

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO  
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
PLANTEL ORIENTE**

**GUÍA PARA EXAMEN  
EXTRAORDINARIO  
DE FÍSICA I**

**ELABORARON:**

**LEONARDO GABRIEL CARRILLO CONTRERAS  
ALEJANDRO COLORADO GONZÁLEZ  
GENARO GARCÍA PELÁEZ  
ANA LAURA IBARRA MERCADO  
MARÍA ESTHER RODRÍGUEZ VITE  
GONZALO VÍCTOR ROJAS CARDENAS  
JORGE PASCUAL RUIZ IBANEZ  
JOSÉ LUIS VILLARREAL AGUIRRE  
CARLOS ALBERTO VILLARREAL RODRÍGUEZ**

**Agosto de 2025**

# Índice

Introducción .....	I
Estructura del material .....	I
Sugerencias al: .....	II
<i>Alumnado</i> .....	II
<i>Profesorado</i> .....	II
PROGRAMA DE FÍSICA I .....	III
<i>DATOS DE LA ASIGNATURA</i> .....	III
<i>PROPÓSITOS GENERALES DE LA ASIGNATURA DE FÍSICA I</i> .....	III
<i>CONTENIDOS TEMÁTICOS</i> .....	IV
UNIDAD 1. INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA.....	1
Presentación de la unidad .....	1
IMPORTANCIA DE LA FÍSICA .....	1
<i>Objeto y áreas de estudio de la Física</i> .....	1
<i>Física, tecnología y sociedad</i> .....	3
<i>Aportes de grupos no hegemónicos: mujeres, países del sur global, grupos étnicos</i> .....	4
FÍSICA: RELACIÓN TEORÍA–EXPERIMENTO .....	5
<i>Mediciones directas e indirectas</i> .....	6
<i>Sistema internacional de unidades</i> .....	7
<i>Sistemas físicos: variables, parámetros y constantes físicas</i> .....	11
<i>Construcción y contrastación de modelos matemáticos</i> .....	14
UNIDAD 2. Mecánica de la partícula .....	19
Presentación de la unidad .....	19
MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME (MRU) Y SU REPRESENTACIÓN GRÁFICA .....	19
<i>Partícula</i> .....	20
<i>Sistema de referencia</i> .....	20
<i>Posición, desplazamiento y distancia</i> .....	21
<i>Velocidad y rapidez</i> .....	23
MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME ACELERADO (MRUA) .....	26
<i>Aceleración</i> .....	26
<i>Caída libre</i> .....	29
<i>Tiro vertical</i> .....	30

<b>LEYES DE NEWTON .....</b>	<b>32</b>
<i>Primera ley de Newton.....</i>	<i>33</i>
<i>Movimiento con fuerza resultante cero .....</i>	<i>33</i>
<i>Inercia, masa inercial y sistemas inerciales.....</i>	<i>34</i>
<i>Segunda ley de Newton .....</i>	<i>36</i>
<i>Relación entre fuerza, masa, aceleración y cantidad de movimiento lineal .....</i>	<i>36</i>
<i>Movimiento bajo fuerza constante.....</i>	<i>37</i>
<i>Diagrama de cuerpo libre .....</i>	<i>39</i>
<i>Tercera Ley de Newton .....</i>	<i>41</i>
<i>Interacciones entre pares de partículas en una dimensión .....</i>	<i>42</i>
<i>Principio de conservación del movimiento.....</i>	<i>43</i>
<b>MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME .....</b>	<b>45</b>
<i>Desplazamiento angular y desplazamiento lineal.....</i>	<i>45</i>
<i>Rapidez angular y rapidez lineal .....</i>	<i>46</i>
<i>Aceleración centrípeta y fuerza centrípeta.....</i>	<i>47</i>
<i>Frecuencia y periodo .....</i>	<i>47</i>
<b>MOVIMIENTO PLANETARIO .....</b>	<b>51</b>
<i>Modelos del movimiento planetario, Ptolomeo, Copérnico y Kepler .....</i>	<i>51</i>
<i>Leyes de Kepler .....</i>	<i>52</i>
<b>LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL.....</b>	<b>55</b>
<i>Fuerza de atracción gravitacional.....</i>	<i>55</i>
<i>Masa y peso.....</i>	<i>56</i>
<i>Síntesis Newtoniana .....</i>	<i>56</i>
<b>TRABAJO.....</b>	<b>58</b>
<i>Trabajo con fuerza constante.....</i>	<i>58</i>
<i>Potencia.....</i>	<i>59</i>
<b>ENERGÍA MECÁNICA Y SU CONSERVACIÓN .....</b>	<b>61</b>
<i>Energía cinética .....</i>	<i>62</i>
<i>Energía Potencial.....</i>	<i>63</i>
<i>Energía potencial elástica .....</i>	<i>63</i>
<i>Conservación de la Energía mecánica y disipación de la energía .....</i>	<i>64</i>
<b>UNIDAD 3. Energía: Fenómenos térmicos, tecnología, ambiente y sociedad .....</b>	<b>68</b>
Presentación de la unidad .....	68
<b>ENERGÍA: SU TRANSFERENCIA Y CONSERVACIÓN .....</b>	<b>68</b>
<i>Temperatura y equilibrio térmico: termómetro, interpretación estadística .....</i>	<i>69</i>

<b>Temperatura y su medición: escalas centígrada y Kelvin</b> .....	69
<b>Calor</b> .....	70
<b>Ecuación calorimétrica. Calor sensible, calor específico y calor latente</b> .....	74
<b>Energía interna de un sistema</b> .....	77
<b>Cambios de energía interna por calor y trabajo mecánico</b> .....	77
<b>Energía y su conservación: primera ley de la termodinámica</b> .....	77
<b>ENERGÍA: SU TRANSFORMACIÓN, APROVECHAMIENTO Y DEGRADACIÓN</b> .....	79
<b>Máquinas térmicas</b> .....	79
<b>Eficiencia de una máquina térmica</b> .....	81
<b>Entropía e irreversibilidad</b> .....	85
<b>ENERGÍA: USOS, CONSECUENCIAS SOCIALES Y AMBIENTALES</b> .....	87
<b>Fuentes de energía: sostenibilidad, impacto económico, social y ambiental</b> .....	88
<b>Energías alternativas: eólica, solar, geotérmica, biomasa, mareomotriz, nuclear, celdas de hidrógeno, entre otras</b> .....	89
<b>Uso responsable de la energía: hogar, industria, agricultura, transporte y cuidado del medio ambiente</b> .....	91
<b>Actividades de autoevaluación</b> .....	93
<b>UNIDAD 1</b> .....	93
<b>UNIDAD 2</b> .....	94
<b>UNIDAD 3</b> .....	98
<b>Bibliografía</b> .....	101
<b>BÁSICA</b> .....	101
<b>COMPLEMENTARIA</b> .....	101
<b>ENERGÍA: USOS, CONSECUENCIAS SOCIALES Y AMBIENTALES</b> .....	101

## Introducción

La presente guía de estudios de Física I para examen extraordinario de los Programas de Estudio 2024, fue elaborada de manera colegiada por un grupo de trabajo conformado por profesores del Plantel Oriente.

Ante la puesta en práctica de los Programas de Estudio 2024, y en particular el de Física I, aprobado por el H. Consejo Técnico de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (**ENCCH**), en su sesión extraordinaria del 27 de junio de 2024, los autores, advertimos la necesidad de diseñar materiales que sirvan como base para elaborar, por parte de los docentes, el examen extraordinario de Física I y, que el alumnado cuente con una guía para preparar el examen de dicha asignatura.

En su elaboración, consideramos entre otros aspectos primordiales, el Modelo Educativo del Colegio (**MEC**), así como el programa de Física I (ajustado 2024), por consiguiente, el aprendizaje del alumnado será congruente con estos, promoviendo calidad en su formación y el incremento de la eficiencia terminal.

La guía incluye sugerencias sobre su manejo, tanto para el estudiantado como para el profesorado que elabora el instrumento de evaluación. Se organiza, presentando cada una de las unidades, se incluye una breve presentación, propósitos de la unidad, temática y subtemas desarrollados, aprendizajes por cubrir, ejemplos y propuestas de actividades de aprendizajes que el alumnado realizará.

Más adelante se incorpora una bibliografía para el estudiantado, distribuida en básica y complementaria. En seguida una autoevaluación, la cual, como su nombre lo indica, tiene como propósito que el alumnado verifique los aprendizajes logrados en cada uno de los temas del programa.

Los autores esperamos que este material cubra la necesidad de tener una guía de estudios acorde con el programa referente y sea de utilidad a los alumnos que presentarán el examen extraordinario de Física I, así como, a los docentes que utilicen el material para elaborar dicho examen.

## Estructura del material

Este material cuenta con diversos elementos que tienen el objetivo de promover los aprendizajes relacionados con Introducción a la Física, Mecánica y Termodinámica, correspondientes a las unidades temáticas de la asignatura de Física I.

- Preguntas que estimulan el desarrollo de la intuición física.
- Planteamiento de situaciones que contextualizan los fenómenos.
- Actividades que buscan fomentar el análisis, reflexión y argumentación.
- Ejercicios que promueven el desarrollo de estrategias de resolución de problemas.
- Recursos electrónicos como videos y simuladores para profundizar los temas.
- Ejercicios de autoevaluación.

La guía cuenta con indicadores de recursos, los cuales permitirán identificar al estudiantado los elementos de la guía, entre los cuales se puede reflejar las actividades propuestas, las actividades de evaluación, los simuladores o los materiales de consulta. Con esto se espera que puedan tener una mejor comprensión del material.

## **Sugerencias al:**

### ***Alumnado***

- Haz una lectura general de la guía con el propósito de conocer su contenido y formato.
- Te aconsejamos seguir la secuencia de unidades y temas en el orden que se presenta con el fin de un mejor entendimiento.
- Estudia los contenidos que se incluyen, analiza los ejemplos resueltos, continúa después con las actividades de aprendizaje, por último, resuelve la sección de autoevaluación.
- Te recomendamos consultes la bibliografía, así como los videos que proponemos en esta guía, para ampliar tu aprendizaje.
- Es importante que respondas las actividades sin recurrir a la Inteligencia Artificial (IA), ya que tienen la finalidad de mostrar tu avance en los aprendizajes al finalizar las actividades propuestas.
- Es recomendable que las actividades de aprendizaje las hagas en hojas aparte. No olvides anexarlas a tu cuadernillo al finalizarlas.
- En caso de que tengas dudas, acude al Programa Institucional de Asesorías (PIA), del Plantel y agenda una asesoría, ya sea para que te despejen dudas o amplíen la explicación de algún concepto.
- Para tener éxito en tu examen, es necesario que estudies y resuelvas toda la guía, ¡Sé constante!

**IMPORTANTE:** Para tener derecho a presentar el examen extraordinario, es requisito indispensable entregar el día del examen al profesor que lo aplica la guía resuelta (todas las actividades de cada unidad y la autoevaluación, lo puedes hacer en hojas aparte) y sellada por el Área de Ciencias Experimentales.

### ***Profesorado***

- Antes de elaborar el examen extraordinario te sugerimos hagas una lectura general de la guía con el propósito de conocer su contenido y formato.
- No se ha pretendido dar por acabado los contenidos temáticos y sus correspondientes aprendizajes, sólo se presenta la parte básica de cada uno de ellos.
- Te recomendamos seguir la secuencia de unidades en el orden que se muestra, con el propósito de que el alumnado que presente el examen no se desoriente o confunda.
- Considera la profundidad presentada en esta guía al elaborar el examen.
- De ser posible, te proponemos que la resolución completa de la guía sea parte de la evaluación del examen, es decir, asígnele un puntaje.

**PROGRAMA DE FÍSICA I**  
**DATOS DE LA ASIGNATURA**

<b>Bachillerato: 3° semestre.</b>	<b>Créditos: 10</b>
<b>Área: Ciencias Experimentales</b>	<b>Horas por clase: 2, 2, 1</b>
<b>Plan de estudios: 1996</b>	<b>Horas por semestre: 80</b>
<b>Programa: de estudio 2024</b>	<b>Clases por semana: 3</b>
<b>Clave de la asignatura: 1302</b>	

**PROPÓSITOS GENERALES DE LA ASIGNATURA DE FÍSICA I**

**El alumnado:**

1. Valorará a la Física como ciencia útil, por medio de la aplicación de la metodología científica, para contribuir al desarrollo social y tecnológico de México.
2. Comprenderá los modos de acercamiento de la Física al conocimiento de la naturaleza, aplicando la metodología experimental y elaboración de modelos para explicar su entorno con bases científicas.
3. Desarrollará habilidades de búsqueda, selección y análisis de información, así como de expresión oral y escrita, por medio de investigaciones experimentales y documentales para mejorar la comunicación de sus ideas.
4. Comprenderá que la física se construye y avanza a la par con el apoyo de otras ciencias y la tecnología, en contextos históricos, sociales y económicos específicos, por medio del análisis de las interrelaciones de estos elementos para evitar concepciones erróneas de la ciencia y la Física en particular.
5. Reconocerá que el desarrollo y uso del conocimiento científico debe estar guiado y normado por bases éticas, a través de hechos históricos que han marcado a la humanidad para asumir una actitud responsable aplicación del conocimiento científico.
6. Aplicará las leyes del movimiento de una partícula, así como de la gravitación universal, a través de actividades experimentales y medios digitales, para entender que estas representan una primera síntesis en el estudio del movimiento que da soporte a la física.
7. Entenderá que la energía se transfiere, transforma, se conserva y que su disipación implica limitaciones en su aprovechamiento, mediante actividades experimentales, uso de simuladores y proyectos de investigación escolar para promover el uso racional y sostenible de la energía.

## **CONTENIDOS TEMÁTICOS**

### **Unidad 1. Introducción a la Física (10 horas)**

**Temas:** Importancia de la Física

Física: Relación teoría-experimento

### **Unidad 2. Mecánica de la partícula (40 horas)**

**Temas:** Movimiento Rectilíneo Uniforme (MUR) y su representación gráfica

Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA)

Leyes de Newton

Movimiento circular uniforme y movimiento planetario

Trabajo

Energía mecánica y su conservación

### **Unidad 3. Energía: Fenómenos térmicos, tecnología, ambiente y sociedad (30 horas)**

**Temas:** Energía: Su transferencia y conservación

Energía: Su transformación, aprovechamiento y degradación

Energía: Usos, consecuencias sociales y ambientales



## UNIDAD 1. INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA

### Presentación de la unidad

En esta unidad se buscará que el alumnado reconozca a la Física como un elemento cultural, que se ha construido en diversos contextos económicos, políticos y sociales, que a su vez ha influenciado y modificado dichos contextos. De igual forma se problematizará sobre quiénes han tenido un papel destacado en la ciencia y por qué, explorando las causas por las cuales diversos grupos y sus aportaciones han sido relegados en la Física.

Como primera actividad del curso se realizará la presentación y encuadre, y se establecerán el contrato de convivencia y los criterios de evaluación.

Posteriormente, se abordarán algunos elementos conceptuales, metodológicos y procedimentales que sirven como herramientas en el desarrollo y construcción de la ciencia y de la Física. El abordaje desde la perspectiva de ciencia busca que el alumnado conceptualice a la Física como parte de un todo y no como un elemento aislado de la otras ciencias y saberes, con lo cual se abre la puerta a la interdisciplina.

Es importante señalar que el concepto de ciencia no se agota en esta unidad y debe seguirse construyendo y aplicando a lo largo de los cursos de Física I y II.

### IMPORTANCIA DE LA FÍSICA

**Aprendizaje 1.** Conoce el objeto de estudio de la Física y su relación con la vida cotidiana por medio la discusión grupal y ejemplos prácticos N1

### *Objeto y áreas de estudio de la Física*

El objeto de estudio de la Física es entender las leyes fundamentales que rigen el comportamiento de la materia, la energía y sus interrelaciones con el universo. Esto incluye los fenómenos naturales, desde las partículas más pequeñas como los átomos, cuarks, hasta sistemas más grandes como planetas, estrellas y galaxias.

Algunas ramas de la Física clásica que se estudia son:

1. La mecánica
2. La termodinámica
3. La óptica
4. La acústica
5. El Electromagnetismo
6. La hidráulica

Como ejemplos de lo que estudia la Física moderna tenemos:

1. La relatividad
2. La estructura de la materia
3. La mecánica cuántica
4. La cosmología

La física es fundamental en nuestra vida cotidiana, aunque no nos demos cuenta de su influencia. Desde el momento en que despertamos hasta que nos vamos a dormir, interactuamos con innumerables fenómenos físicos que hacen posible el funcionamiento de nuestro entorno. La importancia de la física en la vida diaria es innegable, ya que utilizamos instrumentos o aparatos que son aplicaciones de los fenómenos físicos, por ejemplo: planchas eléctricas, hornos de microondas, licuadoras, lavadoras, refrigeradores, televisiones etc. Otros dispositivos más recientes son: las computadoras, los teléfonos celulares, internet, los sistemas GPS, las telecomunicaciones etc.



Imagen 1: Aplicaciones de la Física en a medicina.

En la medicina los rayos x, los escáneres, la resonancia magnética, el ultrasonido entre otros. En los deportes está presente la biomecánica, en el transporte se encuentran los automóviles, aviones, el sistema de transporte colectivo (metro), motocicletas, bicicletas etc.

Finalmente, la Física juega un papel muy importante en el desarrollo de tecnologías sostenibles que permiten un uso más eficiente de los recursos naturales. Los paneles solares, los aerogeneradores y otras fuentes de energía renovable dependen de principios físicos para captar y transformar la energía de la naturaleza en electricidad.

Como se señala previamente, la Física no solo está presente en tu casa, está en los hospitales, en la industria, en la escuela, en la cocina, en los laboratorios o en la elaboración de teorías científicas, sino que tiene una influencia directa en nuestra vida cotidiana.



### Actividad 1:

1. Define cada una de las ramas de la Física clásica y de la Física moderna que se mencionaron anteriormente
2. Observa el video: “La historia de la Física por Michio Kaku”, para que entiendas porque es importante de la Física.



### Video 1:

Javier. (29 de febrero del 2016). **HISTORIA DE LA FISICA por Michio Kaku.** [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=MYHm08FjBc8>



3. Subraya el inciso que consideres correcto

I). Una de las ramas de la Física clásica, que estudia los fenómenos relacionados con el movimiento es la:

- a) Acústica
- b) Estática
- c) Electrodinámica
- d) Mecánica

II). Estudia las diferentes clases de movimiento de los cuerpos sin atender las causas que lo producen, ni los efectos que origina

- a) Mecánica
- b) Cinemática
- c) Dinámica
- d) Inercia

III). Rama de la Física que estudia los movimientos y estados de los cuerpos

- a) Mecánica
- b) Cinemática
- c) Dinámica
- d) Aerodinámica

**Aprendizaje 2.** Relaciona la Física con otras ciencias, la tecnología y su importancia en la sociedad a través la indagación documental de hechos relevantes que presenten esta relación N1

### ***Física, tecnología y sociedad***

La Física en la vida cotidiana es muy importante, dado que, junto con otras ciencias y como herramienta, las matemáticas, han generado conocimiento y desarrollo tecnológico, impactando de manera positiva para la sociedad.

La Física está en todo nuestro entorno, desde el movimiento de los objetos, el estudio de la energía, así como su aprovechamiento, en medicina, equipos para diagnóstico y tratamiento de enfermedades, el estudio de nuevos materiales, en el electromagnetismo, las comunicaciones; entre otras muchas cosas más, así como en el cuidado del planeta y el estudio del universo.



*Imagen 2: Aplicaciones de la física en las telecomunicaciones.*



### **Actividad 2:**

. Observa los videos siguientes y realiza las actividades que se te solicitan.

a) La Física y su impacto con la tecnología.



**Video 2:**

Es Ciencia. (5 de junio del 2024). **La Física y su impacto con la Tecnología.** [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=K4a0jC97PLQ>



De acuerdo con el video, menciona cinco principios de la Física y un ejemplo de cada uno de ellos.

b) Aportes de la Física a la humanidad.



**Video 3:**

JiJi 741. (29 de julio del 2020). **Aportes de la física a la humanidad.** [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=WiEe14q9yIs>



Escribe cinco aportes de la Física a la humanidad, de acuerdo lo observado en el video.

c) ¿La Física en la tecnología o la tecnología en la Física?



**Video 4:**

¿Dónde está la ciencia?. (16 de diciembre del 2022). **¿La física en la tecnología o la tecnología en la física?** [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=WiEe14q9yIs>



Después de ver el video, indica la diferencia entre la Física y la Tecnología, mencionando de qué manera impacta a la sociedad.

**Aprendizaje 3.** Identifica las causas por las que han sido excluidos algunos sectores sociales en la participación y desarrollo de la Ciencia, por medio de la indagación documental y el debate N1

***Aportes de grupos no hegemónicos: mujeres, países del sur global, grupos étnicos***

A través de la historia, la participación y desarrollo de la ciencia ha tenido un cierto grado de exclusión de algunos sectores sociales, ya sea por considerarse tercermundistas, por su origen racial o por ser del sexo femenino.

Hoy en día los factores que apartan a sectores sociales en la participación y desarrollo de la ciencia pueden deberse a desigualdades de ingresos, localización geográfica, género, edad, origen étnico, discapacidad, orientación sexual, inferior acceso a servicios e infraestructura, clase social y religiosa. Bajo el punto de vista educativo, se podría considerar los bajos niveles formativos, abandono escolar, no titularse, falta de dominio de idiomas extranjeros.

El sector femenino es el que se ha visto más excluido, por ejemplo, revisando la historia se encuentra que Aristóteles hizo aportaciones a la ciencia, sin embargo, una contemporánea suya Hipatia de Alejandría quien construyó instrumentos astronómicos como el astrolabio es poco conocida a pesar de ser considerada la primera mujer matemática y científica de la historia.

Situaciones como la anterior en la que también se minimizan las aportaciones que hicieron en la ciencia se encuentran a lo largo de la historiografía científica mundial, un ejemplo muy notable lo encontramos en Marie Curie o en Katherine Johnson, mujer afroamericana pionera en ciencia espacial e informática, ella calculó la trayectoria de Alan Shepard, el primer estadounidense que viajó al espacio.



Imagen 3: Alejandra Jáidar

En México algunas que no han recibido el reconocimiento que merecen o han sido olvidadas son entre otras, Alejandra Jáidar la primera mujer en recibir el título de Física en la UNAM, ella contribuyó a construir el Acelerador Van de Graaff de 5.5 *Mev*; otra más es Paris Pishmish Acem, precursora de la astronomía en México.

Resulta imprescindible debatir la contribución actual de esos sectores a la actividad científica para tomar consciencia de dónde estamos, qué hemos conseguido y lo que todavía queda por ganar sin discriminaciones, obstáculos legales, trabas sociales o prejuicios ideológicos.



### Actividad 3:

- 1) Realiza una investigación teórica sobre 2 mujeres científicas mexicanas en el campo de la física que han sido poco reconocidas.
- 2) Escribe una reflexión sobre los sectores que son excluidos en la ciencia
- 3) Propón un plan para promover la inclusión de sectores sociales en la ciencia

## FÍSICA: RELACIÓN TEORÍA—EXPERIMENTO

**Aprendizaje 5.** Valora la importancia de medir en la Ciencia por medio de actividades prácticas. N2.

La Física es una ciencia experimental, esto significa que para comprobar la validez de una hipótesis o una posible explicación de un fenómeno es necesario realizar una serie de experimentos que confirmen la suposición planteada o en caso contrario replantear la hipótesis y realizar nuevos experimentos. En estos siempre se realizarán mediciones de las magnitudes físicas involucradas para lo cual se emplean los instrumentos adecuados que están calibrados con la unidad patrón correspondiente. Como se sabe medir es comparar

una magnitud física con la unidad patrón aceptada o mediante el empleo de un instrumento calibrado con ella. Existen dos formas de medición: la directa y la indirecta, la primera se refiere al uso de un instrumento y proporciona el valor de la magnitud física involucrada en ese momento, como por ejemplo al medir la temperatura de ebullición de algún líquido empleando un termómetro apropiado; sin embargo, si se desea calcular el área de un terreno rectangular o medir la masa de la Tierra no es posible realizarlo directamente, en el primer caso se tiene un modelo matemático para hallar el área y en el segundo se debe aplicar alguna ley física que permita calcularla, estas son las mediciones indirectas.

Los resultados de las mediciones siempre tienen un valor numérico y una unidad, por ejemplo, al comprar dos kilogramos de tortillas, el valor numérico es el 2 y la unidad el kilogramo. Antaño cada cultura o pueblo tenía sus propias unidades para las distintas magnitudes físicas lo que representaba una dificultad al realizar transacciones comerciales, ya que era necesario tener una equivalencia entre ellas para llevar a cabo las conversiones correspondientes. En el caso de la Ciencia esta problemática se resolvió al considerar el uso de un único sistema de unidades: el Sistema internacional de Unidades (SI).

