $1\ s$. Durante ese segundo, el motor realiza $3\ 000\ J$ de trabajo.

a. Dibuja el esquema del motor de gasolina y escribe la información disponible del enunciado.
b. Calcula la eficiencia del motor de gasolina e interprétala.
c. Calcula e interpreta la eficiencia de Carnot si la gasolina que se quema en el motor tiene una temperatura aproximada de $2\ 227\ °C\ (2\ 500\ K)$ y el calor residual del combustible quemado sale a la atmósfera a $27\ °C\ (300\ K)$.

Solución

La fuente es la cámara de combustión donde se quema la gasolina y se genera la energía térmica; y el sumidero, la atmósfera.

a. El esquema es:



b. Sustituye los valores en la ecuación 2.13.

$$\varepsilon = (W_{neto,\ salida} / Q_{entrada})\ 100\ \%$$

$$\varepsilon = \frac{|3\ kJ|}{|15\ kJ|}\ x\ 100\ \%$$

$$\varepsilon = 20\ \%$$

Interpretación: es la eficiencia real del motor de gasolina. De toda la energía potencial química (contenida en el combustible de la gasolina) que entra en el motor, solo una quinta parte ($20\ \% = 0.20 = 1/5$) se transforma en trabajo útil (por ejemplo, trabajo mecánico como mover el vehículo). Las cuatro quintas partes restantes ($80\ \%$) de esta energía se pierden, liberándose en forma de calor a la atmósfera y disipándose en otras formas de energía no aprovechables, como la fricción entre piezas.

c. Sustituye las temperaturas de los depósitos térmicos del motor en la ecuación 2.15.

$$\varepsilon_c = [(T_{alta} - T_{baja})/T_{alta}]\ 100\ \%$$

$$\varepsilon_c = \frac{2500\ K - 300\ K}{2500\ K}\ x\ 100\ \%$$

$$\varepsilon_c = 88\ \%$$

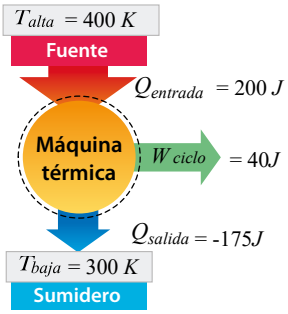
Interpretación: es la eficiencia máxima teórica de la máquina de Carnot que opera entre dos depósitos de energía térmica a las temperaturas dadas. Este valor indica que nadie podría superar la eficiencia de $88\ \%$ del motor de gasolina. Hay que aclarar que la eficiencia del $20\ \%$ se compara con el $88\ \%$ (ε_c) y no con el $100\ \%$.

Problema 2. Una máquina térmica opera entre depósitos de energía térmica a temperatura constante, $400\ K$ y $300\ K$. Los datos de la máquina, por ciclo de funcionamiento, son los siguientes: $Q_{entrada} = 200\ J$, $Q_{salida} = -175\ J$, y $W_{neto,\ salida} = 40\ J$.

a. Dibuja el esquema de la máquina térmica y escribe la información disponible del enunciado.
b. Calcula la eficiencia de Carnot.
c. De la primera y segunda ley de la termodinámica, determina cuál (si hubiera) ley no se cumple.

Solución

a. El esquema es:



b. Introduce los valores de las temperaturas del sumidero y la fuente, en la ecuación 2.15.

$$\varepsilon_c = [(T_{alta} - T_{baja})/T_{alta}]\ 100\ \%$$

$$\varepsilon_c = \frac{400\ K - 300\ K}{400\ K}\ x\ 100\ \%$$

$$\varepsilon_c = 25\ \%$$

c. Si la igualdad de valores de la ecuación 2.10, es verdadera, se cumple la primera ley.

$$W_{neto,\ salida} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}|$$
$$+40\ J = |200\ J| - |-175\ J|$$
$$+40\ J = 200\ J - 175\ J$$
$$+40\ J \neq +25\ J$$

Por tanto, no se cumple la primera ley.

Si la desigualdad $\varepsilon < \varepsilon_c$ es verdadera, en la máquina se cumple la segunda ley; de lo contrario, no se cumple. Dado que el valor $+40\ J$ (W_{ciclo}) está incorrecto, calcula la eficiencia con la ecuación 2.14, $\varepsilon = [(Q_{entrada} - Q_{salida})/Q_{entrada}]\ x\ 100\ \%$ y no con la 2.13. Sustituyendo valores:

$$\varepsilon_c = \frac{|200\ J| - |-175\ J|}{|200\ J|}\ x\ 100\ \%$$

$$\varepsilon = 12.5\ \%$$

Por tanto, sí se cumple la segunda ley, porque 12.5 % < 25 %.

El trabajo realizado sobre un objeto se convierte de manera directa y por completo en un aumento de su energía térmica. No obstante, la conversión de la transferencia de energía térmica (o calor) a trabajo requiere de una máquina térmica que opere en contacto térmicamente con una fuente y un sumidero, y, a la vez, de un fluido de trabajo que desarrolle un ciclo de potencia (ciclo termodinámico). Al igual que la primera ley, la segunda está muy vinculada a las máquinas termodinámicas. Esta ley se refiere a la dirección de las transferencias de energía. Tiene varios enunciados, todos equivalentes; sin embargo, nosotros solo estudiamos el de Kelvin-Planck, que también se puede expresar como «Es imposible construir un dispositivo o sistema cuyo único efecto sea transformar una cantidad dada de calor completamente en trabajo». Por ejemplo, $100\,J$ de calor generados resultarán en algo menos que $100\,J$ de trabajo.

Una idea teórica que jugó un papel importante en el establecimiento y la comprensión de la segunda ley es la **máquina de Carnot**; la cual es un modelo ideal de máquina térmica, que no existe en la práctica. Esta es una referencia fundamental para comprender las eficiencias máximas teóricas que se pueden lograr en cualquier máquina térmica. Antes de conocer más acerca de ella, ejecutemos la siguiente actividad.

C. Calculemos las eficiencias de máquinas térmicas

Ejercitemos el cálculo de eficiencias y determinemos si cumplen la primera y la segunda ley de la termodinámica.

Procedimiento:

1. Analiza los ejemplos resueltos de la sección *Así se calcula*.
2. Resuelve los ejercicios que se proponen en tu Cuaderno de Trabajo.
3. Investiga qué otros nombres reciben los depósitos de energía térmica.

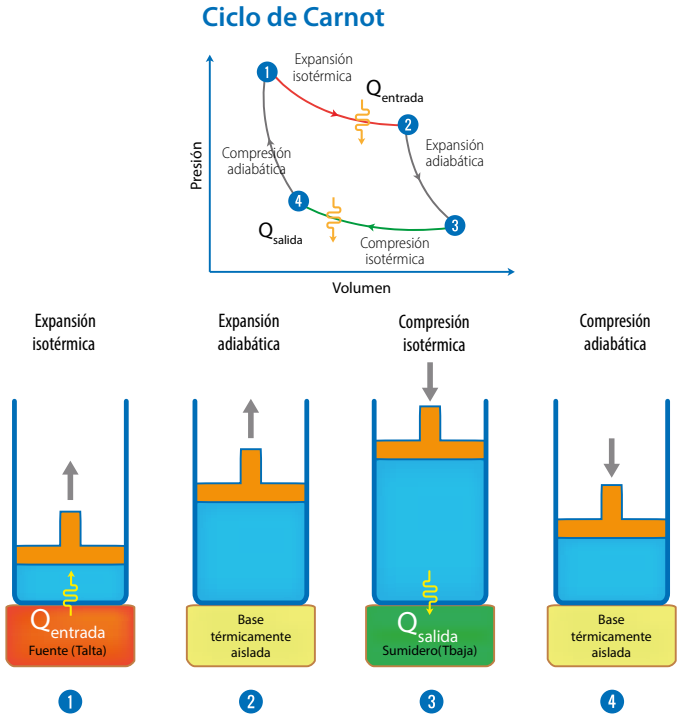
p. 34

La máquina de Carnot tiene aire como fluido de trabajo encerrado en un cilindro; en el cual, se mueve un pistón sin fricción. Las paredes del cilindro-pistón están aisladas térmicamente. El ciclo de potencia es ideal y consta de dos procesos adiabáticos alternados con dos procesos isotermos, siendo todos estos procesos reversibles. Los cuatro procesos son los siguientes:

Trayectoria	Procesos del ciclo de Carnot
1-2	Expansión isotérmica
2-3	Expansión adiabática
3-4	Compresión isotérmica
4-1	Compresión adiabática

La eficiencia del ciclo de potencia de esta máquina es independiente de la naturaleza del fluido de trabajo, solo depende de la temperatura de los depósitos térmicos.

A la derecha, se muestra la forma del ciclo de potencia de Carnot en el gráfico P vs. V, debajo del cual aparece el dispositivo cilindro-pistón en los cuatro procesos.



Resumen

La termodinámica tiene que ver con dispositivos como motores de combustión interna (máquina térmica) y refrigeradores, cuyo propósito de este último es realizar trabajo mecánico y mantener frío un compartimiento, respectivamente. El trabajo no es una nueva forma de energía, ni lo posee un sistema. Es solo un proceso, mediante el cual dos cuerpos o sistemas intercambian energía. El otro proceso de intercambio de energía que hemos estudiado es el calor, que consiste en la transferencia espontánea de energía térmica del cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. Por la segunda ley, el calor es un proceso irreversible.

También, estudiamos cuatro cambios de fase del agua. Las fases involucradas y el efecto del cambio sobre la energía interna del agua o de otra sustancia son:

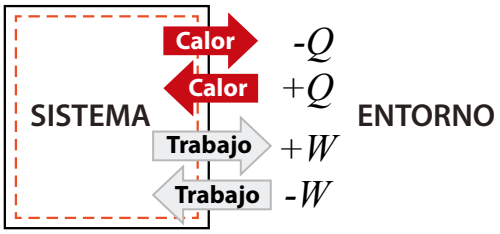
Nombre	Fases implicadas	Efecto
Vaporización	Líquido a gaseoso	$\Delta U > 0$
Condensación	Gas a líquido	$\Delta U < 0$
Fusión	Sólido a líquido	$\Delta U > 0$
Solidificación	Líquido a sólido	$\Delta U < 0$

Un $\Delta U > 0$ indica que la energía interna de la sustancia aumenta. En la vaporización, aumenta la energía interna de la sustancia al pasar del estado líquido al gaseoso; y disminuye la energía interna ($\Delta U < 0$) en la condensación.

Podemos aprender mucho sobre los gases reales analizando el gas ideal, aquel que obedece la ley $PV = nRT$. De ahí su interés. Cualquier gas real se acerca al comportamiento ideal si su densidad es lo suficientemente baja.

Por otro lado, a un fluido se le puede someter a una serie de procesos consecutivos que lo hagan retornar a su estado inicial de temperatura, presión volumen y energía interna. A eso se le llama **ciclo termodinámico**. En esta unidad vimos el ciclo de potencia que es usado en las máquinas térmicas.

Las convenciones de los signos se deben aplicar cada vez que planteamos la primera ley, interpretamos un sistema o magnitud termodinámica. Si es necesario, el signo debe ser antepuesto. Las convenciones ilustradas para el calor Q y el trabajo W son las siguientes:



En el gráfico P vs. V, el trabajo hecho por un gas es el área bajo la curva. El proceso isobárico $P = cte.$, es inmediato, pues $W = P(V_f - V_i)$. En la práctica, hay otros tipos de trabajo (fuerza × desplazamiento) que no son mecánicos. Uno de ellos es el trabajo eléctrico, en el que la fuerza equivale al voltaje (potencial eléctrico) y el desplazamiento, a la carga eléctrica. Como tal, se debe aplicar el convenido de signos.

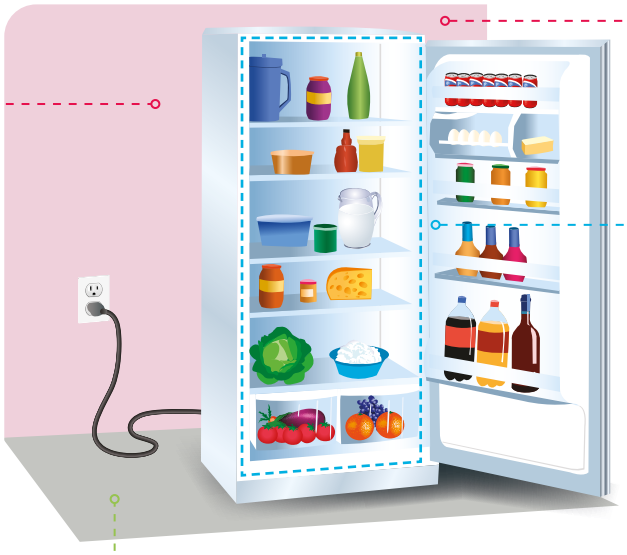
Dos leyes fundamentales de la termodinámica que proporcionan un marco teórico sólido para comprender y predecir el comportamiento de las máquinas termodinámicas en diversas condiciones son, la primera y segunda ley, ambas se basan en observaciones experimentales.

La primera ley para un sistema cerrado (o masa constante), considerando la convención de signos antes dada, se expresa como $\Delta U = Q - W$. Una de las aplicaciones de esta ley es la obtención de variables en los procesos termodinámicos: proceso adiabático, $Q = 0, \Delta U = -W$; proceso isométrico, $W = 0, \Delta U = Q$; y proceso cíclico, $\Delta U = 0, Q = W$.

Con respecto a la segunda ley, vimos el enunciado de Kelvin-Planck, que se puede expresar como «Ninguna máquina térmica puede tener una eficiencia térmica del $100\ \%$».

Refrigeradora: ¿cómo enfría los alimentos un refrigerador doméstico?

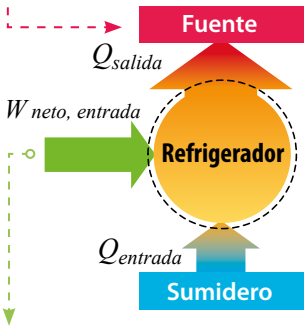
La refrigeradora utiliza un refrigerante (fluido de trabajo) el cual experimenta un ciclo de refrigeración (ciclo termodinámico) que traslada la energía térmica (o calor) de una región de menor temperatura (alimento) a una de mayor temperatura (aire del entorno), a pesar de que la dirección natural del flujo de calor sería al revés. Este proceso requiere trabajo eléctrico para comprimir y expandir el refrigerante.

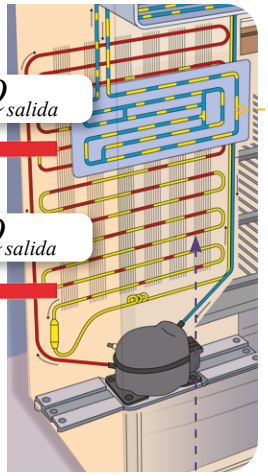


1. El aire del entorno actúa como **fuente**.

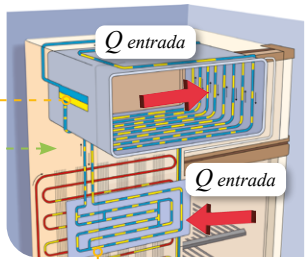
2. El compartimiento interior es el espacio refrigerado y actúa como **sumidero** o depósito térmico de baja temperatura.

3. El fluido de trabajo es un **refrigerante** que circula por las tuberías (R-134a, por ejemplo).

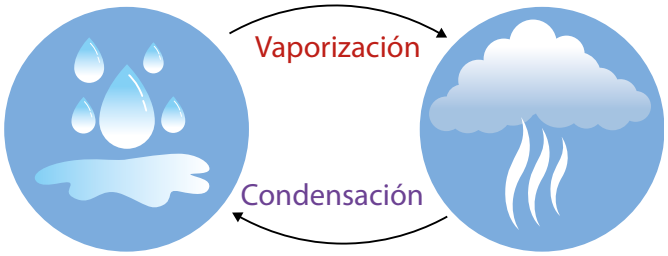




La energía térmica ($Q_{entrada}$) extraída desde los alimentos hacia el refrigerante.



4. El refrigerante líquido (de muy baja temperatura) circula por las tuberías del compartimiento de alimentos; y va aumentando la energía interna al absorber la energía térmica del alimento (quien está a mayor temperatura que el refrigerante) mientras cambia al estado gaseoso. La **vaporización** ($\Delta U > 0$) del refrigerante enfría el compartimiento interior.



5. El refrigerante gaseoso (ahora a mayor temperatura que el aire del entorno) pasa por los serpentines cediendo su energía térmica y **condensándose** ($\Delta U < 0$).

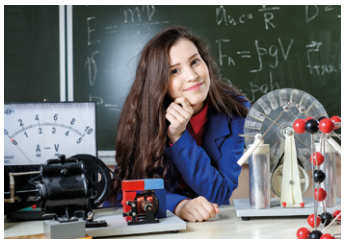
6. Para transferir la energía térmica (o calor) del sumidero a la fuente, el refrigerador requiere entrada de trabajo, W_{ciclo}, en forma de trabajo eléctrico.

La energía térmica liberada (Q_{salida}) desde el refrigerante hacia el aire exterior.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia

Carrera: Licenciatura en Física



Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Licenciatura en Física hace énfasis en los principios científicos que conducen al conocimiento de la ciencia en general y de la física en particular, y sus aplicaciones a los diversos campos técnicos o científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos de la física misma.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Fuentes renovables de energía
- Investigación y desarrollo en termodinámica aplicada
- Diseño y optimización de sistemas de refrigeración y aire acondicionado

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Carrera: Ingeniería Química

Bachilleratos sugeridos:
general

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Química se enfoca en el desarrollo, diseño, operación, monitoreo, optimización y control de los procesos de fabricación a nivel industrial, buscando la mayor eficiencia y calidad, respetando así mismo al medio ambiente.

En esta carrera los estudiantes podrán desempeñarse en áreas como las siguientes:

- Ingeniería de procesos y tecnología química
- Agroindustria
- Energía

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Unidad 3

Equilibrio químico

Eje integrador: interacciones

En esta unidad aprenderemos a:

- Identificar el tipo de equilibrio químico y la expresión de la constante de equilibrio en una reacción.
- Predecir el sentido del desplazamiento de la reacción aplicando el principio de Le Châtelier.
- Determinar la constante de equilibrio químico de una reacción.
- Identificar ácidos y bases según las teorías de Arrhenius, Brönsted-Lowry y Lewis.
- Expresar las constantes de ionización para ácidos y bases.
- Clasificar de soluciones en neutras, ácidas y básicas.
- Ejemplificar aplicaciones y ocurrencia natural de las soluciones *buffer*.
- Ejemplificar medidas para el manejo y tratamiento de ácidos y bases.

Lago de Coatepeque, Santa Ana, El Salvador

Duración: 8 semanas

Indagación

Introducción al equilibrio químico

Recuerda que a tu alrededor intervienen reacciones químicas, y que la mayoría van acompañadas de evidencias de que ocurrió un cambio, estas pueden ser la formación de un precipitado o de algún gas, el cambio de color y la absorción o liberación de calor. Estas evidencias en algunas ocasiones se manifiestan de manera rápida y en otras, con el paso del tiempo. Existen diferentes criterios para clasificar las reacciones, por tanto, podemos comenzar clasificándolas en tres grandes categorías: precipitación, neutralización y oxidación-reducción, tomando en cuenta esto último podemos agruparlas de la siguiente manera:

- Reacción de síntesis o composición.

  $A + B \rightarrow AB$

  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

- Reacción de descomposición.

  $AB \rightarrow A + B$

  $2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} \uparrow + O_{2(g)} \uparrow$

- Reacción de desplazamiento o sustitución.

  $A + BC \rightarrow AC + B$

  $Zn_{(s)} + 2HCl_{(ac)} \rightarrow ZnCl_{2(ac)} + H_{2(g)} \uparrow$

- Reacción de doble desplazamiento.

  $AB + CD \rightarrow AC + BD$

  $H_2SO_{4(ac)} + Ca(OH)_{2(ac)} \rightarrow CaSO_{4(ac)} + 2H_2O_{(l)}$

- Reacción de combustión.

  $Combustible + Comburente \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

  $CH_{4(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

- Reacción de neutralización.

  $Ácido + Base \rightarrow Sal + Agua$

  $HCl_{(ac)} + NaOH_{(ac)} \rightarrow NaCl_{(ac)} + H_2O_{(ac)}$

Ahora analiza lo siguiente, cuando caminas por la calle, tal vez te has balanceado en la acera como se muestra en la imagen; al hacerlo, experimentas un equilibrio dinámico y estático, esto es un ejemplo de equilibrio físico, que es fácil de observar. De manera semejante, en las reacciones químicas se puede establecer un equilibrio, llamado **equilibrio químico**, que también es dinámico, pero ¿qué es el equilibrio químico? ¿Por qué se dice que es dinámico? Para responder a estas interrogantes, realicemos el siguiente experimento.

A. Botella azul

Con este experimento podrás evidenciar por qué se considera al equilibrio químico como un equilibrio dinámico.

Materiales:

- Botella con tapón
- Sacarosa (azúcar común)
- Hidróxido de sodio (soda cáustica)
- Gotas de limón
- Azul de metileno
- Mechero
- Agua

Procedimiento:

p. 38

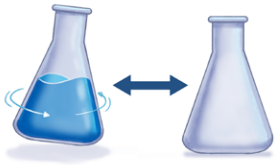
1. Prepara dos soluciones y anota tus observaciones:
   - Solución A: en $100\ \text{mL}$ de agua coloca 2 gramos de azúcar, agrega $2\ \text{mL}$ de jugo de limón, calienta hasta ebullición, deja enfriar.
   - Solución B: en $100\ \text{mL}$ de agua disuelve 2 gramos de hidróxido de sodio.
2. Agrega A y B en la botella y añade unas gotas de azul de metileno.
3. Tapa y agita hasta homogenizar la solución; luego, responde:
   a. ¿De qué color es la solución?
4. Ahora, deja en reposo la solución por un tiempo y responde:
   b. ¿Qué observas?
5. Agita nuevamente.
   c. Explica con tus palabras por qué crees que sucede.
6. Repite el procedimiento 3 y 4, las veces que quieras.
7. Realiza la siguiente lectura y luego investiga la ecuación química que representa a la reacción ocurrida.

Recuerda siempre utilizar gafas, guantes y gabacha cuando trabajes con sustancias irritantes como el hidróxido de sodio.

Recuerda que las reacciones químicas pueden ser irreversibles, estas tienen lugar en un solo sentido, es decir, hacia los productos, la flecha en color rojo indica que es irreversible.

$$aA + bB \rightarrow cC + dD\ Irreversible$$

Por otro lado, las reacciones químicas reversibles pueden evolucionar en ambos sentidos, la flecha en color rojo indica que es reversible; la reacción que ocurre de izquierda a derecha se denomina directa y la que ocurre de derecha a izquierda inversa.



$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD\ Reversible$$

El experimento «Botella azul» se basa en una reacción de reducción-oxidación (redox) del azul de metileno, este compuesto presenta en su forma oxidada un color azul intenso, mientras que en su forma reducida es incoloro.

$$Azul\ de\ metileno + Glucosa \rightleftharpoons Azul\ de\ leucometileno + Ácido\ glucorónico$$

Al mezclar azul de metileno y glucosa en un medio alcalino, el azul de metileno se reduce a azul de leucometileno, y la glucosa es oxidada a ácido glucorónico. Al agitar la botella se incorpora oxígeno al medio, lo que provoca la oxidación del azul de leucometileno, retomando de nuevo la coloración azul, esto sigue ocurriendo mientras haya glucosa disponible.

Esta es una reacción reversible, la transformación de reactivos en productos es parcial, pues llega un momento en que las partículas de los productos empiezan a reaccionar y formar de nuevo los reactivos, alcanzándose el estado de equilibrio dinámico cuando la velocidad de las reacciones directa e inversa se igualan. En ocasiones, es posible que a nivel macroscópico no se observen cambios, pero a nivel molecular las reacciones inversa y directa se están produciendo.

Creatividad

Como hemos visto, algunas reacciones se evidencian de manera rápida y otras con el paso del tiempo, pero para el estudio de las reacciones químicas no basta solo con conocer lo que sucede a nivel macroscópico, sino también a nivel microscópico, por ejemplo, es necesario conocer la velocidad con la que los reactantes se transforman en productos. En sentido estricto, en química definiremos a la velocidad como «la cantidad de producto que se genera o la cantidad de reactantes que se consumen en un tiempo determinado», de hecho, es muy común intentar «apurar» una reacción que queremos que se desarrolle rápido o, «ralentizar» una reacción que queremos que ocurra de la manera más lenta posible. Para ello, debemos tener en cuenta ciertos factores que afectan la velocidad de la reacción, entre ellos podemos mencionar **la concentración de reactivos, el grado de fraccionamiento, la temperatura y los catalizadores.**

B. Burbujas instantáneas

Con este experimento, comprobarás el efecto de la concentración de reactivos en la velocidad de reacción.

Materiales:

- Bicarbonato de sodio
- Ácido acético (vinagre)
- 2 vasos iguales
- 2 recipientes pequeños
- 1 cuchara

Procedimiento:

3

4

1. Enumera cada vaso.
2. Agrega $50\ \mathrm{mL}$ de vinagre tanto en el vaso 1 como en el 2.
3. Enumera los recipientes pequeños.
4. Agrega 1 cucharada de bicarbonato de sodio al recipiente 1 y 2 cucharadas al recipiente 2.
5. Empareja los recipientes del mismo número.
6. Vierte al mismo tiempo el bicarbonato de sodio en los vasos con vinagre. Luego, responde:
   a. ¿En qué vaso hubo mayor desprendimiento de gas?
   b. ¿Qué factor es el que afecta la reacción? Analiza por qué.

p. 39

Con este experimento se concluye que la concentración de los reactivos es directamente proporcional a la velocidad de la reacción.

C. Fruta que se oscurece

En este experimento, verificarás el efecto que genera el grado de fraccionamiento de los reactivos a la velocidad de reacción.

Materiales:

- 1 cuchillo
- 1 fruta (manzana, banana, aguacate o pera)
- 2 platos pequeños

Procedimiento:

1. Corta la fruta por la mitad.
2. Corta una de las mitades en pequeños trozos y colócalos en un plato.

3. Deja la otra mitad como está y colócala en el otro plato.
4. Deja reposar por 1 hora.
5. Escribe tus observaciones y responde las siguientes preguntas.
   a. ¿Qué cambio observaste en la fruta después de 1 hora?
   b. ¿Qué factor crees que afecta la reacción? Analiza por qué.

p. 39

A mayor grado de fraccionamiento mayor es la superficie de contacto. Por tanto, la velocidad de la reacción aumenta.

D. Burbujas lentas

Con esta experiencia, confirmarás el efecto de los cambios de temperatura en la velocidad de reacción.

Materiales:

- Bicarbonato de sodio
- Vinagre
- Hielo
- 1 cuchara
- 1 recipiente hondo
- 2 vasos iguales
- 2 recipientes pequeños

Procedimiento:

1. Enumera cada vaso.
2. Agrega aproximadamente $50\ \text{mL}$ de vinagre en el vaso 1.
3. Agrega aproximadamente $50\ \text{mL}$ de vinagre en el vaso 2 y colócalo en un baño de hielo, hasta que esté bien frío.
4. Agrega 1 cucharada de bicarbonato de sodio en cada recipiente pequeño.
5. Vierte al mismo tiempo el bicarbonato de sodio en los vasos con vinagre. Luego, responde:
   a. ¿En qué vaso se dio más rápido la reacción?
   b. ¿Qué factor es el que afecta la reacción? Analiza por qué.

p. 39

Una disminución en la temperatura provoca que la reacción ocurra a menor velocidad.

E. Espuma de papa

Con esta experiencia, conocerás el efecto que provoca la presencia de un catalizador en la velocidad de reacción.

Materiales:

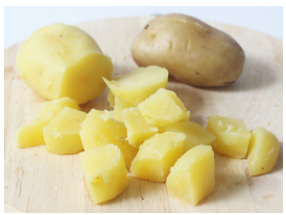
- 1 papa cruda
- 1 papa cocida en trozos
- 2 vasos
- Peróxido de hidrogeno
- Cuchillo
- 2 recipientes

Procedimiento:

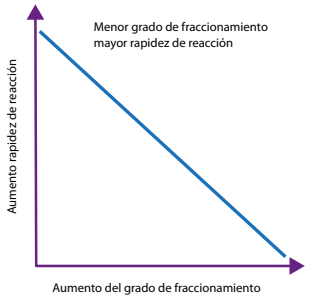
1. Corta la papa cruda en trozos y colócalos en un vaso.
2. En el otro vaso, coloca los trozos de papa cocida.
3. Agrega en cada recipiente $50\ \text{mL}$ de peróxido de hidrogeno.
4. Vierte simultáneamente los $50\ \text{mL}$ de peróxido de hidrógeno en cada uno de los vasos con papa. Luego, responde:
   a. ¿En qué vaso se dio más rápido la reacción?
   b. ¿Por qué la reacción ocurrió más rápido con la papa cruda?

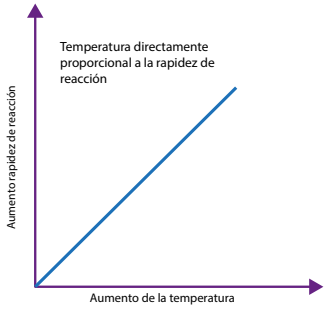
p. 39

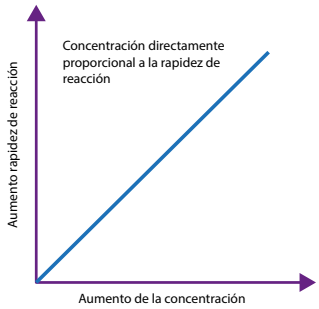
Un catalizador acelera la velocidad de una reacción.



Comunicación







Una reacción química es un proceso de cambio, en el que los reactivos se convierten en productos, cada una de las reacciones ocurre a una velocidad determinada y puede ser modificada por diferentes factores, en los experimentos anteriores hemos comprobado cómo afectan estos factores, por ejemplo, que a mayor concentración de los reactivos la velocidad de la reacción es mayor.

El grado de fraccionamiento está relacionado con el tamaño de las partículas de los reactivos, si el grado de fraccionamiento es alto, el tamaño de las partículas es menor, por tanto, hay mayor superficie de contacto entre las partículas de los reactivos, esto permite que la reacción ocurra a una mayor velocidad que si las partículas fueran de gran tamaño.

Por otra parte, un incremento en la temperatura del sistema reaccionante provoca un incremento en la velocidad de la reacción, ya que incrementan las colisiones entre las partículas, por tanto, la temperatura es directamente proporcional a la velocidad de reacción.

El último factor que experimentamos es la intervención de un catalizador; este es una sustancia o agente cuya única función es acelerar la reacción, mas no reaccionar. En el experimento «Espuma de papa» el catalizador que interviene es la enzima catalasa que acelera la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, en cambio, en la papa cocida esta encima se desnaturalizó.

$$2H_2O_{2(l)} \xrightarrow{catalasa} H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

Peróxido de hidrógeno — Agua — Oxígeno

Los equilibrios se clasifican en **homogéneos** y **heterogéneos**, en función del estado de agregación en el que se encuentran los reactivos y los productos.

En los equilibrios homogéneos, los reactivos y productos se encuentran en el mismo estado de agregación, por ejemplo:

En estado gaseoso:

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

En solución acuosa:

$$HNO_{2(ac)} \rightleftharpoons H^{+}_{(ac)}\ NO^{-}_{2(ac)}$$

En los equilibrios heterogéneos, los reactivos y productos se encuentran en distinto estado de agregación, por ejemplo:

Entre sustancias sólidas y gaseosas:

$$Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons 2\,FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

Entre una disolución saturada y su precipitado:

$$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(ac)} + SO^{-2}_{4(ac)}$$

Existen dos teorías que explican cómo se dan las interacciones entre los reactantes para la formación de productos.

La teoría del complejo activado sostiene que cuando los reactantes se aproximan se produce la formación de un estado intermedio de alta energía, muy inestable y de corta duración, que se denomina complejo activado.

ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

Esta energía es necesaria para alcanzar el estado de transición donde los reactivos se convierten en productos, en un intervalo de tiempo determinado.

La energía que necesitan los reactantes para alcanzar este complejo se llama **energía de activación (Ea)**; si esta incrementa, la velocidad de reacción disminuye. De acuerdo con la diferencia de energía entre los productos y reactivos, las reacciones se clasifican en:

- **Endergónicas**: absorbe energía (endotérmicas).
- **Exergónicas**: libera energía (exotérmicas).

Los diagramas de la energía de activación para cada caso se muestran a la derecha. La **teoría de las colisiones** explica cómo ocurren las reacciones químicas y por qué unas ocurren más rápido que otras.

Para que una reacción química ocurra debe haber colisiones efectivas entre las partículas de los reactantes, para lograrlo, las partículas deben tener la orientación adecuada y poseer energía suficiente para que ocurra el rompimiento de los enlaces, el reordenamiento de las partículas y la formación de los productos. Entre más choques con energía y geometría adecuada existan, mayor es la velocidad de la reacción.

Las concentraciones de los productos y reactivos se pueden calcular a partir del número de moles, al inicio de la reacción; en el equilibrio la relación entre las concentraciones de los productos y los reactivos es una magnitud constante y se expresa por medio de la **constante de equilibrio** (K_c). Por ende, si tenemos un equilibrio de la forma:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

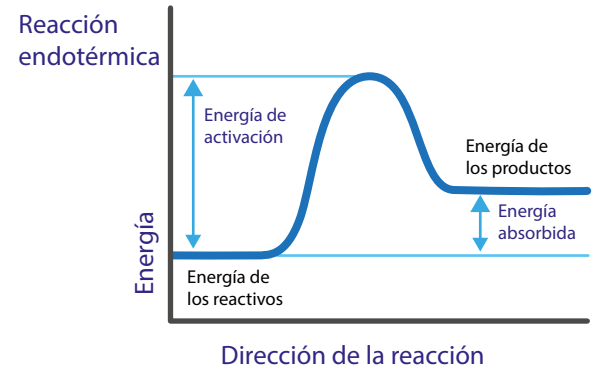
Donde a, b, c y d son coeficientes estequiométricos de las especies A, B, C y D, por tanto, a una temperatura dada se tiene que:

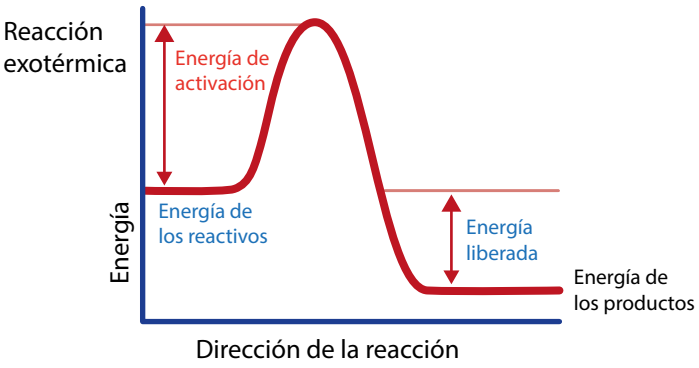
$$K_c = \frac{[C]^c[D]^d \leftarrow Productos}{[A]^a[B]^b \leftarrow Reactivos} \qquad 3.1$$

Esta es la expresión matemática de la **ley de acción de masas** y establece que «en toda reacción química en equilibrio, para una temperatura determinada, el producto de las concentraciones molares de los productos dividido entre el producto de las concentraciones molares de los reactivos, elevadas cada una de ellas a su respectivo coeficiente estequiométrico, tiene un valor «constante».

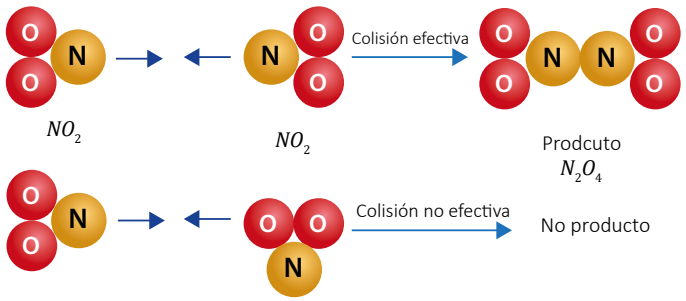
a. Expresa las constantes de equilibrio de las ecuaciones que se presentan.

p. 40





Teoría de las colisiones



Fíjate que...

En la expresión de la constante de equilibrio solo se incluyen las especies gaseosas o en disolución. Para las especies en estado sólido o líquido se consideran concentraciones constantes y, por tanto, no se incluyen en el cálculo de la constante de equilibrio.

Indagación

¿Se puede afectar el equilibrio químico?

El equilibrio químico está presente en diversos procesos que se efectúan constantemente en el ambiente, por ejemplo, en nuestro país desde septiembre del año 2012 el lago de Coatepeque presentó un inusual color turquesa, que generó preocupación entre la población; este fenómeno es el resultado de la proliferación de cianobacterias nocivas o tóxicas, predominantemente la *Microcystis aeruginosa y escasamente la Oscillatoria limosa*, causando un desequilibrio en este ambiente limnológico; entre las investigaciones que se han realizado por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de El Salvador, han determinado que el equilibrio en el cuerpo de agua ha sido afectado por diversos factores, que han permitido la proliferación de cepas tóxicas de cianobacterias, entre estos factores destacan:

- El incremento en la disponibilidad de nutrientes.
- El valor inusual de temperatura que registró el cuerpo de agua.
- La medida del grado de acidez o alcalinidad del agua.
- La densidad celular, en la cual interviene el volumen.
- El aumento de vientos norte, relacionados estrechamente a la diferencia en la presión atmosférica que incide en la velocidad del viento.

Si quieres saber más sobre el lago de Coatepeque y su color turquesa, puedes leer el artículo escaneando el siguiente código:
https://bit.ly/093S10a

Así como el ejemplo anterior que sucede en el ambiente y es observable, ocurren algunas reacciones químicas que se dan a nivel de la industria o a nivel de laboratorios experimentales, estas se ven afectadas por diversos factores capaces de modificar el estado de equilibrio en un proceso químico.

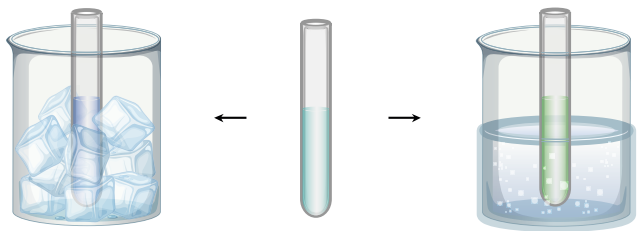
De acuerdo con tu criterio, trata de responder las siguientes preguntas:

a. ¿Cuáles crees que son los factores que afectan el equilibrio químico en una reacción?

b. ¿Será posible controlar estos factores que afectan el equilibrio químico?

p. 41

$$Cu(H_2O)_4^{2+}(ac) + 4\,I^-(ac) \underset{}{\overset{\Delta H > 0}{\rightleftharpoons}} CuCl_4^{2-}(ac) + 4H_2O(\ell)$$



$$Cu(H_2O)_4^{2+}(ac) \rightleftharpoons Cu(H_2O)_4^{2+}(ac) \qquad Cu(H_2O)_4^{2+}(ac) \rightleftharpoons CuCl_4^{2-}(ac)$$

Creatividad

Como te has dado cuenta, existen factores que alteran el equilibrio en una reacción química, ahora vamos a estudiar algunos de estos factores, iniciando con el siguiente experimento.

A. Reloj de yodo

Con este experimento, comprobarás el efecto de la concentración de los reactivos en el equilibrio de una reacción; para ello, debes preparar las soluciones A y B con el procedimiento a continuación.

Materiales:

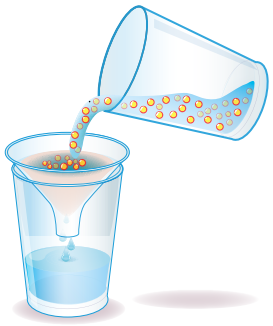
- Ácido ascórbico (4 tabletas de vitamina C de $500\ mg$)
- Peróxido de hidrógeno $3\ \%$ (agua oxigenada
- Almidón de maíz (maicena)
- Tintura de yodo $5\ \%$
- 10 Erlenmeyer de $500\ mL$
- Mortero y pistilo
- Cocina eléctrica
- Agua destilada
- Cronómetro
- Termómetro
- Papel filtro
- Cucharas
- Embudo

Procedimiento:

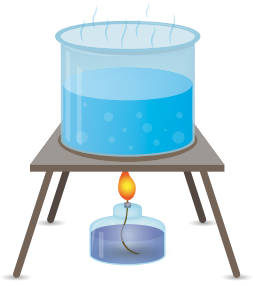
1. Tritura las tabletas de vitamina C, con ayuda del mortero y pistilo, si la tableta contiene una cantidad diferente de ácido ascórbico debes triturar las tabletas necesarias para obtener $2\ g$ de ácido ascórbico. Anota cualquier cambio realizado u observación general.
2. Coloca el triturado de ácido ascórbico en un Erlenmeyer.
3. Agrega $60\ mL$ de agua destilada y disuelve la mayor cantidad posible.
4. Identifica otro Erlenmeyer como solución A.
5. Filtra la solución del *paso 3* en el Erlenmeyer identificado como solución A y guárdalo.
6. En otro Erlenmeyer coloca $0.4\ g$ de almidón de maíz.
7. Luego, incorpora $350\ mL$ de agua destilada y mezcla bien.
8. Calienta la mezcla, sin dejar de agitar, hasta que ebulla.
9. Identifica un Erlenmeyer como solución B.
10. Filtra la solución de almidón de maíz en el Erlenmeyer identificado como solución B.
11. Luego, incorpora $150\ mL$ de peróxido de hidrógeno al $3\ \%$, con esto ya tienes lista la solución B.
12. En la solución A, incorpora $12.5\ mL$ de tintura de yodo al $5\ \%$, agita vigorosamente y responde:
    a. ¿Qué sucedió?
13. Luego, agrega agua destilada hasta alcanzar un volumen total de $250\ mL$, con esto ya tienes lista la solución A. Ten el cronómetro listo para registrar el tiempo de reacción desde el instante en que mezcles A y B.

p. 41

Sistema de filtración



Sistema de calentamiento



p. 41

14. En otro Erlenmeyer coloca $50\ \text{mL}$ de solución A y a continuación, agrega $50\ \text{mL}$ de solución B, agita y espera hasta que haya un cambio de color; luego, registra el tiempo de reacción.

p. 42

15. Repite el *paso 14* con las proporciones de A y B de la tabla en tu Cuaderno de Trabajo.
    b. ¿Qué factor afectó el equilibrio de la reacción?
    c. Grafica la tendencia que sigue la reacción «Concentración vs. tiempo».
16. Agrega $50\ \text{mL}$ de solución A en un Erlenmeyer y en otro $50\ \text{mL}$ de solución B.
17. Calienta las muestras de A y B hasta alcanzar una temperatura de $70\ °\text{C}$.
18. Cuando alcancen la temperatura deseada mézclalas en un tercer recipiente, cronometra y registra el tiempo de reacción en la tabla.
19. Repite el *paso 16*.
20. Coloca ambas soluciones en un baño de hielo hasta alcanzar una temperatura de $5\ °\text{C}$.
21. Repite el *paso 18*.
22. Registra la temperatura ambiente, en la tabla del *paso 18*, consultando tu teléfono celular.
    d. ¿Qué factor afectó el equilibrio de la reacción?
23. Grafica la tendencia que sigue la reacción «Temperatura vs. tiempo».

p. 43

En el experimento «Reloj de yodo» se tienen dos soluciones A y B transparentes, cuando las soluciones se mezclan, comienzan a reaccionar entre ellas, ocurriendo simultáneamente dos reacciones.

En la primera, el peróxido intenta oxidar al yodo pasando de yoduro (I^{-1}) a yodo (I_2) pero el ácido ascórbico lo reduce, pasando de yodo (I_2) a yoduro (I^{-1}), esta reacción ocurre muy rápido y no permite que el yodo (I_2) exista por mucho tiempo.

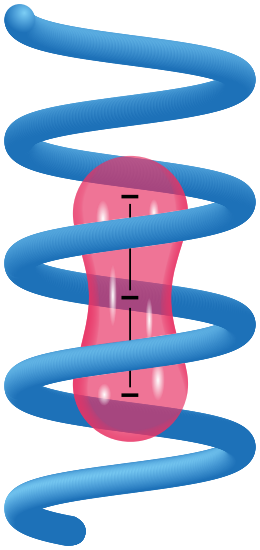
$$2H^{+}_{(ac)} + 2I^{-}_{(ac)} + H_2O_{2(ac)} \rightarrow I_{2(ac)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$I_{2(ac)} + C_6H_8O_{6(ac)} \rightarrow 2H^{+}_{(ac)} + 2I^{-}_{(ac)} + C_6H_6O_{6(ac)}$$

Por otro lado, en la segunda reacción, el ácido ascórbico se consume por el exceso de peróxido, es entonces cuando el yodo (I_2) aumenta en conjunto con el yoduro (I^{-1}) formando el complejo triyoduro con el almidón, en este punto es donde observamos el color azul, cabe mencionar que estas reacciones ocurren extremadamente rápido.

$$I^{-3}_{(ac)} + almidón \rightleftharpoons complejo\ I^{-3}\text{-}almidón$$

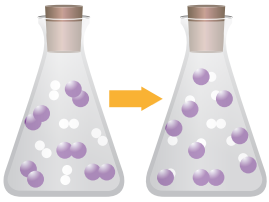
Los factores de concentración y temperatura determinan cuánto tiempo tardará el cambio de color. Por lo tanto, al aumentar la concentración, el cambio de color ocurrió más rápido. Además de las concentraciones, otro factor que afecta el equilibrio químico es la temperatura, por lo que al aumentar la temperatura el cambio de color fue aún más rápido.



Complejo I^{-3}-almidón

Ahora ya comprobaste que existen diversos factores que pueden modificar el estado de equilibrio en un proceso químico, estos factores son:

- La concentración
- La temperatura
- La presión



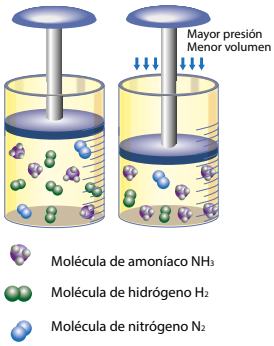
Equilibrio de moléculas ($H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$)

Esto significa que, si al desarrollarse una reacción química se modifica alguno de estos factores, la reacción evolucionará en uno u otro de los sentidos hasta alcanzar de nuevo su estado de equilibrio.

En 1888 se formuló el **principio de Le Châtelier** que ayuda a predecir la dirección en que se desplazará una reacción en equilibrio cuando hay un cambio en la concentración, la presión o la temperatura. Dicho principio se enuncia de la siguiente forma: «Si un sistema químico en equilibrio se somete a un cambio, el equilibrio se desplazará en el sentido que contrarreste ese cambio». Estudiemos cómo afecta cada factor.

Presión

Las variaciones de presión solo afectan a los equilibrios en los que interviene algún gas y cuando hay variaciones de volumen en la reacción. Por ejemplo, en la reacción de formación del amoníaco, hay cuatro moles de gases en los reactantes y dos en los productos:



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

Un aumento de la presión significa que hay una disminución en el volumen, por lo que hay menos espacio. En consecuencia, el equilibrio se desplazará hacia el lado de la reacción con menor número de moles. En el caso del amoníaco, el equilibrio se desplaza hacia la derecha.

Por otro lado, una disminución de la presión significa que hay un aumento de volumen, por lo que hay más espacio. En este escenario, el equilibrio se desplazará hacia el lado con mayor cantidad de moles. En la reacción del amoníaco, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda.

Temperatura

La variación del equilibrio causada por un cambio de temperatura dependerá de si la reacción es exotérmica o endotérmica.

Reacción exotérmica

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + energía$$

- Al aumentar la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la izquierda.
- Al disminuir la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la derecha.

Reacción endotérmica

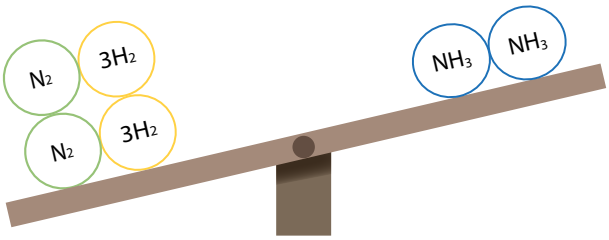
$$N_2O_{4(g)} + energía \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

- Al aumentar la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la derecha.
- Al disminuir la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la izquierda.

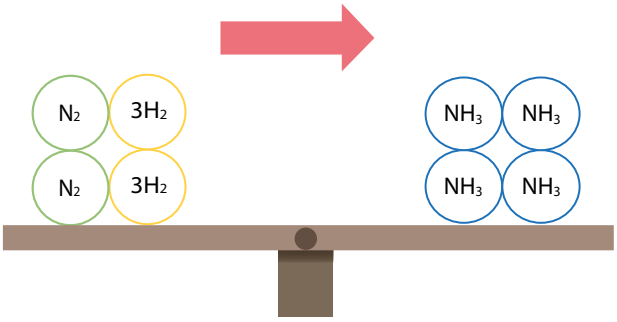
Concentración

Cuando aumenta la concentración, el equilibrio se desplaza hacia el lado opuesto de la reacción. Si consideramos el siguiente equilibrio químico:

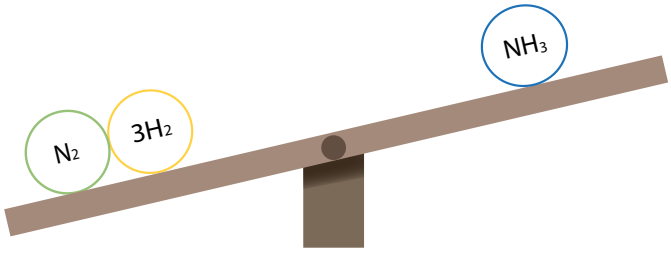
$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$



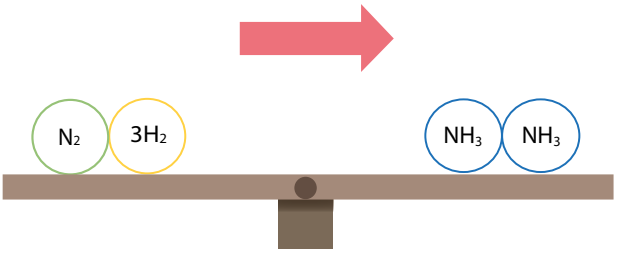
Si se añade mayor cantidad de nitrógeno o hidrógeno molecular, el sistema se desestabiliza y se pierde el equilibrio.



Para contrarrestar el efecto, el sistema formará más NH_3, con el fin de eliminar el exceso de N_2 o H_2; por tanto, el equilibrio se desplaza hacia la derecha.



Si la concentración de NH_3 disminuye, el sistema se desestabiliza y se pierde el equilibrio.



Para contrarrestar este efecto, el equilibrio se desplaza a la derecha produciéndose más NH_3.

PRINCIPIO DE LE CHATELIER

Si un sistema químico en equilibrio se somete a un cambio, el equilibrio se desplazará en el sentido que contrarreste el cambio.

El equilibrio químico, es muy importante, ya que tiene muchas aplicaciones a nivel de laboratorio o industria, pues ayuda a los científicos a predecir las condiciones propicias «presión, temperatura y concentración» que optimicen el rendimiento de una reacción química.

Ejemplo de cómo analizar una reacción química aplicando el principio de Le Châtelier

Para la siguiente reacción exotérmica a un volumen constante:

$$2NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)}$$

Determina el efecto que tendrán en el equilibrio, las siguientes acciones:

- Una disminución de la temperatura: el equilibrio se desplaza hacia los productos (derecha).
- Un incremento de la presión: la presión no afecta al equilibrio.
- Un descenso de la concentración de $N_{2(g)}$: el equilibrio se desplaza hacia los productos para generar más $N_{2(g)}$.

B. Práctica de Le Châtelier

Reúnete en grupo o parejas según lo indique tu docente, y aplicando el principio de Le Châtelier resuelve lo siguiente:

Procedimiento:

1. Desarrolla los siguientes ejercicios, tomando en cuenta la opinión de tu pareja o compañeros de grupo.
2. Haz una presentación a los miembros de tu grado, explicando el análisis hecho y por qué proponen esa solución.

p. 43

a. Para la siguiente reacción exotérmica en equilibrio:

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

Indica con flechas hacia dónde se desplaza el equilibrio en los siguientes casos:

- Aumento de la concentración de $O_{2(g)}$
- Disminución de la concentración de $H_2O_{(g)}$
- Aumento del volumen del sistema
- Reducción de la temperatura del sistema
- Introducción de un catalizador

b. Al calentar yodo $I_{2(g)}$ en una atmósfera de dióxido de carbono ($CO_{2(g)}$), se produce monóxido de carbono $(CO_{(g)})$ y pentaóxido de diyodo $(I_2O_{5(s)})$:

$$H_{2(g)} + 5CO_{2(g)} \rightleftharpoons 5CO_{(g)} + I_2O_{5(s)}$$

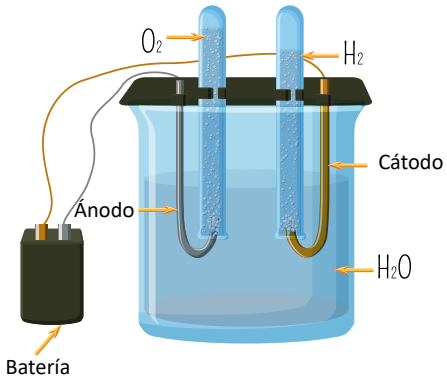
Justifica el efecto que tendrán los cambios que se indican:

- Adición de $I_{2(g)}$ sobre la cantidad de $CO_{(g)}$
- Reducción de la temperatura sobre la cantidad de $CO_{2(g)}$

Cuando un sistema de reacción se encuentra en equilibrio y este se ve modificado por cambios en las variables que lo afectan, el sistema busca la manera de reestablecer el equilibrio, ya sea incrementando o disminuyendo las concentraciones de las partículas en el medio, regulando los cambios de presión o reestableciendo la temperatura, absorbiendo o liberando calor.

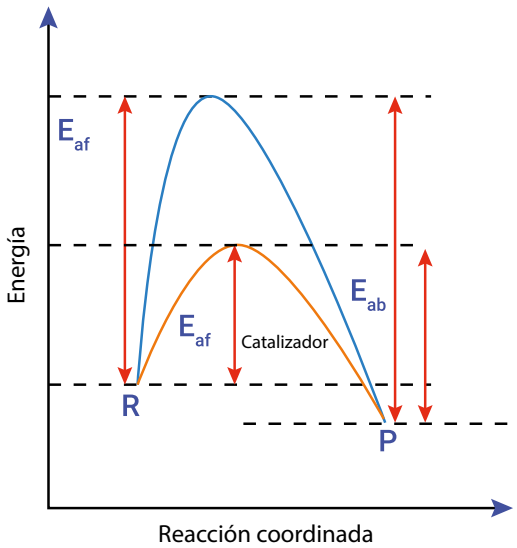
Por otra parte, el efecto de un catalizador es acelerar la reacción directa, por tanto, su incorporación va a desplazar el equilibrio a la derecha.

Electrolisis del agua



$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

Efecto de un catalizador en la energía de activación



Unidad 3

Indagación

Constante de equilibrio y su interpretación

El equilibrio químico tiene una gran importancia en la vida diaria, desde su participación en los procesos biológicos de los seres vivos hasta en la manufactura de productos que se emplean en el día a día.

Por ejemplo, su aplicación en la fabricación de perfumes, cuando se elabora un determinado aroma se busca que sea atractivo y compatible con los usuarios, definitivamente esto obedece a las reacciones químicas involucradas en la producción y las cantidades exactas de moléculas aromáticas, que deben encontrarse en equilibrio químico en el producto final, para que este sea efectivo y duradero en el tiempo.

Ante el ejemplo anterior, podemos decir que el equilibrio químico en el laboratorio o en la industria permite predecir las condiciones de presión, temperatura y concentración, para aumentar el rendimiento de una reacción química. Por tanto, recordemos que para hablar de equilibrio químico nos planteamos la siguiente ecuación general de un proceso reversible:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

Esta ecuación química indica que se tienen los reactivos A y B, los cuales, al combinarse forman los productos C y D, con sus respectivos coeficientes estequiométricos, es decir, a, b para los reactivos y c, d para los productos. Al iniciar la reacción, A y B se empiezan a consumir para formar C y D, después de un tiempo, cuando hay suficientes partículas de C y D estas también empiezan a interaccionar y vuelven a formar A y B, estableciendo así un ciclo de formación y consumo de productos y reactivos. Es en ese punto donde se alcanza el equilibrio químico. Aunque pensemos que este proceso ha parado, porque no observamos cambios macroscópicos, este sigue y por eso se dice que el equilibrio químico es dinámico. Por tanto, cuando se plantea esta ecuación de manera cinética, es decir, analizando la **velocidad de la reacción**, tenemos el siguiente planteamiento:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD \qquad v_d = k_d\,[A]^a[B]^b$$

Donde:
v_d y k_d son la velocidad y la constante de la reacción directa.

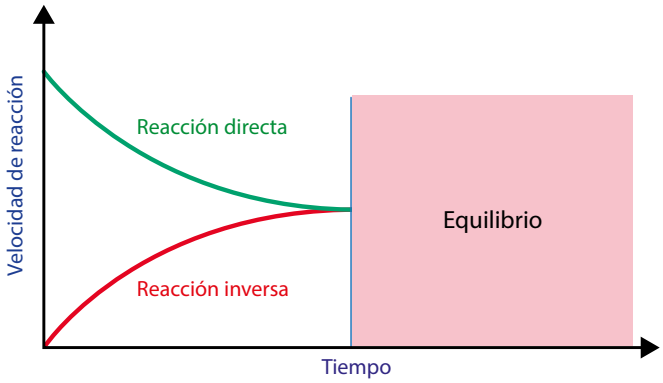
$$cC + dD \rightleftharpoons aA + bB \qquad v_i = k_i\,[C]^c\,[D]^d$$

Donde:
v_i y k_i son la velocidad y la constante de la reacción inversa.

Notación...

El término velocidad de reacción (v) es utilizado para expresar el cambio en las concentraciones de los reactivos o productos con respecto al tiempo y se expresa en $mol/L/s$

Cuando estas velocidades se igualan, es decir, la velocidad directa es igual a la velocidad inversa $v_d = v_i$ se ha alcanzado el equilibrio, puedes observarlo en el gráfico de la derecha.



Al inicio, la velocidad directa es muy elevada pues las concentraciones de A y B son altas, pero a medida que transcurre el tiempo estos se consumen y la velocidad directa alcanza un valor constante como se observa en la curva de color verde.

Consecuentemente, al inicio la velocidad inversa es menor, pero a medida que se gastan los reactivos, la velocidad inversa aumenta hasta que se alcanza el equilibrio, en ese punto, ya no hay cambios netos y las dos velocidades son iguales.

$$v_d = v_i$$
$$k_d\,[A]^a[B]^b = k_i[C]^c[D]^d$$

Despejamos para ambas constantes y concentraciones:

$$\frac{k_d}{k_i} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

Como k_d y k_i son constantes a una temperatura dada, su cociente también es una contante K_c denominada constante de equilibrio, que ya conoces.

$$\frac{k^d}{k_i} = K_c$$

Por tanto:

$$K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

Con lo aprendido hasta el momento responde lo siguiente:

a. ¿En qué estado de agregación deben estar las especies A, B, C y D para considerarlas en la fórmula del equilibrio químico?

p. 44

Si ahora escribimos la reacción inversa, su constante de equilibrio se puede obtener así:

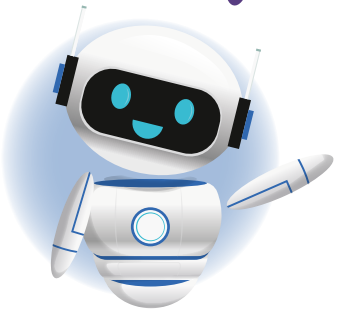
$$cC + dD \rightleftharpoons aA + bB$$

$$K'_c = \frac{[A]^a[B]^b}{[C]^c[D]^d} = \frac{1}{K_c}$$

La magnitud de K_c nos informa sobre la proporción de reactivos y productos en el equilibrio, así:

- Cuando $K_c > 1$, nos dice que la mayoría de los reactivos se ha convertido en productos.
- Cuando $K_c < 1$, indica que la mayoría de los reactivos quedan sin reaccionar, formándose solo pequeñas cantidades de productos.
- Cuando $K_c \to \infty$, indica que prácticamente solo existen los productos.

Los valores que se emplean para K_c están numéricamente relacionados con las concentraciones molares de las especies en el equilibrio. K_c se considera adimensional, es decir, no tiene unidades



Creatividad

Ahora ya conoces la expresión de la constante de equilibrio, esta es deducida en función de las concentraciones de las sustancias que participan en el equilibrio, pero para sistemas con sustancias gaseosas se puede expresar otra constante en función de las presiones, veamos cómo se calcula esa constante.

Fíjate que...

Si se trata de sistemas heterogéneos, en la K_p solo intervienen especies en estado gaseoso.

Notación...

K_p se considera adimensional, es decir, no tiene unidades.
P_i representa a la presión parcial donde i puede ser cualquiera de los componentes gaseosos que participan en la reacción.

La presión de un gas es proporcional al número de moles por litro, y a partir de la ecuación 2.3 se puede expresar así:

$$P = \frac{n}{V} RT$$

Con esta expresión se puede representar el cambio necesario para establecer el equilibrio en términos de las presiones parciales (P_i) de las sustancias gaseosas que intervienen en el equilibrio. A esta constante la reconocerás como K_p siempre y cuando en la reacción:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

Intervengan especies gaseosas. Obtenemos:

$$K_p = \frac{[P_c]^c[P_D]^d}{[P_A]^a[P_B]^b} \qquad 3.2$$

Debes saber que, K_c no es igual que K_p debido a que las presiones parciales de los reactivos y productos no son iguales a las concentraciones molares. Entonces, se puede deducir la relación entre K_c y K_p de la siguiente manera:

$$aA_{(g)} \rightleftharpoons bB_{(g)}$$

Donde a y b son los coeficientes estequiométricos, la constante de equilibrio viene dada por:

$$K_c = \frac{[B]^b}{[A]^a}$$

Y la expresión de la constante de equilibrio para gases (K_p) es:

$$K_p = \frac{[P_B]^b}{[P_A]^a}$$

Donde P_A y P_B; son las presiones parciales de A y B; para un comportamiento de gas ideal, podemos llegar a la deducción de la siguiente fórmula:

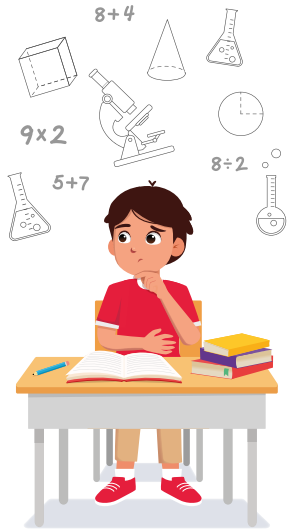
$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \qquad 3.3$$

Donde: $\Delta n = b - a$ (moles de producto – moles de reactivo)

CONSTANTE DE EQUILIBRIO

La importancia de constante de equilibrio en la farmacología para facilitar reacciones eficaces en la producción de nuevos medicamentos.

A. Aprende cómo se calcula la constante de equilibrio



Ejemplo 1. En un recipiente de un litro de capacidad, se somete a reacción el dióxido de azufre y oxígeno. Al alcanzarse el equilibrio se tienen 0.6 moles de trióxido de azufre, 0.2 moles de dióxido de azufre y 0.3 moles de oxígeno. Calcular la constante de equilibrio. Primero, debemos plantearnos la ecuación de la reacción:

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$
$$[0.2] + [0.3] \leftrightarrow [0.6]$$

Luego, planteamos la fórmula de la constante de equilibrio:

$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$$

Finalmente, sustituimos los valores de concentración de las sustancias:

$$K_c = \frac{[0.6]^2}{[0.2]^2\,[0.3]}$$

$$K_c = \frac{[0.36]}{[0.04][0.3]} = 30$$

Ejemplo 2. Un recipiente de 400 mL de capacidad a 30 °C contiene una mezcla de 0.42 g de NO_2 y 1.8 g de N_2O_4. Calcular la constante de equilibrio. Primero, debemos plantearnos la ecuación de la reacción:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$
$$1.8\ g \rightleftharpoons 0.42\ g$$

Como en este caso nos están dando los gramos de reactivos y productos, primero se tendrá que determinar la concentración molar que viene dada en moles por litro; para ello, aplicamos la fórmula que ya conocemos y tenemos:

$$[N_2O_4] = \frac{g}{MM \times L}$$

$$[N_2O_4] = \frac{1.8\ g}{92\ \frac{g}{mol} \times 0.4\ L}$$

$$[N_2O_4] = 0.048\ \frac{mol}{L}$$

$$[NO_2] = \frac{g}{MM \times L}$$

$$[NO_2] = \frac{0.42\ g}{46\ g/mol \times 0.4\ L}$$

$$[NO_2] = 0.02\ mol/L$$

Expresando en notación científica:

$$K_c = 8.3 \times 10^{-3}$$

Planteamos la fórmula de la constante de equilibrio:

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

$$K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.048]}$$

$$K_c = 0.0083$$

También, se puede calcular la concentración de un reactivo o producto de una reacción química a partir de la constante de equilibrio.

Ejemplo 3. Si $K_c = 2.37 \times 10^{-3}$ a $726.85\ °C$ para $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, calcule la concentración de H_2 en un sistema en equilibrio que contiene una concentración de $0.683\ M$ de N_2 y $1.05\ M$ de NH_3.

Planteamos la constante de equilibrio:

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$2.37 \times 10^{-3} = \frac{[1.05]^2}{[0.683][H_2]^3}$$

Se despeja la concentración de hidrógeno:

$$[H_2]^3 = \frac{[1.05]^2}{[0.683] \times 2.37 \times 10^{-3}}$$

$$[H_2]^3 = \frac{1.1025}{1.61871 \times 10^{-3}}$$

$$[H_2] = \sqrt[3]{\frac{1.1025}{1.61871 \times 10^{-3}}}$$

$$[H_2] = 8.8 \frac{mol}{L}$$

Ejemplo 4. La constante de equilibrio K_p obtenida para la descomposición del pentacloruro de fósforo en tricloruro de fósforo y cloro molecular $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ es de 10.5 a una temperatura de $250\ °C$. Si las presiones parciales en el equilibrio de PCl_5 y PCl_3 son $0.875\ atm$ y $0.463\ atm$, respectivamente. ¿Cuál es la presión parcial en el equilibrio de $Cl_{2(g)}$ a esta temperatura?

Primero, expresemos la K_p en términos de las presiones parciales de cada especie que interviene en la reacción:

$$K_p = \frac{[p_{PCl_3}]\,[p_{Cl_2}]}{[p_{PCl_5}]}$$

Luego, sustituimos los valores:

$$1.05 = \frac{[0.463]\,[p_{Cl_2}]}{[0.875]}$$

$$[p_{Cl_2}] = \frac{[1.05][0.875]}{[0.463]}$$

$$[p_{Cl_2}] = 1.98\ atm$$

Comuniquemos lo aprendido

B. Ejercita tu mente

En esta actividad ejercitarás cómo obtener la constante de equilibrio, concentraciones y presiones parciales de las especies que participan en una reacción química en equilibrio.

Procedimiento:

1. Sigue las indicaciones de tu docente.
2. Resuelve los ejercicios asignados.
3. Pasa al frente a explicar los resultados a los demás estudiantes de tu sección.

p. 44

Desarrolla los ejercicios.

Unidad 3

a. Para la reacción:

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

A cierta temperatura, en un recipiente de $500\ \text{mL}$, se encuentran en equilibrio las sustancias $H_{(g)} = 0.15\ \text{moles}$, $Br_{2(g)} = 0.20\ \text{moles}$ y $HBr_{2(g)} = 0.10\ \text{moles}$. Calcula la K_c a esa temperatura.

b. En un recipiente a $1000\ \text{K}$ tenemos $NH_{3(g)}$, $N_{2(g)}$, $H_{2(g)}$ en equilibrio, al analizar el contenido en la muestra se tienen las concentraciones $NH_{3(g)} = 0.102\ \frac{mol}{L}$, $N_{2(g)} = 1.03\ \frac{mol}{L}$, $H_{2(g)} = 1.62\ \frac{mol}{L}$. Calcula el valor de K_c para la reacción:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

c. La constante de equilibrio K_p es 1.8×10^{-5} a $350\ °\text{C}$ para la reacción:

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

¿Cuál es el valor de K_c para esta reacción?

d. Considera los siguientes procesos en equilibrio a $700\ °\text{C}$:

$$2H_{2(g)} + S_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_2S_{(g)}$$

p. 45

Un análisis muestra que hay $2.50\ \text{moles}$ de H_2, $1.35 \times 10^{-5}\ \text{moles}$ de S_2 y $8.70\ \text{moles}$ de H_2S contenidos en un matraz de $12.0\ \text{L}$. Calcula la constante de equilibrio K_c de la reacción.

e. ¿Cuál es el valor de K_p a $1273\ °\text{C}$ para la reacción?

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$$

Si K_c es 2.24×10^{22} a la misma temperatura.

f. La constante de equilibrio K_c es 4.17×10^{-34} a $25\ °\text{C}$ para la reacción:

$$2HCl_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$$

¿Cuál es la constante de equilibrio para la reacción inversa a la misma temperatura?

p. 46

Explica los ejercicios resueltos.

g. Para la síntesis de amoniaco a partir de nitrógeno e hidrógeno:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$K_c = 9.60$ a 300 °C. Calcula K_p para la reacción a dicha temperatura.

h. Para el equilibrio:

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

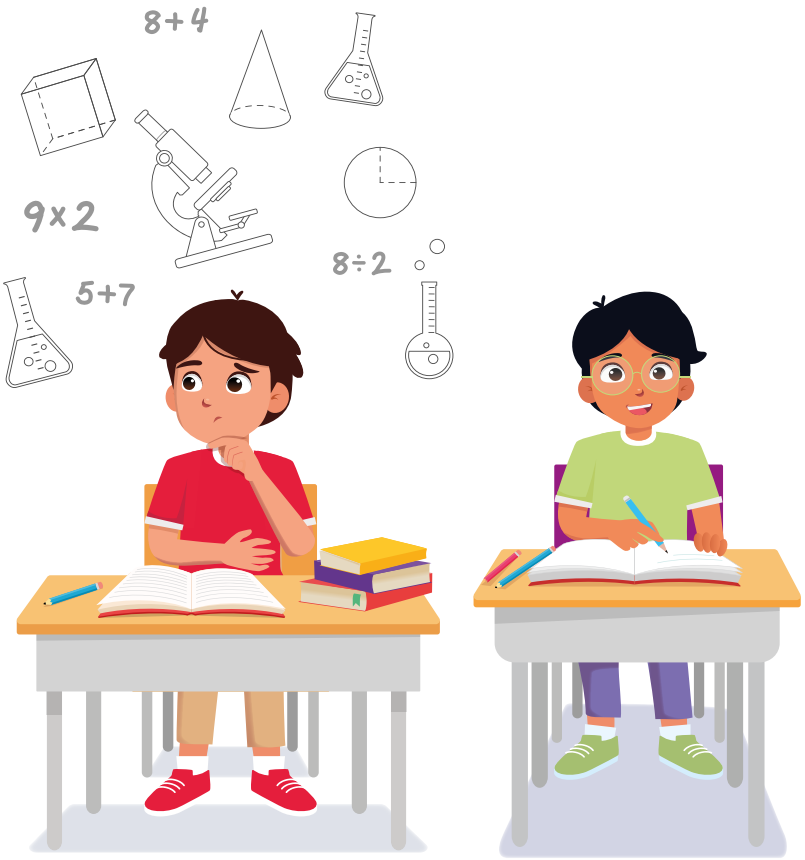
$K_c = 4.08 \times 10^{-3}$ a 1000 K. Calcula K_p para la reacción de dicha temperatura.

i. Se mezcla nitrógeno e hidrógeno en un recipiente hasta alcanzar el equilibrio a 472 °C. Luego, se toma una muestra de gases, los cuales presentan las siguientes presiones: 7.38 atm $H_{2(g)}$, 2.46 atm $N_{2(g)}$ y 0.166 atm $NH_{3(g)}$. A partir de esto calcula el K_p para la reacción:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

j. Una solución acuosa de ácido acético presenta las siguientes concentraciones en el equilibrio a 25 °C: $CH_3COOH = 1.62 \times 10^{-2}\ M$; $H^+ = 5.44 \times 10^{-4}\ M$ y $CH_3COO^- = 5.44 \times 10^{-4}\ M$. Calcula la K_c para la reacción:

$$CH_3COOH_{(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)} + CH_3COO^-_{(ac)}$$



Indagación

Sustancias ácidas y amargas

Es sorprendente saber que en lugares tan comunes como en la cocina puedes encontrar diversas sustancias químicas. Muchas de ellas son ingeridas, por lo que es probable que hayas notado que algunas tienen un sabor agrio o ácido, mientras que otras poseen un sabor amargo. Esto se debe a que algunas sustancias son ácidas, mientas que otras son básicas o alcalinas, pero ¿cómo sabemos cuál es cuál y cómo podemos distinguirlas?