### ***Mediciones directas e indirectas***

El medir objetos o cualidades es usual en nuestras vidas, a tal grado que muchas actividades dependen de ello, por ejemplo, tu peso, tu altura o tu temperatura, entre otras.

Lord Kelvin sostenía que *el distintivo de una buena ciencia es la medición*. Por lo cual, afirmaba que *lo que conozcas acerca de algo suele relacionarse con lo bien que puedas medirlo*.

Esta idea enmarca la relación entre la tecnología y física como se presentó anteriormente, ya que el avance de la física está ligado al desarrollo de técnicas para recabar datos con mayor precisión y la implementación de conceptos matemáticos para facilitar la explicación de los fenómenos. Esta necesidad por desarrollar máquinas más sofisticadas que favorezcan un estudio más avanzado sobre la naturaleza al impulsar la experimentación es lo que permitió el surgimiento de la tecnología y la puso a disposición de la humanidad.

Como se ha enfatizado en las líneas anteriores, la medición es importante en el desarrollo de la ciencia, pero es común en nuestra sociedad (se usa para el intercambio o adquisición de objetos), esto la convierte en un concepto que pocas veces llegamos a definir por lo recurrente que resulta.

**Medir** significa realizar una comparación entre magnitudes de la misma especie empleando una unidad de medida. Para lo cual se requiere de un instrumento y una unidad de medida.

La **unidad de medida** es una magnitud de referencia, establecida por convención o por ley.

En el proceso de medición intervienen los siguientes elementos:

1. La magnitud u objeto de medición.
2. El sistema de medición.
3. La unidad empleada.

4. El instrumento de medición.
5. La actividad humana.

Existen dos formas de realizar mediciones:

- **Directas:** cuando se puede comparar la magnitud con un instrumento de medida.
- **Indirectas:** el valor de la magnitud se obtiene a partir de valores de otras magnitudes empleando una función matemática.

Para ejemplificar las mediciones indirectas se comentarán dos casos relativos a nuestro planeta: la medición de su radio y de su masa.

En el siglo II A.C., el griego Eratóstenes de Cirene, matemático, astrónomo y geógrafo, concibió a nuestro planeta como una esfera, es decir, consideraba que el planeta Tierra tenía una forma redonda, por lo tanto, se planteó el reto de medir su radio. Es claro que no podía realizar tal medición de forma directa, esto es, comparar la longitud del radio terrestre con una unidad patrón de longitud. Para su determinación empleó una medición indirecta. Él sabía que en Siena el día del solsticio de verano y a medio día los objetos verticales no proyectaban sombra alguna, en tanto que en Alejandría el mismo día del solsticio y también al medio día, los rayos solares formaban un ángulo de  $7^{\circ}12'$  con respecto a la vertical, imagen 4. Como la distancia entre las ciudades mencionadas era conocida, aplicó un método trigonométrico para hallar el valor del radio de la Tierra. Este resultado fue bastante bueno considerando la época en que se realizó. Así pues, Eratóstenes fue la primera persona en medir el radio de nuestro planeta. Hoy se sabe que el radio medio de la Tierra es 6371 km.

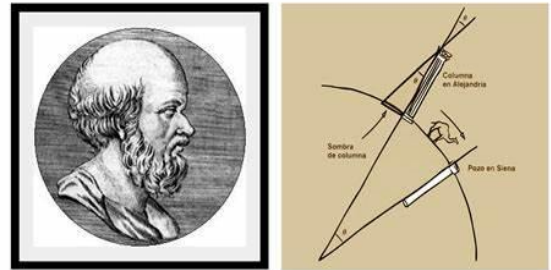


Imagen 4: Medición del radio de la Tierra realizada por Eratóstenes.

Con este ejemplo se reafirma la importancia de conocer modelos matemáticos al igual que leyes físicas para la realización de mediciones indirectas.



#### Actividad 4:

1. Imagina que tienes un costal lleno de monedas de la misma denominación.
2. ¿Cómo se podría saber el número de monedas sin tener que contarlas?
3. Investiga cómo medir la altura de un árbol.
4. ¿Cómo medirías el volumen de un objeto de forma irregular?

### **Sistema internacional de unidades**

Durante el estudio de un fenómeno toda propiedad o cualidad que puede medirse recibe el nombre de **magnitud física**.

Las magnitudes físicas se clasifican de acuerdo con:

- ◊ Su origen en:
  - **Fundamental:** no puede ser definida a partir de otra.
  - **Derivada:** se expresa en función de diferentes magnitudes fundamentales.
- ◊ Su naturaleza en:
  - **Escalar:** está representada por una cantidad numérica (magnitud) y su respectiva unidad.
  - **Vectorial:** cantidad física que se expresa mediante un escalar, el punto de aplicación (origen), la línea de acción, la dirección y el sentido (vector).

### Sistemas de unidades

Un **sistema de unidades** es un conjunto de **magnitudes fundamentales** y **derivadas**. Los dos sistemas más usuales son el **Sistema internacional** (SI) y el Sistema Cegesimal (CGS).

	Magnitud	Sistema Internacional (SI)	Cegesimal (CGS)
Magnitudes Fundamentales	Longitud	metro ( <i>m</i> )	centímetro ( <i>cm</i> )
	Masa	Kilogramo ( <i>kg</i> )	gramo ( <i>g</i> )
	Tiempo	segundo ( <i>s</i> )	segundo ( <i>s</i> )
	Corriente eléctrica	Ampere ( <i>A</i> )	Estatamperio ( <i>statA</i> )
	Temperatura	Kelvin ( <i>K</i> )	Celsius ( <i>°C</i> )
	Cantidad de sustancia	Mol ( <i>mol</i> )	Mol ( <i>mol</i> )
	Intensidad luminosa	Candela ( <i>cd</i> )	Stilb ( <i>sb</i> )
Magnitudes Derivadas	Velocidad	<i>m/s</i>	<i>cm/s</i>
	Fuerza	Newton ( <i>kg m/s<sup>2</sup></i> )	Dina ( <i>g cm/s<sup>2</sup></i> )
	Superficie	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>cm<sup>2</sup></i>

Tabla 1: Unidades del SI y en el CGS.

### Prefijos asociados con las unidades

Es frecuente encontrar magnitudes físicas con valores muy grandes o demasiado pequeños, por lo cual, se pueden representar tanto con prefijos y sufijos o mediante notación científica.

	Prefijo	Símbolo	Significado	Potencia
Múltiplos	deca	da	diez	$10^1$
	hecto	h	cien	$10^2$
	kilo	k	mil	$10^3$
	mega	M	millón	$10^6$
	giga	G	mil millones	$10^9$
	tera	T	billón	$10^{12}$
	peta	P	mil billones	$10^{15}$
	exa	E	millón de billones	$10^{18}$

Tabla 2: Prefijos empleados para múltiplos de unidades.



	Prefijo	Símbolo	Significado	Potencia
Submúltiplos	deci	d	décima	$10^{-1}$
	centi	c	centésima	$10^{-2}$
	mili	m	milésima	$10^{-3}$
	micro	$\mu$	millonésima	$10^{-6}$
	nano	n	milmillonésima	$10^{-9}$
	pico	P	billonésima	$10^{-12}$
	femto	f	milbillonésima	$10^{-15}$
	atto	a	trillonésima	$10^{-18}$

Tabla 3: Prefijos empleados para submúltiplos de unidades.

### Conversión entre sistemas de unidades

Al contar con diversas unidades de medidas y diferentes sistemas de unidades en ocasiones es necesario realizar conversiones de la cantidad expresada a una unidad diferente. La conversión entre unidades sigue dos reglas.

1. Conversión entre múltiplos y submúltiplos de unidades del mismo sistema.

La conversión se realiza de una unidad mayor a otra menor, o viceversa considerando los múltiplos y submúltiplos de la tabla 2 y 3.

2. Conversión entre unidades de distintos sistemas.

Permite cambiar las unidades entre diferentes sistemas empleando el factor de conversión adecuado (equivalencia entre unidades).

**Nota:** Siempre y cuando la unidad de dos o más cantidades sea la misma, éstas se pueden operar (algebraicamente) de manera análoga a los números. En caso contrario, se tiene que pasar las cantidades a la misma unidad.

### Notación científica

El sistema mediante el cual podemos expresar cualquier cantidad multiplicada por una potencia de 10 se llama **notación científica**. A través de estas potencias de 10 se puede indicar la posición del punto decimal sin tener que emplear tantos ceros.

Para escribir un valor en notación científica tenemos dos reglas.

- Valores mayores a 1.

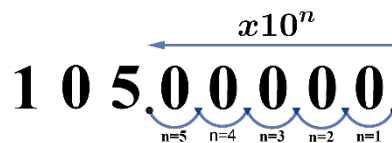
El número de posiciones que se mueve el punto decimal (de derecha a izquierda) es el valor que se coloca en la potencia de 10.



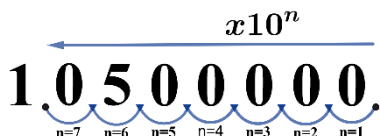
#### Problema ejemplo 1:

- a) Pasa a notación científica la cantidad  $10500000m$ .
- b) Proporciona el resultado en  $Mm$ .

- a) Al pasar a notación científica la cantidad  $10500000\text{ m}$ , sustituimos los cinco ceros que tiene este valor, recordando que el punto decimal se encuentra al final, por lo cual, este se debe mover de derecha a izquierda la cantidad de espacios que deseamos y la unidad se mantiene igual.



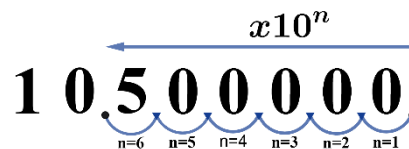
$$10500000\text{ m} = 105 \times 10^5\text{ m}$$



Cabe resaltar que no hay una respuesta única, por lo cual, se puede considerar solo dejar un valor numérico a la izquierda del punto decimal.

$$10500000\text{ m} = 1.05 \times 10^7\text{ m}$$

- b) En caso de que el problema especifique un prefijo, debemos recordar su equivalente en notación científica, en este caso  $M = 10^6$ , por lo cual, debemos mover 6 lugares el punto decimal.
- $10500000\text{ m} = 10.5 \times 10^6\text{ m} = 10.5\text{ Mm}$



- Valores menores a 1.

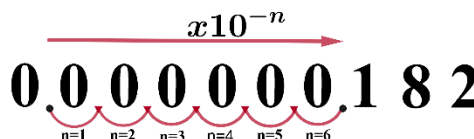
Al mover el punto decimal de izquierda a derecha, la cantidad de espacios que se mueve es el valor que se coloca en la potencia de 10, pero acompañado de un signo negativo.



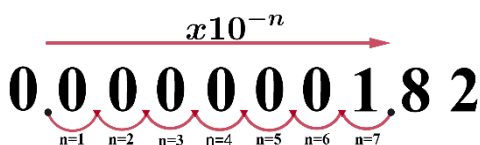
### Problema ejemplo 2:

- a) Pasa a notación científica la cantidad  $0.000000182\text{ s}$ .
- b) Proporciona el resultado en  $ns$ .

- a) Al pasar a notación científica la cantidad  $0.000000182\text{ s}$ , movemos izquierda a derecha la cantidad de espacios que deseamos el punto decimal y la unidad se mantiene igual.



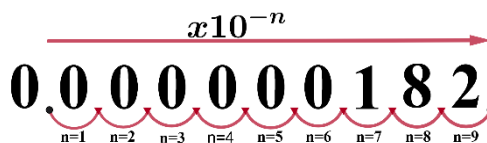
$$0.000000182\text{ s} = 0.182 \times 10^{-6}\text{ s}$$



Como en el ejemplo previo, no hay respuesta única, por lo cual, se puede considerar solo dejar un valor numérico a la izquierda del punto decimal diferente de cero.

$$0.000000182 \text{ s} = 1.82 \times 10^{-7} \text{ s}$$

- b) En caso de que el problema especifique un sufijo, debemos recordar su equivalente en notación científica, en este caso  $n = 10^{-9}$ , por lo cual, debemos mover 9 lugares el punto decimal.



$$0.000000182 \text{ s} = 182 \times 10^{-9} \text{ s} = 182 \text{ ns}$$

**Nota:** Para poder realizar operaciones en notación científica se siguen las leyes de los exponentes.

**Aprendizaje 4.** Identifica las magnitudes físicas que permiten una descripción y estudio de diferentes sistemas físicos, por medio de actividades experimentales. N1

**Aprendizaje 6.** Interpreta la relación entre las variables dependiente e independiente en el estudio de un fenómeno, por medio del análisis de gráficas y resolución de ejercicios. N2

### **Sistemas físicos: variables, parámetros y constantes físicas**

Muy probablemente hemos tenido la experiencia del estiramiento de un resorte, como por ejemplo al subirse a un brincolín y hacer uso de ello (juego infantil o de adulto para lograr saltos espectaculares), pero también al comprar las tortillas se usa una báscula que cuenta con un resorte, o fruta en algunos establecimientos, aunque la mayoría de las veces no nos percatamos de ello, o también al saltar desde un puente en caída libre con ese arnés sujeto a la cintura y la entrepierna (Bungee). Al realizar algunas de esas acciones, podrían surgir las preguntas, ¿el resorte o el elástico tiene la suficiente resistencia para no romperse?, o ¿hasta dónde podría llegar el alargamiento del elástico?



Imagen 5: Masa suspendida de un resorte.

En general, cuando un científico hace una pregunta, la búsqueda de la respuesta a esa pregunta conduce a una **hipótesis**. Por lo que, para probar esa hipótesis, el científico diseñará un **experimento**. Luego entonces, en el diseño de la actividad experimental, es necesario considerar:

- La variable a probar.
- La variable que se obtiene en consecuencia.

- c) Si es el caso, otras variables que deben permanecer sin cambio alguno durante todo el evento.

La obtención de datos en una actividad experimental permite la visualización de una **gráfica**, la cual es utilizada para observar la relación que existe en un conjunto de datos, es decir, puede verse cómo una variable cambia en respuesta a los cambios de otra variable, por lo que, la gráfica presenta un camino relativamente fácil para ver la relación que existe entre variables.

En una **actividad experimental** se realizan cambios en una situación y se observan los **resultados**. Las condiciones establecidas en la actividad se conocen como variables. Una variable puede ser cualquier cantidad física como por ejemplo la distancia, el tiempo, velocidad, temperatura, etc. En el experimento sólo un factor (variable) debe cambiar al cual se denomina variable independiente, y el resultado del cambio se conoce como variable dependiente.

Para la construcción de una gráfica de datos, puede seguir las indicaciones siguientes:

1. Dibuje un **plano cartesiano** como el mostrado en la figura adjunta, es decir, dibuje el eje X y el eje Y.
2. Etiquete el eje X con el símbolo de la **variable independiente** y entre paréntesis las unidades que le corresponden. En otras palabras, la variable en la que se hacen los cambios.
3. Identifique el eje Y con el carácter de la **variable dependiente** con sus respectivas unidades entre paréntesis. Variable que es el resultado del cambio producido por la primer cantidad o variable independiente.
4. Elija la magnitud de la escala más apropiada para cada eje, de tal manera que sea posible representar todos los datos involucrados en la actividad experimental. No olvidar que el tamaño de los espacios por eje, deben ser iguales y pueden ser diferentes entre los ejes.
5. Numere cada una de las divisiones o espacios elegidos en orden ascendente o descendente.
6. Dibuje una línea continua, conectando los puntos de la gráfica, resultado de los datos sucesivos.



Imagen 6: Masa suspendida de un dinamómetro

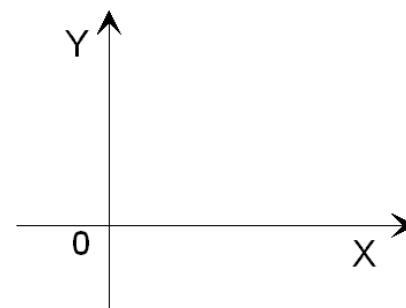


Imagen 7: Plano cartesiano.



## Actividad 5:

Ingresa al siguiente simulador:

### **Simulador 1 – Masas y Resortes**



Phet Interactive Simulation. (s/f). **Masas y resortes.**

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



### Masas y Resortes

1. Ingrese a los simuladores Phet colorado.
2. Dé un click en el botón de inicio: >
3. Elija la sección de *Laboratorio*.
4. Familiarícese con todos y cada uno de los botones del simulador de manera que comprenda cual es la función que realizan, con la finalidad de interpretar correctamente lo que acontece al llevar a cabo una de las elecciones.
5. Configure en el sistema lo siguiente: a) Seleccione; *Longitud sin estirar*, b) Seleccione *Posición de equilibrio*, y c) *Fuerza del resorte 1* en pequeña.
6. Seleccione la regla y arrástrela hasta la posición de equilibrio de forma vertical en cero cm.
7. Seleccione y arrastre la masa de 50 g hasta la posición inferior del resorte, observando que se encuentra suspendida.
8. Obtenga la lectura de la nueva posición de la masa en expansión máxima con los indicadores en *Longitud sin estirar* (línea punteada en azul) y posición máxima o *Posición de Equilibrio* (línea punteada en verde). Anote los valores de masa y posición para estas condiciones en la tabla proporcionada en la parte inferior.
9. Así para cada uno de los valores de masa, incrementando en intervalos de 10 g hasta completar la información solicitada en tabla de resultados.

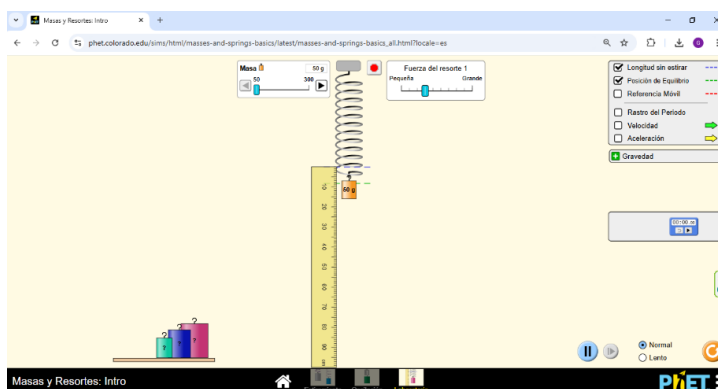
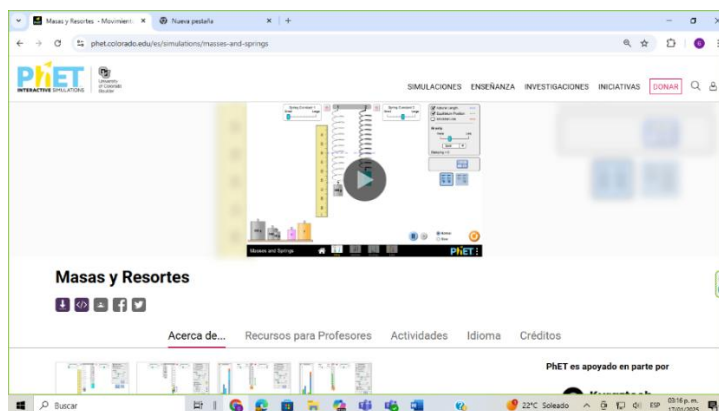


Tabla de resultados											
Fuerza del resorte	Pequeña: 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Masa (g)	( - )	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Longitud (cm)	( - )										

Conteste correctamente y realice lo solicitado a continuación.

1. ¿Cuáles son las dos variables probadas en la actividad experimental?
2. En esta actividad experimental, ¿cuál es la variable independiente?
3. Para este evento, ¿qué factor representa la variable dependiente?
4. Con los datos obtenidos construya la gráfica Longitud vs Masa (L vs M).
5. Al unir los puntos de la gráfica (L vs M), ¿qué tendencia presenta el comportamiento de los datos? ¿Algún patrón o figura conocida?
6. Encuentre los parámetros del modelo matemático obtenido que más se aproxime a dicho comportamiento.
7. Cuando ambas variables aumentan, la tendencia de la gráfica es
8. Cuando una variable incrementa y la otra disminuye, la tendencia es
9. En esta gráfica, ¿qué se nota sobre el resorte conforme se aumenta la cantidad de masa colocada en su extremo inferior?
10. ¿Qué le sucedería al resorte si se colocara una masa excesivamente grande en su extremo inferior?

**Aprendizaje 7.** Identifica las magnitudes físicas que permiten una descripción y estudio de diferentes sistemas físicos, por medio de actividades experimentales. N1

### **Construcción y contrastación de modelos matemáticos**

Con frecuencia en el ámbito de las ciencias experimentales, la relación que existe entre la **variable dependiente e independiente** tiene una tendencia, la cual puede ser tanto una línea recta, como una curva. Esto significa que el gráfico de la *variable dependiente vs la variable independiente* se puede representar con una **ecuación** y aunque, en muchos casos no conocemos explícitamente esta ecuación, tenemos datos experimentales que han sido medidos a partir de dicho sistema físico, los cuales nos permite obtener el modelo matemático.

Al realizar el análisis gráfico de datos puedes obtener el **modelo matemático** del sistema estudiado, para ello, debes tener presente la gráfica que relaciona las variables del sistema, además de tener presente tus conocimientos básicos de matemáticas para identificar la ecuación asociada al gráfico.

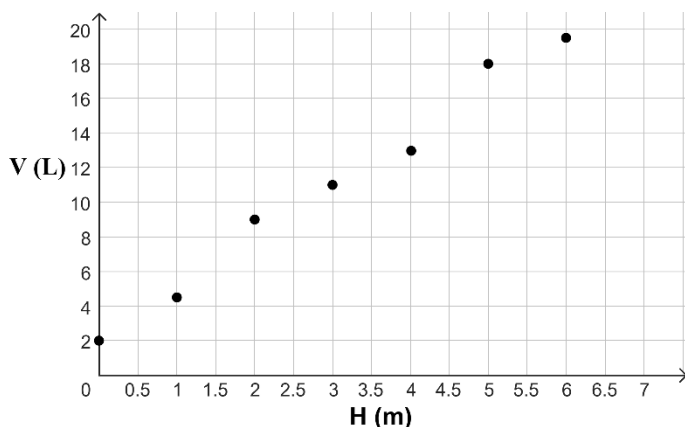
Cabe resaltar que las gráficas en Física no utilizan las literales  $x$ ,  $y$ , en general, debido a que tiene mayor utilidad emplear las literales que representan a las **magnitudes físicas** medidas en el experimento.

Al analizar los datos experimentales es usual encontrar un gráfico de dispersión, el cual es la representación de todos los pares ordenados que se tienen recabados en la tabla de datos. Esto significa que un gráfico de dispersión induce a una **relación**, y no necesariamente una **función**. Además de que el gráfico de dispersión es discreto, como se evidencia en el hecho de que hay un grupo de diversos puntos. Aun cuando esperamos que la relación que tenga sea una línea recta, no deberíamos asumir que todos los puntos graficados se alineen perfectamente. Por el contrario, es muy común que los puntos estén “dispersos”, siguiendo una **tendencia** en línea recta, para lo cual, existen diversas razones, tales como errores de medición o valores atípicos, entre otros.



**Problema ejemplo 3:** Encuentra el modelo matemático y gráfico asociado a la tabla de datos obtenidos al realizar un experimento, en el cual se obtienen los siguientes resultados presentados en una tabla.

$H$ (m)	$V$ (L)
0	2
1	4.5
2	9
3	11
4	13
5	18
6	19.5

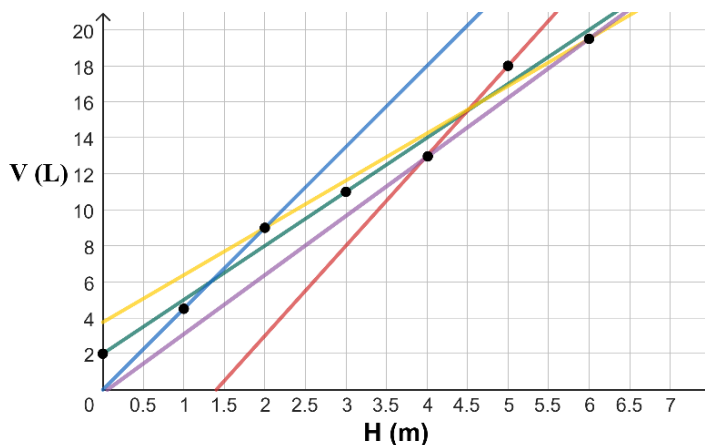


Donde  $H$ ,  $V$  son las variables y,  $m$ ,  $L$  son las unidades respectivas. Al realizar la gráfica se obtiene:

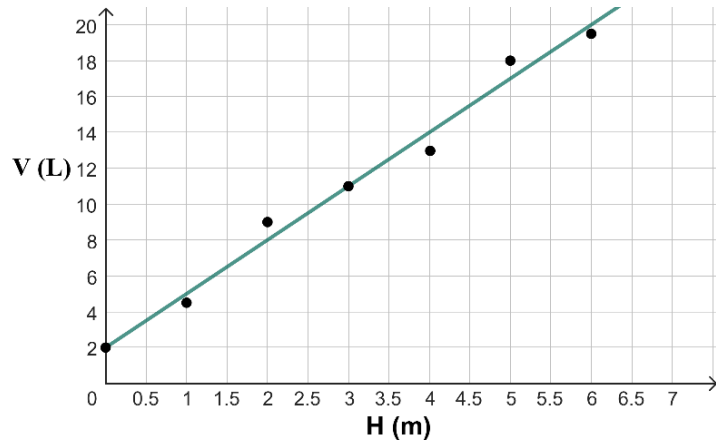
Nota que los puntos siguen una tendencia aproximadamente de una línea recta, aunque es evidente que no están perfectamente alineados a una recta.

Si los puntos estuvieran perfectamente alineados sería muy fácil dibujar una línea recta sobre todos ellos, a pesar de ello, tratamos de encontrar a “ojo” la mejor línea recta que represente de forma ideal la tendencia del conjunto de los puntos.

En la imagen anterior puedes observar algunas de las posibles líneas que se pueden trazar a través de los puntos que representan nuestro conjunto de datos.



Estas líneas tienen ecuaciones muy diferentes unas de otras. Sin embargo, queremos utilizar la línea recta que represente mejor la tendencia de todos los puntos en el gráfico, la cual es la línea de color verde.

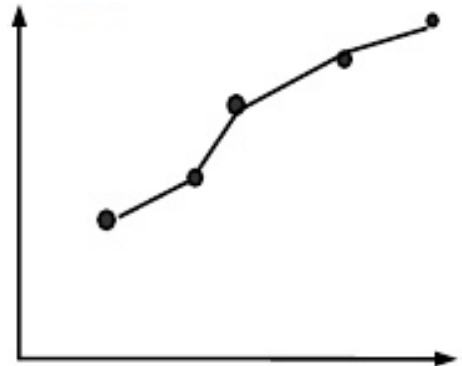


Encontrar esta línea por medio de un tratamiento estadístico es un proceso complejo que no utilizaremos porque sale de los objetivos tanto de esta guía como del curso de Física I. En nuestro

caso, la línea considerada en el gráfico de arriba fue trazada a “ojo,” lo que significa que, se dibujó dicha línea recta tal que representa de *la mejor forma posible* la tendencia de la nube de los puntos dispersos.

**Nota:** Para trazar a “ojo” la mejor línea recta procura seguir estas estrategias:

1. Visualiza mentalmente la mejor línea recta, traza utilizando una regla (puedes realizarlo mediante un software) por la parte media de la región que delimitan los puntos.
2. En la medida de lo posible, traza la recta de tal forma que queden la misma cantidad de puntos por arriba y por debajo de ella.
3. Busca un equilibrio al trazar la mejor recta y ten presente que NO debes unir los puntos con segmentos rectos.

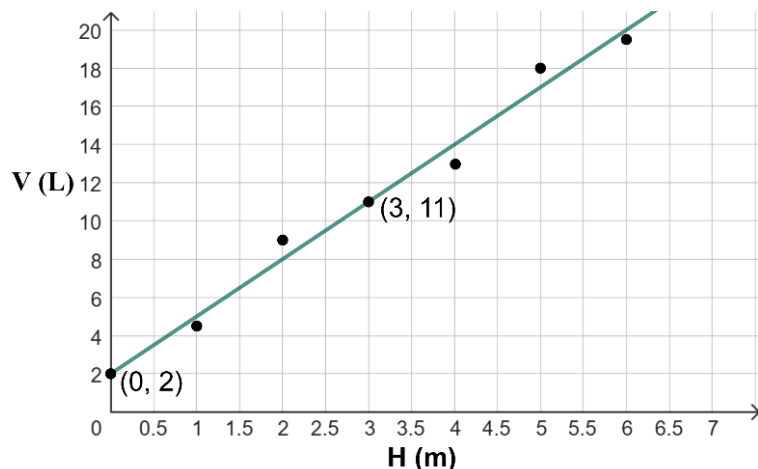


Cuando usamos la mejor línea recta, estamos asumiendo que existe una y solo una función continua y suave (sin quiebres) por medio de la cual podemos representar todos los puntos discretos y dispersos. Que incluso sirve posteriormente, para realizar predicciones en el comportamiento del sistema bajo estudio.

Una vez que trazas la mejor línea recta, debes encontrar su ecuación usando dos puntos que estén sobre la línea recta.

**Precaución:** Debes asegurarte de no caer en el siguiente error común. En muchos casos la mejor línea recta no pasará a través de muchos o de ninguno de los puntos experimentales. Esto significa que NO puedes utilizar de manera indiscriminada cualesquiera dos puntos del conjunto de datos. Necesariamente debes usar dos puntos que estén sobre la mejor línea recta. Si ningún punto experimental está o cae sobre la línea recta, debes definir unos nuevos, auxiliándote de las escalas que tienes en los ejes coordenados.





Continuando con el ejemplo, observa que los puntos  $(0, 2)$  and  $(3, 11)$  son buenos candidatos que podemos usar para encontrar la ecuación de la mejor línea recta.

Teniendo en consideración que la ecuación general de la línea recta es  $V = mH + b$ , primeramente, se debe calcular la pendiente de la recta utilizando la llamada *ecuación de la pendiente*, que conviene adaptarla con las literas adecuadas que estamos utilizando.

$$m = \frac{V_2 - V_1}{H_2 - H_1}$$

Nota: En este ejemplo no confundas la  $m$  que representa la unidad de  $H$  con la  $m$  que se utiliza para denotar a la pendiente.

Al sustituir los valores correspondientes elegidos antes  $(0, 2)$  y  $(3, 11)$ .

$$m = \frac{11 \text{ L} - 2 \text{ L}}{3 \text{ m} - 0 \text{ m}} = 3 \text{ L/m}$$

Después, de la misma ecuación general de la recta  $V = mH + b$ , se despeja “ $b$ ” obteniéndose.

$$b = V - mH$$

Al sustituir, por ejemplo, los valores del segundo par coordenado  $(3, 11)$  junto con el valor de la pendiente antes calculada, se obtiene.

$$b = (11 \text{ L}) - m(3 \text{ m})$$

$$b = (11 \text{ L}) - (3 \text{ L/m})(3 \text{ m})$$

$$b = 2 \text{ L}$$

Finalmente, con los valores específicos calculados se tiene que el modelo matemático asociado a nuestro sistema, a través de la mejor línea recta trazada es:

$$V = (3 \text{ L/m})H + (2 \text{ L})$$

Observa cómo están claramente especificadas las unidades en el modelo obtenido.



**Actividad 6:**

1. En una hoja tamaño carta de papel milimétrico traza la gráfica de la siguiente tabla de datos. No olvides colocar todos los elementos formales necesarios.

V (V)	I (A)
5	5
20	17.5
35	29
50	41
70	60.5
80	67
95	81.5

2. En una hoja distinta a la del gráfico, reproduce los cálculos para obtener el modelo asociado a la mejor línea recta.

## UNIDAD 2. Mecánica de la partícula

### Presentación de la unidad

En esta unidad se enfatizan algunos aspectos de la metodología utilizada en la investigación y explicación de fenómenos físicos. Se propone seguir el desarrollo histórico de la mecánica, iniciando con la descripción del movimiento considerando a los cuerpos como partículas que se mueven en línea recta, con velocidad constante y luego con aceleración constante, de esta manera los modelos matemáticos son simples. Se continúa con las leyes de Newton que son básicas para el desarrollo de las unidades subsecuentes, considerando partículas de masa constante y se avanza a la descripción del movimiento a través del principio de conservación de la energía, aplicado a sistemas de dos partículas, para terminar con la idea de potencia en sistemas mecánicos de su entorno.

También se incluye la descripción del movimiento circular uniforme de situaciones cotidianas y su aplicación al movimiento de planetas que, junto con la ley de la gravitación universal, constituyen elementos básicos para una síntesis newtoniana de la mecánica.

Es importante que en el desarrollo de la unidad se destaque que la mecánica se sustenta en principios fundamentales, productos de la observación y la experimentación, así como su importancia en el desarrollo científico–tecnológico y su impacto en la sociedad. Algunos conceptos desarrollados en esta unidad se retoman y se amplían en las siguientes unidades para la construcción de nuevos aprendizajes dirigidos a la adquisición de actitudes y valores, en particular, los relacionados con el concepto de energía y su uso racional.

Se sugiere que el alumnado desarrolle proyectos relacionados con aspectos de aplicación tecnológica, considerando tanto los recursos y equipos disponibles, como el apoyo y guía constantes del profesorado.

### MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME (MRU) Y SU REPRESENTACIÓN GRÁFICA

**Aprendizaje 1.** Identifica conceptos y magnitudes físicas presentes en el estudio del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) de partículas por medio de actividades experimentales. N1

**Aprendizaje 2.** Interpreta las gráficas y modelos matemáticos del MRU de una partícula. N3

**Aprendizaje 3.** Contrasta los modelos matemáticos del MRU con situaciones reales mediante la experimentación. N3.

## Partícula

El **movimiento** es un concepto fundamental en la Física, además de ser fundamental dentro de nuestra vida cotidiana, donde podemos observar cómo los autos circulan por las calles, las hojas caen de los árboles, un balón rueda en el suelo al dar un pase o la parábola que describe un balón de basquetbol al encestar una canasta.

Para hablar del movimiento con la precisión que la Física demanda, es fundamental comprender el **modelo de partícula**, que es un modelo abstracto. Este modelo consiste en imaginar que el cuerpo estudiado es una esfera diminuta sin dimensiones propias, sin importar su forma o tamaño, permitiendo centrarnos en su **trayectoria**, **velocidad** o **aceleración**. Es importante recordar que este es un modelo idealizado, que nos permite estudiar desde los movimientos más simples, como el de una pelota cayendo, hasta los más complejos, como el de un planeta en órbita.



Imagen 8: Vaca esférica. Representación del concepto de partícula.

## Sistema de referencia

¿Cómo identificamos si un objeto se encuentra en **movimiento**? Si reflexionamos un poco, notaremos que todo en el universo, desde las partículas subatómicas hasta los planetas y estrellas, está en constante movimiento. Consideremos el caso de viajar en un autobús: si observas a un pasajero sentado a tu lado, desde tu perspectiva parece estar inmóvil, pues su posición no cambia respecto a la tuya, sin embargo, alguien que los observe desde la acera verá cómo ambos se mueven junto con el vehículo. Este ejemplo ilustra que el movimiento depende del **punto de referencia** o "**sistema de referencia**" que empleemos para analizarlo.

Los sistemas de referencia son fundamentales en la descripción del movimiento y están constituidos por un origen y un conjunto de ejes perpendiculares que establecen **coordenadas**. Estos sistemas pueden estar en **reposo** o en **movimiento**, lo que influye en cómo percibimos el desplazamiento de los objetos dentro de ellos. Dependiendo de su comportamiento, los sistemas de referencia se clasifican en dos tipos:

- **Sistema de referencia inercial:** Es aquel que está en reposo o se desplaza a velocidad constante, es decir, no experimenta aceleración. En estos sistemas, las leyes de Newton se aplican sin necesidad de añadir fuerzas ficticias, por lo que son útiles para describir el movimiento en situaciones de equilibrio y desplazamientos uniformes.
- **Sistema de referencia no inercial:** Este tipo de sistema se mueve con aceleración, lo que implica que las leyes de Newton no se cumplen sin modificaciones. En estos sistemas, para explicar el movimiento de un objeto, es necesario considerar fuerzas ficticias, como la fuerza centrífuga o la de Coriolis, que se perciben debido a la aceleración del sistema de referencia.

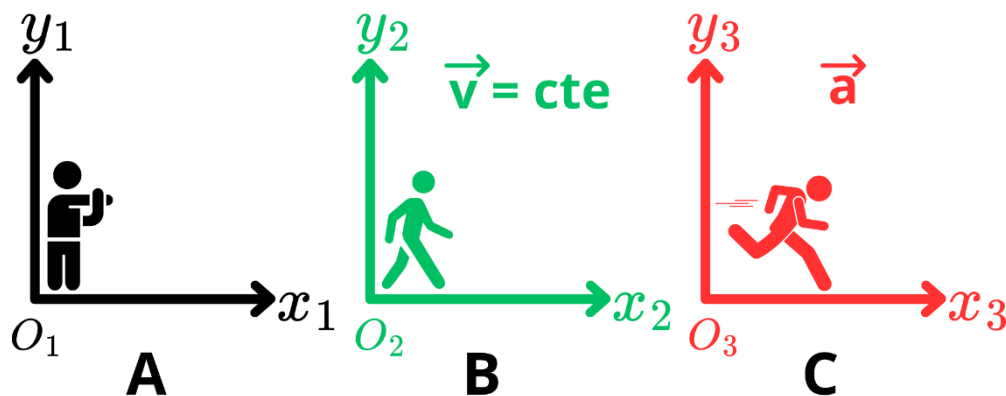
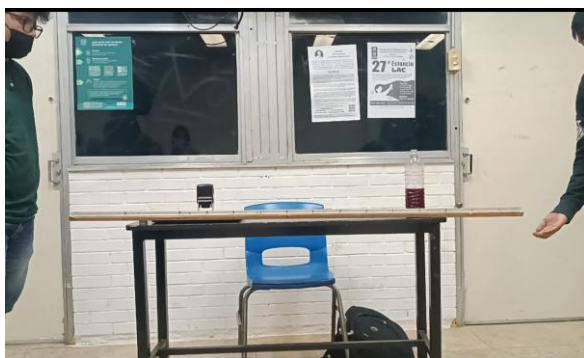


Imagen 9: Sistema de referencia en reposo (A), con velocidad constante (B) y acelerado (C).

**Nota:** Los valores de los vectores de posición, velocidad y aceleración de una partícula o cuerpo varían según el sistema de referencia en el que se calculen.

### Posición, desplazamiento y distancia

La **posición** ( $x$ ) de un objeto es la información que indica su localización en el espacio en un momento específico. Por ejemplo, a una hora determinada del día, podemos estar en el laboratorio de Física del CCH, y en otra hora distinta, jugando en las canchas, esto demuestra cómo el espacio y el tiempo están estrechamente ligados en la descripción del movimiento.



(A)



(B)

Imagen 10: (A) Laboratorio de Física 3:30 p.m. (B) Canchas del CCH Oriente 5:15 p.m.

**¿Cómo se determina la posición?** Para ello es necesario utilizar un **sistema de referencia**. Por ejemplo, si queremos estudiar nuestros movimientos dentro del CCH Oriente, debemos elegir un punto de referencia, como la librería, que servirá como origen de nuestro sistema, a partir de este punto, podemos establecer un plano coordenado para analizar nuestra ubicación.



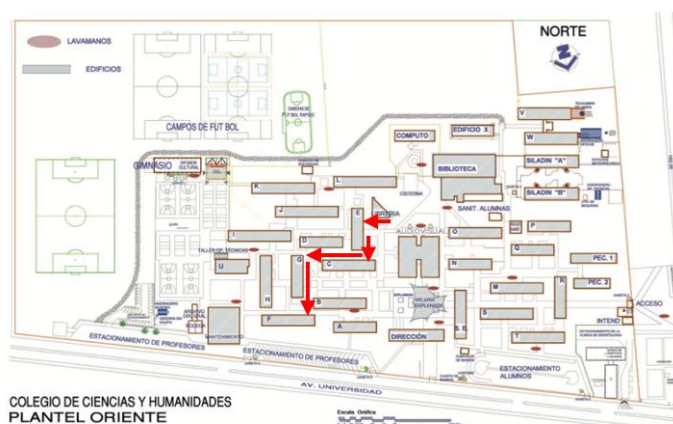
Imagen 11: Mapa del plantel Oriente.

Para medir, podemos emplear diversas unidades, como metros ( $m$ ), kilómetros ( $km$ ) o millas ( $mi$ ) para la distancia y segundos ( $s$ ), minutos ( $min$ ) u horas ( $h$ ) para el tiempo. En el uso cotidiano, los términos **distancia** y **desplazamiento** suelen usarse indistintamente; sin embargo, en Física, tienen significados distintos.

La **distancia** ( $d$ ) es la medida de la longitud del trayecto que sigue un objeto

en su movimiento. Es una magnitud escalar, lo que significa que solo se necesita indicar la cantidad y la unidad de medida.

Supongamos que estás en la librería del plantel y luego debes dirigirte al edificio F para tomar clases. Para llegar, caminas  $24\ m$  al Este, luego  $19\ m$  al norte, enseguida  $34\ m$  en dirección Este y finalmente  $52\ m$  al norte. En total, habrás recorrido una distancia de  $129\ m$ .



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL ORIENTE

**Nota:** Este mapa es una toma aérea donde el norte se indica hacia abajo a diferencia de un plano cartesiano.

Imagen 12: Distancia recorrida de la librería al edificio F.

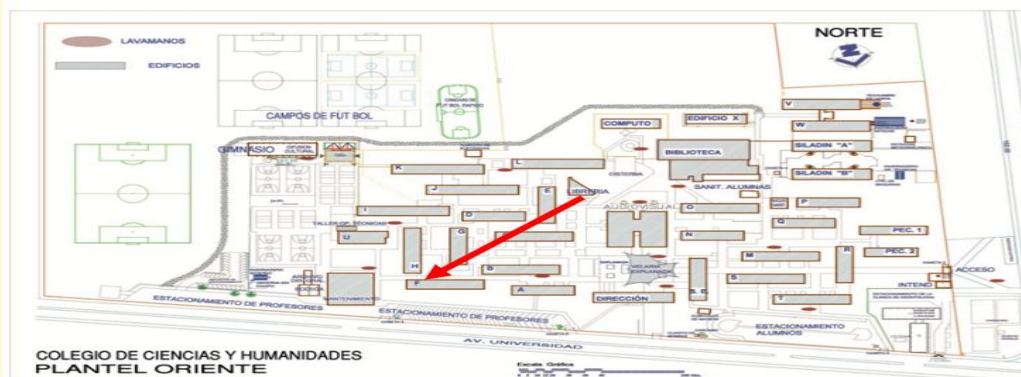


Imagen 13: Desplazamiento de la librería al edificio F.

El **desplazamiento** ( $\Delta x = x_f - x_i$ ) consiste en un cambio de posición, una forma de observar el movimiento de un objeto es a través de la alteración de su ubicación, si un objeto modifica su **posición** en relación

con otro punto de referencia, se puede decir que ha experimentado un desplazamiento. Esta magnitud es vectorial, se define por su magnitud, dirección, sentido y unidad de medida.

En el ejemplo mencionado, el **desplazamiento** se mide desde la posición inicial hasta la posición final en línea recta, siendo de  $100\ m$  en dirección Nor-Oriente.

## Velocidad y rapidez

Aunque en el lenguaje cotidiano los términos **rapidez** y **velocidad** suelen emplearse como sinónimos, en el ámbito de la física tienen significados distintos y específicos.

La **rapidez** es una magnitud escalar, lo que significa que se describe únicamente con un valor numérico y una unidad, sin dirección asociada. Representa la relación entre la distancia total recorrida por un objeto (partícula) y el tiempo empleado para recorrerla. En el Sistema Internacional de Unidades (SI), se mide en metros por segundo ( $m/s$ ) y generalmente se representa con la letra  $v$ .

$$v = \frac{d}{t} [m/s]$$

Por otro lado, la **velocidad** es una magnitud vectorial, lo que implica que, además de un valor numérico y una unidad, incluye una dirección y sentido. La velocidad se define como la relación entre el desplazamiento y el tiempo transcurrido. Su unidad en el SI también es el metro por segundo ( $m/s$ ), y se representa por la letra ( $v$ ).

### Rapidez y velocidad: media e instantánea

**Rapidez media:** Es la magnitud escalar que relaciona la distancia total recorrida con el tiempo total.

$$v_m = \frac{\text{distancia total}}{\text{tiempo total}} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

**Velocidad media:** Es la magnitud vectorial que relaciona al desplazamiento y el tiempo totales.

$$v_{media} = \frac{\text{desplazamiento total}}{\text{tiempo total}} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

**Rapidez instantánea:** La rapidez en un instante específico, por ejemplo, la velocidad que observamos en el panel de instrumentos de un automóvil o motocicleta.

**Velocidad instantánea:** Vector que describe la velocidad y la dirección del movimiento en un instante dado, obtenida como el límite del desplazamiento dividido entre el tiempo cuando este tiende a cero.

Por ejemplo, imagina un avión volando en una dirección hacia el noreste con una rapidez de  $800 \text{ km/h}$  en un instante específico. La velocidad instantánea en este caso se describe como un vector con una magnitud de  $800 \text{ km/h}$  y una dirección específica de  $45^\circ$  con respecto al norte.

Para comprender mejor el significado de la **rapidez** y la **velocidad media**, retomemos el ejemplo anterior: te dirigiás de la librería al edificio F del CCH Oriente. En este trayecto, la distancia total recorrida fue de  $129 \text{ m}$ , mientras que el desplazamiento fue de  $100 \text{ m}$  en dirección noreste.

Esta diferencia entre **distancia** y **desplazamiento** nos permitirá analizar cómo se calculan y qué representan la rapidez y la velocidad media.

Este recorrido probablemente lo realizaste con una velocidad variable. Tal vez, en el camino, te encontraste con un amigo y te detuviste a saludarlo, hablaste con un profesor para que te recordara la tarea asignada, o quizás había muchas personas que dificultaban mantener una velocidad constante. Como resultado, empleaste 10 *minutos* en completar el trayecto.

Para calcular tu rapidez y velocidad media, procederíamos de la siguiente manera:

Primero, convertimos los minutos a segundos para que los resultados estén en unidades del SI. Dado que 1 minuto equivale a 60 segundos, realizamos la conversión de la siguiente manera:

$$(10 \text{ min}) \left( \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) = 600 \text{ s}$$

Por lo tanto, tu rapidez media se calcula como:

$$v = \frac{129 \text{ m}}{600 \text{ s}} = 215 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En cambio, la velocidad media es:

$$v = \frac{100 \text{ m}}{600 \text{ s}} = 166.6 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



**Problema ejemplo 4:** Imagina que estás corriendo a una velocidad constante de 4 m/s, moviéndote en línea recta de sur a norte. Después de 15 *minutos*, quieres saber cuánto has avanzado y cómo se vería esto en una gráfica.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$v = 5 \text{ m/s Norte}$ $t = 15 \text{ min}$ $t = (15 \text{ min}) \left( \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) = 900 \text{ s}$ $d = ?$	$v = \frac{d}{t}$ Despeje: $d = v t$ $d = \left( 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) (900 \text{ s}) = 4.5 \times 10^3 \text{ m}$	$\Delta x = 4.5 \text{ km Norte}$ $d = 4.5 \text{ km}$

Para hacer las gráficas correctamente, primero crea una tabla que relacione las variables. Como sugerencia utiliza intervalos de 5 segundos entre cada registro para que los datos sean fáciles de interpretar y las tendencias se vean claramente.

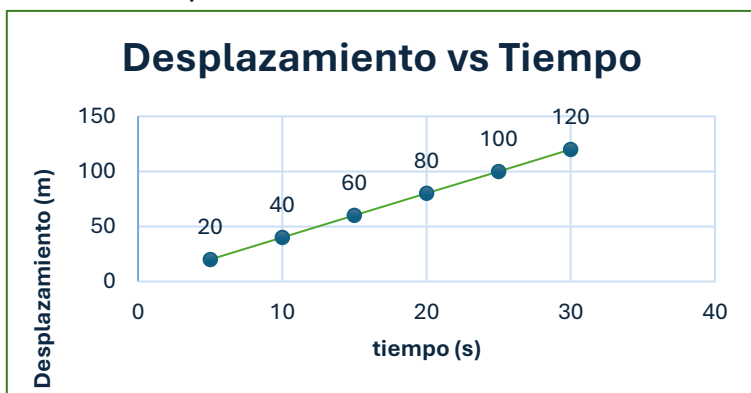


t(s)	d(m)	v( $\frac{m}{s}$ )
5	20	4
10	40	4
15	60	4
20	80	4
25	100	4
30	120	4

Incluye el tiempo como la variable independiente, mientras que el desplazamiento y la velocidad deben considerarse como variables dependientes.

Utiliza los datos obtenidos para trazar la gráfica de desplazamiento en función del tiempo. Asegúrate de colocar el tiempo en el eje horizontal (abscisas) y el desplazamiento en el eje vertical (ordenadas).

Al trazar la gráfica, notarás que obtienes una línea recta inclinada. Si calculas la pendiente de esta línea en cualquier punto, encontrarás que su valor es constante. Esto significa que la velocidad no cambia, se mantiene constante, lo cual es una característica principal del movimiento rectilíneo uniforme (MRU).



### Actividad 7:

1. Observa con atención el video “**Cinemática 3D: Trayectoria, Distancia y Desplazamiento**”, poniendo especial énfasis en las definiciones y ejemplos relacionados con la trayectoria, la distancia y el desplazamiento.