Por ejemplo, cuando muerdes un limón es casi imposible no hacer caras graciosas al sentir ese sabor agrio o ácido, aunque de alguna manera resulte agradable. Del mismo modo, cuando te enfermas, es posible que alguna medicina te parezca amarga; sin embargo, la ingieres porque sabes que te hará sentir mejor.

A. Clasifica sustancias

En esta actividad clasificarás según tu criterio si las sustancias que usas en la cotidianidad son ácidas, básicas o neutras.

Procedimiento:

1. Clasifica las sustancias como ácidas, básicas o neutras, colocando una equis (X) en la casilla.
2. Responde las siguientes preguntas:
   a. ¿Qué es una sustancia ácida?
   b. ¿Qué es una sustancia básica?
   c. ¿Cómo podrías diferenciar un ácido de una base sin probarlas?

p. 47

En tu entorno puedes encontrar sustancias ácidas, entre ellas, algunos alimentos, por ejemplo, los jugos de frutas cítricas como el limón y la naranja, que contienen ácido cítrico. Algunos medicamentos contienen ácido ascórbico, que es la vitamina C, el sabor agrio del yogur es debido al ácido láctico, el vinagre contiene ácido acético, y así podríamos listar otros ejemplos, todos los ácidos tienen sabor agrio, pero hay ácidos que son más fuertes que otros, en concordancia con el pH que poseen. Debes tener cuidado, ya que los ácidos con pH bajo son corrosivos; entre ellos, podemos mencionar al ácido clorhídrico (HCl) conocido como ácido muriático, al ácido sulfúrico (H_2SO_4) que se emplea principalmente para la fabricación de fertilizantes, al ácido nítrico (HNO_3) que tiene varias aplicaciones a nivel industrial, entre otros.

Por otro lado, si hablamos de bases podemos mencionar algunos alimentos de sabor amargo como las berenjenas o el brócoli, que contienen sustancias básicas llamadas **alcaloides**, y además, algunos productos de limpieza que en general son utilizados para quitar la suciedad de diferentes superficies. Otros productos básicos son los antiácidos que alivian los malestares estomacales. Las sustancias básicas producen una sensación resbalosa al tacto, así como la de los jabones, sin embargo, al igual que en los ácidos, hay algunas bases con pH muy alto que pueden ser muy peligrosas, pues también son corrosivas. Algunos ejemplos conocidos son el hidróxido de sodio $(NaOH)$ conocido como soda cáustica que es muy utilizado para destapar cañerías, el hidróxido de potasio (KOH) que se emplea para la misma aplicación, pero en menor proporción y el hidróxido de litio $(LiOH)$ que se emplea en aplicaciones industriales.

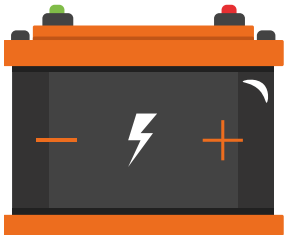
Entre las características de los ácidos y bases, podemos mencionar:

Características de los ácidos

- Poseen sabor agrio o ácido.
- Reaccionan con algunos metales, por ejemplo, el hierro, en esta reacción se libera gas hidrógeno.
- Reaccionan con bases de manera exotérmica, produciendo agua y sal.
- En disolución acuosa, conducen la electricidad.
- Pueden destruir tejidos orgánicos.
- Son altamente solubles en agua.
- Pueden provocar cambios de color en algunas sustancias conocidas como indicadores.

Características de las bases

- Poseen un sabor amargo y tienen una textura jabonosa al tacto, como el cloro o la lejía, por ejemplo.
- No reaccionan con metales.
- Reaccionan con ácidos de manera exotérmica, produciendo agua y sal.
- En disolución, conducen corriente eléctrica.
- Pueden provocar cambios de color en algunas sustancias conocidas como indicadores.



Como puedes observar, existe una gran cantidad de sustancias ácidas y básicas que presentan diferentes fuerzas de acidez y basicidad. Como seguramente ya has analizado, las sustancias ácidas o básicas corrosivas son las que poseen una mayor fuerza y esto está relacionado con su capacidad para separarse en iones cuando se encuentran en un medio acuoso. Estas sustancias han sido muy estudiadas y se han establecido teorías para explicar su comportamiento.

La primera que estudiaremos es la **teoría de Arrhenius**, desarrollada para explicar la disociación electrolítica y la conducción de la electricidad en pilas eléctricas. Arrhenius caracterizó las sustancias como **electrolitos fuertes**, **débiles** y **no electrolitos**. Cuando una sustancia se separa por completo en iones, estos se clasifican como electrolitos fuertes; si solo una parte de los iones se separan, se les denomina electrolitos débiles; y si la sustancia no se separa en iones, se clasifica como no electrolito.

B. Líquidos que conducen la electricidad

Con este experimento comprobarás la teoría de Arrhenius; para ello, necesitarás los siguientes materiales.

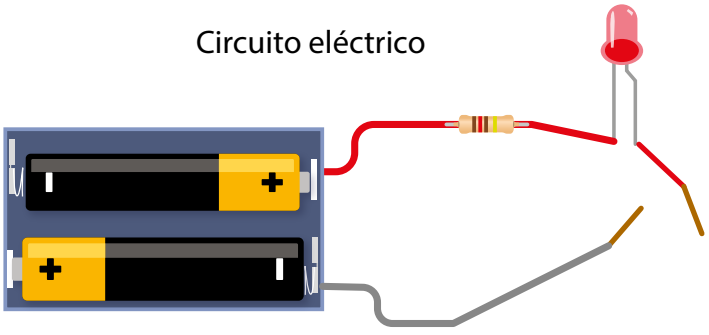
Materiales:

- Hidróxido de sodio (soda cáustica)
- Ácido clorhídrico (ácido muriático)
- 1 resistencia eléctrica de $120\ \Omega$
- Diodo emisor de luz (LED)
- Ácido acético (vinagre)
- Bicarbonato de sodio
- 6 vasos desechables
- Agua destilada
- Porta batería AA
- 2 baterías de $4.5\ \text{V}$
- Cinta aislante
- 4 cables
- Anilina

Procedimiento:

1. Arma el circuito eléctrico como en la imagen.

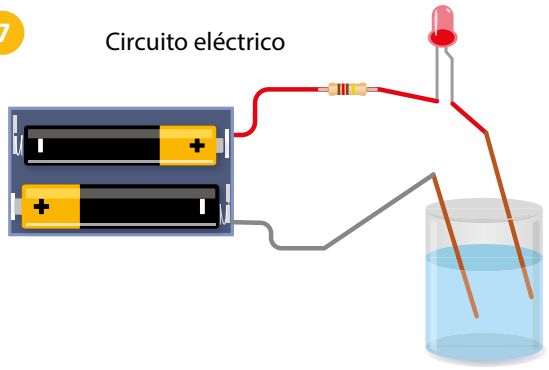
Circuito eléctrico



2. Etiqueta cada vaso con los reactivos a utilizar: agua, ácido acético, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, anilina y bicarbonato de sodio.
3. En los vasos de ácido acético, ácido clorhídrico y anilina, agrega $10\ \text{mL}$ de cada uno de estos reactivos líquidos y diluye a $50\ \text{mL}$ con agua destilada.
4. En el vaso de agua agrega $50\ \text{mL}$ de agua destilada, que servirá para limpiar los cables.

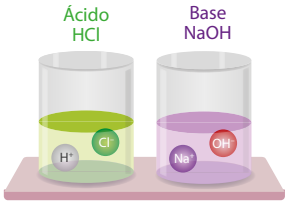
Recuerda siempre utilizar gafas, guantes y gabacha cuando trabajes con sustancias irritantes como ácidos y bases fuertes.

7 Circuito eléctrico



5. En el vaso de hidróxido de sodio y bicarbonato de sodio, coloca 2 hojuelas y 1 cucharadita, respectivamente, y disuelve con $50\ \text{mL}$ de agua destilada.
6. Ordena las muestras de la siguiente manera: ácido acético, ácido clorhídrico, anilina, hidróxido de sodio y bicarbonato de sodio.
7. Introduce los cables en cada una de las soluciones, limpiándolos cuando pases de un vaso al otro. Luego, realiza lo siguiente:

a. Completa las tablas colocando una equis (X) de acuerdo con la intensidad de luz del LED con las diferentes sustancias. p. 48
b. Disocia cada sustancia en sus iones y con ayuda del literal a. trata de determinar qué tipo de electrolito es.



Arrhenius usó su teoría de disociación electrolítica para desarrollar un modelo de ácidos y bases, este modelo define a:

- Un ácido como una sustancia que en solución libera iones H^+

$$HCl_{(ac)} \rightarrow H^+_{(ac)} + Cl^-_{(ac)}$$

- Una base como aquella sustancia que en solución libera iones OH^-.

$$NaOH_{(ac)} \rightarrow Na^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$$

De acuerdo con la teoría de Arrhenius todos los ácidos y bases deben ser **electrolitos**, es decir, que en solución deben conducir la electricidad. Arrhenius dedujo que existen ácidos y bases fuertes y débiles. En el experimento, pudimos observar que los ácidos fuertes conducen mejor la corriente eléctrica que los débiles, lo mismo sucede con las bases fuertes.

La teoría de Arrhenius nos permite establecer las propiedades acidas o básicas de muchas sustancias. Sin embargo, posee dos limitaciones, en primer lugar, reduce el concepto de ácido a especies químicas que contienen H^+ y el de base a las especies que contienen iones OH^-. Por ejemplo, Arrhenius clasificó el bicarbonato de sodio como ácido, sin embargo, este posee propiedades básicas. Arrhenius analizó que la disociación del bicarbonato de sodio se desarrolla en dos partes:

$$NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^-$$

$$HCO_3^- \rightarrow H^+ + CO_3^{-2}$$

A pesar de que hay iones H^+ libres, el bicarbonato de sodio reacciona con ácidos comportándose como una base. La segunda limitación, es que solo se refiere a soluciones acuosas, cuando en realidad existen reacciones ácido-base que tienen lugar en ausencia de agua.

Para explicar esta discrepancia de la teoría de Arrhenius, surgen otros estudios de los científicos Brönsted-Lowry quienes desarrollaron una nueva teoría, la **teoría de Brönsted-Lowry,** que propone clasificar a los ácidos de forma similar a Arrhenius.

- Un ácido como una sustancia que en solución dona iones H^+.
- Una base como una sustancia capaz de aceptar iones H^+.

Un factor que debes tener claro es que, en solución acuosa, los iones H^+ reaccionan inmediatamente con las moléculas de agua para formar iones **hidronio**, (H_3O^+). Por tanto, la teoría de Brönsted-Lowry contempla la presencia de hidrógeno en el ácido, pero ya no se necesita un medio acuoso. Por tanto, al analizar la disociación del bicarbonato de sodio esta conserva la primera reacción:

$$NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^-$$

Pero para la segunda reacción, plantearon que el carbonato ácido al combinarse con el agua aceptaba un protón H^+ lo que dejaba libres iones OH^- en la disolución, explicando así las propiedades básicas del bicarbonato de sodio.

$$HCO_3^- + H_2O \rightarrow OH^- + H_2CO_3$$

En una reacción ácido-base o reacción de neutralización, un ácido y una base de Arrhenius reaccionan generalmente para formar agua y una sal.

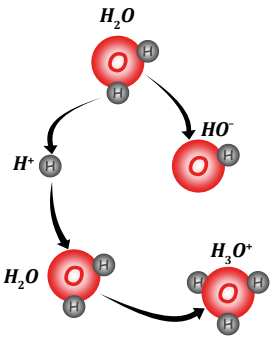
$$HCl_{(ac)} + NaOH_{(ac)} \rightarrow H_2O_{(l)} + NaCl_{(ac)}$$

Lo anterior ayuda a entender, por qué un ácido fuerte desplaza a otro débil (lo mismo ocurre entre una base fuerte y otra débil). Las reacciones ácido-base se analizan como una competición por los protones, y se expresan en forma de ecuación química. Observa la siguiente ecuación:

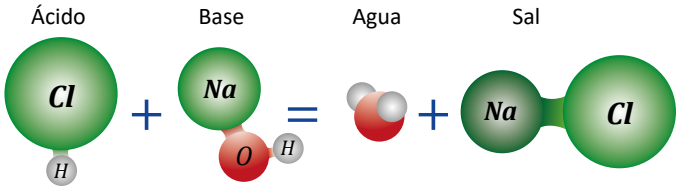
HCl	+	H_2O	⇌	H_3O^+	Cl^-
Ácido (1)		Base (1)	⇌	Ácido conjugado	Base conjugada
Ácido fuerte		Base débil	⇌	Ácido fuerte	Ácido débil

Este planteamiento quiere decir que, al perder el protón, el Ácido (1) se convierte en su base conjugada. Al ganar el protón, la Base (1) se convierte en su ácido conjugado. La ecuación descrita constituye un equilibrio que puede desplazarse a derecha o izquierda. El HCl es un ácido fuerte en agua porque transfiere fácilmente un protón al agua formando un ion hidronio (H_3O^+); por tanto, cuanto más fuerte es el ácido frente a otra especie química, más débil es su base conjugada.

Disociación del agua



Reacción ácido-base



SOLUCIONES ÁCIDO-BASE

Existen similitudes y diferencias entre los ácidos y bases fuertes y débiles son notables en términos de sus propiedades y comportamiento químico.

El químico estadounidense Lewis definió el comportamiento de los ácidos y de las bases, estableciendo la **teoría de Lewis** que sugiere lo siguiente:

- Una base es una especie que puede donar un par de electrones.
- Un ácido es una especie que puede aceptar un par de electrones.

En esta teoría, el ácido debe tener su octeto de electrones incompleto y la base debe tener algún par de electrones solitarios.

C. ¿Qué teoría es?

En esta actividad identificarás ácidos y bases según las teorías de Arrhenius, Brönsted-Lowry y Lewis. Primero, analiza algunos ejemplos para la identificación de ácidos y bases con cada teoría.

Ejemplo 1. Identificación de ácidos o bases con la teoría de Arrhenius y la de Brönsted-Lowry.

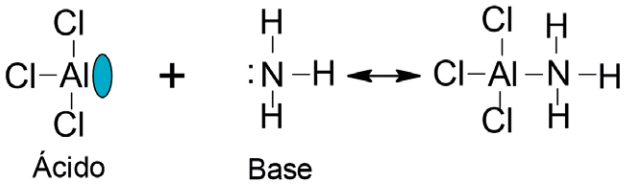
$$HI_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + I^-_{(ac)}$$

Arrhenius: HI es un ácido, porque aumenta la $[H^+]$ en solución.

Brönsted-Lowry:

$HI_{(ac)}$	+	$H_2O_{(l)}$	$\rightleftharpoons$	$H_3O^+_{(ac)}$	+	$I^-_{(ac)}$
Ácido 1		**Base 2**		**Ácido conjugado**		**Base conjugada**

Ejemplo 2. Identificación ácidos o bases con la teoría de Lewis.



Ya que has analizado los ejemplos, resuelve los ejercicios:

p. 49

1. Escribe la ecuación de disociación según la teoría de Arrhenius e identifica las siguientes sustancias como ácidos o bases.

   a. HI
   b. $Al(OH)_3$
   c. H_2S
   d. $Zn(OH)_2$
   e. HNO_3
   f. $NaOH$

2. De las siguientes reacciones, identifica si es un ácido-base de Brönsted-Lowry y sus pares ácido-base conjugados.

   g. $HNO_{3\,(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + NO^-_{3(ac)}$
   h. $LiOH_{(ac)} + HBr_{(ac)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + LiBr_{(ac)}$
   i. $HF_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + F^-_{(ac)}$
   j. $CH_3COOH_{(ac)} + NH_{3(ac)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(ac)} + NH^+_{4(ac)}$

3. Identifica los pares ácido-base según la teoría de Lewis.

   k. $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
   l. $FeCl_3 + Cl^- \rightleftharpoons FeCl_4$

Potencial de hidrógeno

Indagación

En la televisión, radio o red social se presentan anuncios de cosméticos que muestran cómo ayudan a mejorar la apariencia de tu piel, algunos dicen que contienen humectantes y un pH balanceado o neutro. Pero ¿qué es el pH y a qué se refieren cuando dicen «nuestro producto cuenta con un pH neutro»?

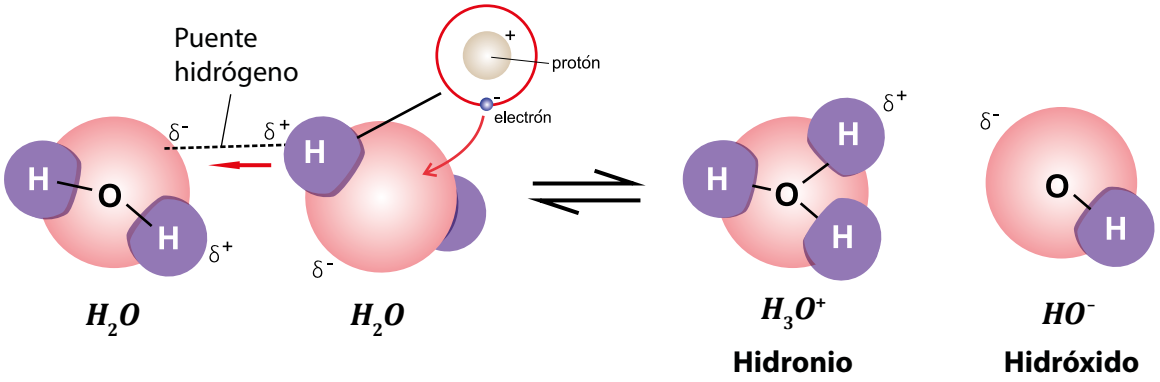
Para contestar estas interrogantes, debes conocer la importancia del agua en la definición del pH, ya que el agua es mejor conocida como el solvente universal. Esto se debe a su capacidad para actuar como un aceptor o como un donador de protones.

- Cuando el agua se enfrenta con una sustancia ácida actúa como base.
- Si se encuentra con una sustancia básica, actuará como un ácido.

Esta capacidad dual es la que permite que en el agua se dé un proceso conocido como autoionización; el cual, se representa en la siguiente ecuación:

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons OH^- + H_3O^+$$

Autoionización del agua



Cuando dos moléculas de agua reaccionan entre sí, se forma el ion hidronio (H_3O^+), pero por practicidad este se representa con H^+. Ahora, resuelve lo siguiente:

a. Escribe la ecuación de la disociación del agua usando H^+.

La reacción de disociación del agua es un equilibrio, por tanto, tiene asociada una p. 50 constante de equilibrio.

b. Expresa dicha constante de equilibrio.

La semana pasada realizaste un experimento para comprobar la conductividad eléctrica de algunas bases y ácidos. Con relación a esto, algunos investigadores realizaron mediciones de la conductividad eléctrica de muestras de agua químicamente pura, concluyendo que la cantidad de iones H^+ y OH^- presentes en el agua es muy pequeña. Esto permite suponer que la cantidad de agua que se ioniza es muy pequeña y que la concentración de moléculas de agua prácticamente no cambia.

En la ecuación de equilibrio se supone que $[H_2O]$ es una constante. Entonces, despejamos la ecuación para dejar las constantes a la izquierda:

$$K_c[H_2O] = [H^+][OH^-]$$

El producto $K_c[H_2O]$ es constante y se define como Kw **constante del producto iónico del agua**, su valor experimental a $25\ °C$ es de:

$$Kw = 1 \times 10^{-14} \qquad 3.4$$

Por cada H^+ que se forma, se produce un ion OH^-, por ello, la $[H^+]$ es igual a $[OH^-]$.

$$[H^+] = [OH^-] \qquad 3.5$$

Con K_w sabemos el valor del producto de $[H^+]$ y $[OH^-]$:

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

Considerando la ecuación 3.5 tenemos:

$$[H^+][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[H^+]^2 = 1 \times 10^{-14}$$

Aplicando raíz cuadrada a ambos lados:

$$\sqrt{[H^+]^2} = \sqrt{1 \times 10^{-14}}$$

$$[H^+] = 1 \times 10^{-7}\,(mol/L) = [OH^-]$$

Estas concentraciones de iones son para el agua pura y neutra. Si la concentración de H^+ es mayor que la de iones OH^-, se dice que es una solución ácida. Si por el contrario la concentración de OH^- es mayor que la de H^+, se dice que es una solución básica o alcalina.

Ante lo anterior, el científico Sorensen, propuso un método para expresar la acidez, ya que las $[H^+]$ suelen ser cantidades pequeñas y poco cómodas de manejar numéricamente, por tanto, definió al pH de una solución como «el logaritmo negativo de la concentración de iones H^+».

$$pH = -log[H^+] \qquad 3.6$$
$$10^{-pH} = [H^+] \qquad 3.7$$

De manera análoga, el pOH se define como «el logaritmo negativo de la concentración de iones $[OH^-]$.

$$pOH = -log[OH^-] \qquad 3.8$$
$$10^{-pOH} = [OH^-] \qquad 3.9$$

Ahora bien, si consideramos de nuevo la constante del producto iónico del agua a $25\ °C$:

$$[H^+][OH^-] = K_w = 1 \times 10^{-14}$$

Al aplicar el logaritmo negativo a ambos lados:

$$-(log[H^+] + log[OH^-]) = -log(1 \times 10^{-14})$$
$$-log[H^+] - log[OH^-] = 14$$

A partir de las definiciones de pH y pOH , se obtiene:

$$pH + pOH = 14 \qquad 3.10$$

Con esto se puede establecer la escala de pH, pero ¿qué es la escala de pH?

pHmetro equipo para determinar el pH

Creatividad

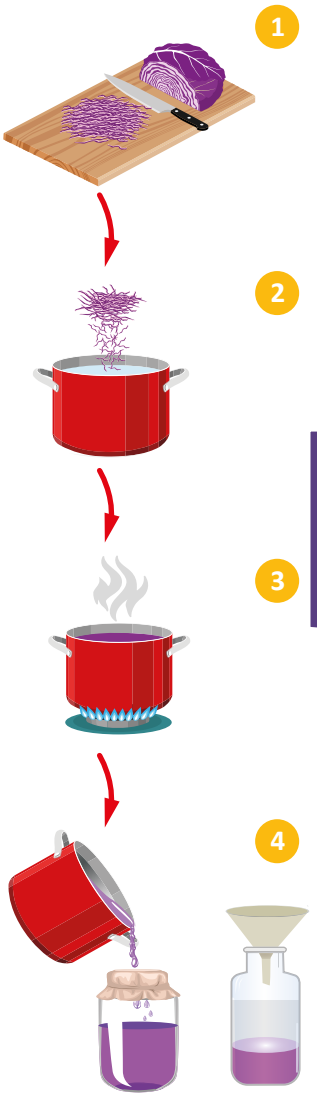
Ahora, realizarás un experimento en el que construirás una escala de pH.

A. Arcoíris de repollo morado

Con este experimento, fabricarás una solución de repollo morado que sirve como indicador de pH, con esta elaborarás una escala de pH que te permitirá comprobar si las sustancias son ácidas, básicas o neutras.

Materiales:

- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de sodio
- 10 mL de agua azucarada
- 10 mL de jugo de limón
- La mitad de un repollo morado
- 2 litros de agua destilada
- 10 mL de agua con jabón
- Balón volumétrico de 50 mL
- Papel filtro
- 14 Frascos transparentes con tapa de aproximadamente 50 mL
- 14 vasos transparentes de 50 mL
- Goteros o jeringas de 5 y 10 mL
- Sistema de calentamiento
- Botella limpia de 500 mL
- Cuchara desechable
- Embudo
- Olla



Procedimiento:

Parte I. Preparación del indicador

Prepararás un indicador natural, usando repollo morado y agua destilada.

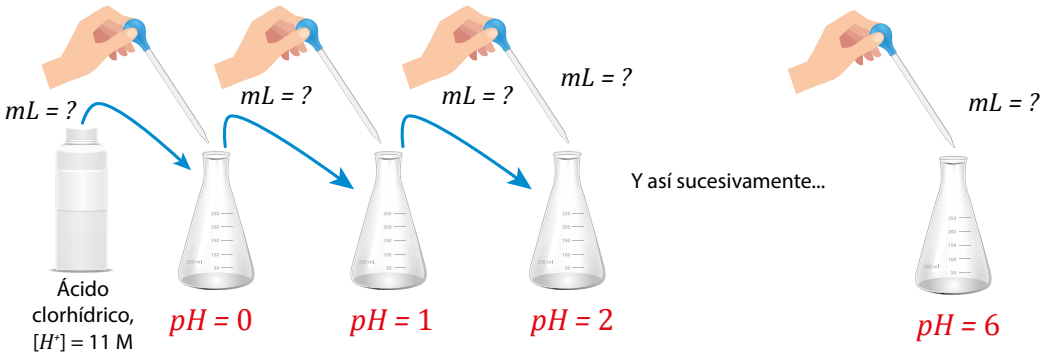
1. Al repollo morado, quítale las primeras hojas y córtalas en trozos grandes.
2. Agrega las hojas de repollo morado en la olla y adiciona 500 mL de agua.
3. Calienta por 10-15 minutos hasta que ebulla y después deja enfriar.
4. Filtra el líquido y colócalo en la botella.
5. Rotula la botella con el nombre «indicador de repollo morado» y coloca la fecha de elaboración.
6. Si al final del experimento queda un poco de solución morada, puedes conservarla agregando unos 5 mL de alcohol etílico, para evitar su descomposición por la acción de microorganismos.

Parte II. Preparación de las muestras con mayor concentración de H^+

Prepararás 7 diluciones a partir de la solución concentrada de ácido clorhídrico.

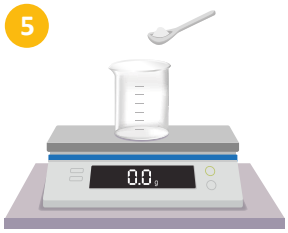
1. Rotula 7 vasos con $pH = 0$, $pH = 1$, hasta $pH = 6$, respectivamente.
2. Luego, elabora los cálculos matemáticos para determinar cuántos mililitros de ácido clorhídrico concentrado $[11\ M]$ te debe proporcionar tu docente, para obtener un volumen final de 50 mL de una solución a $1\ M$.
3. Deposita la solución preparada en el vaso rotulado con $pH = 0$.
4. Registra el volumen en la tabla.
5. Calcula cuántos mililitros debes extraer de la solución $pH = 0$ para elaborar 50 ml de solución correspondiente a $pH = 1$, y así sucesivamente elabora los cálculos y completa la tabla con las alícuotas que debes extraer hasta obtener las 7 soluciones, siguiendo el esquema de la siguiente página.

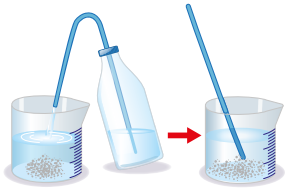
p. 50

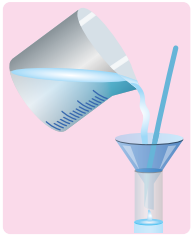


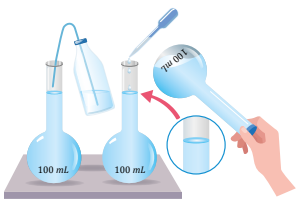
6. Rotula un vaso con $pH = 7$ y solo agrega 50 mL de agua.

$[H^+]$ Molar		pH	pOH	$[OH^-]$ Molar	
1 M	$1.0 \times 10^{-0} = 1$	0	14		
0.1 M	1.0×10^{-1}	1	13		
0.01 M	1.0×10^{-2}	2	12		
0.001 M	1.0×10^{-3}	3	11		
0.0001 M	1.0×10^{-4}	4	10		
0.00001 M	1.0×10^{-5}	5	9		
0.000001 M	1.0×10^{-6}	6	8		
	1.0×10^{-7}	7	7	1.0×10^{-7}	
		8	6	1.0×10^{-6}	0.000001 M
		9	5	1.0×10^{-5}	0.00001 M
		10	4	1.0×10^{-4}	0.0001 M
		11	3	1.0×10^{-3}	0.001 M
		12	2	1.0×10^{-2}	0.01 M
		13	1	1.0×10^{-1}	0.1 M
		14	0	$1.0 \times 10^{-0} = 1$	1 M

5


6


7


8


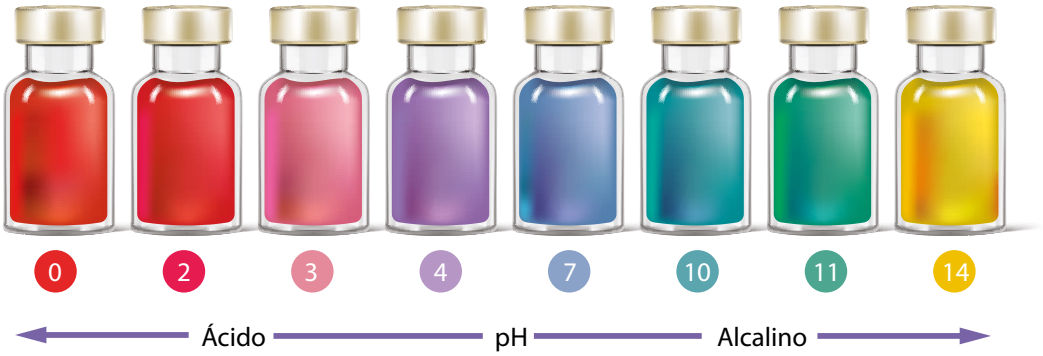
Parte III. Preparación de las muestras con mayor concentración de OH^-

Prepararás 6 diluciones a partir de una solución al $1\ M$ de hidróxido de sodio que debes preparar previamente.

1. Rotula 7 vasos con $pH = 14$, $pH = 13$, hasta $pH = 8$, respectivamente.
2. Luego, elabora y registra los cálculos matemáticos para determinar cuántos gramos de hidróxido de sodio debes medir para obtener una solución final de 50 mL a una concentración $1\ M$.
3. Registra los gramos de $NaOH$ en la tabla.
4. Prepara la solución de $NaOH$.
5. Mide la cantidad que necesitarás de $NaOH$ para preparar 50 mL de solución a $1\ M$.
6. Agrega poco a poco el agua y agita hasta disolver todo el sólido.
7. Con ayuda del embudo, agrega la solución al balón volumétrico.
8. Afora la solución a 50 mL.
9. Deposita la solución preparada en el vaso rotulado con $pH = 14$.

p. 51

10. Luego, realiza los cálculos para determinar cuántos mililitros debes extraer de la solución $pH = 14$ para elaborar los 50 mL de solución correspondiente a $pH = 13$, y así sucesivamente elaborarás los cálculos y extraerás las alícuotas de hidróxido hasta obtener las 7 soluciones, tal como lo hiciste con las de ácido.
11. Ahora, coloca en orden los vasos, desde $pH = 0$ hasta $pH = 14$, agrega 5 gotas de indicador de repollo a cada vaso y observa lo que sucede. Si deseas más intensidad en el color, agrega una mayor cantidad de indicador, ten encuenta que debes agregarlo en la misma proporción a todos los vasos, para obtener resultados más certeros.

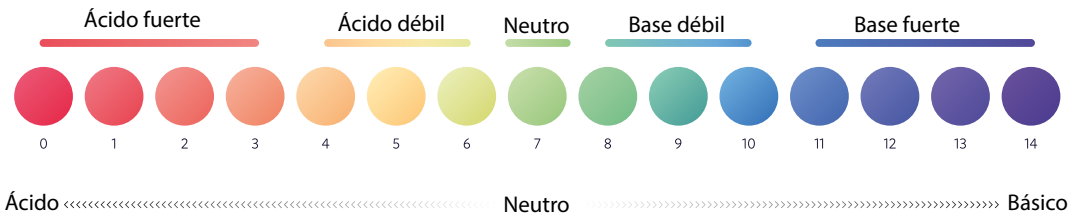


12. En 3 vasos agrega los 10 mL de agua azucarada, jugo de limón y agua con jabón, respectivamente.
13. Añade algunas gotas de indicador de repollo. Luego, identifica y registra qué valor de pH poseen las soluciones, comparando con la escala de pH que realizaste.
14. Por su valor de pH, clasifica las soluciones como ácidas, básicas o neutras.
15. Puedes repetir los *pasos 12, 13 y 14* con otro tipo de sustancias, de las cuales, te interese saber su nivel de pH.
16. Consigue frascos transparentes limpios para guardar la escala, pues la utilizarás la próxima semana; también, puedes tomar una fotografía de la escala de colores sobre un fondo blanco, para que te sirva de referencia.

p. 51

La escala de pH mide el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa, e indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas soluciones. El símbolo pH significa **potencial de hidrógeno** y se puede medir de manera cualitativa, que solo indica si es ácido o base, y cuantitativa, que indica el valor numérico aproximado dentro de la escala de pH que posee dicha sustancia. Existen diversos métodos para hacerlo.

Escala de colores del pH



¡Genial!
Solicita a tu responsable que comparta tus logros.
@educacion_
@educacion_
@educacions
@EducacionS

Técnicas para determinar el pH de manera experimental.
http://bit.ly/3UwB2JB

Comunicación

El pH de las soluciones, también puede determinarse de manera teórica. A continuación, analizaremos algunos ejemplos y los pondremos en práctica para resolver algunos ejercicios.

B. Calculemos el potencial de hidrógeno (pH)

Con esta actividad aprenderás a calcular los potenciales de H^+ y OH^-, y las concentraciones de $[H^+]$ y $[OH^-]$.

Ejemplo 1. ¿Cuál es el pH, pOH y $[OH^-]$de una disolución cuya concentración de iones H^+ es 2.5×10^{-2} M?
Sabemos que $pH = -log[H^+]$. Sustituimos el valor de $[H^+]$.

$$pH = -log[2.5 \times 10^{-2}]$$
$$pH = 1.6$$

El pOH se calcula así:

$$pH + pOH = 14$$
$$pOH = 14 - pH$$
$$pOH = 14 - 1.6$$
$$pOH = 12.4$$

Para encontrar la $[OH^-]$, despejamos:

$$pOH = -log[OH^-]$$
$$10^{-pOH} = [OH^-]$$
$$10^{-12.4} = [OH^-]$$
$$3.98 \times 10^{-13} = [OH^-]$$

Logaritmo usando la calculadora:
https://bit.ly/3n9gfPZ

Ejemplo 2. ¿Cuál es la concentración de H^+ y OH^- en una disolución con $pH = 5.3$?
En este problema se conoce el valor de pH; con el cual, se puede calcular la concentración de iones H^+:

$$pH = -log[H^+]$$

Despejando el logaritmo base diez:

$$10^{-pH} = [H^+]$$
$$10^{-5.3} = [H^+]$$
$$5.01 \times 10^{-6} = [H^+]$$

ESCALA DE pH

Con la escala de pH puedes medir el grado de acidez o basicidad de diversas sustancias.

Ahora resuelve los siguientes ejercicios:

p. 52

1. ¿Cuál es el pH de una solución KOH cuya concentración de iones hidróxido es de 1.0×10^{-4} M?
2. ¿Cuál es el pH de una solución cuya concentración de iones hidronio es de 1.0×10^{-3} M?
3. Calcula la concentración de ion hidróxido en mol/L de cada una de las siguientes soluciones:
   a. Una solución cuyo pOH es 5.00.
   b. Una solución cuyo pOH es 9.60.
4. Identifica las soluciones de los literales a. y b. como ácidas, básicas o neutras.

Indagación

Fuerza de los ácidos y bases

Los ácidos y las bases son importantes en diversos procesos químicos que ocurren en nuestro entorno, desde procesos biológicos hasta industriales, desde reacciones en el laboratorio hasta fenómenos que ocurren en nuestro ambiente, e incluso en nuestro organismo.

Un objeto metálico sumergido en agua por un largo período de tiempo tiende a corroerse. El ambiente acuático tiene la capacidad de mantener la vida animal y vegetal. Además, los contaminantes químicos del aire son arrastrados por la lluvia. Todos estos fenómenos dependen de la acidez o basicidad de las disoluciones.

Cuando hablamos de los ácidos, estos pueden ser fuertes o débiles, de acuerdo con su grado de ionización en agua. Recuerda que un ácido fuerte, es aquel que está completamente ionizado en solución acuosa.

$$HA_{(ac)} \rightarrow A^-_{(ac)} + H^+_{(ac)}$$

El ejemplo más habitual es el ácido clorhídrico (HCl) que se ioniza completamente en iones de hidrógeno y iones cloruro en agua.

$$HCl_{(ac)} \rightarrow H^+_{(ac)} + Cl^-_{(ac)}$$

Por otro lado, un ácido débil es aquel que se ioniza parcialmente en una solución acuosa.

$$HA_{(ac)} \rightleftharpoons A^-_{(ac)} + H^+_{(ac)}$$

El ejemplo típico es el ácido acético (que se encuentra en el vinagre).

$$CH_3COOH_{(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)} + CH_3COO^-_{(ac)}$$

En el caso de la disociación parcial de ácidos débiles se puede plantear una constante de equilibrio ya que es una reacción reversible. Para cuantificar la fuerza relativa de los ácidos débiles, debemos analizar la **constante de disociación ácida** K_a

$$HA_{(ac)} \rightleftharpoons A^-_{(ac)} + H^+_{(ac)}$$

$$K_a = \frac{[A^-_{(ac)}]\,[H^+_{(ac)}]}{[HA_{(ac)}]} \qquad 3.11$$

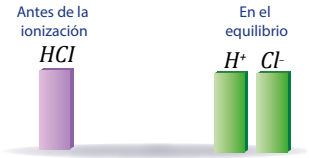
Debes saber que existen pocos ácidos fuertes, la gran mayoría de los ácidos son débiles.

Tomando esto en cuenta, desarrolla lo siguiente:

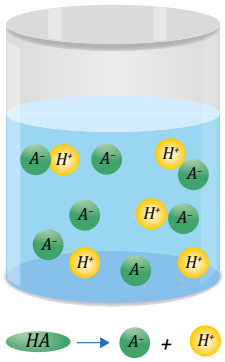
a. Escribe la ecuación y la expresión de la constante de disociación ácida K_a para el ácido acético.
b. ¿Qué representa la constante de disociación ácida?
c. ¿Será que existe una constante de disociación básica? Investiga y escribe cómo crees que se representaría de manera general.

p. 53

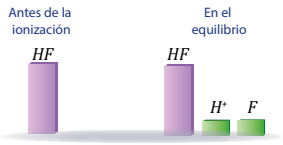
Disociación completa



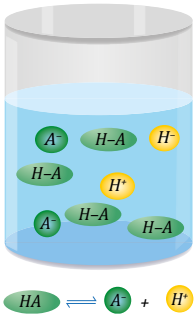
Ácido fuerte



Disociación parcial

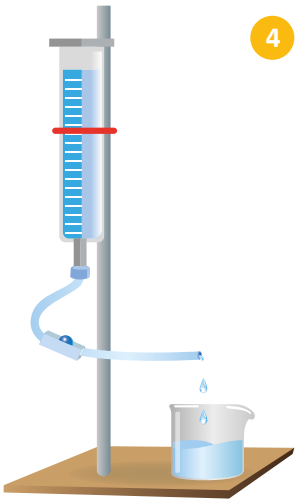


Ácido débil



Creatividad

En el siguiente experimento determinarás la constante de disociación ácida K_a para un ácido débil, en este caso, el ácido que utilizaremos es el ácido acético.



A. Bureta casera

Primero, construiremos una bureta, ya que necesitarás este instrumento para desarrollar la práctica.

Materiales:

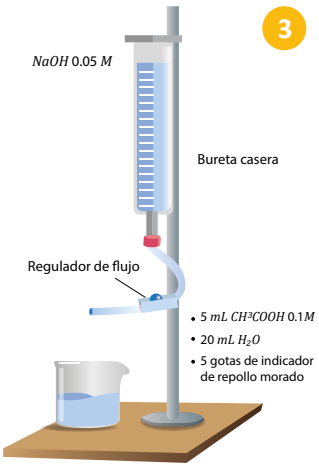
- Regulador de flujo de uso médico
- Soporte de papel toalla vertical (madera o metal)
- Cinta adhesiva transparente
- 1 jeringa de 60 mL
- Tijera

Procedimiento:

1. Quita el pistón y la aguja a la jeringa.
2. Fija la jeringa al soporte de papel toalla utilizando cinta adhesiva transparente, de modo que la graduación de la jeringa quede visible.
3. Corta con la tijera aproximadamente 15 cm de manguera, teniendo cuidado para que el regulador de flujo quede en ese segmento de maguera.
4. Introduce un extremo de la manguera a la boquilla de la jeringa, si esta es pequeña puedes calentar un poco para que quede ajustada; el dispositivo debe quedar como en la ilustración.
5. Haz una prueba; para ello, introduce 15 mL de agua en la jeringa y regula el goteo con el regulador de flujo.

B. Determinación de la K_a de un ácido débil

Ahora que ya armaste la bureta, realizarás una valoración de un ácido débil, y con los datos que obtengas, calcularás la constante de disociación ácida.



Materiales:

- Escala de pH elaborada la semana anterior
- Indicador de repollo morado
- 4 vasos de vidrio
- 2 jeringas de 5 o 10 mL
- Hidróxido de sodio
- Agua destilada
- Ácido acético
- Bureta

Procedimiento:

1. Coloca en orden la escala de pH sobre un fondo blanco para mejorar la apreciación del color.
2. Rotula la bureta con $NaOH$ [0.05 M] y un vaso con CH_3COOH [0.1 M].
3. Verifica que el regulador de flujo esté cerrado; luego, con una jeringa, agrega en la bureta 20 mL de la solución de hidróxido de sodio a 0.05 M.
4. Purga la bureta, para esto, abre la llave del regulador de flujo y vierte el **titulante** ($NaOH$) sobre un vaso de precipitado, esto garantiza que no queden burbujas atrapadas que afecten el volumen de titulante que utilizarás.

5. Vuelve a llenar la bureta con la base, esto te permite medir bien las alícuotas que se adicionan.
6. Con otra jeringa, agrega en el vaso rotulado con CH_3COOH $0.1\ M$, $5\ \text{mL}$ de ácido acético a $0.1\ \text{M}$.
7. Adiciona $20\ \text{mL}$ de agua destilada para tener un volumen óptimo para la lectura.
8. Luego, agrega 5 gotas de indicador y homogeniza muy bien.
9. Ahora vas a comenzar la **titulación** o **valoración** del ácido débil con una base fuerte. La técnica de titulación depende de si eres diestro o zurdo.
   - Diestro: abre el regulador de flujo con la mano izquierda y con la mano derecha homogeniza la solución haciendo movimientos circulares con el vaso sobre la mesa de trabajo.
   - Zurdo: abre el regulador de flujo con la mano derecha y con la mano izquierda homogeniza la solución haciendo movimientos circulares con el vaso sobre la mesa de trabajo.

Debes estar pendiente del volumen que vas agregando, para evitar adicionar más titulante.

10. Aplicando la técnica anterior, agrega cuidadosamente $1.5\ \text{mL}$ de hidróxido de sodio al vaso que contiene ácido acético y homogeniza por 2 minutos.
11. Una vez homogenizada la solución, determina el pH comparando con la escala; luego, reporta el dato en la tabla.
12. Repite los pasos 9, 10 y 11, cinco veces más, haciendo un total de 6 adiciones.
13. Realiza los cálculos tomando en cuenta la siguiente información:

p. 53

p. 54

Analicemos la ecuación general de disociación de un ácido débil, como es parcial la ecuación es reversible:

$$HA_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + A^-_{(ac)}$$

Recuerda que $H_3O^+ = H^+$, por tanto, la constante de disociación ácida se expresa como la ecuación 3.11, despejando esta ecuación podemos determinar la $[H^+]$:

$$[H^+] = K_a \frac{[H\,A]}{[A^-]}$$

Aplicamos $-log$ base 10 a ambos lados de la ecuación:

$$-log[H^+] = -\,log\,K_a - log\ \frac{[H\,A]}{[A^-]}$$

¿Pero por qué $-log$ base 10? Esto pertenece a la función p, que permite expresar de manera sencilla cantidades muy pequeñas y poco cómodas de manejar.

Aplicando las reglas de los logaritmos, esta expresión se vuelve positiva:

$$pH = pK_a + log\ \frac{[A^-]}{[HA]} \qquad 3.12$$

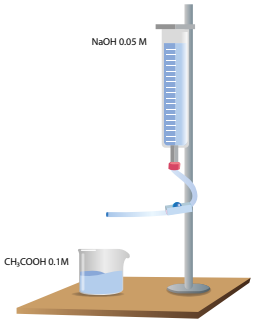
Esta expresión es equivalente a la ecuación de la línea recta $y = mx + b$:

$$pH = pK_a + log\ \frac{[A^-]}{[HA]}$$
$$y = \quad b \qquad\quad x$$

Entonces, la gráfica adquiere valores de pH en el eje de las y, mientras que en el eje de las x adquiere los valores de $log([A^-]/[HA])$ y b es el intercepto donde se encuentra el valor experimental pK_a, a partir de este podemos obtener la K_a.

Pero ¿cómo obtendrás los valores del eje de las x? Veamos a continuación 2 ejemplos.

Así se calcula...



Determinación de la K_a de un ácido débil

Realizaremos los cálculos para cada adición.

Primera adición

	$[HA]$		$[A^-]$		
	$CH_3COOH_{(ac)}$ +	$NaOH_{(ac)}$ ⇌	$CH_3COO^-_{(ac)}$ +	$Na^+_{(ac)}$ +	$H_2O_{(l)}$
i	5.0×10^{-4}	7.5×10^{-5}	0	0	
E	-7.5×10^{-5}	-7.5×10^{-5}	$+7.5 \times 10^{-5}$	$+7.5 \times 10^{-5}$	
f	4.25×10^{-4}	0	7.5×10^{-5}	7.5×10^{-5}	

La ecuación de disociación se da en 3 etapas: inicial (i), equilibrio (E) y final (f). El cálculo es estequiométrico, por tanto, se hace en términos de masa.

Etapa inicial

Calcula los moles que intervienen en la reacción.

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow \frac{moles}{Volumen\ (L)}$$

$$n = M \times V$$

$$M_{CH_3COOH_{(ac)}} = 0.1 mol/L$$

$$V_{CH_3COOH_{(ac)}} = 5\ mL \text{ utilizado}$$

$$n_{CH_3COOH_{(ac)}} = \frac{0.1\ mol}{1\ L} \times 0.005\ L$$

$$n_{CH_3COOH_{(ac)}} = 5.0 \times 10^{-4}\ mol$$

$$M_{NaOH_{(ac)}} = 0.05 mol/L$$

$$V_{NaOH_{(ac)}} = 1.5\ mL \text{ utilizado}$$

$$n_{NaOH_{(ac)}} = \frac{0.05\ mol}{1\ L} \times 0.0015\ L$$

$$n_{NaOH_{(ac)}} = 7.5 \times 10^{-5}\ mol$$

Etapa de equilibrio

La relación ácido base es $1{:}1$, por tanto, en el equilibrio sus concentraciones son iguales, en este caso $7.5 \times 10^{-5}\ mol$, pues son los moles de base que se han agregado y todo se ha consumido. Al realizar la operación aritmética se obtienen los valores en la etapa final.

Etapa final

Como lo que te interesa es encontrar el término $log([A^-]/[HA])$ que corresponde el eje de las x, identifica las concentraciones del numerador y denominador en la etapa final, recuerda que $Molaridad = mol/L$.

$$[A^-] = [CH_3COO^-_{(ac)}]$$

$$[A^-] = \frac{n_{CH_3COO^-}}{V_{T(Litros)}}$$

$$[HA] = [CH_3COOH_{(ac)}]$$

$$[HA] = \frac{n_{CH_3COOH}}{V_{T(Litros)}}$$

$$V_T = 5\text{ mL } CH_3COOH + 20\text{ mL } H_2O + 1.5\text{ mL NaOH}$$
$$V_T = 26.5\text{ mL} \cong 0.0265\text{ L}$$

$$\log \frac{\left[\frac{[7.5 \times 10^{-5}\text{ mol}]}{0.0265\text{ L}}\right]}{\left[\frac{[4.25 \times 10^{-4}\text{ mol}]}{0.0265\text{ L}}\right]} = -0.753$$

Considera que los volúmenes de base son aditivos, y es el dato que refleja la bureta en cada adición.

Segunda adición

	$[HA]$				$[A^-]$		
	$CH_3COOH_{(ac)}$	+	$NaOH_{(ac)}$	$\rightleftharpoons$	$CH_3COO^-_{(ac)}$	+ $Na^+_{(ac)}$	+ $H_2O_{(l)}$
i	5×10^{-4}		1.5×10^{-4}		0	0	
E	-1.5×10^{-4}		-1.5×10^{-4}		$+1.5 \times 10^{-4}$	$+1.5 \times 10^{-4}$	
f	3.25×10^{-4}		0		1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	

Etapa inicial

El valor inicial de los moles de ácido se mantiene, debes encontrar los moles del valorante que has adicionado:

$$n = M \times V$$

$$M_{NaOH_{(ac)}} = 0.05 mol/L$$

$$V_{NaOH_{(ac)}} = 3.0\ mL \text{ utilizado}$$

$$n_{NaOH_{(ac)}} = \frac{0.005\ mol}{1\ L} \times 0.03\ L$$

$$n_{NaOH_{(ac)}} = 1.5 \times 10^{-4}\ mol$$

Etapa de equilibrio

La misma cantidad $1.5 \times 10^{-4}\ mol$ se consume de ácido por la relación 1:1.

Etapa final

Ahora encuentra el término $log([A^-]/[HA])$:

$$V_T = 5\ mL\ CH_3COOH + 20\ mL\ H_2O + 3.0\ mL\ NaOH$$

$$V_T = 28\ mL \cong 0.028\ L$$

$$\log \frac{\left[\frac{n_{CH3COO-}}{V_{T(Litros)}}\right]}{\left[\frac{n_{CH3COOH}}{V_{T(Litros)}}\right]} \qquad \log \frac{\left[\frac{1.5 \times 10^{-4}\ \text{mol}}{0.028\ L}\right]}{\left[\frac{3.5 \times 10^{-4}\ mol}{0.028\ L}\right]} = -0.036$$

Ojo al dato..

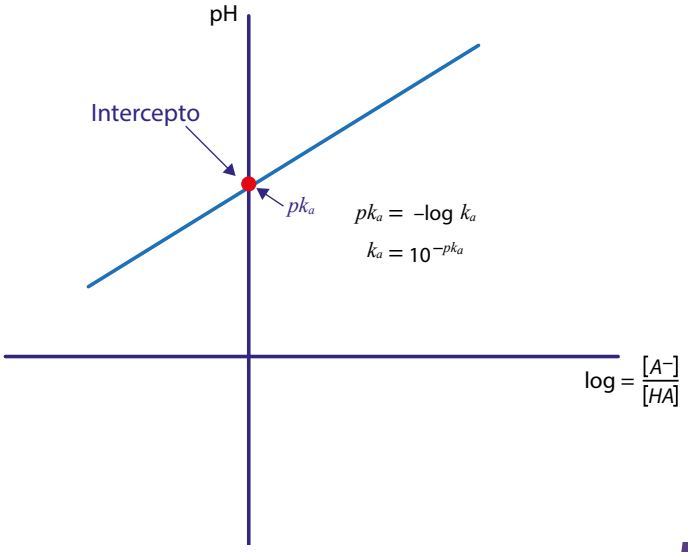
Por cada adición de 1.5 mL de NaOH la bureta reflejará los siguientes volúmenes, que debes usar para los cálculos.

Ad.	Volumen
1	1.5 mL
2	3.0 mL
3	4.5 mL
4	6.0 mL
5	7.5 mL
6	9.0 mL

Unidad 3

p. 55

14. Grafica los datos de $x = log([A^-]/[HA])$, y $y = pH$, para encontrar el intercepto b, que corresponde al valor experimental de pK_a.
15. Aplicando la función logarítmica $pK_a = -log\ K_a$, despeja para K_a y determina la constante.
16. Compara el dato obtenido con el valor teórico de la constante $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ a 25 °C, recuerda que el valor de la constante ha sido obtenido bajo condiciones ideales.
    - Cuanto mayor es el valor de K_a, más fuerte es el ácido y viceversa.
    - Cuanto mayor es el valor de K_b, más fuerte es la base y viceversa.



La fuerza de los ácidos está determinada por su capacidad para disociarse en iones en disoluciones acuosas.

Examinemos la **constante de disociación básica** K_b, escribamos la reacción de ionización para una base débil B. La base acepta un protón del agua para formar ion hidróxido OH^- y el ácido conjugado BH^+.

$$B_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons BH^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$$

De aquí se establece la expresión de la constante de equilibrio K_b:

$$K_b = \frac{[BH^+_{(ac)}]\,[OH^-_{(ac)}]}{[B_{(ac)}]} \qquad 3.13$$

K_b también se puede calcular a partir de la función:

$$pK_b = -\log K_b \qquad 3.14$$
$$K_b = 10^{-pK_b}$$

K_a y K_b están relacionadas por las ecuaciones siguientes:

$$K_a\ K_b = \left(\frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}\right)\left(\frac{[BH^+][OH^-]}{[B^-]}\right)$$

$$= [H_3O^+][OH^-]$$
$$= K_w$$

Esta expresión sirve para relacionar K_a y K_b de un par ácido-base conjugado. También, podemos utilizar K_w a $25\ °C$ para derivar las siguientes ecuaciones:

$$K_a \cdot K_b = K_w$$
$$pK_a + pK_b = 14 \qquad 3.15$$

¿Por qué son importantes K_a y K_b? Son clave para los procesos biológicos, ya que las biomoléculas funcionan adecuadamente en un intervalo reducido de pH, además, permiten optimizar métodos, para ahorrar tiempo e inversión.

C. Analicemos datos

Con esta actividad harás una reflexión sobre el proceso experimental y los resultados obtenidos.

Procedimiento:

1. Compara los resultados con los demás grupos de tu clase y verifica qué tan lejos o cerca están del valor teórico las constantes de acidez.
2. Determina qué ha afectado el proceso de obtención de tus resultados.
3. Observa los valores de la tabla en tu Cuaderno de Trabajo y resuelve:
   a. Obtén el K_a de los ácidos y completa la tabla.
   b. ¿Qué ácido es más fuerte? Ordénalos de mayor a menor.

p. 56

Soluciones amortiguadoras

Indagación

El mar es una pieza fundamental para la regulación del clima, pues atrapa más del 25 % del dióxido de carbono (CO_2) liberado en la atmósfera, protegiendo el planeta de un calentamiento mayor. Sin embargo, hoy en día las aportaciones de CO_2 provocadas por el hombre están superando sus capacidades.

Además de lo anterior, el control de la acidez y basicidad resulta ser fundamental en los procesos de laboratorio e industria y más aún en los biológicos, donde intervienen muchos procesos químicos para los cuales es conveniente mantener el pH constante, ya que de otra manera se afecta a las comunidades vegetal, animal y el medio acuático.

Una variación en las comunidades acuáticas modifica el pH y un cambio en este puede provocar una modificación en las otras comunidades, todo esto debe ser controlado para mantener el ciclo de la vida en equilibrio; pero esto no siempre es sencillo, pues en los procesos químicos se producen o consumen iones H^+ lo que vuelve difícil mantener el pH en un intervalo corto.

En la naturaleza existen múltiples ejemplos de esta situación, ya que las reacciones vitales solo se llevan a cabo de manera óptima dentro de un intervalo de pH bastante restringido.

Por ejemplo, el pH de la sangre humana oscila entre 7.39 y 7.45, por lo que es ligeramente básica. Su valor en una persona sana comúnmente no difiere en más de 0.2 unidades del valor promedio.

Cuando su valor decae por debajo de 7.39, la condición se conoce como acidosis y cuando se encuentra por encima del intervalo se conoce alcalosis, por tanto, una variación de tan solo una décima de unidad podría tener consecuencias fatales.

Otro ejemplo de esto es el ***buffer*** marino o del océano que regula la cantidad de dióxido de carbono disuelto en agua, ya que una cantidad muy alta de este puede provocar cambios en el ambiente marino, esto mantiene el pH entre 7.5 y 8.4 para que todos los procesos se lleven a cabo de forma eficiente.

Pero ¿cómo es posible mantener naturalmente esta constancia en el pH? Descúbrelo tú mismo con el siguiente experimento.

Creatividad

Cada fluido contiene diferentes tipos de sustancias disueltas, algunas sirven para mantener constante o amortiguar el pH fisiológico. En consecuencia, conocer cómo estas soluciones disueltas tienen esta capacidad es esencial para poder entender el equilibrio ácido-base.

A. Soluciones amortiguadoras o buffer

Con el siguiente experimento podrás comprobar las propiedades y cómo funcionan las soluciones que mantienen constante el pH.

Materiales:

- 4 vasos transparentes de $125\ \text{mL}$
- Escala de pH elaborada en la *semana 13*
- 2 jeringas de $20\ \text{mL}$
- Indicador de repollo
- Agua destilada
- HCl $0.50\ \text{M}$
- $NaHCO_3$ $0.10\ \text{M}$
- $NaOH$ $0.50\ \text{M}$
- Bureta
- Pajilla
- Tirro
- Tijera

Procedimiento:

Parte I. Estándar ácido

1. Verifica que la bureta que elaboraste la semana pasada esté limpia; luego, llénala con HCl $0.50\ \text{M}$ hasta aforar.
2. Realiza una purga, una vez finalizada, llena la bureta hasta aforar la marca de medida; anota este valor que sería el volumen inicial.
3. Rotula un vaso con «Estándar ácido» e identifica una jeringa de $20\ \text{mL}$ como «Agua destilada».
4. Con la jeringa, agrega $40\ \text{mL}$ de agua destilada más 10 gotas de indicador de repollo en el vaso «Agua destilada».
5. Compara el color con la escala de pH y anota el valor que sería el pH inicial.
6. Coloca el vaso bajo la bureta, abre lentamente la llave y agrega 5 gotas de HCl, agítalo muy bien haciendo movimientos circulares sobre la mesa; luego, reporta el volumen final.
7. Calcula y registra el volumen del HCl agregado.
8. Compara el color del contenido del vaso con la escala de pH; anota el valor, este sería el pH final.
9. Conserva este vaso para compararlo con la solución «Medio ácido».

p. 57

Ejemplo de agitar: movimiento circular para homogenizar evitando salpicaduras.

Parte II. Medio ácido

1. Rotula otro vaso con «Medio ácido» e identifica la otra jeringa de $20\ \text{mL}$ como «$NaHCO_3$».
2. Con la jeringa, agrega $40\ \text{mL}$ de una solución $0.10\ \text{M}$ de $NaHCO_3$, en el vaso «Medio ácido».
3. Utiliza una pajilla para soplar durante un minuto con tu aliento que contiene CO_2.
4. Agrega 5 gotas de indicador de repollo y agita.

5. Observa el color de la solución, compáralo con la escala y registra el valor de pH inicial.
6. Anota el volumen inicial de la bureta que contiene HCl.
7. Agrega gota a gota HCl 0.50 M hasta que el color y el pH sean idénticos al vaso «Estándar ácido» obtenido en la *parte I*.
8. Anota el volumen final de la bureta.
9. Calcula y registra el volumen del HCl agregado.
10. Vacía la solución de HCl de la bureta.
11. Enjuaga la bureta haciendo pasar a través de ella agua destilada y dejando que se vacíe en un vaso, repite dos veces.

Parte III. Estándar básico

1. Llena con $NaOH$ 0.50 M la bureta limpia hasta aforar.
2. Realiza la purga como en el *paso 2* de la *parte I* y anota el volumen inicial.
3. Rotula un vaso con «Estándar básico» y con la jeringa de 20 mL coloca 40 mL de agua destilada.
4. A continuación, agrega 10 gotas de indicador de repollo.
5. Compara con la escala de pH y anota el valor, este sería el pH inicial.
6. Coloca el vaso bajo la bureta, abre lentamente la llave, agrega 5 gotas de $NaOH$ y agítalo.
7. Calcula y registra el volumen del $NaOH$ agregado.
8. Compara el color de la solución con la escala de pH y anota el valor final.
9. Conserva este vaso para compararlo con la solución de la *parte IV.*

Parte IV. Medio básico

1. Rotula otro vaso con «Medio básico» y con la jeringa agrega 40 mL de una disolución a 0.10 M de $NaHCO_3$.
2. Utiliza una pajilla para soplar durante un minuto con tu aliento.
3. Agrega 5 gotas de indicador de repollo y agita el vaso.
4. Observa el color, compáralo con la escala y registra el valor de pH.
5. Anota el volumen inicial de la bureta que contiene $NaOH$.
6. Agrega gota a gota $NaOH$ 0.50 M hasta que el color y el pH sean idénticos al vaso «Estándar básico» obtenido en la *parte III*.
7. Anota el volumen final de la bureta, calcula y registra el volumen de $NaOH$ agregado.
8. Vacía la disolución de $NaOH$ de la bureta. Enjuágala haciendo pasar a través de ella agua destilada y dejando que se vacíe en un vaso de precipitado. Repite el enjuague dos veces.
9. Con los datos que registraste, responde las siguientes preguntas:
   a. ¿Son soluciones amortiguadoras las que contienen los vasos identificados como «*Parte II*» y «*Parte IV*»? Explica con tus palabras, ¿qué es una solución amortiguadora?
   b. ¿Cómo es el cambio en el pH al agregar ácido o base a las soluciones amortiguadoras de CO_2/HCO_3^-, comparado con el cambio de pH en el agua pura?

Cuando trabajes con sustancias irritantes como ácidos y bases fuertes recuerda siempre utilizar gafas, guantes y gabacha.

SOLUCIÓN BUFFER

Acción de la solución buffer de ácido acético/ ion acetato en presencia de un ácido y base fuerte.

En el experimento anterior, has comprobado que existen soluciones con la capacidad de resistir o amortiguar los cambios de pH frente a la adición de pequeñas cantidades de ácido o de base, estas soluciones son conocidas con varios nombres como **soluciones amortiguadoras**, **soluciones tampón** o soluciones *buffer,* las tres formas son correctas, pero de ahora en adelante usaremos soluciones *buffer.*

La resistencia de los *buffers* se logra gracias a la presencia de una base conjugada que reacciona con los H^+ que se añaden, y de un ácido que reacciona con los OH^- , evitando los cambios bruscos en el pH de las soluciones. Los *buffers* tienen dos componentes y están formados por:

- Un ácido débil (HA) y una sal de este ácido que contenga su base conjugada (A^-).
- Una base débil (B) y una sal de esta base que contenga su ácido conjugado (BH).

La concentración de H^+ para una disolución que contiene un ácido débil y su base conjugada, puede obtenerse a partir de la ecuación 3.11 de la constante de acidez:

$$[H^+] = \frac{K_a[ácido]}{[base\ conjugada]}$$

De esta ecuación, aplicando el logaritmo se obtiene la ecuación 3.12, si ahora multiplicamos por (−1) a ambos lados de la igualdad, y aplicamos otra vez las propiedades de los logaritmos obtenemos la ecuación de Henderson- Hasselbach:

$$pH = pK_a + \log \frac{[base\ conjugada]}{[ácido]} \qquad 3.16$$

Esta expresión permite calcular el pH de las soluciones amortiguadoras. Cuando la concentración del ácido y la base son iguales, entonces el pH es igual al pKa. Algunas disoluciones reguladoras comunes son las siguientes:

- Ácido acético/ion acetato (sal de sodio o potasio), $CH_3COOH/\ CH_3COO^-$
- Ácido fluorhídrico/ ion fluoruro (sal de sodio o potasio), HF/F^-
- Cloruro de amonio/amoniaco, NH^+/NH^-
- Ácido láctico/ion lactato (sal de sodio o potasio), $C_3H_5O_3H/\ C_3H_5O^-$
- El pH de la sangre permanece constante entre un margen de 7.3 y 7.5 (ligeramente básico) gracias a la acción de soluciones amortiguadoras presentes en las proteínas del suero sanguíneo. Dichas proteínas están formadas por aminoácidos que presentan grupos carboxilo ácidos $(-COOH)$ y también grupos básicos como los amino $(-NH_2)$

Así se calcula...

pH de una solución buffer

Determina el pH de una solución acuosa que es 0.4 M de ácido acético y 0.4 M de acetato de sodio. La K_a para el ácido acético es 1.8×10^{-5}

El acetato de sodio se disocia en CH_3COO^- y Na^+, el ion CH_3COO^- es la base conjugada de un ácido débil y presenta hidrólisis básica:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

El pH de la solución lo controla el equilibrio de ionización del CH_3COOH:

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \quad \rightarrow [H_3O^+] = K_a . \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$[H_3O^+] = 1.8 \times 10^{-5} . \frac{[0.4]}{[0.4]}$$

$$[H_3O^+] = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$pH = -log[H^+]$$

$$pH = -log[1.8 \times 10^{-5}]$$

$$pH = 4.74$$

B. Calculemos el pH de soluciones *buffer*

En esta actividad realizarás cálculos para determinar el pH de algunas soluciones *buffer*.

1. Calcula la variación de pH que tiene lugar cuando añadimos 1 mL de HCl 1 M a 1 L de solución buffer con una concentración de NH_3 de 0.75 M y de NH_4Cl de 0.75 M. Toma en cuenta que $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ para el NH_3.
   El NH_4Cl se disocia en Cl^- y NH_4^+ que presenta hidrólisis ácida:

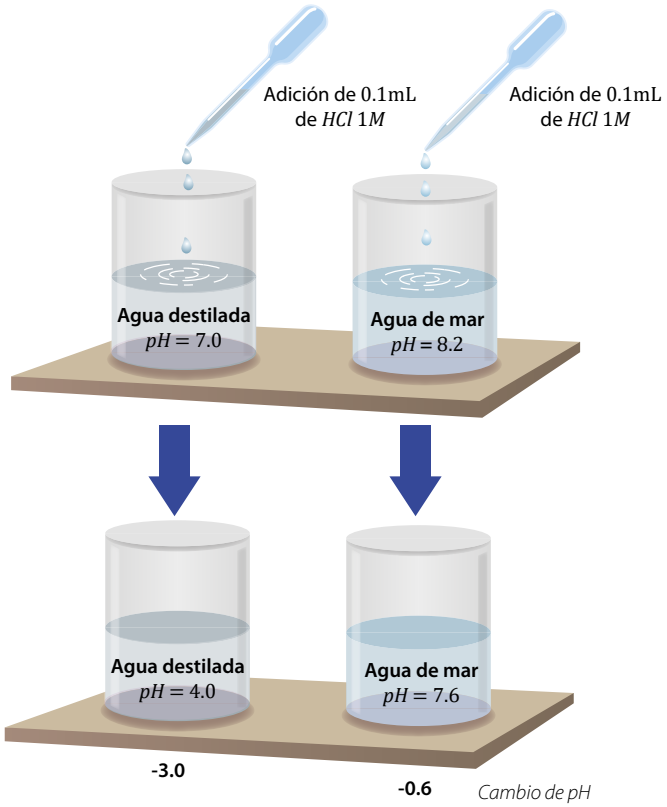
p. 58

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$$

El amoniaco es una base débil, que establece el siguiente equilibrio:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

2. ¿Cuál es el pH de una disolución con 0.20 M de ácido nitroso y 0.050 M de nitrito de sodio? $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
3. ¿Cuál es el pH de una disolución que se preparó con 0.030 M de NH_3 y 0.070 M de NH_4NO_3? $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$
4. Calcula los gramos necesarios para preparar 250 mL de un *buffer* de ácido oxálico/oxalato de sodio de 0.2 M y pH de 1.5.
   Toma en cuenta lo siguiente:
   Masa molar del ácido: $90\ g/mol$ y $K_a = 6.5 \times 10^{-2}$
   Masa molar sal: $134\ g/mol$



Como mencionamos al inicio un *buffer* que podemos encontrar en la naturaleza es el agua de mar.

El pH del agua de mar es de aproximadamente 8.2; si en un laboratorio realizamos una simple prueba, y a $1\ \mathrm{L}$ de agua de mar le adicionamos $0.1\ \mathrm{mL}$ de una solución ácida de $1\ \mathrm{M}$ de HCl, y se compara con el pH de $1\ \mathrm{L}$ de agua destilada bajo las mismas condiciones, vamos a observar que el pH del agua pura cambia en 3.0 unidades, mientras que el pH del agua de mar solamente cambia en 0.6 unidades. Pero, ¿a qué se debe esto?, se han realizado muchas investigaciones que reportan que el pH del agua de mar es básico, debido a la acción en conjunto del CO_2 atmosférico y de los seres vivos que se encuentran en el interior del mar desempeñando un papel importante.

En cierto momento, cuando el CO_2 (dióxido de carbono) se introduce en el mar, se transforma en H_2CO_3 (ácido carbónico), HCO_3^- (ion bicarbonato), CO_3^{-2} (ion carbonato) y H^+ (protones). Como las etapas de esta reacción tienen lugar en diferentes extensiones, así estas sustancias se encuentran en cantidades diferentes en el océano.

Por otra parte, varias especies de seres vivos acuáticos evolucionaron con una forma de protección a partir de un caparazón calcáreo; la fabricación de este caparazón se basa en segregar Ca^{+2} (iones calcio), que, junto a los CO_3^{-2} presentes en el agua, generan el $CaCO_3$ (carbonato de calcio) que es un sólido bastante insoluble, cuya función es la de recubrir gradualmente las partes blandas del organismo.

El consumo de CO_3^{-2} para formar $CaCO_3$, trae como consecuencia el desplazamiento del pH hacia valores más básicos, así como una presencia mucho mayor de HCO_3^- disuelto en el agua, lo que permite mantener el pH en el rango.

Entonces, el control del pH se debe a que las propias sustancias que se encuentran disueltas en el agua de mar limitan el cambio en la concentración de H^+ después de la adición de HCl.

Reacciones de ácidos y bases

Indagación

¿Alguna vez has sentido un malestar en tu estómago tan fuerte que has tenido que tomar algún medicamento para aliviar el dolor?

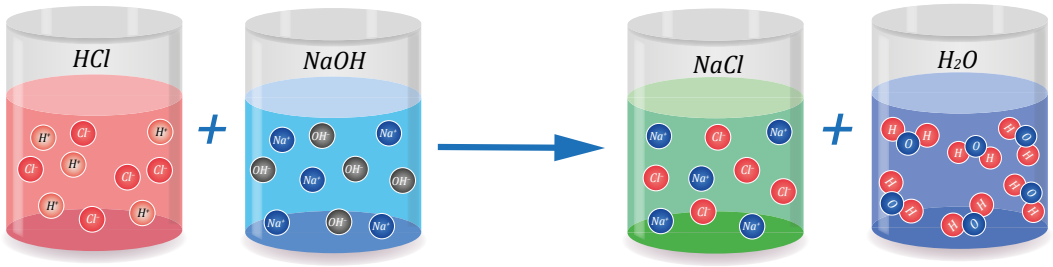
Cuando sufrimos una indigestión ácida o acidez estomacal solemos tomar pastillas antiácidas y, normalmente, funcionan de maravilla.

Las pastillas antiácidas son muy eficaces contra la acidez porque están compuestas por hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$), una base. Cuando este entra en contacto con el ácido fuerte del estómago (ácido clorhídrico, HCl), neutraliza el exceso del ácido estomacal. ¡Esto logra que te sientas mejor en poco tiempo!

Incremento de la acidez

Es en estas situaciones se lleva a cabo una reacción ácido-base o de neutralización, ya que reaccionan entre sí un ácido y una base, dando como productos una sal y agua.

Reacción ácido/base



Ácido Base Sal Agua

Así como estudiamos en la *semana 10,* estas reacciones son equilibrios químicos que obedecen al principio de Le Châtelier. Pero, ¿cómo podemos evidenciar que las reacciones ácido-base obedecen a este principio? Qué te parece si hacemos un experimento para comprobarlo.

A. Principio de Le Châtelier para ácidos y bases

Con esta actividad podrás evidenciar el principio de Le Châtelier para los ácidos y las bases, así mismo analizarás cómo se cumple este principio; para ello, necesitarás lo siguiente:

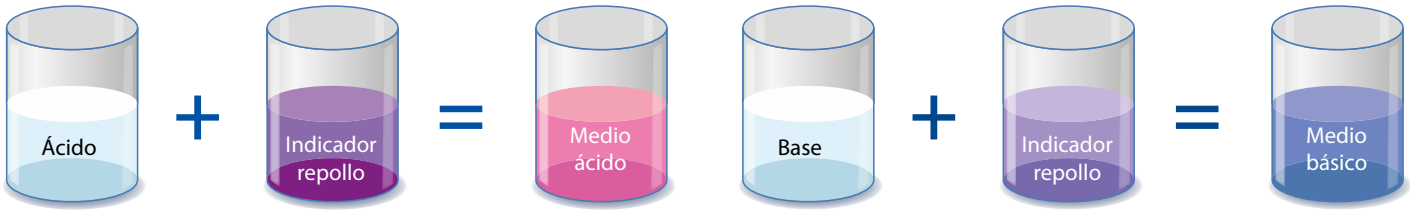
Materiales:

- Indicador de repollo
- 3 jeringa de $5\ \text{mL}$
- Agua destilada
- CH_3COOH $0.1\ \text{M}$
- $NaOH$ $0.1\ \text{M}$
- 3 cucharas
- 4 vasos

Procedimiento:

1. Agrega en un vaso $5\ \text{mL}$ de indicador de repollo más $10\ \text{mL}$ de agua destilada y registra el color de la solución.
2. Adiciona $1\ \text{mL}$ de CH_3COOH y observa. ¿De qué color es la solución?
3. Agrega $1\ \text{mL}$ de $NaOH$ y observa. ¿A qué color cambió la solución?
4. Adiciona $1\ \text{mL}$ de CH_3COOH. ¿De qué color es ahora?
5. Agrega $1\ \text{mL}$ de $NaOH$. ¿A qué color cambió?
6. Escribe las ecuaciones de las reacciones de disociación que plantea el experimento y aplica el principio de Le Châtelier para explicar con tus palabras en qué dirección se desplaza el equilibrio.

p. 60



Recuerda el principio de Le Châtelier «Si un sistema químico en equilibrio se somete a un cambio, el equilibrio se desplazará en el sentido que contrarreste el cambio».
Por tanto, si analizamos las reacciones ácido-base, utilizando otro ejemplo y aplicando el análisis del principio de Le Châtelier, tendríamos los siguientes casos:
El ion amonio NH_4^+ es un ácido débil que se disocia de la siguiente manera:

$$NH^+_{4(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

Añadiendo una pequeña cantidad de HCl y aplicando el principio de Le Châtelier se tendría el equilibrio del NH_4^+/NH_3 y la disociación del HCl:

$$NH^+_{4(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

$$HCl_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Cl^-_{(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

Como en ambas reacciones se producen H_3O^+, su concentración aumenta en los productos para restablecer el equilibrio, la reacción NH_4^+/NH_3 se desplazará hacia la izquierda para poder anular el aumento de iones H_3O^+.

Si añadimos ahora una pequeña cantidad de $NaOH$, aplicando Le Châtelier se tendría el equilibrio del NH_4^+/NH_3 y la disociación del $NaOH$:

$$NH^+_{4(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

Al añadir una base fuerte, se añaden iones OH^- estos van a ir directamente a reaccionar con los iones H_3O^+, produciendo una neutralización, esto hace que la concentración de H_3O^+ disminuya en los productos; por lo tanto, la reacción se desplazará en sentido de los productos, es decir, a la derecha.

Creatividad

En la *semana 14* has empleado el método volumétrico cuantitativo, llamado valoración o titulación volumétrica, este método en términos generales es un proceso químico que se utiliza para determinar la concentración de una disolución desconocida, añadiendo lentamente un reactivo de concentración conocida.

Podrías preguntarte, ¿por qué es necesario, este método? Seguramente alguna vez has comido un «elote loco» o algún pan con proteína de soya.
Un ingrediente indispensable de estos manjares es la mostaza, la cual se considera de gusto adquirido. Esto significa que tal vez no te guste al principio, pero al consumirla con frecuencia puedes llegar a desarrollar un gusto por su sabor.

El sabor de la mostaza invade todo el paladar creando una sensación única, dentro de la composición de las mostazas comerciales, un ingrediente que es de nuestro interés por ahora es el vinagre. Qué te parece si con el siguiente experimento determinas el porcentaje en peso de vinagre en una muestra de mostaza.

B. Determinación del contenido de vinagre en mostaza

En el siguiente experimento, determinarás la cantidad de vinagre en una muestra de mostaza amarilla con una valoración ácido-base; siendo el indicador, la cúrcuma presente en la muestra.

Materiales:

- Una bureta de 25 o 50 mL
- Una probeta de 10 o 25 mL
- Una pinza para bureta o pinza de extensión
- Un soporte metálico
- Un *beaker* de 250 mL
- Un *beaker* de 100 mL
- Un agitador de vidrio
- Un vidrio de reloj
- Una balanza
- Tres Erlenmeyer de 125 mL
- Una espátula
- Una nuez doble
- Un balón volumétrico de 100 mL con tapón
- Un mechero de alcohol o cocina a gas/eléctrica
- Agua destilada o desmineralizada
- 5 g de $NaOH$
- $15\ g$ de mostaza amarilla (con cúrcuma)

Procedimiento:

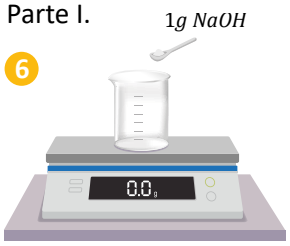
Parte I. Preparación de la solución valorante de hidróxido de sodio

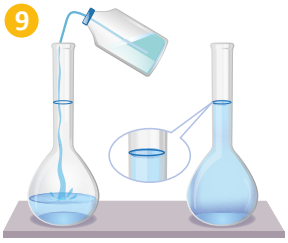
1. Agrega 150 mL de agua destilada al beaker de 250 mL.
2. Calienta el agua hasta su ebullición.
3. Mantén la ebullición por 5 minutos y retira del calor.
4. Tapa con el vidrio de reloj el *beaker* para evitar la entrada de polvo u otras sustancias.
5. Dejar enfriar el agua durante 40-60 minutos o hasta que llegue a temperatura ambiente. Para acelerar el proceso, coloca el *beaker* con cuidado en un baño de

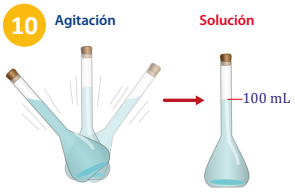
Fíjate que...

El $NaOH$ reacciona con el CO_2 disuelto en el agua, es importante eliminarlo para disminuir el error.

Parte I.







Parte II.

Parte III.

agua fría o hielo, teniendo absoluta precaución de que el agua externa no entre en el *beaker*. Mientras el agua se enfría, continúa con los pasos de la *Parte II. Preparación de las muestras.*

6. Coloca otro *beaker* de $100\ \text{mL}$ sobre la balanza y agrega $1\ \text{g}$ de $NaOH$. Esta operación debe realizarse rápidamente, ya que el $NaOH$ es **higroscópico**, es decir, que absorbe la humedad del aire, lo que podría provocar un error en la medición de la masa. Anota la masa exacta que registra la balanza.

p. 61

7. Agrega de forma rápida $40\ \text{mL}$ de agua destilada y agita hasta que se disuelva la mayor cantidad de sólido posible.
8. Agrega con cuidado el contenido del *beaker* en un balón volumétrico de $100\ \text{mL}$ y realiza los lavados del *beaker* con $20\ \text{mL}$ de agua hasta eliminar todo el $NaOH$.
9. Agrega agua destilada con ayuda de un gotero hasta aforar el balón.
10. Tapa el balón y con muchísimo cuidado homogeniza su contenido.

Parte II. Preparación de las muestras

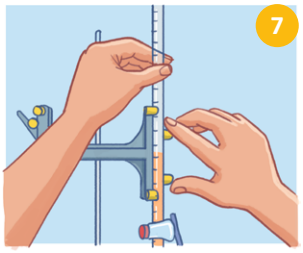
1. Pon un Erlenmeyer de $125\ \text{mL}$ en la balanza y agrega $5\ \text{g}$ de mostaza. La mostaza debe caer directo en el fondo del Erlenmeyer, sin tocar las paredes o la boca de este, ya que, si esto pasa, los datos experimentales tendrán un error apreciable.
2. Registra las tres masas exactas.
3. Mide con la probeta $15\ \text{mL}$ de agua destilada y agrégala al Erlenmeyer.
4. Agita suavemente y de manera circular el Erlenmeyer para dispersar la mostaza. Evita una agitación fuerte, ya que parte de la mostaza se adheriría a las paredes del Erlenmeyer.
5. Repite el procedimiento para preparar otras dos muestras e identifícalas.

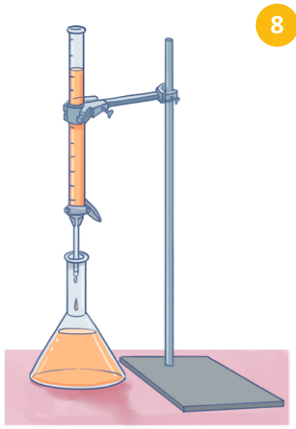
Parte III. Valoración de la muestra

1. Coloca $60\ \text{mL}$ de la solución de $NaOH$ en el beaker de $100\ \text{mL}$.
2. Con una alícuota de $10\ \text{mL}$ de $NaOH$ enjuaga la bureta, descarta esta solución que ya se usó y repite el procedimiento.
3. Verifica que la llave de la bureta esté cerrada.
4. Llena la bureta hasta la marca de aforo y púrgala.
5. Agrega más $NaOH$ hasta aforar.
6. Coloca un Erlenmeyer con muestra de mostaza debajo de la bureta.
7. Ajusta la altura de la bureta de forma que una pequeña parte del vástago se encuentre dentro de la boca del Erlenmeyer, presta atención al menisco de la solución en la bureta y anota este volumen inicial.
8. Aplica la técnica para valoración, abre la válvula lentamente y mantén la muestra en agitación mientras añades la solución valorante. De forma similar a lo que hiciste en la *semana 14, actividad B, paso 9*. La agitación debe ser moderada, evitando el roce entre el vástago de la bureta y la boca del Erlenmeyer.
9. Continúa la adición de solución de hidróxido hasta observar un leve cambio de coloración en la mostaza.
10. Mide el volumen final.
11. Calcula el volumen gastado por diferencia entre el volumen inicial y final.

12. Ajusta la altura de la bureta para retirar el Erlenmeyer.
13. Repite los *pasos 6-9* utilizando las otras dos muestras.
14. Realiza los cálculos siguientes:
    a. Calcula la concentración de la solución de $NaOH$.
    b. Calcula el volumen gastado en cada valoración. Anota el resultado en la misma tabla.
    c. Deduce y escribe la ecuación química balanceada de la valoración.
    d. Emplea la concentración de la solución de $NaOH$ calculada en el *literal a.* y el volumen de valorante calculado en el *literal b.*, para encontrar los moles de $NaOH$ gastados en cada titulación.
    e. Emplea la estequiometría de la reacción deducida en el *literal c.,* para convertir los moles de $NaOH$ gastados en moles de CH_3COOH consumido en cada titulación.
    f. Emplea la masa molar de CH_3COOH para convertir los moles de este ácido consumido en masa (gramos) en cada titulación.
    g. Calcula el porcentaje en peso (% p/p) de vinagre en la mostaza y su valor promedio entre los datos de las tres muestras, que es el resultado final de la práctica.

p. 61





Así se calcula...

Colocaremos datos experimentales como ejemplo, tu tendrás que hacer los cálculos con los datos que obtengas.

Parte I. Preparación de la solución valorante de hidróxido de sodio a 0.25 M

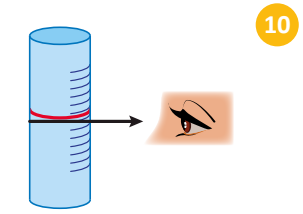
Masa de $NaOH$ (g)	2.0
Volumen de solución preparada (mL)	0.100

Parte II. Preparación de las muestras

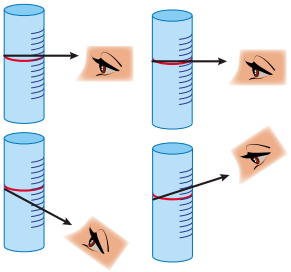
Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
5.0	5.0	5.0

Parte III. Valoración de la muestra

	Valoración 1	Valoración 2	Valoración 3
Volumen inicial (mL)	0.0	11.6	23.3
Volumen final (mL)	11.6	23.3	35.3
Volumen gastado (mL)	11.6	11.7	12.0



Lectura correcta



Lectura incorrecta

Ojo al dato..

Masa molar de $NaOH = 40.0\ g/mol$

$CH_3COOH = 60.1\ g/mol$

a. Siendo la expresión de la molaridad:

$$M_{NaOH} = \frac{g_{NaOH}}{MM_{NaOH} \cdot V_{NaOH}}$$

Además, siendo la masa molar del $NaOH$ 40.0 g/mol. Sustituye los resultados experimentales:

$$M_{NaOH} = \frac{2\ g}{(40.0\ g/mol)(0.100\ L)} = 0.5 mol/L$$

b. Para el volumen gastado en cada valoración, se hace la diferencia de volumen ΔV.

Para la valoración 1:

$$11.6\ mL - 0.0\ mL = 11.6\ mL$$

Para la valoración 2:

$$23.3\ mL - 11.6\ mL = 11.7\ mL$$

Para la valoración 3:

$$35.3\ mL - 23.3\ mL = 12.0\ mL$$

c. Calcula los moles de $NaOH$ gastados en cada titulación. Despeja los n_{NaOH} de la expresión de:

$$M_{NaOH} = \frac{n_{NaOH}}{V_{NaOH}}$$

$$n_{NaOH} = M_{NaOH} \times V_{NaOH}$$

Para la valoración 1:

$$n_{NaOH} = (0.5 mol/L) \times (0.0116\ L)$$

$$n_{NaOH} = 5.80 \times 10^{-3}$$

Para la valoración 2:

$$n_{NaOH} = (0.5 mol/L) \times (0.0117\ L)$$

$$n_{NaOH} = 5.85 \times 10^{-3}$$

Para la valoración 3:

$$n_{NaOH} = (0.5 mol/L) \times (0.012\ L)$$

$$n_{NaOH} = 6.00 \times 10^{-3}$$

d. Para los moles de CH_3COOH consumido en cada titulación.

Para la valoración 1:

$$5.80 \times 10^{-3}\ mol_{NaOH} \times \frac{1\ mol_{CH_3COOH}}{1\ mol_{NaOH}}$$

$$5.80 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH}$$

Para la valoración 2:

$$5.85 \times 10^{-3}\ mol_{NaOH} \times \frac{1\ mol_{CH_3COOH}}{1\ mol_{NaOH}}$$

$$5.85 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH}$$

Para la valoración 3:

$$6.00 \times 10^{-3}\ mol_{NaOH} \times \frac{1\ mol_{CH_3COOH}}{1\ mol_{NaOH}}$$

$$6.00 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH}$$

e. Para obtener moles de este ácido consumido en gramos en cada titulación.

Para la valoración 1:

$$5.80 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH} \times \frac{60.1\ g/mol}{1\ mol_{CH_3COOH}}$$

$$0.349\ g_{CH3COOH}$$

Para la valoración 2:

$$5.85 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH} \times \frac{60.1\ g/mol}{1\ mol_{CH_3COOH}}$$

$$0.351\ g_{CH_3COOH}$$

Para la valoración 3:

$$6.00 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH} \times \frac{60.1\ g/mol}{1\ mol_{CH_3COOH}}$$

$$0.360\ g_{CH_3COOH}$$

f. Calcula el porcentaje en peso (% p/p) de vinagre en la mostaza y su valor promedio.

Para la valoración 1:

$$\frac{0.349\ g_{CH_3COOH}}{5\ g_{mostaza}} \times 100\ \% = 6.98\ \%$$

Para la valoración 2:

$$\frac{0.351\ g_{CH_3COOH}}{5\ g_{mostaza}} \times 100\ \% = 7.02\ \%$$

Para la valoración 3:

$$\frac{0.360\ g_{CH_3COOH}}{5\ g_{mostaza}} \times 100\ \% = 7.20\ \%$$

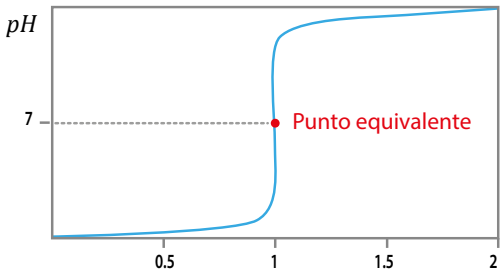
Siendo el valor promedio 7.06 %.

Comunicación

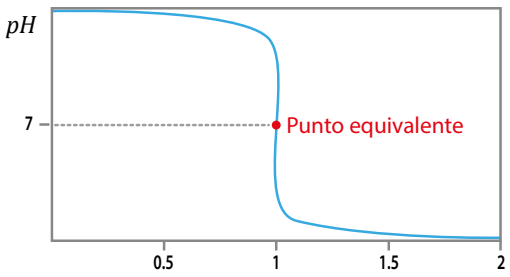
En el experimento realizado se tiene una solución de ácido (o base) de concentración desconocida que se pretende valorar; para ello, se van añadiendo sucesivos volúmenes de la disolución de base (o ácido) de concentración conocida. Cuando la concentración de H_3O^+ aportada por el ácido es igual a la concentración de OH^- aportada por la base, se alcanza el **punto de equivalencia**, en el cual la neutralización se ha completado. Si en el transcurso de la valoración se registra el pH de la solución a valorar, al ir añadiendo pequeños volúmenes de la disolución valorante, podemos hacer una representación gráfica del pH frente al volumen añadido que conocemos como **curva de titulación**.

Por ejemplo, al valorar un ácido fuerte con una base fuerte, el punto de equivalencia tiene lugar a un $pH = 7$.

Ácido fuerte con un base fuerte



Base fuerte con un ácido fuerte



Se produce un salto brusco de pH en las proximidades del punto de equivalencia (teórico) que permite determinar cuándo se ha alcanzado el **punto final** de la valoración (experimental). La diferencia existente entre el punto de equivalencia y el punto final es el **error de valoración**. La detección del punto final puede realizarse mediante medidas sucesivas de pH o usando indicadores, que cambian de color según el pH del medio, como pudiste observar en el cambio de coloración de la mostaza.

C. Manejo de sustancias

A continuación, aprenderás algunas medidas para el manejo de sustancias químicas y la importancia de aplicarlas tanto en el laboratorio como en tu hogar.

Procedimiento:

1. Realiza un recorrido en tu hogar para seleccionar algunas sustancias comunes que se utilizan para el aseo u otra actividad.
2. Clasifica las sustancias como ácidos o bases.
3. Realiza una investigación bibliográfica sobre cuáles son las medidas adecuadas para el manejo y eliminación de dichas sustancias químicas.
4. Elabora un análisis sobre el mejor manejo de dichas sustancias e identifica algunos errores frecuentes.
5. Plantea algunas recomendaciones para evitar accidentes y el mal manejo que has detectado.
6. Haz una infografía para realizar una presentación a tus compañeros.

p. 62

Puedes hacer una presentación, cartel o rotafolio mostrando los resultados de tu experimento, sería genial que coloques fotografías.

Unidad 3

TITULACIÓN ÁCIDO BASE

Si seguimos la variación del pH durante la titulación, el punto de equivalencia (neutralización) está en el punto de inflexión de la curva.

Conoce algunas buenas practicas de laboratorios.
https://bit.ly/093S16a

Resumen

Equilibrio químico

¿Qué es?

El equilibrio químico es un sistema dinámico y se da cuando la velocidad directa e inversa a temperatura constante son iguales.

$$aA + bB \leftrightarrow cC + dD$$

$$K_d [A]^a [B]^b = [C]^c [D]^d$$

$$\frac{K_d}{K_i} = K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

En la expresión de la constante de equilibrio solo se incluyen las especies gaseosas y/o en disolución.

Tipos de equilibrio

Homogéneo: Tanto reactantes como productos se encuentran en mismo estado de agregación.

Heterogéneo: Los reactantes y los productos se encuentran en diferente estado de agregación.

¿Qué factores lo afectan?

Concentración: si es mayor en los productos el equilibrio se desplaza hacia los reactivos y viceversa.

Temperatura: La entalpia si es (+) la reacción es endotérmica y si es (-) la reacción es exotérmica.

Presión: a mayor presión, el equilibrio se desplaza donde hay menor número de moles.

Factores que afectan el equilibrio químico «Principio de Le Châtelier»

Concentración

$\Delta[reactivos]>0 \rightarrow$

$\Delta[reactivos]<0 \leftarrow$

$\Delta[productos]>0 \leftarrow$

$\Delta[productos]<0 \rightarrow$

Cambio de volumen y presión

$\Delta p>0$ Hacia donde hay menos moles de gases

$\Delta p<0$ Hacia donde hay más moles de gases

Cambio de temperatura

$\Delta T>0$ (exotérmicas) $\leftarrow$

$\Delta T>0$(endotérmicas) $\rightarrow$

$\Delta T<0$ (exotérmicas) $\rightarrow$

$\Delta T<0$(endotérmicas) $\leftarrow$

Relación K_c y K_p

$$K_p = \frac{[p_C]^c [p_D]^d}{[p_A]^a [p_B]^b}$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$

Ácidos y bases

Compuestos moleculares que contienen y producen H^+ en solución.

Arrhenius:

Produce iones H^+ en solución.

Compuestos moleculares que producen OH^- en solución.

Arrhenius:

Produce iones OH^- en solución.

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

Brönsted-Lowry:

Dona protón H^+ a otro compuesto.

Brönsted-Lowry:

Acepte protón H^+ a otro compuesto.

$$NH_4^+ + NH_2^- \rightarrow 2NH_3$$

Lewis:

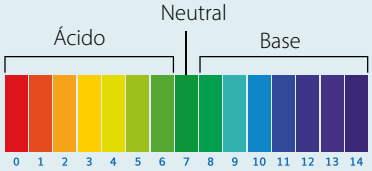
Acepta un par de e^- de otro compuesto.

Lewis:

Dona un par de e^- de otro compuesto.

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

Escala de *pH* (25 °C)



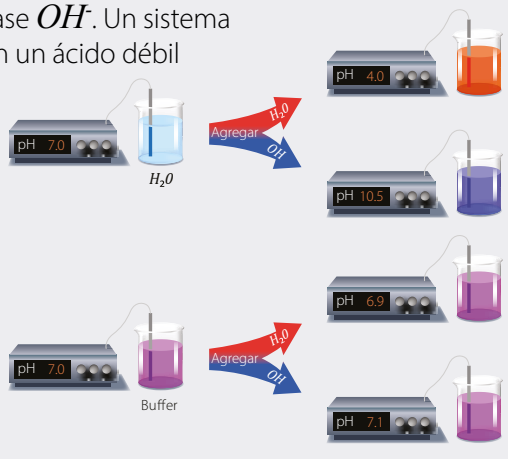
$$pH = -\log [H^+]$$

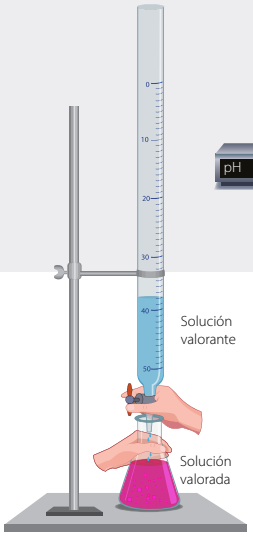
$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$pH + pOH = 14$$

Soluciones Buffer

Sistemas acuosos que tienden a resistir los cambios en el pH cuando se les agrega pequeñas cantidades de ácido H^+ o base OH^-. Un sistema buffer consiste en un ácido débil (dona H^+) y su base conjugada (acepta H^+).





¿Cuántas valoraciones o titulaciones volumétricas existen?

1. Ácido y base fuertes
2. Acido débil y base fuerte
3. Ácido fuerte y base débil

Equilibrio químico

El estudio del equilibrio químico ha generado grandes avances en la tecnología que nos rodea, con las diversas investigaciones a lo largo de la historia el equilibrio químico se ha establecido como el estado al que evoluciona de forma espontánea un sistema químico, en el que tiene lugar una reacción química reversible. Cuando se alcanza esta situación, desde el punto de vista macroscópico, se observa que las concentraciones de las sustancias, tanto reactivos como productos de la reacción, permanecen constantes a lo largo del tiempo.

El equilibrio químico es un fenómeno cuya naturaleza dinámica permite su modificación con sólo variar algunos factores de los que depende, como temperatura, presión, volumen o concentraciones de las sustancias que intervienen en la reacción, lo cual resulta de vital importancia para aumentar el rendimiento de los procesos industriales, por ejemplo.

Elaboración de perfumes

Cada perfume posee una fórmula específica para formar una reacción química por lo que se necesita que toda la cantidad de aromas que se utilicen sea exacta para que la producción de sustancias sea estable y tenga aromas.

En la medicina

Para las operaciones al corazón se altera el equilibrio químico, disminuyendo la temperatura $4° C$ para que los procesos metabólicos sean más lentos y así minimizar los daños producidos a los tejidos.

Farmacología

Integra nuevos medicamentos, siendo estos más eficaces, ya que los han logrado potenciar estos productos resultantes al entrar en contacto con un organismo.

Industria de licores

Se usa para determinar el tiempo y velocidad de la fermentación de la cebada, de tal manera que el producto final presente propiedades organolépticas definidas.

Industria de alimentos

Se emplea en los alimentos enlatados pues necesitan de un equilibrio químico para evitar su posible descomposición que podría afectar la salud de los humanos que los consumen. Por ello, se reitera la importancia de encontrar el tiempo de duración del producto y de la concentración necesaria de conservantes que debe tener el alimento.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Química y Farmacia **Duración:** 5 años/10 ciclos

Descripción. La Licenciatura en Química y Farmacia es una carrera profesional donde se desarrollan habilidades científicas, técnicas y sociales. Los estudiantes de esta carrera utilizarán las herramientas analíticas y tecnológicas para adquirir la formación profesional orientada al conocimiento integral de las ciencias aplicadas a la salud y bienestar, a los alimentos y al medioambiente.
En esta carrera el estudiante podrá desempeñarse en diversas áreas, como las siguientes:

- Química legal y análisis toxicológico
- Procesos industriales: alimentos, fertilizantes y plaguicidas
- Responsable sanitario de establecimientos de salud, farmacias comunitarias y públicas

Bachilleratos sugeridos:
general.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología ———
- Física ——
- Matemática ———
- Química ———————
- Tecnología ———————
- Inglés ———

Habilidades:

- Pensamiento crítico ————
- Investigación ———————
- Creatividad ———
- Comunicación ————
- Resolución de problemas ———————
- Capacidad de cálculo ———————
- Abstracción y lógica ———————

Carrera: Ingeniería Química **Duración:** 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Química se enfoca en el desarrollo, diseño, operación, monitoreo, optimización y control de los procesos de fabricación a nivel industrial, buscando la mayor eficiencia y calidad, respetando así mismo al medio ambiente.
En esta carrera el estudiante podrá desempeñarse en áreas como las siguientes:

- Investigación
- Diseño y desarrollo de procesos industriales
- Análisis y control de calidad
- Gestión ambiental y seguridad e higiene
- Dirección y administración

Bachilleratos sugeridos:
general.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología ——
- Física ——————
- Matemática ——————
- Química ——————
- Tecnología ——————
- Inglés ———

Habilidades

- Pensamiento crítico ————
- Investigación ————
- Creatividad ————
- Comunicación ————
- Resolución de problemas ————————
- Capacidad de cálculo ————————
- Abstracción y lógica ————————

Unidad 4
Oceanografía
Eje integrador: sistemas

En esta unidad aprenderemos a:

- Valorar la importancia de los mares y océanos.
- Ejemplificar las propiedades de los océanos y la zonificación general del ambiente marino.
- Reconocer los factores que influyen sobre las masas de agua.
- Identificar las magnitudes físicas que influyen en las corrientes oceánicas y su configuración.
- Describir procesos asociados a la generación y propagación de las olas y sus características.
- Explicar las mareas y la sedimentación marina.
- Reconocer procesos de la dinámica costera y las variables que influyen en la estratificación vertical del ambiente marino.
- Describir y ejemplificar ecosistemas marinos presentes en El Salvador.
- Argumentar cuáles son las principales causas de la problemática ambiental oceánica.

Puerto de La Libertad, La Libertad, El Salvador

Duración: 5 semanas

Introducción al estudio de los océanos

Indagación

¿Qué sería de nuestro planeta azul sin los espectaculares y vastos océanos? Su inmensidad es un rasgo sobresaliente que ha inspirado y asombrado a los seres humanos desde tiempos antiguos, pero más importante aún es que los reconozcamos como fuente de vida para una increíble cantidad de organismos; incluidos nosotros. La presencia del océano es fundamental para la existencia del planeta Tierra como lo conocemos, y de la vida que alberga. Los procesos oceánicos no solo son muy interesantes, sino también esenciales, pues influyen a escala global. En esta semana aprenderemos sobre los océanos, sus características e interacciones generales, realizando diferentes actividades prácticas.

A. Los impresionantes océanos

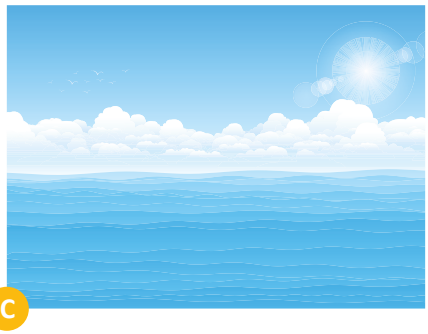
Conozcamos algunos aspectos sobre la importancia que tienen los océanos, tanto para nosotros los seres humanos como para el planeta. Para ello, resolveremos lo siguiente:

Procedimiento:

1. Las imágenes A, B y C ilustran 3 aspectos fundamentales de la importancia de los océanos.

A

B



C

   a. Escribe para cada imagen, según tu criterio, qué aspecto o aspectos de la importancia de los océanos se ven representados en ellas.

p. 66

2. Forma grupos de trabajo para comparar las respuestas del *literal a*. Puedes modificar tus respuestas si lo consideras pertinente.
3. Si te es posible, escanea el código QR de tu Cuaderno de Trabajo y haz una discusión grupal de la información que contiene.
   b. Escribe las conclusiones grupales sobre la importancia de los océanos.
   c. Escribe otro aspecto de la importancia de los océanos que hayas considerado.

Notación...

Un **océano** es una masa de agua salada continua que separa dos continentes o más. Un **mar** es más pequeño y está localizado entre los límites de la tierra y el agua, típicamente encerrado parcialmente por tierra. Por definición solo hay tres océanos en la Tierra: Pacífico, Atlántico e Índico.

No podemos ver lo que hay en el interior de los océanos a simple vista, tampoco podemos hacerlo con un telescopio como lo haríamos en la atmósfera. La accesibilidad es muy limitada, no ha sido hasta tiempos recientes que se han desarrollado técnicas e instrumentos capaces de explorar y tomar muestras en el océano. Solo imagina que, en promedio, la presión aumenta $1\ atm$ por cada $10\ m$ de profundidad, por eso, a grandes profundidades las condiciones de presión son extremas, lo que hace muy difícil la exploración.

A pesar de las dificultades, estudiar los océanos es fundamental dada su importancia. En adelante, comenzaremos a conocer algunas de las interacciones más importantes que ocurren en ellos.

Creatividad

Como hemos visto de forma general, los procesos que ocurren en los océanos son indispensables y tienen una influencia fundamental en el sistema Tierra; sin embargo, dichos procesos y su influencia dependen de algunas magnitudes físicas como la **presión**, **temperatura**, **densidad** y **salinidad**; las cuales, toman ciertos valores (variables) que estudiamos como **parámetros**. Veamos cómo se comportan.

B. Densidad, salinidad, temperatura y presión en los océanos

Para comenzar a estudiar las interacciones de los parámetros fisicoquímicos de los océanos, comprobemos con un sencillo experimento cómo la salinidad y la temperatura afectan al agua.

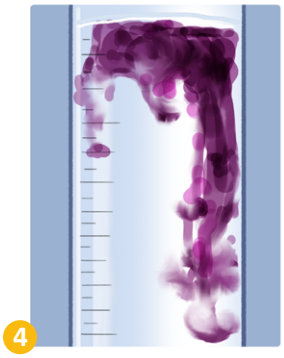
Materiales:

- 2 recipientes de vidrio (al menos uno resistente al calor)
- Agua y fuente de calor para calentarla
- Sal común
- Colorante
- Gotero (opcional)

Procedimiento:

1. Agrega sal a uno de los recipientes con agua hasta que ya no se solubilice.
2. Adiciona colorante al agua salada y caliéntala hasta que hierva.
3. Vierte el agua al tiempo (o fría) en el otro recipiente de vidrio.
4. Vierte el agua salada y coloreada sobre el agua al tiempo (o fría). Trata de no mezclarlas por tu cuenta.
   a. Registra lo que ocurre. ¿Se mezcló el agua o se formaron capas?
   b. Esquematiza el resultado. Identifica el agua caliente y al tiempo (o fría).
   c. ¿La salinidad aumenta o disminuye la densidad del agua? Argumenta.

p. 66
p. 67



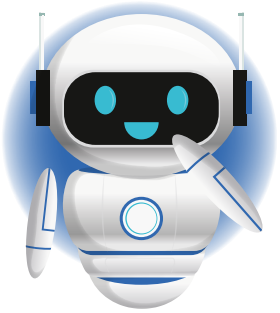
En el caso anterior, parámetros como la temperatura y la salinidad afectaron cómo se comportó el agua. De la misma forma, los movimientos de masas de agua en los océanos dependen de la densidad, la cual, como vimos en la *Unidad 1*, depende de los cambios en la presión, temperatura y salinidad.

La cantidad total de sales disueltas en el agua de mar se conoce como **salinidad**. El método más preciso y usado para medir la salinidad es la **conductividad eléctrica**. A lo largo del tiempo, varios métodos e instrumentos han sido utilizados para medirla, de tal forma que la definición de salinidad no ha sido siempre la misma. La conductividad eléctrica se mide comparando la conductividad de la muestra de agua con la de una solución de cloruro de potasio.

En el agua de mar, podemos dividir los componentes en **constituyentes mayores** (por tener una mayor concentración), tales como las sales y los carbonatos; y **constituyentes menores** y las **trazas** (que tienen baja concentración). Por último, consideramos los **radionúclidos** como otros componentes que incluyen compuestos orgánicos y los gases disueltos.

Conozcamos más sobre las interacciones importantes que ocurren entre la salinidad, temperatura y presión, que tienen un papel fundamental en procesos a gran escala en los océanos y como consecuencia en el planeta.

La salinidad del agua de mar es el cociente entre la conductividad eléctrica de una muestra de agua de mar y la de una solución estándar de cloruro de potasio (KCl). Es una cantidad adimensional, por lo que se usa «UPS» o «PSU» (del inglés de *Practical Salinity Units*). Así, 35 PSU, son 35 gramos de sales por litro.



Fíjate que...

El **hielo** es menos denso que el agua y por eso flota en los océanos.

C. Cambios de densidad debido a la salinidad, temperatura y presión

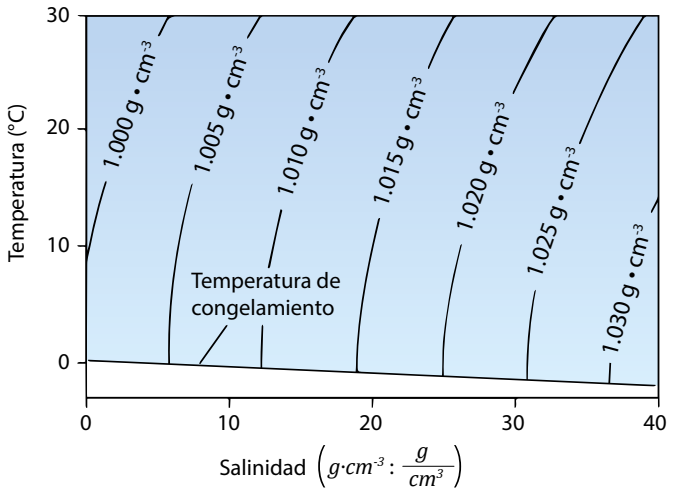
Con la siguiente actividad conoceremos de manera cualitativa y cuantitativa acerca de los cambios de densidad causados por la temperatura, salinidad y presión.

Procedimiento:

1. Lee la información que se presenta:

El incremento en la temperatura conlleva una agregación de energía que aumenta la vibración, rotación y traslación de las moléculas de agua, y causa una disminución en la densidad. Un aumento de 4 a $30\ °C$ provoca un descenso de la densidad en 0.4 %. Por otro lado, si a temperatura constante se aumenta la salinidad de 0 a 40, la densidad varía aproximadamente en un 3.5 %. Sin embargo, en los océanos, los cambios de salinidad y temperatura no son tan grandes en rango como los planteados anteriormente.

Los cambios en la presión no son tan relevantes sobre la densidad si se comparan con los causados por la salinidad y la temperatura. A grandes profundidades, la presión puede ser miles de veces más grande que la atmosférica, pero solo causa aproximadamente un 2 % de aumento en la densidad.



Yo investigué que el agua marina es una solución compleja, contiene casi todos los elementos naturales, iones, radionúclidos, compuestos orgánicos y gases disueltos, que pueden moverse libremente. Son ejemplos: el oxígeno, el nitrógeno y el dióxido de carbono.

2. Basándote en el texto y el gráfico anterior, responde:

p. 67

a. ¿Cuál es la variable dependiente?

b. Entre la temperatura, la salinidad y la presión, ¿cuál ocasiona un mayor cambio en la densidad del agua? Explica con tus palabras.

c. ¿Por qué la presión, aunque aumenta mucho con la profundidad, no causa cambios tan grandes en la densidad del agua? Ten en cuenta la compresibilidad del agua.

d. ¿Cómo piensas que estas variaciones afectan a los seres vivos?

También, hay propiedades físicas del agua que son importantes en las interacciones de los océanos, como el hecho de que su punto de ebullición y de fusión sean altos. Además, hay otras tres propiedades importantes: capacidad calorífica, calor latente de fusión y vaporización, estas indican la cantidad de calor que necesita el agua para aumentar la temperatura, convertirse de sólido a líquido, y de líquido a gas, respectivamente. Estas tres propiedades presentan límites altos para el agua, haciendo que el agua de mar pueda almacenar y transportar grandes cantidades de calor en los océanos y atmósfera, sin esas propiedades, el clima de la Tierra sería extremo.

D. Conociendo cómo viaja la luz y el sonido en el agua de los océanos

El agua también absorbe radiación electromagnética. La luz visible puede penetrar cientos de metros en el agua oceánica clara y, esa energía, es fuente para la fotosíntesis en las capas más superficiales del océano. Las partículas suspendidas absorben, dispersan y reflejan la luz. Pero, ¿qué ocurre con otro tipo de ondas como las sonoras? Averigüémoslo realizando unos sencillos experimentos.

Materiales:

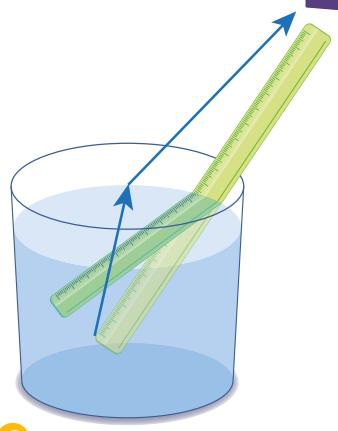
- Recipiente de vidrio
- Botella plástica pequeña
- Navaja tipo *cutter*
- Tenedor o cuchara metálicos
- Agua y sal de mesa
- Vaso de vidrio transparente
- Regla transparente
- Moneda

4

Procedimiento:

1. Llena el recipiente de vidrio con agua.
2. Corta la base de la botella con el cutter.
3. Introduce la botella en el recipiente con agua de manera que sobresalga solo la boquilla.
4. Coloca la oreja en la boquilla de la botella mientras un compañero o tu docente golpea moderadamente un lado del recipiente de vidrio con el tenedor o cuchara.
5. Repite el golpeteo moderado al recipiente, pero esta vez escucha sin colocar la oreja en la boquilla de la botella. Luego, responde:
   a. Piensa en la ruta que sigue el sonido. ¿Se propaga por el agua? Argumenta.
   b. ¿Cómo varía la intensidad del sonido en el agua? ¿Disminuye? Describe lo que percibiste en esta práctica.
6. Agrega agua al vaso y sumerge parcialmente la regla en el interior del vaso.
   c. ¿Observas un cambio en la posición o forma de la regla? Explica.
   d. ¿Qué fenómeno de la luz está sucediendo? Explica.
7. Retira la regla del vaso y sumerge una moneda. Obsérvala detalladamente.
8. Agrega sal al agua hasta que ya no puedas disolver más (solución salina saturada), luego, observa nuevamente la moneda sumergida.
   e. ¿Observas algún cambio en la moneda? ¿Qué ha cambiado? Explica a qué puede deberse el cambio.
   f. ¿Crees que la sal disuelta afecta la transmisión de la luz en el agua? ¿De qué manera?

p. 68



6

7

La dispersión y refracción afectan la transmisión de la luz en los océanos, así como algunos parámetros que hemos analizado anteriormente. Ahora ya deberías tener una idea del por qué no podemos ver el fondo oceánico, teniendo en cuenta el efecto de la salinidad y su enorme profundidad.

Por su parte, el sonido puede viajar grandes distancias en el agua sin perder su intensidad, por esa razón es usado por oceanógrafos y animales marinos para la comunicación y para sensores remotos. El principal uso del sonido por oceanógrafos es medir la profundidad del océano y la topografía del fondo oceánico. ¿Te gustaría saber más sobre eso? En la siguiente etapa lo aprenderemos.

Comunicación

Siempre ha existido gran curiosidad por conocer el fondo oceánico, pero sabemos que la luz no es suficiente para lograr ver en la profundidad, entonces ¿qué tal si usamos el sonido para «observar» el fondo oceánico?

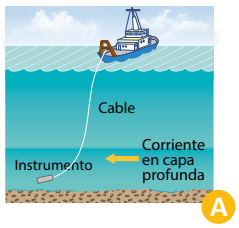
Mapa de la región más profunda en el océano, la fosa de las Marianas, donde está el abismo *Challenger*, el punto más profundo.

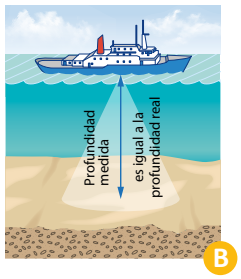
E. Conociendo el fondo oceánico

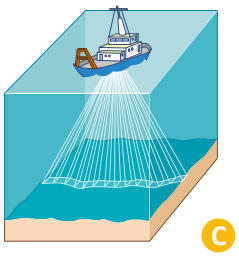
De acuerdo con la profundidad y otras características específicas, se han establecido zonas al interior de los océanos. A continuación, veremos los aspectos más relevantes del relieve y la zonificación oceánica.

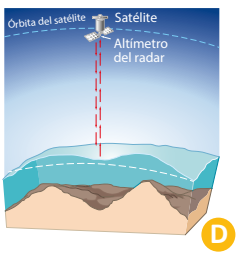
Procedimiento:

1. Lee la información que se presenta en los apartados «Métodos y técnicas para conocer el fondo oceánico» y «Topografía y zonificación oceánica».
2. Tu docente formará grupos y pedirá que construyas una representación (o maqueta) que refleje las características topográficas y zonificación del fondo oceánico. Puedes auxiliarte de los esquemas de la página 129.
3. Expón con tu grupo uno de los métodos usados para conocer el fondo oceánico, empleando la representación elaborada.









Métodos y técnicas para conocer el fondo oceánico

Sondeos (A). Técnica muy antigua que consistía en utilizar una línea con un peso atado que se dejaba caer hasta llegar al fondo y así medir la profundidad. Como es de esperar hay muchos errores asociados a este tipo de mediciones y también la técnica estaba limitada por alcanzar a medir únicamente algunas pocas decenas de metros de profundidad.

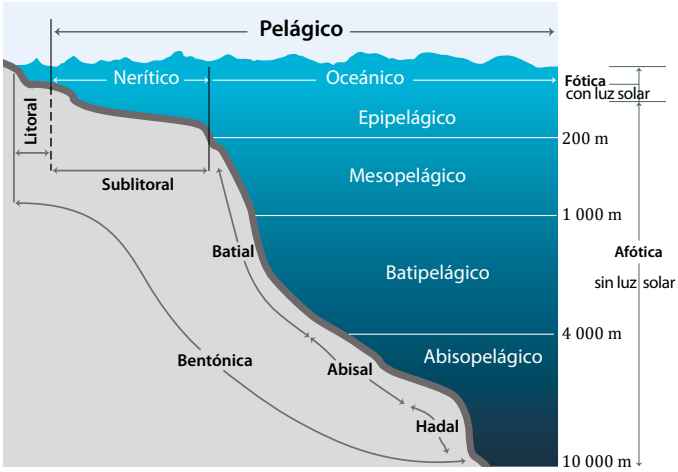
Ecosondeos (B). Motivado por el trágico hundimiento del *Titanic*, Reginald Fessenden inventó un dispositivo capaz de detectar un iceberg a unos $5\ km$ de distancia, enviando una señal de sonido y esperando su regreso como «respuesta», esto llegó a llamarse **sonar**. Con el tiempo, la fuente de sonido se situó verticalmente para conocer el fondo oceánico. Una ventaja de estos dispositivos es que pueden usarse desde un barco en movimiento. Las mejoras llevaron a desarrollar un dispositivo llamado «*precision depth recorder*», *en sus siglas*: PDR. El primer mapa detallado del fondo oceánico fue completado en 1959 por Bruce C. Heezen y Marie Tharp, usando grandes cantidades de datos obtenidos por PDR.

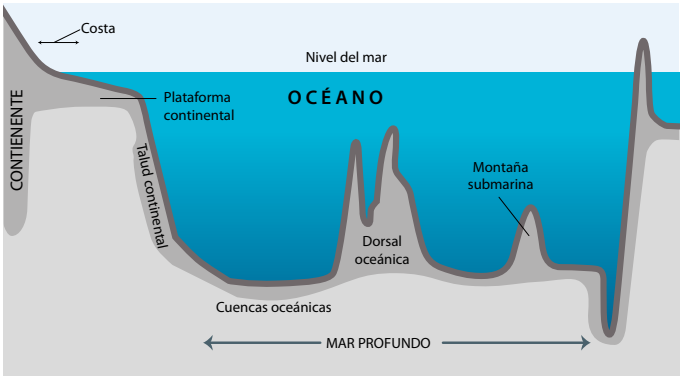
Ecosondas de área amplia (C). Después de la década de 1960 se desarrollaron simultáneamente mejores equipos llamados **sonares multihaz**, que emplean fuentes de sonido en diferentes ángulos, lo que varía sus tiempos de llegada. Lo complejo de estas mediciones hacía que necesitaran de un procesamiento computacional posterior, pero gracias a su invención, se conocieron nuevos cañones, valles, colinas y otras estructuras del fondo oceánico.

Topografía del fondo oceánico con satélites (D). El satélite «Seasat» lanzado en 1978 fue el primero con el que el fondo oceánico fue deducido. Este llevaba a bordo un radar altímetro, pero ahora hay muchos satélites orbitando la Tierra y pueden proporcionar datos de lugares donde los barcos no pudieron llegar antes; el método es a través de la emisión de ondas de microonda.

Topografía y zonificación oceánica

Además de los métodos anteriores, en la actualidad se usan métodos geofísicos como: el gravimétrico, el sísmico y el magnético. La combinación de estos estudios y de las características de las masas de agua, ha desvelado la topografía y zonificación oceánica. La representación cartográfica del fondo marino se muestra como **cartas batimétricas**. La batimetría hace posible conocer las principales características del fondo oceánico. Los siguientes esquemas muestran aspectos generales del fondo y la zonificación oceánica.





Zona epipelágica. También llamada zona de luz solar. El viento mantiene mezclada esta capa y permite que el calor del sol se distribuya verticalmente. La base de esta capa es la termoclina.

Zona mesopelágica. Se denomina zona de aguas medias o crepuscular, pues la luz solar es muy débil en ella. Los cambios de temperatura son mayores por la termoclina. La bioluminiscencia comienza a aparecer en los organismos de esta zona.

Zona batipelágica. Por su oscuridad, también se denomina zona de medianoche. La única luz a esta profundidad proviene de la bioluminiscencia. La temperatura es de aproximadamente $4\ °C$. La presión es extrema; alcanza más de 5 850 libras por pulgada cuadrada.

Zona abisopelágica (abisal). La temperatura del agua está constantemente cerca del punto de congelación, y solo se pueden encontrar unos pocos organismos. El 75 % del área del fondo del océano profundo se encuentra en esta zona.

Zona hadalpelágica. Es la más profunda del océano. Se extiende hasta la Fosa de las Marianas. La temperatura es constante, cerca del punto de congelación. La presión en la Fosa de las Marianas es de más de $8\ ton/in^2$. Incluso ahí existe vida. En 2005, se descubrieron pequeños organismos unicelulares llamados foraminíferos.

Cuencas. Depresiones casi equidimensionales con formas y extensiones variables.

Cañones. Depresiones profundas y relativamente estrechas con pendientes empinadas.

Plataformas continentales (o insulares). Zonas adyacentes a un continente (o alrededor de una isla) y que se extienden desde la línea de bajamar hasta la profundidad a la que suele haber un marcado aumento de la pendiente.

Taludes continentales (o insulares). Declives hacia el océano, desde el borde de la plataforma hacia una mayor profundidad.

Llanuras. Regiones planas, de suave pendiente o casi niveladas con el lecho marino.

Dorsales. Elevaciones largas y estrechas del lecho marino con lados empinados y topografía irregular.

Montes submarinos. Elevaciones aisladas o comparativamente aisladas que se elevan $1\ 000\ m$ o más desde el fondo del mar y tienen una extensión.

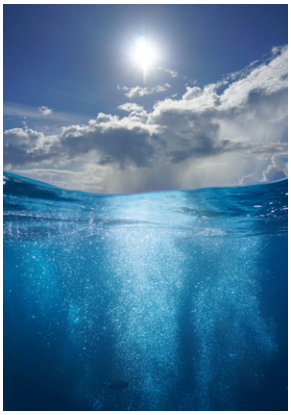
Trincheras. Depresiones largas, estrechas y profundas del lecho marino, con lados relativamente empinados.

Las características del fondo marino tienen importante influencia en las corrientes marinas y en los procesos biológicos y geológicos que ocurren en los océanos.

Indagación

Interacciones en los océanos

El clima y el tiempo atmosférico son determinados generalmente por la distribución del calor y vapor de agua en la atmósfera. El Sol y la atmósfera juegan un papel importante en la dinámica de los océanos. En esta semana aprenderemos sobre las asombrosas interacciones que ocurren en los océanos y la atmósfera, causadas por la energía que el Sol transmite. Comencemos con la siguiente actividad.



A. Influencia del Sol en los océanos

El Sol es la fuente principal de la energía para los océanos y la atmósfera, pero, ¿cómo es su influencia? Experimentemos para aprender sobre la transferencia de energía en forma de calor que el Sol tiene sobre los océanos.

Materiales:

- 2 recipientes metálicos para agua
- Termómetro
- Cartulina o papel negro

Procedimiento:

1. Coloca la cartulina negra sobre una superficie plana.
2. Agrega una misma cantidad de agua en los recipientes. Uno colócalo sobre la cartulina y bajo el Sol y el otro en la sombra.
3. Mide la temperatura inicial y toma nota.
4. Espera unos 30 minutos y mide nuevamente la temperatura en ambos.
   a. ¿Qué esperas que suceda con el agua de los recipientes?
   b. ¿Qué causó la radiación solar en el agua?
   c. Explica cómo este experimento podría describir la influencia general del Sol en los océanos.

p. 69

Toma en cuenta que la **radiación solar** es parcialmente absorbida por las nubes, vapor de agua, polvo y otras partículas en la atmósfera para convertirla en calor. Si bien la energía solar puede ser reflejada por las nubes hacia el espacio, aquella que llega hasta los océanos y superficie terrestre es parcialmente absorbida y convertida en calor. La radiación absorbida por los océanos es transferida a la atmósfera por conducción, aumentando la temperatura como calor latente de vaporización y también por radiación.

B. Interacciones entre el Sol, los océanos y la atmósfera

El clima, el tiempo atmosférico, los vientos y otros eventos son el resultado de las interacciones globales del Sol, la atmósfera y el océano. Con la siguiente actividad podremos aprender más sobre estas interacciones.

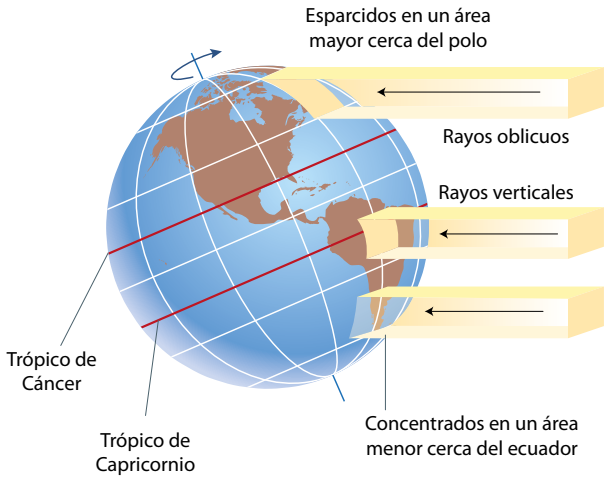
Procedimiento:

1. Forma un grupo para analizar los esquemas A, B y C de la página 131.
2. Resuelve lo siguiente, según lo que hayas comprendido. Apóyate del código QR de esta página y del recurso de RA de la página 131.
   a. ¿Cuáles son las zonas que transfieren energía en forma de calor hacia los polos? Desarrolla.
   b. Respecto a la temperatura en la superficie de los océanos, ¿cómo cambia del ecuador hacia los polos?
   c. Explica las características y diferencias de las tres celdas de convección.
   d. ¿Cómo se transfieren los vientos dentro de las celdas de convección?

p. 69

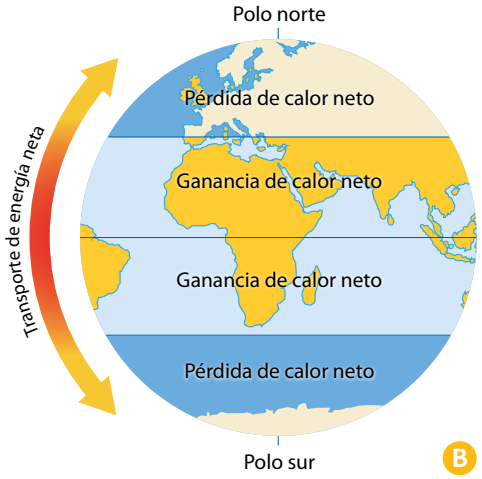
p. 70

Lee más acerca de las celdas de convección.
https://bit.ly/094S18a



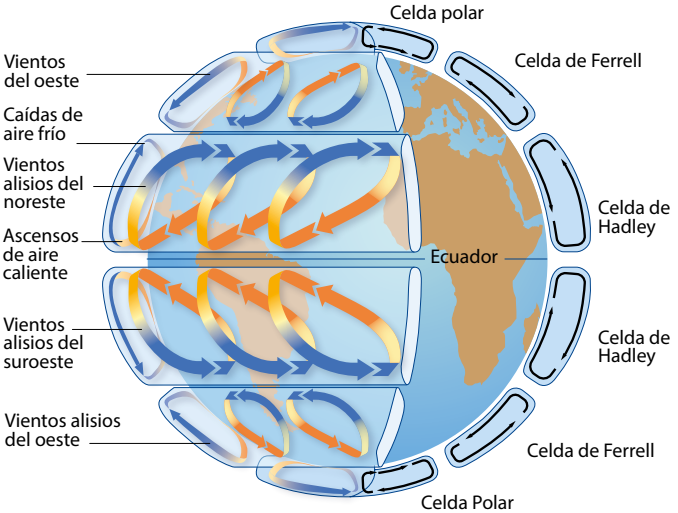
A

A. Los rayos del sol inciden progresivamente en un área mayor a medida que la latitud aumenta, como consecuencia, se concentran en un área menor cerca del ecuador, lo que hace que la radiación aumente. Por ejemplo, en la latitud $60° \ N$ se recibe solo el 50 % de la radiación del ecuador.



B

B. La temperatura media en la superficie terrestre no cambia mucho, pero sí cambia el **balance de la energía total** recibida y emitida; esta sufre variaciones con la cobertura nubosa, composición de la atmósfera y el ángulo de incidencia del Sol. La luz del Sol se absorbe principalmente en el océano tropical. La cantidad de luz solar se modula según la estación, la latitud, la hora del día y la nubosidad.



C

C. La transferencia de calor desde los océanos a la atmósfera causa la convección atmosférica. Los movimientos horizontales del aire en la convección son los vientos. Como resultado, existe un arreglo de celdas de convección en cada hemisferio: **a) Celda de Hadley**. Movimiento que domina las latitudes ecuatoriales y tropicales. El aire caliente se eleva hacia la atmósfera superior desde el ecuador y se desplaza con dirección polar. **b) Celda de Ferrel**. Circulación atmosférica de latitud media. El aire fluye hacia el polo y el este cerca de la superficie, y hacia el ecuador y el oeste en los niveles más altos. **c) Celda polar**. El aire asciende, diverge y viaja hacia los polos. Una vez ahí, se hunde formando los altos polares. El aire luego diverge y se desplaza hacia latitudes más bajas. Los vientos alisios se forman y mueven en la celda de Hadley, mientras los del oeste en la celda de Ferrel.

3. Lee el texto siguiente:

La interacción Sol-océano-atmósfera genera las **zonas climáticas**, las cuales, en los océanos, están organizadas en bandas de latitud. La influencia de los océanos en el clima dentro de los continentes puede ser alta en regiones donde no hay cadenas montañosas que impidan el transporte de masas de aire. También influyen en el **tiempo atmosférico**, que depende en parte de la interacción de flujos de aire con el océano. Como consecuencia de estas variaciones se forman zonas de baja y alta presión, huracanes y ciclones extratropicales.

p. 70

4. Tomando en cuenta lo analizado, y usando tus presaberes, responde:

e. ¿Cuál consideras que es la diferencia entre clima y tiempo atmosférico?

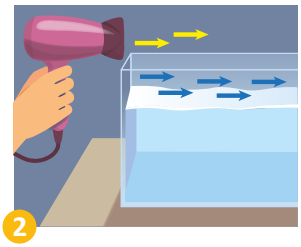
f. ¿Cómo crees que se ven afectados el clima y el tiempo atmosférico por la interacción Sol-océano?

CELDAS DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

Las celdas de convección atmosféricas distribuyen energía en forma de calor desde el ecuador hacia los polos, en circulaciones cerradas.

Creatividad

Anteriormente nos percatamos que las interacciones Sol-océano-atmósfera son increíbles y de gran importancia, pues de ellas depende el clima y el tiempo atmosférico en la Tierra. Ahora, nos centraremos en otro fenómeno relacionado: las corrientes oceánicas.



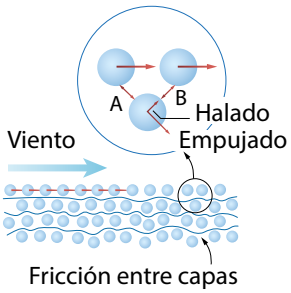
2

C. ¿Cómo se generan las corrientes oceánicas?

En los océanos hay importantes movimientos de agua en las llamadas corrientes oceánicas, pudiendo distinguirse corrientes **superficiales** y **profundas**, pero, ¿cómo se generan y cuáles son sus características?

Materiales:

- Pecera o recipiente rectangular transparente
- Agua a temperatura ambiente, fría y caliente
- Colorantes rojo y azul
- Secadora de cabello o soplador
- 4 vasos de plástico transparente
- Navaja tipo *cutter* y cinta adhesiva



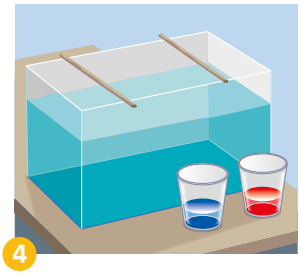
3

Procedimiento:

1. Llena el recipiente con agua y déjala reposar hasta que no se esté moviendo.
2. Genera viento sobre la superficie del agua a una velocidad constante. Primero a baja rapidez y luego a alta.
3. Observa el fenómeno, auxíliate del esquema de la izquierda y responde las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo.

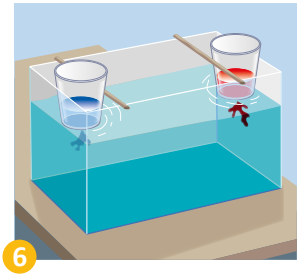
p. 70

Las corrientes superficiales tienen velocidades aproximadas del 1 al 3 % de la velocidad del viento. Podemos imaginar el movimiento generado por los vientos, como capas horizontales, las más superficiales reciben energía cinética que se va transfiriendo a las capas más profundas. A cierta profundidad el agua ya no se mueve a causa del viento, veamos qué es lo que genera las corrientes oceánicas profundas.



4

4. Agrega agua fría y colorante azul a uno de los vasos, y a otro agrégale agua caliente con colorante rojo.
5. Perfora la base de los otros 2 vasos y fíjalos sobre el agua de la pecera.
6. Agrega en simultáneo el agua fría sobre uno de los vasos perforados, y el agua caliente sobre el otro. Espera unos minutos.
7. Registra y desarrolla lo que se te indica en tu Cuaderno de Trabajo.



6

La fricción entre el viento y el océano genera transferencia de energía que depende principalmente de la tensión superficial y la velocidad de los vientos, lo que resulta en formación de corrientes y olas, de las que aprenderemos más adelante. Las velocidades de las corrientes se ven afectadas por la fricción, el **efecto Coriolis**, gradientes de presión en ciertas zonas, por la presencia de costas y la topografía del fondo oceánico. Es así como se generan las corrientes superficiales, pero, ¿qué hay de las corrientes profundas? Estas se llaman **corrientes termohalinas** y dependen fundamentalmente de la densidad. Entonces, los vientos son la fuente primaria de las **corrientes superficiales**, mientras que las **corrientes profundas** se forman por variaciones de densidad, la cual, como hemos visto, depende de la temperatura y la salinidad.

Comunicación

Ya estamos preparados para aprender más sobre las corrientes superficiales y profundas, aprenderemos por qué siguen «rutas» específicas en el planeta y su influencia en el clima y el tiempo atmosférico.

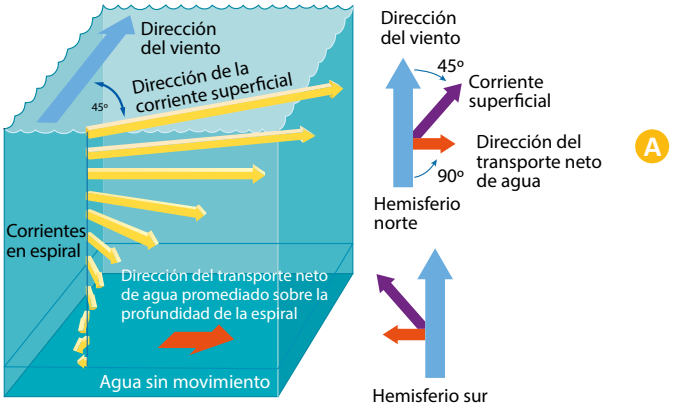
D. Patrones de las corrientes oceánicas actuales

Durante la década de 1890, Fridtjof Nansen participó en una expedición al Ártico y observó con intriga que el hielo se movía en el agua a unos 20-40° de la dirección del viento que lo impulsaba. Este fenómeno resulta ser muy importante para las corrientes oceánicas. Analicemos el porqué.

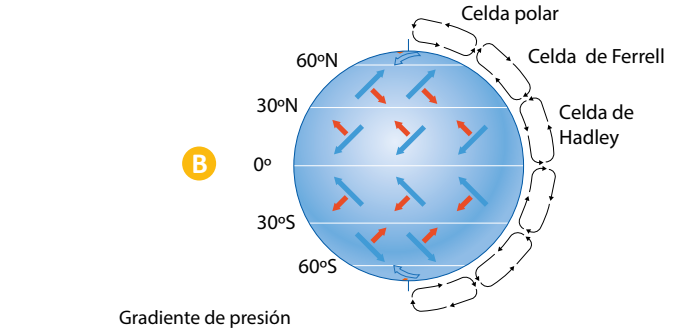
Procedimiento:

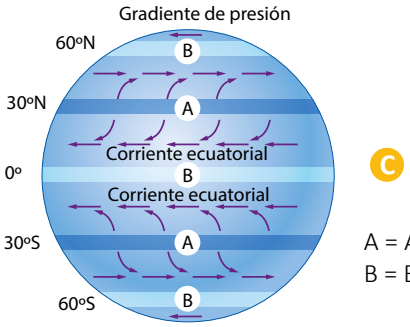
1. Analiza los esquemas y su información.

A. La desviación de las corrientes respecto a la dirección del viento que las genera se debe al **efecto Coriolis**. A esto se le llama el **movimiento de Ekman (movimiento neto a 45°)**. El resultado es la espiral de Ekman, donde la velocidad de las capas disminuye y la desviación se incrementa con la profundidad. Las corrientes superficiales se ven influenciadas por la forma de transmisión de la energía de los vientos, el efecto Coriolis, y además por el efecto topográfico; como el de los continentes.

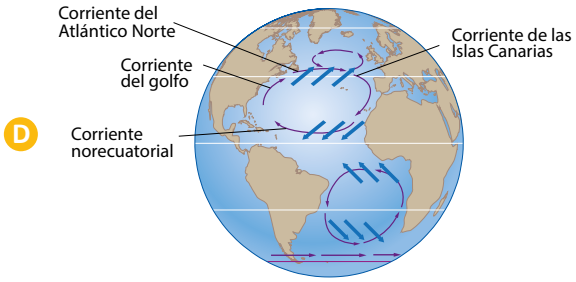


B y C. Los vientos alisios mueven las masas de agua entre los trópicos y generan las corrientes ecuatoriales hacia el oeste. Por la fuerza de Coriolis, estas se alejan del ecuador. Entre 30° y 60° de latitud los vientos del oeste dirigen el agua hacia el Este, y el efecto de Coriolis y las barreras continentales, dirigen el agua hacia el ecuador.





D. En conjunto, estas corrientes crean unas estructuras donde el agua gira en círculos, **llamados giros subtropicales**. Como resultado de estos factores se muestran las corrientes superficiales.



Las corrientes profundas usualmente se estudian a través de modelos. Es claro que la distribución vertical de las capas de densidad juega un papel importante, siendo las tres principales: la superficial (zona de mezcla), la picnoclina y la zona profunda. Debajo de la picnoclina el movimiento de las masas de agua depende de la densidad.

2. Haz una búsqueda adicional de información y elabora un ensayo, empleando las instrucciones de tu Cuaderno de Trabajo.

p. 71

Al conjunto de corrientes superficiales y profundas se les conoce como la **cinta transportadora global**, este es un sistema conectado de corrientes superficiales y profundas que circulan en aproximadamente 1 000 años. Aprendamos más sobre ellas y su influencia a escala global en la siguiente actividad.

E. La circulación oceánica y el clima

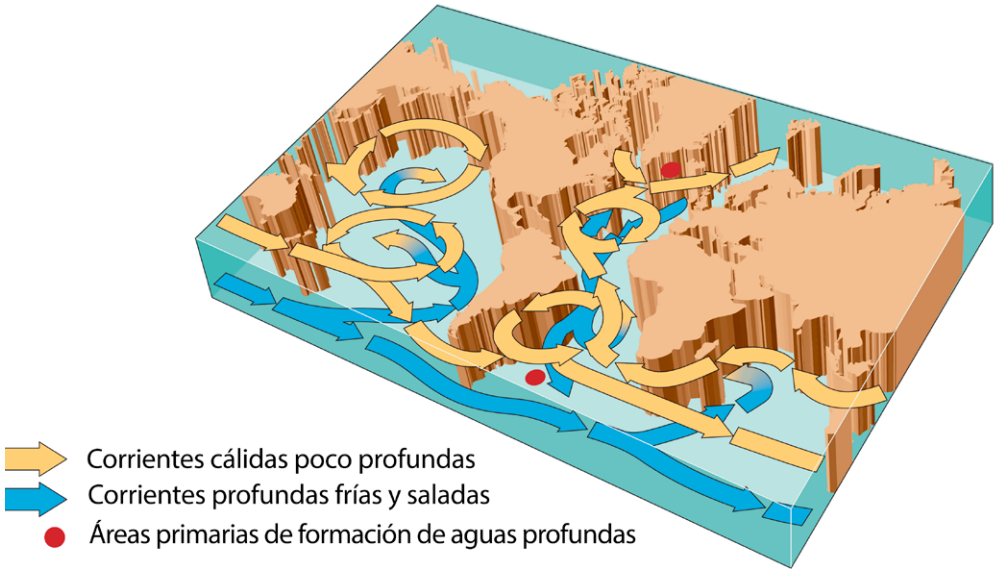
El sistema de corrientes oceánicas lleva calor de una parte del planeta a otra y también ocasiona un intercambio de componentes químicos entre el agua superficial y profunda. Por lo tanto, las corrientes oceánicas están vinculadas al clima y sus cambios.

Procedimiento:

1. Lee la información que se presenta a continuación sobre las circulaciones oceánicas y su influencia en el clima, en la cual se consideran los enfoques de: la circulación de vuelco meridional y la configuración actual de los climas.
2. Selecciona uno de los enfoques y exponlo a la clase con tu grupo de trabajo. Incluye: información general, importancia y datos extras de interés sobre los temas.

Circulación oceánica: configuración actual

La **circulación de vuelco meridional** (MOC, por sus siglas en inglés) es uno de los principales mecanismos que utiliza el océano para desplazar el calor, la sal, el carbono y los nutrientes por los océanos del mundo. El componente en el Océano Atlántico de la MOC (AMOC) se caracteriza por el agua fría y densa que se desplaza hacia el sur en la profundidad, y por las aguas cálidas y ligeras que se desplazan hacia el norte cerca de la superficie.



Escanea para saber más acerca de las corrientes oceánicas (en inglés):
https://bit.ly/094S18b

Los modelos numéricos climáticos sugieren que los cambios en la AMOC y la cantidad de calor y sal transportada pueden tener impacto en una variedad de fenómenos climáticos socialmente importantes, incluida la actividad de huracanes en el Atlántico, la precipitación y la variabilidad de la temperatura en América del Norte y en el oeste de Europa, y los cambios en las lluvias monzónicas en la India y África. Por lo tanto, cuantificar y comprender cómo cambia el AMOC con el tiempo es crucial para mejorar nuestro conocimiento sobre el funcionamiento del sistema climático y para ayudar a la sociedad a evaluar cualquier **cambio climático** futuro. La MOC puede variar en intensidad e incluso llegar a ralentizarse o pararse, por así decirlo, en su transporte de calor. Se cree que en el pasado ha ocurrido esto y como consecuencia ha habido climas fríos.

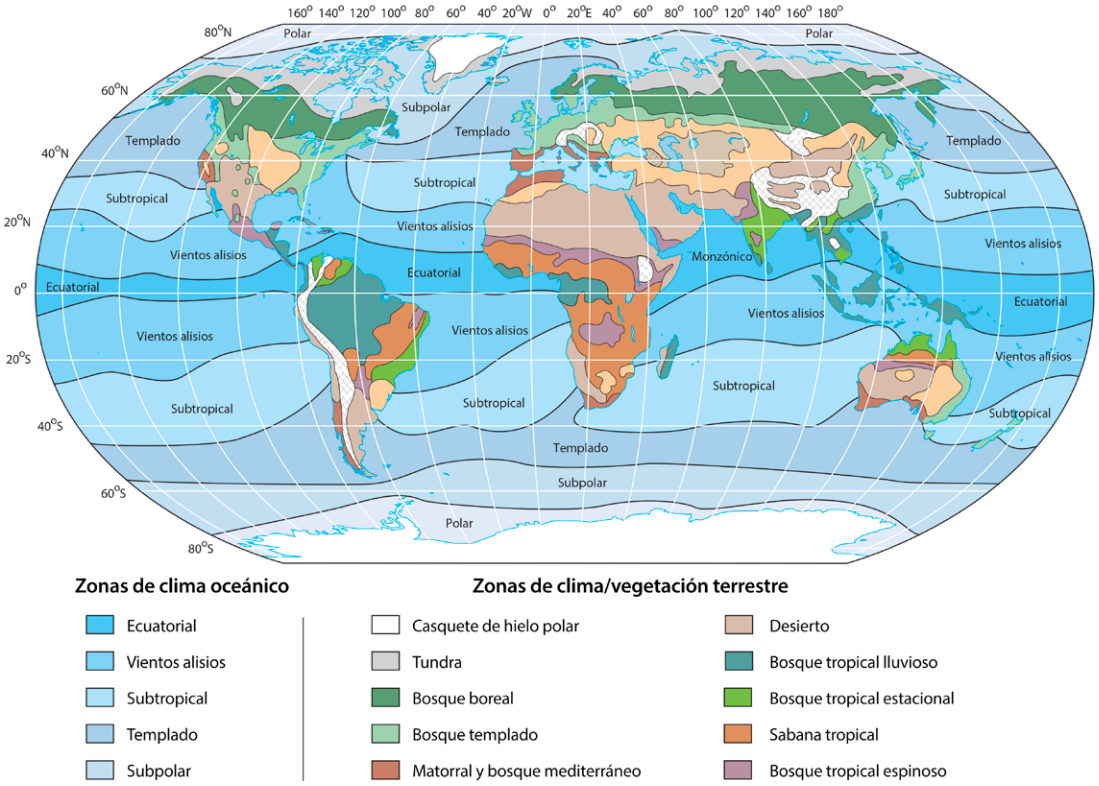
Uno de los resultados de la circulación es la actual configuración del clima en los océanos. A continuación, conoceremos algunos aspectos importantes relacionados a estas interacciones, la configuración actual de los climas y algunos efectos en el tiempo atmosférico.

Corrientes superficiales y su relación con el clima y el tiempo atmosférico

Efectos en el clima

El clima se relaciona tanto con las propiedades del agua superficial, como con el transporte de energía y otros factores. Como resultado, se producen varios procesos entre los que destaca, por ejemplo, la interacción de **El Niño-Oscilación del Sur** (ENSO, por sus siglas en inglés), que es un fenómeno natural caracterizado por la fluctuación de las temperaturas del océano en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial, asociada a cambios en la atmósfera. Durante El Niño, los vientos alisios se debilitan en el Pacífico tropical, lo que reduce la **surgencia** (ascenso de aguas frías y ricas en nutrientes desde las profundidades del océano hacia la superficie) y puede provocar un calentamiento adicional de las aguas superficiales, a menudo con efectos desastrosos sobre la vida marina. Las sequías ocurren en lugares lejanos como Europa Central y las tormentas severas ocurren en California y otros lugares. Cuando termina El Niño, el sistema puede sobrepasarse y producir **La Niña**, que tiene efectos generalmente opuestos a los de El Niño, pero menos severos.