### Video 5:

Cinematik3D. (20 de junio del 2014). **Cinemática 3D: Trayectoria, Distancia y Desplazamiento**. [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=kXa3BRRdIH8&t=9s>



Mientras miras el video, toma notas sobre las diferencias entre la distancia y el desplazamiento, así como su relación con la trayectoria de un objeto en movimiento.

Responde a las siguientes preguntas en tu cuaderno:

- ¿Por qué la distancia recorrida puede ser mayor que el desplazamiento?
  - ¿En qué situaciones la distancia y el desplazamiento podrían tener el mismo valor numérico?
  - ¿Cómo influye la trayectoria en la diferencia entre distancia y desplazamiento?
2. María decide salir de su casa para hacer ejercicio, primero camina 500 *metros* hacia el norte, luego gira hacia el este y recorre 400 *metros* más, finalmente regresa

siguiendo una trayectoria recta al origen de su recorrido. Indica respuestas utilizando las unidades del SI.

Dibuja en un plano cartesiano la trayectoria de María y su desplazamiento.

Responde las siguientes preguntas.

- a) ¿Cuál es la distancia total que recorrió María?
- b) ¿Cuál es el desplazamiento de María desde su punto de partida?
- c) Si María tardó 15 minutos en completar su recorrido:
  - ¿Cuál fue su rapidez promedio?
  - ¿Cuál fue su velocidad promedio?

Elabora una tabla de datos que registre el movimiento de María, incluyendo las columnas de tiempo, distancia y velocidad, en intervalos de tres minutos. Una vez completada la tabla, utiliza los datos para trazar las gráficas de distancia vs. tiempo y velocidad vs. tiempo.

### MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME ACELERADO (MRUA)

**Aprendizaje 4.** Interpreta las gráficas y modelos matemáticos del MRUA de una partícula. N3

**Aprendizaje 5.** Contrasta los modelos matemáticos del MRUA con situaciones reales mediante la experimentación. N3

### Aceleración

Desde la antigüedad filósofos como Aristóteles ya se interesaban por el movimiento de los cuerpos celestes, aunque sus ideas no eran claras, sentó un precedente para su estudio. El estudio del **Movimiento Rectilíneo Uniforme Acelerado (MRUA)** tiene una larga historia que abarca desde las observaciones realizadas por Galileo hasta las teorías desarrolladas por Newton. A través del avance de la Física y las matemáticas el MRUA se ha convertido en un concepto esencial que sigue siendo fundamental.

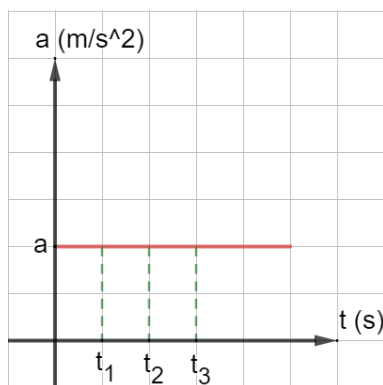


Imagen 14: Gráfica v-t de un MRUA donde la velocidad aumenta (aceleración positiva).

Como se vio anteriormente el **movimiento** es el cambio de **posición** de un cuerpo **respecto a un sistema de referencia**, si este se realiza en una dimensión se dice que se trata de movimiento rectilíneo, cuando recorre espacios iguales en tiempos iguales hablamos de un movimiento rectilíneo uniforme, pero cuando sufre cambios constantes en su velocidad se trata del MRUA.

El MRUA describe el movimiento de una partícula a lo largo de una trayectoria recta con aceleración constante, esto quiere decir que, en una gráfica de aceleración vs tiempo,

obtendremos una recta paralela al eje del tiempo, dado que la aceleración no cambia con el tiempo.

En este tipo de movimiento, la velocidad de la partícula cambia de manera igual con el tiempo debido a una aceleración constante, si se realiza una gráfica de velocidad vs tiempo, ya sea si la velocidad aumenta con el tiempo (Imagen 15A) o si la velocidad disminuye con el tiempo (Imagen 15B).

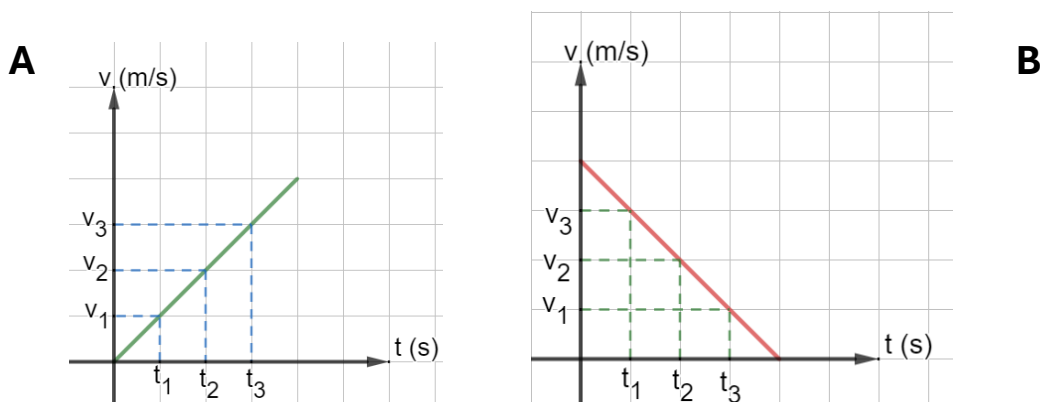


Imagen 15: Gráfica v-t de un MRUA donde (A) la velocidad aumenta (aceleración positiva) y (B) la velocidad disminuye (aceleración negativa).

En ambos casos la pendiente de la recta representa la aceleración del movimiento.

En el caso del MRUA, la gráfica de posición vs tiempo resulta tener forma característica, una parábola. Esto se debe a que, en este tipo de movimiento, la posición de un cuerpo varía en función del tiempo al cuadrado, lo que indica que, el desplazamiento no crece de manera lineal.

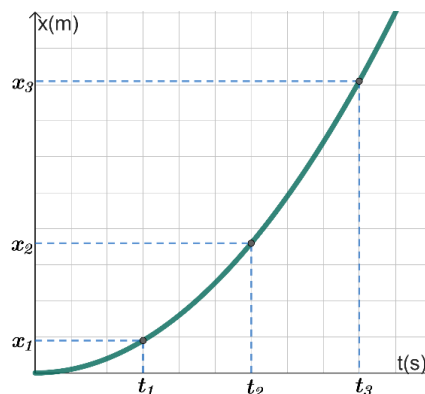
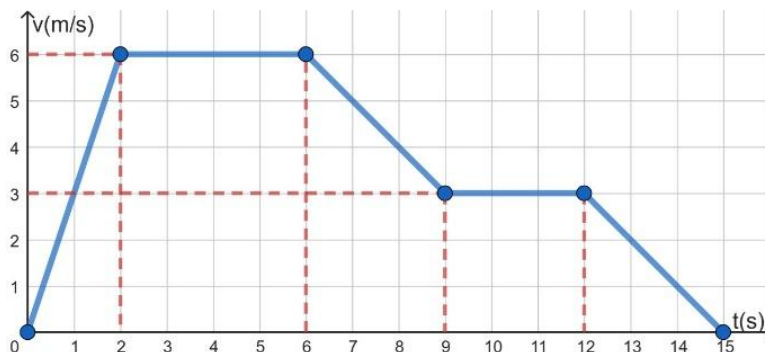


Imagen 16: Gráfica x-t de un MRUA.



**Problema ejemplo 5:** A continuación, se muestra en una gráfica el movimiento de una partícula. Analiza por intervalos el tipo de movimiento presente:



**Análisis**

De 0 a 2 s, acelera de forma constante a  $3 \text{ m/s}^2$  alcanzando una velocidad de  $6 \text{ m/s}$ .

De 2 s a 6 s, la velocidad es de  $6 \text{ m/s}$  y se mantiene constante durante este tiempo.

De 6 s a 9 s, la aceleración es de  $-1 \text{ m/s}^2$  por lo que su velocidad disminuye a  $3 \text{ m/s}$ .

De 9 s a 12 s, mantiene constante la velocidad de  $3 \text{ m/s}$ .

De 12s a 15 s, la aceleración es de  $-1 \text{ m/s}^2$

Las principales características de este movimiento son: velocidad variable, aceleración constante y trayectoria rectilínea. Las magnitudes presentes son: aceleración ( $a$ ), tiempo ( $t$ ), distancia recorrida ( $d$ ), posición ( $x$ ), velocidad final ( $v_f$ ) y velocidad inicial ( $v_0$ ).

Los modelos matemáticos que representan este movimiento son:

Modelos matemáticos	Variables	Unidades en SI
$a = \frac{v_f - v_i}{t}$	$a$ : aceleración	$\text{m/s}^2$
$v_f^2 = v_i^2 + 2 ad$	$v_f$ = velocidad final	$\text{m/s}$
$d = d_i + v_i t + \frac{1}{2} a t^2$	$v_i$ = velocidad inicial	$\text{m/s}$
	$d$ = distancia	$\text{m}$
	$d_i$ = distancia inicial	$\text{m}$
	$t$ = tiempo	$\text{s}$



**Problema ejemplo 6:** Un automóvil se encuentra parado frente a un semáforo, en el momento en que inicia su movimiento acelera a razón de  $2.5 \text{ m/s}^2$  durante  $10 \text{ s}$ . ¿Qué velocidad alcanza en este tiempo?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$v_i = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $a = 2.5 \text{ m/s}^2$ $t = 8 \text{ s}$ $v_f = ?$	$a = \frac{v_f - v_i}{t}$ $v_f = v_i + a t =$ $v_f = \text{m/s} + (2.5 \text{ m/s}^2) (8 \text{ s})$	$v_f = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

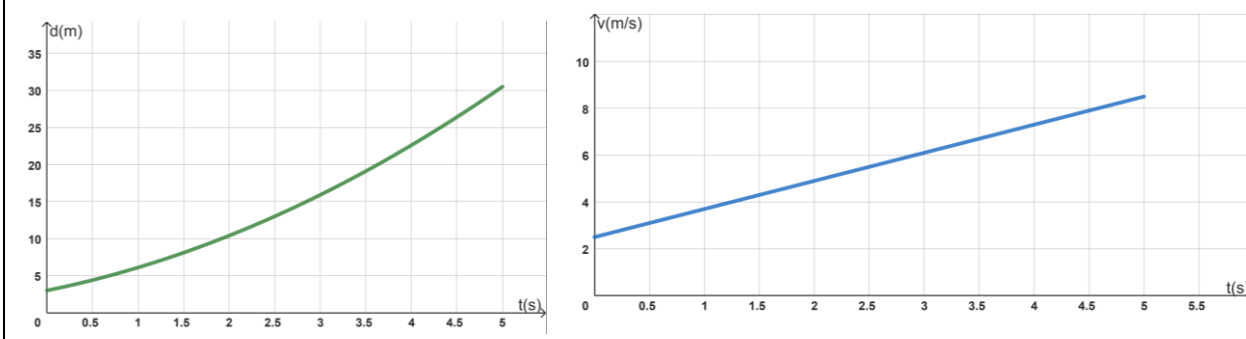
	$v_f = 20 \frac{m}{s}$	
--	------------------------	--



**Problema ejemplo 7:** Un automóvil se encuentra a 3 m del origen en  $t_i = 0$  s, se desplaza en línea recta con aceleración de  $1.2 \text{ m/s}^2$ , en ese momento su velocidad es  $2.5 \text{ m/s}$ . Escribe sus ecuaciones y representación gráfica del movimiento durante los primeros 5 s.

Datos	Ecuaciones
$d_i = 3 \text{ m}$ $a = 1.2 \text{ m/s}^2$ $v_i = 2.5 \text{ m/s}$ $t = 0 \text{ a } 5 \text{ s}$	$v_f = v_i + at$ $v_f = 2.5 \text{ m/s} + (1.2 \text{ m/s}^2) t$ $d = d_i + v_i t + \frac{1}{2} a t^2$ $d = 3 \text{ m} + (2.5 \text{ m/s}) t + \frac{1}{2} (1.2 \text{ m/s}^2) t^2$

### Gráficas



### Caída libre

Podemos hablar de dos casos particulares dentro del MRUA, que son la **caída libre** y el **tiro vertical**.

Galileo fue uno de los pioneros en estudiar la caída de los cuerpos, logró medir la distancia que los cuerpos recorren durante su caída y su relación con el **tiempo** empleado. Esto le permitió identificar que los cuerpos que caen no recorren distancias iguales en tiempos iguales, sino que, el desplazamiento era mayor para los mismos intervalos de tiempo. De esta forma Galileo logró calcular experimentalmente la aceleración de los cuerpos en caída libre.

Estos resultados nos permiten establecer que la caída libre de un objeto es un caso especial de un MRUA, pues se trata de un

- — 9 m
  - — 8.88 m
  - — 8.55 m
  - — 8 m
  - — 7.2 m
  - — 6.24 m
  - — 5.02 m
  - — 3.59 m
  - — 1.93 m
- Imagen 17: Objeto en caída libre.*

movimiento en línea recta (sobre el eje vertical) que presenta aceleración constante.

La caída libre por tratarse de un movimiento en línea recta vertical y con aceleración constante, cuyo valor corresponde a la **aceleración de la gravedad** terrestre ( $g = -9.8 \frac{m}{s^2}$ ), en este caso la partícula aumenta su velocidad con el tiempo.

**Nota:** para la caída libre y el tiro vertical en lugar de distancia (d), se emplea el concepto de altura (h), pero al ser un caso particular del MRUA, los modelos matemáticos son los mismos.



**Problema ejemplo 8:** Desde lo alto de un edificio de 12.5 m de altura, cae accidentalmente una maceta de 1.8 kg, determina la velocidad con la que llega al piso y el tiempo de caída. (considere  $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$ )

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$v_i = 0 \frac{m}{s}$ $g = 9.8 m/s^2$ $h = 12.5 m$ $v_f = ? \frac{m}{s}$ $t = ? s$	a) $v_f^2 = v_i^2 + 2 gh$ $v_f^2 = \left(0 \frac{m}{s}\right)^2 + 2 \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) (12.5 m)$ $v_f^2 = 0 + 245 \frac{m^2}{s^2} = 245 \frac{m^2}{s^2}$ $v_f = 15.65 \frac{m}{s}$ b) $t = \frac{v_f - v_i}{g} = \frac{15.65 \frac{m}{s} - 0}{9.8 \frac{m}{s^2}} = 1.59 s$	a) $v_f = 15.65 \frac{m}{s}$ b) $t = 1.59 s$

### Tiro vertical



Imagen 18: Tiro vertical.

Al igual que la caída libre, el **tiro vertical** es un caso especial de un MRUA, sin embargo, la diferencia radica en que este movimiento se compone de un movimiento ascendente y uno descendente. Se podría decir que un tiro vertical combina un movimiento de subida y una caída libre.

Durante el movimiento de ascenso la dirección del desplazamiento de la partícula y su velocidad son contrarias a la dirección de la aceleración de la gravedad, por lo cual el objeto desacelera hasta alcanzar una altura máxima donde la velocidad instantánea del objeto es cero. Cuando está en descenso (caída libre) las tres magnitudes tienen la misma dirección, por lo que el objeto se acelera y al tocar el piso impacta con la máxima velocidad que alcanza.

**Problema ejemplo 9:**



**Se lanza una pelota verticalmente hacia la azotea de un edificio, con una velocidad de 9.89 m/s. a) Determina el tiempo que tarda en llegar la pelota del suelo a la azotea b) la altura del edificio. c) encuentra el tiempo que tarda en regresar al piso y d) la velocidad con la que impacta.**

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
<p>La pelota se lanza con una velocidad inicial de:  <math>v_0 = 9.89 \text{ m/s}</math></p> <p>Como asciende desde el suelo.  <math>y_0 = 0 \text{ m}</math></p> <p>Al alcanzar la azotea del edificio la velocidad de la pelota es:  <math>v = 0 \text{ m/s}</math></p> <p>La aceleración que experimenta todo cuerpo en caída libre es.  <math>g = -9.81 \text{ m/s}^2</math></p>	<p>a) Primero calculamos el tiempo que tarda en llegar a la azotea.</p> $g = \frac{v_f - v_i}{t}$ $-9.81 \text{ m/s}^2 = \frac{0 \text{ m/s} - 9.89 \text{ m/s}}{t}$ $t = \frac{-9.89 \text{ m/s}}{-9.81 \text{ m/s}^2} = 1.008 \text{ s}$ <p>b) Para determinar la altura del edificio tenemos:</p> $y = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + y_0$ $y = \frac{1}{2}(-9.81\text{m/s}^2)(1.008 \text{ s})^2 + (9.89\text{m/s})(1.008 \text{ s}) + 0 \text{ m}$ $y = -4.98 \text{ m} + 9.97 \text{ m}$ $y = 4.99 \text{ m}$ <p>c) El tiempo que tarda en regresar al piso es el tiempo de subida más el tiempo de bajada, siendo que los valores son el mismo, por lo cual.</p> $t_T = 2t = 2 (1.008 \text{ s})$ $t_T = 2.016 \text{ s}$ <p>d) La velocidad con la que impacta el piso es la misma con la que inicia el</p>	<p>El tiempo que tarda en llegar a la azotea es:</p> $t = 1.008 \text{ s}$ <p>La altura del edificio es:</p> $y = 4.99 \text{ m}$ <p>El tiempo que tarda en caer la pelota desde que se aventó es:</p> $t_T = 2.016 \text{ s}$ <p>Y la velocidad con la que impacta es:</p> $v = -9.89 \text{ m/s}$

	ascenso, pero con signo negativo dado que al principio la pelota va hacia arriba y después hacia abajo.	
	$v = -9.89 \text{ m/s}$	



### Actividad 8:

1. Un dardo es disparado desde una ballesta verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial de  $15 \frac{m}{s}$ , determina la altura máxima a la que llegó y el tiempo total de vuelo (tiempo que tarda en ascender y descender).
2. Al realizar un experimento con un tren eléctrico sobre un riel en un plano inclinado se obtuvieron los siguientes datos:

- a) Construya la gráfica con los valores contenidos en la tabla de resultados.
- b) Encuentre el modelo matemático que más se aproxime al comportamiento de los datos de la tabla de resultados.
- c) Considerando que la posición inicial es 0, encuentra el modelo matemático que describe la posición como función del tiempo.
- d) Realiza la gráfica de posición contra tiempo.

t(s)	v(m/s)
0.0000	0.0000
0.6666	0.4473
1.3328	1.0229
1.9991	1.9176
2.6657	2.3004
3.3320	3.3239

3. Un gato salta de la cornisa de una casa, si demora medio segundo en llegar al suelo. A) ¿Cuál es su rapidez al tocar el suelo? B) ¿De qué altura saltó?

## LEYES DE NEWTON

La formulación de las **leyes del movimiento de Newton** fue precedida por una serie de acontecimientos que formaron y prepararon el pensamiento para la comprensión y explicación de la naturaleza. Distintos pensadores contribuyeron de alguna manera para esclarecer y formalizar los conceptos y principios de la mecánica clásica. Con relación a la inercia y sistemas inerciales, elementos fundamentales en el estudio del movimiento de los cuerpos, es importante conocer las aportaciones de Aristóteles, Copérnico, Descartes y Galileo que prepararían el terreno y el pensamiento para una mente brillante como la de Isaac Newton, quien finalmente lograría la consolidación de los cimientos de la Mecánica Clásica.

En el año de 1686, Isaac Newton hace la publicación de la obra más importante e impactante titulada Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. Ésta sería la consolidación definitiva de la Mecánica Clásica. En esta obra, Newton formuló y desarrolló una extraordinaria teoría



acerca del movimiento postulando las fuerzas que actúan sobre un cuerpo como agentes que producen el cambio de movimiento de dicho cuerpo.

### Primera ley de Newton

**Aprendizaje 6.** Relaciona la tendencia de un objeto a mantener su estado de reposo o de MRU a menos de que una fuerza neta actúe sobre él. N2

**Aprendizaje 7.** Interpreta el concepto de masa inercial y sistemas inerciales asociados al movimiento. N2.

### Movimiento con fuerza resultante cero



Imagen 19: Primera ley de Newton

Se debe recordar que, según Aristóteles, sólo el estado de reposo es permanente y que para que un cuerpo se mueva, es necesario aplicar constantemente una **fuerza**. Newton pensó en la **fuerza** como un agente de cambio del movimiento (o de la **cantidad de movimiento**), estableciendo una nueva equivalencia entre el *reposo* y el *movimiento uniforme rectilíneo*. Para alterar cualquiera de estos dos estados, es preciso aplicar una fuerza, pero el reposo y el movimiento rectilíneo uniforme, persisten

indefinidamente en ausencia de fuerzas, o si la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo es igual a cero. A este primer principio se le conoce como **ley de inercia** o **Primera ley de Newton**.

*"Un objeto en reposo permanecerá en reposo, y un objeto en movimiento continuará en movimiento con velocidad constante en línea recta, a menos que una fuerza externa actúe sobre él."*

Las leyes de Newton serán válidas solamente en marcos de referencia *inerciales*. Para puntualizar, si se tienen dos marcos inerciales, cada uno de estos se moverá a velocidad constante en relación con el otro.

La Física al estudiar los fenómenos naturales, ha encontrado características generales y particulares, de los componentes del sistema bajo análisis, propiedades que permiten una mejor comprensión del papel que cada uno desempeña. Tal es el caso de la propiedad de los cuerpos conocida como **inercia**, la cual se puede enunciar como el grado de oposición que presentan los cuerpos a cambiar su estado de reposo o de movimiento en línea recta a velocidad constante. También se puede



Imagen 20: Inercia en un carro de supermercado.

decir que la inercia de un cuerpo es una medida cuantitativa de su masa; es decir, a mayor masa, mayor inercia, y a menor masa, menor inercia, en otras palabras, la inercia es directamente proporcional a la masa.



Imagen 21: Prueba de seguridad con maniquí.

Un ejemplo muy común de esta propiedad de los cuerpos, de alguna manera muchos la hemos experimentado, se tiene al viajar dentro de un automóvil. Al iniciar el viaje sobre una autopista y aumentar de manera súbita el valor de la velocidad, nuestro cuerpo tiende a pegarse al respaldo del asiento, esto es la consecuencia de que nuestro cuerpo tiende a continuar con la condición de reposo inicial. De igual manera, cuando ya nos encontramos viajando a cierta velocidad, si el automóvil

es frenado por el conductor, los pasajeros tienden a continuar con la velocidad que llevaba el carro antes de aplicar los frenos, en consecuencia, son desplazados hacia la parte delantera del auto. Esto mismo sucede cuando el conductor toma una curva sobre la carretera a cierta cantidad de velocidad, pues los ocupantes del automóvil tienden a continuar en línea recta y son proyectados al lado contrario de la curva. De estas situaciones, es evidente la importancia que tiene el uso adecuado del cinturón de seguridad en los ocupantes cuando se viaja en un automóvil y que cuente el vehículo con las bolsas de aire correspondientes.

De esas experiencias podemos decir que, si un cuerpo se encuentra en movimiento, tiende a seguir en movimiento, pero si se encuentra en reposo, la tendencia de ese objeto es permanecer en reposo. En ambas situaciones se tiene la propiedad de los cuerpos conocida como **inercia**. Se puede decir que, para modificar la condición de reposo o de movimiento lineal a velocidad constante de las partículas o los cuerpos, es necesaria la acción de un agente externo o fuerza.

### ***Inercia, masa inercial y sistemas inerciales***

En Física al analizar el movimiento de una partícula o de un cuerpo en general, implica desde el punto de vista del observador, conocer la **posición, velocidad, aceleración y fuerzas** presentes o que interactúan en todo momento, lo que trae como consecuencia referirse a otro punto u objeto considerado como guía, **sistema o marco de referencia**. Es decir, conocer el comportamiento total de un sistema de movimiento, significa tener pleno conocimiento del comportamiento de las variables presentes en el evento, expresadas en términos de ecuaciones de cada variable dependiendo del tiempo y gráficas de posición-tiempo, velocidad-tiempo, aceleración-tiempo, y las fuerzas que interactúan en ese sistema, de tal manera que se puedan llegar a realizar predicción sobre valores de todos y cada uno de los componentes del sistema.

¿Cómo sabemos que una partícula o un cuerpo se encuentra en movimiento? Si hay un movimiento relativo entre dos partículas A y B, con un campo visual local mutuo entre ambas (tal como en los túneles del metro, cuando se encuentran dos trenes y vamos en uno de ellos), ¿cuál se encuentra fijo? ¿cuál se encuentra en movimiento?, o ¿ambos se encuentran en movimiento?

Para contestar esas preguntas, se necesita tener un campo visual más amplio, lo que se conoce como marco de referencia inercial. Debido a que la elección del marco de referencia inercial es arbitraria, se puede elegir un marco de referencia sobre una de las partículas y referir la otra partícula a ésta, o tomar un marco de referencia fuera de ambas partículas. De esta manera, aplicando el concepto de velocidad, se obtienen las ecuaciones correspondientes y ya es posible contestar las preguntas anteriores.