Además de la ENSO, se han identificado oscilaciones interanuales en los océanos Pacífico Norte, Atlántico Norte, Ártico e Índico. Cada una de estas oscilaciones afecta a los climas regionales, pero los efectos son usualmente más pequeños y menos generalizados que los causados por ENSO. Además, los climas en los océanos se dan en bandas latitudinales, mientras que en los continentes es más complejo y dependen en general de la cercanía a los océanos y de las cadenas montañosas.



Sistemas meteorológicos y efectos locales

La interacción de la atmósfera con el océano causa la formación de huracanes alrededor de una zona de baja presión sobre aguas cálidas en latitudes lo suficientemente altas como para que el efecto Coriolis sea significativo, y a su vez, genera la formación de ciclones extratropicales que se forman en el frente polar a medida que el aire caliente fluye sobre el aire polar frío y es desviado por el efecto Coriolis. Pero también la interacción océano-atmósfera causa efectos más locales; por ejemplo, en las zonas costeras, la **brisa marina** ocurre cuando el aire caliente sube y es reemplazado por aire frío, o la **niebla en las costas**, que sucede cuando el aire cálido y húmedo del océano pasa sobre una masa de agua costera fría al entrar en el sistema de brisa marina.

Oleaje y mareas

Las **olas** son movimientos oscilatorios complicados provenientes del agua del océano, los cuales pueden ir de arriba hacia abajo y viceversa, y comprender desde unos pocos centímetros hasta varios metros. ¿Alguna vez has visto las olas desde la orilla de la playa? Para algunos, ver las olas es relajante o inspirador, mientras que otros nadan entre ellas o practican deportes.

Cuando preparaba mis exposiciones, descubrí que los oceanógrafos clasifican y dividen los movimientos del agua en los océanos como: circulaciones oceánicas, oleaje y mareas.

A. Conozcamos el oleaje

¿Sabías que hay parámetros que se pueden medir en las olas? En esta actividad aprenderemos sobre ellos, pero antes responderemos algunas preguntas que son de mucho interés.

Procedimiento:

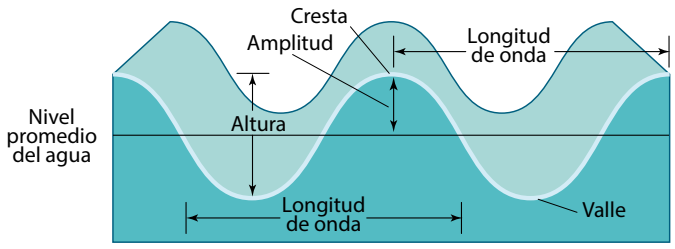
1. De acuerdo con lo estudiado hasta ahora y según tu experiencia previa, propón respuestas para las siguientes preguntas:
   a. ¿Qué es lo que genera el oleaje?
   b. ¿Qué es lo que mantiene a las olas en movimiento?
   c. ¿Es lo mismo el oleaje que las mareas? Explica.
   d. ¿Qué efectos tendrán las olas en los procesos generales de la Tierra?

p. 72

Para corroborar la certeza de las respuestas dadas a las preguntas anteriores será necesario que estudiemos el oleaje, por lo cual, es importante identificar los parámetros medibles de las olas.

2. A continuación, lee y discute los parámetros que se pueden medir de una ola.

La **cresta** es el punto de mayor elevación de la ola y, entre cada cresta, hay una depresión llamada **valle**. Todas las olas cumplen con estas características. A la distancia entre dos crestas (o valles) adyacentes se denomina **longitud de onda** (L). La **altura** de la ola (H) es la distancia vertical entre la cresta y el valle. La **amplitud** de la ola es igual a $H/2$, la distancia vertical entre la cresta o el valle y el nivel medio del agua.



Parámetros de una ola

El **período** (T) es el tiempo que tarda en moverse una distancia igual a una longitud de la onda. Es equivalente al tiempo que transcurre entre la llegada de dos crestas (o valles) sucesivas en un punto de la superficie. La **frecuencia** (f) es el número de crestas (o valles) de olas que pasan por un punto de la superficie del océano en un tiempo determinado.

En las siguientes etapas usaremos estas definiciones, trata de tenerlas en cuenta.

Creatividad

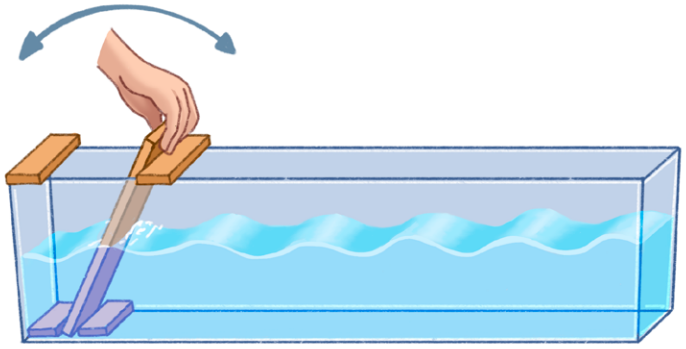
Ahora que hemos visto los principales parámetros de las olas, en esta etapa nos centraremos en construir experiencias prácticas que nos ayuden a comprender cómo describirlas y cuál es su comportamiento.

B. Describamos una ola y su movimiento

Para estudiar las olas, será de gran utilidad poder generar nuestras propias olas de forma controlada. Con los siguientes procedimientos aprenderemos cómo hacerlo.

Materiales:

- Pecera o recipiente transparente rectangular
- Tabla amplia que cubra el ancho y alto interior de la pecera
- 2 tablas delgadas de longitud igual al ancho del recipiente
- Tabla delgada de longitud mayor al ancho del recipiente
- Silicón o pegamento resistente al agua
- Fuente de viento (pajilla o pipeta)
- Hoja de papel y rocas pequeñas



Procedimiento:

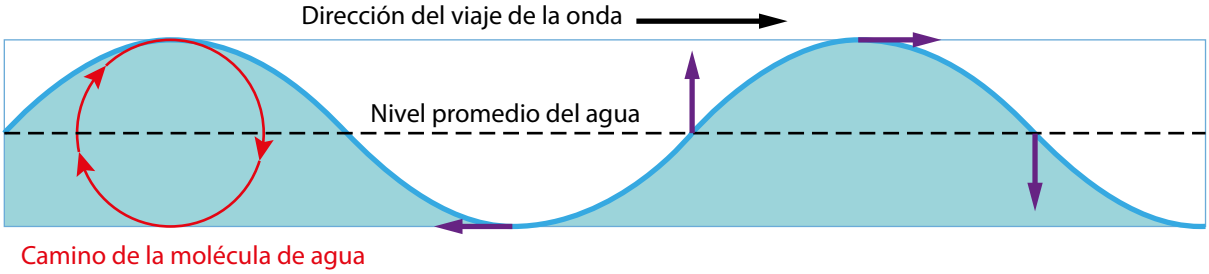
Parte I. Generador de olas

1. Fija transversal y paralelamente las dos tablas delgadas al fondo de uno de los extremos de la pecera, a modo de formar un canal donde introducir la tabla amplia.
2. Fija la otra tabla delgada de forma transversal y por encima del mismo extremo de la pecera.
3. Coloca la tabla amplia dentro del espacio formado por las tablas delgadas y llena con agua la pecera. Esto funcionará como un generador mecánico de olas.

Parte II. El movimiento de una ola

1. Coloca la hoja sobre el agua, en el extremo contrario al generador mecánico de olas.
2. Genera una perturbación (ola) y observa el movimiento de la hoja.
3. Centra tu atención en su desplazamiento vertical y horizontal. Auxíliate del diagrama del movimiento de las partículas cuando pasa una ola. Luego, responde las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo.

p. 72



Parte III. Efecto del viento

1. Colócate al extremo contrario del generador mecánico de olas.
2. Comienza a producir viento sobre la superficie del agua. Aumenta y disminuye la intensidad del viento.
3. Observa qué es lo que ocurre en la superficie del agua y responde las preguntas.

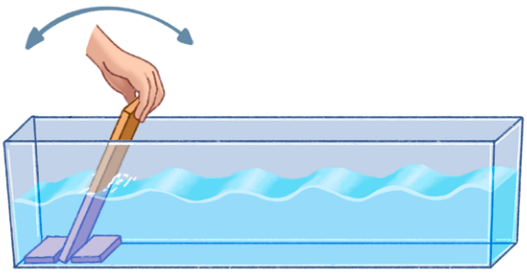
Parte III

Parte IV. Efecto de un objeto

1. Deja caer una de las rocas y observa la perturbación.
2. Repite la acción dejando caer las demás rocas (una a una).
3. Observa lo que ocurre y responde las preguntas del Cuaderno de Trabajo. p. 73

Parte V. Otros movimientos

1. Coloca en posición horizontal (acostada en la base) la tabla amplia.
2. Sumerge la mano y levántala rápidamente hacia un extremo del recipiente.
3. Observa lo que ocurre y responde las preguntas del Cuaderno de Trabajo.



Parte V

Los casos anteriores representan mecanismos generadores de olas. Las olas pueden formarse a través de distintos procesos, en los cuales debemos considerar el tamaño de las olas generadas. La mayoría de las olas se forman por la interacción de los vientos con el agua superficial, como lo generado con el *procedimiento III.*

Olas de gran tamaño pueden ser generadas por impactos en el océano (deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas e impactos de meteoritos), como lo visto con el *procedimiento IV*. Además, pueden ocurrir por movimientos abruptos en el fondo marino, por ejemplo, debido a un sismo de gran magnitud que cumple con esta condición, como cuando generamos una ola con el *procedimiento II*. En otros casos, las fuerzas gravitacionales producidas por el Sol y la Luna, y las perturbaciones generadas por el movimiento de algún cuerpo pequeño, como el provocado por un animal, pueden generar oleaje.

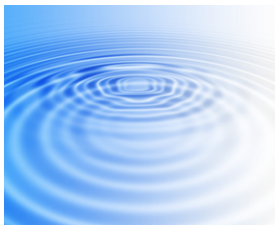
El incremento en los vientos aumenta la altura de las olas, aunque también la profundidad de los océanos influye en ese aspecto. El periodo T (se mide en segundos) se relaciona matemáticamente con la frecuencia f como:

$$T = \frac{1}{f} \qquad 4.1$$

La velocidad de la ola es comúnmente llamada celeridad (C), y se calcula así:

$$C = \frac{L}{T} \qquad 4.2$$

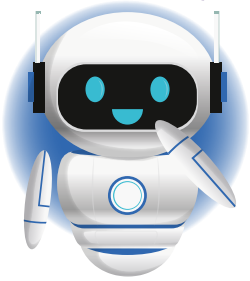
Cuando la profundidad del agua es mayor a la mitad de la longitud de onda, la velocidad de las olas depende solo de la longitud de onda (aguas profundas), pero cuando la profundidad es la mitad de la longitud de onda, hay frenado y la velocidad comienza a ralentizarse; al punto que, cuando la profundidad llega a ser 1/20 de la longitud de la onda (aguas someras), la velocidad depende solamente de la profundidad. De esta forma es que se generan y propagan las olas, reduciendo su velocidad y aumentando de altura conforme llegan a aguas someras.



Animación de un tsunami causado por terremoto (en inglés). https://bit.ly/094S19a

Modelo animado del tsunami que afectó Japón en 2011. https://bit.ly/094S19b

Las olas capilares son olas de periodo corto y las primeras en formarse, sus alturas son de milímetros y con L no mayor a $1.73\ cm$. Por su tamaño, estas dependen de la tensión superficial.



Comunicación

Para finalizar la semana, estudiaremos algunos fenómenos importantes relacionados con el oleaje y, además, aprenderemos cómo se generan las mareas.

C. El comportamiento de las olas

Hemos aprendido cómo se generan las olas, sus parámetros más importantes, su propagación, pero aún hay preguntas importantes por responder, y en eso nos centraremos en esta actividad.

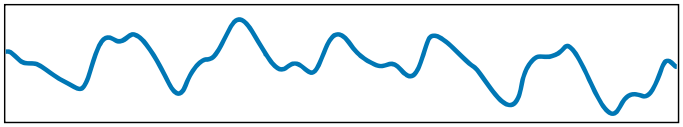
Procedimiento:

1. Forma un grupo de trabajo para leer la información que se presenta a continuación.
2. Busca información adicional acerca de los tsunamis provocados por la erupción del volcán *Hunga Tonga-Hunga Ha'apai* el 15 de enero de 2015 y sobre el sismo que causó el tsunami de 2011 en Japón.
3. Desarrolla las preguntas que aparecen en tu Cuaderno de Trabajo. Tu docente te indicará cuáles de ellas compartirás con la clase.

p. 73

Interferencia

Como has notado hasta el momento, las olas pueden interactuar entre sí, y en el océano abierto eso es algo muy común. Cuando las olas se adicionan o se sustraen al interactuar entre ellas, ese suceso se llama **interferencia**, y causa irregularidades en la altura y camino de las olas.



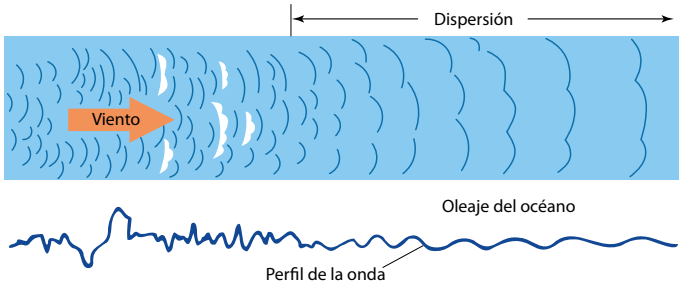
Forma de ondas generadas por la interferencia de ondas componentes

Disipación de energía

La pérdida de energía asociada a las olas ocurre por la viscosidad entre las moléculas de agua, y también por la viscosidad entre la atmósfera y la superficie del océano en donde se está moviendo la ola, aunque son muy bajas. Lo mismo ocurre cuando las olas encuentran viento o una corriente soplando en dirección opuesta.

Dispersión

Hay otro fenómeno importante y es el de la **dispersión de las olas**. Esto ocurre cuando las olas se ordenan (por así decirlo) de acuerdo con su periodo y longitud de onda, cuando las tormentas generan olas y estas últimas se alejan de la fuente.



Fuerza restauradora

El movimiento de las olas es sostenido por una **fuerza restauradora** que tiende a devolver a la superficie del mar a un estado plano; la fuerza restauradora principal es la gravitacional.

Oleaje producido por tsunamis y tormentas

Los tsunamis son trenes de ondas de longitud de onda muy larga (100 a $200\ km$) con períodos de 10 a $30\ min$ creados por sismos, erupciones volcánicas, impactos de meteoritos y otros, pueden viajar a velocidades superiores a $700\ km/h$. Los huracanes y otras tormentas pueden causar marejadas ciclónicas capaces de provocar que las olas de tormenta lleguen tierra adentro; más allá de la línea normal de marea alta.

Hemos aprendido los aspectos más básicos del oleaje. Y podemos decir que se trata de un fenómeno complejo e interesante, importante e incluso llamativo, a continuación, nos centraremos en otro: las mareas.

D. Las mareas

Se trata de uno de los movimientos más conocidos del agua en la línea de costa, y consiste en la retirada y el cubrimiento de la orilla del mar o el océano en ciclos repetidos. Las **mareas** suben y bajan por la superficie del océano, y para lograr ese tipo de movimiento necesitan de una cantidad importante de energía.

Procedimiento:

1. Analiza las imágenes a continuación:

MAREAS

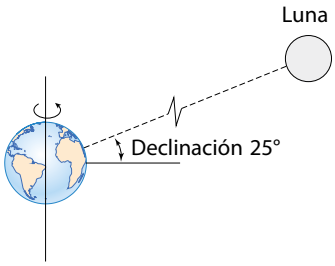
Las mareas causan un cambio en el nivel del mar periódicamente, en este caso se observa la bajamar (marea baja).

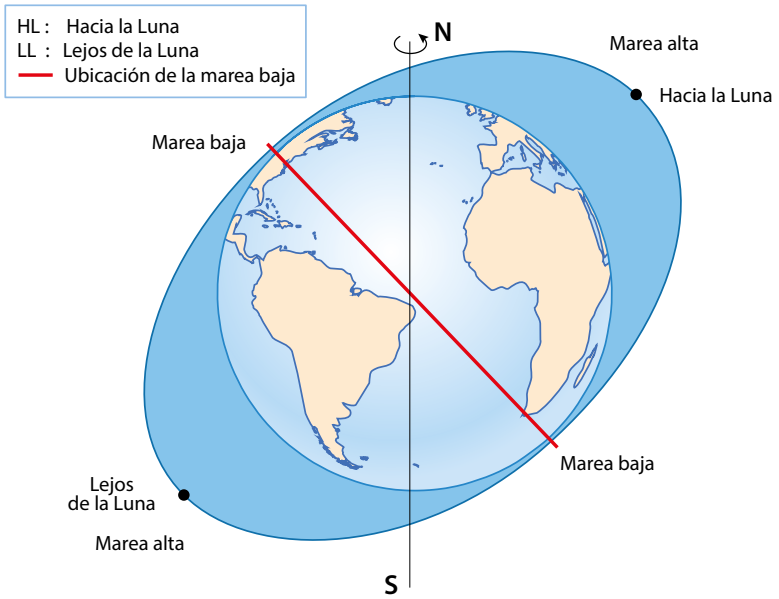
2. Escribe las diferencias entre las dos imágenes y responde lo que se solicita en tu Cuaderno de Trabajo.
p. 74
3. Tu docente formará grupos para asignar miniexposiciones acerca de los contenidos: generación de mareas, tipos de mareas, y mareas vivas y muertas.

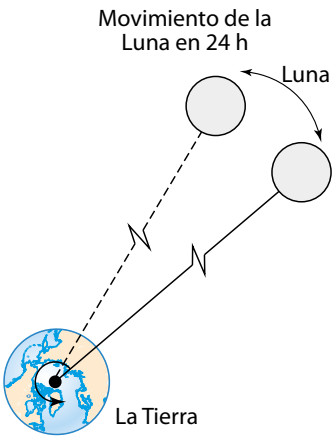
Generación de mareas

Las mareas son cíclicas, pero no van y vienen a la misma hora todos los días. La altura también cambia con el tiempo; no es la misma a diario. Pero más importante aún es la respuesta a la pregunta: ¿de dónde viene la energía necesaria para la generación de las mareas?

Las mareas se generan por fuerzas gravitacionales, producidas por la interacción del Sol, la Luna y la Tierra. A continuación, observa y analiza en clase cómo se producen las mareas a partir de la interacción Luna-Tierra.







Tipos de mareas

Ahora que sabemos que las mareas dependen de la posición de la Tierra con respecto a la Luna y el Sol, conozcamos sus características. Para comenzar, veamos sus variaciones en ciclos.

Las **mareas diurnas** tienen una pleamar y una bajamar por día de marea ($24\ h\ 49\ min$). Las **mareas semidiurnas** tienen dos mareas altas y dos bajas cada día de marea, y en ambos ciclos se mantiene la misma altura.

Las **mareas mixtas** tienen dos mareas altas y dos bajas cada día de marea, pero las dos bajas (y las dos altas) no tienen la misma altura. El rango de mareas varía según la ubicación y puede variar de un día a otro dentro de un mes lunar.

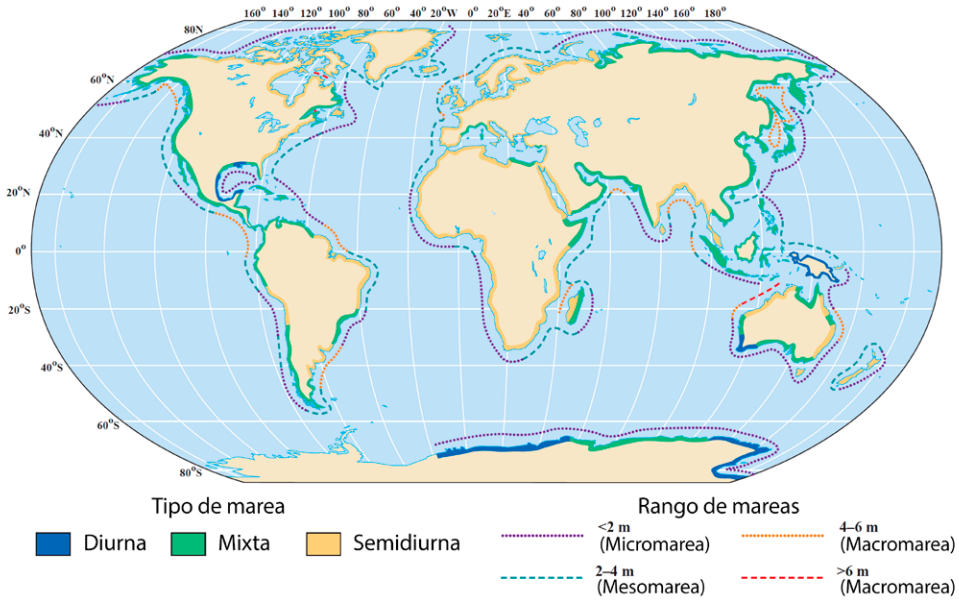
Mareas vivas y muertas

Las **mareas vivas** (rango de marea más alto) y las mareas muertas (rango de marea más bajo) ocurren dos veces cada mes lunar. Las mareas vivas ocurren cuando la Luna y el Sol están en el mismo lado de la Tierra (luna nueva) o en lados opuestos (luna llena), por lo que sus tirones de marea son aditivos.

Las **mareas muertas** ocurren cuando la Luna y el Sol están separados $90°$ (primer y tercer trimestre). La amplitud de las mareas también varía de un mes a otro. Las mareas se componen de numerosos componentes con diferentes períodos, cada uno causado por un cambio periódico regular en las órbitas Tierra-Luna y Tierra-Sol, como la distancia o la declinación.

Predicción e importancia de las mareas

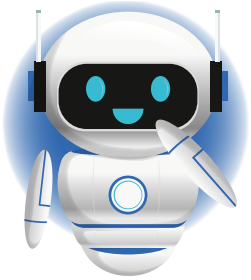
Las mediciones de la altura de las mareas registradas durante varios meses o años pueden someterse a un **análisis de armónicos**. Este análisis permite predecir con precisión la amplitud de las mareas y las horas de las mareas altas y bajas en el lugar estudiado. Cuanto mayor sea la serie de datos del lugar, más precisa será la predicción. Efectuando correcciones a las series de datos obtenidas desde distintos puntos, también es posible predecir mareas de otros lugares de los cuales no tenemos mediciones.



Visualiza las mareas globales y locales. Puedes compararlas con el mapa de la página (subtítulos).
https://bit.ly/094S19c

Escanea para saber sobre la predicción de mareas y el oleaje en general en El Salvador.
https://bit.ly/094S19d

Puede generarse electricidad a partir de la energía de las mareas. Para ello, usualmente se colocan turbinas y represas en una bahía o estuario. Por otro lado, también se puede generar electricidad partir del oleaje.



Oceanografía geológica

Indagación

Los **sedimentos** son restos de materia orgánica o inorgánica que se transportan y depositan en el fondo del océano. Estos se clasifican por el tamaño de grano o según su origen. De menor a mayor, los tamaños son: arcilla, limo, arena y cantos rodados. Según el origen, hay sedimentos litogénicos, biogénicos, hidrogénicos y cosmogénicos. Ahora experimentemos cómo ocurre el proceso de sedimentación construyendo un dispositivo para observar el movimiento de partículas de diferentes tamaños.

Notación...

La escala granulométrica de Wentworth clasifica los sedimentos por tamaño de grano. La arcilla es la más pequeña, con un diámetro de grano de menos de $0.004\ mm$ y los cantos rodados son los más grandes con diámetros de grano de $256\ mm$ o más.

Arcilla

Arena

Cantos rodados

A. Sedimentación

Con esta actividad aprenderemos a relacionar experimentalmente el tamaño de las partículas con la tasa de deposición de los sedimentos.

Materiales:

- Botella plástica de $2\ L$
- Agua
- Embudo
- Cronómetro
- Diversas muestras de sedimentos: grava, rocas, arena, arcilla ($240\ mL$ o $200\ g$ de cada uno)

Procedimiento:

p. 75

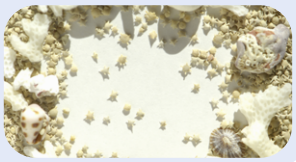
1. Observa los sedimentos que llevaste para la práctica.
   a. Describe y compara sus características físicas.
2. Adiciona cada uno de los sedimentos a la botella con ayuda del embudo.
3. Agrega agua a la botella hasta cubrir unas 3/4 partes de ella y tápala.
4. Agita vigorosamente la botella e inmediatamente colócala sobre una mesa. No se debe tocar la botella durante el resto del experimento.
5. Observa y cronometra la rapidez con la que se depositan los sedimentos sobre el fondo de la botella; es decir, cuando ya no estén en suspensión.
   b. Registra los tiempos de deposición para cada tipo de sedimento.
   c. ¿Cuáles factores consideras que inciden en la rapidez de sedimentación dentro del agua?
   d. Explica cómo crees que ocurre el fenómeno de sedimentación en los ambientes oceánicos naturales.

Con nuestro modelo simulamos condiciones de «alta energía», como en una playa, donde hay olas que rompen en la costa y en que se depositan solo las partículas más grandes, mientras los granos finos permanecen en suspensión. Cuando dejamos de agitar simulamos un ambiente de «baja energía», como el del fondo del océano, donde las partículas más pequeñas se depositan y forman sedimentos más finos.

Recordemos que según el origen de los sedimentos se pueden clasificar en:

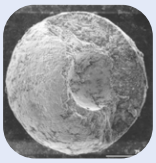
Sedimentos litogénicos: derivados de la erosión de las rocas en los continentes. Provienen de los ríos y glaciares que arrojan sedimentos a la plataforma continental.

Sedimentos biogénicos: provienen de los restos óseos de organismos; entre ellos caparazones, fragmentos de coral, espinas de erizo de mar y restos de conchas de moluscos.



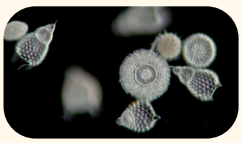
Sedimentos hidrogénicos: provienen de la precipitación de los materiales disueltos en el agua de mar. Los dos tipos más comunes de **evaporitas** son el yeso y la halita. La halita es cloruro de sodio ($NaCl$), que es la sal común.

Sedimentos cosmogénicos: son aquellos que llegan del espacio exterior. Aproximadamente $4\text{-}6\ x10^4$ toneladas de estas partículas se acumulan cada año.



Fijate que...

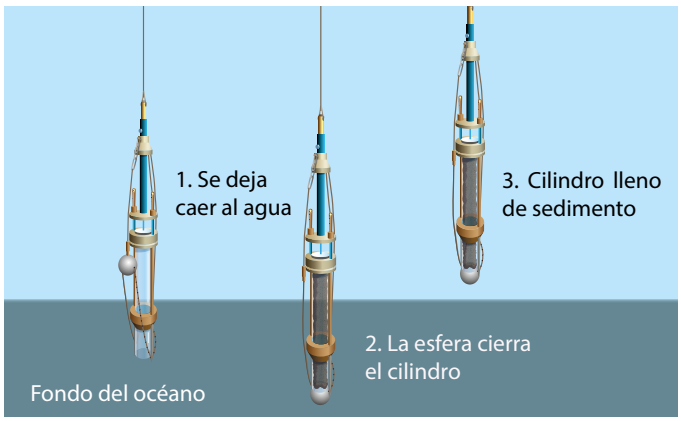
Las diatomeas son algas unicelulares, que segregan sílice que se acumula como sedimento en grandes cantidades y es conocido como «tierra de diatomeas». Este material se usa para elaborar filtros, esponjas faciales y es componente de la pasta dental.



Así se usa...

Dispositivo para muestreo de sedimentos

Para estudiar los sedimentos marinos, es necesario extraerlos desde el fondo, lo que se efectúa con un **nucleador**. El equipo consiste en un cilindro que lleva en un extremo una pesa y un mecanismo de disparo. El dispositivo se deja caer en el agua y se abre la válvula de vacío para permitir el desplazamiento del agua y el cilindro se va introduciendo en el fondo y llenándose de sedimentos. Con la pérdida de tensión de la cuerda se libera el mecanismo de disparo y la esfera se desplaza a la parte inferior del nucleador para tapar el cilindro.



Luego, en la embarcación se libera el tubo con los sedimentos.

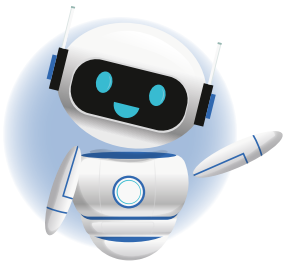
Nucleador de gravedad tipo UWITEC, utilizado para la extracción de núcleos sedimentarios.

Los oceanógrafos utilizan estos núcleos para observar las capas de sedimentos que se han acumulado en el fondo del océano a lo largo del tiempo. Los estudios brindan información sobre el clima del pasado, la composición de gases atmosféricos, la evolución de las especies y el movimiento de las corrientes.

Creatividad

Las playas se forman por la erosión de las formaciones terrestres cercanas y, a medida que las olas chocan con estas formaciones terrestres, los sedimentos se erosionan, se transportan por el agua y se depositan a lo largo de la costa. El transporte de sedimentos es un proceso natural y controla la morfología de las playas. Para entender cómo ocurre este proceso de transporte, vamos a construir un simulador de playa.

La erosión es un proceso natural donde las partículas se mueven de un sitio a otro por acción del viento, agua, o algún otro agente transportador.



B. Simulador de playa

Ahora que nos hemos adentrado en el estudio de los sedimentos, a continuación aprenderemos sobre la interacción del oleaje con los materiales de la costa, lo que nos ayudará a comprender cómo se modela la franja costera.

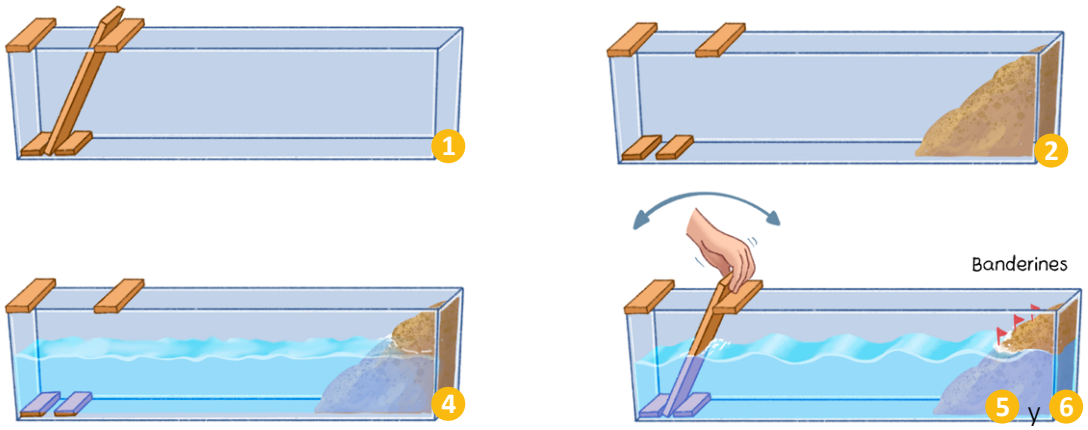
Materiales:

- Pecera con el generador mecánico de olas
- Arena
- Agua
- Bloques de madera o plástico
- Palillos de dientes
- Pajillas de color
- Rocas pequeñas y grandes

Procedimiento:

1. Utiliza el dispositivo de generación de olas de la *semana 19*. Retira la tabla amplia y revisa que las tablas delgadas estén fijas, de lo contrario, vuelve a fijarlas como se explica en la página 137.
2. Agrega un promontorio de arena al extremo del recipiente contrario al generador de olas. Debe ser suficiente para llenar la mitad de su longitud.
3. Entierra superficialmente algunas rocas en el promontorio.
4. Agrega agua para cubrir aproximadamente 1/3 de la altura del recipiente. La arena debe sobresalir, simulando una «playa».
5. Elabora los banderines (al menos 4): corta las pajillas en pequeños trozos y luego perfóralas con un extremo de los palillos de dientes.
6. Coloca los banderines en línea, a diferentes distancias de la «playa».
7. Coloca de nuevo la tabla amplia y genera una ola. Observa su efecto en los banderines, las rocas y la arena.
8. Realiza repeticiones: genera olas suaves o lentas, y fuertes o rápidas. Deja reposar entre cada intento.
9. Anota tus observaciones para cada intento en la tabla de tu Cuaderno de Trabajo.
   a. ¿Qué puedes concluir acerca del efecto de las olas en las playas y sus sedimentos?

p. 76



¡Genial!

Solicita a tu responsable que comparta tus logros.

@educacion_
@educacion_
@educacions
@EducacionS

Con la experiencia anterior representamos cómo la intensidad del oleaje erosiona los sedimentos y va cambiando la morfología de la playa. Además, el tipo de oleaje tiene efectos en las costas y lo que se encuentre en ellas. Probablemente sepas que se emplean barreras en agricultura y en las obras públicas para prevenir efectos negativos de la erosión, pero, ¿sabías que también existen barreras naturales en la zona costera? Con esta actividad descubriremos su acción e importancia.

C. Barreras naturales

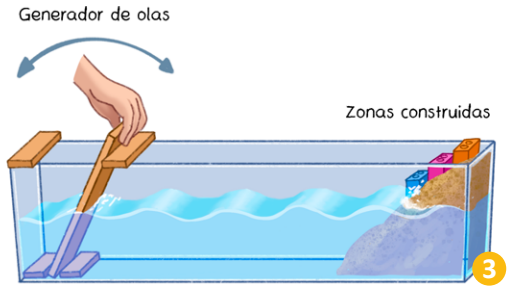
En esta actividad simularemos el efecto de las olas en la costa cuando existen barreras y cuando no las hay.

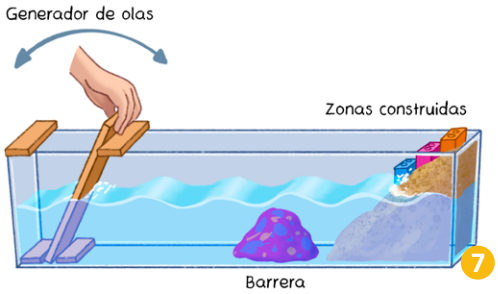
Materiales:

- Pecera con generador mecánico de olas
- Piezas o bloques de plástico
- Rocas pequeñas y grandes

Procedimiento:

1. Utiliza el mismo dispositivo de la actividad anterior. Retira las rocas y reacomoda la arena si es necesario.
2. Coloca los bloques plásticos en la arena a varias distancias, como hiciste con los banderines de la *actividad A*. Esto representará las «zonas construidas en la playa».
3. Genera algunas olas fuertes y anota lo que sucede con los bloques. Recuerda dejar reposar el agua entre cada ola.





4. Restaura los elementos de la «playa» y coloca una barricada de rocas pequeñas frente a la arena, sin que sobresalgan del agua.
5. Genera olas similares a las del *paso 3* y observa lo que sucede.
6. Restaura los elementos de la «playa» y ahora coloca una barricada de rocas grandes frente a la arena.
7. Genera olas similares a las del *paso 3* y observa lo que sucede.
8. Analiza lo observado y completa lo que se indica en tu Cuaderno de Trabajo.
9. Compara los *esquemas A* y *B* y resuelve lo solicitado de tu Cuaderno de Trabajo.

p. 76
p. 77

ECOSISTEMAS COSTEROS

Los árboles de mangle habitan en ambientes inundados y poseen unas raíces adaptadas para soportar las altas concentraciones de sal.

Como pudimos experimentar, las barreras disminuyen la fuerza del oleaje y proveen protección ante la erosión. Sin embargo, las zonas costeras experimentan una intensa actividad humana y es importante poner atención a la ubicación de las barreras naturales, ya que un cambio drástico en su condición y extensión podría afectar la hidrodinámica del ecosistema costero.

Comunicación

Como vimos, algunos ecosistemas, tales como arrecifes y manglares, protegen las costas frente a cambios en el oleaje. Además, brindan hábitats a gran diversidad de organismos y recursos alimenticios para mucha gente en el planeta. Entre los ecosistemas costeros tenemos: playas (arenosas y rocosas), manglares, arrecifes de coral, entre otros. ¿Cuántos de ellos conoces?

Aprendamos más sobre los ecosistemas marino-costeros.

D. Cartas informativas

Como ya podrás estar imaginando, los ecosistemas marino-costeros son muy diversos. A continuación, conoceremos algunos de los más representativos que están presentes en El Salvador.

Procedimiento:

1. Tu docente formará parejas para esta actividad.
2. Lee la información de las cartas informativas que se presentan a continuación y analízala junto con tu pareja.
3. Luego, tu docente te asignará un equipo para elaborar una maqueta del ecosistema que más les haya llamado la atención, para que con ella puedan explicar su importancia.

Playa Taquillo, La Libertad

Costas rocosas: están formadas por diferentes tipos de rocas. Estas zonas están regidas por el oleaje y las mareas. Son habitadas por organismos que toleran vivir en condiciones emergidas, sin embargo, no pueden vivir siempre inmersos en el agua de mar. Entre los organismos de las costas rocosas tenemos a los líquenes, algas verdes, pardas y rojas; almejas, caracoles, crustáceos y equinodermos (como estrellas y pepinos de mar).

Punta Mango, Usulután

Costas arenosas: están constituidas por acumulación de sedimentos de origen mineral o de origen biológico. La longitud de estas costas puede ser desde pocos metros hasta kilómetros. Los ambientes arenosos o fangosos son poco propicios para los organismos, pero pueden encontrarse algunas plantas superiores que toleran la sal. Los organismos que se pueden encontrar viven sobre la arena y se entierran en ella, por ejemplo, gusanos anillados como poliquetos, moluscos y caracoles.

Bosque de manglar, Barra de Santiago, Ahuachapán

Manglares: son ecosistemas de zonas inundables con fondos fangosos, donde se junta agua dulce del continente con agua salada del mar, provocando agua salobre. Los manglares proveen bienes y servicios para el bienestar de la humanidad, siendo uno de los ecosistemas más productivos del mundo, porque albergan especies como camarones, cangrejos, moluscos y peces. Contribuyen a la estabilidad costera, ya que sirven como barrera protectora ante inundaciones, marejadas o tsunamis.

Arrecife coralino de Los Cóbanos, Sonsonate

Arrecifes de coral: están formados por pólipos de coral, los cuales segregan carbonato de calcio. Estos corales se conocen como «corales duros», y como constructores de arrecifes, los cuales sirven de base para que otros organismos se asocien al ecosistema. Los arrecifes son llamados «bosques del mar», ya que ofrecen sitios de reproducción y refugio de diversas especies marinas. Además, funcionan como barreras que minimizan el impacto de las olas provenientes de grandes tormentas, huracanes o tsunamis.

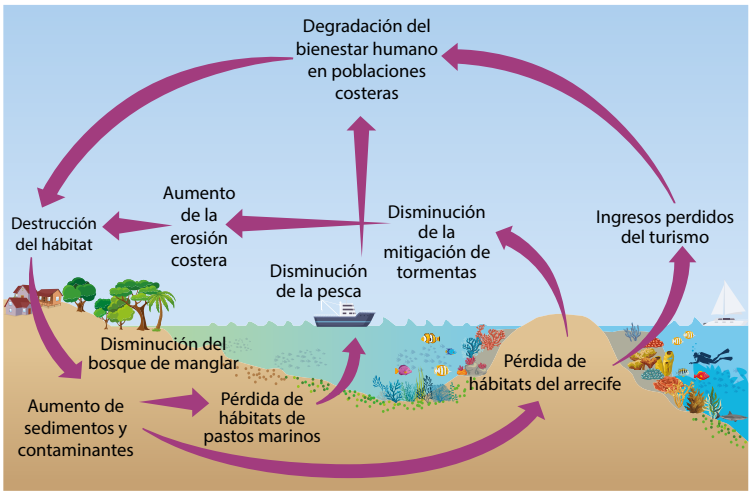
E. El sustento de las sociedades

En esta actividad comprenderemos cómo se relacionan los procesos costeros y su efecto en las actividades económicas de la gente.

Procedimiento:

1. Observa la siguiente imagen y relaciona los procesos que desarrollamos a lo largo de la semana con las actividades productivas en la zona costera.
2. Investiga y explica cómo la degradación de los ecosistemas puede afectar las actividades comerciales de recursos pesqueros y el turismo.

p. 77



Al investigar, me di cuenta de que los ecosistemas marino-costeros aportan cada año unos 28 billones de dólares a la economía mundial. Dos de los rubros importantes para ello son las pesquerías y el turismo.

Los océanos son sistemas de masas de agua donde existe un equilibrio dinámico entre las variables físicas y químicas que influyen en la vida marina. Algunos de estos parámetros son la intensidad de luz, la temperatura, la salinidad, la concentración de oxígeno, las características de los sedimentos, entre otros.

A. La luz solar en el océano

Como hemos visto antes, la luz solar tiene una influencia importante en el ambiente marino, al punto de establecer una zonificación en la columna de agua. Descubramos a través del próximo experimento cómo sucede.

Materiales:

- Vaso alto y transparente
- Regla y marcador indeleble
- Agua caliente y fría
- Colorante oscuro. Puede ser café o refresco en polvo
- Linterna

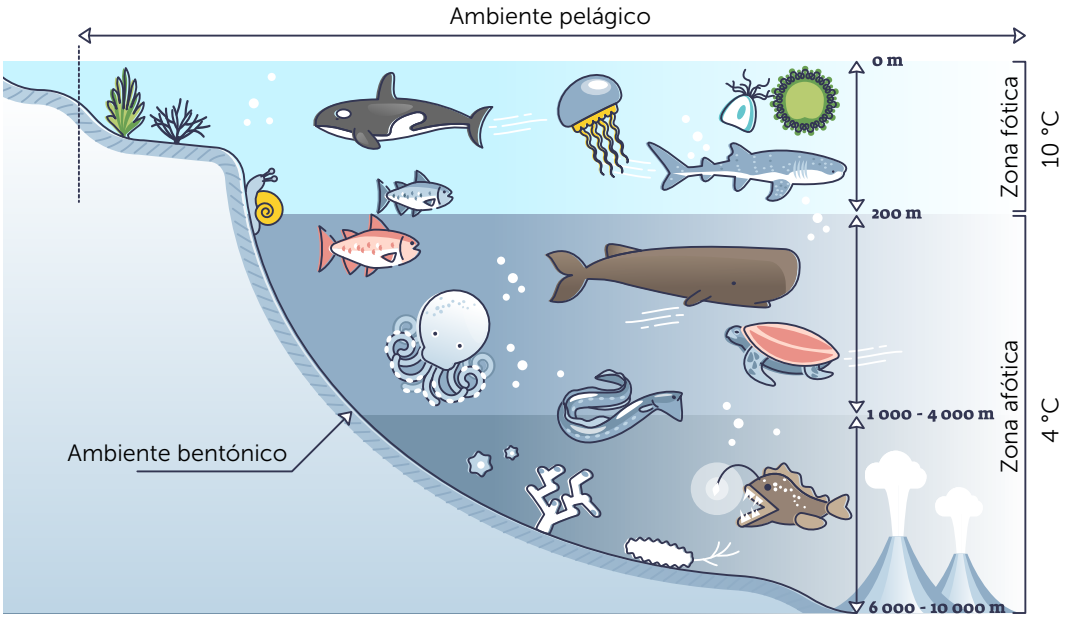
Procedimiento:

1. Elabora una escala en el vaso efectuando marcas lineales en cada centímetro en su exterior.
2. Agrega agua fría hasta superar tres cuartas partes del vaso.
3. Adiciona suficiente colorante al agua fría hasta que no puedas distinguir las marcas de la escala.
4. Decanta el agua caliente hasta llenar el vaso. Trata de no mezclar.
5. Ilumina con la linterna desde la parte superior del vaso. Pon atención a la profundidad hasta la cual aún puedes distinguir con claridad las marcas de la escala.
6. Analiza y responde lo que se solicita en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 78

Como vimos, la incidencia de los rayos solares influye en la zonificación del océano. Si recuerdas, en semanas anteriores, conocimos que hay otras variables físicas que en conjunto generan condiciones y crean ambientes en los cuales habitan diversos organismos.

Dos grandes ambientes oceánicos son: el pelágico y el bentónico. En el pelágico viven los organismos de aguas superficiales y medias, y en el bentónico, viven los organismos del fondo oceánico.



B. Zonificación oceánica

Ahora aprenderemos a identificar las características de las principales zonas oceánicas, así como las adaptaciones y particularidades de los organismos que habitan en ellas.

Procedimiento:

1. Lee el texto a continuación:

En la zona **epipelágica**, la temperatura es uniforme; se encuentra **fitoplancton** hasta los $80\ m$ de profundidad, donde hay suficiente luz para realizar fotosíntesis. En la zona **mesopelágica** no existe suficiente luz para la fotosíntesis, así que es más común encontrar **zooplancton**, camarones y medusas. En la zona **batipelágica** predominan los peces linterna y otros organismos que producen luminiscencia, también hay tiburones y calamares gigantes. A los $4\ 000\ m$ de profundidad está la zona **abisopelágica**; allí hay poco oxígeno, baja presión hidrostática, así que los peces carecen de vejiga natatoria y utilizan la bioluminiscencia para atraer a sus presas. La zona **hadopelágica** es la más profunda, es muy desolada y habitan muy pocas especies.

p. 78

2. Completa el esquema de tu Cuaderno de Trabajo y responde:
   a. ¿Qué variables consideras que se han usado para establecer esta zonificación?
   b. ¿De dónde consideras que proviene la energía utilizada por los organismos de la zona abisopelágica?
   c. ¿Crees que hay organismos representantes de todas las zonas oceánicas en El Salvador? Explica brevemente tu respuesta.

ZONAS OCEÁNICAS

Las zonas oceánicas según su distancia desde la costa son la intermareal, nerítica y oceánica y según la profundidad son fótica y afótica.

Fíjate que...

Las diatomeas son uno de los principales grupos de algas del fitoplancton. Para flotar, algunas tienen espinas, otras son planas y se juntan en colonias, y otras almacenan lípidos.

Los organismos han desarrollado estrategias para adaptarse a las condiciones del medio marino, pero, ¿te has puesto a pensar cómo algunos de ellos pueden mantenerse a flote sobre la columna de agua? Hagamos la siguiente actividad para averiguarlo.

C. Diseña tu plancton

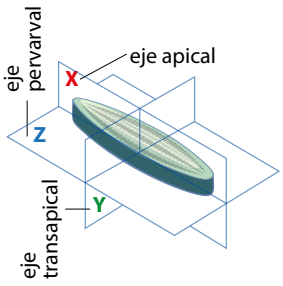
Con la siguiente actividad grupal, simularemos un organismo planctónico que pueda flotar bajo la superficie.

Materiales:

- Vaso de vidrio o plástico
- Agua
- Sal y aceite
- Cinta adhesiva
- Pajillas o agitadores de café
- Trozos de esponja
- Palillos de dientes

Procedimiento:

1. Con los materiales disponibles, modela la estructura rígida de un un organismo capaz de flotar por debajo de (no sobre) la superficie.
2. Para tener éxito, guíate con las preguntas: ¿qué variables influyen en la flotabilidad? ¿Qué puedo usar como extensiones corporales simétricas? ¿Cómo es la apariencia física de un organismo planctónico?
3. Prueba tu dispositivo en el agua y explica a tus compañeros la estrategia que utiliza tu plancton para flotar.



Plano corporal básico de una diatomea

Creatividad

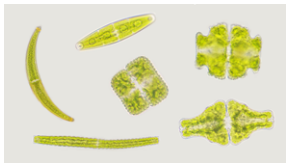
Con la experiencia anterior, comprobamos cómo algunos organismos pelágicos han generado respuestas de adaptación para controlar la flotabilidad y de esta manera ahorrar energía en la natación, pero, ¿sabías que el fitoplancton inicia el proceso de producción de materia orgánica en el océano? Es muy similar a como las plantas representan la base de las cadenas alimenticias en los ecosistemas terrestres. Realicemos la siguiente actividad para reconocer cómo se lleva a cabo este proceso en el océano.

Notación...

La productividad primaria se refiere a la cantidad de materia orgánica (producida por el fitoplancton). Se expresa generalmente en gramos de carbono por metro cuadrado por día ($C/m^2/\text{día}$).

Ojo al dato...

La clorofila es el principal pigmento fotosintético y a través de este se puede estimar la cantidad de fitoplancton oceánico superficial.



Fitoplancton

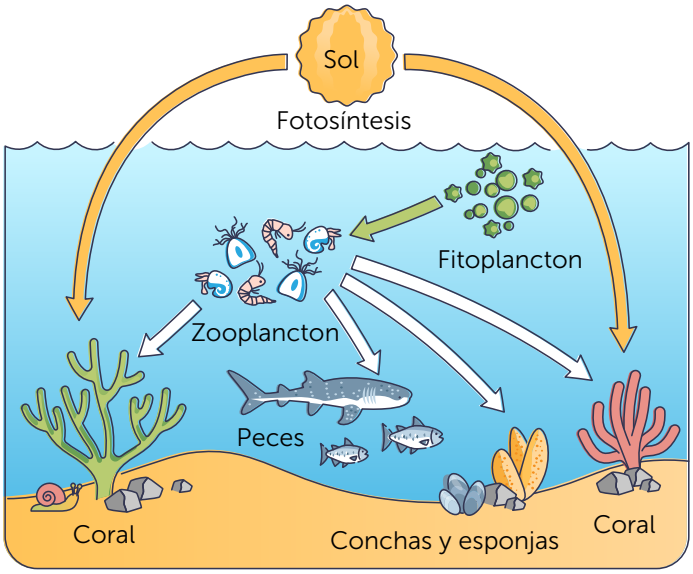
D. Productividad primaria

Con esta actividad se analizarán cuáles factores pueden limitar la productividad primaria en el océano.

Procedimiento:

p. 79

1. Tu docente te asignará una pareja y la forma de exposición.
2. En el Cuaderno de Trabajo encontrarás unas cartas recortables.
3. Cada pareja tendrá cuatro juegos de cartas con las variables siguientes:
   a. Radiación solar: representa la luz solar que es utilizada para la fotosíntesis disponible como porcentaje de la radiación máxima que ocurre durante el año.
   b. Clorofila a: es una medida de la cantidad de organismos con capacidad fotosintética en la superficie del océano.
   c. Nitrato: representa la cantidad de nitrato en el agua.
   d. Productividad primaria: describe la cantidad de materia orgánica que se ha producido a través de la fotosíntesis en la superficie del océano.
4. Analiza los datos de cada día de muestreo y explica brevemente cuáles fueron los factores más incidentes en la productividad primaria.
5. Luego, analiza el siguiente esquema y explica la importancia del fitoplancton en las cadenas alimenticias del océano.



Podemos concluir entonces que ciertas variables influyen en la capacidad que tendrán los organismos fotosintéticos de ingresar la energía luminosa a las cadenas tróficas del océano.

Hasta ahora, hemos visto las características de algunos organismos pelágicos, pero también existen los organismos **bentónicos**, los cuales habitan en los fondos (arenosos, rocosos, etc.), desde la plataforma continental hasta grandes profundidades. De hecho, el **litoral** (o costa) también puede zonificarse horizontalmente según la influencia que recibe de las mareas y el oleaje, en una zona **supralitoral** o **supramareal**, zona **intermareal** y zona **infralitoral**. En cada una, los organismos se distribuyen de manera diferenciada.

E. Juego de roles

A continuación, nos centraremos en algunas interacciones entre los organismos que habitan en la zona **intermareal**, es decir, aquella influenciada por las líneas de máxima y mínima marea.

Procedimiento:

1. Tu docente indicará los preparativos, ya sea dentro o fuera del salón:
   a. Dividir el espacio en tres áreas: marea alta, marea baja e infralitoral.
   b. Colocar pupitres u objetos dispersos para representar «rocas».
   c. Marcar un par de círculos en la zona infralitoral.
   d. Organizar a los estudiantes en roles: 2 serán «marea», 1 será «Sol» y 2 serán «plancton». El resto integrará los equipos de organismos: «móviles», «sésiles» y «depredadores»; cada quién elegirá qué especie ser.
2. El juego consta de dos momentos alternos: «marea baja» o «marea alta», que se intercambian cada minuto, iniciando en «marea baja». Los estudiantes «marea» representan el nivel del agua en cada momento. Ellos se colocan sosteniendo un lazo a media altura sobre una de las líneas de marea y lo trasladan a la otra, cuando se indique el cambio de momento.
3. El plancton se representa por papelitos doblados. Los estudiantes «plancton» los esparcen por las tres áreas y llevan un conteo de recolección.
4. Roles en el momento «marea baja»:
   a. Los organismos sésiles (como ostras, corales, esponjas) solo pueden caminar alrededor de las rocas para evitar el Sol y recolectar plancton. Pueden pasarse el plancton entre sí para entregarlo al contador.
   b. Los organismos móviles (como peces, cangrejos, estrellas de mar) pueden moverse libremente, recolectar plancton y entregarlo al contador.
   c. Los depredadores se mantendrán dentro de los círculos infralitorales.
   d. El Sol se paseará por la zona intermareal produciendo desecación. Si toca a cualquier organismo, lo sacará del juego hasta el siguiente ciclo.
5. Roles en el momento «marea alta»:
   a. Los organismos sésiles y móviles se mantienen sin cambios.
   b. Los depredadores buscan «comer» a los organismos, dándoles una palmadita. Los organismos «comidos», salen del juego hasta el siguiente ciclo. Los sésiles valen por 2 plancton y los móviles por 6 plancton para el equipo de depredadores. Si un depredador es tocado por el lazo o queda en la zona intermareal durante la marea baja, sale del juego por dos ciclos.

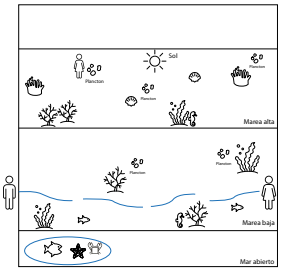
c. El Sol se retira al extremo opuesto de la zona infralitoral.

6. El juego lo gana el equipo con más plancton recolectado al pasar 10 ciclos.
7. Analiza la ilustración de tu Cuaderno de Trabajo y responde.

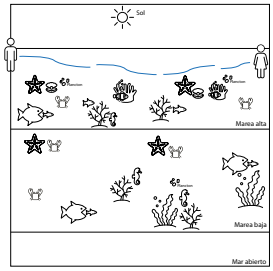
p. 81

Ojo al dato...

En los ecosistemas se estudia la composición y estructura de las comunidades. La composición se refiere a la diversidad y número de especies, y la estructura es la organización y ubicación de estas especies en un lugar y tiempo determinado.



Marea baja



Marea alta

Con esta experiencia pudimos representar algunas interacciones de la zona intermareal y nuevamente podemos interpretar que algunas variables influyen en la dinámica y distribución de los organismos marinos.

Comunicación

Recordemos que el fitoplancton realiza la producción primaria a través de la fotosíntesis, utilizando energía radiante del Sol, el dióxido de carbono y los nutrientes del agua de mar. Luego, el zooplancton herbívoro es el primer encargado de transferir el carbono fijado por el fitoplancton a los niveles tróficos superiores.

En los últimos años se ha detectado la presencia de microplásticos en las zonas intermareales de playas rocosas y arenosas. Dicho material proviene de fragmentos de plástico de redes de pesca, botellas, gránulos de detergentes y residuos sólidos.

¿Sabías que los océanos han absorbido el 30 % del CO_2 emitido a la atmósfera durante décadas? Es posible que te preguntes si hay efectos negativos para el océano al absorber cantidades excesivas de CO_2, incluso que cuestiones qué otras problemáticas enfrenta la biodiversidad del océano. A continuación, abordaremos algunas de ellas.

F. Problemática ambiental

Con esta actividad reconoceremos algunos casos que describen las amenazas de los ecosistemas oceánicos.

Procedimiento:

1. Tu docente armará grupos para esta actividad.
2. Lee los siguientes estudios de casos y discute en equipo acerca de las causas y consecuencias de esta problemática ambiental.
3. Elijan en equipo uno de los casos e investiguen cómo podrían efectuar una demostración experimental del acontecimiento o de las consecuencias del problema.
4. Anota en tu Cuaderno de Trabajo el procedimiento de la demostración.
5. Tu docente indicará el momento para que expongan su trabajo frente al resto de la clase, y si se hará de manera práctica o teórica.

p. 81

Caso 1

Los corales sufren un fenómeno de **blanqueamiento**. Debido al estrés provocado por el aumento de las temperaturas, los corales expulsan a las zooxantelas, que son protozoarios que brindan la coloración al coral y con quien tienen una relación simbiótica de la que dependen para sobrevivir.

Caso 2

La producción camaronera ha ocasionado desaparición de bosques de manglar para instalación de estanques y desvío de cauces de ríos. Esta producción intensiva requiere uso de fertilizantes y alimentos formulados, desinfección y lavado de estanques que generan riesgos de contaminación química, y pérdida de la calidad de agua, lo que afecta las cadenas tróficas.

Caso 3

El exceso de CO_2 reduce el pH del agua, en un proceso conocido como «acidificación». Dentro del agua el CO_2 se transforma en ácido carbónico y la concentración en carbonato disminuye. Esto dificulta a los organismos (corales, caracoles, erizos) que utilicen el carbonato marino para fabricar sus caparazones.

Caso 4

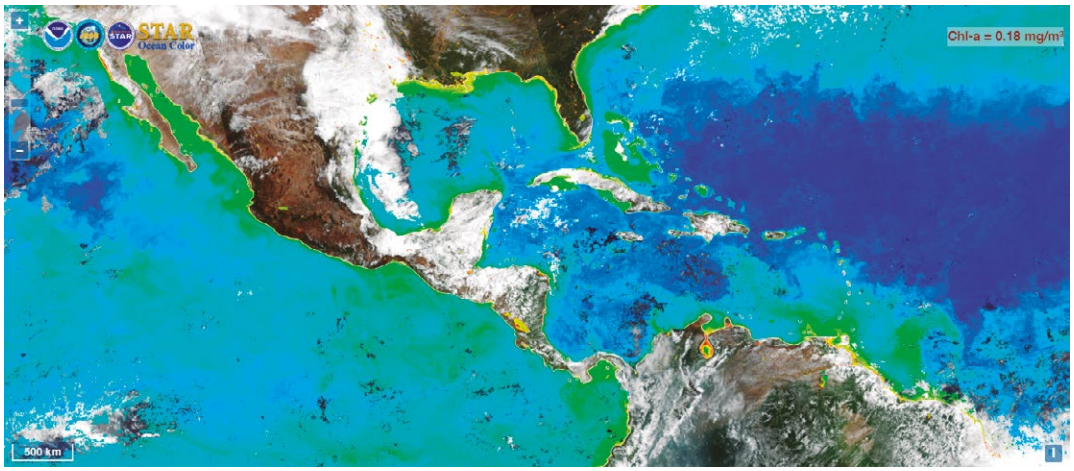
Las floraciones de algas nocivas son un fenómeno de proliferación de algas microscópicas. Estas poseen pigmentos fotosintéticos que en determinadas condiciones pueden alcanzar concentraciones elevadas y producir cambios en la coloración de las aguas, y a su vez: producir toxinas que afectan a los organismos marinos.

Como hemos visto, muchas actividades humanas afectan desde los ecosistemas costeros hasta los fondos marinos. Más del 80 % de los residuos que producimos en tierra van a parar a los océanos; desde los pesticidas hasta las bolsas plásticas. La mayoría de residuos llegan a través del vertido deliberado o de la escorrentía de las aguas a través de ríos y desagües.

Además, los contaminantes que provienen de zonas industriales, zonas de producción de alimentos, e incluso la abundancia de nutrientes provenientes del escurrimiento del continente a través de los ríos, provocan un aumento en el crecimiento de microorganismos (tales como cianobacterias y algas microscópicas) formando una capa en la superficie, que impide el paso de la luz solar, por lo que la producción primaria se ve afectada.

Por otro lado, la quema de combustibles fósiles abona al efecto invernadero y provoca el calentamiento global, afectando así a los organismos marinos y, por tanto, a la producción de alimentos para las sociedades. De tal manera, que es importante conservar los ecosistemas marinos, ya que los procesos naturales ayudan a retener el carbono proveniente del CO_2 atmosférico, el cual es transformado por el fitoplancton en materia orgánica que será traspasada por las cadenas tróficas, donde diversos organismos van a excretar, defecar y luego morir en la columna de agua, provocando sedimentación de la materia orgánica en el fondo oceánico. Este «decantamiento o sumidero de carbono» ayuda a retener dicho elemento fuera de la atmósfera, lo que refuerzan el papel crucial del océano en la regulación del clima planetario.

Ante estas problemáticas es importante realizar monitoreo, para lo cual, los científicos utilizan información satelital que permite observar y analizar de forma interdisciplinaria las aguas costeras, y conocer así el estado de distintas variables como la circulación regional, la salinidad y la calidad del agua de los hábitats marinos sensibles a los cambios. Estos datos son necesarios para determinar la variabilidad del sistema oceánico (espacial y temporalmente), y con esta información, cuantificar y evaluar los impactos de eventos extremos y establecer estrategias para mitigar daños y crear acciones para la restauración de ecosistemas.



Observa un video sobre el blanqueamiento del coral.
https://bit.ly/094S21a

Lee sobre la importancia de los bosques de manglar y las amenazas ante las cuales se encuentran.
https://bit.ly/094S21b

Observa un video acerca de la acidificación de los océanos.
https://bit.ly/094S21c

Aprende sobre las floraciones algales nocivas (FAN) o «mareas rojas».
https://bit.ly/094S21d

Resumen

Introducción a los océanos

Los parámetros fisicoquímicos que permiten grandes variedades de interacciones en los océanos y generan su estratificación son: la densidad, la salinidad, la temperatura y la presión. La temperatura depende (en gran parte) de la luz solar y la densidad depende principalmente de la salinidad. La densidad es importante, pues ocasiona los movimientos de las masas de agua. La batimetría muestra la topografía del fondo oceánico. En el fondo del océano podemos encontrar gran variedad de estructuras como cuencas, llanuras y trincheras.

Interacciones en los océanos

El Sol ejerce la principal influencia en los océanos, que a su vez interacciona con la atmósfera; la radiación solar hace que haya un intercambio de energía desde el ecuador hacia los polos. Estas interacciones controlan el tiempo atmosférico y el clima. Las corrientes superficiales se originan debido a los vientos en la superficie, mientras las corrientes profundas por las diferencias de salinidad y temperatura, esas corrientes oceánicas conforman la cinta transportadora global.

Oleaje y mareas

Las olas son producidas por distintas fuentes, comúnmente por el viento, pero también por impactos, fuerzas gravitacionales y otros. Las olas sufren distintas interacciones, como la interferencia, la dispersión y la disipación. Las olas más destructivas pueden ser causadas por tsunamis y tormentas. Las mareas son movimientos generados por la interacción gravitatoria entre el Sol, la Luna y la Tierra. Hay mareas diurnas, semi diurnas y mixtas, que varían entre la marea baja y alta en distintos periodos de tiempo, los cuales se pueden predecir.

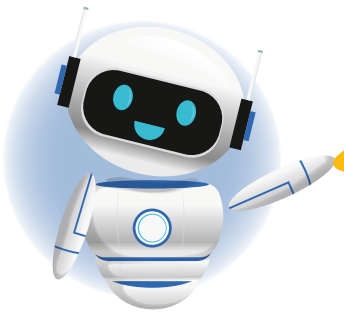
Oceanografía geológica

Hay una fuerte interacción entre las características de los sedimentos marinos y los factores ambientales que les dan origen, creando un vínculo entre el océano, el continente y la atmósfera. El material que se sedimenta puede ser de naturaleza orgánica (restos de organismos) o inorgánica (como los minerales). Los medios de transporte de sedimentos en el continente son los ríos y el viento, mientras que en el océano las corrientes marinas y el oleaje transportan los materiales que alcanzarán el piso oceánico. Los sedimentos son una fuente de información geológica de las características ambientales históricas, por lo que nos ayudan a comprender fenómenos de cambio a escala planetaria, como el efecto invernadero y los cambios climáticos.

Biología marina

Las zonas oceánicas son capas dentro de los océanos con diversas condiciones físicas y biológicas que sustentan una gran diversidad de organismos. El océano presenta dos grandes ambientes: el pelágico y el bentónico. Los organismos pelágicos como el fitoplancton conforman el primer eslabón de la cadena alimenticia como productores primarios, y son los organismos más abundantes que generan entre el 50 y el 90 % del oxígeno de la Tierra. Debido a esta abundante fuente de alimentos, esta zona alberga el 90 % de la vida marina.

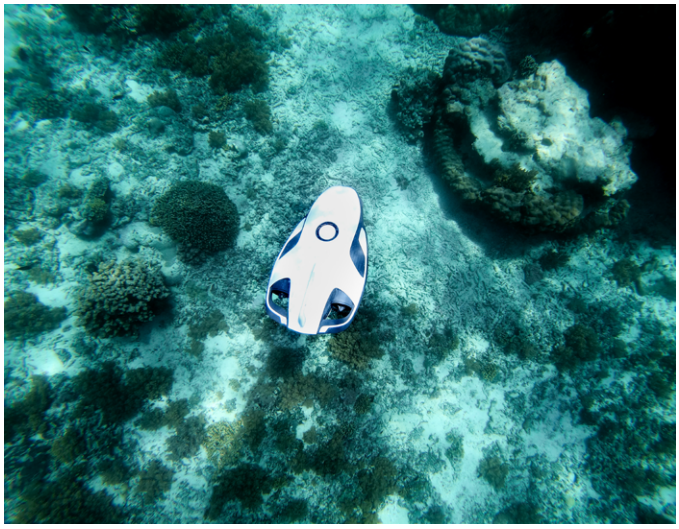
El ambiente bentónico comienza en la línea de costa y continúa hasta la llanura abisal a $4\ 000\ m$ de profundidad. Los organismos que habitan en este ambiente varían a medida cambia la presión, salinidad, temperatura y presencia de nutrientes.



Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado. Te será de mucha utilidad.

- **Salinidad**
- **Corriente superficial**
- **Corriente termohalina**
- **Efecto Coriolis**
- **Ola**
- **Mareas**
- **Sedimento**
- **Blanqueamiento**

Tecnología

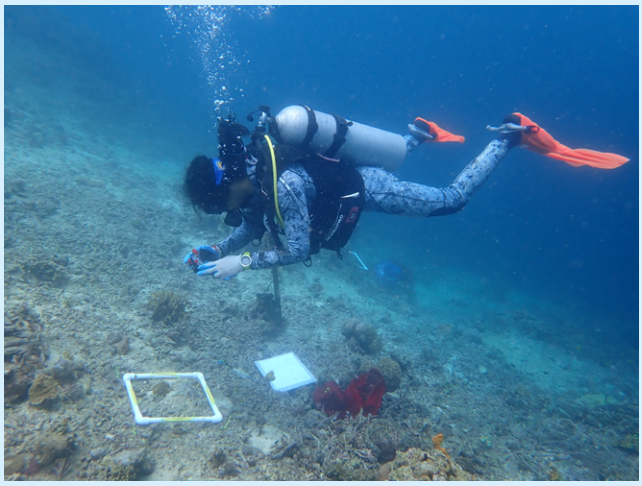


Drones submarinos

Los drones submarinos permiten descubrir y estudiar los fondos marinos. El dron es controlado remotamente a través de un cable de comunicaciones y un controlador de mano, permitiendo enviar comandos y ver videos en tiempo real desde la cámara utilizando una aplicación en el teléfono.

Con esta tecnología se pueden capturar imágenes y videos submarinos de alta calidad de manera fácil y segura. El dron submarino también puede equiparse con accesorios para una variedad de aplicaciones; desde exploración científica y muestreo biológico, hasta inspecciones de infraestructuras submarinas y trabajos de recuperación.

Conozcamos a...



Saúl González Murcia

Originario del departamento de La Libertad, estudió la Licenciatura en Biología en la Universidad de El Salvador. Inició su atención en los ecosistemas marinos de la playa Los Cóbanos, El Salvador, estudiando los peces de las pozas de marea. Su pasión por conocer y proteger los ambientes marinos siguió al estudiar su Maestría en Ecología Marina y Evolución en la Universidad James Cook, Australia, en donde investigó las respuestas de larvas y peces jóvenes a estímulos químicos particularmente competidores y corales. Sus conclusiones revelaron que los peces pueden usar el olfato para guiarse y seleccionar el mejor hábitat y para evitar a sus depredadores y competidores. Posteriormente obtuvo una beca de la Universidad James Cook para continuar sus estudios doctorales por 5 años, enfocándose en entender las interacciones de competencia entre esponjas y corales y en cómo los resultados de estas interacciones pueden modificar el hábitat de los peces. Ha publicado muchos de sus trabajos en revistas científicas y continúa contribuyendo con las iniciativas para promover la conservación de los océanos y específicamente los ecosistemas marinos de El Salvador.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Geofísica **Duración:** 5 años/10 ciclos

Bachilleratos sugeridos:
general, ingeniería civil, agrícola.

Descripción. La geofísica se encarga del estudio de los procesos físicos de la Tierra y de su estructura, haciendo uso de métodos físicos y matemáticos, por lo que se trata de un campo de estudio amplio y multidisciplinario.

La Licenciatura en Geofísica ofrece las bases para desempeñarse principalmente en investigación y en la aplicación directa del conocimiento científico. Con relación a la presente unidad, se destacan algunos campos de especialización, tales como los siguientes:

- Oceanografía física
- Hidrología
- Gestión de riesgos
- Tectonofísica (procesos tectónicos)
- Vulcanología
- Meteorología
- Climatología
- Ciencias ambientales

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Carrera: Licenciatura en Biología Marina **Duración:** 5 años/10 ciclos

Bachilleratos sugeridos:
general, agrícola, atención primaria en salud.

Descripción. La biología marina es la ciencia que estudia a los seres vivos que pueblan los mares y océanos, así como sus zonas de influencia. Esto incluye no solo la biodiversidad marina, sino también su información molecular, historia natural e interacciones biológicas. Se apoya en otras ciencias puras como la física, la química o la estadística, por lo que el profesional de la biología requiere de conocimientos diversos.

La carrera ofrece las bases para desempañarse en investigación, aplicación de conocimiento científico, y docencia en distintas áreas, tales como:

- Dinámica oceánica y oceanografía
- Etología (comportamiento animal)
- Ficología (estudio de las algas)
- Malacología (estudio de moluscos)
- Conservación biológica
- Ecología marina y costera
- Pesquería
- Acuicultura

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

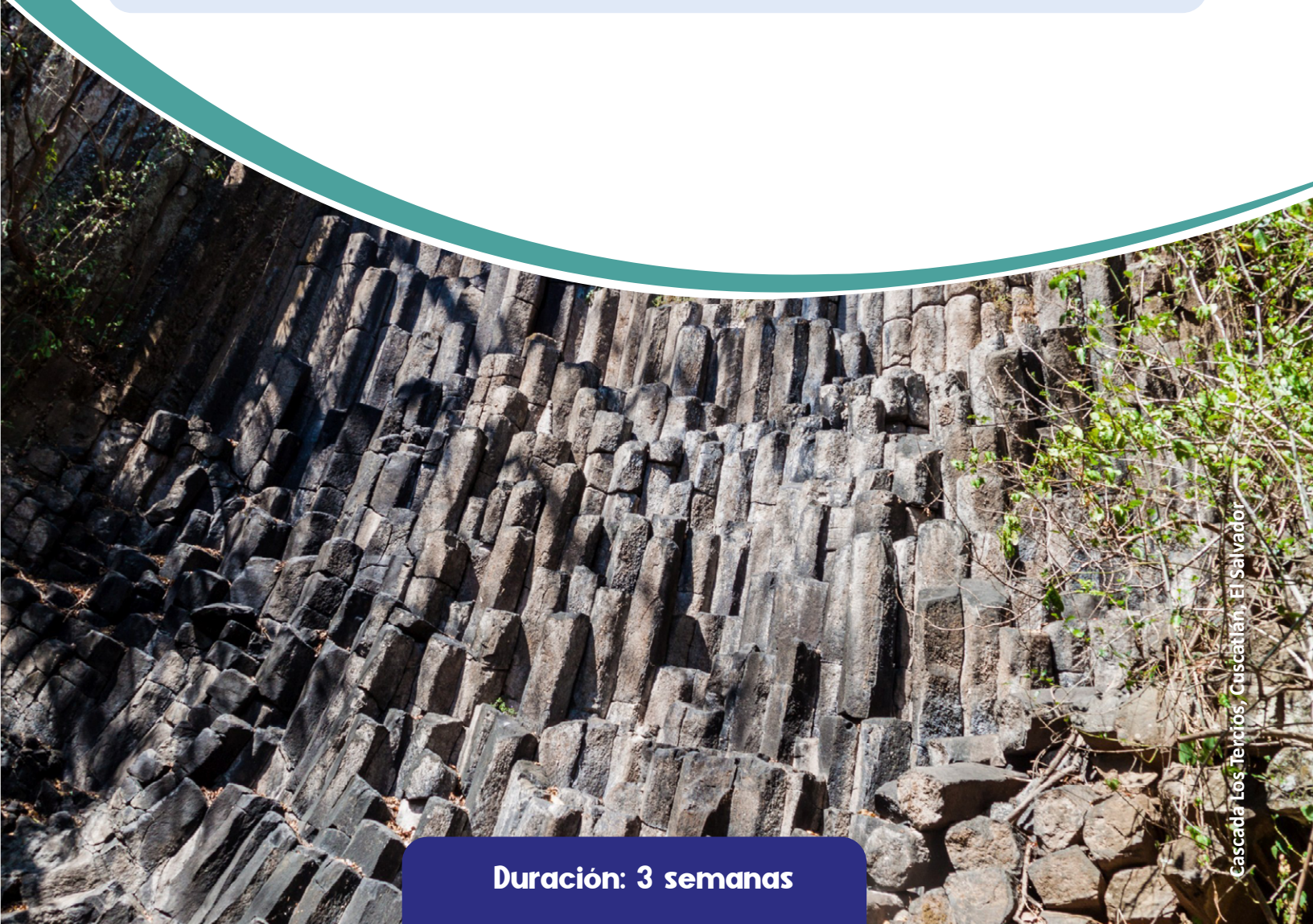
Unidad 5

Geología de El Salvador

Eje integrador: organización

En esta unidad aprenderemos a:

- Reconocer la distribución de los tipos de roca que existen en El Salvador a través del mapa geológico.
- Explicar los principales rasgos geomorfológicos de El Salvador.
- Identificar las diferentes estructuras volcánicas de El Salvador.
- Explicar las causas del fenómeno volcánico en El Salvador.
- Reconocer la escala del fenómeno volcánico en el sistema solar.
- Explicar la actividad volcánica salvadoreña a partir del historial eruptivo y los volcanes activos.
- Identificar los principales parámetros de un sismo a partir del historial sísmico de El Salvador.
- Describir el comportamiento de las ondas sísmicas a partir de un simulador o experimento.



Cascada Los Terrios, Cuscatlán, El Salvador

Duración: 3 semanas

Introducción a la geología de El Salvador

Indagación

Vivimos sobre una superficie donde abundan las rocas, pero ¿alguna vez has dedicado tiempo a observar sus propiedades? ¿Sabes cuál es su importancia? Y aún más interesante, ¿te has preguntado cómo se han formado y cómo pueden ayudarnos a entender el entorno en el que vivimos?

Comúnmente, utilizamos el término piedras para referirnos a las rocas, y ambos nombres son correctos. Sin embargo, desde un punto de vista técnico, el término adecuado es roca.

A. Describamos una roca

Una roca es un agregado sólido de material mineral formado naturalmente. En el entorno hay muchas rocas que podemos observar y analizar.

Materiales:

- Una roca
- Lupa
- Agua
- Depósito de plástico

p. 86

Procedimiento:

1. Observa todos los detalles posibles de la apariencia física de la roca. ¿Posee brillo? ¿Tiene cristales?
2. Sumerge la roca en agua y observa si es más densa que el agua. Luego, completa la tabla con las propiedades de la roca de muestra.

Lo anterior demuestra que las rocas tienen propiedades muy interesantes y que muchas veces pasan desapercibidas ante nuestros ojos.

3. Observa las siguientes tres muestras de rocas.

Fíjate que...

Existen algunas rocas que están compuestas de materia no mineral. Entre estas se encuentran la obsidiana y la pumita, que en realidad son **vidrios** de origen volcánico.

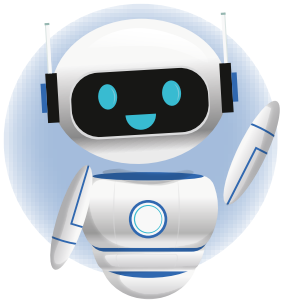
4. Escribe las diferencias que observas en las tres rocas, trata de observar todos los detalles posibles en las fotografías. Pregúntate ¿todas tienen grandes cristales? ¿Son del mismo color? ¿Tienen muchos poros? ¿Son brillantes? ¿Tienen alguna propiedad distintiva?

Cada una de esas rocas corresponde a un tipo específico, si te fijas hay muchas diferencias entre ellas, entonces ¿cuáles son los tipos de rocas que existen? ¿Cuál es su distribución y para qué se usan en nuestro país? ¿Pueden las rocas ayudarnos a conocer el pasado geológico de El Salvador?

B. Conociendo la clasificación de las rocas

A partir de los procesos de formación de las rocas, es decir, su origen, estas se clasifican en tres tipos: ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas forman la mayor parte de la corteza terrestre.



Procedimiento:

1. Realiza la siguiente lectura.

Las rocas ígneas o volcánicas se forman a partir de roca fundida, llamada magma, cuando se enfría y solidifica. Se originan en regiones con volcanes activos y zonas de las dorsales oceánicas; asimismo, las erupciones antiguas han dado lugar a la formación de rocas ígneas.

Las rocas sedimentarias están compuestas por sedimentos que se acumulan formando capas en la superficie de la Tierra, estos son materiales que se forman a partir de rocas preexistentes por procesos de meteorización y la acción de agentes erosivos. Los sedimentos contienen evidencias de eventos pasados, por ejemplo, contienen indicios de ambientes preexistentes en los cuales se depositaron sus partículas y, en algunos casos, pistas de los mecanismos que intervinieron en su transporte.

Erupciones antiguas del volcán de Santa Ana

Afloramiento sedimentario en Metapán

Las rocas metamórficas se producen a partir de rocas ígneas, sedimentarias e incluso otras rocas metamórficas. Por lo tanto, cada roca metamórfica tiene una «roca madre», por así decirlo. Se les llama «metamórficas» debido a que su nombre proviene del adjetivo «metamórfico», que significa literalmente «cambiar la forma». La mayoría de los cambios tienen lugar a temperaturas y presiones elevadas, por ejemplo, cuando circula agua rica en iones y muy caliente entre las rocas, puede transformarlas; de manera similar, en el proceso de formación de montañas, la gran presión puede modificar las rocas. Un ejemplo común es cómo la caliza se convierte en mármol debido a la alta temperatura y presión.

p. 86

2. Escribe la diferencia que hay en los procesos que forman las rocas.

Las rocas poseen propiedades específicas que dependen del ambiente y las condiciones en que se forman. Si reconocemos los tipos de roca que existen en El Salvador podemos saber de forma general qué procesos geológicos han existido en el pasado que han hecho posible su formación.

Fíjate que...

Los sedimentos no consolidados se transforman en rocas sedimentarias sólidas (litificación). Los procesos básicos son la **compactación**, cuando el peso del material suprayacente comprime los sedimentos, y la **cementación** cuando minerales precipitados percolan con el agua, llenan los espacios vacíos y unen los clastos.

Creatividad

A través de los años, distintos estudios geológicos han contribuido a la elaboración del mapa geológico de El Salvador, que contiene la distribución general de los distintos materiales geológicos y los tipos de rocas.

Visita la página del Sistema de Información Hídrica (SIHI), recuerda que en la sección de capas debes desactivarlas todas y activar solamente Geología: https://bit.ly/095S22a

C. Las rocas en El Salvador

El mapa geológico desempeña un papel fundamental en proyectos e investigaciones relacionadas con la hidrogeología, la geotecnia, la ingeniería geológica, la construcción de obras civiles y otros campos.

Procedimiento:

1. Observa detenidamente el mapa geológico de El Salvador en la página 164.
2. Identifica la ubicación de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Escribe los departamentos correspondientes. Ten en cuenta que las rocas metamórficas aparecen en regiones muy pequeñas dentro de otras formaciones. p. 87
3. Ordena en porcentajes aproximados la distribución de los tipos de rocas en El Salvador y responde a la siguiente pregunta:
   a. ¿Consideras que el vulcanismo ha tenido una importancia significativa en El Salvador en cuanto a la formación de rocas? Explica tu respuesta.

En El Salvador podemos encontrar los tres tipos de rocas: volcánicas, sedimentarias y metamórficas. Más del 90 % de la superficie está formada por rocas ígneas debido a la intensa actividad volcánica que ha ocurrido en el país en los últimos millones de años y que aún continúa. También, existen yacimientos de rocas sedimentarias y metamórficas, pero en menor proporción.

Las formaciones sedimentarias se ubican en la zona norte del territorio, principalmente en el municipio de Metapán. Estas rocas son de origen marino y están compuestas principalmente por rocas calizas, que sugieren que en el pasado geológico fuerzas tectónicas deformaron y elevaron estratos de rocas calizas del fondo oceánico hasta sus posiciones actuales. También, encontramos rocas sedimentarias en los departamentos de Chalatenango y Morazán.

Por otra parte, en Chalatenango y Metapán hay rocas metamórficas producidas por un tipo especial de metamorfismo llamado «de contacto», que ocurre cuando rocas ígneas, a alta temperatura, entran en contacto con otras y las modifican, en este caso con rocas sedimentarias marinas.

En El Salvador se ha hecho una distribución estratigráfica de las agrupaciones de rocas, conocidas como formaciones geológicas, que agrupan rocas según sus propiedades litológicas de composición y estructura. Esta secuencia se puede ubicar en la escala del tiempo geológico, ver mapa en la página 164.

Las formaciones geológicas: San Salvador, Cuscatlán, El Bálsamo, Chalatenango y Morazán, se caracterizan por ser de origen volcánico, eso sí, con depósitos con composiciones y edades distintas, entre estas aparecen formaciones sedimentarias de origen lacustre y fluvial.

4. Escribe tres ideas principales de la lectura anterior y preséntalas a tu docente para una discusión en el aula de clases.

Fíjate que...

Las rocas son como una cápsula de tiempo, nos permiten conocer los procesos geológicos que las formaron, como el vulcanismo antiguo, el movimiento de las placas tectónicas, los procesos de meteorización importantes, entre otros.

Fósil de una hoja

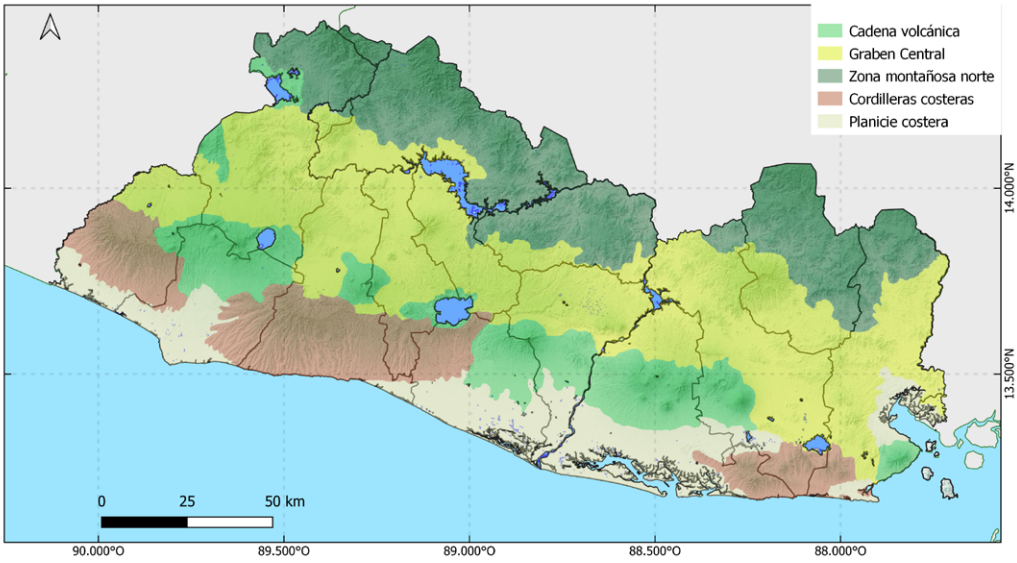
Ahora que ya conoces más sobre la geología de El Salvador, conozcamos algunos **rasgos geomorfológicos** importantes, que han sido originados o modificados por procesos geológicos que han ocurrido en el pasado, procesos que se relacionan con la formación de los diferentes tipos de rocas que existen en la actualidad.

D. Principales rasgos geomorfológicos de El Salvador

La **geomorfología** hace referencia al estudio de la forma de la Tierra, investigando los procesos que ocurren en su superficie y en sus inmediaciones. También, se enfoca en los procesos e interacciones entre la materia y sus distintas fases. La geomorfología tiene una amplia gama de especialidades, que incluyen la geomorfología estructural, volcánica, tectónica, glaciar, costera, fluvial, entre otras.

Procedimiento:

1. Observa detalladamente el mapa, en él podrás observar algunos rasgos geomorfológicos importantes del país.



Mapa de elevaciones de El Salvador

RASGOS GEOMORFOLÓGICOS DE EL SALVADOR

Mapa interactivo de El Salvador con los principales rasgos geomorfológicos.

2. Abre el mapa interactivo usando la aplicación de Ciencia Educativa, activa y desactiva las diferentes capas de los rasgos morfológicos y estructurales de El Salvador; luego, responde:
   a. Describe cómo es y cuánto territorio cubre la alineación de volcanes.
   b. ¿Ves otra cadena de montañas o volcanes en la zona norte? Describe como es.
   c. Identifica y describe algún hundimiento relativo a esa cadena de volcanes y los volcanes activos actuales.
   d. Reconoce y describe formaciones montañosas que no son volcanes.

p. 87

La cadena de volcanes activos de El Salvador atraviesa casi todo el país en paralelo al sistema de subducción de la placa de Cocos y del Caribe. Además de esta alineación, hay otra serie de volcanes inactivos y antiguos en la zona norte. Entre estos alineamientos se puede observar una porción topográficamente más baja conocida como Graben Central, que es el resultado de procesos complejos de la tectónica regional y local.

En la zona noroccidental afloran rocas sedimentarias de origen marino, debido al levantamiento regional de sedimentos marinos, producido por fuerzas descomunales resultantes del proceso de subducción a mayor rapidez que el actual. También, se identifican sucesiones de depósitos volcánicos antiguos sin reconocimiento de su fuente, como la cordillera del Bálsamo, Tacuba, Jucuarán-Intipucá y la zona norte del municipio de Santa Ana, estos son elementos estructurales muy importantes, pues han contribuido a que en las zonas bajas que los rodean haya formación de depósitos de sedimentos.

ROCAS DE EL SALVADOR

En El Salvador se pueden encontrar muestras que contienen mezclas de los tres tipos de rocas.

Alrededor del mundo, las rocas se usan en diversos campos y nuestro país no es la excepción. Su variedad de usos se debe a que están formadas de minerales.

E. Usos de las rocas

Reconozcamos la gran variedad de aplicaciones que podemos darles a las rocas.

Procedimiento:

1. Observa las siguientes imágenes. Cada una de ellas representa algunos de los usos que se da a las rocas.
2. Identifica cada uso de las rocas.

p. 88

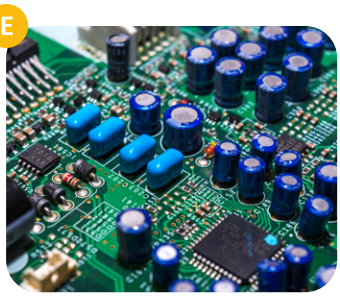
A

B

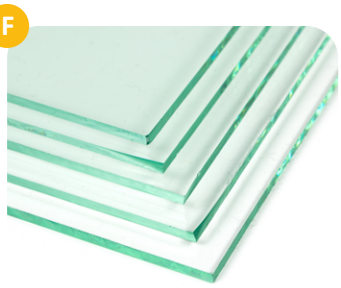
C

D

E



F



Fíjate que...

Las rocas sedimentarias son las que contienen fósiles, pruebas vitales para el estudio del pasado geológico y restos de vida prehistórica. Estos son indicadores cronológicos importantes que pueden ayudarnos a entender ambientes de las formas de vida del pasado.

3. Realiza un recorrido guiado por tu docente en tu centro educativo. Trata de identificar los usos de las rocas, puedes tomar en cuenta la infraestructura de tu centro educativo, herramientas, utensilios, ornamentos y otros.
4. Haz una inspección similar a la anterior pero en tu casa, trata de identificar los usos de las rocas, toma nota y preséntalos en la clase.

Sin duda, las rocas son muy importantes en la sociedad moderna; de hecho, desde los principios de la civilización humana han sido ampliamente utilizadas. ¿Te gustaría conocer algunas rocas comunes e importantes en El Salvador?

5. Lee la información presentada en la página 163.
6. Comparte con tus compañeros de clase y tu docente qué rocas conoces. Escribe el nombre de las rocas que ya conocías y cómo las conociste.

¡Qué importantes son las rocas! Ahora ya conocemos sus usos generales y específicos aquí en El Salvador.

¿Te gustaría conocer más sobre las rocas de El Salvador?

Pumita o Pómez

Es una roca volcánica que se forma cuando grandes cantidades de gases escapan a través de la lava, creando una masa grisácea y porosa que incluso puede flotar en agua.

En El Salvador se ha usado tradicionalmente para exfoliar la piel, especialmente los pies, así como para limpiar utensilios de cocina y otros fines.

Obsidiana

Es un vidrio natural de color oscuro, formado por sílice. Si examinamos un borde delgado de un fragmento de obsidiana será casi transparente. Gracias a su capacidad para mantener sus bordes duros y cortantes, se convirtió en un material muy apreciado por los nativos americanos, incluyendo los de El Salvador, para la elaboración de puntas de flecha y herramientas de corte.

Caliza

Es la roca sedimentaria más común, compuesta principalmente por el mineral calcita, las de origen bioquímico marino son las más comunes, que se forman, por ejemplo, por los arrecifes de coral, cuando segregan un esqueleto externo calcáreo (rico en calcita), los restos óseos con calcio se depositan en el fondo del océano como capas sedimentarias que luego se litifican.

Estas rocas se utilizan en El Salvador para fabricar el cemento de Pórtland, cal, esculturas y ornamentos.

Andesita

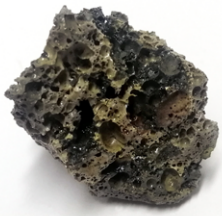
Es una roca ígnea de color gris, grano fino y de origen volcánico. Su nombre procede de los Andes de América del Sur. En El Salvador, la andesita es una roca muy común, se usa en cimientos de construcciones como material de ripio y para otros fines similares.

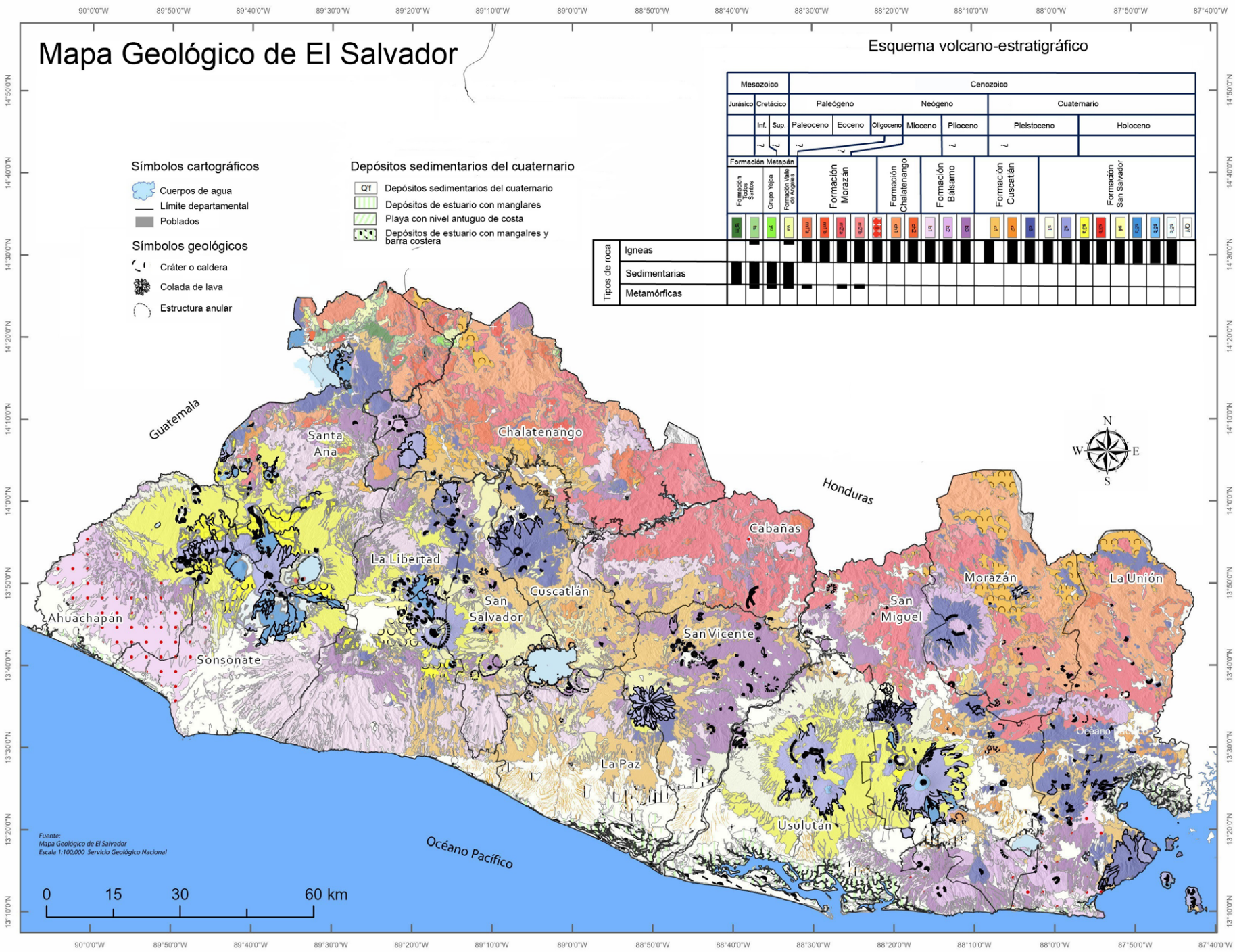
Mármol

Está compuesta de calcita, pero a diferencia de la caliza ha sufrido metamorfismo, es fácil de cortar y moldear; por ejemplo, el mármol de color blanco se usa como material para crear monumentos y estatuas.

Escoria

Roca volcánica de color rojizo u oscuro, altamente vesicular (similar a la pómez o pumita pero por su composición es diferente), se forma a partir de erupciones volcánicas.




Mapa Geológico de El Salvador
Esquema volcano-estratigráfico
Mesozoico
Cenozoico
Jurásico
Cretácico
Paleógeno
Neógeno
Cuaternario
Inf.
Sup.
Paleoceno
Eoceno
Oligoceno
Mioceno
Plioceno
Pleistoceno
Holoceno
Formación Metapán
Formación Todos Santos
Grupo Yojoa
Formación Valle de Angeles
Formación Morazán
Formación Chalatenango
Formación Balsamo
Formación Cuscatlán
Formación San Salvador
Tipos de roca
Igneas
Sedimentarias
Metamórficas
Símbolos cartográficos
Cuerpos de agua
Límite departamental
Poblados
Símbolos geológicos
Cráter o caldera
Colada de lava
Estructura anular
Depósitos sedimentarios del cuaternario
QT
Depósitos sedimentarios del cuaternario
Depósitos de estuario con manglares
Playa con nivel antiguo de costa
Depósitos de estuario con mangalres y barra costera
Guatemala
Honduras
Santa Ana
Chalatenango
La Libertad
Cuscatlán
San Salvador
Ahuachapán
Sonsonate
Cabañas
San Vicente
San Miguel
Morazán
La Unión
La Paz
Usulután
Océano Pacífico
Océano
N
S
W
E
Fuente:
Mapa Geológico de El Salvador
Escala 1:100,000 Servicio Geológico Nacional
0
15
30
60 km
90°0'0"W
89°50'0"W
89°40'0"W
89°30'0"W
89°20'0"W
89°10'0"W
89°0'0"W
88°50'0"W
88°40'0"W
88°30'0"W
88°20'0"W
88°10'0"W
88°0'0"W
87°50'0"W
87°40'0"W
14°50'0"N
14°40'0"N
14°30'0"N
14°20'0"N
14°10'0"N
14°0'0"N
13°50'0"N
13°40'0"N
13°30'0"N
13°20'0"N
13°10'0"N

Estudiemos los espectaculares volcanes

¿Alguna vez has visitado un volcán en El Salvador? Al hablar de volcanes probablemente lo primero que viene a tu mente es una estructura en forma de cono, con mucha altura, y sí, es algo correcto, pues los volcanes con forma cónica son los más famosos, prominentes y admirados por el ser humano. A menudo los relacionamos con la destrucción, pero aprenderemos que, aunque las erupciones volcánicas pueden ser muy destructivas, también son un proceso fundamental para la existencia del planeta Tierra y la vida misma.

A. Conociendo los volcanes

Es sorprendente descubrir que los volcanes pueden tener formas diferentes a los típicos conos volcánicos. En El Salvador hay muchos volcanes y de diferentes tipos.

Procedimiento:

1. Si es posible, asiste a una visita de campo a un parque nacional cerca de un volcán, los encontrarás en https://bit.ly/095S23a podría ser el volcán de Santa Ana, Izalco o San Salvador (Boquerón). Entrega un reporte que contenga la localización, descripción, historia conocida y fotografías del volcán.
2. Observa las siguientes fotografías de algunas estructuras volcánicas en El Salvador.

Volcán de San Vicente

Volcán de Santa Ana

Lago de Ilopango

Laguna de Apastepeque

Cerro El Playón

Lago de Coatepeque

3. Trata de localizar en el mapa dónde se encuentran estos volcanes (no todos ellos son volcanes activos) y reflexiona sobre la abundancia de volcanes que hay en El Salvador.
   a. ¿Cómo están distribuidos los volcanes en El Salvador?

p. 89

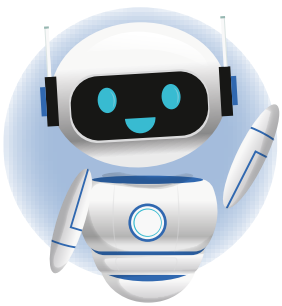
Como podemos ver hay muchos tipos de volcanes en El Salvador, con diferente forma y tamaño, localizados a lo largo del país. Sin embargo, aún falta mucho por conocer, por ejemplo, sobre cómo se forman y por qué hay volcanes en El Salvador. Aprenderemos sobre esto a continuación.

Ojo al dato...

Un volcán es el sitio o región en la superficie de la Tierra donde el magma asciende hacia la superficie, liberando gases y materiales como lava y rocas piroclásticas.

Visita el sitio del Instituto Salvadoreño de Turismo (ISTU): https://bit.ly/095S23a

Una roca piroclástica es magma fragmentado expulsado explosivamente.

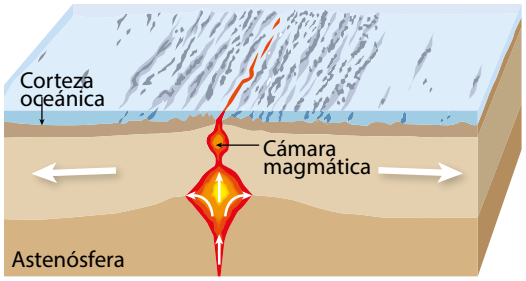


B. ¿Por qué hay volcanes?

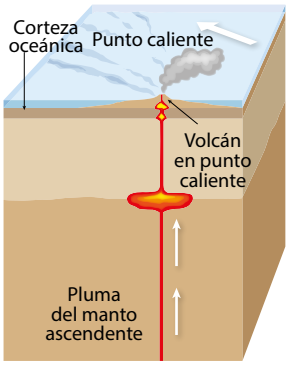
Como has aprendido, el magma es una parte fundamental para que ocurran las erupciones volcánicas, y por lo tanto, para que existan volcanes.

Procedimiento:

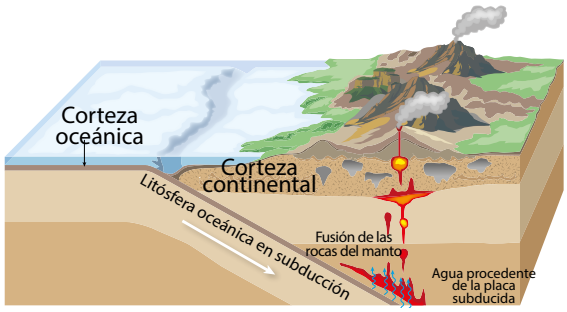
1. Observa el siguiente esquema básico del origen del vulcanismo en el planeta Tierra. Hay tres casos.



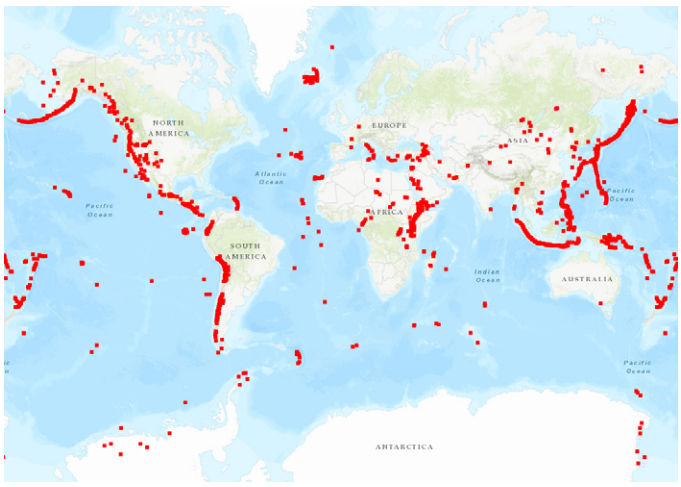
Vulcanismo en dorsales oceánicas



Vulcanismo en puntos calientes



Vulcanismo en zona de subducción (es de tipo continental, pero también hay de tipo insular)



Cinturón de fuego del Pacífico

2. Responde:
   a. ¿Qué proceso genera volcanes en El Salvador? p. 89
   b. Investiga y explica por qué no existen volcanes en cualquier parte del planeta.

El proceso de subducción genera el conocido anillo de fuego, una extensión de volcanes activos que rodea el océano Pacífico. A medida que una placa se hunde más en el manto, el aumento de la temperatura y la presión expulsa los volátiles (principalmente H_2O) de la corteza oceánica, reducen el punto de fusión de la roca y producen la fusión parcial del manto, generando el magma que luego asciende hasta la superficie.

Además, el vulcanismo se genera en las regiones conocidas como «puntos calientes» que son el resultado de las plumas de manto, es decir, regiones del manto con rocas más calientes de lo normal que tienen forma similar a un hongo. Estas plumas causan el ascenso de magma, que forma los puntos calientes. El mejor ejemplo actual es Hawái, una isla formada a partir de material volcánico de un punto caliente que desde hace millones de años ha generado una secuencia de islas volcánicas en dirección noroeste. El volcán Mauna Loa es uno de los volcanes resultantes de ese punto caliente, sus erupciones son muy famosas y prominentes.

Sin embargo, el mayor volumen de magma se produce a lo largo de las dorsales oceánicas relacionadas a la expansión del fondo oceánico. Este vulcanismo representa aproximadamente un 60 % de la generación de magma en el planeta.

3. Realiza una revisión bibliográfica y escribe cinco puntos calientes importantes en el planeta Tierra y su localización. p. 90

Creatividad

En décadas recientes se ha descubierto actividad volcánica en otros planetas del sistema solar, así como en satélites naturales, y es muy probable que también ocurra en otros sistemas planetarios. Esto ha sido muy importante, pues se ha establecido que el fenómeno volcánico ocurre a mayor escala en nuestro planeta.

C. La escala del fenómeno volcánico

Descubramos cómo y por qué ocurre el vulcanismo en otros planetas.

Procedimiento:

1. Observa a la Luna, nuestro asombroso y bello satélite natural. Dependiendo de la fase que observes notarás más rasgos en su superficie. Puedes observarla de día o de noche.
   a. Describe lo qué observas en la superficie lunar. p. 90
   b. ¿A qué crees que se deben las zonas oscuras?

2. Lee y discute en clase la siguiente información:

Las manchas oscuras que viste en la superficie de la Luna, como quizás imaginaste, son de origen volcánico, están formadas por basalto, una lava oscura, y se conocen como Maria (latín plural de *Mare*). Durante el programa Apolo se reveló que estas zonas son extremadamente antiguas, en su mayoría del orden de 3 700 millones de años; este vulcanismo en la Luna se debe al intenso bombardeo de meteoritos en esa época.

Conozcamos el lugar en el sistema solar donde hay mayor actividad volcánica. Para ello, tendremos que viajar millones de kilómetros hasta Júpiter, específicamente a su satélite natural llamado Ío. Los flujos y los lagos de lava son visibles en su superficie, sus volcanes activos expulsan dióxido de azufre (SO_2). El vulcanismo en Ío ocurre debido a las grandes fuerzas de mareas producidas por Júpiter (pueden ser hasta 8 veces mayores a las mareas producidas en los océanos por la Luna).

Mira una erupción en Ío:
https://bit.ly/095S23b

También, existe vulcanismo en los planetas Mercurio, Marte y Venus. En Marte se encuentran los volcanes más grandes y asombrosos del sistema solar, como el Monte Olimpo. En Venus, el vulcanismo es provocado por «puntos calientes», de hecho, algunos estudios recientes sugieren que hay volcanes activos en este planeta.

c. ¿Son los mismos procesos los que causan el vulcanismo en el sistema solar?

Por otra parte, en el sistema solar existen **criovolcanes**, que son volcanes muy diferentes a los que hemos estudiado.

d. Investiga qué es un criovolcán.
e. Escribe tres lugares donde hay este tipo de volcanes.

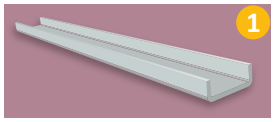
Entonces, el vulcanismo no solo ocurre en el planeta Tierra; también, en otros lugares del sistema solar. ¿Te gustaría aprender específicamente sobre los volcanes de El Salvador? ¿Crees que son peligrosos o nos benefician en algo?

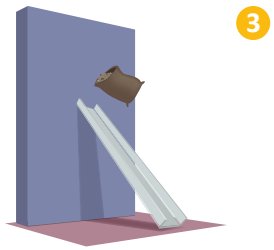
Fijate que...

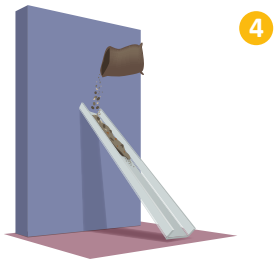
Los primeros basaltos que regresaron de la Luna provinieron del lugar de aterrizaje del Apolo 11 en Mare Tranquillitatis (Mar de la Tranquilidad).

D. ¿Son peligrosos los volcanes?

Al hablar de erupciones volcánicas lo primero que pensamos es en destrucción, y ciertamente las erupciones volcánicas causan grandes estragos. Veamos cuáles son los peligros de los volcanes.







Materiales:

- Madera, poliestireno, cartón o material similar
- Clavos, pegamento o cinta adhesiva
- Bolsa plástica o recipiente
- Grava o rocas pequeñas
- Arena

Procedimiento:

1. Elabora un canal como el de la figura.
2. Coloca en la bolsa la arena y rocas o grava mezcladas.
3. Inclina el canal y mantenlo así.
4. Deja caer el material de la bolsa rápidamente sobre el canal, midiendo el tiempo y la distancia recorrida.
5. Realiza un análisis cualitativo de la rapidez con la que se movió el material.
   a. Si fuera material expulsado por un volcán, ¿cómo sería el daño que causaría?

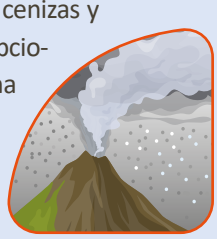
p. 90

De forma similar, pero a gran escala, ocurren los flujos piroclásticos, que viajan a altas temperaturas y velocidades destructivas, arrasando todo a su paso.

6. Lee la infografía y discute sobre los **peligros volcánicos**, esto puede ayudarte a estar preparado ante su ocurrencia.

Caída de tefra

La caída de tefra interrumpe la vida cotidiana, la ceniza volcánica inyectada en la atmósfera puede interrumpir gravemente el tráfico aéreo, y la inyección de cenizas y aerosoles en la estratósfera durante erupciones muy grandes puede modificar el clima global durante años.

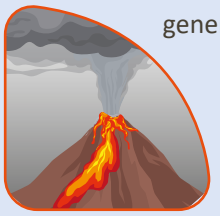


Corrientes de densidad piroclásticas (CDP)

Las CDP son probablemente las menos predecibles y las más peligrosas de todos los peligros volcánicos. Son una mezcla de fragmentos, gases calientes y vapor en fase de condensación o agua líquida. Se mueven sobre el terreno por influencia de la gravedad. Se dividen en CDP diluidas (oleadas piroclásticos) y concentradas (flujos piroclasticos) cuando tiene una mayor concentración de fragmentos. Sus altas temperaturas y velocidades, las hacen capaces de devastar las áreas que inundan.

Coladas de lava

Los flujos de lava son emanaciones de roca fundida, con temperaturas de fusión en el rango de 800 a 1 200 °C; son altamente destructivos, pero por su rapidez generalmente es posible que las personas escapen del peligro inmediato.



Lahares

Son flujos de partículas sólidas y agua mezclados rápidamente, pueden ocurrir sin un vínculo directo con una erupción, se necesitan fuertes precipitaciones y abundancia de escombros volcánicos no consolidados. La formación de lahares es causada por el estallido repentino de un lago en una caldera o un cráter, o por material no consolidado movilizados por fuertes lluvias.

Por otra parte, los volcanes son muy importantes para la geodinámica de la Tierra, ya que son emisores de gases a la atmósfera y los minerales que expulsan en sus erupciones son usados en la industria. Generan suelos fértiles y condiciones adecuadas para algunos cultivos y además son un gran atractivo turístico.

Comunicación

Ya conocemos los peligros de los **volcanes activos**, ahora aprenderemos qué es un volcán activo. Según el criterio general, un volcán o campo volcánico activo es el que ha entrado en erupción durante el Holoceno.

E. Identificando volcanes en El Salvador

En El Salvador existe diversidad de volcanes, pero, ¿cuáles de ellos son activos? Se han establecido criterios para clasificar **volcanes más activos**, conozcamos cuáles son esos criterios.

Procedimiento:

1. Realiza la siguiente lectura:

En El Salvador, los volcanes más activos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Registros históricos (últimos 500 años) o prehistóricos de erupciones.
- Antecedentes de enjambres sísmicos, presencia de fumarolas y fuentes termales.
- Estructura y morfología bien conservadas.
- Depósitos de rocas de erupciones pasadas.

Los **volcanes inactivos** o **dormidos** son volcanes que podrían hacer erupción en el futuro, pero no muestran parámetros de que sucederá pronto. Por otro lado, los **volcanes extintos** son aquellos que no harán erupción de nuevo.

2. Abre el enlace: https://bit.ly/095S23c
3. Busca los volcanes listados en tu Cuaderno de Trabajo.
   a. Clasifícalos.
   b. ¿Cuántos volcanes son los más activos?

p. 91

Los volcanes pueden adoptar formas distintas según la composición del magma y el volumen erupcionado. Los **volcanes poligenéticos** se forman en distintos episodios eruptivos, entre ellos están los **volcanes compuestos**, con forma de cono, gran tamaño y altura, formados por intercalaciones de materiales como flujos de lava, caídas de tefra, entre otros, y los **volcanes en escudo**, de grandes dimensiones, formados por capas de sucesivas erupciones basálticas fluidas y con pendiente esponjosa, como el Monte Olimpo. También, existen las **calderas volcánicas** que se caracterizan por producir las más grandes y catastróficas erupciones, que resultan en volcanes «inversos», con depresiones circulares, elípticas o poligonales en el centro y pueden tener lagos en su interior.

Busca los volcanes en el programa global de vulcanismo: https://bit.ly/095S23c

Los **volcanes monogenéticos** son de menor tamaño y se forman durante un ciclo eruptivo que puede durar años, décadas o incluso siglos. En ciertos casos, cuando el agua subterránea entra en contacto con el magma se forman los **maares**, **conos de toba** y los **anillos de toba**.

Los maares son depresiones circulares con cráteres que se encuentran debajo de la superficie previa a la erupción, ejemplos de ellos son la laguna de Chanmico y Cuzcachapa. Por otro lado, los anillos y conos de toba se elevan sobre la superficie, como Loma Caldera, que sepultó el sitio arqueológico Joya de Cerén.

En ausencia de agua subterránea y superficial, se forman **conos de escoria**, los cuales emiten escoria y pueden emitir flujos de lava, como el Cerro Verde, o el Playón en las cercanías del Jabalí. Otro tipo de formación son los **domos**, que son extrusiones discretas de lava, los más comunes son los conocidos como «tortas», domos bajos, simétricos y con la parte superior plana, como el Cerro Pacho en el lago de Coatepeque.

4. Completa las tablas con las características de las estructuras volcánicas.
5. Realiza una búsqueda bibliográfica sobre Joya de Cerén, que incluya: localización, fenómeno ocurrido, materiales encontrados, impactos sufridos por la población, incorpora fotografías; además, responde:
   a. ¿Qué impactos causaría una erupción como esa, considerando la población actual de la zona?

p. 92

Ahora ya sabemos por qué hay una gran variedad de volcanes en El Salvador y cuáles son activos.

El índice de explosividad volcánica (IEV) estima la magnitud de una erupción volcánica con valores desde 0 a 8, que describen el volumen y la altura de la pluma de la erupción: https://bit.ly/095S23d

F. Historial eruptivo

Hasta ahora hemos aprendido que hay diferentes tipos de volcanes en El Salvador, varios de ellos activos, y que pueden generar muchos impactos. ¿Te gustaría conocer sobre el historial de erupciones conocidas en El Salvador?

Procedimiento:

1. Forma grupos de trabajo y selecciona un volcán activo y su historial.
2. Expón en clase el historial del volcán en 15 minutos.

La exposición deberá contener información general como la localización, altura, tipo de volcán, erupciones más recientes, impactos causados, tipos de productos que emitió y comentarios sobre el actual peligro que representa.
Nota: cada grupo deberá tomar en cuenta la sección de monitoreo de volcanes activos de El Salvador.

3. Visita el observatorio de amenazas y recursos naturales, sección vulcanología (si las condiciones lo permiten).

Colada de lava de 1917

Volcán de San Salvador (actual Boquerón)

En el año 1917 ocurrió su última erupción, el 6 de junio hubo actividad sísmica que dañó la capital y sus alrededores, el día siguiente ocurrió la erupción fisural, pues se abrieron bocas eruptivas a lo largo de fallas geológicas, que son llamadas **Los Chintos**, estas emitieron lavas andesíticas con espesor hasta de $5\ m$, que en un día recorrieron más de $6\ km$. Desde el 9 hasta el 28 de junio, la laguna del interior del cráter del volcán comenzó a evaporarse hasta el 29 de junio que comenzó a formarse el cono de escoria El Boqueroncito. Además, por varios días se extendió la emisión de pulsos que depositaron cenizas hasta en lugares como Lourdes. El Boquerón es un gran peligro, pues en los últimos 3 000 años ha tenido unas 25 erupciones de flanco (formación de conos de escoria, toba y maares). Tuvo 3 erupciones por el cráter central, la de 1917, Talpetate I y II, siendo la Talpetate I clasificada con un IEV entre 4 y 5.

Observa la erupción del año 2013: https://bit.ly/095S23e

Volcán de San Miguel

Es el que ha presentado mayor actividad en la última década, la última erupción importante en el país fue generada por este volcán el 29 de diciembre de 2013. Durante los siguientes años, ha permanecido activo, con muchas explosiones en los años 2014 y 2016. Entre noviembre de 2022 y enero de 2023 también tuvo pequeñas erupciones con un IEV de 1 aproximadamente.

Volcán de San Miguel desde la laguna El Jocotal

En tiempo histórico de acuerdo con los registros ha tenido más de 40 erupciones, con un IEV entre 1 y 2, se caracteriza por la emisión de tefra, que puede generar caída de ceniza en poblaciones cercanas; también, lahares y flujos de lava en menor cantidad. Actualmente no es un lugar adecuado para hacer turismo. Las erupciones de flanco han producido muchos flujos de lava en tiempo histórico que se extendieron hacia el N, NE y SE, siendo los del SE los más grandes, formando amplios campos de lava.

Volcán de Santa Ana

En el año 2005 el volcán de Santa Ana hizo una erupción con un IEV entre 2 y 3, es muy interesante que fue precedida por precursores muy evidentes. En junio de 2004, la actividad sísmica en la zona del volcán de Santa Ana y la emisión de gases tuvo un aumento, y se comenzó a escuchar un sonido similar al de una turbina de avión en el cráter. El 15 de junio de 2005 ocurrió una erupción de vapor de agua y cenizas, y ya para finales del mes de agosto, en la zona de la laguna se comenzó a observar incandescencia. El 1 de octubre, del mismo año, hizo erupción y debido al paso de la tormenta tropical Stan, la lluvia junto con los materiales emitidos por el volcán ocasionaron lahares que viajaron hasta $5\ km$ desde el cráter, impactando la comunidad de Los Planes de La Laguna, con daños en la infraestructura. Además, la caída de ceniza afectó gravemente los cultivos de café de la zona, causando pérdidas económicas. Se conocen al menos 13 erupciones por el cráter central durante la época histórica, y se considera que han sido similares a la del 2005, siendo la de 1880 y 1904 las de mayor magnitud.

VOLCÁN DE SANTA ANA

El volcán de Santa Ana es uno de los volcanes activos de El Salvador, es el más alto. Actualmente presenta una laguna cratérica de color turquesa.

Caldera de Ilopango

Se estima que fue una erupción de gran magnitud, según diversas investigaciones y documentales que han sido realizados por especialistas. La erupción dejó decenas de kilómetros inhabitados para la civilización Maya, incluso se estima que aumentó la temperatura global. El IEV se estima mayor o igual a 6. Los depósitos generados por la erupción se encuentran dispersos en todo El Salvador. Es sorprendente, pero en San Salvador hay espesores de depósitos hasta de $25\ m$. ¿Cuánto daño causó a las civilizaciones que vivían cerca? ¿Te gustaría aprender más sobre los impactos que causó?

Observa un documental de la Caldera de Ilopango: https://bit.ly/095S23f

En los últimos 36 000 años ha tenido 4 erupciones explosivas considerables, llamadas TBJ, TBJ 2, TBJ 3 y TBJ 4.

Volcán de Izalco

Desde su formación en 1770 continuó creciendo con emisiones de flujos de lava y escoria hasta 1966. No hay un número exacto de erupciones, pero fueron decenas, y se caracterizaron por ser erupciones con un estilo estromboliano, que dejaban flujos de lava, caída de escoria e incluso de bombas volcánicas. Actualmente solo emite vapor de agua en un campo fumarólico en la cima del volcán, no se descarta una erupción volcánica en el futuro.

Volcán de Izalco

Monitoreo, sistemas de información, vigilancia y otros

En vista de lo anterior, el área de vulcanología del Observatorio de Amenazas y Recurso Naturales del MARN, desarrolla trabajos de vigilancia volcánica e investigación vulcanológica con el propósito de responder a preguntas como, ¿dónde? ¿Cuándo? y, ¿cómo? Y así alertar a los organismos de protección civil y a la población para la prevención y mitigación del riesgo volcánico.

Visita la sección de vulcanología de la DGOA del MARN: https://bit.ly/095S23g

La vigilancia volcánica consiste en realizar mediciones sistemáticas y periódicas de diferentes parámetros físicos y químicos de los volcanes activos, con el objetivo de establecer la línea base de su comportamiento e identificar cambios que puedan indicar una posible reactivación volcánica. Las técnicas consisten en el monitoreo sísmico, de gases, deformación e hidrogeoquímicos.

Sismos: causas, características y sus impactos

El 13 de enero de 2001 a las 11:34 a. m. un **sismo** de magnitud 7.8 ocurrió, causando destrucción en muchos municipios de El Salvador, su hipocentro se localizó frente a la costa de El Salvador, tan solo 30 días después, el 13 de febrero, ocurrió otro sismo de magnitud 6.6, localizado esta vez en el departamento de La Paz, causando una vez más mucha destrucción.

A lo largo de la historia, diversos sismos destructivos han ocurrido en El Salvador, el de mayor destrucción sucedió el 10 de octubre de 1986. A continuación, aprenderemos por qué ocurren los sismos y por qué causan tanta destrucción.

A. Identificando parámetros importantes de los sismos

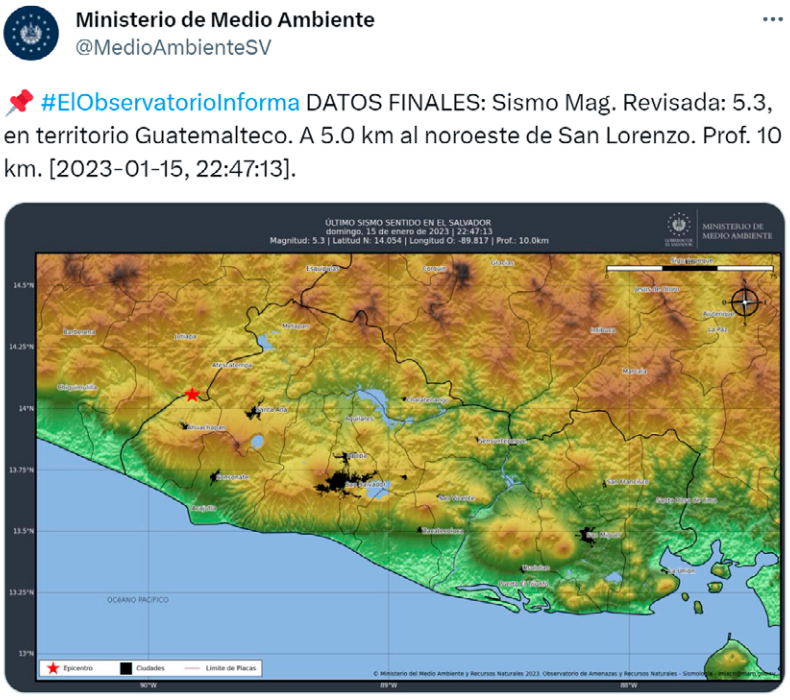
Procedimiento:

1. Observa los siguientes datos de dos sismos importantes ocurridos en El Salvador, mientras los lees pregúntate: ¿qué datos son importantes para describir los sismos?

Hora local	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud	Agencia
11:33:32	13.049	-88.66	60 km	Mw 7.7	National Earthquake Information Service (NEIS) of the U.S. Geological Survey (USGS)

Ojo al dato...

Un sismo es la liberación de energía en forma de ondas mecánicas que causa vibración en la Tierra.



Sismo del 15 de enero de 2023

a. ¿Qué datos importantes notas que se han destacado de esos sismos?
b. ¿Qué otros datos podrían ser importantes para describir los sismos?

p. 93

Como puedes ver, aunque han pasado años entre esos dos sismos los parámetros básicos de interés siguen siendo iguales. Ya que vivimos en un país donde ocurren muchos sismos y que pueden ser muy destructivos, es importante entender cómo se generan, sus parámetros más importantes y qué podemos hacer para estar preparados ante su posible ocurrencia.

Creatividad

Las fallas geológicas son fracturas en la corteza, a lo largo de las cuales ha tenido lugar un desplazamiento apreciable. Un sismo se genera por la ruptura de una **falla geológica** que produce liberación de energía en forma de ondas mecánicas. Pero, ¿cómo ocurre esto?

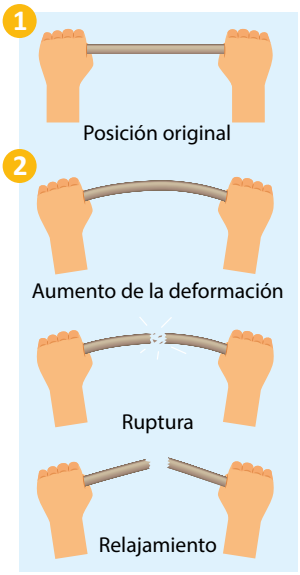
B. ¿Cómo se genera un sismo?

A continuación, veremos una analogía de cómo ocurre un sismo, haremos una pequeña práctica experimental y luego, observaremos cómo es en realidad; para esto, solo utilizaremos un trozo de madera delgado y fácil de romper.

Procedimiento:

1. Toma de ambos extremos el trozo de madera.
2. Aplica fuerza lentamente hasta que se rompa.
   a. Describe lo que sentiste en la experiencia.

p. 93

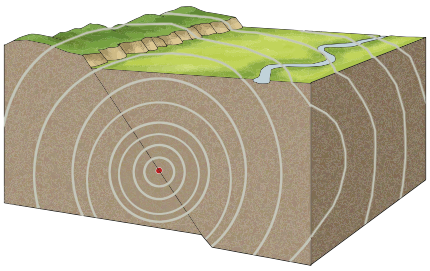


Las fuerzas (esfuerzos) que provocan el deslizamiento súbito a lo largo de las fallas son provocadas en última instancia por los movimientos de las placas terrestres. Es importante que recuerdes la teoría de la tectónica de placas.

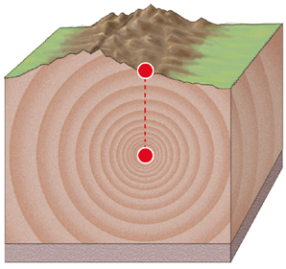
La energía liberada irradia en todas las direcciones desde su origen, el foco (*foci* = punto) o **hipocentro**.

Aunque los sismos empiezan en un único punto, implican el deslizamiento a lo largo de una superficie extensa de la falla. Durante los sismos pequeños, el deslizamiento total se produce a lo largo de una superficie de falla comparativamente pequeña o en un segmento pequeño de una falla mayor. Así, la zona de ruptura puede propagarse rápidamente y la vida del sismo es corta. Por el contrario, los grandes sismos implican el deslizamiento a lo largo de un segmento grande de una falla, que algunas veces puede medir varios cientos de kilómetros de longitud.

La ubicación del sismo viene dada por la latitud, longitud y profundidad y se denomina **hipocentro** mientras que la proyección a la superficie (solo latitud y longitud) se denomina **epicentro**.



Hipocentro



Epicentro

Ahora ya sabemos cómo se genera un sismo y que su ocurrencia implica liberación de energía. Es tiempo de averiguar cómo se propaga esa energía y cómo se relaciona con los impactos que causan los sismos en la infraestructura.

Mira la secuencia en este video:
https://bit.ly/095S24a

C. Ondas sísmicas

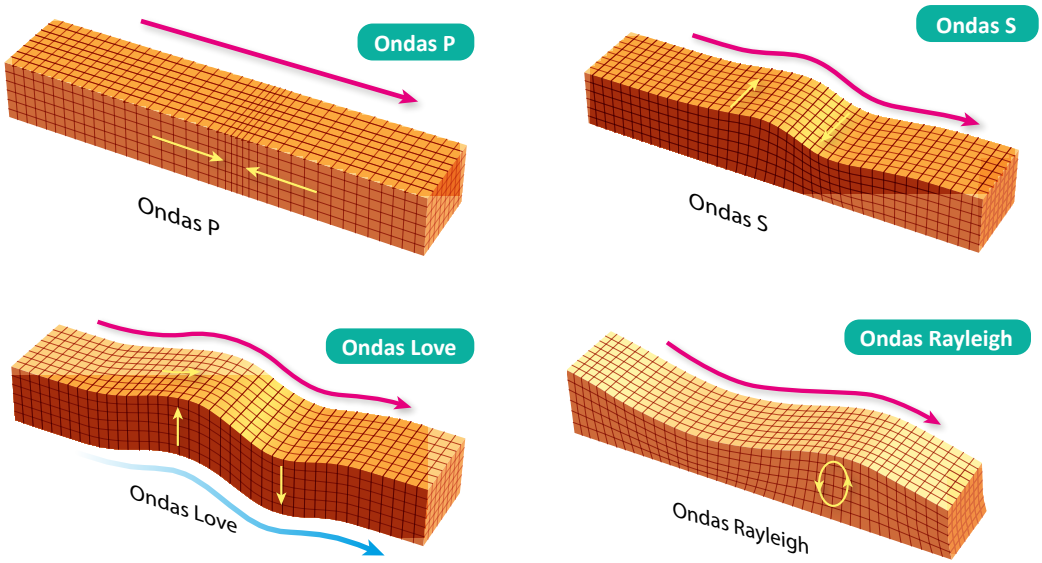
Las ondas sísmicas se propagan de formas diferentes, a continuación, aprenderemos las formas básicas en que se propagan y veremos cómo estas se relacionan directamente con los efectos en la superficie.

ONDAS SÍSMICAS

Simulación de la propagación de las ondas sísmicas, diferenciando las ondas P, S, Love y Rayleigh.

Procedimiento:

1. Escanea la tarjeta de RA y observa las siguientes imágenes.



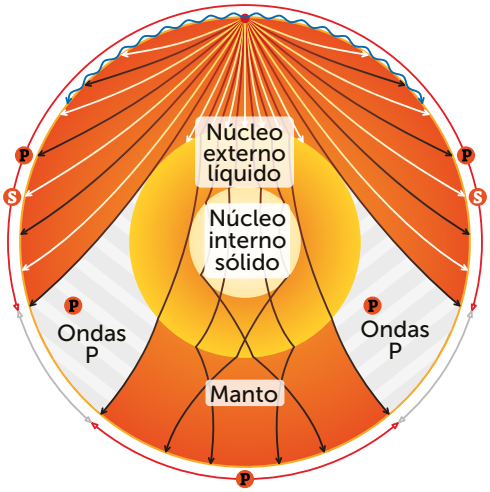
2. Identifica y escribe cuántos tipos de movimiento ocurren durante un sismo. p. 93
   a. ¿Todas las ondas sísmicas viajan a la misma rapidez? Explica.
   b. Describe la forma de propagación de cada tipo de onda.
   c. ¿Cuáles crees que son las que causan mayor destrucción?
   d. ¿Por qué?
3. Compara la siguiente información con lo anterior.

Las ondas sísmicas superficiales viajan sobre la parte externa de la Tierra y las ondas de cuerpo viajan en el interior, estas se dividen en dos tipos: ondas primarias (P) y ondas secundarias (S).

Las ondas P son ondas de compresión, son las primeras en llegar. Poseen una velocidad típica en la corteza superior (a profundidades inferiores a $15\ km$) de $6\ km/s$. Por otro lado, las S son ondas de corte, llegan después de la onda P. Con una velocidad típica en la corteza superior de $3.5\ km/s$.

Las ondas superficiales son el resultado de la combinación de las ondas S reflejadas y superpuestas (ondas Love) o una combinación de ondas P y S (ondas de Rayleigh), tienen velocidades típicas de 3.5 a 4.5 km/s. Las ondas superficiales siempre llegan después de las ondas S.

Gracias a la propagación de las ondas sísmicas, se ha podido conocer la estructura interna de la Tierra, ya que las ondas mecánicas se comportan de acuerdo con material donde se mueve.



Ahora ya sabes cómo se generan los sismos y cómo se propaga la energía liberada, y puedes responder preguntas como, ¿por qué ocurren sismos en El Salvador? ¿En qué zonas del país se generan sismos?

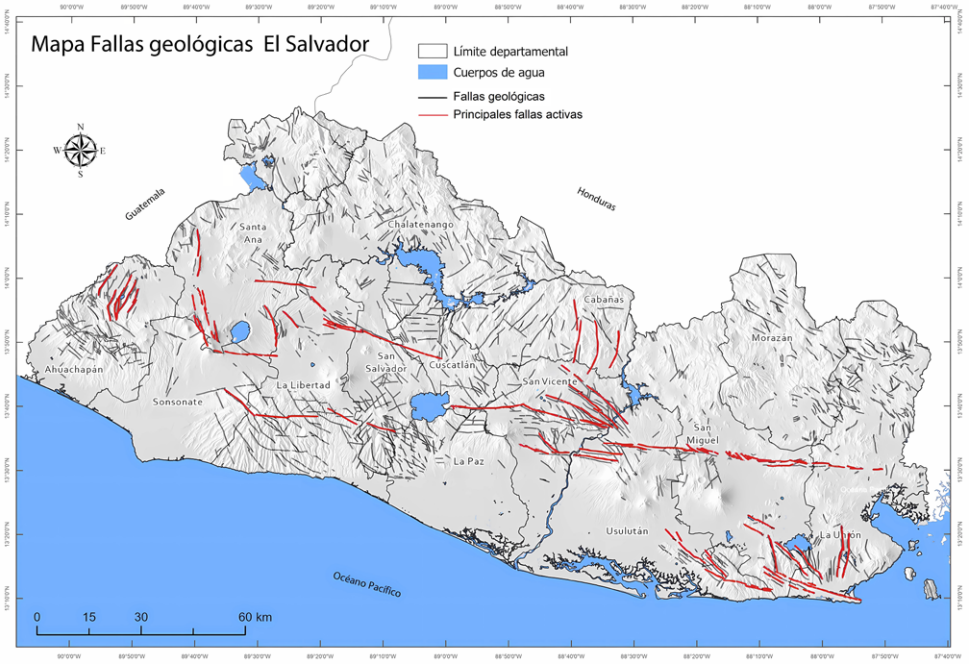
D. Conociendo las fallas geológicas en El Salvador

En El Salvador hay diferentes fuentes principales que generan sismos, la zona de subducción entre la placa de Cocos y del Caribe, que es la que genera la mayor cantidad, la zona de fallas geológicas «locales» en la corteza superior, donde también se generan sismos por actividad volcánica, y las más lejanas, el sistema de fallas del Motagua-Polochic, entre los márgenes de las placas tectónicas Norteamericana y del Caribe, y la influencia de la zona de la Depresión o Graben Central de Honduras.

Procedimiento:

1. Observa el mapa de fallas geológicas de El Salvador; luego, responde las preguntas.

p. 94



a. ¿Hay muchas fallas geológicas en El Salvador? Describe sus tamaños y ubicación.
b. ¿Cómo están distribuidas las fallas en el país?
c. ¿Hay fallas geológicas cerca de los volcanes? Explica y comenta en clase.

En el mapa puedes observar la ZFES **(Zona de Falla de El Salvador)**, es una estructura dominante en el campo de esfuerzo de la región que históricamente ha generado sismos de gran magnitud, se divide en cuatro segmentos según sugieren estudios recientes, el movimiento que presenta es en dirección E-W, y puede moverse hasta $11\ mm$ cada año. El terremoto de febrero de 2001 ($6.6\ Mw$) se generó a raíz de la reactivación de esta falla.

Visita el mapa dinámico de sismicidad: https://bit.ly/095S24b

2. Accede al mapa dinámico en: https://bit.ly/095S24b
3. Identifica las zonas donde se generan los sismos en la región de El Salvador.
   d. ¿En cuáles zonas del país ocurren más sismos? ¿Por qué?
   e. ¿Vives cerca de alguna zona potencial generadora de sismos? Identifica la falla geológica.

No todas las fallas están activas, hay muchas inactivas, pero pueden volver a moverse y generar sismos. Por esto se han establecido zonas sísmicas, potencialmente activas. Reconocer las zonas con potencial de generar sismos, permite desarrollar investigaciones que ayuden a reducir la vulnerabilidad, como la construcción de estructuras resistentes y generar estrategias para la actuación ante la ocurrencia de estos fenómenos.

El sismo del 19 de diciembre de 1936 en San Vicente, los tres sismos de mayo de 1951 en Jucuapa-Chinameca, el sismo del 19 de junio de 1982 frente a las costas salvadoreñas y otros más antiguos han causado perdidas humanas y daños materiales significativos en El Salvador, a continuación, vamos a estudiar los más destructivos.

E. Sismos destructivos en El Salvador

¿Te gustaría conocer algunos de los sismos más destructivos que han ocurrido en El Salvador? Esto es importante, pues nos ayudará a comprender mejor la magnitud, localización e impacto de los sismos.

Procedimiento:

1. Forma grupos de trabajo y selecciona un sismo presentado en el historial.
2. Expón en clase el historial en 8-12 minutos. La exposición deberá contener la fecha de ocurrencia, parámetros del sismo, zonas afectadas e impactos; puedes buscar información adicional de fuentes confiables.

Historial sísmico

Sismo de 1965. Ocurrió el 3 de mayo, precedido por una secuencia de sismos de 3 meses, el epicentro se situó cerca de San Salvador, se estima que causó 127 perdidas humanas. Además, es muy posible que la profundidad fuera menor a $10\ km$. La magnitud se calcula que fue de 6 y la intensidad de VII en San Salvador, según las descripciones históricas. De acuerdo con los registros, a pesar de los daños solo se remodeló y pintó el edificio Rubén Darío, cuyas paredes lucían cruzadas por grietas y fisuras.

Sismo de 1986. El sismo más destructivo que ha afectado a El Salvador, con una magnitud de $5.7\ Mw$, ocurrió el 10 de octubre a las 11:49 a.m., en el área metropolitana de San Salvador, con una profundidad entre 7 y $10\ km$, hubo réplicas luego del sismo. Se contabilizan aproximadamente 1 500 pérdidas humanas, cerca de 10 000 lesionados, alrededor de 20 0000 damnificados y más de 60000 viviendas destruidas. Un caso emblemático fue el del edificio Rubén Darío, cuyo colapso ocasionó alrededor de 500 pérdidas humanas.

Edificio Rubén Darío (ubicado en el Centro Histórico de San Salvador)

Sismos de 2001. Dos sismos afectaron todo El Salvador. El 13 de enero ocurrió un sismo de magnitud $7.7\ Mw$ a una profundidad de $60\ km$ bajo del océano Pacífico, el área más afectada fue Las Colinas, donde un deslizamiento sepultó aproximadamente 400 viviendas. Se registraron alrededor de 944 pérdidas humanas y numerosas réplicas posteriores. Un mes después, el 13 de febrero ocurrió otro sismo en el territorio salvadoreño, con una magnitud de $6.6\ Mw$ y una profundidad entre 9 y $15\ km$, asignado a la falla de San Vicente. Las intensidades estuvieron entre VII y VI, respectivamente.

Analicemos otro aspecto muy importante, la posible ocurrencia de Tsunamis. Sí, en El Salvador pueden ocurrir tsunamis que afecten las costas, conozcamos algunos casos históricos a continuación.

Históricamente, las costas de El Salvador han sido impactadas por tsunamis provocados por sismos de gran magnitud pero, no todos los tsunamis se generan a partir de sismos, como el del 26 de febrero de 1902, originado posiblemente por el deslizamiento de una ladera submarina, que causo inundaciones y unas 200 perdidas humanas en la franja del centro y occidente de El Salvador. Otros tsunamis se originan lejos de nuestras costas, como el que ocurrió en Nicaragua en el año 1992, y el del 10 de marzo de 1957 generado por un sismo de magnitud 8.1 en Alaska, que causó pérdidas humanas en la costa salvadoreña.

El 27 de agosto de 2012, un tsunami afectó el área de San Juan el Gozo, en la Bahía de Jiquilisco, causando daños en infraestructura y heridas a un grupo de personas. Generó olas de 6 metros y el mar penetró entre 300 y 400 metros. El sismo generador fue de magnitud 7.3 y tuvo una profundidad de $20.3\ km$.

F. Pronóstico basado en impactos de fenómenos geológicos y Sistemas de Alerta Temprana

Los **Sistemas de Alerta Temprana (SAT)** son el conjunto de procedimientos e instrumentos con los que se monitorea una amenaza o evento adverso (natural o antrópico) de carácter previsible, se recolectan y procesan datos e información, y se hacen pronósticos temporales sobre su acción y posibles efectos.

Actualmente, los SAT están enfocados al cambio climático y tienen cuatro elementos clave: conocimiento del riesgo, monitoreo, difusión de comunicación y capacidad de respuesta.

Visita la página del PNUD para conocer los componentes principales del SAT: https://bit.ly/095S24c

Procedimiento:

1. Dirígete a: https://bit.ly/095S24c y explica los cuatro componentes principales.
2. Realiza la siguiente lectura:

p. 95

En El Salvador se está trabajando en la implementación del **Sistema de Alerta Temprana por fenómenos geológicos**, el Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales del MARN está a cargo de estas acciones. En el caso de los sismos, significa avisar antes de la llegada del movimiento fuerte y destructivo, esto no es una predicción de sismos, las alertas son provistas con unos pocos segundos de tiempo cerca del epicentro y con decenas de segundos para sismos más lejanos.

En el MARN la actividad sísmica se monitorea durante las 24 horas los 365 días del año, cuando ocurre un sismo se emite información precisa a partir de datos de más de 80 estaciones sísmicas instaladas en El Salvador y otras en los países vecinos, estos datos permiten interpretar el mecanismo de generación de la actividad sísmica, evaluar los efectos, sus posibles consecuencias, informar el nivel de actividad de manera oportuna y alertar contra tsunamis, ya que estos pueden pronosticarse con anticipación. Para alertar a la población salvadoreña se usan los **pronósticos basados en impactos**, conozcamos en qué consisten y su importancia.

3. Realiza un resumen de los videos presentados en https://bit.ly/095S24d

Mira los videos al final del sitio: https://bit.ly/095S24d

Ahora enfoquémonos en el pronóstico de erupciones volcánicas y deslizamientos. Hay precursores que indican posibles erupciones, si hay cambios, se emiten alertas. Por otra parte, las condiciones de humedad, pendiente del terreno y precipitación aumentan la probabilidad de deslizamientos y permiten pronosticarlos.

4. Por último, visita la web del MARN, específicamente la sección de tsunamis, deslizamientos y volcanes, revisa redes sociales y verifica qué tipos de pronósticos se emiten de estas áreas y escribe para cada fenómeno qué información se emite y qué debería hacer la población con esa información.

Resumen

Las rocas se clasifican en ígneas, sedimentarias y metamórficas, en El Salvador hay de los tres tipos. Más del 90 % de la superficie del país es de origen volcánico. Las rocas más antiguas datan de hace unos 65 millones de años y se encuentran en los depósitos sedimentarios de Metapán.

Las rocas tienen diversos usos y una gran importancia en El Salvador y en todo el mundo, las más comunes en El Salvador son la pómez, el basalto y la andesita, todas de origen volcánico.

La cadena de volcanes activos de El Salvador paralelo a la zona de subducción es un rasgo geomorfológico importante, así como la depresión entre esa cadena de volcanes y la zona montañosa norte, conocida como Graben Central.

Los rasgos mencionados son el resultado de la intensa actividad tectónica producida por el sistema de subducción entre las placas de Cocos y del Caribe, el límite de placas Motagua-Polochic entre la placa Norteamericana y del Caribe en Guatemala y el sistema de Fallas de El Salvador con dirección Este-Oeste.

En El Salvador, los volcanes se generan por el proceso de subducción entre la placa de Cocos y del Caribe, este proceso ha actuado durante millones de años.

El vulcanismo es un fenómeno que tiene una escala a nivel del sistema solar, aparece en otros planetas como en Venus, Mercurio y Marte, pero también en satélites naturales como la Luna, Ío, Titán y otros.

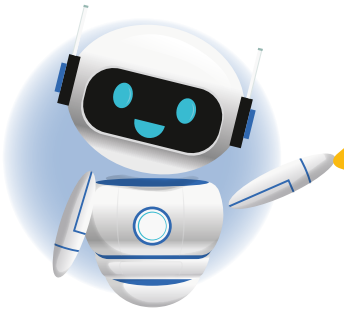
Los volcanes son peligrosos, pueden generar durante sus erupciones la caída de tefra, o más comúnmente la caída de ceniza, flujos de lava, corrientes de densidad piroclástica y los lahares, hay otros tipos de productos volcánicos, pero estos son los más comunes. Las corrientes de densidad piroclásticas figuran entre los peligros más destructivos, pues viajan a altas temperaturas y velocidades, destruyendo todo a su paso.

Los volcanes pueden ser activos, inactivos y extintos, para que un volcán sea activo necesita tener reportes históricos de erupciones, morfología definida, actividad sísmica y emisión de gases.

Hay distintos tipos de volcanes que se manifiestan en formas diferentes, como las calderas, los maares, los conos de escoria y toba, los volcanes compuestos, los domos y los anillos de toba.

Por otro lado, un sismo es la liberación de energía en forma de ondas mecánicas que causa vibración en la Tierra, esas ondas pueden ser superficiales y de cuerpo. Las primeras en llegar son las ondas primarias (P), luego las ondas secundarias (S) y otras ondas llamadas Love y Rayleigh.

En El Salvador los sismos son causados por la zona de subducción, las fallas geológicas locales y la actividad volcánica. También, pueden ocurrir tsunamis por sismos; es importante informarnos en el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales para conocer más sobre la actividad volcánica, sísmica y tsunamigénica en el país.



Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado:

- **Rocas**
- **Volcán**
- **Peligros volcánicos**
- **Geomorfología**
- **Sismo**
- **Falla geológica**

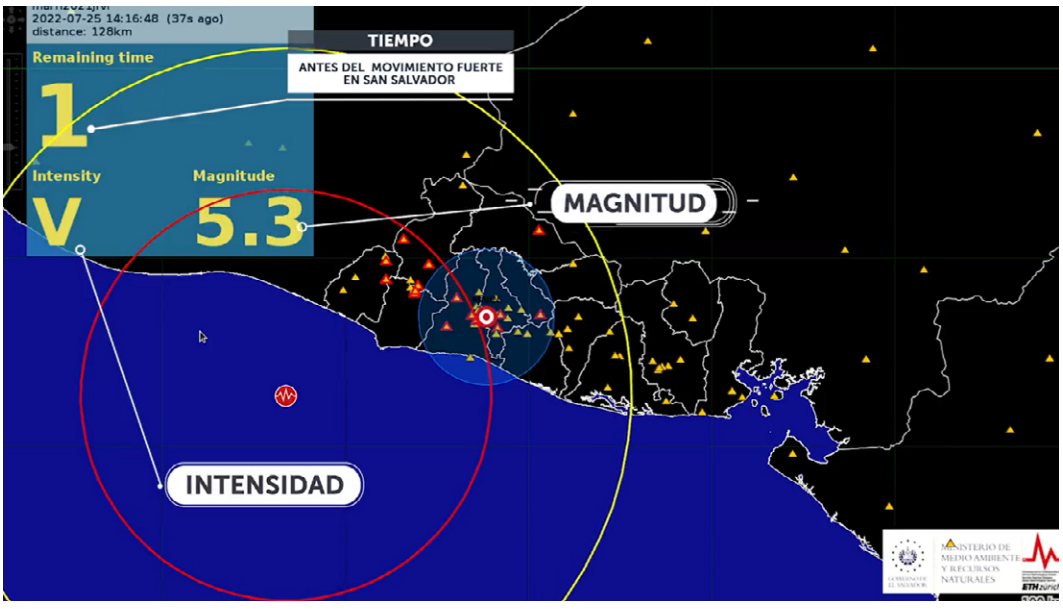
¿Te has preguntado cómo se obtiene la información de las ondas sísmicas para saber los parámetros de un sismo? Más interesante aún, piensa en lo que se ha implementado en algunas regiones de México, la alerta sísmica, que consiste básicamente en advertir con anticipación la llegada de ondas sísmicas que causan el mayor movimiento.