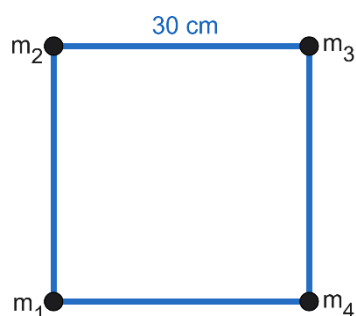
### Actividad 9:

**Indicaciones.** Con sus propias palabras, cuidando la ortografía y de forma breve y clara, responda correctamente las preguntas que a continuación se presentan.

1. Enuncie la Primera Ley de Newton.
2. Considerando un vaso con una tarjeta (carta de naipes o juego de mesa) coloque sobre la tarjeta una moneda encima de la tarjeta, tal como lo muestra la imagen adjunta y retire súbitamente la tarjeta de forma lateral. ¿Qué sucede con la moneda? Repita esta misma acción tres veces y exprese lo observado contestando la pregunta anterior. Justifique su respuesta.
3. Para la figura cuadrangular mostrada a continuación que presenta un sistema de 4 masas ubicadas en sus vértices, conectadas por varillas de masa insignificante con longitud de 30 cm:

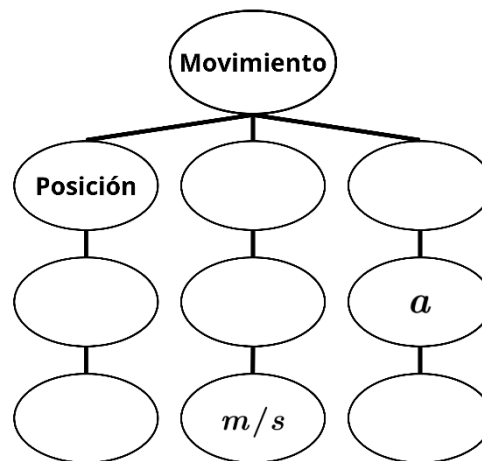


- a) Coloque el origen de un plano cartesiano X-Y en la masa  $m_1$  y determine las coordenadas de la posición de las masas restantes  $m_2$ ,  $m_3$  y  $m_4$ .
- b) Coloque el origen de otro plano cartesiano X-Y en la masa  $m_2$  y determine las coordenadas de la posición de las masas restantes 1, 3 y 4 y así sucesivamente para cada una de las masas restantes  $m_3$  y  $m_4$ , colocarlas en el origen y obtener los valores de las nuevas coordenadas del resto de las masas.



- c) ¿Qué conclusión se puede emitir respecto a la elección del origen de un sistema de referencia para obtener la posición de las masas restantes del sistema?
- d) Desde su perspectiva, ¿qué elección le parece la mejor opción? Justifique su respuesta.

4. Complete el esquema mostrado a continuación con relación al movimiento, colocando las palabras y símbolos faltantes en el lugar correcto: *aceleración, x, m/s<sup>2</sup>, v, velocidad, m.*



### Segunda ley de Newton

**Aprendizaje 8.** Interpreta la fuerza como el cambio en la cantidad de movimiento lineal con respecto al tiempo. N2

**Aprendizaje 9.** Contrasta los modelos matemáticos de la segunda ley de Newton con situaciones reales a través de la experimentación. N3

### Relación entre fuerza, masa, aceleración y cantidad de movimiento lineal

Si un cuerpo se encuentra en reposo o se mueve a velocidad constante en línea recta, se debe a que la fuerza total sobre él es cero; pero ¿qué sucederá si la fuerza total sobre el cuerpo difiere de cero? Por ejemplo: Empujar un mueble, dejar caer un juguete desde cierta altura, subirse a los juegos mecánicos, etcétera.

La **segunda Ley de Newton** precisa a la fuerza como el agente capaz de provocar un cambio en la **cantidad de movimiento lineal** (también conocido como **ímpetu** o **momentum**), de un cuerpo en un tiempo determinado.

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Definiendo al ímpetu como

$$p = mv$$

donde: **m** es la masa inercial del cuerpo [kg], **v** es la velocidad que tiene el objeto [m/s] y **p** es la cantidad de movimiento o ímpetu del objeto en movimiento [kg m/s].

Cambio de ímpetu = ímpetu final - ímpetu inicial

$$\Delta p = p_f - p_i$$

$$\Delta p = mv_f - mv_i$$

Considerando que la masa se mantiene constante y factorizando, se tiene lo siguiente:

$$\Delta p = m(v_f - v_i)$$

$$\Delta p = m\Delta v$$

Al realizarse el cambio de cantidad de movimiento en un tiempo determinado, tenemos:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

donde:  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  es el cambio de velocidad con respecto al tiempo, es decir, la aceleración ( $a$ ) del cuerpo.

### **Movimiento bajo fuerza constante**

Si a un objeto de masa conocida se le aplica una fuerza con un valor diminuto, éste acelerará mínimamente, pero al aplicársele una fuerza superior, el objeto tendrá una aceleración mayor.

Por otro lado, si se aplica una fuerza constante a un objeto con una masa pequeña, ésta le produce una aceleración determinada, y al aplicar la misma fuerza a otro objeto con masa mayor, adquirirá una aceleración menor.



**A**



**B**

Imagen 22: Lanzamiento de un balón de basquetbol (A) y lanzamiento de martillo (B).

Esto lo podemos notar en dos situaciones deportivas, en el basquetbol los atletas deben modular la fuerza aplicada para los tiros que realiza, dependiendo de la zona que se encuentren en la cancha o si tienen un defensor en frente, ya que el balón debe realizar una parábola de distintas alturas. Por otro lado, en el lanzamiento de martillo, los participantes deben aplicar la mayor fuerza posible sobre la bala, con la finalidad de hacer que lleguen lo más lejos. A todo esto, podemos añadir la diferencia de masa entre los dos objetos, por lo cual, es más fácil cambiar el estado de movimiento del balón que el del martillo.

La segunda ley de Newton se puede expresar como:

*“La aceleración es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa del objeto.”*

entonces:

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

quedando:

$$F = ma$$

Donde:  $F$  es la fuerza aplicada [ $kg\ m/s^2 = N$ ],  $m$  es la masa inercial del cuerpo [ $kg$ ] y  $a$  es la aceleración que experimenta el objeto [ $m/s^2$ ].



**Problema ejemplo 10:** En el último tramo del tour de Francia, un ciclista de 55 kg, desea aumentar su velocidad de 16 m/s a 20 m/s en 15 s para ganar la carrera. Calcular el valor de la fuerza que tiene que aplicar a la bicicleta para lograr su objetivo.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$m = 55\ kg$ $v_i = 16\ m/s$ $v_f = 20\ m/s$ $t = 15\ s$ $F = ?$	$\Delta p = m\Delta v$ $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ $\Delta p = 55\ kg (20\ m/s - 16\ m/s)$ $\Delta p = 220\ kg\ m/s$ $F = \frac{220\ kg\ m/s}{15\ s}$	Resultado final  $F = 14.66\ N$



**Problema ejemplo 11:** La nadadora mexicana Celia Pulido en los juegos Olímpicos 2024 obtuvo el récord mexicano en los 100 m estilo dorso con un tiempo 1.01 minutos, si su masa es de 60 kg, determinar la cantidad de movimiento (momentum) en esa prueba.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$m = 60\ kg$ $d = 100\ m$ $t = 1.01\ min$ $p = ?$	$v = \frac{d}{t}$ $p = mv$ Conversión $1.010\ min \left( \frac{60\ s}{1\ min} \right) = 60.6\ s$ $v = \frac{100\ m}{60.6\ s} = 1.65\ m/s$ $p = (60\ kg)(1.65\ m/s)$	$p = 99\ kg\ m/s$



### Actividad 10:

1. Un conductor y su motocicleta tienen una masa de 140 kg y lleva una velocidad de 100 km/h. Determinar la cantidad de movimiento lineal del sistema.
2. Una grúa con una masa de 2.5 toneladas, se mueve a una velocidad inicial de 20 km/h, el conductor frena de manera intempestiva con una fuerza de 200 N durante 3 s. ¿Cuál es el valor de la velocidad alcanzada después de aplicar el freno?
3. Entra a la siguiente liga

#### **Simulador 2 – 2° Principio de la dinámica**



Hurtado, S. (s/f). **2° Principio de la dinámica.**

Laboratorio virtual.

<https://labovirtual.blogspot.com/search/label/2%C2%B4Principio%20de%20la%20Din%C3%A1mica>



- a) Realiza las actividades que se te indican.
- b) Escribe tus conclusiones sobre la relación entre la masa, aceleración y la fuerza.

### **Diagrama de cuerpo libre**

En nuestras tradiciones decembrinas, se festejan las posadas con una piñata, donde, en ocasiones, dos personas la sujetan a una altura determinada y una tercera le pega con un palo; cuando la piñata está sujeta en el aire y sin movimiento está sometida a varias fuerzas, las cuales se pueden representar gráficamente por medio de un diagrama, utilizando como referencia el plano cartesiano. La representación gráfica de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se le conoce como **Diagrama de Cuerpo Libre**.

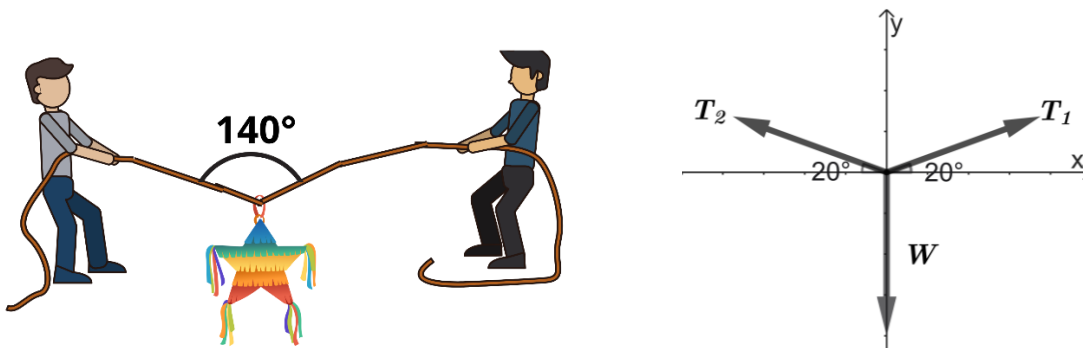


Imagen 23: Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que actúan sobre una piñata suspendida por una cuerda.

En la imagen 23 se observan dos personas que sujetan una piñata, están actuando tres fuerzas,  $T_1$  y  $T_2$  son las fuerzas nombradas **tensiones**, que de acuerdo con el ángulo entre ellas y tomando como referencia el plano cartesiano, se deduce que su inclinación es a  $20^\circ$  cada una de ellas con respecto al eje horizontal, hay una tercera fuerza, el peso ( $W$ ) de la piñata, la cual está actuando de manera vertical y con sentido hacia abajo, es decir, a  $270^\circ$ .

Este diagrama permite colocar sobre el plano cartesiano los vectores de fuerzas que actúan sobre un cuerpo. De esta forma se puede obtener la fuerza resultante colocando los vectores sobre el plano cartesiano, considerando que el cuerpo se encuentra en el origen del plano.

Ya identificadas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo, se procede a obtener la fuerza resultante en los ejes  $x$  y  $y$  para aplicar la segunda ley de Newton. Es importante considerar el signo dado por la dirección del vector.

En el eje horizontal.

$$\sum F_x = F + (-f) = F - f = ma_x$$

En el eje vertical.

$$\sum F_y = F_N + (-W) = F_N - W = ma_y$$

Es necesario señalar que  $f$  es la fuerza de fricción y esta depende del coeficiente de fricción ( $\mu$ ) entre las superficies y la fuerza normal. Además su dirección es contraria a la del movimiento del objeto.

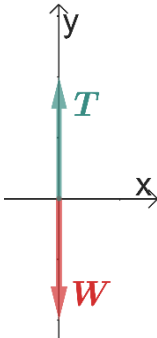
$$f = \mu F_N$$

**Nota:** En caso de que el objeto esté en reposo o se mueva con velocidad constante, la aceleración es cero ( $a = 0$ ).

En general, sobre un cuerpo no solo actúa una sola fuerza, por lo cual, el diagrama de cuerpo libre es una herramienta que permite analizar las fuerzas que actúan sobre él para determinar la fuerza resultante.



**Problema ejemplo 12:** Determina la fuerza de tensión que ejerce una cuerda para mantener suspendido a un objeto de 20 kg de masa que cuelga del techo.

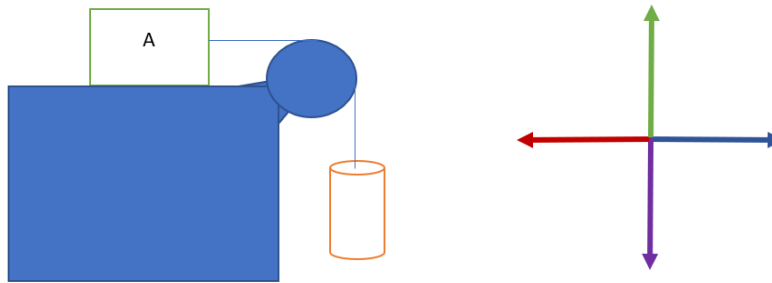
Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
El objeto tiene una masa: $m = 20 \text{ kg}$  Al estar suspendido, se encuentra en equilibrio, por lo cual, la aceleración es cero.	El diagrama de cuerpo libre queda:  Por lo cual: $\sum F_y = T - W = 0$ $T = W = mg$ $T = (20 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)$ $= 196.2 \text{ N}$ 	La tensión de la cuerda que mantiene suspendido el cuerpo es:  $T = 196.2 \text{ N}$



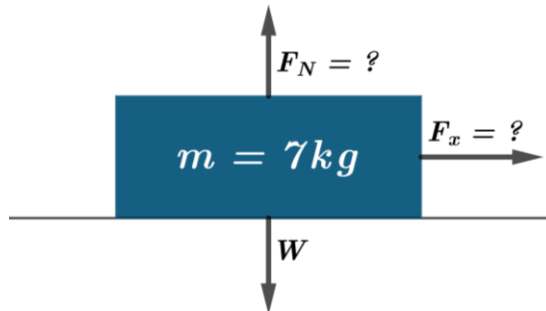


**Actividad 11:**

1. Investigar y definir los siguientes conceptos: fuerza de fricción, peso, fuerza normal, tensión y fuerza resultante.
2. Elaborar el diagrama de cuerpo libre que represente las fuerzas que actúan sobre el cuerpo A de la siguiente figura.



3. Un bloque con una masa de 7 kg se encuentra en reposo, se pretende mover mediante una fuerza horizontal, como se ve en la figura. Considerar  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 
  - a) Realizar el diagrama de cuerpo libre.
  - b) Determinar la fuerza normal ( $F_n$ ) que ejerce el piso sobre el bloque.
  - c) Calcular la magnitud de la fuerza ( $F_x$ ) que se requiere para que el bloque adquiera una velocidad horizontal de 4 m/s en un tiempo de 1.5 s a partir del reposo.



**Tercera Ley de Newton**

**Aprendizaje 10.** Identifica la fuerza como una interacción entre objetos, que siempre aparece en pares. N2

**Aprendizaje 11.** Relaciona las leyes de Newton con el principio de conservación del momento para desarrollar situaciones de colisiones entre dos partículas en una dimensión. N3

### Interacciones entre pares de partículas en una dimensión



Imagen 24: Fuerza de acción y reacción

Como te habrás percatado, la **fuerza** no es un objeto y por consiguiente tampoco una partícula, es una **interacción** entre una cosa y otra, es decir, es la interacción de un cuerpo con otro, por ejemplo: el golpe del martillo sobre un clavo, el choque de dos autos, al correr o caminar, al golpear una pelota con el pie, etc.

Tal vez Newton se cuestionó sobre alguno de los ejemplos anteriores, preguntándose ¿Cuál es el objeto que ejerce la fuerza sobre el otro? Después de meditar estas situaciones y considerando que él creía que la

naturaleza es simétrica, concluyó que ninguna de las fuerzas debe de señalarse como la que se ejerce y la que la recibe, por lo que ambos cuerpos se deben tratar como igual en vista que el martillo ejerce una fuerza sobre el clavo, pero eventualmente se lleva al reposo, es decir, la misma fuerza aplicada al clavo, es la misma que desacelera al martillo.

Y así como la anécdota de la manzana cayendo del árbol llevó a Newton a reflexionar sobre la naturaleza de la gravedad, la observación del martillo y el clavo lo llevó a formular su **tercera ley**, conocida como la **Ley de la acción y la reacción**, la que afirma que:

*Siempre que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, éste último ejerce una fuerza igual y en sentido opuesto sobre el primero.*

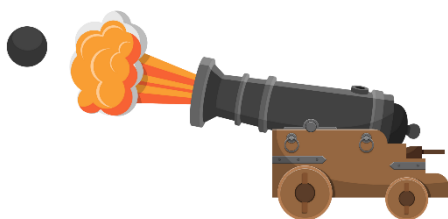
Por lo anterior resaltaremos que:

- ✦ No existe una fuerza única en ningún caso
- ✦ Las fuerzas siempre ocurren en pares y no actúan sobre el mismo cuerpo.
- ✦ Si se ejerce una fuerza sobre un cuerpo, éste ejercerá una fuerza igual, pero en sentido contrario.



#### Actividad 12:

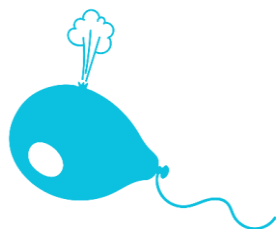
Dibuja las fuerzas de acción y reacción que se presentan en las situaciones siguientes:



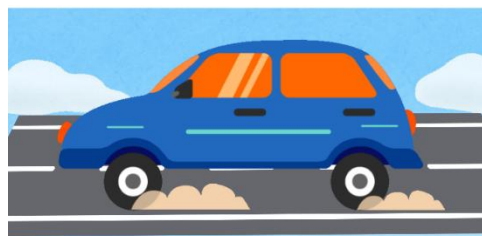
a) Cañón-Bala



b) Señor-Carrito



c) Globo-Aire



d) Llanta-Suelo

### **Principio de conservación del movimiento**

A diario en las noticias, se difunde que se presentan choques o colisiones entre diferentes objetos, como motocicletas, autos, trailers, patinetas eléctricas, bicicletas, etc. Las colisiones que ocurren en estos casos, pueden ser elásticas o inelásticas, sin embargo, en esta guía sólo analizaremos los choques elásticos.

Al estudiar la colisión entre partículas, las **leyes de Newton** son la base para comprender estas situaciones. La **tercera ley de Newton** establece que las fuerzas que actúan entre dos partículas en colisión son iguales en magnitud y opuestas en dirección ( $F_A = -F_B$ ); estas fuerzas son fuerzas internas al sistema de las dos partículas.

Si las fuerzas internas son las únicas que actúan sobre el sistema, la suma de los momentos de las partículas se conserva. En una colisión en una dimensión el momento total del sistema antes de la colisión es igual al momento total después de la colisión, siempre que no haya fuerzas externas actuando sobre el sistema, como la gravedad o la fricción entre otras.

Al aplicar la segunda ley de Newton ( $F = m a = p / t = m v / t$ ) a cada partícula y sumando las fuerzas internas, se tiene que la variación total del **momento** del sistema es cero, es decir, el momento se conserva, por tanto, en una colisión en una dimensión, la velocidad final de las partículas puede determinarse utilizando la conservación del momento.

Por ejemplo, si se tienen dos partículas, se iguala el **momento** total antes de la colisión ( $p_i = m_1 v_1 + m_2 v_2$ ) al momento total después de la colisión ( $p_f = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$ ), por lo tanto, momento inicial es igual al momento final ( $p_i = p_f$ ).



Imagen 25: Choque de autos.

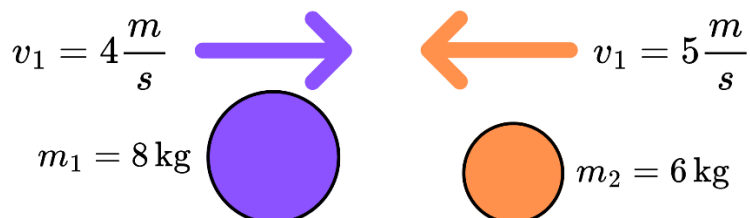
Supongamos que dos autos (partículas) con masas  $m_1$  y  $m_2$  y velocidades iniciales  $v_1$  y  $v_2$  **chocan elásticamente** (conserva la energía cinética) en una línea recta.

Si el valor de la cantidad del momento lineal es constante en el tiempo, entonces el momento lineal se conserva. Deberá cumplir dos requisitos para que su momento se conserve:

- a) *La masa del sistema deberá permanecer constante durante la colisión.* A medida que los objetos interactúan (aplican fuerzas entre sí). En una colisión inelástica se puede *transferir* masa de uno a otro; pero cualquier masa que gane un objeto se compensa con la pérdida de esa masa de otro. Por lo tanto, la masa total del sistema de objetos no cambia con el paso del tiempo.
- b) *La fuerza externa neta sobre el sistema deberá ser cero.* A medida que los objetos colisionan, o explotan, y se desplazan, ejercen fuerzas entre sí. Por la tercera ley de Newton, todas estas fuerzas son internas al sistema y, por lo tanto, cada una está equilibrada por otra fuerza interna de igual magnitud y signo contrario. Como resultado, el cambio en el momento lineal causado por cada fuerza interna se cancela con otro cambio de momento lineal, que es igual en magnitud y opuesto en sentido. Por lo tanto, las fuerzas internas no pueden cambiar el momento total de un sistema porque los cambios suman cero, siempre y cuando no se considere alguna fuerza externa que actúe sobre las partículas.




**Problema ejemplo 13:** Se tienen dos esferas de acero moviéndose en un mismo carril, pero en sentido contrario, la esfera 1 tiene una masa  $m_1 = 8 \text{ kg}$  y una velocidad de  $4 \text{ m/s}$ , dirigiéndose a la derecha, la esfera 2 se dirige a la izquierda, tiene una masa  $m_2 = 6 \text{ kg}$  y lleva una velocidad de  $5 \text{ m/s}$ . ¿Cuál es la cantidad de movimiento lineal del sistema que se tiene antes del choque?



Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$m_1 = 8 \text{ kg}$ $v_1 = 4 \text{ m/s}$ $m_2 = 6 \text{ kg}$ $v_2 = 5 \text{ m/s}$ $p_i = ?$	$p = mv$ Como van en sentidos contrarios se tiene: $p_i = m_1 v_1 - m_2 v_2$ $p_i = (8 \text{ kg}) (4 \text{ m/s}) - (6 \text{ kg}) (5 \text{ m/s})$ $p_i = 32 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} - 30 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $p_i = 2 \text{ kg m/s}$	$p_i = 2 \text{ kg m/s}$



**Problema ejemplo 14:** En un evento deportivo se acciona un rifle de masa  $3.5 \text{ kg}$ , el cual dispara una bala de  $9 \text{ g}$  a una velocidad de  $4.5 \text{ km/s}$ . Calcular la velocidad de retroceso del rifle, considerando que está suspendido libremente.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$m_R = 3.5 \text{ kg}$ $v_R = ?$ $m_B = 9 \text{ g} = 9 \times 10^{-3} \text{ kg}$ $v_B = 4.5 \text{ km/s}$ $v_B = 4.5 \times 10^3 \text{ m/s}$ $p_i = ?$	$p = mv$ Inicialmente ambos están en reposo (bala y rifle), entonces la suma de su momento lineal inicial es: $p_i = m_R v_R + m_B v_B = 0$ Calculando la velocidad del rifle se tiene: $v_R = m_B \frac{v_B}{m_R}$ $v_R = (9 \times 10^{-3} \text{ kg}) \frac{4.5 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3.5 \text{ kg}}$ $v_R = 11.57 \text{ m/s}$	La velocidad de retroceso del rifle es mucho menor que el de la bala: $11.57 \text{ m/s}$ 



### Actividad 13:

Resuelve los problemas siguientes, recuerda que el momento lineal se conserva.

- Se dispara una bala de 12 gramos en forma horizontal, incrustándose en un trozo de madera de 9 kg que está en reposo. La madera y la bala adquieren una velocidad cuya magnitud es de 0.4 m/s después del impacto. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad inicial de la bala?
- Un automóvil de 1800 kg. Detenido en un semáforo es golpeado por atrás por un auto de 900 kg, quedando los dos enganchados. Si el carro más pequeño se movía 20 m/s antes del choque ¿Cuál es la velocidad de los automóviles si quedaron enganchados después del choque?

## MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME

**Aprendizaje 12.** Identifica conceptos y magnitudes físicas presentes en el estudio del Movimiento Circular Uniforme de partículas por medio de actividades experimentales. N1

**Aprendizaje 13.** Contrasta los modelos matemáticos del MCU con situaciones reales mediante la experimentación. N3

### *Desplazamiento angular y desplazamiento lineal*

En las distintas circunstancias que nos rodean cotidianamente podemos contemplar ciertos fenómenos que involucran algún tipo de **Movimiento Circular**, como son: el movimiento de una rueda, un disco, las hélices de un ventilador, la rueda de la fortuna, un carrusel, etc., de

entre todos estos, describiremos en particular el Movimiento Circular Uniforme (MCU). En este movimiento el cuerpo describe una trayectoria en circunferencia, además de que dicho movimiento se realiza a ritmo constante, es decir, que el cuerpo recorre longitudes de arco iguales en tiempos iguales.

Como todo movimiento, el MCU requiere de un eje de referencia para describir la trayectoria del objeto, el cual se encuentra en el centro de la circunferencia ( $C$ ) descrita, la cual mantiene un radio constante.

- **Desplazamiento angular ( $\Delta\theta$ ):** representa el cambio en la posición angular ( $\theta$ ) de un objeto en MCU sobre la circunferencia de radio ( $r$ ). Su unidad son los radianes ( $rad$ ) o ciclos (vueltas).

$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$$

Donde:  $\Delta\theta$  representa el desplazamiento angular,  $\theta_i$  posición angular inicial y  $\theta_f$  posición angular final.

- **Arco de circunferencia ( $S$ ):** representa el desplazamiento lineal ( $d$ ) de un objeto en MCU, por lo cual, este concepto describe la distancia recorrida, cuya unidad de medida es el metro ( $m$ ).

$$s = \Delta\theta r$$

Donde:  $s$  arco de circunferencia y  $r$  radio de circunferencia.

**Nota:** un radian es el ángulo ( $\theta$ ) que se forma cuando el arco ( $S$ ) de un segmento de circunferencia mide lo mismo que su radio ( $r$ ). Es una unidad adimensional.

La relación entre radianes, grados y revoluciones ( $rev$ ) es:

$$2\pi \text{ rad} = 180^\circ = 1 \text{ rev}$$

### Rapidez angular y rapidez lineal

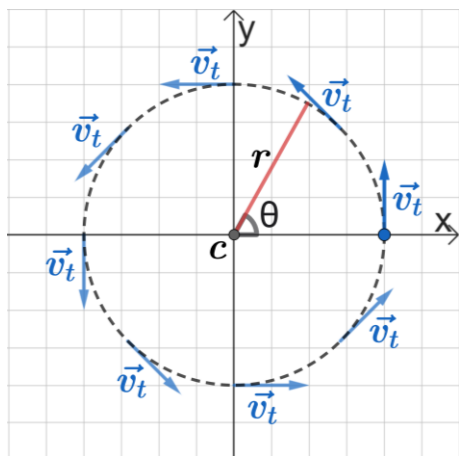


Imagen 27: Representación de la velocidad tangencial o lineal en un MCU.

Cuando un objeto se mueve a lo largo de una trayectoria circular, su **desplazamiento angular** representa la cantidad de ángulo que recorre en un intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ), para describir la tasa de cambio de este desplazamiento con respecto al tiempo, se introduce el concepto de **rapidez angular** ( $\omega$ ), que indica cuántos radianes (o grados) recorre el objeto por unidad de tiempo, cuya unidad es el  $rad/s$  o  $RPM$  (revoluciones por minuto).

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

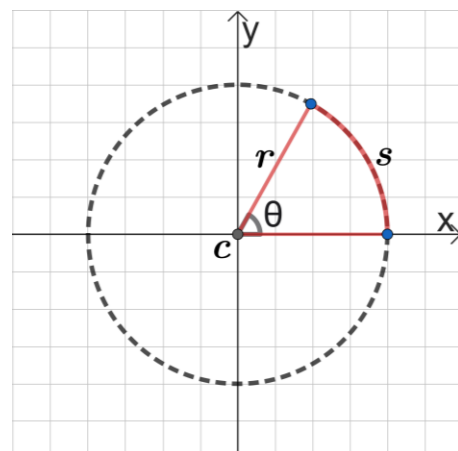


Imagen 26: Partícula en MCU.

Mientras que, la **rapidez tangencial** o **rapidez lineal** ( $v_t$ ) es igual al **desplazamiento lineal** o longitud de arco  $s$  por unidad de tiempo  $t$ , su unidad en el SI es  $m/s$ .

$$v_t = \frac{s}{t}$$

En donde la connotación tangencial se refiere a que dicha velocidad tiene una dirección geoméricamente tangencial a la trayectoria, como se muestra en la imagen 27.

Por otra parte, es importante resaltar que la rapidez angular y la tangencial se relacionan de la siguiente forma:

$$\omega = rv_t$$

### **Aceleración centrípeta y fuerza centrípeta**

Como se observa en la imagen anterior, la **velocidad tangencial** cambia de dirección a lo largo de la **trayectoria**, esto se debe a que un MCU siempre está bajo la acción de la **aceleración centrípeta** ( $a_c$ ), cuya dirección es hacia el centro de la circunferencia.

$$a_c = \frac{v_t^2}{r}$$

También se puede describir mediante la expresión:

$$a_c = r\omega^2$$

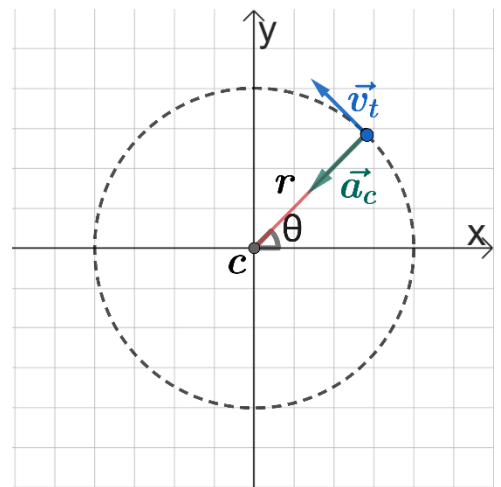


Imagen 28: Aceleración centrípeta en un MCU.

La **aceleración centrípeta** tiene unidades de  $m/s^2$ .

Cabe señalar que, la trayectoria curva que sigue el objeto es resultado directo de la presencia de una fuerza que obliga al objeto a moverse de tal manera, ya que, si no existiera dicha fuerza, entonces el cuerpo se movería a lo largo de una trayectoria en línea recta como lo especifica la **1ª ley de Newton**. Esta fuerza siempre tiene un sentido que apunta directamente hacia el centro de la circunferencia, al igual que la **aceleración centrípeta**, por tal razón recibe el nombre de **fuerza centrípeta** ( $F_c$ ), la cual se describe como:

$$F_c = ma_c$$

### **Frecuencia y periodo**

Otra magnitud de relevancia es el **periodo** ( $T$ ) que se define como el tiempo necesario para que el objeto, complete una vuelta (o ciclo). La unidad de medida del periodo es el segundo ( $s$ ). Esta magnitud se puede determinar si se conoce la cantidad de vueltas ( $n$ ) que realiza un objeto en un intervalo de tiempo ( $t$ ).

$$T = \frac{t}{n}$$

Otra magnitud útil es la **frecuencia** de rotación ( $f$ ) que indica el número de ciclos ( $n$ ) por unidad de tiempo ( $t$ ) y cuya unidad de medida es  $1/\text{segundo}$  o  $s^{-1}$ , que se define como el Hertz ( $Hz$ ).

$$f = \frac{n}{t}$$

Si comparamos las dos expresiones previas, podemos apreciar que el **periodo** y la **frecuencia** son recíprocos:

$$f = \frac{1}{T}$$

Cuando el objeto mantiene una velocidad angular constante, se describe un **movimiento circular uniforme** (MCU). De manera análoga a la empleada en el MRU, se establece que, la ecuación general de un MCU es:

$$\theta = \omega(t - t_0) + \theta_0$$



**Problema ejemplo 15:** Un objeto se mueve con velocidad angular de  $5 \text{ rad/s}$  sobre una trayectoria circular de radio  $3 \text{ m}$ . Si el movimiento dura  $2 \text{ min}$ , encuentra: a) El desplazamiento angular, b) el número de vueltas que realiza, c) la aceleración centrípeta que experimenta, d) la velocidad tangencial, e) su periodo y f) la frecuencia.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
El objeto se mueve con una velocidad angular de $\omega = 5 \text{ rad/s}$ En una trayectoria circular de radio $r = 3 \text{ m}$ Durante $t = 2 \text{ min}$	a) El desplazamiento angular es: $\theta = \omega t = (5 \text{ rad/s})(120 \text{ s})$ $\theta = 600 \text{ rad}$ b) El número de vueltas que describe se obtiene dividiendo entre el desplazamiento angular entre $2\pi \text{ rad}$ (equivalencia de cada vuelta) $n = \frac{\theta}{2\pi \text{ rad}} = \frac{600 \text{ rad}}{2\pi \text{ rad}}$ $n = 95.49 \text{ vueltas}$ c) La aceleración centrípeta se calcula: $a_c = \omega^2 r = (5 \text{ rad/s})^2 (3 \text{ m})$ $a_c = 75 \text{ m/s}^2$	El desplazamiento angular es: $\theta = 600 \text{ rad}$ El número de vueltas: $n = 95.49 \text{ vueltas}$ La aceleración centrípeta: $a_c = 75 \text{ m/s}^2$ La velocidad tangencial: $v_t = 15 \text{ m/s}$ El periodo: $T = 1.26 \text{ s}$ La frecuencia: $f = 0.79 \text{ Hz}$



	<p>d) Para la velocidad tangencial, se tiene:</p> $v_t = \omega r = (5 \text{ rad/s})(3 \text{ m})$ $v_t = 15 \text{ m/s}$ <p>e) El periodo se obtiene como:</p> $T = \frac{t}{n} = \frac{120 \text{ s}}{95.49} = 1.26 \text{ s}$ <p>Otra forma de calcular el periodo es:</p> $T = \frac{2\pi \text{ rad}}{\omega} = \frac{2\pi \text{ rad}}{5 \text{ rad/s}} = 1.26 \text{ s}$ <p>f) La frecuencia se determina con:</p> $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.26 \text{ s}} = 0.79 \text{ Hz}$ <p>También se puede encontrar como:</p> $f = \frac{n}{t} = \frac{95.49}{120 \text{ s}} = 0.79 \text{ Hz}$	
--	---	--



#### Actividad 14:

Observa el siguiente video donde puedes mirar el comportamiento fenomenológico típico que tiene un reloj de los llamados analógicos o de manecillas.



#### Video 6:

Gifer. (s/f). **Reloj analógico.** <https://i.gifer.com/152H.mp4>



Basándote en tu conocimiento previo y de lo observado en el video, indica el tiempo que transcurre cada vez que la manecilla segunda se desplaza una subdivisión de la escala de medida que hay en la carátula. Anótalo en seguida.

$t = \underline{\hspace{2cm}}$

Teniendo en mente esta información temporal y los desplazamientos angulares correspondientes, completa la siguiente tabla con los datos recabados que le corresponden a cada magnitud indicada en el encabezado de la columna.

Número	$\theta$ ( $^{\circ}$ )	$\theta$ ( $rad$ )	$t$ ( $s$ )
12	0	0	0
1			
2			
3	90	$\pi/2$	15
4			
5			
6	180	$\pi$	30
7			
8			
9			
10			
11			

Una vez que has completado el contenido de la tabla, realiza un gráfico con los datos de las dos últimas columnas de la derecha, es decir, con  $\theta$  ( $rad$ ) vs  $t$  ( $s$ ).

Ahora observa bien el tipo de tendencia que siguen los puntos graficados, y en base a ello, indica con un tache el tipo que les corresponde:

	Rectilínea		Curvilínea
--	------------	--	------------

Según tu elección y a la teoría que estudiaste en el aprendizaje 6, que aquí debes poner en práctica, indica cuál es la relación funcional (ecuación) que hay entre  $\theta$  y  $t$ . Escribe enseguida dicha ecuación.

\_\_\_\_\_

Finalmente, qué puedes decir acerca de la ecuación que escribiste anteriormente, al **contrastarla o compararla** con la ecuación  $\omega = \frac{\theta}{t}$  que se presentó en el aprendizaje 12.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Qué magnitud física le asignarías a la pendiente geométrica de la línea que obtuviste en tu gráfico?

\_\_\_\_\_

## MOVIMIENTO PLANETARIO

**Aprendizaje 14.** Contrasta los modelos del movimiento planetario para valorar la construcción del conocimiento científico. N2

**Aprendizaje 15.** Aplica la tercera ley de Kepler en la resolución de problemas. N3

### **Modelos del movimiento planetario, Ptolomeo, Copérnico y Kepler**

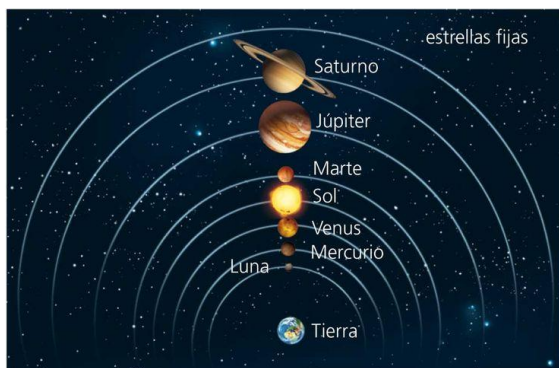


Imagen 29: Modelo planetario geocéntrico.

Durante miles de años se ha estudiado el movimiento de los planetas y las estrellas. El primer modelo del **Sistema Solar** es una construcción propuesta por Aristóteles donde se considera a la Tierra inmóvil en el centro y girando entorno a ella a los siete astros conocidos (Luna, Sol, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno), llamado el **modelo geocéntrico**.

Desde el Siglo II d.C. el astrónomo griego Claudio Ptolomeo postuló una modificación al modelo de Aristóteles en su obra "**Almagesto**", donde propone los **epiciclos** y **deferentes**, como una forma de explicar con precisión el movimiento aparente de los planetas,

Muchos siglos después, Nicolás Copérnico (1473-1543) propone que la Tierra y otros planetas en realidad se movían en órbitas circulares alrededor del Sol, llamado el **modelo heliocéntrico**. En su obra "**De las revoluciones de las esferas celestes**", Copérnico propone que la Tierra es un planeta que se mueve en una órbita centrada en el Sol, con sus respectivos movimientos de rotación y traslación, además de tener a la Luna girando alrededor de ella.



Imagen 30: Modelo planetario heliocéntrico.

El astrónomo danés Tycho Brahe (1546-1601) realizó un gran número de mediciones sobre el movimiento de los planetas durante 20 años, proporcionando medidas de gran precisión sobre el movimiento de los planetas y de más de 700 estrellas visibles al ojo humano. Puesto que el telescopio todavía no se inventaba, Brahe hizo sus mediciones utilizando un gran

sexante y un compás. A partir de estas primeras observaciones el modelo del **sistema solar** ha evolucionado hasta llegar al que se acepta actualmente.

El astrónomo alemán Johannes Kepler, discípulo de Brahe, retomó los innumerables datos recopilados por su mentor y trabajo con ellos muchos años intentando desarrollar un modelo matemático que concordara con los datos observados por Brahe. Al iniciar esta investigación le pareció obvio a Kepler que las orbitas de los planetas pudieran no ser circulares, sus estudios demostraron que la órbita del planeta Marte era en realidad una elipse, con el Sol en uno de sus focos. Esta conclusión se generalizó posteriormente para todos los planetas que giran alrededor del Sol, y Kepler fue capaz de establecer varios enunciados matemáticos relacionado con el sistema solar. Hoy en día dichos enunciados se conocen como las **leyes de Kepler del movimiento planetario**.

### Leyes de Kepler

**Primera ley de Kepler:** Todos los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol en uno de los focos. Esta ley también conocida como “*ley de las órbitas*”.

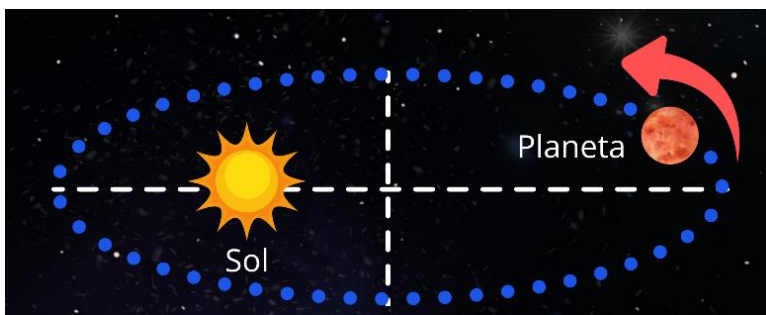


Imagen 31: Primera ley de Kepler.

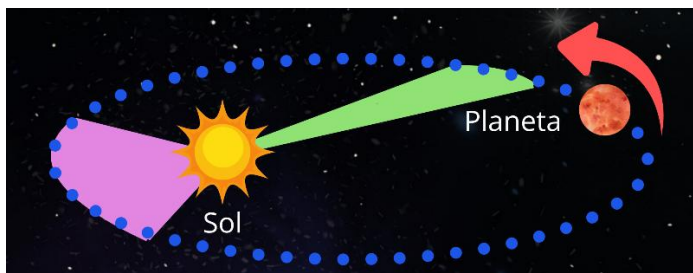


Imagen 32: Segunda ley de Kepler.

**Segunda ley de Kepler:** Una línea que conecte un planeta con el Sol abarca áreas iguales en tiempos iguales. A esta ley se le llama también “*ley de las áreas*”. La segunda ley se ilustra en la imagen 32. Esta ley permite verificar que, el planeta debe moverse más lentamente cuando

esta más alejado del Sol, y más rápidamente cuando está más cercano a él, debido a que, para un tiempo  $t$  describe un desplazamiento angular menor, que cuando está más cercano.

Se puede expresar que, al considerar intervalos iguales de tiempo, las áreas que cubren los planetas son iguales.

**Tercera ley de Kepler:** El cuadrado del período de cualquier planeta es proporcional al cubo de la distancia media del planeta al Sol. Esta ley también se conoce como “la *ley de los periodos*”. La tercera ley de Kepler se representa por medio de la ecuación:

$$\frac{T^2}{R^3} = K$$

Donde:  $T$  es el **período orbital**, representa el tiempo que tardan los planetas en dar una vuelta al Sol. Su unidad es el segundo  $[s]$ .  $R$  es la distancia media de los planetas al sol y se mide en metros  $[m]$ .  $K$  es la constante de Kepler. Para los planetas del sistema solar su valor aproximado es  $2.947 \times 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$ .

**Nota:** La **constante de Kepler** representa la proporción entre el cuadrado del **período orbital** de un planeta y el cubo de su **distancia media** al sol, por ello puede variar según las unidades utilizadas. Además, Kepler no se percató que su tercera ley no es exclusiva del sistema solar y puede describir el movimiento de cualquier objeto que se mueva en una órbita alrededor de un cuerpo celeste, por ejemplo, la Luna o la estación espacial en torno a la Tierra, por lo cual, el tipo de sistema que se esté observando puede modificar el valor de la constante.

Es necesario destacar dos unidades de medida que se pueden emplear en esta ley.

- **Año-Tierra**, que representa el tiempo que tarda la Tierra en completar una vuelta entorno al Sol.
- **Unidad astronómica (UA)** que representa la distancia media de la Tierra al Sol y cuyo valor aproximado es de 150 millones de km.

Empleando la Tierra como patrón para la UA y el año, se establece el periodo orbital y la distancia media de los planetas en el sistema solar al Sol.

Mediante estas leyes Kepler logró explicar el movimiento de los planetas, sin embargo, no puede explicar las causas del movimiento, esto será resuelto posteriormente por Newton mediante la **Ley de la Gravitación Universal**.

Ve los siguientes videos con el objetivo de respaldar la información que leíste anteriormente:

Planeta	Distancia media (UA)	Periodo orbital (años)
<b>Mercurio</b>	0.38	0.241
<b>Venus</b>	0.72	0.615
<b>Tierra</b>	1	1
<b>Marte</b>	1.52	1.88
<b>Júpiter</b>	5.2	11.86
<b>Saturno</b>	9.54	29.46
<b>Urano</b>	19.22	84.01

Tabla 1: Distancia media al sol y periodo de los planetas del sistema solar en relación con los valores de la Tierra



**Video 7:**

QuantumFracture. (6 de abril de 2014). **Las Leyes de Kepler en 2 minutos.** [Archivo de Video]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=lln0C2--xHk>



**Video 8:**

Es Ciencia. (28 de septiembre de 2024). **Leyes de Kepler.** [Archivo de Video]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=xzmmuJEIZC8&t=176s>





**Problema ejemplo 16:** Calcula la constante de Kepler, si sabemos que la distancia media al Sol es  $1.49 \times 10^{11} \text{ m}$ , y el tiempo utilizado en dar una vuelta al sol es de 365 días.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$R = 1.49 \times 10^{11} \text{ m}$ $T = 365 \text{ días} =$ $31,536,000 \text{ s}$ $K = ?$	$K = \frac{T^2}{R^3}$ $K = \frac{(3.1536 \times 10^7 \text{ s})^2}{(1.49 \times 10^{11} \text{ m})^3}$ $K = \frac{9.9451 \times 10^{14} \text{ s}^2}{3.3079 \times 10^{33} \text{ m}^3}$ $K = 3.0064 \times 10^{-19} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}$	La constante de Kepler tiene un valor de:  $3.0064 \times 10^{-19} \frac{\text{s}^2}{\text{m}^3}$

**Actividad 15:**



Resuelve los siguientes problemas.

1. Calcula el tiempo en años terrestres que tarda el planeta Júpiter en darle una vuelta completa al sol, si sabemos que su distancia media al sol es de  $7.78 \times 10^{11} \text{ m}$ .
2. Qué distancia hay entre al sol y el planeta Urano, si periodo anual de este planeta es de  $2.66 \times 10^9 \text{ s}$ .

Preguntas Verdadero o Falso. Tacha la respuesta que considere correcta y argumenta tu elección en el recuadro.

1. La Primera ley de Kepler establece que todos los planetas orbitan el Sol en trayectorias perfectamente circulares.

Verdadero

Falso

2. La Segunda ley de Kepler implica que un planeta se mueve más rápido cuando está más lejos del Sol.

Verdadero

Falso

3. Según la Tercera ley de Kepler, el período de un planeta en una órbita más lejana es mayor que el de uno en una órbita más cercana al Sol.

Verdadero

Falso

--	--

### LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

**Aprendizaje 16.** Reconoce que las leyes de movimiento de Newton y gravitación universal se aplican para explicar el movimiento de cuerpos terrestres y celestes. N1.

**Aprendizaje 17.** Aplica la ley de gravitación universal en la resolución de problemas. N3.

### Fuerza de atracción gravitacional

Se cuenta que cierta ocasión, Newton estaba descansando a la sombra de un manzano cuando una manzana le cayó en la cabeza, hecho que le hizo reflexionar sobre la gravedad y relacionarla con el movimiento de la Luna en torno a la Tierra, o más bien, preguntarse si la fuerza que mantiene a la Luna a nuestro planeta es de la misma índole. Es necesario precisar que Newton no descubrió la gravedad lo que él hizo fue extrapolar que este tipo de fuerza es la que mantiene a la Luna girando alrededor de la Tierra.

Newton conocía todo el contexto que hemos señalado anteriormente, así que, realizó un análisis de las **leyes de Kepler** y aplicando la hipótesis de que la fuerza que une a los planetas al Sol era centrípeta logró obtener una expresión para determinar la fuerza que ejerce el Sol sobre cualquier planeta. Él postuló y después se comprobó que tenía un carácter universal, es decir, aplicaba a cualquier par de cuerpos con masa que estuvieran separados cierta distancia. Esta ley establece lo siguiente:

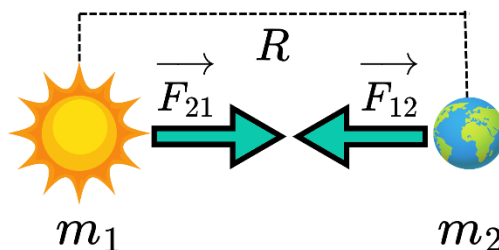


Imagen 33: Esquema de la interacción gravitacional entre la Tierra y el Sol.

*La fuerza con que dos cuerpos se atraen es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.*

Su modelo matemático es el siguiente.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

Donde  $F$  es la fuerza ejercida,  $m_1$  y  $m_2$  las masas de los cuerpos que interaccionan,  $R$  la distancia de separación (distancia media) y  $G$  una constante de proporcionalidad llamada constante de la gravitación universal.

Es necesario aclarar que Newton no obtuvo el valor de  $G$ , sino otro científico de nombre Henry Cavendish que en el año de 1798 logró calcular su valor después de varios años de experimentación.

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

### **Masa y peso**

Sabemos que el **peso** de un cuerpo en la superficie de la Tierra es la **fuerza** que ejerce esta sobre él y que se calcula como  $P = mg$ , donde  $P$  es el peso,  $m$  la **masa** del cuerpo y  $g$  la **aceleración de la gravedad**, la cual no es constante, sino que depende de la altura, pero al nivel del mar tiene un valor  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ .

Con la **Ley de la Gravitación Universal** se pudo determinar una expresión general para hallar la aceleración de la gravedad no solo en la Tierra, sino en cualquier cuerpo celeste y, por ende, su peso. Si se igualan la Fuerza dada por la ley antes citada y el peso de un cuerpo, resulta:

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

Donde  $g$  es la aceleración de la gravedad en la superficie de un cuerpo celeste,  $M$  la masa de dicho cuerpo,  $r$  el radio de la superficie y  $G$  la constante de gravitación universal.

En general, podemos afirmar que la masa es un fenómeno universal, pues está asociada con la cantidad de materia que presenta un cuerpo. Por el contrario del peso, el cual depende de la intensidad de la fuerza gravitacional.

### **Síntesis Newtoniana**

La síntesis Newtoniana es la integración de las leyes de la mecánica clásica (las tres leyes de Newton y la ley de gravitación universal) propuestas por Newton en una teoría que unifica los fenómenos terrestres y celestes, que explica el movimiento de los cuerpos y las interacciones entre ellos.





**Problema ejemplo 17:** Hallar la fuerza de atracción gravitacional entre la Tierra y la Luna sabiendo que sus masas son  $m_T = 5.97 \times 10^{24} kg$  y  $m_L = 7.34 \times 10^{22} kg$ , respectivamente y con una distancia media de separación de  $r = 3.84 \times 10^8 m$ .

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$m_T = 5.97 \times 10^{24} k$ $m_L = 7.34 \times 10^{22} kg$ $r = 3.84 \times 10^8 m$  $G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$	$F = G \frac{m_T m_L}{r^2}$ $F = \left( 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \right) \frac{(5.97 \times 10^{24} kg)(7.34 \times 10^{22} kg)}{(3.84 \times 10^8 m)^2}$ $F = \frac{292.28 \times 10^{35}}{14.75 \times 10^{16}} N$ $F = 19.82 \times 10^{19} N$	$19.82 \times 10^{19} N$



**Problema ejemplo 18:** Determinar el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie lunar. Considere los siguientes datos: masa lunar  $m_L = 7.34 \times 10^{22} kg$  radio de la superficie lunar  $r = 1.74 \times 10^6 m$ .

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$m_L = 7.34 \times 10^{22} kg$ $r = 1.74 \times 10^6 m$  $G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$	$g = G \frac{m_L}{r^2}$ $g = \left( 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \right) \frac{(7.34 \times 10^{22} kg)}{(1.74 \times 10^6 m)^2}$ $g = \frac{48.96 \times 10^{11}}{3.03 \times 10^{12}} \frac{m}{s^2}$ $g = 16.17 \times 10^{-1} \frac{m}{s^2} = 1.617 \frac{m}{s^2}$	$1.617 \frac{m}{s^2}$



**Actividad 16:**

Resuelve los siguientes problemas.

1. Un satélite GPS orbita a una altura aproximada de  $20,200 \text{ km}$  sobre la superficie terrestre. Si la masa y el radio de la Tierra son  $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$  y  $6,371 \text{ km}$ , ¿cuál es la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra sobre un satélite de  $1,000 \text{ kg}$ ?
2. Supón que la Luna ejerce una fuerza gravitacional de  $3.4 \times 10^{16} \text{ N}$  sobre una porción del océano con una masa de  $1 \times 10^{20} \text{ kg}$ . Si la masa de la Luna es  $7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$ , ¿a qué distancia deben estar la Luna y esa masa de agua para que experimente dicha fuerza?

## TRABAJO

**Aprendizaje 18.** Relaciona el trabajo mecánico con el cambio de movimiento y posición de un cuerpo. N1.

**Aprendizaje 19.** Aplica el concepto de trabajo mecánico para resolver ejercicios o explicar fenómenos relacionados con su vida cotidiana al desplazar un objeto sobre el que actúa una fuerza constante. N3.

El **trabajo** es un concepto fundamental en la física, el cual nos ayuda a comprender diversas actividades que realizamos a lo largo de nuestros días, a pesar de que no llegamos a ser conscientes de esto. Este fenómeno ocurre cuando una **fuerza** actúa sobre un objeto y provoca un cambio en su posición, lo que puede alterar su movimiento. En términos sencillos, el trabajo se realiza cada vez que empujamos, levantamos o arrastramos algo.

### Trabajo con fuerza constante

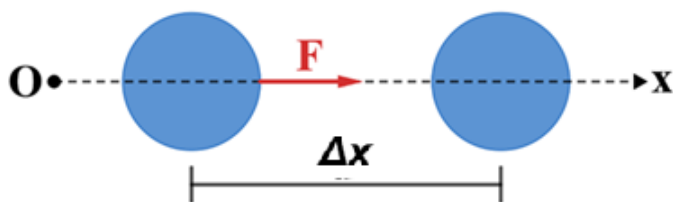


Imagen 34: Fuerza constante aplicada en la dirección del desplazamiento.

Se realiza trabajo ( $W$ ) siempre que la fuerza produzca movimiento.

Si la fuerza que actúa sobre un cuerpo es constante, el trabajo se define como:

$$W = F\Delta x$$

Donde:  $W$  [J] es el trabajo,  $F$  [N] es

la fuerza (constante) y  $\Delta x$  [m] es el desplazamiento.

**Nota:** no se hace trabajo sobre el cuerpo, si éste no se mueve ( $\Delta x = 0$ ).

Se puede observar que el **trabajo** efectuado es directamente proporcional a la fuerza aplicada y a la distancia recorrida. Recordando que la fuerza se mide en Newtons (N) y la distancia en metros (m), el trabajo tiene unidades de Nm, lo cual representa a los Joules (J).

Sin embargo, la dirección en la que actúa la fuerza sobre la partícula no necesariamente tiene la misma dirección que el desplazamiento. En este caso, debe considerarse únicamente la componente de la fuerza a lo largo de la línea de desplazamiento, la cual depende del ángulo  $\theta$  que forman.

Si la fuerza tiene un ángulo de inclinación, la expresión que define el trabajo es:

$$W = F\Delta x \cos(\theta)$$

De lo anterior se puede concluir que:

“El trabajo es igual al producto del desplazamiento por la componente de la fuerza a lo largo del desplazamiento.”

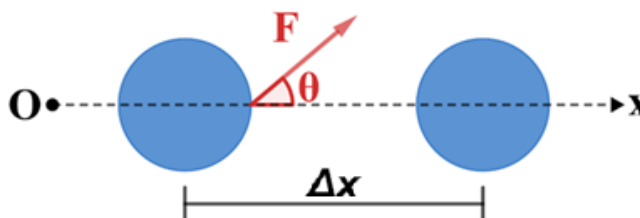


Imagen 35: Fuerza constante aplicada con un ángulo de inclinación respecto a la dirección del desplazamiento.

**Nota:** el trabajo es cero, si la fuerza y el desplazamiento son perpendiculares (forman un ángulo de  $90^\circ$  entre sí).

Cabe resaltar que no estamos considerando la notación vectorial, dado que, la fuerza está en la dirección del desplazamiento. Sin embargo, tenemos que considerar el signo adecuado para  $F$ .

- Positivo si  $F$  está en dirección de  $x$  positivo.
- Negativo si  $F$  está en dirección de  $x$  negativo.

**Nota:** el trabajo realizado se puede obtener como el área bajo la curva de una gráfica  $F$ - $x$  (fuerza vs desplazamiento). Cabe señalar que esto no está limitado a una fuerza constante.

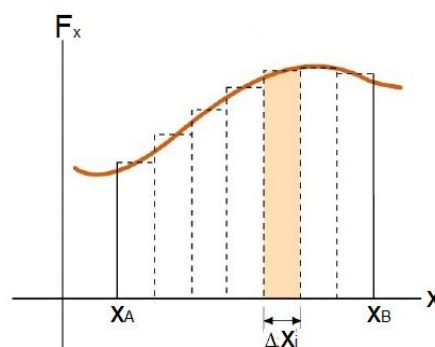


Imagen 36: Representación del trabajo efectuado en una gráfica  $F$ - $x$ .

### Potencia

La **potencia** ( $P$ ) es un concepto que nos ayuda a entender la rapidez con la que se realiza un **trabajo**. Este concepto está relacionado con la eficiencia de los dispositivos que utilizamos, como electrodomésticos, herramientas eléctricas o incluso los teléfonos móviles. Cuanto mayor sea la potencia de un aparato, mayor será su capacidad para realizar un trabajo en un tiempo reducido, a pesar de que tiene implicaciones directas en el consumo de energía y en cómo la gestionamos.

En la definición que establecimos previamente para el trabajo no indica cuánto tiempo se emplea para realizarlo, solo se indica que este depende de la **fuerza** aplicada y la **distancia** recorrida. Esto nos puede llevar a considerar que se realiza el mismo trabajo para desplazar un objeto en diferentes tiempos una misma distancia, sin embargo, para entender la diferencia entre realizar el mismo trabajo en tiempos diferentes necesitamos hablar de una medida de qué tan rápido se hace. La **potencia** es una magnitud que nos permite definir la cantidad de trabajo realizado entre el tiempo en el que se efectúa.

$$P = \frac{W}{t}$$

Donde:  $P [W]$  representa la potencia,  $W [J]$  representa el trabajo efectuado y  $t [s]$  representa el tiempo transcurrido. La unidad de la potencia en el SI es el watt ( $W$ ), el cual se define como Joule por segundo ( $J/s$ ).

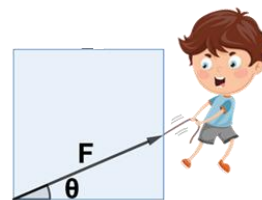


**Problema ejemplo 19:** Un estudiante sube corriendo por las escaleras hasta su salón, cargando su mochila que tiene una masa de 8 kg, para lo cual emplea una fuerza de 78.48 N. Si la altura a la que se encuentra el primer piso y respecto a la planta baja es de 3.2 m. A) determina el trabajo que realiza contra la gravedad. B) Si sube corriendo las escalas en 5 min o en 3 min, ¿cuál es su potencia en cada caso?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$m = 8 \text{ kg}$ $F = 78.48 \text{ N}$ $h = 3.2 \text{ m}$ $W = ?$ $t_1 = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$ $t_2 = 3 \text{ min} = 180 \text{ s}$ $W = ?$	A) Considerando el cambio de posición es únicamente vertical: $W = Fh = (78.48 \text{ N})(3.2 \text{ m})$ $W = 251.136 \text{ J}$ B) Para la potencia tenemos: $P_1 = \frac{W}{t_1} = \frac{251.136 \text{ J}}{300 \text{ s}} = 0.837 \text{ W}$ $P_2 = \frac{W}{t_1} = \frac{251.136 \text{ J}}{180 \text{ s}} = 1.39 \text{ W}$	A) El trabajo realizado para subir la mochila un piso es de: $W = 251.136 \text{ J}$ B) La potencia es: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 min es de 0.837 W</li> <li>• 3 min es de 1.39 W</li> </ul>



**Problema ejemplo 20:** Un joven aplica una fuerza de 145 N formando un ángulo de  $25^\circ$  respecto al suelo, para desplazar un bloque a lo largo de 15 m. a) Obtén el trabajo efectuado. b) Si la potencia desarrollada por el joven es de 30 W, ¿cuánto tiempo tarda en realizar ese trabajo?



Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$F = 145 \text{ N}$ $d = 15 \text{ m}$ $\theta = 35^\circ$ $W = ?$ $P = 30 \text{ W}$ $t = ?$	$W = Fd \cos(\theta)$ $W = (145 \text{ N})(15\text{m}) \cos(25^\circ)$ $W = 1971.22 \text{ J}$ $t = \frac{W}{P} = \frac{1971.22 \text{ J}}{30 \text{ W}} = 65.7 \text{ s}$	El trabajo realizado para mover el bloque es de:  $W = 1971.22 \text{ J}$  $t = 65.7 \text{ s}$

**Actividad 17:**

a) Determina la distancia que recorre un automóvil cuyo motor realiza un trabajo de 150 MJ al aplicar una fuerza constante de 5 MN a lo largo de una carretera recta.



b) Una persona corre por el aeropuerto con su maleta para alcanzar su vuelo, que parte de la terminal 4, ubicada a 20 metros de su posición actual. Al arrastrar la maleta con ruedas, aplica una fuerza constante de 120 N y realiza un trabajo de 1960 J. a) ¿Cuál es el ángulo que forma la fuerza con respecto al suelo? b) Si la persona cuenta con 4.5 minutos para recorrer esa distancia y abordar su vuelo, ¿cuál es la potencia desarrollada durante ese trayecto?

**ENERGÍA MECÁNICA Y SU CONSERVACIÓN**

**Aprendizaje 20.** Contrasta los modelos matemáticos de la conservación de la energía mecánica con situaciones reales mediante la experimentación. N3.

**Aprendizaje 21.** Identifica el impacto de la transformación de energía por fricción en movimientos cotidianos. N1

En el contexto deportivo, la **energía** se presenta en varias formas, y comprender cómo se manifiestan y transforman es clave para entender los movimientos y rendimientos de los atletas. Tres de las formas más importantes son la energía cinética ( $E_C$ ), la energía potencial ( $E_P$ ) y la energía mecánica ( $E_M$ ). Es importante mencionar que la energía puede transformarse en otros tipos, además puede transferirse de un cuerpo a otro.

Cuando un niño sube por las escaleras de una resbaladilla (trabajo en contra de la gravedad), éste adquiere la capacidad de realizar un **trabajo** para descender por ésta (trabajo realizado por la gravedad).



Imagen 37: Trabajo efectuado al subir y descender por una resbaladilla.

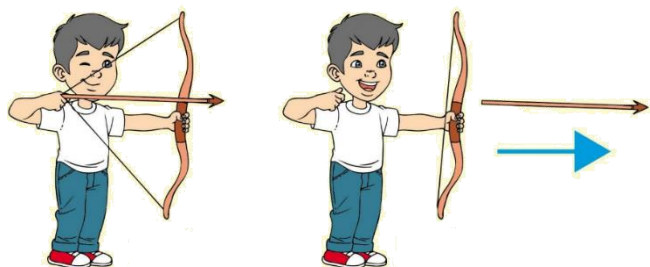


Imagen 38: Trabajo efectuado para lanzar una flecha.

Cuando un arquero efectúa **trabajo** al tensar un arco (trabajo en contra de la **fuerza de restitución**), el arco tensado

tiene la capacidad de realizar trabajo sobre la flecha (trabajo realizado por la fuerza de restitución).

De lo anterior podemos expresar que los cuerpos requieren adquirir energía para realizar un trabajo. Por lo cual podemos definir la **energía** como:

“La capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo”.

La energía al igual que el trabajo se mide en Joules ( $J$ ).

### **Energía cinética**

Es la energía asociada al movimiento. En deportes como el fútbol o el atletismo, la **energía cinética** ( $E_C$ ) está presente en cada paso, salto o lanzamiento. Por ejemplo, cuando un corredor acelera, la energía almacenada en sus músculos se convierte en energía cinética, permitiéndole moverse rápidamente. Cuanto mayor sea la velocidad, mayor será la cantidad de energía cinética que posee el objeto o persona en movimiento.

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

Donde:  $E_C$  [ $J$ ] es la energía cinética,  $m$  [ $kg$ ] es la masa y  $v$  [ $m/s$ ] la velocidad.

El trabajo y el cambio de la energía cinética se relacionan por el teorema trabajo-energía, el cual expresa:

“El trabajo efectuado sobre una partícula es igual al cambio producido en su energía cinética”

$$W = E_{Cf} - E_{Ci} = \Delta E_C$$

Donde:  $E_{Cf}$  es la energía cinética final y  $E_{Ci}$  es la energía cinética inicial.

## Energía Potencial

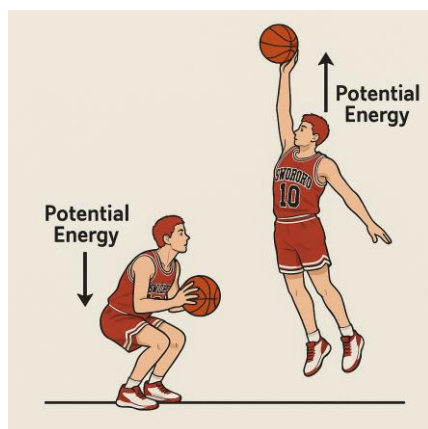


Imagen 39: Cambio en la energía potencial en un salto.

Existen dos tipos de **energía potencial**, la **gravitacional** que está asociada a la posición de un objeto dentro de un campo gravitacional y la **elástica**, la cual depende de la **constante elástica** del material y su deformación.

En muchos deportes, especialmente en actividades como el salto o el levantamiento de pesas, la **energía potencial** juega un papel crucial. Cuando un jugador de baloncesto salta para encestar, su cuerpo gana energía potencial ( $E_p$ ) en el momento en que se eleva. La altura a la que se encuentra un objeto o persona influye directamente en la cantidad de energía potencial que posee.

Podemos considerar que la energía potencial es la energía almacenada que posee un cuerpo en virtud de su posición o condición, además, mide el trabajo realizado en contra de la gravedad para elevar al cuerpo hasta cierta altura.

$$E_p = mgh$$

Donde:  $E_p$  [J] es la **energía potencial**,  $m$  [kg] es la masa del objeto,  $g$  [ $m/s^2$ ] es la aceleración de la gravedad con un valor de  $9.8 m/s^2$  y  $h$  [m] es la altura a la que se encuentra el objeto.

El cambio en la energía potencial ( $\Delta E_p$ ) durante el movimiento de la partícula es el negativo del trabajo efectuado.

$$\Delta E_p = E_{pf} - E_{pi} = -W$$

**Nota:** también se aplica de la misma forma para la energía potencial elástica.

## Energía potencial elástica

De tu infancia debes recordar cuando saltabas sobre un brincolín (cama elástica), el juego se hunde y posteriormente se estira, en ese momento, se almacena **energía potencial elástica** en los resortes, la cual, al recuperar su forma original, liberan esa energía, y cuanto más fuerte realizabas el salto, mayor era la deformación y, por lo tanto, mayor la energía almacenada y la altura que alcanzabas.



Imagen 40: Energía potencial elástica en una cama elástica.

La **energía potencial elástica** es la energía asociada a la fuerza elástica, que es aquella que adquieren los

cuerpos sometidos a una deformación. Esta se puede expresar como:

$$E_{PE} = \frac{1}{2} kx^2$$

Donde:  $E_{PE}$  [J] es la energía potencial elástica,  $k$  [N/m] es la constante elástica del resorte o del sistema y  $x$  [m] es la deformación del resorte, puede ser elongación o compresión.

### Conservación de la Energía mecánica y disipación de la energía

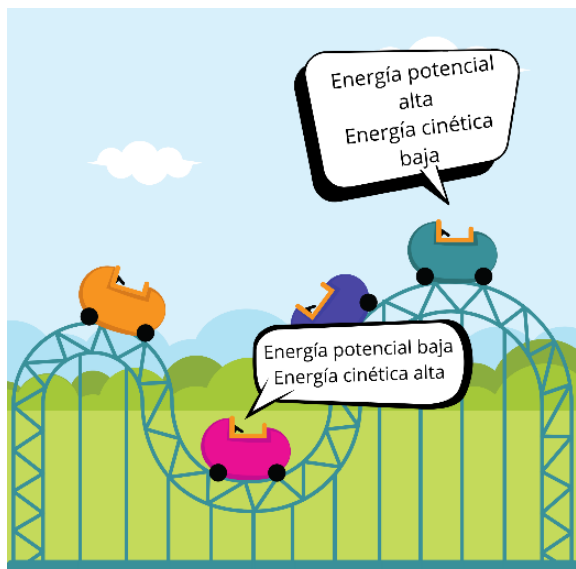


Imagen 41: Conservación de la energía mecánica.

En la vida cotidiana, aunque no siempre es evidente, tenemos nociones intuitivas sobre cómo se conserva la energía. Un ejemplo común es el de una montaña rusa; cuando el carrito está en la cima, tiene **energía potencial gravitatoria**; al bajar, esta se transforma en **energía cinética** conforme gana velocidad. Luego, al subir nuevamente, parte de esa energía cinética se transforma de nuevo en energía potencial.

Sin embargo, el ejemplo anterior no ejemplifica en realidad la **conservación de la energía**. Esto se debe a la existencia de la **fuerza de fricción**, la cual provoca una pérdida de energía por el aire o contacto entre superficies, dando como resultado que la **energía mecánica** total no se mantenga constante durante todo el recorrido,

ya que parte de esta se transforma en otros tipos de energía, como sonora, térmica, etc.

La **fuerza de fricción** es un concepto que reconocemos de nuestra vida cotidiana, la cual podemos definir como; una interacción que se opone al movimiento relativo entre dos superficies en contacto.

Esta fuerza exhibe consecuencias tanto buenas como malas, por un lado, permite que podamos caminar sin resbalar, que los automóviles se detengan al frenar, o que podamos sujetar objetos, pero también puede provocar el desgaste de los zapatos o en piezas de maquinaria, además, genera calor, lo cual puede ser un efecto no deseado en motores o sistemas mecánicos si no se controla adecuadamente.



Imagen 42: Aplicación de la fricción para caminar



Si consideramos un sistema donde solo actúa una fuerza conservativa como la gravedad, no hay fricción, la pérdida en la energía potencial debe ser igual a la ganancia de la energía cinética.

$$\Delta E_C = -\Delta E_P$$

Por lo cual:

$$\Delta E_C + \Delta E_P = \Delta(E_C + E_P) = 0$$

La suma de la energía cinética y la energía potencial gravitacional recibe el nombre de **energía mecánica**. Para que se cumpla la expresión anterior,  $E_C + E_P$  debe ser constante. A dicha constante se le conoce como energía mecánica ( $E_M$ ).

$$E_C + E_P = E_M$$



**Problema ejemplo 21:** Calcula la energía mecánica de un pájaro de 350 g que viaja a 40 m/s y a una altura de 40 m del piso.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
El pájaro tiene una masa: $m = 350 \text{ g}$ $m = .35 \text{ kg}$  Y se mueve con rapidez de: $v = 40 \text{ m/s}$  A una altura de: $h = 40 \text{ m}$	La energía cinética se calcula como: $E_c = \frac{1}{2}mv^2$  $E_c = \frac{1}{2}(.35 \text{ kg})(40 \text{ m/s})^2$  $E_c = 280 \text{ J}$  Y para la energía potencial, tenemos: $E_p = mgh$  $E_p = (.35 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(40 \text{ m})$  $E_p = 137.34 \text{ J}$  La energía mecánica es: $E_m = 280 \text{ J} + 137.34 \text{ J} = 417.34 \text{ J}$	El ave tiene una energía mecánica de:  $E_m = 417.34 \text{ J}$



**Problema ejemplo 22:** Una caja de  $10\text{ kg}$  inicialmente en reposo es jalada hacia la derecha a lo largo de una superficie horizontal sin fricción por una fuerza horizontal de  $60\text{ N}$ . Determina la rapidez de la caja después de que se ha movido  $2\text{ m}$ .

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
La caja tiene una masa: $m = 10\text{ kg}$  Se encuentra en reposo: $v_0 = 0$  Y se jala con una fuerza de: $F = 60\text{ N}$  A lo largo de $\Delta x = 2\text{ m}$	Primero se calcula el trabajo. $W = F\Delta x$  $W = (60\text{ N})(2\text{ m}) = 120\text{ J}$  El trabajo es el cambio en la energía cinética, pero la energía cinética inicial es 0, por lo cual: $W = 120\text{ J} = \frac{1}{2}mv^2$  $v = \sqrt{\frac{2(120\text{ J})}{10\text{ kg}}} = \sqrt{24\text{ m}^2/\text{s}^2}$  $v = 4.9\text{ m/s}$	El vehículo alcanza una velocidad de:  $v = 4.9\text{ m/s}$



**Problema ejemplo 23:** En una máquina de pinball, el resorte tiene una constante elástica de  $k = 120\text{ N/m}$ . Carlos comprime el resorte  $15\text{ cm}$  antes de soltarlo. La bola de pinball tiene una masa de  $60\text{ g}$  y no hay fricción. ¿Cuál será la velocidad de la bola justo cuando el resorte la suelta completamente?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$k = 120\text{ N/m}$  $x = 15\text{ cm} = 15 \times 10^{-2}\text{ m}$  $m = 60\text{ g} = 60 \times 10^{-3}\text{ kg}$  $v = ?$	Obtenemos la energía potencial elástica. $E_{PE} = \frac{1}{2}kx^2$  $E_{PE} = \frac{1}{2}(120\text{ N/m})(15 \times 10^{-2}\text{ m})^2$  $E_{PE} = 9\text{ J}$  Al no haber fricción, la energía se conserva, por lo cual, la energía potencial elástica se transforma en cinética. $E_{PE} = 9\text{ J} = E_C$	La bola sale con una velocidad de $17.32\text{ m/s}$

	$9J = \frac{1}{2}mv^2$ $v = \sqrt{\frac{2(9J)}{60 \times 10^{-3} \text{kg}}}$ $v = \sqrt{300 \text{ m}^2/\text{s}^2} = 17.32 \text{ m/s}$	
--	---	--



### Actividad 18:

Realiza la siguiente actividad experimental y responde las preguntas adjuntas.