Cuando los sismos son generados por el sistema de subducción frente a las costas mexicanas, los instrumentos sísmicos detectan la llegada de las ondas P, que al estimar automáticamente que son causadas por un sismo de gran magnitud, envían una señal por radio a sistemas de cómputo para alertar en las ciudades o regiones. Aunque las condiciones de generación de sismos son diferentes en El Salvador, ¿te imaginas la importancia de un sistema de alerta de este tipo?

Lo primero que se necesita es una red de sensores sísmicos, los cuales son capaces de detectar el movimiento del terreno, estos pueden ser sismómetros o acelerómetros. Estos sensores que forman parte de las estaciones sísmicas se deben ubicar estratégicamente para cubrir ampliamente las zonas generadoras de sismos, para esto, como podrás imaginar, se necesitan muchas estaciones. Para el suministro de energía eléctrica usualmente se instalan paneles solares para que funcionen tanto de día como de noche.

Pero, ¿cómo transmiten la información que reciben? La información se debe transmitir rápidamente, en tiempo real, para eso se utilizan las ondas de radio que llegan a las instituciones de monitoreo sísmico, para la transmisión óptima de estas ondas se instalan antenas. Por medio de estas señales, se emiten sonidos de alerta por radio, ya que la señal de internet podría interrumpirse con un sismo de gran magnitud.

En Japón, los sistemas de alerta temprana son dignos de admirar, usan en principio el mismo sistema de detección inmediata de ondas P generadas por sismos de gran magnitud y transmiten por diversos medios, radio, TV, internet y telefonía móvil, es importante destacar que ellos tienen instalados miles de sensores sísmicos. En El Salvador, actualmente se está trabajando en la implementación de este tipo de sistemas. Recientemente fue muy llamativa la implementación del sistema de alerta de terremotos por Google en los sistemas Android en teléfonos móviles, haciendo uso de los acelerómetros incorporados en estos dispositivos, detectando vibraciones masivamente cuando están relacionadas a sismos grandes y enviando la alerta para los usuarios.



Observa cómo funciona un SAT desarrollado e implementado en el MARN:
https://bit.ly/095CUTa

Aprende más sobre el sistema de alerta de terremotos, desarrollado por Google:
https://bit.ly/095CUTb

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Geofísica **Duración:** 5 años/10 ciclos

Bachilleratos sugeridos:
general, ingeniería civil, agrícola.

Descripción. La geofísica se encarga del estudio de los procesos físicos de la Tierra y de su estructura, haciendo uso de métodos físicos y matemáticos, por lo que se trata de un campo de estudio amplio y multidisciplinario.

La Licenciatura en Geofísica ofrece las bases para desempeñarse principalmente en investigación y en la aplicación directa del conocimiento científico. Con relación a la presente unidad, se destacan algunos campos de especialización, tales como los siguientes:

- Sismología
- Vulcanología
- Prospección geofísica
- Geotermia
- Evaluación de amenazas naturales
- Fuentes de energía renovables
- Sistemas de información geográfica

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Carrera: Ingeniería Geológica **Duración:** 5 años/10 ciclos

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Descripción. La Ingeniería Geológica trata los procesos geológicos que interactúan de forma indirecta y directa con las actividades humanas, enfocada en la búsqueda de los recursos naturales no renovables, la prevención de riesgos y la conservación del medio ambiente.

Esta carrera ofrece las bases para desempeñarse en los proyectos e iniciativas en donde interactúa el medio natural con las obras civiles, en campos de estudio como los siguientes:

- Hidrogeología
- Geomorfología
- Geología estructural
- Petrología
- Geotecnia
- Gestión de peligros naturales

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

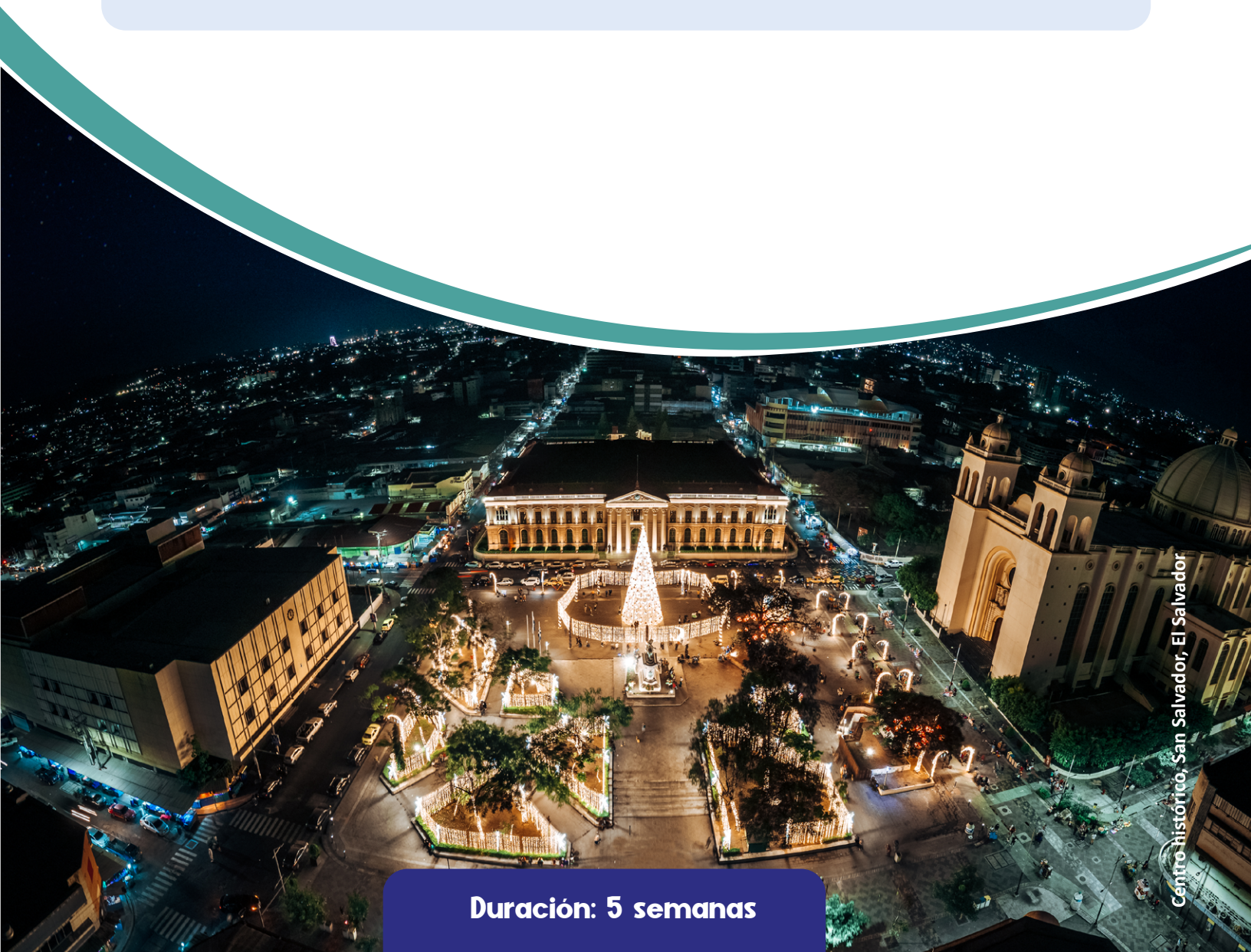
- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Unidad 6
Electricidad

Eje integrador: tecnología

En esta unidad aprenderemos a:

- Experimentar con las características del campo y la fuerza eléctrica.
- Construir un circuito eléctrico funcional que incluya diversos componentes electrónicos.
- Explicar el funcionamiento de algunos componentes electrónicos.
- Esquematizar la configuración eléctrica del hogar.
- Reconocer la utilidad de un rectificador de onda en los dispositivos eléctricos.
- Identificar las características generales de los circuitos integrados.
- Construir circuitos utilizando compuertas lógicas.
- Programar condicionales utilizando funciones lógicas en hojas de cálculo.



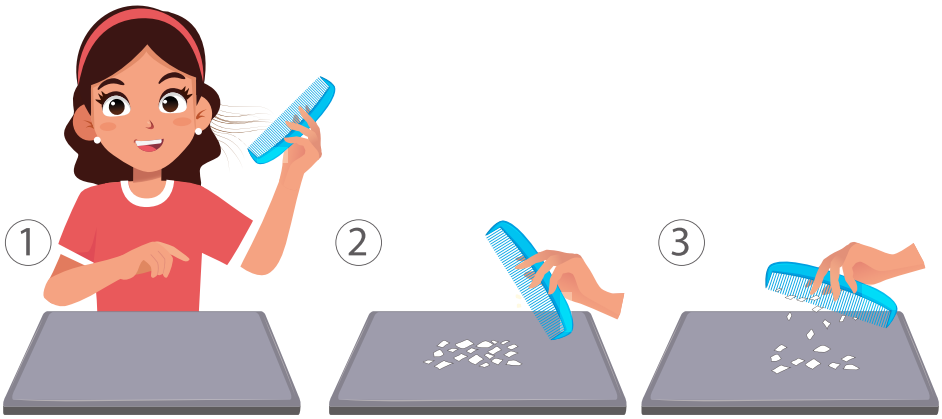
Centro histórico, San Salvador, El Salvador

Duración: 5 semanas

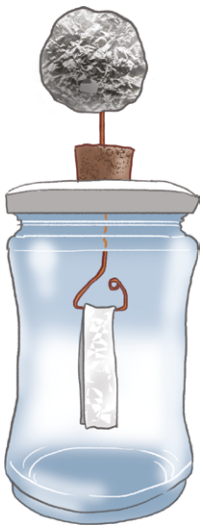
Fundamentos de electricidad

Supongamos que tenemos unos trozos de papel sobre una mesa y queremos levantarlos. Lo podemos lograr tomándolos con nuestros dedos y aplicándoles una fuerza vertical hacia arriba mayor que su peso. Otra manera de conseguirlo es frotar un peine sobre nuestro cabello y aproximarlo a los papelitos sin llegar a tocarlos. Estos ascenderán adhiriéndose al peine. Pero, ¿por qué ocurre esto? ¿De dónde provino esta fuerza? Durante el desarrollo de la lección realizaremos actividades que nos ayuden a responder con certeza estas preguntas.

Intenta vencer la fuerza de la gravedad frotando un peine en tu cabello y acercándolo a unos papelitos.



3



6

A. Verificando la presencia de cargas eléctricas

Si frotas un peine en el cabello seco, generas cargas eléctricas netas en ambos cuerpos (peine y cabello). Es imposible observarlas a simple vista, pero podemos evidenciar sus propiedades si las ponemos a interaccionar con otros materiales. Para profundizar en esto, construyamos un **electroscopio**.

Materiales:

- Papel de aluminio
- $20\ cm$ de alambre de cobre calibre 12
- Recipiente de vidrio con tapadera plástica
- Bloque de $1\ cm \times 1\ cm \times 1\ cm$ de poliestireno
- Peine de plástico
- Toalla de mano (seca)
- Tijeras

Procedimiento:

1. Dobla por el largo y por la mitad una tira de $6\ cm$ de largo y $1\ cm$ de ancho de papel de aluminio.
2. Haz una esfera sólida con papel de aluminio de $2\ cm$ de diámetro.
3. Dobla un extremo del alambre en forma de gancho y deja el otro extremo recto.
4. Retira el tapón del recipiente, haz un agujero de $1\ cm$ de diámetro en su centro e introduce ahí el poliestireno. Asegúrate de dejarlo ajustado.
5. Perfora el poliestireno con el extremo recto de alambre, sujeta la esfera a ese extremo y pon los trozos de aluminio al extremo con forma de gancho.
6. Cierra el recipiente. Verifica que los trozos de aluminio no toquen el fondo.
7. Frota varias veces el peine con la toalla y acércalo a la esfera.
8. Responde lo que se solicita en tu Cuaderno de Trabajo.

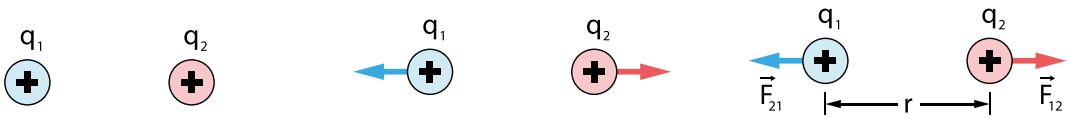
p. 98

Creatividad

El electroscopio demuestra que las cargas eléctricas se pueden repeler al ver la separación de ambas láminas de aluminio. En la *Unidad 3* de 5° grado, aprendiste que existen dos tipos de cargas eléctricas en el átomo, los protones (+) y los electrones (−). En efecto, se indujo en las láminas de aluminio (metal) un exceso de **carga eléctrica** neta (q) de igual signo en cada una como resultado del acercamiento del peine a la esfera, de ahí su repulsión. La carga de signo opuesta a la del peine se redistribuyó y se acumuló en ambas láminas. A esta región de fuerzas de repulsión le asociaremos un campo eléctrico. Comprendamos mejor este campo realizando algunos ejercicios donde podamos comprender sus características.

B. Calculando la fuerza eléctrica

Cuando se tienen dos grupos de cargas eléctricas netas y próximas entre sí, cada uno puede ejercer una fuerza eléctrica de repulsión o atracción sobre el otro. Volviendo a la *actividad A*, la carga neta de un trozo ejercía una fuerza eléctrica de repulsión sobre el otro. Iniciemos el estudio, pero solo con dos cargas puntuales positivas (q_1 y q_2), como en la siguiente figura:



En la figura central, observa que la carga de la izquierda, q_1, recibe la fuerza eléctrica de q_2, flecha azul apuntando a la izquierda (sentido de la fuerza), la cual es de sentido opuesto a la fuerza eléctrica que recibe q_2, flecha roja apuntando hacia la derecha. Ambas fuerzas son horizontales (dirección).

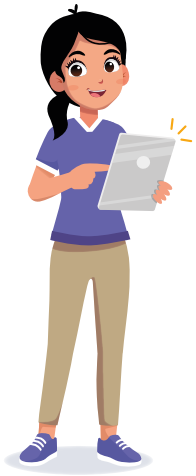
En términos de fuerzas y distancia, la figura de la derecha muestra la notación a emplear. La fuerza que q_2 ejerce sobre q_1 se escribirá como $\vec{F}_{21}$, y la que q_1 ejerce a q_2, como $\vec{F}_{12}$. Los subíndices especifican qué carga analizamos. Además, notamos que las cargas están separadas por una distancia identificada con r. La fuerza que una carga ejerce sobre otra dependerá de la distancia lineal de separación. Cuanto más lejos estén, la fuerza sobre ambas disminuirá.

La **ley de Coulomb** establece que la intensidad de la fuerza eléctrica es directamente proporcional al valor absoluto del producto de las cargas [por ejemplo, $F\,\alpha\,|(3\ C)(-2\ C)| = |-6\ C^2| = 6\ C^2$] e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación [por ejemplo, $F\,\alpha\,1/(3\ mm)^2$]. Tomemos de referencia $\vec{F}_{12}$, la expresión matemática de la ley de Coulomb queda:

$$\vec{F}_{12} = k\,\frac{|q_1 q_2|}{r^2}\,\hat{r} \qquad 6.1$$

En la ecuación 6.1, k es la constante de proporcionalidad, su valor es $k = 8.988 \times 10^9\ Nm^2/C^2$. Notemos que aparece el término $\hat{r}$. Es el vector unitario, magnitud 1, o $|\hat{r}| = 1$, en la dirección de la línea de separación de las cargas q_1 y q_2. Como trabajaremos en una dimensión, el vector unitario podría ser $\hat{r} = \hat{\imath}$ o $\hat{r} = \hat{\jmath}$. Además, si te fijas, el producto de las cargas aparece dentro del valor absoluto, $|\square|$, es un producto positivo. El sentido (+ o −) de la fuerza lo da el signo del vector unitario $\hat{\imath}$ o $\hat{\jmath}$ (p. ej., $-\hat{\imath}$ señala $\vec{F}_{12}$ hacia la izquierda).

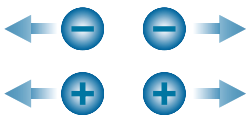
He leído que las cargas eléctricas pueden ser positivas o negativas, y al interactuar generan una fuerza eléctrica y se comportan según el esquema de la figura de abajo.



Fuerza eléctrica

Cargas de signos diferente se atraen

Cargas del mismo signo se repelen



Notación...

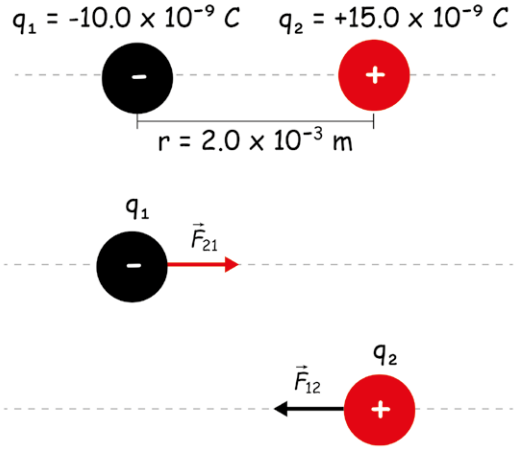
En el Sistema Internacional de Unidades, la carga eléctrica se expresa en coulomb y su símbolo es C.

La fuerza $\vec{F}_{12}$ entre dos cargas negativas tiene igual sentido que la fuerza $\vec{F}_{12}$ de dos cargas positivas. El caso de dos cargas de signos opuestos, es análogo: los sentidos de la fuerza $\vec{F}_{12}$ son idénticos.

Desarrollemos algunos ejemplos numéricos de la fuerza eléctrica.

Ejemplo 1. Dos cargas eléctricas puntuales, $q_1 = -10.0\ nC$ y $q_2 = +15.0\ nC$, están separadas por una distancia sobre el eje x de $2.0\ mm$. Calculemos la fuerza que cada carga ejerce sobre la otra.

Solución. Dibuja cada carga con su signo sobre el eje e identifícalas como q_1 y q_2 (ver figura de la derecha). Además, escribe las cargas (signo, magnitud y unidad) y la separación que nos brinda el enunciado.



Analiza los signos de las cargas. Dado que las cargas son de signos opuestos, la fuerza entre ellas es de atracción. Sea $\vec{F}_{21}$ la fuerza que q_2 ejerce sobre q_1. Dibuja el diagrama de cuerpo libre de q_1 (recuerda lo visto en la *Unidad 1* de 8º grado); es la primera figura de la derecha. Luego, dibuja el diagrama de cuerpo libre de q_2; es la figura que está debajo de la anterior.

Calculemos las fuerzas eléctricas. A partir de los diagramas de cuerpo libre de las cargas q_1 y q_2, fácilmente encontramos los sentidos de las fuerzas: en $\vec{F}_{21}$ es $+\hat{\imath}$, porque $\vec{F}_{21}$ señala a la derecha; y en $\vec{F}_{12}$ es $-\hat{\imath}$ porque $\vec{F}_{12}$ apunta a la izquierda. Utilicemos la ecuación 6.1 y determinemos sus intensidades.

$$\vec{F}_{21} = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{F}_{21} = (8.988\times10^9\ \frac{Nm^2}{C^2})\frac{|(-10.0\times10^{-9}\ C)(15.0\times10^{-9}\ C)|}{(2.0\times10^{-3}\ m)^2}(+\hat{\imath})$$

$$\vec{F}_{21} = 0.30\ N\,\hat{\imath}$$

$$\vec{F}_{12} = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{F}_{12} = (8.988\times10^9\ \frac{Nm^2}{C^2})\frac{|(15.0\times10^{-9}C)(-10.0\times10^{-9}C)|}{(2.0\times10^{-3}\ m)^2}(-\hat{\imath})$$

$$\vec{F}_{12} = -0.30\ N\,\hat{\imath}$$

Este resultado muestra que la ley de Coulomb cumple la tercera ley de Newton, dado que:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \qquad 6.2$$

La dirección de las fuerzas $\vec{F}_{21}$ y $\vec{F}_{12}$ es horizontal; sin embargo, el sentido de la fuerza $\vec{F}_{21}$ es opuesto al sentido de la fuerza $\vec{F}_{12}$. Además, si las magnitudes de las cargas eléctricas difieren notablemente, la magnitud o intensidad de la fuerza eléctrica sería igual para ambas fuerzas. En ocasiones, los ejercicios solicitan calcular una carga eléctrica específica o la separación entre cargas, y como dato conocido se da la intensidad de la fuerza. Siempre debemos usar la ecuación 6.1 pero en su forma escalar y despejar la carga incógnita q o r:

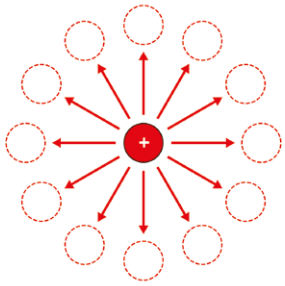
$$\vec{F}_{21} = \vec{F}_{12} = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2} \qquad 6.3$$

Revisa tu Cuaderno de Trabajo y resuelve los ejercicios que se plantean.

p. 99

C. Comportamiento del potencial eléctrico

Hemos encontrado la fuerza eléctrica que ejerce una carga sobre otra, colocadas sobre un eje horizontal. También, se podrían haber colocado sobre un eje vertical, pero, ¿cómo encontrar la fuerza sobre una carga cuando la otra carga ocupa otras direcciones que no son estas dos? La magnitud de la fuerza seguiría siendo la misma. En la figura de la derecha, se pueden observar los vectores de fuerza que salen del centro de una carga eléctrica puntual fuente ($+q$) en dirección radial. Si liberáramos una segunda carga imaginaria positiva llamada carga de prueba ($+q_0$) esta seguiría cualquiera de las direcciones mostradas hacia los círculos de líneas discontinuas. A este conjunto de líneas se le llama líneas de **campo eléctrico**. Iniciemos el estudio de estas líneas encontrando primero líneas equipotenciales.



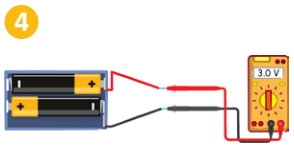
Materiales:

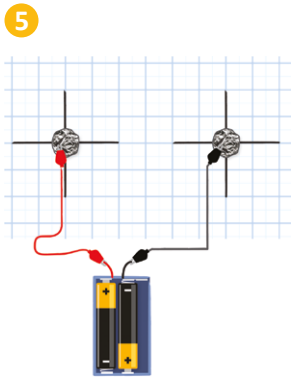
- 8 monedas de $0.05
- Papel de aluminio
- Atomizador
- Agua
- Sal
- 4 cables de conexión tipo cocodrilo
- 4 hojas de papel milimetrado
- Portabaterías (para baterías AA)
- 2 baterías AA de $1.5\ V$
- Multímetro

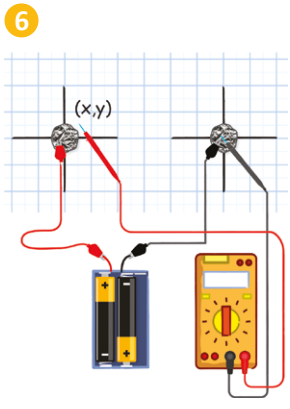
Procedimiento:

1. Realiza dos grupos de monedas (de cuatro cada uno) y envuelve cada grupo con papel de aluminio, deja una pestaña de aluminio arriba del cilindro formado. Estos serían tus cargas eléctricas puntuales.
2. Coloca agua en el atomizador y agrega sal (aproximadamente $40\ g$), agita para que se disuelva.
3. Dibuja en los extremos del papel milimetrado dos planos cartesianos; luego, humedece todo el papel milimetrado con la solución que se encuentra en el atomizador. Al centro de cada plano cartesiano, coloca cada carga eléctrica puntual.
4. Coloca las baterías en el portabaterías y con el multímetro mide el voltaje en corriente directa (DC), asegúrate que sea cercano a los $3.0\ V$. Todas las medidas de voltaje deben realizarse en DC.
5. Ubica los cables tipo cocodrilo en las salidas del portabaterías, identifica los terminales positivo y negativo. Coloca los extremos de los cables tipo cocodrilo en las pestañas de las cargas eléctricas puntuales.
6. Identifica la carga puntual donde colocaste el negativo de la salida del portabaterías y fija en ella el terminal negativo del multímetro, haz contacto con el otro terminal sobre el papel milimetrado que se encuentre cerca de la otra carga puntual, verifica que la medida del voltaje se encuentra cerca a $2.5\ V$.
7. Mide al contorno de la carga puntual positiva de forma concéntrica buscando el voltaje de $2.5\ V$. Realiza lo siguiente en tu Cuaderno de Trabajo:
   a. Anota los pares ordenados por cada medida en la tabla.
   b. Fija el terminal positivo del multímetro y realiza medidas similares a las anteriores.

p. 100

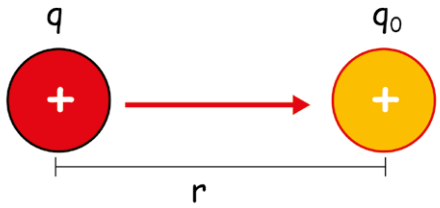






Campo eléctrico

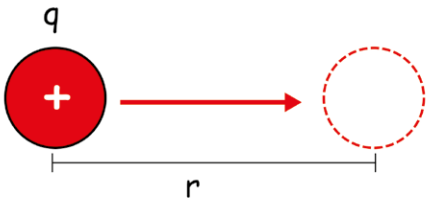
Tomemos de referencia las líneas del campo eléctrico que aparecen en la primera figura de la *actividad C*. Fijamos una y analizamos la fuerza que la carga eléctrica puntual q hace sobre la carga eléctrica de prueba q_0 separadas por una distancia r.



La expresión de la fuerza eléctrica que q le hace a q_0, la encontramos usando la ecuación 6.1.

$$\vec{F}_0 = k\frac{|qq_0|}{r^2}\hat{r} \qquad 6.4$$

Para saber el comportamiento del campo eléctrico, retiramos la carga de prueba, como se muestra en la siguiente figura:



Hemos dejado la silueta donde estaba la carga q_0, notamos que la línea del campo eléctrico continúa, si ahora tomamos la ecuación 6.4 y dividimos por q_0, tendríamos:

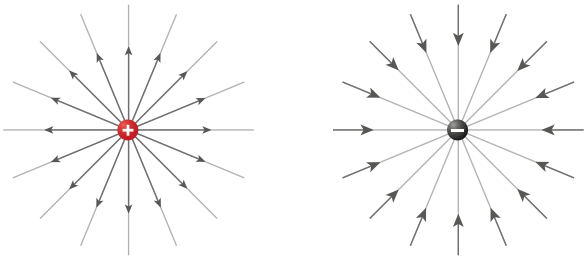
$$\frac{\vec{F}_0}{q_0} = k\frac{|qq_0|}{q_0 r^2}\hat{r}$$

$$\frac{\vec{F}_0}{q_0} = k\frac{|q|}{r^2}\hat{r}$$

Llegamos a la expresión del campo eléctrico para una carga puntual, que lo presentamos con $\vec{E}$ y se calcula de la siguiente manera:

$$\vec{E} = k\frac{|q|}{r^2}\hat{r} \qquad 6.5$$

Notemos que el campo eléctrico es una cantidad vectorial, para cargas positivas y negativas el campo magnético se comporta de la siguiente manera:

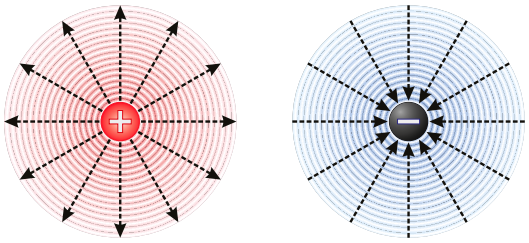


Las líneas de campo eléctrico salen de forma radial si la carga eléctrica es positiva y entran cuando es negativa. Dado que el campo eléctrico puede variar de una región a otra, aunque tiene un comportamiento vectorial no tiene una cantidad única sino varias cantidades vectoriales; por ello, es considerado un campo vectorial.

Superficies equipotenciales

Las superficies equipotenciales son una región donde el potencial o voltaje de una carga eléctrica se mantiene constante en su contorno, como lo comprobamos en las medidas de la *actividad C*.

Las líneas de campo eléctrico son perpendiculares a las superficies equipotenciales, como se muestra en la siguiente figura:



El potencial eléctrico o potencial (V) es una cantidad escalar, viene asociado a la energía potencial eléctrica.

Similar al campo eléctrico, el potencial se puede calcular en una carga puntual usando la siguiente ecuación:

$$V = k\frac{|q|}{r} \qquad 6.6$$

Comunicación

Hasta ahora hemos visto el comportamiento de cargas eléctricas puntuales, estudiando la fuerza que una carga puede hacer a otra. Por otra parte, las cargas eléctricas poseen un campo eléctrico relacionado con la fuerza y el potencial eléctrico. Si bien desarrollamos actividades que involucraban la fuerza y el potencial eléctrico de manera experimental, aún falta que realicemos cálculos del campo eléctrico. Para cerrar la semana, utilizaremos los resultados obtenidos en la *actividad C* con la finalidad de obtener el campo eléctrico para cargas eléctricas puntuales.

D. Calculando el campo eléctrico a partir del potencial eléctrico

Notamos que las ecuaciones 6.5 y 6.6 son muy similares, con la diferencia de que el campo eléctrico es una cantidad vectorial y el potencial es un escalar. Sin embargo, en situaciones como la presentada en la *actividad C*, podemos tener una relación entre ellas, veamos un ejemplo sobre cómo calcular el campo eléctrico partiendo del potencial eléctrico.

Notación...

El campo eléctrico se expresa con las siguientes unidades:

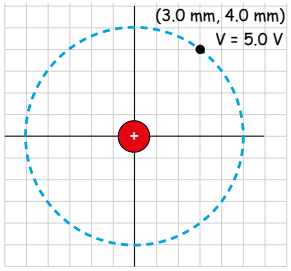
$$\frac{N}{C} \text{ o } \frac{V}{m}$$

El potencial eléctrico o voltaje se expresa con la siguiente unidad:

$$V$$

Ejemplo 2. Una carga eléctrica puntual positiva es colocada en el origen de un plano cartesiano dibujado en papel milimetrado, se mide el voltaje en el par ordenado $(3.0\ mm,\ 4.0\ mm)$ dando un valor de $5.0\ V$. Calculemos el campo eléctrico en el punto donde se ha medido el voltaje.

Solución. Realizamos el esquema que nos representa lo descrito en el ejemplo, el círculo con líneas discontinuas representa la línea equipotencial referente al voltaje medido $5.0\ V$, en el mismo colocamos los datos que nos proporcionan.



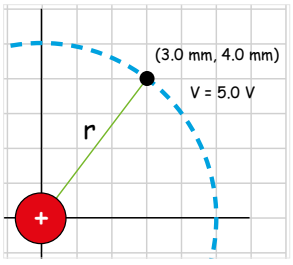
Un dato que no es proporcionado es el valor de la carga eléctrica, dado que estamos en una situación donde el potencial y el campo eléctrico se relacionan, podemos despejar la carga de la ecuación 6.6.

$$q = \frac{r}{k} V \qquad 6.7$$

Ahora, la ecuación 6.7, podemos sustituirla en la ecuación 6.5 para obtener la ecuación del campo eléctrico en función del potencial y la distancia.

$$\vec{E} = \frac{V}{r} \hat{r} \qquad 6.8$$

En 6.8, r es la distancia desde la carga eléctrica hasta donde se desea calcular el campo eléctrico, podemos representarlo en otro esquema, acotaremos solo el primer cuadrante del plano cartesiano, como se muestra en la segunda imagen de la derecha.



Para calcular r, usaremos el teorema de Pitágoras, recordemos que los pares ordenados los podemos representar como (x,y). Podemos verificar el cálculo de r a la derecha.

$$r^2 = x^2 + y^2$$
$$r^2 = (3.0\ mm)^2 + (4.0\ mm)^2$$
$$r^2 = 25.0\ mm^2$$
$$r = \sqrt{25.0\ mm^2} = 5.0\ mm$$

Teniendo el potencial y la distancia donde queremos calcular el campo eléctrico, hace falta calcular el vector unitario $\hat{r}$, usando el vector de posición y su magnitud.

Para calcular los vectores unitarios, se divide el vector por su magnitud

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{r}$$

Es adimensional y su magnitud es 1.

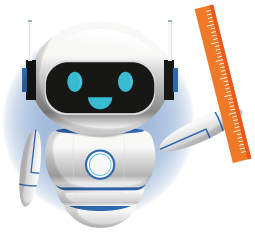
El vector de posición ($\vec{r} = x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath}$) para nuestro caso sería el siguiente:

$$\vec{r} = (3.0\ mm)\,\hat{\imath} + (4.0\ mm)\,\hat{\jmath}$$

La distancia r, coincide con la magnitud del vector de posición, pasamos a dividirlo para obtener el vector unitario.

$$\vec{r} = \frac{x\,\hat{\imath} + y\,\hat{\jmath}}{r} = \frac{(3.0\ mm)\,\hat{\imath} + (4.0\ mm)\,\hat{\jmath}}{5.0\ mm}$$

$$\vec{r} = 0.6\,\hat{\imath} + 0.8\hat{\jmath}$$

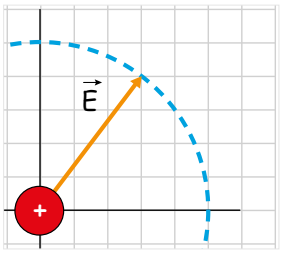


Teniendo las magnitudes de potencial, distancia y el vector unitario, usaremos la ecuación 6.8 para calcular el campo eléctrico.

$$\vec{E} = \frac{5.0\ V}{5.0 \times 10^{-3}\ m}(0.6\,\hat{\imath} + 0.8\hat{\jmath})$$

$$\vec{E} = 1 \times 10^{4}\,(0.6\,\hat{\imath} + 0.8\hat{\jmath})\ V/m$$

$$\vec{E} = (6.0 \times 10^{3}\ V/m)\,\hat{\imath} + (8.0 \times 10^{3}\ V/m)\hat{\jmath}$$



Al calcular el campo eléctrico, podemos completar el esquema que presentamos al inicio de la solución agregando la línea del campo eléctrico, por ser una carga eléctrica positiva, el sentido del vector es saliendo de ella.

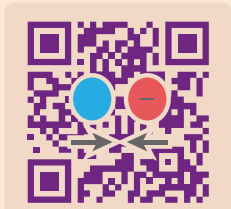
Recordemos que este proceso solo fue para una línea de campo eléctrico, puede haber otras y necesitaríamos realizar cálculos similares para obtenerlas. Sin embargo, la magnitud del campo eléctrico sería similar siempre y cuando nos situemos en una misma superficie equipotencial, como podría verificarse con las medidas tomadas en la *actividad C*.

1. Con los resultados obtenidos en las tablas de la *actividad C*, para la carga eléctrica puntual positiva, completa otra tabla que aparece en el Cuaderno de Trabajo. Puedes hacer cálculos similares a los del *ejemplo 2*. p. 101
2. Haz lo mismo pero para la carga puntual negativa y verifica el comportamiento del campo eléctrico. p. 102

El campo eléctrico es perpendicular a las líneas equipotenciales, se debe considerar al momento de ponerlas en los esquemas que realicemos.

La magnitud del campo eléctrico es la misma cuando estamos sobre una línea equipotencial; por ello, es necesario considerar la parte vectorial para identificarla, esto nos lleva a calcular los vectores unitarios, en este caso es de suma importancia el uso del vector de posición.

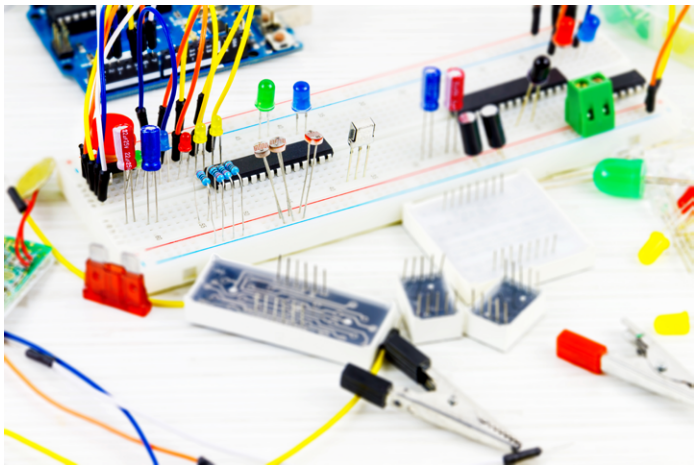
Al momento de escribir las líneas del campo magnético, debemos de tener cuidado con el signo de la carga eléctrica, cuando es positiva el sentido de los vectores es saliendo de la carga, de lo contrario sería entrando.



Representación de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales del mismo signo y dos con signo diferente.

Dispositivos electrónicos

En la lección anterior estudiamos las propiedades de las cargas eléctricas en reposo, calculando su fuerza eléctrica y analizando el concepto de campo eléctrico. Cuando las cargas eléctricas están en movimiento, aparecen nuevos fenómenos. Entre estos está la corriente eléctrica, la cual es responsable de que funcionen los dispositivos electrónicos, tales como televisores, teléfonos móviles, computadoras, *tablets*, entre otros; y dispositivos eléctricos como focos, hornos, lavadoras, refrigeradoras, etc. Sin embargo, haremos una distinción entre ambos grupos de dispositivos. ¿Conoces a qué se debe dicha clasificación? En los dispositivos electrónicos encontramos componentes que se activan con pequeñas corrientes. A continuación, identifiquemos algunos componentes que conforman un dispositivo electrónico.

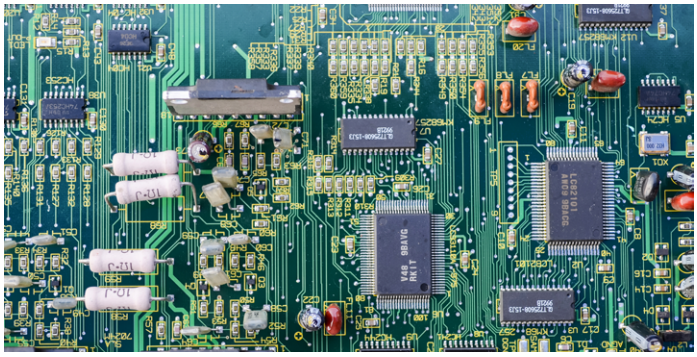


COMPONENTES ELECTRÓNICOS

La tarjeta madre es un circuito impreso (compuesto por transistores, capacitores, etc.), al cual se conectan los componentes de una computadora.

A. Identificando componentes electrónicos

Si destapas el CPU de una computadora de escritorio, observarás componentes electrónicos conocidos como resistencias eléctricas, diodos y capacitores. La siguiente imagen es parte de la tarjeta madre (*motherboard*) de una computadora; la cual, asocia componentes electrónicos discretos y circuitos integrados, más adelante conoceremos algunos.



He leído que los componentes electrónicos usan pequeñas potencias para su funcionamiento.

Procedimiento

1. Observa la imagen de la tarjeta madre y realiza lo siguiente en tu Cuaderno de Trabajo:
   a. Identifica y escribe cinco componentes electrónicos que conozcas.
   b. Escribe tres códigos de identificación del circuito integrado (IC).
   c. Elabora un diagrama de circuito eléctrico en serie, formado por una batería, una resistencia y un diodo emisor de luz (LED).

p. 103

Creatividad

Durante la etapa anterior, identificamos algunos componentes electrónicos. Por lo general, estos se dividen en pasivos y activos. Los primeros son considerados como receptores y consumidores de electricidad, no generan ganancia ni control de una señal eléctrica; los segundos, son capaces de generar o modificar una señal eléctrica. En esta semana, analizaremos el comportamiento de algunos componentes eléctricos para elaborar después circuitos eléctricos funcionales.

B. Verificando el comportamiento de una fotorresistencia

Una fotorresistencia también conocida como LDR (*Light Dependent Resistor*) es un componente electrónico activo que se caracteriza por la variación del valor de su resistencia eléctrica ante los cambios en la intensidad luminosa a la que está expuesta. Verifiquemos experimentalmente cómo cambia su resistencia eléctrica en función de la distancia entre una fuente de luz y la LDR.

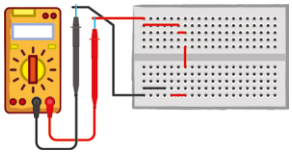
Notación...

La resistencia eléctrica (R) se expresa en ohm y su símbolo es Ω.

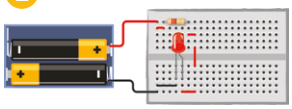
Materiales:

- Cinta adhesiva
- Portabaterías AA
- 2 baterías AA de $1.5\ V$
- 6 cables de conexión tipo Dupont
- 2 cables de conexión tipo cocodrilo
- Cinta métrica para costura de $150\ cm$
- Resistencia de $120\ \Omega$ de $0.5\ W$
- Diodo emisor de luz (LED)
- Fotorresistencia (LDR)
- 2 *breadboard*
- Multímetro

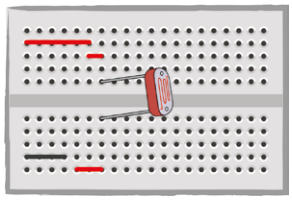
1



2



4



Procedimiento:

1. Identifica el símbolo de continuidad (•))) en el multímetro y verifica las interconexiones de ambas *breadboard*.
2. Monta en una *breadboard*, un circuito en serie con la resistencia de $120\ \Omega$ y el LED. Identifica la terminal positiva y negativa. Luego, conecta los terminales correspondientes del portabaterías al circuito.
3. Verifica el encendido del LED y apágalo, desconectando una de las terminales del portabaterías.
4. Monta la LDR en la otra *breadboard*; cada terminal debe estar en nodos sin conexión. Luego, conecta en cada terminal, cables de conexión tipo Dupont. A continuación, conecta al otro extremo de estos, cables de conexión tipo Cocodrilo, los cuales irán sujetados a los conectores del multímetro.
5. Sobre una superficie plana y con poca luz ambiental, fija la posición del circuito del LED y frente a él, coloca el circuito de la LDR tal como lo montaste en el *paso 4*. Asegúrate de que el elemento fotorresistivo de la LDR quede viendo al LED; doblando sus terminales hacia él.

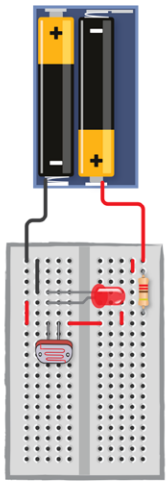
6 y 7

6. Desde el LED coloca marcas a unos $5.0\ cm$ de distancia hasta la LDR. Después, mide alrededor de 15 distancias separadas por $5.0\ cm$ cada una.
7. Configura el multímetro para medir resistencia eléctrica (Ω) comenzando con la escala mayor. Luego, sujeta los conectores del multímetro a los cables de conexión tipo cocodrilo. Si se te dificulta configurar el multímetro puedes leer la sección *Así se usa...*
8. Haz pasar corriente eléctrica por el circuito del LED y verifica su encendido. Ve moviendo el circuito de la LDR frente a él, detente en cada marca y realiza lo siguiente en tu Cuaderno de Trabajo:
   a. Toma medidas de distancia (r) desde el LED a la LDR, y de resistencia eléctrica (R). Luego, regístralas en la tabla.
   b. A partir de estas dos medidas, haz una gráfica tomando como variable independiente la distancia (r).

p. 104

Notación...

La corriente eléctrica (A) se expresa en ampere y su símbolo es A.



Como nos hemos percatado, a medida que se aleja la LDR del LED, el valor de la resistencia eléctrica aumenta porque va disminuyendo la cantidad de luz que recibe, pero, si la dejamos fija, no cambia. Actúa como receptor y consumidor de la señal eléctrica, por esto, la LDR es un componente electrónico pasivo.

Por otro lado, si invertimos los terminales del LED al circuito del *paso 2*, no encenderá porque sus polos positivo y negativo no coinciden con las terminales positiva y negativa de la batería. Sin paso de corriente eléctrica, el LED no emitirá luz; por esto, el LED es un componente electrónico activo.

Sin embargo, es posible hacer funcionar en un mismo circuito el LED y la LDR. Pero, ¿cómo se hace? Si volvemos a conectar el LED como lo indica el *paso 2*, pero antes de hacerlo, conectamos su terminal positiva a una terminal de la LDR, y ubicamos este circuito en un lugar con poca luz o bloqueamos el paso de la luz sobre la LDR con un cuaderno, observaremos que el LED emitirá poca luz o se apagará. Y, si hiciéramos incidir mayor intensidad de luz con el LED, la LDR disminuirá su valor de resistencia, lo que facilitaría el paso de la corriente eléctrica. Tenemos el mismo comportamiento de la LDR.

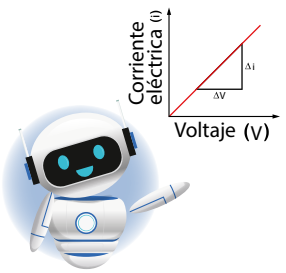
Notación...

En una resistencia eléctrica o resistor, el voltaje (V) y la corriente eléctrica (I), se relacionan mediante la ley de Ohm:

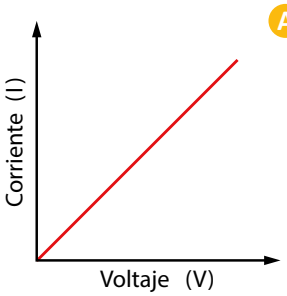
$$R = \frac{V}{I}$$

Las magnitudes que podemos medir cuando fluyen cargas eléctricas por los componentes electrónicos son el voltaje y la corriente eléctrica. Podremos medir la resistencia eléctrica cuando exista en la LDR una relación directamente proporcional entre el voltaje y la corriente eléctrica ($V\ \alpha\ I$).

El comportamiento del voltaje y la corriente eléctrica puede ser diferente en cada componente; por ello, debemos verificar esta relación mediante un gráfico para considerar qué beneficios podemos obtener cuando armamos un circuito eléctrico con estos componentes electrónicos. Para el caso del circuito de la LDR con el LED, podríamos obtener el beneficio de controlar la iluminación diseñando un circuito tal que el LED se encienda cuando a la LDR le incida por abajo de ciertos lúmenes. Aprendamos el comportamiento de más componentes electrónicos, el LED y el transistor 2N2222.



A

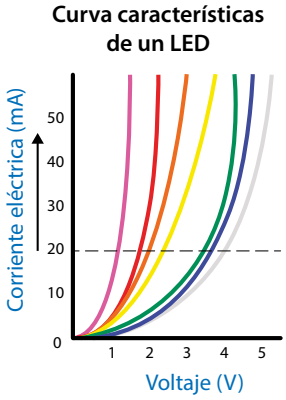


C. Relacionando el voltaje y la corriente eléctrica

Anteriormente, hemos clasificado los componentes electrónicos en pasivos y activos. Otra clasificación dada a estos componentes pasivos es la que nos presenta la ley de Ohm ($V = RI$). La medida de voltaje o tensión entre los extremos de materiales conductores es directamente proporcional a la de la corriente que fluye a través del material, esta presenta una recta que pasa por el origen (figura A). Estos componentes se clasifican como óhmicos o lineales.

En cambio, la relación que encontramos entre el voltaje y la corriente eléctrica de un componente activo, como el LED, no es lineal. Las curvas características de corriente versus voltaje (figura B) muestran su no linealidad; la cual, puede depender del material semiconductor con el que se construyó. Seguramente ya has visto varios. Algunos LED de Arseniuro de Galio-Aluminio (AlGaAs) emiten luz roja cuando circula corriente eléctrica por ellos.

B



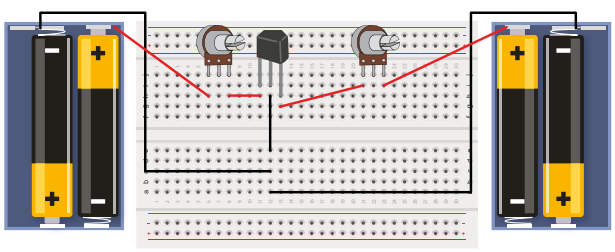
Otro componente activo muy utilizado en la electrónica es el **transistor** (figura C); el cual, es un dispositivo semiconductor utilizado para amplificar y conmutar señales eléctricas, y controlar el flujo de la corriente eléctrica. Tiene tres terminales principales llamadas **emisor (E)** o drenaje, **base (B)** y **colector (C)**. Es de suma importancia identificar estas terminales en las especificaciones del fabricante. Cada transistor trae un código de identificación único que nos ayuda a seleccionar el más adecuado para cada aplicación. Por ejemplo, el transistor 2N2222 se utiliza en amplificadores de audio (altavoces o auriculares).

Las dos aplicaciones de los transistores son funcionar como interruptor o amplificador de una señal eléctrica. En modo de interruptor, enciende y apaga circuitos eléctricos de dispositivos; y en modo de amplificador, un mínimo cambio en la corriente o voltaje de entrada genera un cambio proporcionalmente mayor en la corriente de salida.

C

1 = emisor
2 = base
3 = colector

Grafiquemos las curvas características de las señales eléctricas del transistor 2N2222 sabiendo que: I_B, es la corriente eléctrica de la base; I_C, la corriente eléctrica del colector; V_{CE}, el voltaje entre el colector y emisor; y V_{BE}, el voltaje entre la base y el emisor; y comprobemos su no linealidad. El montaje del circuito compuesto por dos fuentes de alimentación (4 baterías AA), dos resistencias variables y un transistor 2N222, es el siguiente:



Procedimiento:

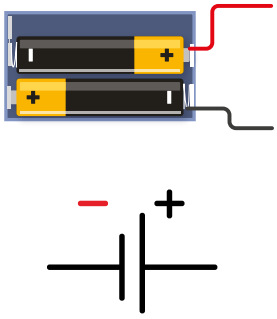
1. Observa las medidas de voltajes y corrientes de la tabla del Cuaderno de Trabajo.
2. Grafica las señales eléctricas que se te indiquen.

p. 104

Representación de circuitos eléctricos

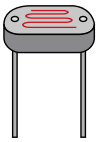
En el mundo de la electricidad y electrónica, se utilizan esquemas estándar que nos permiten identificar resistencias eléctricas, fuentes de poder o baterías, interruptores (*switch*), LED, LDR, entre otros elementos. Por ello, es necesario que nos familiaricemos con los símbolos eléctricos de cada uno de los dispositivos básicos que conforman un circuito.

Por ejemplo, los componentes electrónicos utilizados en las *actividades B* y *C*, se pueden representar con los siguientes diagramas:

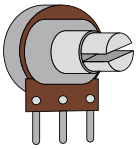


Batería o fuente de poder

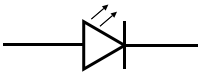
Resistencia eléctrica



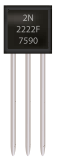
Fotorresistencia o LDR

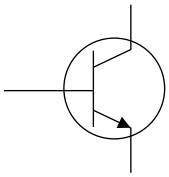


Resistencia variable



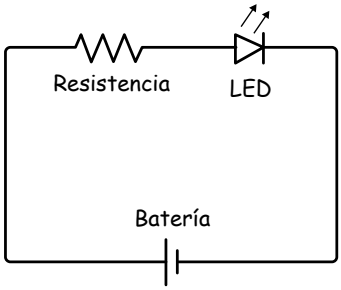
Diodo emisor de luz o LED





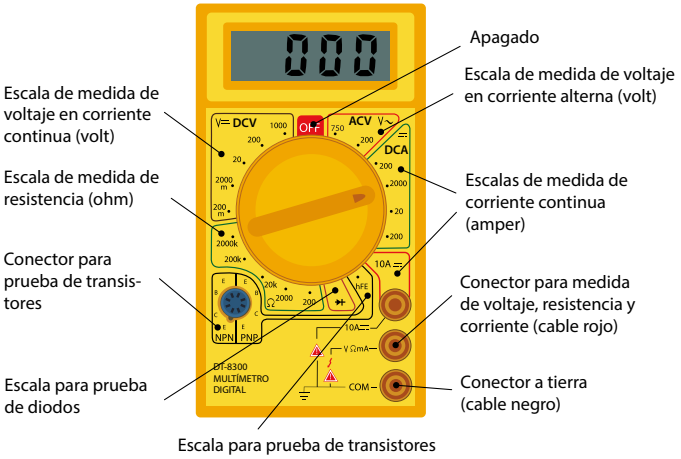
Transistor

Si consideramos el diagrama del circuito eléctrico que nos solicitaron elaborar en la *actividad A*, tomando en cuenta la representación de los componentes electrónicos, podemos elaborar el diagrama de la siguiente manera:



Uso del multímetro digital

El multímetro es un instrumento de medición para las magnitudes eléctricas, como la corriente eléctrica, el voltaje, la resistencia, entre otras. La mayoría de los multímetros poseen las partes que se muestran en la siguiente figura:



Es de suma importancia poner los terminales del multímetro de manera adecuada, usaremos el COM para el cable negro y el rojo en cualquiera de los dos conectores, con este último verificaremos qué magnitudes y escalas mediremos para pasar de una a otra.

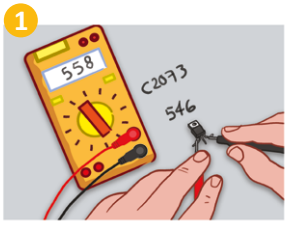
También, cuando se hace una medida en corriente directa o corriente alterna debemos prestar atención a la simbología, más que todo cuando tengamos que medir voltaje o corriente eléctrica.

Las medidas de voltaje y resistencia eléctrica se hacen en paralelo, pero en las de corriente el multímetro debe estar conectado en serie.

Comunicación

En la etapa anterior, la elaboración de circuitos eléctricos nos permitió comprobar el comportamiento de componentes electrónicos, tanto pasivos como activos. También, experimentamos que una señal eléctrica puede ser modificada en los componentes activos, por lo que se puede considerar para muchas aplicaciones. Además, aprendimos que la relación entre el voltaje y la corriente eléctrica es esencial para los componentes electrónicos y que existen componentes que tienen más de dos terminales. A continuación, aprenderemos a elaborar circuitos eléctricos y a dibujar diagramas eléctricos.

1

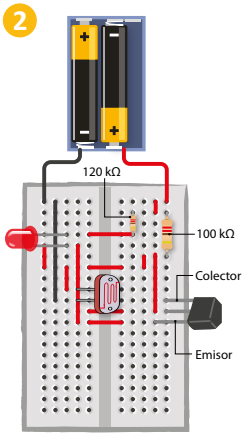


D. Construyendo un circuito eléctrico

Con los resultados obtenidos en la *actividad B*, pudimos observar cómo la intensidad del LED cambia a medida que incide luz en la LDR. Sin embargo, no sería práctico tener un circuito eléctrico que genere luz cuando incida luz en él, pero si fuese útil en el caso donde tengamos ausencia de luz y se pueda iluminar el LED, para generar dicho fenómeno, podemos colocar un transistor como el verificado en la *actividad C*.

Es importante identificar la base, colector y emisor en un transistor para poder conectar adecuadamente el circuito de la LDR con el LED en la *actividad B*.

2



Materiales:

- Portabaterías AA
- Transistor 2N2222
- 2 baterías AA de $1.5\ V$
- 6 cables de conexión tipo Dupont
- Resistencia de $100\ k\Omega$ de $0.5\ W$
- Resistencia de $120\ \Omega$ de $0.5\ W$
- Diodo emisor de luz (LED)
- Fotorresistencia (LDR)
- *Breadboard*
- Multímetro

Procedimiento:

1. Selecciona en el multímetro la función de diodo; luego, conecta un cable del multímetro a uno de los terminales del transistor y realiza diferentes combinaciones de mediciones. Posteriormente, el terminal que te permite dar lectura a los otros dos será la base; la menor medida, el colector; y el siguiente, el emisor.
2. Monta el circuito en la *breadbord*, toma en cuenta que partiendo del terminal positivo del portabaterías se conecta la resistencia de $100\ k\Omega$ y en paralelo la de $120\ \Omega$. Después de conectar la primera resistencia conecta la base del transistor y en la misma conexión conecta la LDR, el negativo de la LDR debe de ir al negativo de batería, junto con el del emisor. Conecta el LED después de la segunda resistencia y luego al colector del transistor.
3. Bloquea el paso de luz sobre la LDR, puedes cubrirlo con un cuaderno; y verifica lo que pasa con el LED.
4. Resuelve lo que se te solicita en el Cuaderno de Trabajo con base en el circuito eléctrico que has montado.

p. 105

Como podemos notar, hemos revertido la función de la LDR, con el uso adecuado de un transistor.

Indagación

Circuito eléctrico del hogar

Recién iniciamos las aplicaciones de la electrónica usando un LED y el transistor 2N2222 montados en circuitos utilizando baterías como fuente de alimentación de **corriente directa (CD)** o **corriente continua (CC)**. En esta semana merece especial atención aquella corriente eléctrica que se transmite a través de la red eléctrica, desde su generación en las centrales eléctricas del país hasta llegar a las **instalaciones eléctricas** de casas, centros educativos, etc.; nos referimos a la **corriente alterna (CA)**. Los cargadores de teléfonos móviles, el microondas y las refrigeradoras son parte de la gran variedad de dispositivos que funcionan con CA. Verás que las tecnologías de ambas corrientes convergen de maneras ingeniosas. Por ejemplo, se requiere un **rectificador de onda** en el cargador para convertir la CA en CD y cargar la batería del teléfono.

A. Características de las señales eléctricas de CD y CA

Comprendamos algunas características importantes de la corriente directa y la corriente alterna.

1. Lee el siguiente texto:
   La corriente que es constante en el tiempo se llama corriente directa. La corriente que varía **senoidalmente** en el tiempo se conoce como corriente alterna. La dirección de la **corriente convencional** es opuesta al flujo de corriente formada por el movimiento de electrones.
2. Analiza los esquemas de tu Cuaderno de Trabajo y responde lo que se pida. p. 106

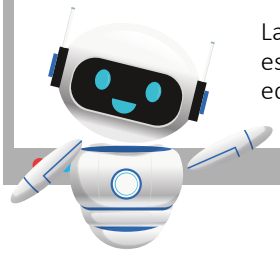
Algunos conceptos de la *Unidad 3: Ondas mecánicas,* de *8° grado* son también aplicables a las señales eléctricas de voltaje y corriente porque pueden ser oscilatorias. Si suministras energía a un circuito con una batería AA (Fig. 1), la señal de corriente toma un valor constante en el dispositivo de resistencia R (una plancha, p. ej.) porque la corriente convencional fluye en la dirección indicada en el circuito. El gráfico «voltaje vs. tiempo» (Fig. 2) consiste en una onda de amplitud constante a $1.5\ V$, que no cambia con el tiempo. Si conectas el circuito a una fuente de CA que aporta $112\ V$ (Fig. 3), la señal de voltaje es una onda sinusoidal (Fig. 4). En este gráfico «V vs. t», aparece que la polaridad de las terminales de la fuente alterna cambia de «+» (intervalo $0 \leq t \leq 0.5\ s$) a «-» ($0.5 \leq t \leq 1\ s$), 1 vez cada segundo, a $1\ Hz$ de frecuencia. En El Salvador, el voltaje alterno es de $120\ V$ a 60 Hz de frecuencia.

Para la corriente directa emplearemos la I (mayúscula).

Símbolo de una fuente de voltaje de CD

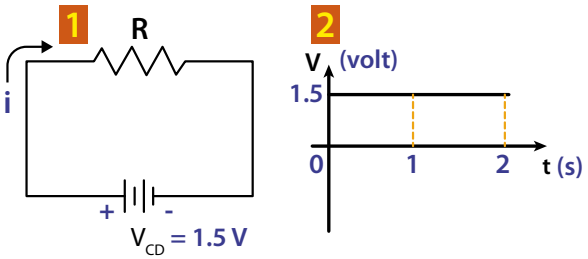
Para la corriente alterna emplearemos la i (minúscula).

Símbolo de una fuente de voltaje de CA

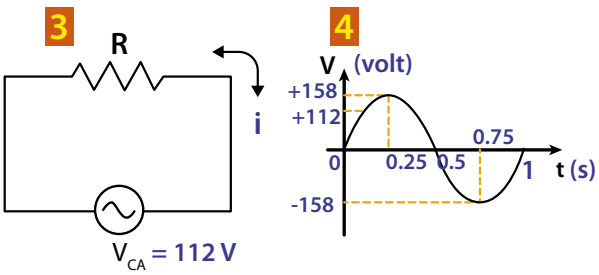


La unidad de corriente eléctrica es el ampere, su símbolo es «A», equivalente a «C/s».

Corriente directa y voltaje directo



Corriente alterna y voltaje alterno



B. Midiendo el voltaje de la CA de una instalación eléctrica

Las instalaciones eléctricas de casas, centros educativos, etc., suministran CA a sus dispositivos conectados al tomacorriente (licuadoras, celulares, lámparas, etc.). En el lugar donde se produce, la transmisión de la potencia es siempre de alta tensión en la central generadora de electricidad. La ventaja principal de la CA es la poca pérdida de energía por efecto Joule a grandes distancias por la red eléctrica. En esta actividad mediremos la tensión o voltaje de CA en un tomacorriente de la instalación eléctrica de tu centro educativo.

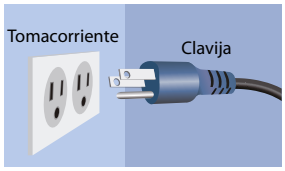
Material:

- Multímetro

Procedimiento:

1. Enchufa el cable negro del multímetro al borne COM (negro) y el rojo al borne $V\Omega mA$ (rojo) o INPUT del multímetro. Luego, enciéndelo.
2. Ubica el selector de rango en voltaje de corriente alterna (símbolo: V~ o ACV) en el valor más grande: arriba de 200.
3. Introduce cada punta (sin importar el color) en un enchufe hembra del tomacorriente.
4. Realiza lo que se te indica en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 106



El multímetro en CA no mide valores máximos ni valores promedios de las ondas sinusoidales de tensión, corriente o potencia, sino que mide el valor eficaz de las mismas. Así, la lectura $112\ V$ de la figura de arriba indica el **voltaje eficaz** (V_{eficaz}) o **voltaje cuadrático medio** (V_{rms}) de la red eléctrica a los dispositivos del hogar; siendo $112\ V \times \sqrt{2} = 158\ V$, la amplitud o voltaje máximo de la señal (Fig. 4 de la página 195). Expresamos el voltaje eficaz como $V_{eficaz} = V_{max}/\sqrt{2}$. Los valores máximos y valor eficaz de la señal CA se relacionan de manera análoga: $\mathrm{I}_{eficaz} = \mathrm{I}_{max}/\sqrt{2}$. La fórmula para calcular la potencia que consume un dispositivo es $P = VI$, esta es válida en un circuito de CD y solo aplicable en el circuito de CA si la **carga** conectada en la **instalación eléctrica** es puramente resistiva (lámparas incandescentes, planchas, hornos eléctricos u otro dispositivo que transforme toda la energía eléctrica en calor). Bajo esta condición, coinciden en el tiempo las ondas sinusoidales V e i en el circuito de los dispositivos, siendo la potencia de salida:

$$P = V_{eficaz}\, I_{eficaz} \qquad 6.10$$

Ejemplo. Encuentra la corriente eficaz que pasa por una bombilla de $100\ W$ de potencia. El voltaje requerido para generar la corriente es $120\ V$.

Solución. Identifica los datos: $P = 100\ W$, $V_{eficaz} = 120\ V$. Despeja I_{eficaz} de la ecuación 6.10 y sustituye: $I_{eficaz} = 100\ W/120\ V = 0.83\ A$.

Obtienes otra expresión de la potencia si reemplazas la ley de Ohm ($V=IR$) en la ecuación 6.10:

$$P = I^2_{eficaz}\, R \qquad 6.11$$

Fíjate que...

Las dos clavijas planas del dispositivo entran en los dos orificios del tomacorriente. Un contacto «está vivo» (energizado) y el otro es **neutral**. El tercero es redondo, va conectado a **tierra** protegiendo de choques eléctricos al usuario.

Notación...

La unidad W también se forma en VA (ecuación 6.10) y $A^2\Omega$ (ecuación 6.11).

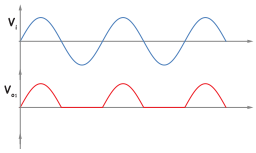
Creatividad

Varios de los dispositivos o máquinas que utilizamos funcionan con voltaje de CD; sin embargo, los conectamos al tomacorriente ya sea para cargarlos o hacerlos operar. Ya sabemos que en el tomacorriente hay voltaje de CA. Entonces, ¿qué tipo de tecnología hace posible que funcionen este tipo de dispositivos? Descubrámoslo en la siguiente actividad.

C. Rectificador de media onda: analizando la señal de una fuente de CD y una de CA

Todos los aparatos eléctricos y electrónicos poseen en su interior o en la fuente de alimentación, un **rectificador de onda**, el cual convierte parte de la CA en CD. El rectificador de onda es un circuito realizado con diodos que permite cambiar la forma de onda de la señal que recibe en su entrada.

Rectificador de media onda



Un tipo de rectificador es el de media onda. Este circuito hace que el comportamiento sinusoidal del voltaje de la CA se elimine, la mitad negativa de la señal es bloqueada, permitiendo que pase solo la mitad positiva, obteniéndose así, una forma de onda que tiene solo la parte positiva, lo que se asemeja a una señal de CD pulsante, como podemos observar en la imagen de la derecha.

Procedimiento:

1. Lee algunas ventajas en el uso de la CA y CD, en la siguiente tabla:

Ventajas de la CA	Ventajas de la CD
Transmisión más eficiente a largas distancias por su capacidad a ser transformada en voltajes más altos o más bajos.	En aplicaciones de transmisión a corta distancia, pueden experimentar menor pérdida de energía.
Utiliza transformadores, lo que facilita su adaptación para uso doméstico, industrial o de transmisión.	Proporciona un voltaje constante y estable, lo que la hace ideal cuando se requiere un suministro de energía sin fluctuaciones.
Es más eficiente.	Eficiente para cargar baterías recargables.
Menos propensa a sobrecalentar líneas de transmisión, lo que reduce el riesgo de apagones y daños en las infraestructuras.	Mayor seguridad y reducción de riesgos de descargas eléctricas.

2. Ahora ve a tu Cuaderno de Trabajo y haz lo solicitado.

p. 106

D. Partes de la instalación eléctrica residencial

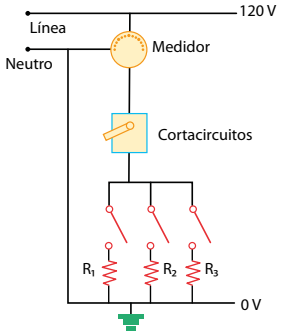
El medidor de la instalación eléctrica es propiedad de la empresa distribuidora de electricidad, este mide y registra el consumo de energía eléctrica del usuario final. También, hay un cortacircuito (interruptor de corrientes de cortocircuito) conectado entre la acometida y el resto de la instalación, para proteger la instalación y a su equipo.

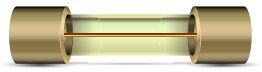
USO DE CIRCUITOS INTEGRADOS

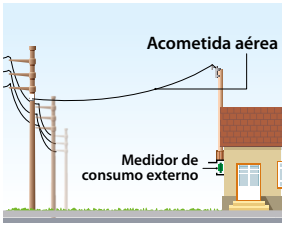
Un osciloscopio es un instrumento de medición electrónico que muestra gráficamente voltajes variables en función del tiempo.

Ojo al dato...

La frecuencia del voltaje de CA de $120\ V$ es $60\ Hz$, lo que significa que la polaridad de la corriente se invierte 60 veces por segundo. Esto implica que la corriente cambia de dirección 60 veces en un segundo. Este mismo valor de frecuencia tiene un voltaje de $240\ V$, esta puede medirse con un osciloscopio.







Procedimiento:

Observa el diagrama de un circuito de un cuarto de cocina: las resistencias representan aparatos electrodomésticos u otros dispositivos que funcionan con $120\ V$. Revisa tu Cuaderno de Trabajo y resuelve lo solicitado.

p. 107

La mayoría de los sistemas modernos de cableado doméstico utilizan tres conductores, uno es neutro y los otros dos están a $120\ V$ con respecto al neutro, pero con polaridad opuesta, lo cual da un voltaje de $240\ V$ entre ellos. La compañía de electricidad llama a esto una **línea de tres hilos**. Así, es posible conectar lámparas y aparatos de $120\ V$ entre el conductor neutro y cualquiera de los conductores con carga, así como los dispositivos de alta potencia que requieran $240\ V$, como estufas eléctricas y secadoras de ropa, que se conectan entre los dos alambres con carga.

Cada circuito tiene su propio cortacircuitos para proteger esa parte del sistema eléctrico de la casa. Los tomacorrientes siempre se conectan en paralelo entre sí o con la red eléctrica. Es lógico que esto sea así, ya que los dispositivos no tienen razón para depender unos de otros para su funcionamiento. Por ejemplo, no es necesario conectar el televisor para que funcione la licuadora.

Terminemos de completar la descripción de la instalación eléctrica de una residencia. Fuera de ella está la **acometida**, que es la línea (aérea o subterránea) entre la red eléctrica de alimentación de la empresa distribuidora y el medidor. Luego, está la caja térmica, que es de donde salen los cables hacia los dispositivos.

Vámonos al lado del consumidor final. Las casas o apartamentos tienen la Tarifa 1-R (categoría: «Pequeñas Demandas para Uso Residencial», esto es, $P \leq 10\ kW$ y baja tensión, $V \leq 600\ volts$). Lo que se paga en la factura de energía es el consumo en kWh de energía eléctrica de los dispositivos eléctricos usados, no se mide la potencia. Al definir la potencia de un dispositivo como la rapidez con la cual consume energía eléctrica para que funcione, $P = E/\Delta t$, el consumo de energía eléctrica conectado al tomacorriente vendría dado por:

$$E = P\,\Delta t \qquad 6.12$$

E. Conociendo la etiqueta de datos de un dispositivo

¿Sabes cómo encontrar el consumo de energía eléctrica de un dispositivo, por ejemplo, el de un horno, a partir de la lectura de su etiqueta de datos? Además de la identificación del producto, el número de serie, las indicaciones de peligro, entre otra información; las etiquetas también pueden traer la potencia del dispositivo. En el caso de que no la especifique, podemos hallarla con los valores de voltaje y corriente alternos; los cuales, son valores eficaces.

Procedimiento:

1. Lee los valores eléctricos de la etiqueta de datos del dispositivo.
2. Responde lo que se te pide en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 107

Fíjate que...

Un fusible protege de sobrecargas y calentamiento excesivo a un dispositivo, al fundirse y cortar el paso de corriente cuando rebasa la corriente nominal del dispositivo.

Así se calcula...

Cuando observamos el consumo de energía eléctrica reflejado en una factura de giro de luz y fuerza eléctrica, viene en kWh, siendo el producto de las unidades: potencia (W) y hora (h); y k de kilo que es $1\,000$ o 10^3.

La mayoría de los dispositivos que funcionan con electricidad, por lo general traen una etiqueta de datos especificando la potencia que demandan, conociendo esa magnitud y el tiempo de uso podríamos calcular el costo mensual de usar dicho dispositivo.

Calculemos el consumo de energía eléctrica y el costo por el uso de una bombilla de $100\ W$ durante un mes de treinta días en una casa o apartamento de uso residencial con categoría «Pequeña Demanda y Consumos Menores de $99\ kWh/mes$», a baja tensión. El uso promedio diario de la bombilla es de $5\ h$.

1. Para iniciar, necesitaremos el valor de la potencia (P) que suele venir especificado en las etiquetas de datos del dispositivo eléctrico, y el tiempo (Δt) de uso diario. En nuestro caso, los datos para el cálculo son los siguientes:
$$\Delta t = 5\ h/día, P = 100\ W$$

2. Utilizamos la ecuación 6.12 para calcular el consumo diario de la energía (E_{diario}) de la siguiente manera:
$$E_{diario} = P\Delta t = (100\ W)(5\ h)/día = 500\ Wh\ /día$$

3. Ahora, haciendo uso de una conversión, expresamos el consumo diario de energía en kWh de la bombilla:
$$E_{diario} = 500\ \frac{\cancel{Wh}}{día} \times \frac{1\ kW}{1\,000\ \cancel{W}} = 0.5\ \frac{kWh}{día}$$

4. Obtenemos el consumo de 30 días de la energía eléctrica ($E_{mensual}$) de la bombilla:
$$E_{mensual} = \frac{30\ días}{mes} \times E_{diario} = \frac{30\ \cancel{días}}{mes} \times 0.5\ \frac{kWh}{\cancel{día}} = 15\ \frac{kWh}{mes}$$

Las ocho empresas distribuidoras de El Salvador (CAESS, DEL SUR, CLESA, EEO, DEUSEM, B&D, EDESAL y ABRUZZO) dentro de su detalle de facturación, desglosan cuatro cargos: cargo por energía, cargo por distribución, cargo por comercialización y otros cargos. El cobro por la energía que se consume durante el mes corresponde al cargo de energía. Este cargo o tarifa no lo establece la empresa distribuidora, sino que lo define la empresa que genera la energía, que es regulada y estipulada periódicamente por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). En resumen, la tarifa del kilowatt-hora o $US\ \$/kWh$ corresponde al cargo de energía y el total de lo que el usuario final paga en su factura, las empresas distribuidoras trasladan ese cargo de energía directamente a la empresa generadora.

5. Calculamos el costo mensual del cargo de energía (no incluye los demás cargos). La tarifa consultada de una de las empresas distribuidoras es $US\ \$0.166824/kWh$ (SIGET 2023).
$$Costo\ mensual\ de\ la\ bombilla = E_{mensual} \times Tarifa = 15\ \frac{\cancel{kWh}}{mes} \times 0.166824\ \frac{US\ \$}{\cancel{kWh}} = 2.50\ \frac{US\ \$}{mes}$$

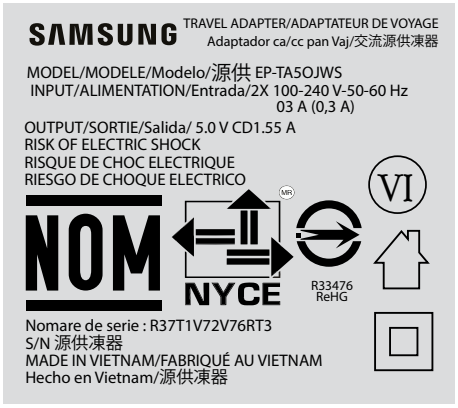
Conocer la potencia ayuda a evaluar la eficiencia energética. Los dispositivos más eficientes realizan la misma tarea con menos consumo de energía, lo que reduce el monto total del pago de la factura.

Comunicación

Desde el punto de vista del usuario o consumidor final de electricidad, podemos entender los 20 generadores del mercado mayorista de energía eléctrica de El Salvador (según el *Informe del Mercado Eléctrico de El Salvador Primer Semestre del 2020*) como fuentes de alimentación de CA que generan ondas de voltaje con $V_{eficaz} = 120\ V$ y forma senoidal similar a la mostrada en la Fig. 4 de la página 195; pero a $60\ Hz$ de frecuencia de onda. Este valor eficaz de voltaje lo aprendimos a medir en una instalación eléctrica utilizando el multímetro. Cabe mencionar en este punto, que los valores de voltaje y corriente que traen los dispositivos en las etiquetas de datos se denominan **valores nominales** de voltaje y corriente, respectivamente. Sigamos aprendiendo sobre los conceptos de la semana, realizando las siguientes actividades.

F. Costo mensual total de energía

Calculemos el cargo por energía de la factura de electricidad por el uso de dos dispositivos durante un mes de 31 días en un apartamento habitacional, es decir, uso residencial con categoría «Pequeña Demanda y Consumos Menores de $99\ kWh/\ mes$», baja tensión. El precio de la tarifa aplicada 1R de la empresa distribuidora es $US\$\ 0.137940/kWh$ (SIGET 2023).



Procedimiento:

1. Lee la información dada en las etiquetas de datos de cada dispositivo.
2. Resuelve lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
   a. Registra las especificaciones técnicas de voltaje y corriente de las etiquetas de datos de cada dispositivo, en las columnas «Voltaje» y «Corriente» de la tabla.
   b. Calcula la potencia que consume cada dispositivo y registra el valor en la columna «Potencia» de la tabla.
   c. Calcula el consumo mensual de cada dispositivo y registra el valor en la columna «Consumo mensual» de la tabla.
   d. Calcula el costo mensual de cada dispositivo y registra el valor en la columna «Costo mensual» de la tabla.
   e. Realiza la suma de los valores obtenidos en las columnas «Consumo mensual» y «Costo mensual» de la tabla.

p. 107
p. 108

Es buena práctica leer la etiqueta de datos que trae el dispositivo antes de conectarlo al tomacorriente. Ya que no debería recibir valores nominales de tensión o voltaje de operación ($120\ V$, $240\ V$, etc.) superiores al indicado por el fabricante. No obstante, varios dispositivos ya vienen fabricados para operar en dos frecuencias de onda, $60\ Hz$ y $50\ Hz$.

G. Ampliación de la instalación eléctrica de un apartamento

A veces se necesita conectar nuevos dispositivos eléctricos dentro del hogar, por lo que se requiere crear nuevos puntos de conexión a la instalación eléctrica del apartamento o casa. Después del análisis eléctrico previo hecho por un profesional o técnico competente, es factible ampliar la instalación para que, por ejemplo, se puedan conectar dos dispositivos y una luz. Lee el caso descrito en tu Cuaderno de Trabajo, analiza el esquema de la instalación eléctrica ilustrado y luego responde lo que se te solicita.

p. 108

Circuitos integrados

Montamos circuitos empleando luces LED, transistores, resistencias y fuentes de CD sobre una *breadboard* y, usando cables, los interconectamos para que ejecutaran funciones específicas. El progreso de la electrónica logró la miniaturización de estos y otros componentes electrónicos, y la eliminación de numerosos cables de conexión. Esto llevó a la integración de estos componentes fabricados por partes separadas y al nacimiento del **circuito integrado (CI)**. Un circuito integrado a veces denominado **chip** o **microchip** es una combinación de varios millones de componentes de circuito interconectados y asociados inseparablemente sobre un substrato o dentro de él. El substrato funciona como soporte. Sigamos ampliando nuestros conocimientos en el área de la electrónica digital con algunos circuitos integrados.

A. Conociendo un circuito integrado

El **chip** es un componente semiconductor que incorpora el conjunto de circuitos, viene **encapsulado** en una funda de plástico o cerámica que permite su manipulación y disipar mejor el calor; esta funda puede tener un tamaño centenares de veces mayor que el chip. Dentro del encapsulado, los terminales del chip van conectados a una serie de patillas o **pines** metálicos que están a la vista y permiten soldarlo o conectarlo a los circuitos exteriores. El conjunto formado por el chip, el encapsulado y los pines se denomina **circuito integrado**. Tomando de muestra la imagen del CI 7408 haz lo siguiente:

Procedimiento:

1. Observa el punto de referencia y/o la ranura en la parte de la izquierda. A partir del 1, los pines de un CI van numerados consecutivamente en sentido contrario al giro de las manecillas del reloj. Verifica esta numeración.
2. Lee la sección *Notación*; luego, analiza el CI 7408 con su descripción.

   Los primeros CI digitales típicamente contenían cuatro compuertas de un tipo por chip. Uno de ellos es el CI 7408 que contiene cuatro compuertas lógicas *AND* de dos entradas o ***input*** cada una. Este CI se utiliza en sistemas de seguridad y detección para activar o desactivar alarmas de humo y fuego, entre otras aplicaciones.

3. Completa la tabla del Cuaderno de Trabajo, poniendo atención al sentido de cada flecha: si entra a *AND*, el pin es una entrada de datos (*input*); y si sale, el pin es una salida de datos (*output*).

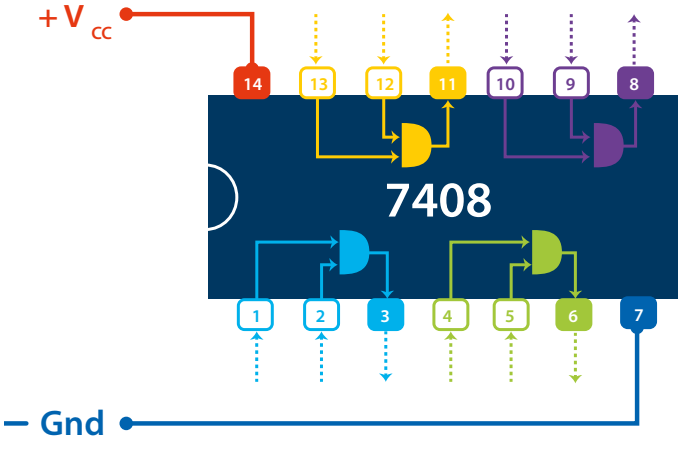
p. 109

Aunque la cantidad y función de los pines varía según el tipo de CI y su propósito, los más comunes son los pines de alimentación V_{cc}, voltaje de corriente continua y Gnd: tierra. El resto son pines *input* donde se aplican señales de entrada y pines *output* donde se obtienen señales producidas de salida.

Notación...

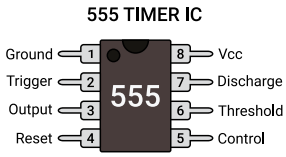
Las **compuertas lógicas** (*logic gates*) son uno de los tipos de circuitos digitales más básicos e importantes. Los símbolos de algunos de ellos son:

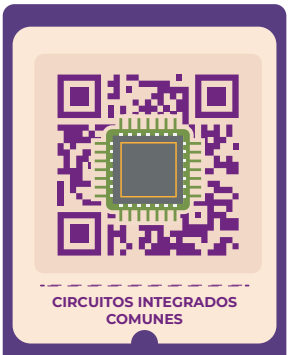
Símbolo	Compuerta lógica
	AND
	NAND
	NOT
	OR
	NOR
	XOR



B. Características del CI 555

Para encontrar una aplicación a un CI, además de saber la numeración de sus pines y si son *input* u *output*, debemos conocer qué función desempeña cada uno. En esta actividad, aprenderás sobre uno de los circuitos integrados más conocido y utilizado, el CI 555, también conocido como temporizador 555 o *timer* 555.





Modelo 3D ganador del primer lugar en la Conferencia de Automatización del Diseño (DAC) en 2016, ilustra una sección de un circuito integrado.

Procedimiento:

1. Lee la siguiente descripción del funcionamiento de los pines del CI 555.

Pin 1 (GND, *Ground*): tierra (o negativo). Referencia del circuito.

Pin 2 (TRIG, *Trigger*): disparador. Pin de entrada del pulso de disparo. Cuando el voltaje aplicado a este pin cae por debajo de un tercio del V_{cc}, el CI 555 se activa, dependiendo del modo de operación.

Pin 3 (OUT, *Output*): salida. Proporciona diferentes señales de onda.

Pin 4 (RESET): reinicio. Es la entrada de restablecimiento. Cuando se aplica un pulso bajo (cercano a $0\ V$), el CI 555 volverá a su estado inicial.

Pin 5 (CTRL, *Control Voltage*): voltaje de control. Permite aplicar un voltaje de control externo al CI 555 para modificar su comportamiento en ciertos modos de operación.

Pin 6 (THR, *Threshold*): umbral. Cuando el voltaje aplicado a este pin supera dos tercios del V_{cc}, el CI 555 se desactiva, lo que afecta el comportamiento dependiendo del modo de operación.

Pin 7 (DIS, *Discharge*): descarga. Se utiliza para descargar capacitores externos (en el modo astable).

Pin 8 (VCC, *Positive Supply Voltage*): voltaje de alimentación positivo. Se conecta a una fuente de alimentación para proporcionar energía al CI 555.

Este circuito integrado se alimenta con corriente directa (CD) de 5 a $15\ V$, y puede operar en tres modos principales.

Modo monoestable: el CI 555 actúa como un temporizador. Al recibir un pulso de disparo (*trigger*), la salida del temporizador cambia durante un tiempo determinado (según las resistencias y capacitores externos conectados al circuito). Después de ese tiempo, la salida regresa a su estado original. Este modo se usa comúnmente para generar retardos en circuitos.

Modo astable: el CI 555 funciona como un oscilador, generando una onda cuadrada continua. La frecuencia y el ciclo de trabajo de la señal de salida se pueden ajustar mediante componentes externos.

Modo biestable: el CI 555 actúa como un biestable SR convencional (*Set-Reset*), donde la salida se establece o se restablece en función de las señales aplicadas a las entradas de disparo (*trigger*) y reinicio (*reset*).

2. Realiza lo que se te solicita en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 109

Después de leer sobre el funcionamiento de los pines y los tres modos principales de operación del CI 555, armaremos circuitos con él, primero, bajo el modo monoestable y después, bajo el modo biestable.

C. Modo monoestable del CI 555: retardo en circuitos

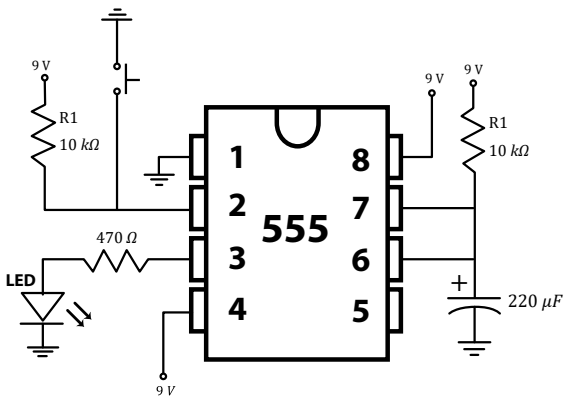
Comencemos a usar el CI 555 en su modo monoestable.

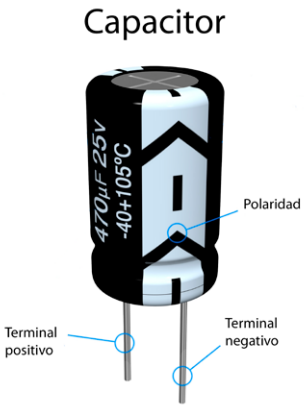
Materiales:

- Resistencia de $470\ \Omega$
- Diodo LED de cualquier color
- Capacitor de $470\ \mu F\ (25\ V)$
- 3 resistencias: $1\ k\Omega, 4.7\ k\Omega, 10\ k\Omega$
- Pulsador
- CI 555
- Placa *breadboard*
- Cables de conexión
- Batería de $9\ V$
- Cronómetro

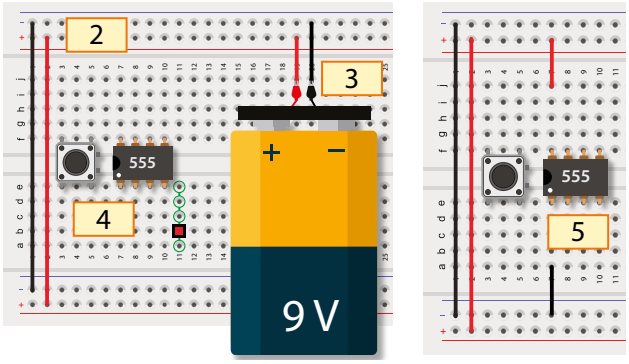
Procedimiento:

1. Identifica los componentes del diagrama y verifica la polaridad del LED y del capacitor.





2. Conecta los polos negativos entre sí; y de igual forma, los polos positivos de la *breadboard*.
3. Conecta la polaridad negativa de la batería y la *breadboard*. Procede de igual manera con la polaridad positiva de ambos.
4. Inserta el pulsador y el CI 555 como se muestran en la guía.
5. Conecta el pin 8 y pin 4 al polo positivo y el pin 1 al polo negativo.

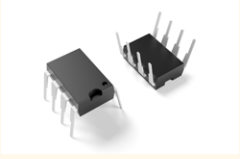


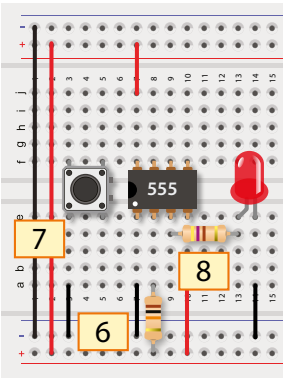
Fíjate que...

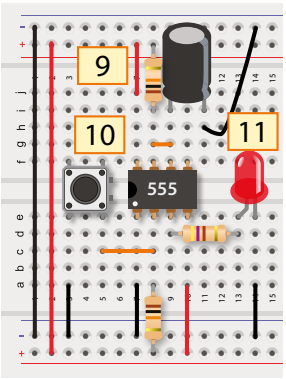
Este circuito puede ser utilizado, por ejemplo, como temporizador para cerrar una puerta automáticamente después de cierto tiempo de haber sido abierta. También, se utiliza en diversos tipos de sistemas de seguridad.

Ojo al dato...

El CI 555, según su encapsulado, es del tipo *DIP* que significa paquete dual en línea; en el cual, es necesario perforar la tarjeta en los espacios donde van las dos filas de pines metálicos en ambos lados del chip.







6. Conecta la resistencia de $10\ k\Omega$ entre el pin 2 y el polo positivo.
7. Conecta el terminal derecho del pulsador al pin 2 y el otro terminal al polo negativo.
8. Conecta en la salida, el pin 3, la resistencia de $470\ \Omega$ más el LED, cuidando que el cátodo quede conectado al polo negativo.
9. Conecta la resistencia de $10\ k\Omega$ del pin 7 al polo positivo.
10. Conecta el pin 7 al pin 6.
11. Conecta al capacitor de $470\ \mu F$ entre el pin 6 y el polo negativo.
12. Observa el funcionamiento del circuito.
13. Utiliza el cronómetro de tu celular para registrar el tiempo según lo que se te indica en tu Cuaderno de Trabajo.
14. Registra cada tiempo de encendido del LED por cada cambio de resistencia que se vaya haciendo en el circuito: $10\ k\Omega$, $5.7\ k\Omega$ (obtenla conectando en serie, $4.7\ k\Omega$ y $1\ k\Omega$), $4.7\ k\Omega$, $1\ k\Omega$ y desconectando la resistencia.

p. 109

Como observamos, en el modo monoestable, el CI 555 produce un solo pulso de duración determinada que se vuelve a obtener cuando presionamos el botón o pulsador. Una vez que se envía un disparador al pin 2, el CI sale temporalmente de su estado estable (BAJO), y pasa al inestable (ALTO). Esto crea el pulso único que se ve en la salida.

El pin 2 del CI 555 es un activador bajo activo, esto significa que este pin solo se activa cuando el voltaje que se alimenta es BAJO, o menor a $1/3$ del V_{cc}. Cuando el CI 555 se activa a través del pin 2, la salida en el pin 3 pasa a ALTO. Si fuese un LED, se encendería.

Durante la operación en modo monoestable, mientras el pulsador no está presionado, el pin 2 está conectado a $+9\ V$ a través de la resistencia. El pin 2 lee el valor ALTO, por lo que no se activa y la salida pasa a estar en BAJO, es decir, con el LED apagado y continúa así. Cuando presionamos el botón, el pin 2 tiene contacto directo con tierra y el voltaje cae drásticamente muy por debajo de $(1/3)\ V_{cc}$; y por lo tanto, se activa el disparador. Esto permite que el pin output, pase a ALTO. Este, de nuevo, es un solo pulso que no se repite a menos que se cree otro disparador presionando nuevamente el botón.

El pin 6 y el pin 7 controlan el intervalo de tiempo de la duración del pulso monoestable creado. Los valores de resistencia y condensador utilizados crean una red RC. Este intervalo de tiempo, τ, es una constante y toma la forma $\tau = RC$.

Por lo tanto, si se usara un valor mayor en la resistencia o en el capacitor, esto aumentaría la constante de tiempo τ del pulso, lo que ocasionaría que la duración del pulso fuese mayor. Entonces, al ajustar los valores de la resistencia y capacitor, podemos ajustar el tiempo de encendido de la salida cuando se activa el temporizador 555.

Lo anterior constituye el principio detrás de un circuito monoestable del CI 555.

En la *actividad B* se mencionaba que en el modo astable, el CI 555 actúa como un generador de ondas que pueden ser cuadradas, triangulares, senoidales y de otros tipos. La salida cambia de ALTO a BAJO indefinidamente. En vista de que este comportamiento solo se visualiza con un osciloscopio, exploraremos el modo biestable del CI 555 en la siguiente actividad.

D. Modo biestable del CI 555

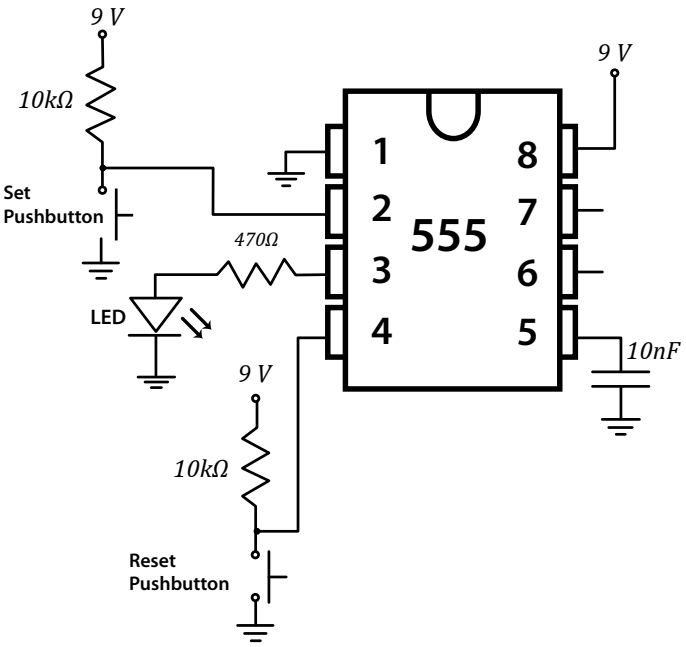
En el modo biestable, el circuito puede estar en uno de dos estados estables: BAJO o ALTO por un período de tiempo indefinido. Esto significa que puede mantener un *output* en el estado ALTO o BAJO para siempre, a menos que se cambie externamente al otro estado. En esta actividad haremos un circuito con el CI 555 empleando dos pulsadores, uno que lo apague (*Reset*: BAJO) y el otro que lo encienda (Set: ALTO).

Materiales:

- 1 resistencia de $470\ \Omega$
- 1 diodo LED de cualquier color
- 1 capacitor de $0.01\ \mu F\ (50\ V)$
- 2 resistencias de $10\ k\Omega$
- 2 pulsadores

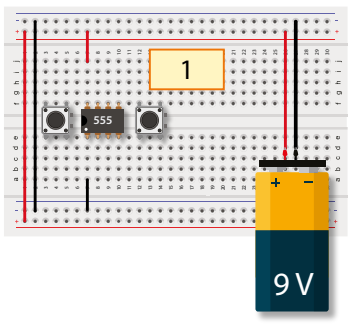
Procedimiento:

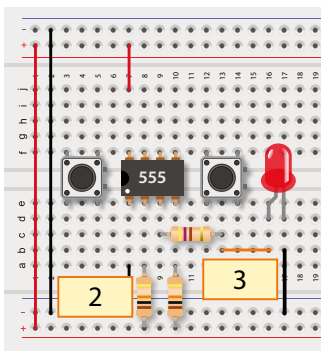
1. Analiza el diagrama. Haz los pasos 1 y 2 de la actividad anterior utilizando esos mismos materiales. Inserta los pulsadores y el CI 555 como se muestra.

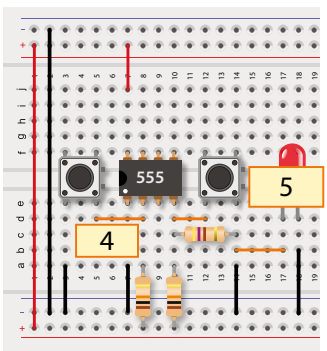


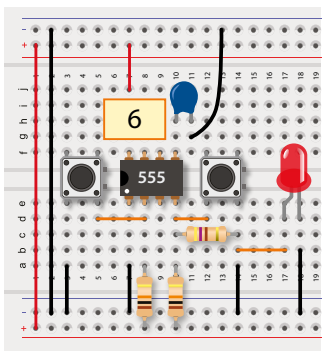
2. Conecta la resistencia de $10\ k\Omega$ del pin 2 al polo positivo y la de $10\ K\Omega$ del pin 4 al polo positivo.
3. Conecta en el pin 3, la resistencia de $470\ \Omega$ más el LED (el cátodo debe ir al polo negativo).
4. En el pulsador izquierdo, conecta el terminal izquierdo al polo negativo, y el derecho al pin 2.
5. En el pulsador derecho, conecta el terminal derecho al polo negativo, y el izquierdo al pin 4.
6. Conecta el capacitor de $0.01\ \mu F$ entre el pin 5 y el polo negativo.
7. Observa el funcionamiento del circuito y responde lo que se indica en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 110







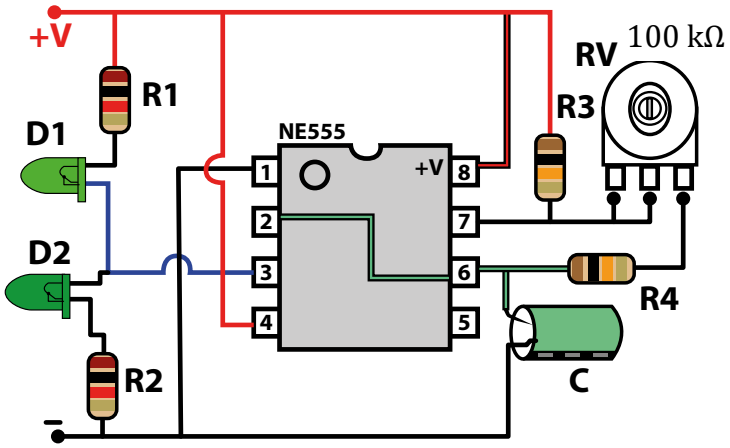


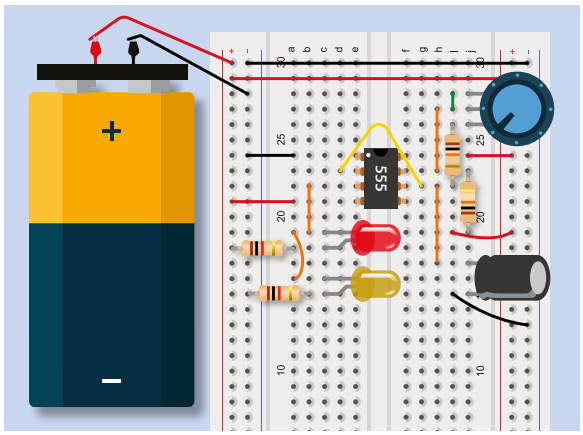
Comunicación

Ahora que aprendimos sobre el funcionamiento del CI 555 construyendo dos circuitos con él, apliquemos los conceptos.

E. Luces LED intermitentes usando el CI 555

Construiremos un circuito en la *breadboard*. Puedes trabajar en grupos de 3 a 4 personas.





Aprendimos que el CI 555 es del tipo DIP, además de ese encapsulado existen otros: *SOIC* (*Small-Outline IC*), de pequeño contorno con terminales tipo ala de gaviota; *PLCC* (*Plastic Leaded Chip Carrier*), de forma rectangular y terminales a lo largo de sus lados doblados en forma de jota; *PGA* (*Pin Grid Array*) es una matriz de rejilla de pines; entre otros.

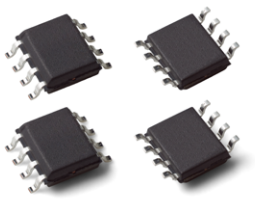
Materiales:

- 2 diodos LED rojo y verde
- 2 resistencias de $1\ k\Omega$
- 2 resistencias de $10\ k\Omega$
- Resistencia variable de $100\ k\Omega$
- Capacitor de $100\ \mu F$
- Batería CD de $9\ V$
- CI 555
- *Breadboard*

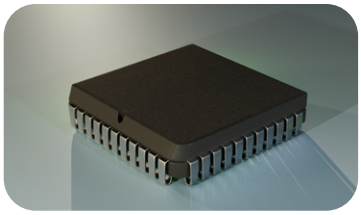
Procedimiento:

1. Observa en el diagrama de la izquierda los símbolos: diodos D1 y D2; resistencias R1, R2, R3 y R4; resistencia variable RV; capacitor C; ±V batería; y NE555, el CI 555.
2. Toma de ejemplo el diagrama y construye un circuito como el de la derecha.
3. Responde lo que se indica en tu Cuaderno de Trabajo.

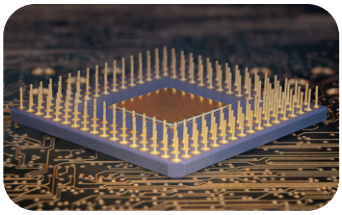
p. 111



SOIC



PLCC



PGA

Además de por el tipo de encapsulado, los CI se clasifican por su funcionamiento en digitales, que funcionan de manera binaria, donde el «1» es encendido y «0» apagado; y analógicos, que funcionan a través de señales continuas y realizan tareas de filtrado, amplificación, etc. La combinación de estos dos tipos se llama CI mixtos, y se utilizan para convertir señales analógicas en digitales y viceversa. Otros tipos de CI son los circuitos lógicos, comparadores, de conmutación, amplificadores de audio y operacionales.

Indagación

Compuertas lógicas

En la lección anterior, describimos las características generales de los CI y mencionamos las **compuertas lógicas** como elementos básicos que realizan **operaciones lógicas** y sirven para construir circuitos digitales más complejos. Pero, ¿qué es una operación lógica? O mejor aún, ¿qué es la lógica? Podríamos definirla como una disciplina que se ocupa del estudio de los principios y reglas que rigen el razonamiento válido (contra el inválido) y verdadero (contra el falso). En la vida cotidiana, tomamos decisiones utilizando la lógica. ¿Se te ocurre en qué tipo de situaciones necesitamos utilizarla? A continuación, veremos algunos ejemplos.

A. Utilicemos la lógica

La lógica estudia variables proposicionales compuestas, que son oraciones formadas por otras más simples. Lo que relaciona o afecta a tales proposiciones u oraciones se denomina conector lógico. Cuatro tipos de conectores lógicos son los siguientes:

Conector lógico	Símbolo	Se lee	Definición	Ejemplo
Negación	¬	no	Niega una afirmación.	La respuesta **no** es correcta.
Conjunción	∧	y	Une elementos que se buscan sumar.	Es importante aprender y aprobar el examen.
Disyunción inclusiva	∨	o	Ambas opciones son verdaderas.	Compró el vestido negro o el rojo.
Disyunción exclusiva	⊻	o	Solo una de las opciones es verdadera.	Puedo dormir o puedo estar despierto.

Procedimiento:

1. Analiza diferentes situaciones cotidianas y determina si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Discútelo con tus compañeros. Luego, utiliza el pensamiento lógico para desarrollar lo solicitado en tu Cuaderno de Trabajo:
   a. El Salvador no se encuentra en el continente europeo.
   b. En El Salvador se habla español y en Estados Unidos se habla inglés.
   c. Voy a ir a la escuela caminando o en autobús.
   d. Los gatos cacarean y los perros ladran.
   e. Para aliviar la sed puedo tomar agua fresca o agua helada.
   f. Los sapos son de sangre fría y los gatos son ovíparos.
   g. Para estar saludable debo comer hamburguesa o pizza.
   h. El cielo no es azul.
   i. Las nubes son de algodón de azúcar y las gotas de lluvia de caramelo.
   j. Voy a la escuela por la mañana o voy a trabajar por la mañana.

p. 112

Por otra parte, en la lección anterior vimos que cada compuerta lógica tiene una tabla de verdad que describe su comportamiento lógico en función de las entradas y las salidas.

Fíjate que...

Una compuerta lógica realiza operaciones lógicas en señales binarias (1 y 0), también conocidas como «verdadero» y «falso» o «alto» y «bajo». Operan de acuerdo con las reglas de la lógica booleana, que es un sistema matemático desarrollado por George Boole en 1854 para describir operaciones lógicas y relaciones entre proposiciones.

Creatividad

Durante la etapa anterior, analizamos varias frases usando la lógica, ahora aprenderemos a construir tablas de verdad a partir de frases cotidianas. Experimentaremos con electrónica digital cómo los estados de salida representan valores de señal eléctrica. Además, analizaremos la lógica positiva cuando el nivel de tensión para el 1 es mayor que para el estado 0. Por ejemplo, el estado 1 representa $5\ V$ y el estado 0, $0\ V$.

Ojo al dato...

La tabla de verdad es una representación gráfica de todos los valores que puede tomar la función lógica para cada una de las posibles combinaciones de las variables de entrada. Es un cuadro formado por tantas columnas como variables tenga la función más la de la propia función, y tantas filas como combinaciones binarias sea posible construir. El número de combinaciones posibles es 2^n, siendo «n» el número de variables. Así, si tenemos dos variables (p y q) tendremos: $2^2 = 4$ combinaciones binarias (00, 01, 10 y 11). El 0 se toma como falso (F) y el 1 como verdadero (V).

B. Tablas de verdad

Cuando elaboremos tablas de verdad, consideremos que, para cada conector, podemos primero identificar las proposiciones simples dentro de la proposición compuesta y analizar el valor de verdad (V o F) de cada una, por separado. Para ello, podemos identificar las proposiciones simples mediante las variables p y q; y además usar los símbolos correspondientes del conector lógico.

Procedimiento:

1. Observa los siguientes ejemplos. Fíjate en los conectores utilizados y cómo se identifica p y q. En la negación, hay una sola proposición simple p.

Conector lógico	Ejemplo	Tabla de verdad
Negación	El cielo no es azul. p: El cielo es azul. $\neg p$: El cielo no es azul.	p | $\neg p$ V | F
Conjunción	Las nubes son de algodón de azúcar y las gotas de lluvia de caramelo. p: Las nubes son de algodón de azúcar. q: Las gotas de lluvia son de caramelo.	p | q | $p \wedge q$ F | F | F
Disyunción inclusiva	Para aliviar la sed puedo tomar agua fresca o agua helada. p: Para aliviar la sed puedo tomar agua fresca. q: Para aliviar la sed puedo tomar agua helada.	p | q | $p \wedge q$ V | V | V
Disyunción exclusiva	Voy a ir a la escuela caminando o en autobús. p: Voy a ir a la escuela caminando. q: Voy a ir a la escuela en autobús.	p | q | $p \veebar q$ V | V | F

2. Sigue el mismo procedimiento para las proposiciones compuestas que faltan, puedes ver cuáles son en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 113

Hacer una tabla de verdad consiste en pensar en todas las posibilidades de entrada y analizar cómo son las salidas obtenidas de una misma situación. Cada variable solo puede ser verdadera o falsa (2 posibilidades). Si tenemos 2 variables (p y q), las combinaciones posibles de sus valores de verdad serían $2^2 = 4$.

3. Analiza el siguiente ejemplo. Vamos a hacer la tabla de verdad del caso anterior de la conjunción. Si vas a revisar la tablita de ese ejemplo, puedes ver que ya tenemos la combinación FF o 00, nos faltaría analizar 3

posibilidades más; es decir, habría que agregar 3 filas más a la tabla, correspondientes a FV, VF y VV, o escritos con ceros y unos: 01, 10 y 11.

Las nubes son de algodón de azúcar y las gotas de lluvia de caramelo.

p: Las nubes son de algodón de azúcar. F

q: Las gotas de lluvia son de caramelo. F

Necesitamos, por tanto, cambiar el valor de verdad de las proposiciones simples p y q para poder construir nuevas proposiciones compuestas mediante el conector de conjunción y luego analizar su veracidad.

En general, para cambiar el valor de verdad de una variable, debemos negarlas:

$\neg p$: Las nubes **no** son de algodón de azúcar. V

$\neg q$: Las gotas de lluvia **no** son de caramelo. V

Si las leemos y analizamos, podemos darnos cuenta de que han pasado a ser verdaderas. Ahora debemos combinarlas mediante el conector de conjunción. Vamos a escribirlas:

p	q	$p \wedge q$
F	F	F

$p\ q$	$p \wedge q$			
F V	Las nubes son de algodón de azúcar y las gotas de lluvia no son de caramelo.	F	V	F
V F	Las nubes no son de algodón de azúcar y las gotas de lluvia son de caramelo.	V	F	F
V V	Las nubes no son de algodón de azúcar y las gotas de lluvia no son de caramelo.	V	V	V

Al analizar su veracidad o falsedad y agregar las 3 combinaciones a la tabla, obtendremos la tabla de verdad.

4. Sigue un procedimiento similar para construir las demás tablas de verdad en tu Cuaderno de Trabajo.

Recién aprendimos que las proposiciones pueden ser verdaderas o falsas, y que se representan mediante V o 1 y F o 0, respectivamente. Aprendimos también, que las tablas de verdad ayudan a evaluar todas las posibles opciones de salida según sea la entrada. Con los resultados que obtuvimos anteriormente podemos formar las tablas de verdad para los operadores lógicos utilizados:

Negación	
p	$\neg p$
1	0
0	1

Conjunción		
p	q	$p \wedge q$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Disyunción inclusiva		
p	q	$p \vee q$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Disyunción exclusiva		
p	q	$p \veebar q$
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Dos tablas de verdad son **equivalentes** cuando tienen la misma salida (resultado) para cada combinación de entradas. Por ejemplo, para la negación; si negamos una negación, es decir, realizamos una doble negación: $\neg\neg p$, la salida que obtenemos tiene valores de verdad iguales a la premisa original; entonces, decimos que son equivalentes entre sí: $p \equiv \neg\neg p$. Un ejemplo con proposiciones sería:

p: La meta es alcanzable. $\neg p$: La meta no es alcanzable. $\neg\neg p$: La meta no es no alcanzable.

Como ves, en la primera y última oración, expresamos lo mismo. Es la misma salida, por tanto, son equivalentes.

La negación se puede aplicar a cualquier otra función lógica, por ejemplo, aplicada a la conjunción:

Simbólicamente: $\neg(p \wedge q)$

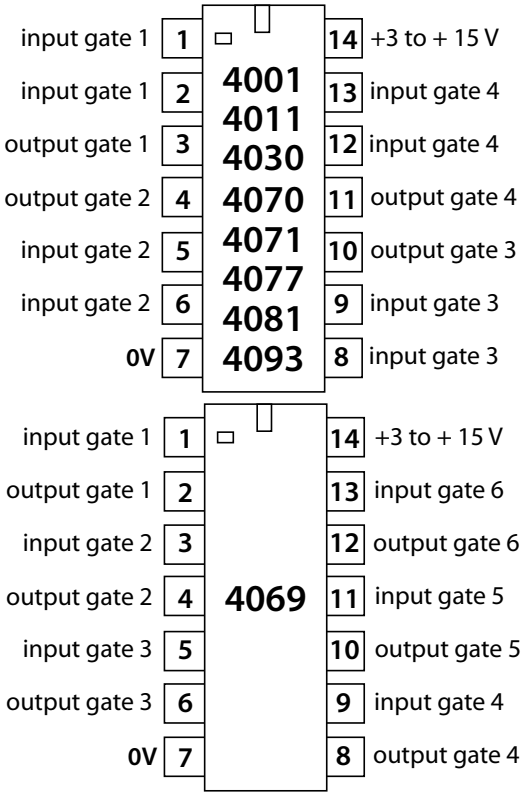
Si recuerdas la conjunción se lee «y» que en inglés se traduce como *AND*. Se puede expresar la negación de una función anteponiendo la letra N, así que, para el ejemplo anterior, se puede expresar como *NAND*, *NOT*, *AND*, *OR* y *XOR* son las traducciones al inglés de los conectores lógicos NO, Y, O y O, respectivamente. La X en la última nos recuerda que se trata de la disyunción exclusiva. Así las negaciones de las funciones lógicas más comunes son *NAND*, *NOR* y *XNOR*. Vamos a verificar estas ideas construyendo 2 circuitos.

C. Circuito con compuertas lógicas

Combinando compuertas lógicas podemos realizar el montaje de un circuito digital. Ten presente que *gate*, *output* e *input* se traducen del inglés como compuerta, salida y entrada, respectivamente.

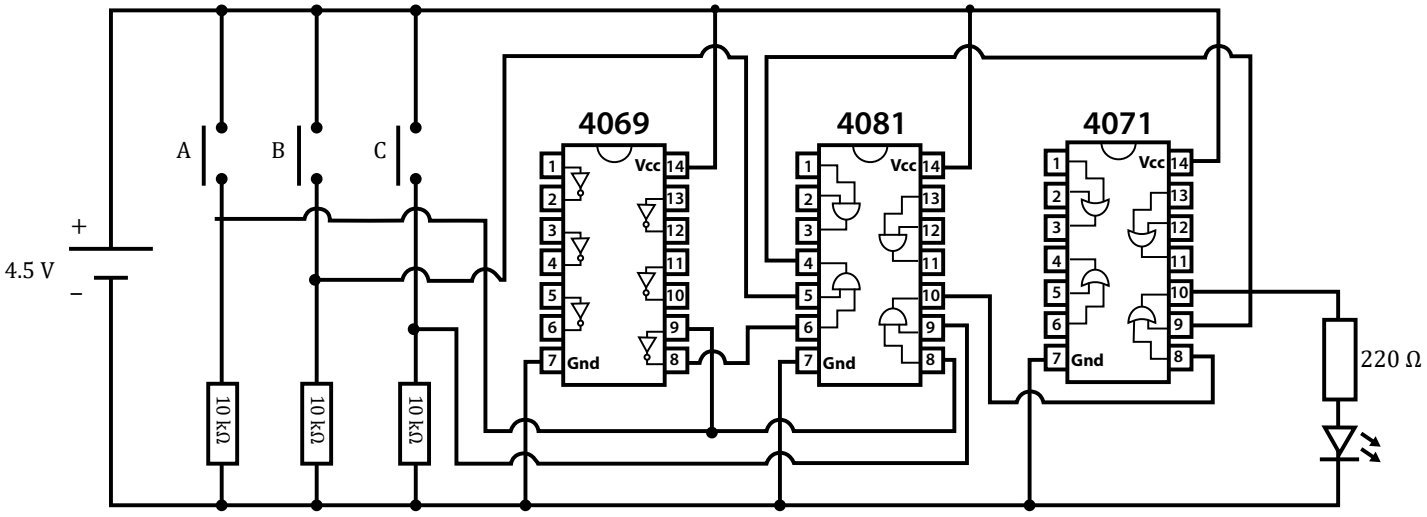
Una familia de circuitos integrados lógicos muy popular es la familia 4000 que son diseñados para funcionar con la tecnología CMOS, conocida por su bajo consumo de energía y su alta inmunidad al ruido. CMOS son las siglas de semiconductor de óxido de metal complementario. En la imagen, se puede observar la serie perteneciente a la familia 4000. Algunos ejemplos detallados son los siguientes:

4011: Cuatro compuertas *NAND* de dos entradas.
4069: Seis compuertas lógicas *NOT* de dos entradas
4071: Cuatro compuertas *OR* de dos entradas.
4081: Cuatro compuertas *AND* de dos entradas.



Materiales:

- Circuitos integrados 4069, 4081, 4071 y 4011
- LED rojo
- Cable UTP
- Microinterruptor de 4 posiciones
- 3 resistencias de $10\ k\Omega$
- Resistencia de $220\ \Omega$
- Batería de $4.5\ V$ (3 baterías de $1.5\ V$)
- *Breadboard*



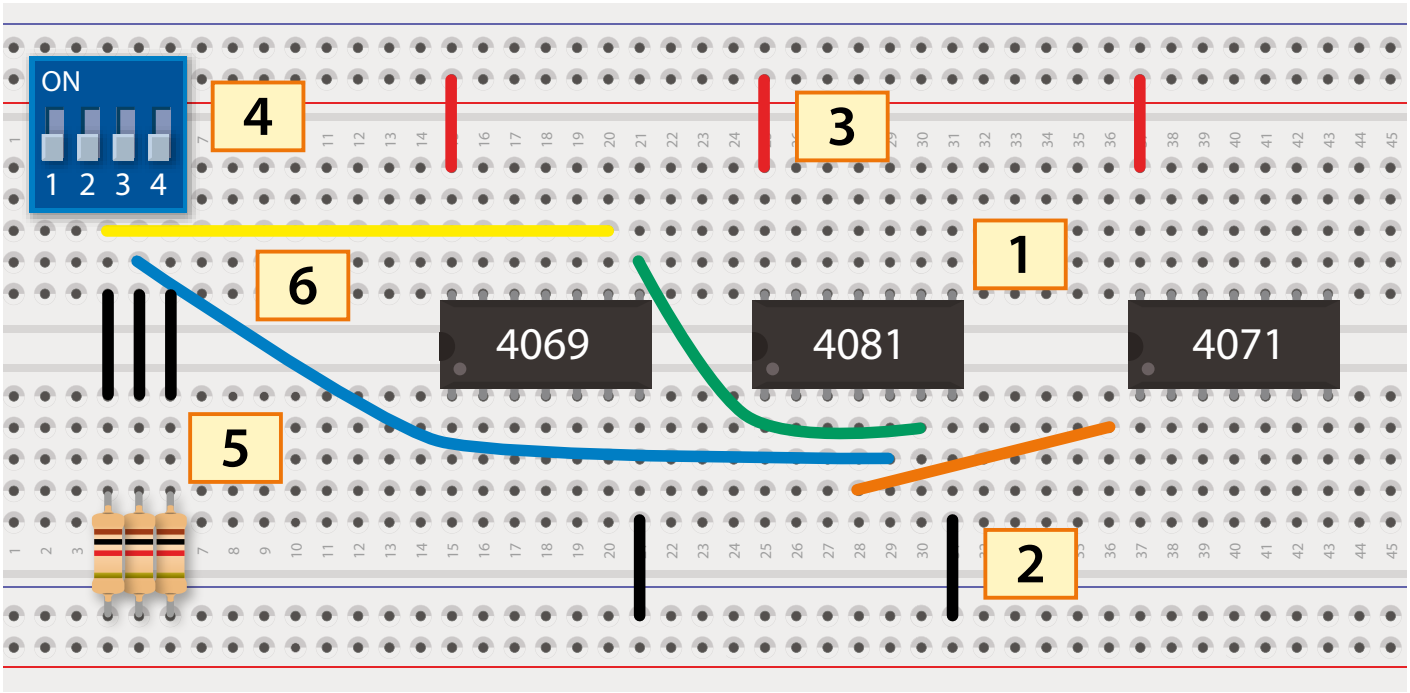
Procedimiento:

1. Realiza el circuito eléctrico del esquema mostrado, coloca primero los tres CI en el canal central de la placa.

2. Conecta el pin 7 de cada CI al negativo.
3. Conecta el pin 14 de cada CI al positivo.
4. Añade el microinterruptor. Asegúrate de que las 4 posiciones del microinterruptor estén apagadas (que no estén en *ON*). Puedes usar un lápiz para mover los interruptores.
5. Añade las resistencias fijas, conectándolas con el microinterruptor.
6. Conecta con cable las posiciones del microinterruptor con las entradas correspondientes de los CI. Observa la imagen de abajo para guiarte.
7. Finaliza conectando el diodo LED y su resistencia asociada de $220\ \Omega$.
8. Una vez realizadas todas las conexiones, conecta la pila de $4.5\ \text{V}$. Haz lo que se te indica en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 114

Puedes observar un videotutorial para construir los circuitos digitales propuestos en esta sección, escaneando el siguiente código. Enlace: bit.ly/096S29a



Como hemos mencionado antes, el CI 4011 es una puerta lógica *NAND*. Las puertas lógicas *NAND* son puertas universales, es decir, que con ellas se pueden hacer el resto de las puertas lógicas, lo que significa que se pueden construir circuitos equivalentes, cuyas salidas sean la misma, pero de una forma más simplificada.

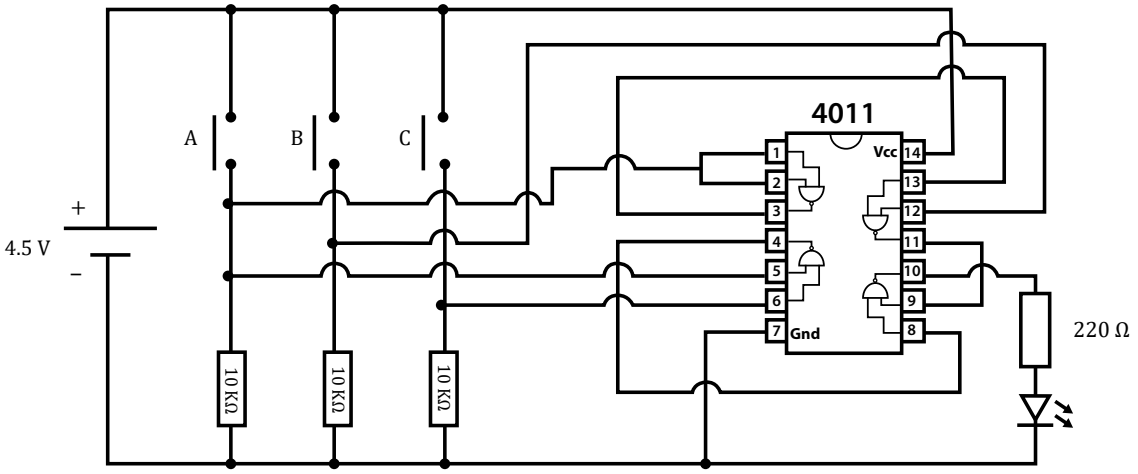
Por tanto, vamos a construir un circuito usando el CI 4011, de manera que con 4 puertas *NAND* de 2 entradas haremos un circuito equivalente al anterior, pasando de necesitar 3 circuitos integrados, a obtener las mismas salidas, con uno solo.

9. Realiza el circuito eléctrico del siguiente esquema y haz lo que se te indica en tu Cuaderno de Trabajo.

La tabla de verdad de este circuito es:

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

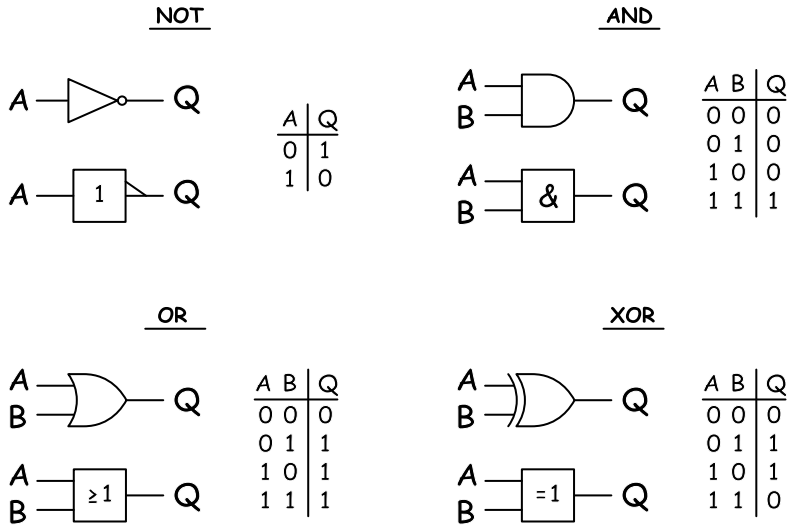
Donde A, B y C son los interruptores. La salida S es el LED.



Existen diversos tipos de compuertas lógicas; las cuales, nos permiten realizar muchos tipos de funciones lógicas. Cada compuerta lógica posee un símbolo y una tabla de verdad. Ya hemos mostrado antes, las tablas de verdad de las compuertas; sin embargo, ahora las veremos representadas de forma simbólica, donde A y B son entradas y Q es la salida.

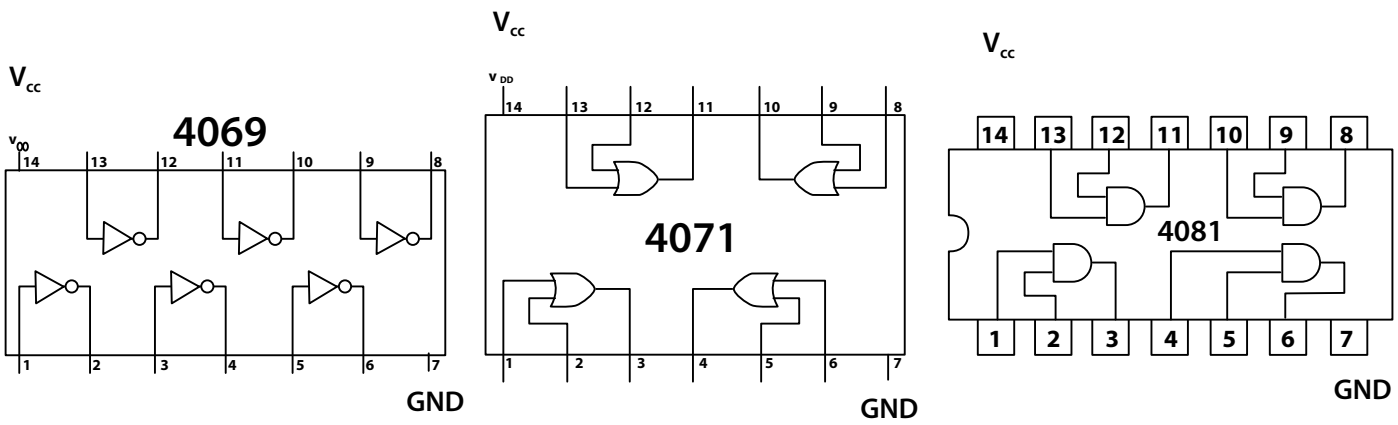
ALGEBRA BOOLEANA

Según la compuerta lógica utilizada (NOT, AND, NAND, OR, NOR o XOR) se obtienen resultados distintos en los circuitos.



10. Observa la siguientes imágenes y compara los símbolos mostrados en cada CI con las definiciones dadas anteriormente. Luego, contesta lo que se te solicita en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 115



Comunicación

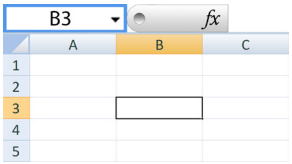
En esta lección, hemos aprendido sobre las proposiciones lógicas, los conectores lógicos tanto en las frases cotidianas como en las compuertas lógicas y las tablas de verdad. Además, aprendimos que existen circuitos integrados, los cuales utilizan esas compuertas lógicas para su funcionamiento. Ahora vamos a utilizar estos nuevos conocimientos para programar condicionales en una hoja de cálculo utilizando funciones lógicas, ¿crees que puedes hacerlo?

D. Programando con condicionales

Utiliza una hoja de cálculo en tu computadora para resolver los problemas con condicionales que se te proponen. Antes de hacerlo, recordemos algunas cosas básicas sobre las hojas de cálculo.

Necesitaremos utilizar las fórmulas requeridas según los resultados que deseemos obtener. La fórmula en la hoja de cálculo se refiere a una función o código especial que se escribe en una celda, que permite realizar cálculos o filtrar datos para luego poder mostrar el resultado en la celda.

Recuerda que una celda es la unidad básica en la que se almacena y organiza información. Es la intersección entre una fila y una columna. Cada celda puede contener diferentes tipos de datos, como números, texto, fechas, fórmulas y más. Se identifica por la combinación de una letra de columna y un número de fila.



En la hoja de cálculo de Excel; por ejemplo, las fórmulas tienen una forma de escritura concreta, por lo que se deben conocer cada uno de los elementos necesarios.

En general, la forma de ingresar una función es colocar el **signo igual** en la celda, el **nombre de la función** y seleccionar el dato o conjunto de datos sobre los cuales se aplicará, a esto se le llama **argumento**. En el ejemplo mostrado en la imagen de la derecha, en la celda C6, la función ingresada sumará el grupo de celdas seleccionadas y registrará el resultado en dicha celda. Ahora ya estamos listos para ingresar dos de las condicionales que hemos visto «y» y «o».

	A	B	C	D
1	Asistencia			
2	4823		2429	
3	12335		10482	
4	9718			
5				
6			=SUMA(A2:A4,C2:C3)	

Procedimiento:

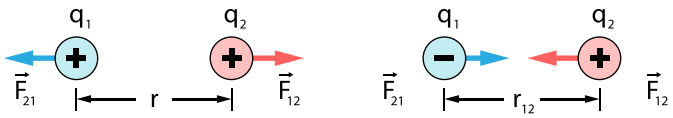
1. Utiliza la función «y», junto con otros comandos de la hoja de cálculo para resolver lo siguiente.
   Si el estudiante tiene en 3 exámenes, un promedio mayor a 6 y menos de 8 faltas, entonces mostrar «Aprobado» de lo contrario mostrar «Reprobado». Realizar esto para un mínimo de 5 nombres de alumnos.
2. Utiliza la función «o» y resuelve lo siguiente.
   Si el alumno tiene promedio mayor a 7 o nació en diciembre agregar «Apto».
3. Escribe las condicionales utilizadas en la hoja de cálculo para resolver los problemas anteriores.
4. Revisa tu Cuaderno de Trabajo para contar con una guía y resolver lo solicitado.

p. 115

Además de las fórmulas predeterminadas, también podemos crear nuestras propias fórmulas.

Resumen

Durante la unidad estudiamos el comportamiento de la carga eléctrica, iniciando con los fundamentos de la electricidad, donde realizamos estudios cuantitativos y cualitativos. Además, calculamos la fuerza eléctrica entre dos cargas usando la ley de Coulomb.



$$\vec{F}_{12} = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}\hat{r} \qquad 6.1$$

También, notamos que las cargas eléctricas poseen un campo eléctrico que depende de la distancia a donde lo pueda percibir otra carga, esto se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\vec{E} = k\frac{|q|}{r^2}\hat{r} \qquad 6.5$$

Por otra parte, iniciamos verificando el comportamiento de las cargas eléctricas en movimiento, esto nos permitió medir ciertas magnitudes eléctricas, como la resistencia eléctrica, el voltaje y la corriente eléctrica. Las dos últimas fueron fundamentales para identificar y diferenciar entre componentes electrónicos pasivos y activos.

Encontramos la diferencia entre electrónica y electricidad. Además, elaboramos circuitos eléctricos funcionales, utilizando un transistor y una LDR para generar una fotocelda, lo que nos permite iluminar con un LED en ausencia de luz.

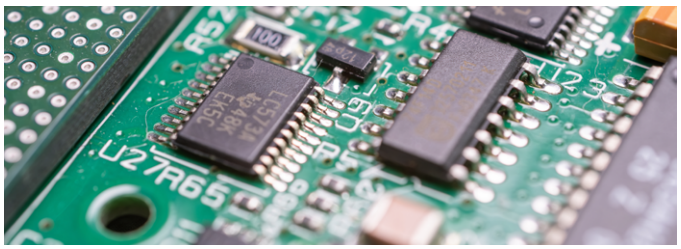
Lo que desarrollamos al manipular el LED y la LDR fue con DC, pero cuando iniciamos con la electricidad en el hogar, en su mayoría, son dispositivos que consumen AC.

Las magnitudes que podemos medir son similares, pero debemos tener cuidado cuando se miden con el multímetro, al identificar el tipo de corriente.

Adicionalmente, se calcularon otras magnitudes como la potencia y el costo del consumo de electricidad en el hogar.

$$P = VI \qquad 6.10$$

Posteriormente, desarrollamos el contenido del CI, sus componentes están interconectados de manera precisa para realizar una función específica o una serie de estas en un solo paquete compacto.



Para finalizar, aprendimos sobre las compuertas lógicas, que tienen gran importancia en la construcción de circuitos digitales complejos. Es imprescindible que dominemos la simbología, las tablas de verdad y las señales binarias (1 y 0) que aparecen en la lección correspondiente

Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado. Te será de mucha utilidad.

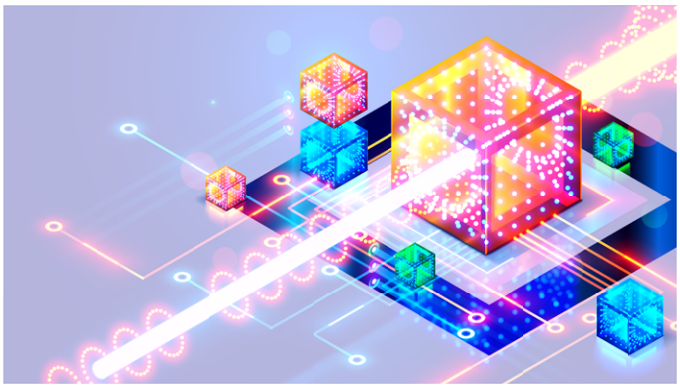
- **Carga eléctrica**
- **Ley de Coulomb**
- **Componentes electrónicos**
- **Corriente directa**
- **Corriente alterna**
- **Circuito integrado**

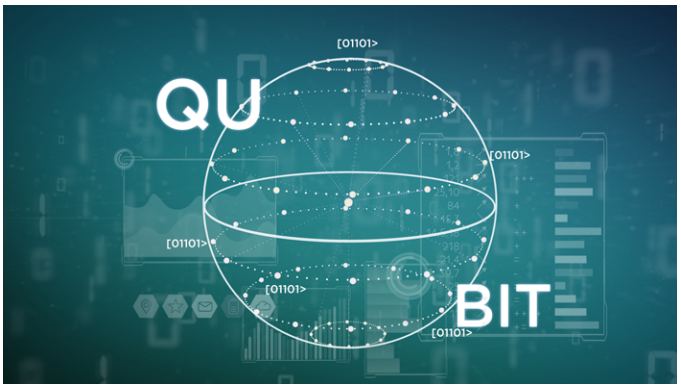
Computación cuántica

El desarrollo de las computadoras ha llevado a tener una mayor rapidez en los procesos; por ello, la fabricación de microchips cada vez más pequeños, como solución para aumentar la rapidez. Sin embargo, si se fabrican chips mucho más pequeños, hay un límite en el que dejan de funcionar correctamente, dado que cuando se encuentran en escalas nanométricas, los electrones suelen escaparse de los sectores donde deben circular, generando un fenómeno llamado efecto túnel, que es un fenómeno cuántico.

Por lo anterior, la evolución de la computación cuántica ha permitido realizar operaciones a una velocidad mucho mayor con respecto a la computadora tradicional. Por ejemplo, el algoritmo de Shor permite calcular los factores primos de números a una rapidez mucho mayor.

Si en la computación clásica se usa el bit como la unidad mínima de información, donde puede tener dos valores (0 o 1), para el caso de la computación cuántica se usa el qubit (bit cuántico). Una de las ventajas de los qubits es la generación de nuevas puertas lógicas para producir nuevos algoritmos; para sus valores intervienen las leyes de la mecánica cuántica, donde el qubit puede estar en superposición coherente, esto quiere decir que puede ser 0 y 1 a la vez, permitiendo la ejecución de varias operaciones simultáneas, según la cantidad de qubits.





Para hacer una comparativa, consideremos que el número de qubits indica la cantidad de bits superpuestos. Con los convencionales, si se tiene un registro de tres se tienen ocho valores posibles ($2^3 = 8$), pudiendo tomar uno de esos valores. Sin embargo, considerando un vector de tres qubits, la partícula fácilmente puede tomar ocho valores distintos por superposición cuántica, generando ocho operaciones paralelas.

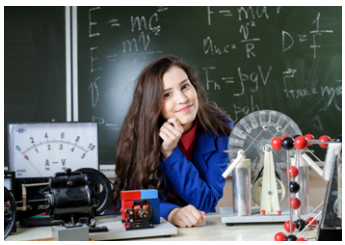
Por lo tanto, una computadora cuántica de 30 qubits sería equivalente a un procesador de 10 teraflops. Desde la práctica, algunos aspectos por considerar serían el soporte físico, la transmisión de tatos, los algoritmos, la arquitectura y los modelos.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Física

Duración: 5 años/10 ciclos



Descripción. La Licenciatura en Física hace énfasis en los principios científicos que conducen al conocimiento de la ciencia en general y de la física en particular, y sus aplicaciones a los diversos campos técnicos o científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos de la física misma.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Propiedades de los materiales
- Aprovechamiento de los recursos naturales
- Hidrogeología, hidrología e hidráulica
- Meteorología
- Equipos científicos o industriales
- Metrología
- Astrofísica
- Radiación

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad y electrónica.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Carrera: Ingeniería Mecatrónica

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Mecatrónica se ocupa de la planificación, innovación, implementación y mantenimiento de instalaciones de sistemas mecatrónicos industriales. Interviene además en procesos industriales, de planificación y de investigación o supervisión de sistemas mecánicos. Además, en esta carrera se gestionan y dirigen proyectos relacionados con sistemas mecatrónicos en equipos disciplinarios.

La Ingeniería Mecatrónica ofrece las bases para desempeñarse en investigación aplicada, diseño y desarrollo, e instalación y mantenimiento de sistemas de distintos campos, como los siguientes:

- Industria de construcción
- Industria automotriz
- Industria textil
- Informática industrial
- Ingeniería de procesos
- Ingeniería de producción
- Instrumentación
- Asesoría de tecnología

Bachilleratos sugeridos:
general, mecatrónica, electricidad y electrónica.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Unidad 7
Magnetismo aplicado

Eje integrador: tecnología

En esta unidad aprenderemos a:

- Reconocer aplicaciones del campo magnético en fenómenos terrestres y para la exploración espacial.
- Conocer aplicaciones magnéticas a partir del diagnóstico y los tratamientos médicos.
- Explicar los fenómenos magnéticos involucrados entre el equipo de uso médico y el cuerpo humano.
- Construir un motor de corriente directa.
- Explicar el funcionamiento del motor de corriente eléctrica a partir de campos magnéticos.
- Comparar las tecnologías del motor eléctrico y del motor de combustión interna.

Imágenes de resonancia magnética

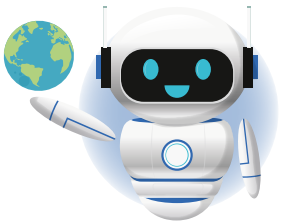
Duración: 3 semanas

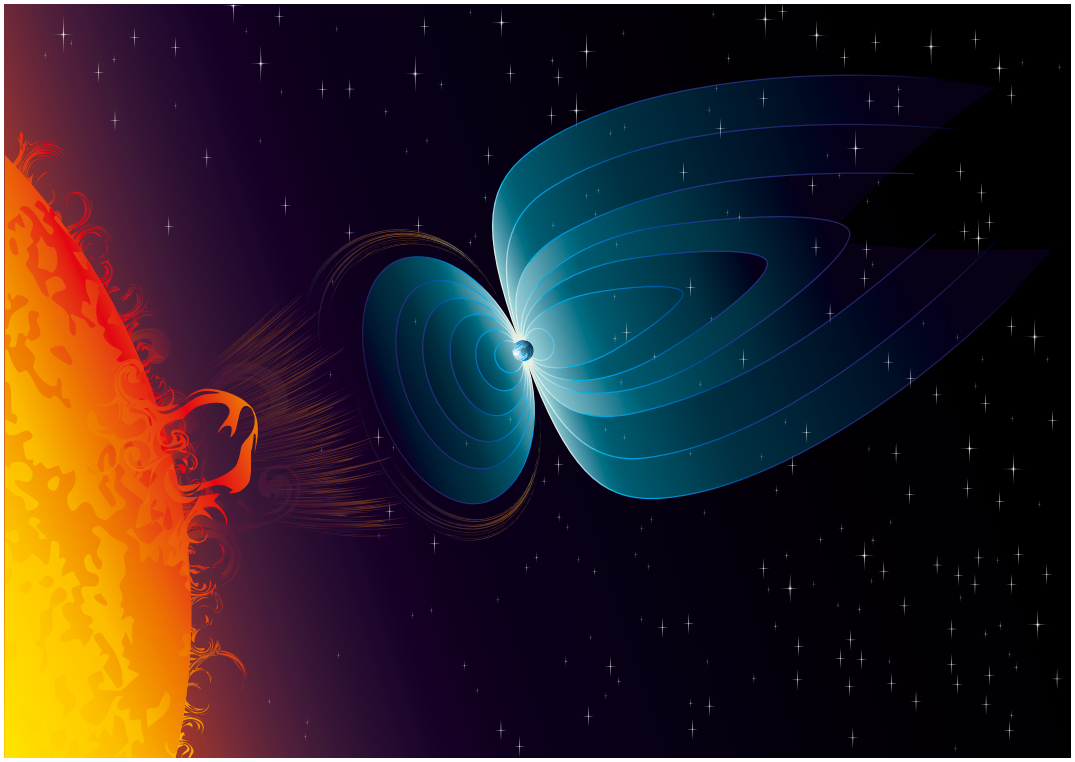
Indagación

Magnetismo en la Tierra

Es probable que en más de alguna ocasión hayas escuchado noticias que involucren los términos «viento solar», «auroras boreales» o «campo magnético terrestre», pero, ¿alguna vez te has preguntado qué significa todo esto? Y más importante aún, ¿en qué nos afecta? ¿Debemos preocuparnos o podemos ser indiferentes? Esta semana nos introduciremos en el magnetismo de la Tierra y sus implicaciones tanto para la vida cotidiana como para el desarrollo científico y tecnológico.

Tanto la Tierra como el Sol tienen propiedades magnéticas como las que hemos estudiado antes en los imanes. ¿Crees que este tipo de fenómenos magnéticos pueden afectar los componentes electrónicos? Descubrámoslo juntos.





En el sitio de la NASA encontrarás información actualizada sobre el viento solar.
https://bit.ly/097S30a

A. Investigando el viento solar

La ilustración de esta página muestra una de tantas interacciones que ocurren continuamente entre el Sol y la Tierra, ¿notas lo que se forma alrededor del planeta Tierra? A esto se le conoce como **campo magnético terrestre**, dicho campo se produce debido a las propiedades magnéticas del núcleo terrestre, por lo tanto, podemos considerar a todo nuestro planeta como si fuera un gigantesco imán. Lo anterior tiene diversas implicaciones, principalmente aspectos a favor de garantizar la vida en la Tierra. Durante la presente actividad realizaremos una investigación al respecto.

Procedimiento:

1. Investiga en medios digitales información sobre el viento solar. Usa como ejemplo el código QR de la izquierda.
2. Responde con tus palabras las siguientes interrogantes.
   a. ¿Qué es y de qué está compuesto el viento solar?
   b. ¿Qué relación existe entre el viento solar y el magnetismo?
   c. ¿El viento solar afecta solamente a la Tierra o también a los demás planetas? Explica.
   d. ¿Cuáles son los riesgos a los que estamos expuestos en nuestro planeta debido al viento solar?

p. 118

Creatividad

Ahora que ya conocemos más sobre el viento solar y cómo este interacciona con el campo magnético terrestre, antes de seguir explorando el espacio, veamos algunas propiedades magnéticas que podemos encontrar en las rocas de nuestro planeta.

Aquí dice que la magnetita es un tipo de roca formada por una combinación de dos óxidos de hierro, es muy pesada y de color negruzco, teniendo la propiedad de atraer el hierro, el acero y otros metales, me pregunto, ¿cuáles serán esos metales?

La roca de las imágenes es una muy popular: la **magnetita**. Fue una de las primeras rocas conocidas por atraer objetos metálicos, de ahí surgió el término magnetismo que utilizamos en la actualidad. En la imagen de abajo podemos ver cómo inclusive pueden adherirse clips cuando se acercan a la magnetita.

MAGNETITA

Algunas rocas pueden adquirir propiedades magnéticas, la más conocida es la magnetita.

B. Búsqueda de objetos

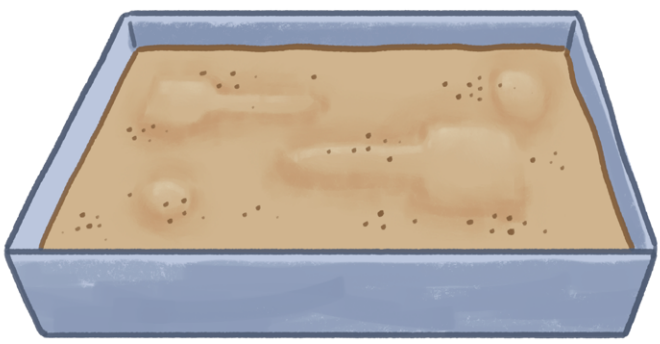
En la siguiente actividad vamos a realizar una búsqueda de objetos metálicos, pero para hacerlo más interesante será una competencia por equipos de 4 a 5 integrantes. Para ello, cada equipo deberá preparar los materiales del siguiente listado.

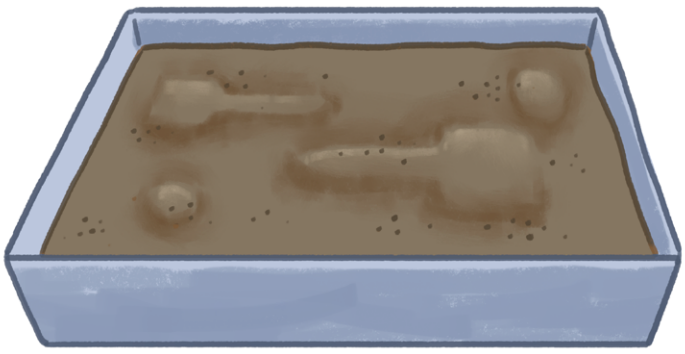
Materiales:

- 2 cajas grandes (similares a las de arena para gato)
- Tierra suficiente para cubrir al menos la mitad de la caja
- Arena suficiente para cubrir al menos la mitad de la caja
- Diversos objetos de plástico (entre 5 y 10)
- Diversos objetos metálicos (entre 5 y 10)
- Diversos objetos de madera (entre 5 y 10)
- Imán capaz de sostener los objetos metálicos
- Cronómetro (opcional)

Procedimiento:

1. En una de las cajas grandes coloca de manera aleatoria la mitad de los objetos de plástico, metal y madera.
2. Cuenta la cantidad de objetos metálicos que colocaste en esa caja.
3. Llena la caja con arena, lo suficiente para que todos los objetos que has colocado queden completamente cubiertos.
4. Repite los *pasos 1* a *3* con la otra caja, pero en lugar de llenarla con arena, llénala con tierra.
5. Ahora es el momento de competir. Intercambia con otro de los grupos las dos cajas que llenaste.
6. Con la ayuda de un imán colecta y registra el número de objetos metálicos que recuperaste de las cajas.
7. No se permite voltear las cajas ni extraer los objetos o remover el sustrato con las manos.
8. Gana la ronda el equipo que encuentre todos los objetos metálicos en el menor tiempo posible o el que recupere el mayor número de objetos en un tiempo definido previamente. El proceso se debe repetir con los demás grupos hasta que haya un ganador definitivo.