Mide y marca una altura de al menos 1.5 m, desde la que dejarás caer una pelota o balón sin aplicar fuerza extra. Con tu celular graba el video de la caída del objeto y obtén la altura del rebote, es recomendable poner un sistema de referencia para obtener esta medida.

Preguntas guía:

#### Antes del experimento (hipótesis):

- ¿Qué crees que pasará con la altura del rebote?, ¿Por qué?

#### Durante el experimento:

- ¿Cuál es el valor de la altura inicial?, ¿A qué altura llegó el rebote?
- Usando la ecuación de la energía potencial gravitacional, obtén el valor de la energía de la pelota antes de soltarla.
- Considerando que la energía se conserva, emplea la expresión de la energía cinética para determina el valor de la rapidez con la que la pelota impacta en el suelo.

#### Después del experimento (análisis):

- ¿Se conservó la energía mecánica del sistema? Argumenta tu respuesta.
- ¿Qué formas de energía aparecieron durante el rebote además de la energía cinética y potencial?
- ¿Cómo cambiaría esto si la superficie fuera diferente, rígida o elástica?
- ¿Qué conclusiones puedes inferir sobre la conservación de la energía en sistemas reales?

## UNIDAD 3. Energía: Fenómenos térmicos, tecnología, ambiente y sociedad

### Presentación de la unidad

En esta unidad el alumnado ampliará sus conocimientos sobre el concepto de energía, reconociendo su interpretación en los fenómenos térmicos, al considerar cuerpos con distintas temperaturas (como sistemas de partículas) y sus interacciones, de tal forma que se resaltarán los conceptos de transferencia, equilibrio térmico y conservación de la energía. Identificará la energía interna de los sistemas y se abordarán los procesos de transferencia: calor, trabajo y radiación. Se enunciará y ejemplificará la primera ley de la termodinámica con diferentes situaciones que involucren su relación con esta ley.

En el segundo tema se estudiarán los procesos de transformación y degradación de la energía mediante el análisis elemental de las máquinas térmicas, destacando sus aplicaciones tecnológicas, así como los problemas asociados con el uso eficiente de la energía. Se enfatizará que, aunque la energía se conserva, no toda es aprovechada para nuestro uso. Se enunciará la segunda ley de la termodinámica y se establecerá el concepto de entropía.

Se empleará el modelo cinético de partículas, a fin de contar con una interpretación de las variables que permitirán describir los fenómenos térmicos y establecerá un vínculo con la visión mecanicista planteada en la Unidad 2. Al mismo tiempo, se retomará la idea de la existencia de dos formas elementales de energía potencial y cinética, así como los procesos de transferencia, transformación, conservación y degradación.

Finalmente, se desarrollará un apartado sobre el uso de la energía en el hogar, la industria y otras áreas con el fin de que el alumnado adquiera conciencia sobre su importancia y uso estratégico en el desarrollo económico, así como el impacto que presenta en el ambiente y sus consecuencias para las generaciones futuras. Se propiciará que el alumnado genere cambios de actitud hacia el uso racional de la energía con acciones concretas en el hogar, escuela, medio ambiente y la comunidad.

### ENERGÍA: SU TRANSFERENCIA Y CONSERVACIÓN

**Aprendizaje 1.** Relaciona el equilibrio térmico con la medición de la temperatura. *N2*

**Aprendizaje 2.** Relaciona el concepto de temperatura con el promedio de la energía cinética de las partículas. *N2*

**Aprendizaje 3.** Interpreta el concepto de calor como el proceso de transferencia de energía entre sistemas debido a diferencias de temperatura. *N2*

**Aprendizaje 4.** Diferencia los conceptos de calor y temperatura teórica y experimentalmente. *N2*

### **Temperatura y equilibrio térmico: termómetro, interpretación estadística**

Cuando ponemos una cuchara en la sopa caliente, observamos que después de un tiempo la cuchara se calentó, podemos decir que la sopa y la cuchara se encuentran a la misma **temperatura**, ¿Cómo ocurrió este fenómeno? esto se puede explicar por el concepto de **equilibrio térmico**.

Para abordar el tema de **equilibrio térmico**, primero recordemos que la **temperatura** está relacionada con la **energía cinética** de las moléculas.

La materia en cualquiera de sus estados está compuesta de **átomos** o **moléculas** en continuo movimiento, por esta razón dichas partículas tienen energía cinética. El promedio de la **energía cinética** de las partículas que forman la sustancia es a lo que se le llama **temperatura**.

Para medir la temperatura se usa un aparato llamado **termómetro**. El primer termómetro lo inventó Galileo en 1602 (la palabra térmico viene del griego que se utiliza para “calor”).



Imagen 43: Termómetro infrarrojo.

Aunque no se le llamó termómetro, sino termoscopio. Años después Fahrenheit creó el termómetro de mercurio, que en la actualidad ya no se usa, porque el mercurio es venenoso. Ahora existen termómetros electrónicos (infrarrojos) que tienen la ventaja de no estar en contacto con la persona, estos fueron usados durante la pandemia, donde se les llegó a criticar por personas que consideraron que emiten radiación peligrosa para el ser humano, sin embargo, esto no es así.

### **Temperatura y su medición: escalas centígrada y Kelvin**

Existen diferentes **escalas** para medir la **temperatura**, las más comunes son la escala **centígrada** o **Celsius** ( $^{\circ}\text{C}$ ), **Kelvin** o absoluta (K) y **Fahrenheit** ( $^{\circ}\text{F}$ ). Para las dos primeras se usan como puntos de referencia la congelación y la ebullición del agua, entre estos dos puntos se divide en 100 partes, cada una representa un grado de temperatura. Mientras que para la escala Fahrenheit este mismo intervalo se divide en 180 partes correspondiendo a un grado cada una de estas divisiones, por lo que  $1^{\circ}\text{C}$  equivale a  $1.8^{\circ}\text{F}$ , las escalas de temperatura se relacionan por medio de las siguientes fórmulas:

De Celsius a Fahrenheit:

$$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32$$

De Fahrenheit a Celsius:

$$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32)$$

De Celsius a Kelvin:

$$T_K = T_C + 273$$

De Kelvin a Celsius:

$$T_C = T_K - 273$$

**Nota:** El valor de la constante para la temperatura kelvin se redondea a 273 para facilitar los ejercicios.



**Problema ejemplo 24:** En un laboratorio se deben conservar muestras biológicas a  $-80^{\circ}\text{C}$ . El instrumento con el que se trabaja esta calibrado en Kelvin. ¿cuál es el valor en grados Kelvin?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$T_c = -80^{\circ}\text{C}$ $T_k = ?$	$T_K = T_C + 273$ $T_K = -80 + 273 = 193\text{ K}$	$T_K = 193\text{ K}$



**Problema ejemplo 25:** Alicia viaja a Canadá, al llegar a su destino ve que el termómetro marca  $68^{\circ}\text{F}$ , se pregunta ¿cuál será la temperatura en  $^{\circ}\text{C}$ ?

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$T_F = 68^{\circ}\text{F}$ $T_C = ?$	$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32)$ $T_C = \frac{5}{9} (68 - 32) = \frac{5}{9} (67 - 32)$ $= 20$	$T_C = 20^{\circ}\text{C}$



### Actividad 19:

Realiza los siguientes ejercicios.

1. Para hornear un pastel la receta indica, que el horno tiene que estar caliente a  $350^{\circ}\text{F}$ , si el horno solo marca  $^{\circ}\text{C}$ , ¿cuál es el equivalente, en esta escala?
2. En física, se menciona que el **cero absoluto** es la temperatura más baja posible. ¿Cuál es esa temperatura en las tres escalas mencionadas?

### Calor

El **Calor** es una forma de energía que se presenta cuando se ponen en contacto dos cuerpos a diferente temperatura, lo que se conoce como una **energía** en tránsito, es decir, dicha **energía** fluye de los cuerpos de mayor a los de menor **temperatura**. El calor se representa por la letra Q y sus unidades son los Joules (J) o las calorías (cal).

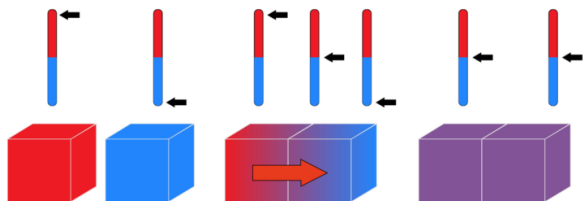


Imagen 44: Intercambio de energía entre sistemas a diferentes temperaturas, hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Como ya se dijo cuando se ponen en contacto dos cuerpos a diferentes temperaturas el de mayor cede energía térmica (calor) al de menor hasta que ambos alcanzan la misma temperatura a lo que se le conoce como **equilibrio térmico**.

Una forma de ejemplificar este fenómeno es cuando tocas una varilla fría, ya que después de un tiempo deja de estar fría.

La explicación radica que al tocar la varilla tu mano se encuentra a mayor temperatura, por lo que tu mano cede calor a la varilla hasta que tu mano y la varilla alcanzan la misma temperatura y dejas de sentir esa diferencia de temperatura.

El siguiente video permite reforzar los aprendizajes de este apartado.



#### Video 9:

Mario Carreón. (27 de octubre de 2020). **Temperatura y Equilibrio Térmico**. [Archivo de Video]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=5r5Y3NAxZjg>



#### Actividad 20:

Responde las siguientes preguntas, de ser necesario realiza una investigación adicional para fundamentar tu respuesta.

1. Explica porque se enfría un vaso de café si lo dejas expuesto al medio ambiente.
2. ¿Por qué se derrite un hielo en un vaso con una bebida a temperatura ambiente?

**Aprendizaje 5.** Identifica los mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, en situaciones cotidianas. *N1*

**Aprendizaje 6.** Aplica los conceptos de conducción, convección y radiación en la descripción de diferentes fenómenos físicos. *N3*

**Transferencia de energía en la materia: conducción, convección y radiación. Interpretación microscópica y macroscópica.**

Tal vez en alguna ocasión has sostenido con la mano sin protección, el mango metálico de un sartén cuando lo retiras del fuego de la estufa de tu casa o eventualmente en los días de mucho sol sientes que este te quema. Estos son sólo dos casos de transmisión del **calor** de la fuente caliente a la fuente fría o menos caliente que la primera. En los fenómenos termodinámicos el **calor** se transmite por tres mecanismos conocidos como: **Conducción**, **Convección** y **Radiación**.

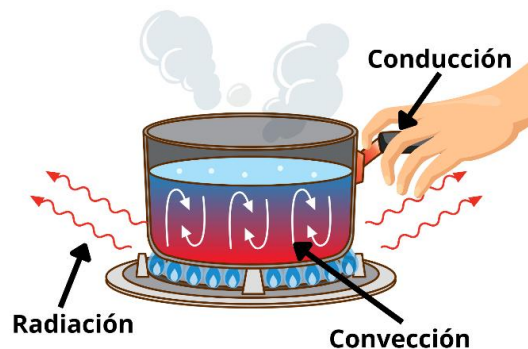


Imagen 45: Transferencia de energía en la materia.



Imagen 46: Transferencia de calor por conducción.

En la materia, a nivel microscópico, la **conducción** se lleva a cabo por la acción del choque o movimiento de los átomos o moléculas, es decir, las que tienen mayor energía transmiten calor a las de menor energía, produciéndose así el flujo de calor desde el objeto que tiene mayor temperatura al de menor. Los mejores conductores del calor son los objetos metálicos como el aluminio, cobre, acero, etc. En tu vida cotidiana esta transmisión se presenta frecuentemente, por ejemplo, cuando planchas tu ropa, envista que la plancha caliente transmite el calor a la ropa, otro más es al sostener con la mano una taza de café caliente, en este caso, el café transmite el calor a la taza y la taza a la mano.

La transmisión del calor por el fenómeno de **convección** se presenta en los **fluidos**, o sea, en líquidos y gases, en donde a nivel microscópico los átomos y moléculas son libres de moverse o circular dentro de la sustancia creando corrientes calientes que suben y corrientes frías que bajan, tal como se aprecia en la figura, en donde el fluido con mayor calor sube y el menor baja. Seguramente tú lo habrás visto cuando en el laboratorio hierves agua en un vaso de precipitados o tal vez cuando usas el secador de manos ubicados en los sanitarios del Colegio, este transmite aire caliente por **convección** y seca tus manos.

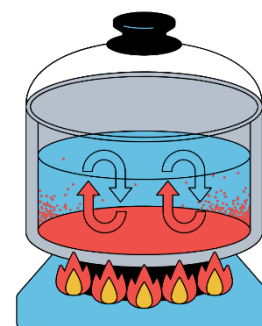


Imagen 47: Transferencia de calor por convección.

En la transferencia por radiación, la **energía calorífica** puede ser transmitida por un sólido, un líquido o un gas mediante la intervención de **ondas electromagnéticas**, las que producen cambios en la configuración electrónica de los átomos o moléculas y que pueden viajar a través de un medio material o por el vacío en forma constante, es decir continua, todos los





Imagen 48: Transferencia de calor por radiación.

materiales al estar constituidos por átomos emiten energía radiante, a menor temperatura la manifestación es pequeña y a altas es mayor, esto se debe a su **longitud de onda** la que estudiarás con mayor detalle en el curso de Física II.

Seguramente esta forma de transferencia la has sentido en tu piel cuando permaneces durante mucho tiempo sin cubrirte bajo los rayos del sol, tu piel se enrojece y más tarde se oscurece, eso es debido a la radiación que el sol emitió y tu cuerpo la recibió.



### Actividad 21:

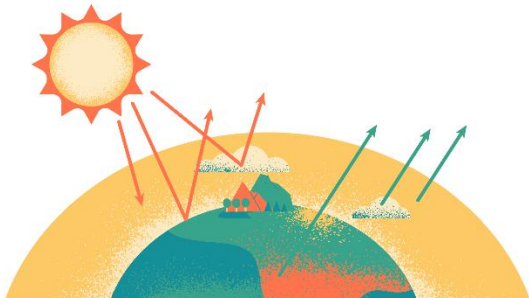
Analiza las situaciones siguientes e indica en cada caso el tipo de transferencia de calor que predomina.



a) Transferencia por \_\_\_\_\_



b) Transferencia por \_\_\_\_\_



c) Transferencia por \_\_\_\_\_



d) Transferencia por \_\_\_\_\_

## **Ecuación calorimétrica. Calor sensible, calor específico y calor latente**

**Calor sensible y calor latente** ambos son formas de transferencia de energía calorífica, pero se comportan de manera diferente dependiendo del estado de la materia y del cambio de temperatura.

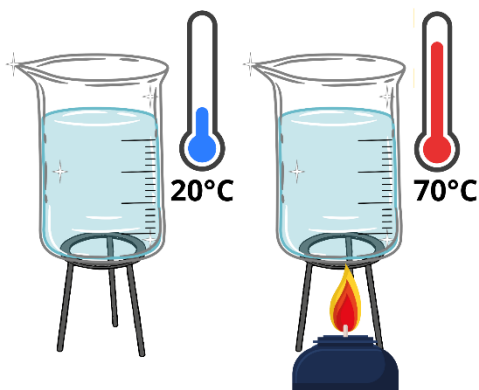


Imagen 49: Cambio de temperatura sin cambio de estado.

**Calor Sensible:** es la cantidad de calor que necesita una sustancia para cambiar su **temperatura**, sin que exista un cambio de estado físico, se representa con la **ecuación calorimétrica**:

$$Q_S = m C_e \Delta T$$

Donde:  $Q_S$  es **calor sensible** [J o cal],  $m$  la **masa** [kg o g],  $C_e$  **calor específico** [J/kgK o cal/g°C],  $\Delta T = T_f - T_i$  representa el **cambio de temperatura** [K, °C].

El **calor específico** de una sustancia es una constante que indica cuánta energía se necesita para elevar en 1 grado Celsius la temperatura de 1 gramo de una sustancia.

**Nota:** el **calor específico** ( $C_e$ ) se encuentra en las tablas correspondientes y es un valor constante dependiendo de la sustancia o material.

La **ecuación calorimétrica** es una fórmula fundamental en el estudio del calor y la transferencia de energía térmica en la ciencia. Esta ecuación permite calcular la cantidad de **calor** ganado o calor perdido por una sustancia cuando cambia su **temperatura** sin cambiar de estado físico, es decir, sin fundirse, condensarse, etc.

Las limitaciones de la **ecuación calorimétrica** son que, solo se aplica cuando no hay cambios de estado (como **fusión** o **vaporización**), ya que en esos casos se usa otra fórmula con calores latentes. Además, asume que no hay pérdidas de calor al ambiente, lo cual en la práctica puede no cumplirse, por lo que en experimentos reales se suelen hacer correcciones.

La **ecuación calorimétrica** es esencial en **calorimetría**, rama de la física que estudia las transferencias de calor en los sistemas, se utiliza en una gama amplia de aplicaciones, desde experimentos escolares hasta estudios de eficiencia energética, diseño de materiales térmicos, ingeniería y procesos industriales.



**Problema ejemplo 26:** Que cantidad de calor se necesita para elevar la temperatura de 300 g de agua de 20°C a 80°C, si no hay cambio de estado físico.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$Q_s = ?$ $m = 300g$ $C_e = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ $T_f = 80^\circ\text{C}$ $T_i = 20^\circ\text{C}$	$Q_s = m C_e \Delta T$ $Q_s = m C_e (T_f - T_i)$ $= 300g (1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}) (80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$ $Q_s = 18,000 \text{ cal}$	$Q_s = 18,000 \text{ cal}$



**Problema ejemplo 27:** ¿Cuánto calor se necesita para elevar la temperatura de 400g de aluminio, de 10°C a 120°C?, si el calor específico del aluminio es igual a 0.212 cal / g °C.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$Q = ?$ $m = 400g$ $T_f = 120^\circ\text{C}$ $T_i = 10^\circ\text{C}$ $C_e = 0.212 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$	$Q = m C_e \Delta T$ $Q = (400g) (0.212 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}) (120^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})$ $Q = (400g) (0.212 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}) (110^\circ\text{C})$ $Q = 9,328 \text{ cal}$	$Q = 9,328 \text{ cal}$

**Calor Latente.** Es la cantidad de calor que provoca un cambio de estado físico (como  **fusión, evaporación, condensación o solidificación**), sin que haya cambio de **temperatura** durante el proceso. Su expresión matemática es:

$$Q_F = m \lambda$$

Donde:  $Q_F$  es el **calor de fusión** [J o cal],  $m$  la **masa** [kg o g] y  $\lambda$  representa el **calor latente** de fusión o vaporización [J/kg o cal/g].

Tipos de **calor latente**:

- **Latente de fusión** ( $Q_F$ ): sólido a líquido
- **Latente de evaporación** ( $Q_V$ ): líquido a gas
- 
- **Latente de solidificación** ( $Q_F$ ): líquido a sólido
- **Latente de condensación** ( $Q_V$ ): gas a líquido

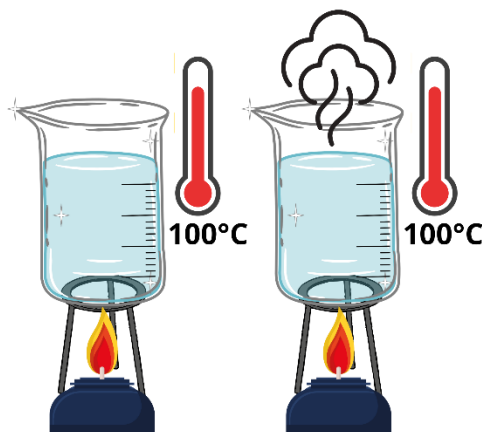


Imagen 50: Cambio de estado sin cambio de temperatura.

**Nota:** Cuando una sustancia pasa de líquido a sólido (**solidificación**), el **calor latente de solidificación** es numéricamente igual al **calor latente de fusión** para la misma sustancia. La diferencia entre la  **fusión** y la **solidificación** de una sustancia es que la **energía** se

absorbe en el primer proceso y se libera en el segundo. Análogamente pasa lo mismo con el **calor de evaporación** y el de **condensación**.



**Problema ejemplo 28:** Fundir 500 g hielo que está a 0°C. La temperatura no cambia hasta que todo el hielo se haya convertido en agua. El calor latente de fusión del hielo es de 80 cal/g.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$Q_F = ?$ $m = 500 \text{ g}$ $\lambda = 80 \text{ cal/g}$	$Q_F = m \lambda$ $Q_F = (500 \text{ g}) (80 \text{ cal/g})$ $Q_F = 40,000 \text{ cal}$	$Q_F = 40,000 \text{ cal}$



**Actividad 22:**

Da solución a los siguientes problemas.

1. ¿Cuánto calor se necesita para elevar la temperatura de 500 g de mercurio, de 19°C a 61°C?, considera que el calor específico del mercurio es 0.033 cal/g °C.
2. ¿Cuánto calor se requiere para fundir una moneda de plata a su temperatura de fusión? La moneda de plata tiene una masa de 25 g. El calor latente de fusión de la plata es de 21 cal/g.
3. ¿Qué masa de hielo a 0°C puede fundirse con 658 calorías?
4. ¿Cuánto calor se pierde de 30 g de estaño, que tiene un calor específico de 0.55 cal/g °C? para bajar su temperatura, de 155 °C a 35 °C.
5. ¿Qué cantidad de calor se necesita para evaporar 1.5 kg de agua?, el calor de vaporización del agua es de 540 cal/g.

**Aprendizaje 8.** Identifica la energía interna en un sistema como la energía asociada a la estructura o configuración de un sistema de partículas. N1

**Aprendizaje 9.** Relaciona el cambio de la energía interna de un sistema con los procesos de transferencia de energía: calor y trabajo. N2

**Aprendizaje 10.** Aplica la primera ley de la termodinámica en procesos simples. N3

### Energía interna de un sistema

Todos los cuerpos tienen energía, la energía que un sistema de partículas almacena, se le conoce como **energía interna (U)**, la cual resulta de la energía cinética de las moléculas o átomos que lo conforman, así como la energía potencial, de rotación, vibración, traslación, de tipo nuclear, gravitacional y electromagnética. Cabe mencionar que se considera a este tipo de energía como una función de estado, es decir, solo depende del estado inicial y final.

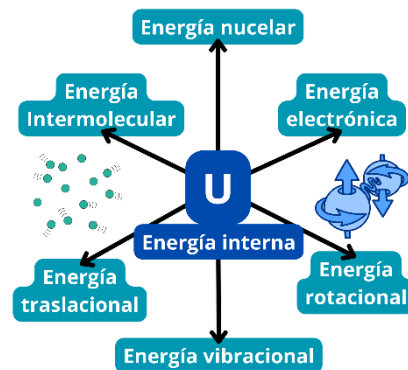


Imagen 51: Energía interna.

### Cambios de energía interna por calor y trabajo mecánico

La **energía interna** en un sistema de partículas puede cambiar, por ejemplo, al agregar **energía térmica** o realizar un **trabajo mecánico**, en donde podemos tener los siguientes casos.

- $\Delta U = U_f - U_i$  El sistema pasa de un estado inicial a uno final.
- $\Delta U = -W$  Si el sistema realiza un **trabajo mecánico** ( $W$ ), este se expande y disminuye la **energía interna**.
- $\Delta U = Q$  Al agregar **energía térmica o calorífica** ( $Q$ ), se incrementa la **energía interna**.
- $\Delta U = 0$  En los cambios cíclicos, no hay cambio en la **energía interna**.

### Energía y su conservación: primera ley de la termodinámica

Todos estos casos se pueden resumir en la ecuación que define el **Principio de la Conservación de la Energía** también conocida como la **Primer Ley de la Termodinámica**, el cual enuncia que:

*“En cualquier proceso termodinámico, el calor absorbido por un sistema es igual a la suma del trabajo que éste realiza y el cambio de su energía interna.”*

$$\Delta U = Q - W$$

Donde:  $\Delta U$  es el cambio en la **energía interna** [ $J, cal$ ],  $W$  es el **trabajo** realizado por o sobre el sistema [ $J, cal$ ] y  $Q$  es el **calor** suministrado al sistema o liberado por este [ $J, cal$ ].

Es importante considerar los signos en las variables involucradas;  $Q$  es positivo cuando al sistema se le suministra calor y negativo cuando lo libera;  $W$  se considera positivo cuando el sistema realiza trabajo y negativo cuando se lleva a cabo sobre el sistema.

Como ejemplo, un sistema conformado por un cilindro con émbolo, donde se contiene un gas, al suministrarle energía calorífica, se propicia un cambio en la energía interna debido a un aumento en la **temperatura** del gas, por lo cual, este se expande dentro