9. Intenta repetir los *pasos 1* a *6*, pero ahora humedeciendo ambos sustratos; luego, responde a las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo.

p. 118

Al finalizar la actividad, recuerda hacer un descarte apropiado de la arena y la tierra, regresándolas a los lugares de donde las obtuviste. Trata de reutilizar los objetos de plástico y metal.

Si bien la magnetita es la roca que posee mejores propiedades magnéticas, no es la única, otra roca con propiedades magnéticas es la **pirrotita**.

Algo que tienen en común las rocas con características magnéticas es que poseen minerales con concentraciones de hierro (Fe), titanio (Ti) y níquel (Ni); por ejemplo, la magnetita es un óxido mixto de hierro (Fe^{+2} y Fe^{+3}) cuya fórmula química es $FeFe_2O_4$, la cual suele simplificarse como Fe_3O_4. En el caso de la pirrotita, esta contiene un mineral llamado pirita (FeS_2), también con presencia de hierro.

Cabe mencionar, que no todas las rocas o minerales con hierro son magnéticos, por ejemplo, la **hematita** está compuesta en un 69 % de hierro, pero solo es magnética cuando se expone a altas temperaturas.

Por otro lado, no solo en la Tierra podemos encontrar rocas con propiedades magnéticas; también, los meteoritos pueden ser atraídos por imanes, sobre todo los que contienen hierro y níquel. De hecho, muchos meteoritos son atraídos por los imanes debido a su paso por la atmósfera terrestre, la «cara» con la que entran a la Tierra es expuesta a una alta temperatura lo que genera una **costra de fusión**, esta es de tonalidad oscura, como si de una costra de herida se tratara. Puede ser atraída por imanes, pero una vez que el meteorito se queda sin esa costra, puede volverse una roca sin ningún metal y, por lo tanto, no ser atraído por ningún campo magnético.

También existen algunas aleaciones de metales que permiten la fabricación de imanes muy potentes, como los imanes de neodimio, los cuales se utilizan en la industria e integran distintos tipos de dispositivos, algunos de ellos los estudiaremos más adelante, por ejemplo, los equipos de resonancia magnética o los motores eléctricos.

Dado que la industria de fabricación de imanes está vinculada con la industria electrónica, existen proyecciones para considerar que se encuentra en constante crecimiento.

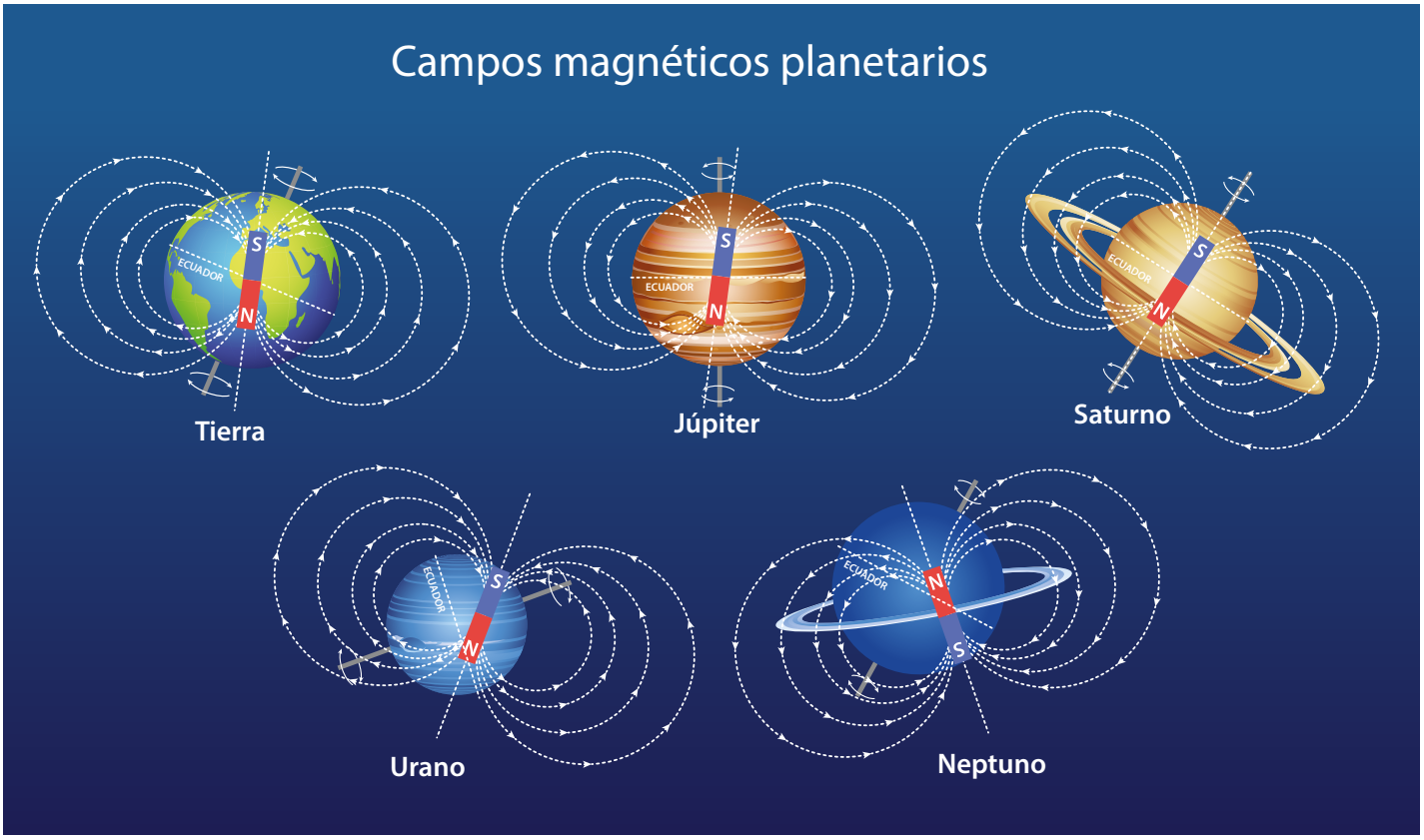
Pirrotita

Hematita

Meteorito. Se puede observar la costra de fusión en tonalidad oscura como resultado de la exposición a alta temperatura al atravesar la atmósfera.

C. Magnetismo en el espacio

El planeta Tierra no es el único planeta donde ocurren fenómenos magnéticos, los demás planetas del sistema solar también tienen campos magnéticos, unos con mayor intensidad que otros o con campos en orientaciones diferentes. Elaboremos un modelo para simular la ocurrencia del magnetismo de los planetas.



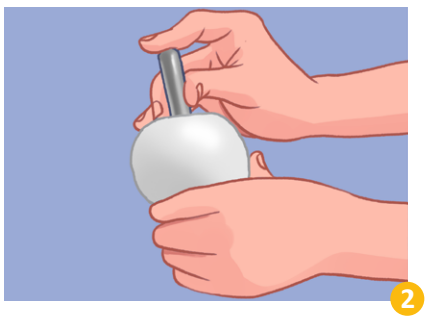
Materiales:

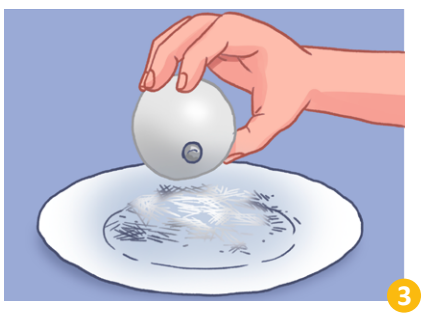
- Bolas de poliestireno de diferente medida
- Imanes cilíndricos o de diferentes tamaños
- Clips o grapas (de preferencia ya usadas)

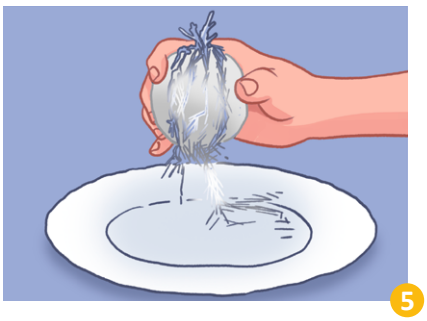
Procedimiento:

1. Haz una perforación o desgaste en la parte central de la bola de poliestireno.
2. Coloca el imán dentro de la bola.
3. Acércalo a las grapas o clips y haz una rotación completa de la bola.
4. Esquematiza la disposición de los clips o grapas y registra cuántas quedaron adheridas a la bola.
5. Repite todo el procedimiento utilizando imanes de diferente intensidad o variando el tamaño de las bolas de poliestireno. Luego, responde a las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo.

p. 119







Comunicación

En grados anteriores hemos visto las líneas que forman las limaduras de hierro en los imanes, igual que ocurrió en la *actividad C*. A estas líneas las conocemos como **líneas de campo magnético**, las cuales también se usan para representar el **flujo magnético**, es decir, nos dan información sobre la intensidad y la dirección del campo magnético. Para finalizar esta semana de estudio, aprenderemos cómo calcularlo.

D. El flujo magnético

Matemáticamente podemos entender al flujo magnético con la ecuación 7.1:

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A} \qquad 7.1$$

En ella, ϕ representa al flujo magnético, B al campo magnético y A al área por la cual pasa el flujo magnético. El campo magnético tiene por unidad el tesla (T); el área, los metros cuadrados (m^2); y el flujo magnético, el weber (Wb). A continuación, veremos cómo se realiza un cálculo sencillo con esta fórmula.

Procedimiento:

1. Lee la sección *Así se calcula…* que se encuentra a continuación.
2. Resuelve los ejercicios de tu Cuaderno de Trabajo.

p. 119

Así se calcula…

El flujo magnético

Calcular el flujo magnético es sencillo si conocemos los datos del campo magnético y del área por la cual pasa dicho flujo. Veamos los siguientes ejemplos:

1. A través de la siguiente red pasa un campo magnético uniforme de $2.0\ T$, cada cuadrícula tiene $1.0\ m$ de espacio. ¿Cuál es el flujo magnético que atraviesa el área marcada con rojo?

2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Solución. Utilizando la ecuación 7.1 para los valores de $B = 2.0\ T$ y para el área, tenemos un rectángulo de $5.0\ m$ de base y $4.0\ m$ de altura, dando como resultado $A = 20\ m^2$.

$$\phi = BA$$
$$\phi = (2.0\ T)(20\ m^2)$$
$$\phi = 40\ Wb$$

2. A través de la siguiente red pasa un campo magnético variable, cada cuadrícula tiene $1.0\ m$ de espacio. ¿Cuál es el flujo magnético que atraviesa el área marcada con rojo?

8.0	2.0	7.0	9.0	7.0	5.0	2.0	1.0
2.0	4.0	2.0	9.0	2.0	3.0	5.0	2.0
1.0	7.0	3.0	2.0	2.0	5.0	9.0	3.0
3.0	1.0	4.0	1.0	5.0	7.0	6.0	4.0
1.0	2.0	2.0	8.0	2.0	4.0	3.0	2.0
4.0	3.0	3.0	2.0	6.0	2.0	2.0	3.0
8.0	7.0	2.0	5.0	2.0	6.0	2.0	2.0
9.0	8.0	6.0	2.0	7.0	5.0	3.0	4.0

Solución. Dado que no es un campo magnético uniforme, tenemos que sacar el valor promedio de todos los valores dentro del recuadro rojo.

$$\bar{X} = 91.0/24 \approx 3.8$$

Por lo tanto, $B = 3.8\ T$ y para el área tenemos un rectángulo de $6.0\ m$ de base y $4.0\ m$ de altura, dando como resultado $A = 24\ m^2$.

$$\phi = BA$$
$$\phi = (3.8\ T)(24\ m^2)$$
$$\phi = 91\ Wb$$

Indagación

Magnetismo aplicado a la medicina

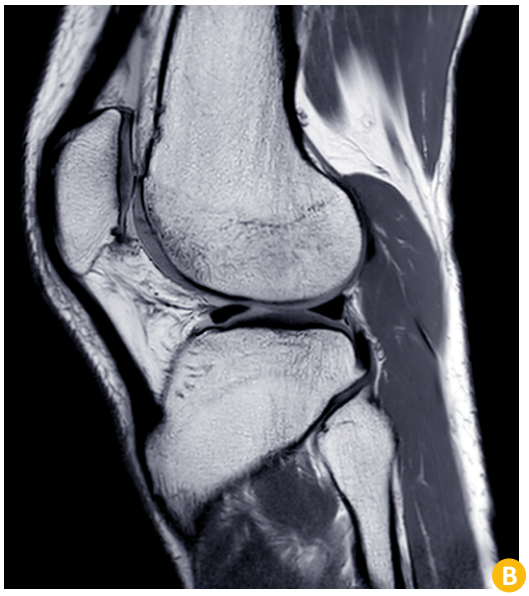
Es muy probable que, bajo cualquier circunstancia cotidiana, tú o algún familiar tuyo hayan sufrido un accidente para el cual los médicos necesitaron saber qué ocurría al interior de su cuerpo; para lograrlo, pueden haber recurrido a diferentes técnicas de obtención de imágenes. Con las actividades de esta semana, descubriremos cuál es el papel del magnetismo en algunas de las tecnologías médicas más comunes.

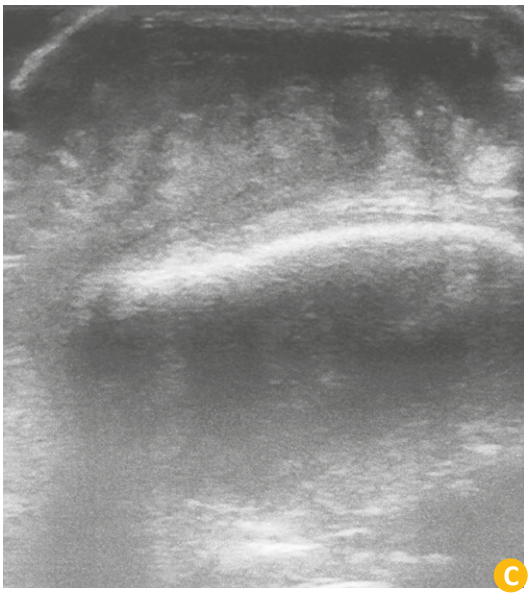
A. Las imágenes médicas

Se han desarrollado tecnologías muy variadas para captar imágenes del interior del cuerpo humano, cuyos resultados muestran distintos detalles anatómicos y, por lo tanto, pueden tener distintos usos y costos. Veamos algunas de sus diferencias.

Procedimiento:

1. Analiza las siguientes imágenes y su descripción:





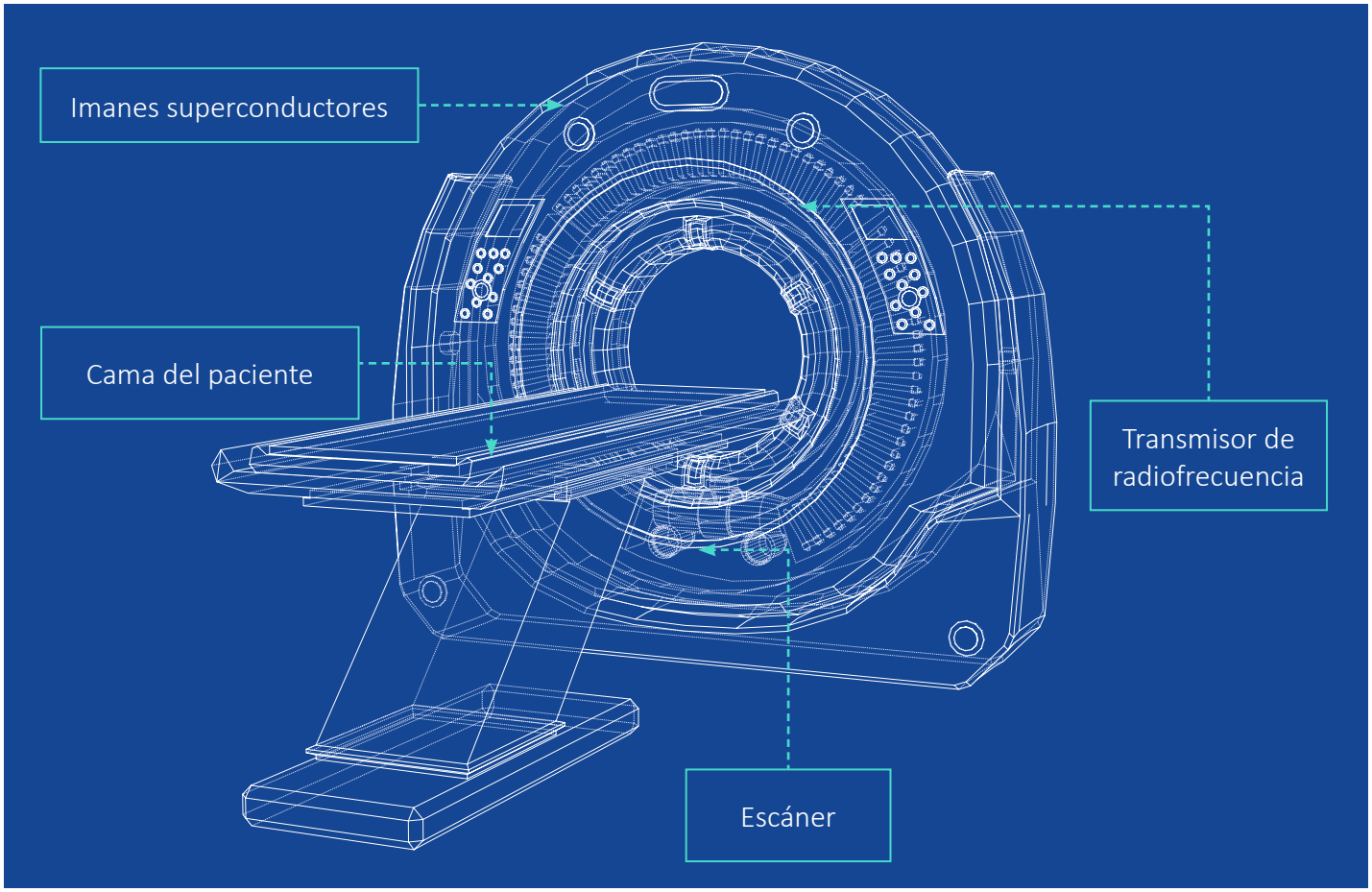
A. Radiografía de un codo. B. Resonancia magnética de rodilla. C. Ultrasonografía de rodilla. D. Aparato de rayos X. E. Dispositivo de resonancia magnética. F. Equipo de ultrasonografía. El detalle de las imágenes varía con la técnica, hay aspectos que son apreciados de mejor manera dependiendo de los requerimientos del médico. Pero, elegir una técnica no solamente se trata de observar detalles anatómicos, sino también de costos y portabilidad. Una resonancia magnética, conocida por sus siglas en inglés como MRI (*Magnetic Resonance Image*), requiere de un equipo cuyos costos son más elevados que el de un equipo de rayos X o de ultrasonido.

2. Contesta las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo.

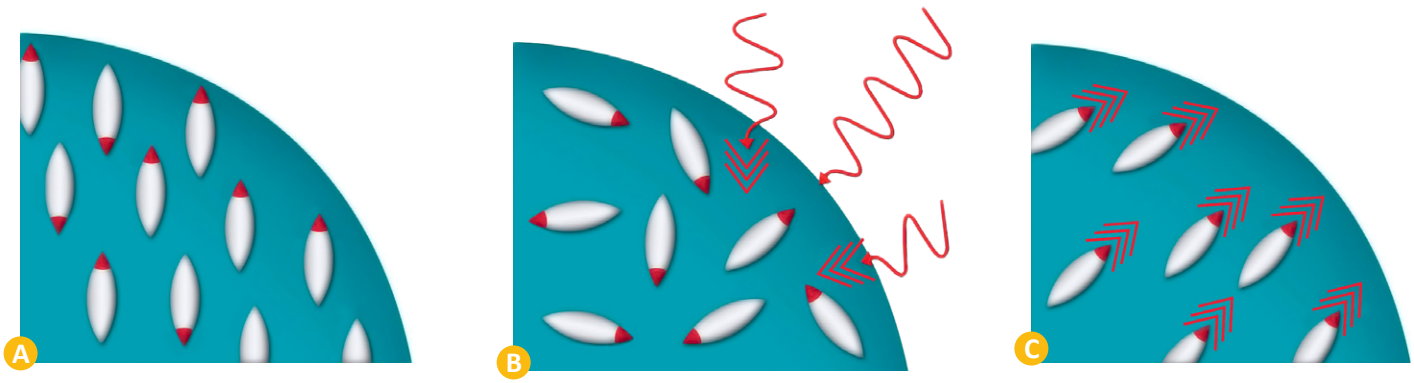
p. 121

Creatividad

De todos los equipos que mencionamos anteriormente, nos vamos a concentrar en el equipo de resonancia magnética. La resonancia magnética es utilizada como una técnica de obtención de imágenes para diagnósticos clínicos, tal y como su nombre lo indica, se basa en propiedades magnéticas para su funcionamiento.



Los imanes superconductores se encargan de crear un campo magnético muy intenso, lo suficientemente grande como para orientar las moléculas (principalmente las de agua). Una vez orientadas, la radiofrecuencia emitida hará que algunas moléculas vibren con mayor intensidad que otras, generando que algunas entren en resonancia, de ahí el nombre del equipo. Estas perturbaciones de vibración son las que se detectan y un programa especializado se encarga de generar la imagen.



A Alineamiento de las moléculas con el campo magnético

B Moléculas perturbadas por la radiofrecuencia del dispositivo

C Moléculas emitiendo energía al volver a su posición original

B. Orientando agujas

Tal y como se mencionó anteriormente, en un equipo de resonancia se alinean las moléculas utilizando un campo magnético, replicaremos esa dinámica.

Materiales:

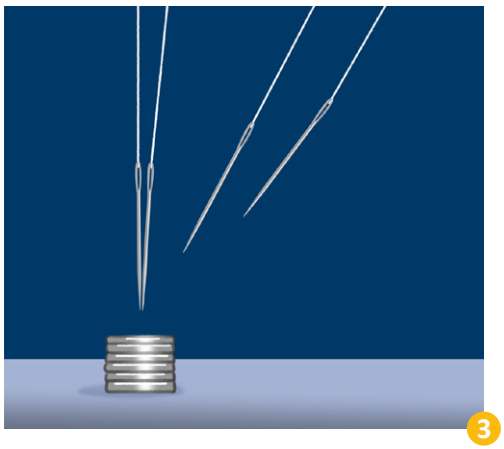
- Set de alfileres o agujas
- Imanes de diferentes tamaños
- Hilo de coser y tijeras
- Cinta adhesiva
- Regla o cinta de costura
- Dinamómetro (opcional)
- Soporte universal, doble nuez y varilla (opcional)

Procedimiento:

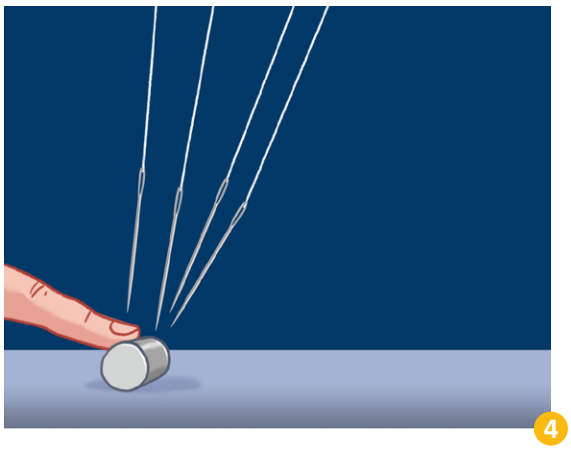
Parte I

1. Amarra el extremo de un hilo a la base de la cabeza de un alfiler. Repite hasta amarrar al menos 4 alfileres y corta sus hilos a la misma longitud.
2. Monta una varilla transversal en el soporte universal y pega en ella los extremos sueltos de los hilos. También, puedes colocar un banco y pegar los hilos por debajo del asiento, en cualquier caso, procura que los alfileres queden colgando a la misma altura sobre la superficie experimental.
3. Coloca un imán debajo de los alfileres de forma tal que no pueda tocarlos.
4. Desliza poco a poco el imán hacia los alfileres o agujas, hasta que los atraiga.
5. Observa el patrón de movimiento de los hilos.
6. Mide y registra la distancia aproximada en la cual los alfileres empiezan a ser atraídos hacia el imán. Recuerda hacer más de una medición para aumentar la precisión.
7. Repite el proceso de medición variando el tamaño del imán (también, podrías combinar varios imanes si son todos del mismo tamaño).

p. 122



3



4

Parte II

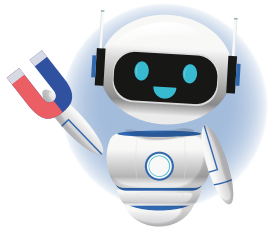
Si en tu centro educativo cuentas con un dinamómetro (aparato para medir fuerza) puedes adicionar la siguiente variante al *procedimiento I*.

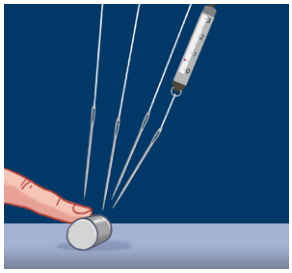
1. Remueve la cinta adhesiva del soporte universal o del banco.
2. Ata ese extremo del hilo al gancho del dinamómetro.
3. Fija el extremo libre del dinamómetro a la varilla o por debajo del asiento del banco y acerca nuevamente el imán a los alfileres o agujas.
4. Escribe la lectura del dinamómetro a diferentes distancias; luego, responde a las preguntas de tu Cuaderno de Trabajo.

RESONANCIA MAGNÉTICA

Los equipos de resonancia magnética son ampliamente utilizados para generar imágenes que proporcionan información para dar mejores diagnósticos.

Los imanes no solo pueden variar en su forma o tamaño, también en el tipo de material con el cual están hechos. Algunos pueden ser de hierro, pero en los últimos años se han popularizado mucho los imanes de neodimio, así que también puedes utilizar estos imanes y notar cómo varían las agujas.





La resonancia magnética, al ser una técnica no invasiva y que no utiliza rayos X, es muy segura, sobre todo para la zona del cráneo, el tórax, la médula espinal y otros órganos internos; por eso, es muy frecuente para diagnosticar enfermedades en dichas zonas anatómicas. A continuación, se presentan algunos ejemplos de imágenes obtenidas para diversas enfermedades:

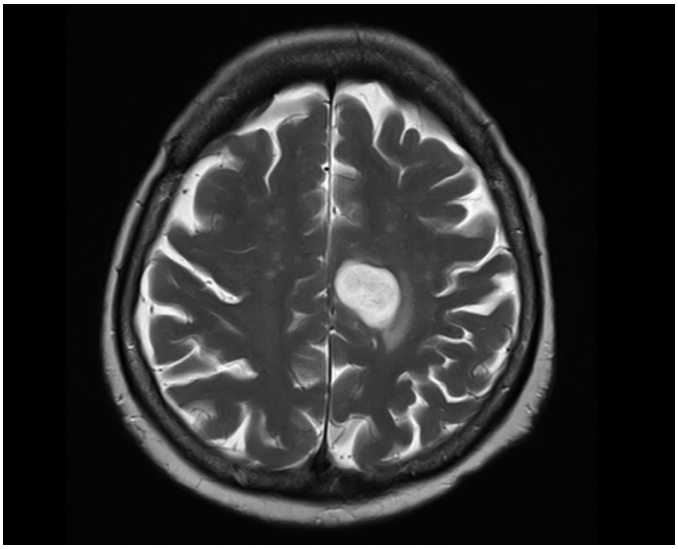


Imagen de resonancia magnética de un tumor cerebral

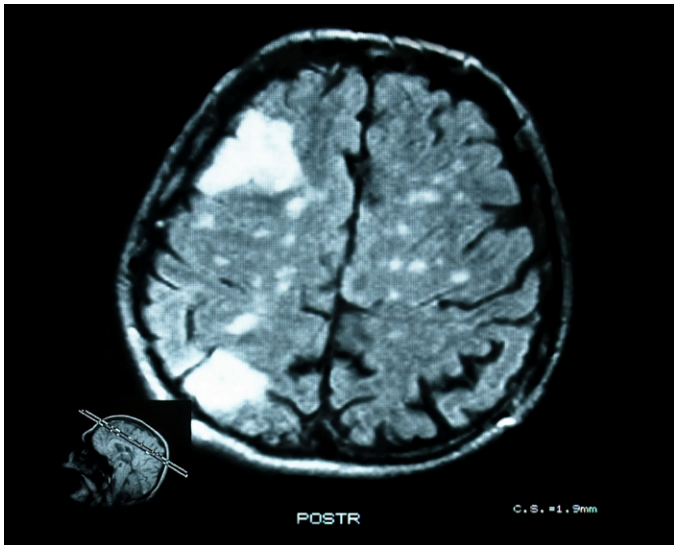
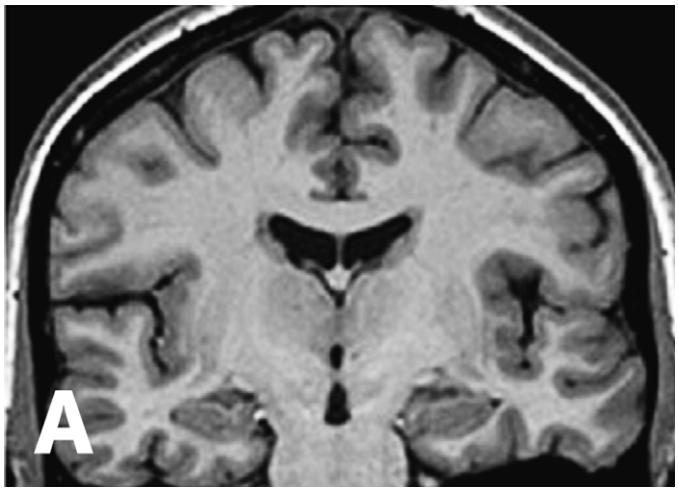
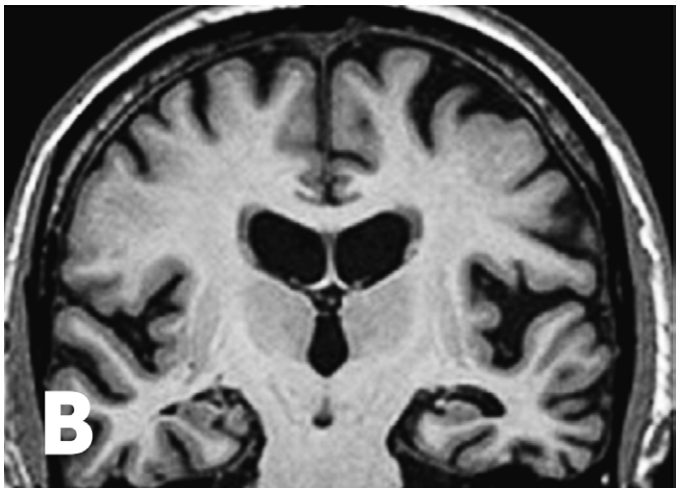


Imagen de resonancia magnética de una lesión cerebral



Cerebro en condiciones normales



Cerebro con la enfermedad de Alzheimer

La decisión sobre cuál técnica emplear siempre será del médico responsable de realizar el diagnóstico de la enfermedad, asimismo, no es recomendable realizarse exámenes sin previa autorización. Si bien hemos mostrado que algunas enfermedades pueden tener un diagnóstico más certero utilizando MRI, también el uso de ultrasonografías y rayos X pueden facilitar el diagnóstico de otro tipo de enfermedades y lesiones. Inclusive, algunos aspectos como tener clavos, prótesis, tornillos o placas metálicas, así como marcapasos o esquirlas pueden ser tomados en cuenta al momento de decidir si se debe o no aplicar una resonancia magnética.

C. Fuerza magnética (cargas puntuales)

La fuerza magnética, como se intuye, es la que aparece o se caracteriza por la interacción de un objeto con un campo magnético. En pocas palabras, esa fuerza que sentimos cuando intentamos separar dos imanes o despegar un imán de una superficie metálica. Habiéndola experimentado esta semana, ahora aprenderemos cómo se calcula.

Procedimiento:

1. Lee la información que se presenta a continuación.
2. Revisa los ejemplos de la sección *Así se calcula…* de la siguiente página (229).
3. Resuelve los ejercicios que se muestran en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 122

Para hablar con propiedad acerca de la fuerza magnética, primero es necesario que recordemos algunos aspectos esenciales de ella:

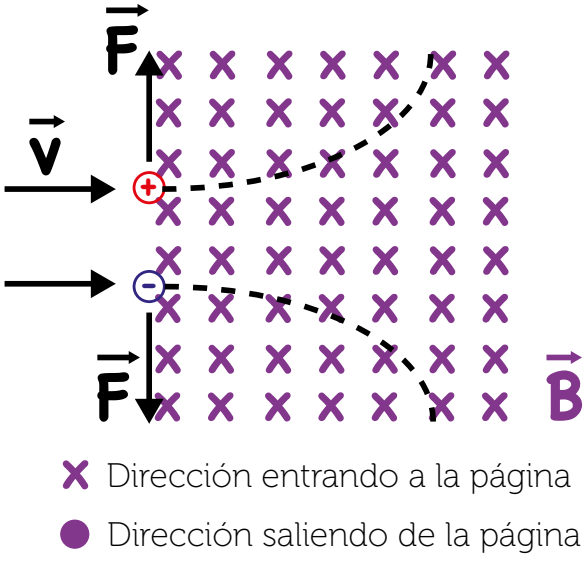
- Las cargas eléctricas pueden ser positivas, negativas o neutras.
- La unidad del Sistema Internacional para la carga eléctrica es el coulomb (C), lo anterior significa que podemos tener valores positivos y negativos.
- Generalmente la carga eléctrica tiene valores numéricos pequeños; por ejemplo, $2.4 \times 10^{-6}\ C$. En algunas ocasiones se utilizan prefijos para hacer más fácil su escritura, la cantidad anterior se puede expresar como $2.4\ \mu C$. El prefijo «micro» representado por la letra griega mu (μ) equivale a 1×10^{-6}.
- Por lo regular, se utiliza la calculadora científica para realizar los cálculos de estos valores. Dependiendo del modelo de las calculadoras, estas suelen presentar los botones: EXP, EE, x10 u otros.
- El campo magnético se representa por la letra $\vec{B}$ y usa como unidad el tesla (T).
- En un producto vectorial se utiliza la regla de la mano derecha, si no la recuerdas, acá volveremos a estudiarla.

Ahora sí estamos listos para comenzar a trabajar con los cálculos de la fuerza magnética. Primero, describiremos la fuerza magnética en una partícula cargada; la siguiente semana, escalaremos hasta hablar del motor de un vehículo eléctrico.

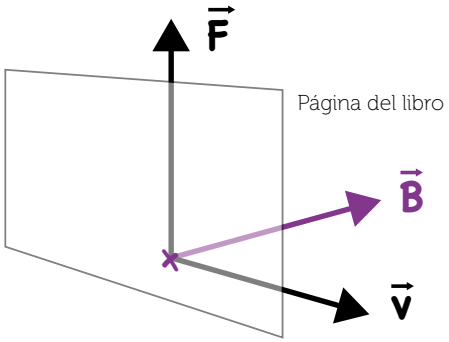
Si tenemos una partícula con carga q, la cual se mueve dentro de un campo magnético $\vec{B}$ a una velocidad $\vec{v}$, el modelado matemático que describe su fuerza es:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \qquad 7.2$$

Para entenderlo mejor, veamos una ilustración.



En la ilustración podemos ver dos partículas cargadas, una positiva y otra negativa, entrando en un campo magnético con dirección hacia adentro de la página. Al ser un producto vectorial, la dirección de la fuerza se determina por la regla de la mano derecha, esto hace que la fuerza apunte en dirección hacia arriba para la carga positiva. En 3 dimensiones, el esquema quedaría así:

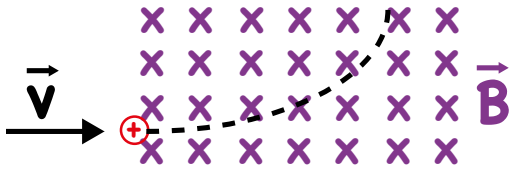


Así se calcula...

¿Cómo resolver ejercicios sobre fuerza magnética?
Aprendamos a hacerlo con dos sencillos ejemplos.

Ejemplo 1. Calcula la fuerza magnética que experimenta una partícula con carga $q = 5.5\ \mu C$ al atravesar un campo magnético de $B = 0.050\ T$ en dirección hacia adentro de la página, la partícula se dirige a una velocidad de $4.0\times10^{6}\ m/s$ hacia la derecha.

Solución. Es recomendable iniciar realizando un esquema.



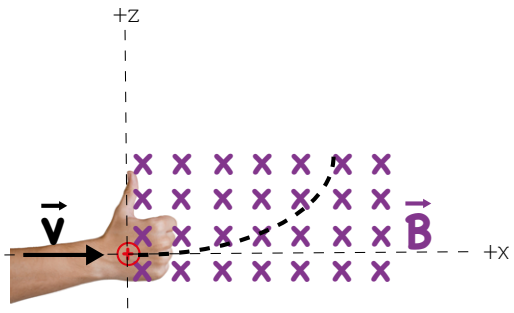
Los datos son:

$$q = 5.5 \times 10^{-6}\ C$$
$$B = 0.050\ T$$
$$v = 4.0 \times 10^{6}\ m/s$$

Utilizando la ecuación 7.2, sin la forma vectorial, tenemos:

$$F = qvB$$
$$F = (5.5 \times 10^{-6}\ C)(4.0 \times 10^{6}\ m/s)(0.050\ T)$$
$$\boldsymbol{F = 1.1\ N}$$

Solo nos falta encontrar la dirección del vector fuerza, utilizando la regla de la mano derecha, obtenemos:

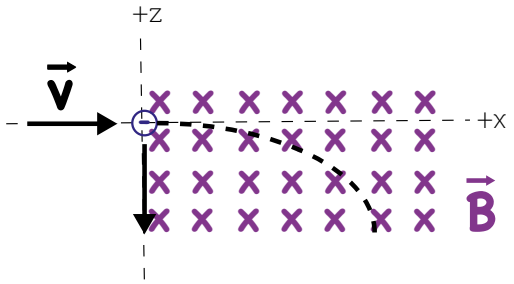


Recuerda que la dirección de los dedos apunta en la dirección de la velocidad $(+x)$ y se cierran en dirección al campo magnético $(+y$, entrando a la página) la dirección en la que apunta el pulgar es la dirección del vector fuerza. Así la respuesta sería:

$$\vec{F} = \boldsymbol{1.1\ N, con\ dirección\ +z}$$

Ejemplo 2. Retomando el mismo ejemplo anterior, considera que la carga eléctrica es de $q = -5.5\ \mu C$, todos los demás parámetros son los mismos.

Solución. Acá la situación es muy parecida, el esquema quedaría así:



Dado que son los mismos datos, al realizar el cálculo obtendremos los mismos valores, por lo que la respuesta numérica será de $1.1\ N$, al aplicar la regla de la mano derecha nos volverá a dar en dirección $+z$ pero considerando que la carga es negativa, el sentido cambia por lo que la respuesta sería:

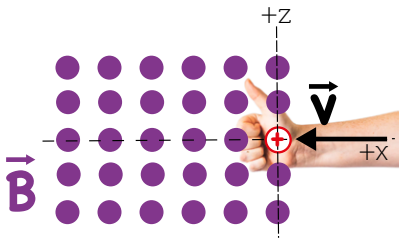
$$\vec{F} = 1.1\ N, con\ dirección\ -z$$

Ejemplo 3. Calcula la fuerza magnética que experimenta una partícula con carga $q = 6.3\ \mu C$ al atravesar un campo magnético de un equipo de resonancia magnética $B = 1.5\ T$ en dirección saliendo de la página. La partícula se dirige a una velocidad de $1.2 \times 10^{7}\ m/s$ hacia la izquierda.

Solución. Utilizando la ecuación 7.2 tenemos que:

$$F = qvB$$
$$F = (6.3 \times 10^{-6}\ C)(1.2\times10^{7}\ m/s)(1.5\ T)$$
$$\boldsymbol{F = 113.4\ N}$$

Para calcular la dirección, siempre con la regla de la mano derecha, obtenemos **+z**.



Indagación

Principio del motor

En los últimos años hemos escuchado mucho sobre vehículos eléctricos, pero, ¿cómo funcionan? ¿En qué se diferencian de los otros vehículos? ¿Será que solo los vehículos tienen motores eléctricos o existe otro tipo de maquinaria que los utilice? Durante la presente semana abordaremos los principios científicos que te permitirán responder estas y otras interrogantes.

A. Explorando el entorno

Durante la *Unidad 2* hablamos de máquinas térmicas y definíamos cómo a partir de una fuente de calor podíamos producir trabajo, o en términos generales, cómo podíamos usar el calor para producir movimiento. Según el *Diccionario de lengua española* (DLE), de la Real Academia Española (RAE), un motor se define como: *máquina destinada a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía*. Intentemos aplicar este concepto en situaciones reales.

Procedimiento:

1. Tomando en cuenta la definición anterior, analiza las siguientes imágenes y selecciona cuál o cuáles pueden considerarse que utilizan un motor. Argumenta tu selección en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 124

a. Bicicleta

b. Motocicleta

c. *Scooter*

d. Globo aerostático

2. Compara tus argumentos de selección con un compañero.

Si notas, todas las máquinas presentadas cumplen con el concepto de poseer un motor. La bicicleta usa como fuente de energía la fuerza aplicada por las piernas de la persona, la motocicleta utiliza un motor eléctrico o de combustible, la *scooter* utiliza la fuerza de las piernas o un motor eléctrico y el globo aerostático, el combustible que calienta el aire.

3. Enlista los aparatos de tu casa y tu centro educativo que utilicen algún motor.

Creatividad

B. Motor simple

Ahora que hay más claridad sobre qué es un motor, ¿qué te parece construir tu propio motor? Eso significa que vamos a generar movimiento a partir de una fuente de energía. Como hemos visto, hay muchas formas de lograrlo, a continuación, encontrarás dos procedimientos sencillos que pueden efectuarse con materiales fáciles de conseguir.

Materiales:

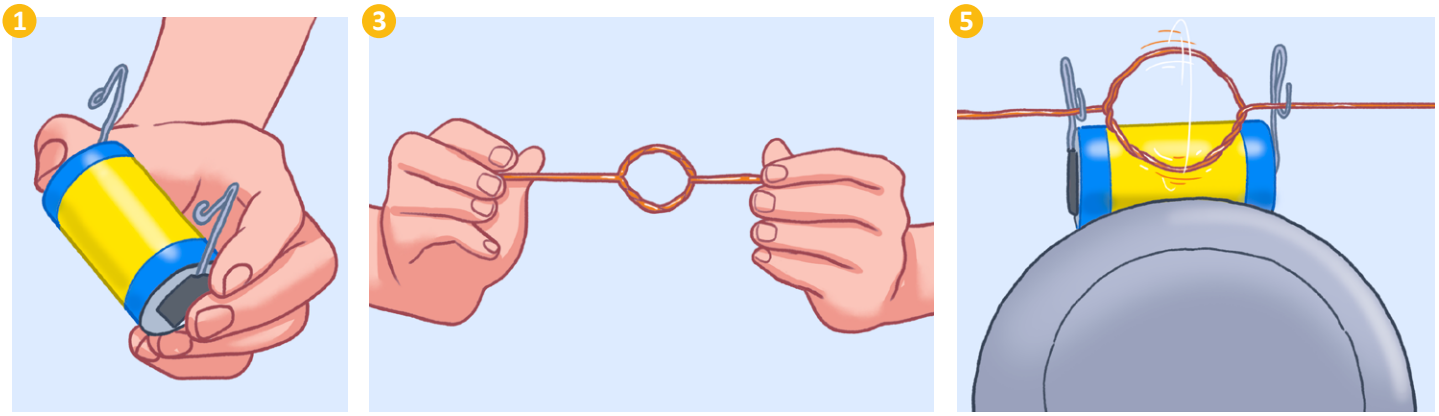
- Imán grande (puede ser de un parlante de bocina)
- Alambre de cobre para embobinar, puede ser calibre 24
- Batería (puede ser tipo D de $1.5\ V$, o una de $9\ V$)
- Dos clips no recubiertos
- Cinta adhesiva aislante
- Pinza para alambre y lija

Procedimiento

1. Dobla los clips en forma de gancho y adhiérelos a la batería en sus terminales positiva y negativa, respectivamente.
2. Utiliza la lija para pelar los extremos del alambre del cobre.
3. Elabora una bobina en forma de aro o dona.
4. Coloca la bobina apoyándose en los clips con los extremos que previamente has lijado.
5. Acerca el imán lentamente y observa lo que ocurre.

CARRO ELÉCTRICO

Progresivamente, más países van incorporando vehículos eléctricos, algunos completamente eléctricos y otros con sistemas híbridos.



6. Registra en tu Cuaderno de Trabajo guiándote con las preguntas:
   a. ¿La bobina se mueve al instante?
   b. ¿Con qué inconvenientes te encontraste?
   c. ¿Cómo solucionaste las dificultades a las que te enfrentaste?

p. 124

Si consideras que los pasos mostrados no son suficientes para realizar el procedimiento, puedes verlo completo escaneando el código QR de la derecha, donde no solo se encuentra el experimento del motor, sino que también otros experimentos muy interesantes.

Observa el experimento completo.
https://bit.ly/097S32a

C. Tu propio motor simple (variante)

El método presentado en la *actividad D* no es la única forma de construir un motor sencillo, pero en esencia los elementos que encontrarás frecuentemente son: a) el uso de una fuente de energía, generalmente una batería; b) una bobina, hecha de alambre de cobre de diferentes calibres; y c) un imán. Luego de eso encontrarás diferentes configuraciones para ubicar el imán o la batería. A continuación, probaremos algunas variantes para que elabores tu propio motor según tu creatividad.

Construcción de un motor simple.
https://bit.ly/097S32b

Procedimiento

p. 125

1. Busca en internet otras formas de crear un motor eléctrico sencillo, toma de ejemplo el QR de la izquierda.
2. Lista los materiales que aparecen y verifica si puedes conseguirlos.
3. Construye el motor eléctrico siguiendo los pasos realizados en la información recopilada.
4. Compara el motor que has construido con los otros motores de tus compañeros y responde a las preguntas en tu Cuaderno de Trabajo.

Como pudiste observar, para la construcción de un motor era fundamental contar con un imán y con un alambre por el cual pasara corriente eléctrica; si removíamos cualquiera de los dos, el motor dejaba de funcionar. ¿Por qué ocurre esto? ¿Qué relación guarda la fuerza magnética con el movimiento de la bobina? Para abordar estas preguntas necesitamos comprender cómo se comporta la fuerza magnética en un alambre conductor.

Así se hace...

De la unidad anterior aprendimos que la corriente eléctrica se define como carga en movimiento, es decir, carga respecto al tiempo, lo que nos lleva a deducir:

$$I = \frac{q}{t} \qquad 7.3$$

Si retomamos la ecuación 7.2 y consideramos los elementos de la ecuación 7.3, obtenemos lo siguiente:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = q\frac{\vec{L}}{t} \times \vec{B}$$

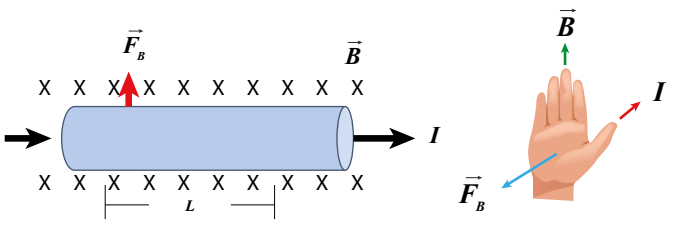
$$\vec{F} = \frac{q}{t}\vec{L} \times \vec{B}$$

$$\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B} \qquad 7.4$$

La ecuación 7.4 calcula la fuerza magnética para un alambre recto de longitud $\vec{L}$ a través de un campo magnético $\vec{B}$.

Es de notar que en la deducción de la ecuación 7.4 se hizo un paso donde la velocidad se consideró como $\vec{v} = \vec{L}/t$, es decir, longitud entre tiempo; se usó la letra L para hacer más fácil la resolución de los ejercicios con los que trabajaremos en este segmento, pero al final siempre se trata de longitud entre tiempo, por lo que seguiremos usando las unidades del SI de metros sobre segundo.

La regla de la mano derecha se sigue aplicando, pero en esta ocasión se hará de la siguiente manera:



D. Fuerza magnética en un alambre conductor

Ahora aprenderemos cómo calcular la fuerza magnética, pero en este caso en un alambre conductor.

p. 126

Procedimiento:

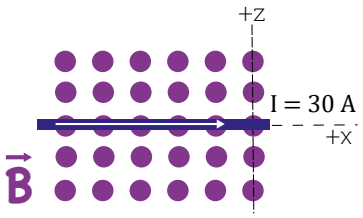
1. Lee la sección *Así se calcula…* que se presenta a continuación.
2. Desarrolla los ejercicios que aparecen en tu Cuaderno de Trabajo.

Así se calcula…

Fuerza magnética en un alambre conductor

Desarrollemos los siguientes ejercicios de cálculo.

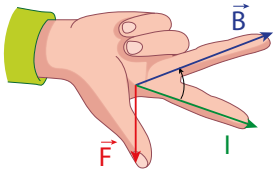
1. Encuentra la magnitud y dirección de la fuerza que actúa sobre $5.0\ cm$ de longitud de un alambre que se encuentra dentro de un campo magnético con dirección hacia fuera de la página y de magnitud $B = 0.80\ T$. Considera que el alambre transporta una corriente eléctrica de $30\ A$.



Solución. Para encontrar la magnitud de la fuerza magnética utilizamos la forma escalar de la ecuación 7.4, y adicionalmente convertimos los centímetros a metros en la longitud, por lo que nos queda:

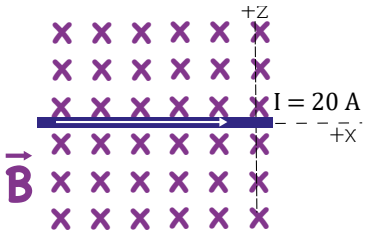
$$F = ILB$$
$$F = (30\ A)(0.05\ m)(0.80\ T)$$
$$\boldsymbol{F = 1.2\ N}$$

Utilizando la regla de la mano derecha, si apuntamos el pulgar en dirección de corriente y giramos la mano en dirección al campo magnético saliendo de la página, los dedos nos quedarán apuntando abajo, por lo que la dirección será hacia abajo, es decir $-z$.



La respuesta es: $\vec{\boldsymbol{F}} = \boldsymbol{1.2\ N}$ ***dirección*** $\boldsymbol{-z}$

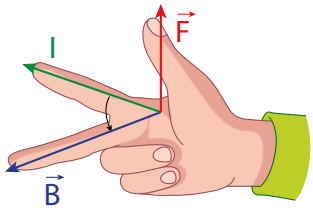
2. Encuentra la magnitud y dirección de la fuerza que actúa sobre $3.5\ cm$ de longitud de un alambre que se encuentra dentro de un campo magnético con dirección hacia dentro de la página y de magnitud $B = 0.75\ T$. Considera que el alambre transporta una corriente eléctrica de $20\ A$.



Solución. Para encontrar la magnitud de la fuerza magnética utilizamos la forma escalar de la ecuación 7.4, y adicionalmente convertimos los centímetros a metros en la longitud, por lo que nos queda:

$$F = ILB$$
$$F = (20\ A)(0.035\ m)(0.75\ T)$$
$$\boldsymbol{F = 0.53\ N}$$

Utilizando la regla de la mano derecha, si apuntamos el pulgar en dirección de corriente y giramos la mano en dirección al campo magnético entrando a la página, el dedo pulgar quedará apuntando arriba, por lo que la dirección será $+z$.



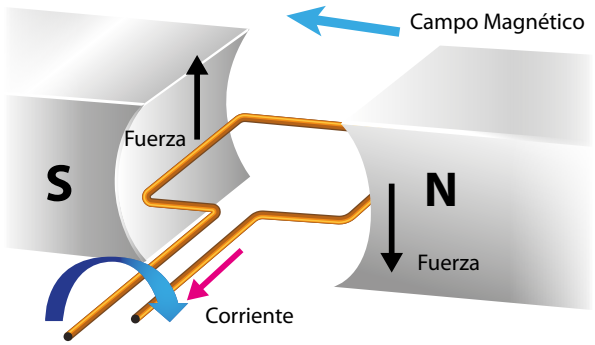
La respuesta es: $\vec{\boldsymbol{F}} = \boldsymbol{0.53\ N}$ ***dirección*** $\boldsymbol{+z}$

E. Motor eléctrico

En el ejemplo pudimos calcular la fuerza magnética, pero algo que nos interesa especialmente es la dirección a la que apunta la fuerza. Tal y como comprobamos con la regla de la mano derecha, la dirección era hacia abajo, pero, ¿qué hubiera ocurrido si la corriente fuera en dirección contraria? Nos hubiera dado como resultado que la fuerza apuntaría hacia arriba.

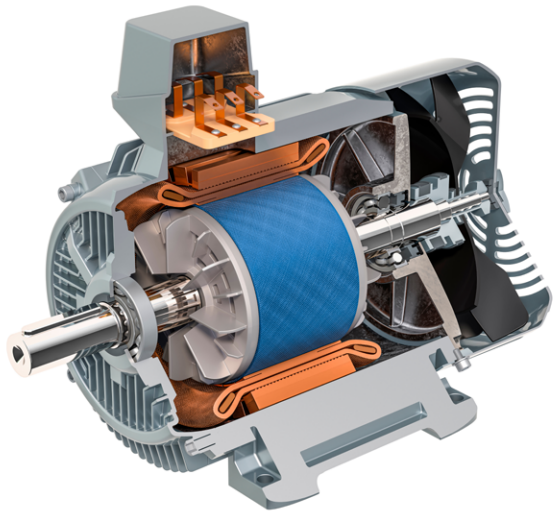
Procedimiento:

1. Ten en cuenta la dirección de la fuerza para analizar el siguiente esquema. Luego, continúa leyendo los textos.



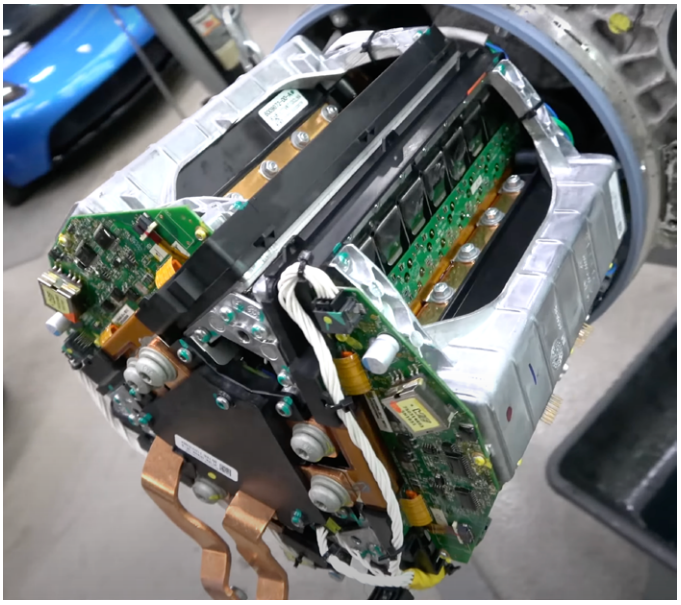
La parte del alambre cerca del polo norte se comporta como el ejemplo, es decir, la fuerza hacia abajo, mientras que en el otro extremo la fuerza va hacia arriba; como resultado, la espira empieza a rotar y, ¡listo, ya tenemos un motor!

Claro, este es el fundamento de cómo se genera el movimiento, pero un motor eléctrico como tal es más complejo que la imagen anterior y se parece más a la siguiente imagen.



2. Contesta en tu Cuaderno de Trabajo, ¿alguna vez has visto un motor eléctrico? ¿Dónde lo has visto?

p. 127



Así se ve el motor eléctrico de un vehículo.

3. Lee las partes principales de un motor eléctrico:
   - **Estator**. El estator es la parte fija del motor y está compuesto por un conjunto de bobinas de alambre. Las bobinas están dispuestas en un patrón específico para crear el campo magnético giratorio.
   - **Rotor**. El rotor es la parte móvil del motor y está compuesto por un conjunto de imanes permanentes. Los imanes permanentes están dispuestos en un patrón específico para interactuar con el campo magnético giratorio del estator.
   - **Eje.** El eje central del motor está conectado a las ruedas.
   - **Rodamientos**. Los rodamientos sostienen el eje y permiten que gire sin fricción.
   - **Refrigeración**. Los motores eléctricos están refrigerados por líquido para evitar que se sobrecalienten.

Otro componente importante es el **inversor**, que convierte la corriente directa de las baterías en corriente alterna para que el motor pueda funcionar correctamente.

En general, podemos listar algunas ventajas y desventajas de los vehículos eléctricos:

Ventajas

- Menos contaminación. Los vehículos eléctricos no emiten gases de efecto invernadero, lo que los convierte en una opción más ecológica para la movilidad.
- Menos ruido. Son mucho más silenciosos que los vehículos de gasolina o diésel, lo que los hace más agradables al entorno al no producir contaminación sonora.
- Menos mantenimiento. Esto es así porque tienen menos piezas móviles comparados con los de gasolina y diésel.
- Beneficios fiscales. En algunos países se pueden exonerar impuestos o tasas más bajas en la importación de estos vehículos.

Desventajas

- Precio. Los vehículos eléctricos suelen costar más que los vehículos de gasolina o diésel.
- Autonomía. Es menor que la de los vehículos de gasolina o diésel.
- Red de carga. La red de carga de vehículos eléctricos aún está en desarrollo, por lo que puede ser difícil encontrar estaciones de carga en algunos lugares.

F. Debate

Para finalizar, organizaremos un debate sobre el uso de vehículos eléctricos y vehículos de gasolina o diésel.

Procedimiento:

1. Conforma equipos de hasta cinco integrantes.
2. Tu docente te asignará una de las posturas siguientes y cada equipo solo podrá defender la postura asignada:
   - Beneficios de vehículos eléctricos sobre los vehículos de combustibles fósiles.
   - Beneficios de los vehículos de combustibles fósiles sobre los vehículos eléctricos.
3. Asignada la postura, tu equipo tendrá entre tres y siete días para preparar sus argumentos.
   Se recomienda que cada argumento se respalde en fuentes bibliográficas para poder citarlas en el debate. Por ejemplo: «según una investigación de…», «La Organización Mundial de la Salud dice…», «En el último reporte de…». Se sugiere leer mucho, tanto en foros como notas periodísticas, o visionar documentales.
4. En tu Cuaderno de Trabajo encontrarás apartados para guiarte en el debate. p. 128
5. El día del debate tu docente elegirá un moderador, por ejemplo, el presidente de la clase. Este garantizará que se cumpla con los tiempos y los turnos para que cada equipo argumente.
6. Durante el debate se tendrá dos tiempos, en los cuales abordarás dos enfoques principales: económicos y ambientales. La distribución del tiempo será así:

Argumentos económicos			
Equipo A	Argumentos iniciales	3 min	Estudiante A1
Equipo B	Argumentos iniciales	3 min	Estudiante B1
Equipo A	Réplica o contraargumento	3 min	Estudiante A2
Equipo B	Réplica o contraargumento	3 min	Estudiante B2

Argumentos ambientales			
Equipo A	Argumentos iniciales	3 min	Estudiante A3
Equipo B	Argumentos iniciales	3 min	Estudiante B3
Equipo A	Réplica o contraargumento	3 min	Estudiante A4
Equipo B	Réplica o contraargumento	3 min	Estudiante B4

Argumentos finales			
Equipo A	Argumento de cierre	1 min	Estudiante A5
Equipo B	Argumento de cierre	1 min	Estudiante B5

Resumen

En esta unidad hemos abordado las aplicaciones tecnológicas del magnetismo. Como son muchas, nos hemos enfocado en tres:

- Aplicaciones en la geología
- Aplicaciones en la medicina
- Aplicaciones en la industria

De las aplicaciones en geología estudiamos principalmente algunas rocas y minerales con propiedades magnéticas, especialmente por su contenido de hierro, pero también por su origen, particularmente las rocas ígneas. Esto se debe a que durante el proceso de enfriamiento de la roca los átomos de hierro se alinean con el campo magnético de la Tierra, dando como resultado un imán permanente.

Dada esta relación entre la temperatura y el magnetismo, Pierre Curie estableció en 1895 que un material puede perder sus propiedades magnéticas si aumentamos su temperatura, es decir, se cumple la relación inversa a mayor temperatura menor magnetismo. La temperatura a la cual se pierden las propiedades magnéticas se conoce como temperatura de Curie, y algunos valores para algunos elementos y sustancias son:

Material	Temperatura (K)	Temperatura ($°C$)
Fe	1 043	770
Co	1 400	1 130
Ni	627	354
$MnBi$	630	357
$MnSb$	587	314

También se mencionó que el magnetismo es una propiedad presente en todo el sistema solar. En resumen, cinco de los ocho planetas tienen un campo magnético: Tierra, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, un planeta lo tiene muy débil: Marte, y dos no tienen campo magnético: Mercurio y Venus. De todos, Júpiter es el que tiene el campo magnético de mayor intensidad.

Las aplicaciones en medicina también fueron muy interesantes, pues logramos entender cómo equipos especializados pueden obtener imágenes, específicamente hablamos de la resonancia magnética.

Durante la semana vimos la importancia que tiene el magnetismo para un diagnóstico correcto, sobre todo cuando se necesita que la resolución o los detalles sean más específicos, como en el caso de algunos tipos de cáncer.

Por último, estudiamos las aplicaciones relacionadas con la industria, específicamente la automovilística. Nos centramos en hablar de los vehículos eléctricos, sobre los cuales expusimos algunas ventajas y desventajas, e hicimos una actividad de cierre en la que pudiste investigar y sacar tus conclusiones sobre esa temática. No es un debate finalizado, ya que en diferentes niveles políticos, económicos y ambientes la discusión continúa.

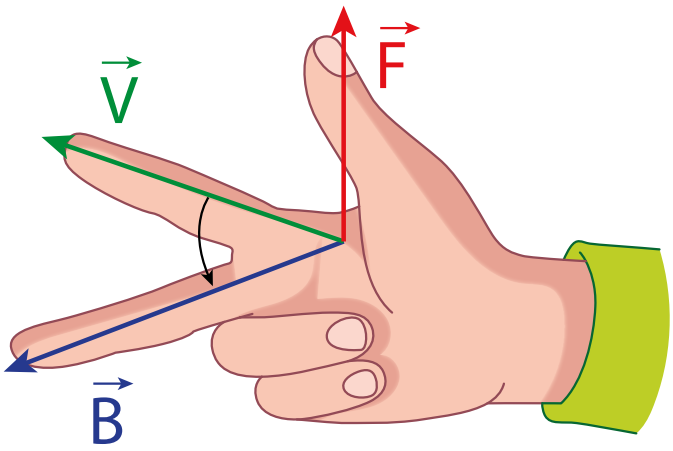
En la parte matemática, definimos las magnitudes físicas con su respectiva simbología y unidades, así como las ecuaciones que nos permiten realizar cálculos. Efectuamos ejercicios tomando las siguientes representaciones:

$\vec{B}$: **campo magnético.** Es un vector del cual en algunos ejercicios se usa una ilustración de punto (•) si va saliendo de la página o de una equis (X) si va entrando a la página. También, si se tiene un imán del cual conocemos sus polos norte y sur, la dirección del campo siempre será desde el polo norte hacia el polo sur. La unidad de medida según el SI es tesla (T).

ϕ: **flujo magnético.** Es una cantidad escalar que nos permite determinar la cantidad de campo magnético que atraviesa un área determinada. La unidad de medida es el weber (Wb).

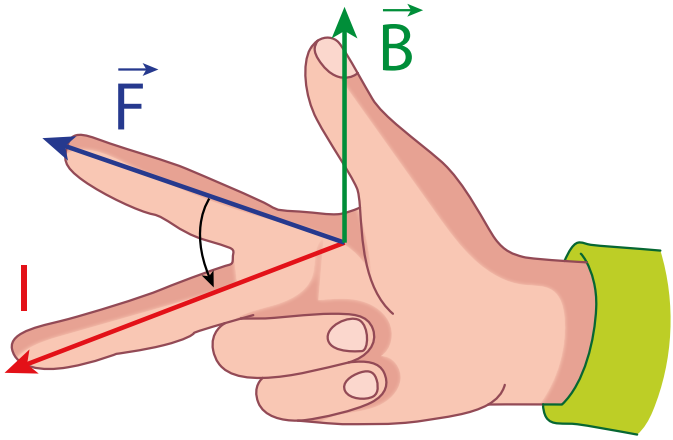
$\vec{F}$: **fuerza.** En esta unidad en particular, fuerza magnética. Vimos dos casos específicos, uno para una partícula cargada y otra para un alambre con corriente eléctrica. La unidad de la fuerza según el SI es el newton (N).

Para la fuerza magnética sobre una partícula cargada utilizamos la ecuación $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$, donde q es la carga de la partícula en unidades de coulomb (C), $\vec{v}$ la velocidad de la partícula y para calcular la dirección del vector fuerza utilizamos la regla de la mano derecha.

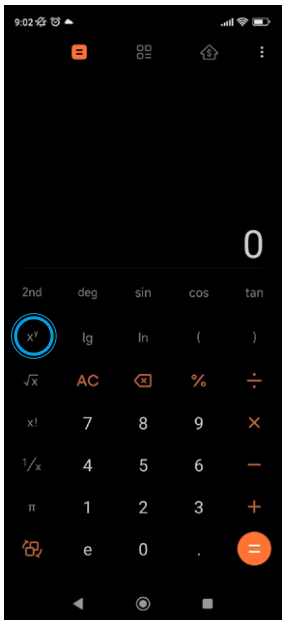


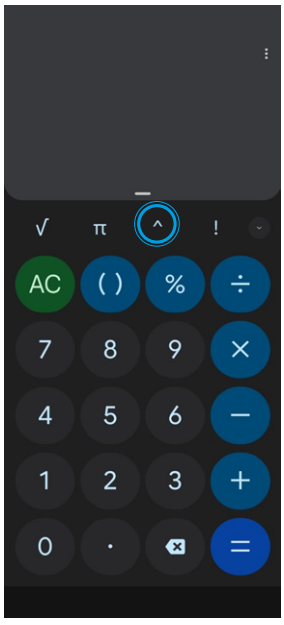
En el caso de la fuerza magnética para un cable conductor, definimos el modelado matemático de la siguiente manera $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$. Si notas, es muy parecida a la ecuación para una partícula, pero como medir una partícula es complicado (o mejor dicho, se requiere equipo especializado), la fuerza se puede calcular utilizando parámetros macroscópicos como una longitud o la corriente eléctrica.

También para este modelo se sigue utilizando la regla de la mano derecha que vimos anteriormente. En esencia, se sustituye la dirección de la velocidad por la dirección de la corriente eléctrica, por lo que obtenemos:



Por último, recuerda el uso de la potencia cuando trabajes los ejercicios. En la semana te mencionamos algunos botones que aparecen en las calculadoras científicas, pero si usas principalmente el teléfono como calculadora, estos son algunos ejemplos de los botones de potencia:



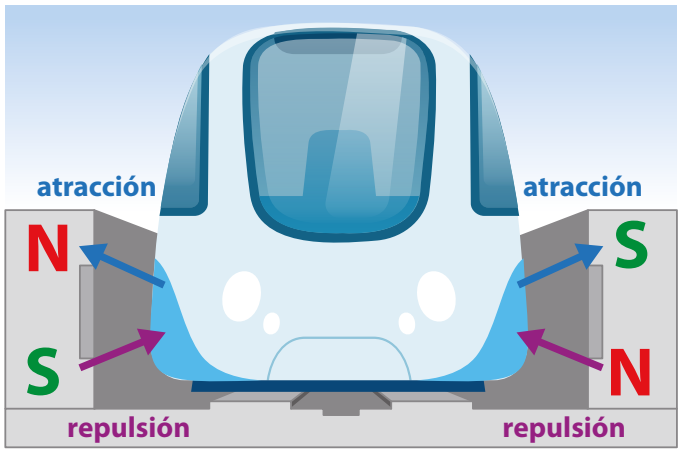


Trenes de levitación magnética

Los trenes de levitación magnética, también conocidos como maglev, son un tipo de transporte público que utiliza la fuerza magnética para levitar y mover los vehículos sobre un riel. Se caracterizan por su alta velocidad, bajo nivel de ruido y emisiones contaminantes, y la comodidad para los pasajeros.

Los trenes maglev utilizan dos tipos de fuerzas magnéticas para levitar: atracción y repulsión. En la parte inferior del tren hay un sistema de electroimanes que generan un campo magnético. En la parte superior del tren hay un sistema de imanes permanentes que producen un campo magnético opuesto. La interacción entre estos dos campos crea una fuerza de repulsión que eleva el tren unos pocos centímetros sobre el riel.

Una vez que el tren está levitando, se utiliza un sistema de motores eléctricos para impulsarlo. Estos motores están ubicados en la parte inferior del tren y lo empujan. La fricción entre el tren y el riel es mínima, lo que permite que el tren alcance altas velocidades.



Los trenes maglev pueden alcanzar velocidades muy altas. El récord mundial de velocidad lo tiene el tren maglev chino, que alcanzó los 603 kilómetros por hora. Otros trenes maglev pueden alcanzar velocidades de hasta 500 kilómetros por hora.

Los trenes maglev tienen varias ventajas sobre otros tipos de transporte público, como los trenes convencionales o los aviones.

- Alta velocidad. Los trenes maglev pueden alcanzar velocidades muy altas, lo que los hace ideales para viajes de larga distancia.
- Bajo nivel de ruido y emisiones contaminantes. Los trenes maglev son muy silenciosos y no producen emisiones contaminantes, lo que los hace más respetuosos con el ambiente.
- Comodidad para los pasajeros. Los trenes maglev son muy cómodos para los pasajeros, ya que no hay vibraciones ni golpes.

Sin embargo, los trenes maglev también tienen algunas desventajas:

- Costo de construcción. La construcción de una línea de tren maglev es muy costosa.
- Limitado alcance. Los trenes maglev solo pueden operar en líneas predeterminadas, lo que limita su alcance.

Los trenes de levitación magnética tienen el potencial de revolucionar el transporte público. Sus altas velocidades, bajo nivel de ruido y emisiones contaminantes, y comodidad para los pasajeros los convierten en una alternativa atractiva a otros tipos de transporte. En los próximos años, es probable que veamos un aumento en la construcción de líneas de tren maglev en todo el mundo.

Carga inalámbrica

La tecnología de carga inalámbrica utilizada para cargar teléfonos y *smartwatch* utiliza el magnetismo para transferir energía. Esta tecnología se basa en el principio de la inducción electromagnética, que dice que un campo magnético cambiante puede generar una corriente eléctrica en un conductor.

En el caso de la carga inalámbrica, el dispositivo que se está cargando, como un teléfono o un *smartwatch*, tiene un bobinado de cobre que se convierte en un receptor de energía. El cargador inalámbrico, por su parte, tiene un bobinado de cobre que se convierte en un transmisor de energía.

Cuando el dispositivo se coloca sobre el cargador, los dos bobinados se alinean y crean un campo magnético entre ellos. El campo magnético cambiante del transmisor induce una corriente eléctrica en el receptor, que luego se utiliza para cargar la batería del dispositivo.

La carga inalámbrica magnética se ha convertido en una tecnología cada vez más popular en los últimos años. Es una forma conveniente de cargar dispositivos sin tener que conectarlos a un cable. Además, la carga inalámbrica magnética es segura y no produce calor.

Los teléfonos y los *smartwatch* que son compatibles con la carga inalámbrica magnética suelen tener un símbolo de bobina de cobre en la parte posterior. Este símbolo indica que el dispositivo puede cargarse de forma inalámbrica.

La carga inalámbrica magnética tiene algunas ventajas y desventajas. Una de sus principales ventajas es que es conveniente y fácil de usar. Sin embargo, la carga inalámbrica magnética también tiene algunas desventajas. Una de sus principales desventajas es que es menos eficiente que la carga con cable. Además, la carga inalámbrica magnética puede ser más costosa que la carga con cable.

A pesar de sus desventajas, la carga inalámbrica magnética es una tecnología que está ganando cada vez más popularidad. Es una forma conveniente y segura de cargar dispositivos sin tener que conectarlos a un cable.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Radiología e Imágenes

Bachilleratos sugeridos:
general, salud.

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. Profesional con capacidad para trabajar en equipo multidisciplinario cuyos conocimientos podrán ser aplicables para contribuir al diagnóstico y tratamiento médico mediante la práctica de procedimientos y técnicas para estudios imagenológicos.

La Licenciatura en Radiología e Imágenes ofrece las bases para desempeñarse laboralmente en las siguientes áreas:

- En toda la red nacional de hospitales públicos y privados que cuenten con departamentos de radiología e imágenes, medicina nuclear y radioterapia.
- En instituciones que desarrollen investigaciones, participando en el diseño y ejecución de proyectos de investigaciones operativas, en el área de radiología e imágenes, medicina nuclear y radioterapia.
- En instituciones de educación superior (IES), participando en procesos de formación en el área de radiología e imágenes.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

GOBIERNO DE
EL SALVADOR

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN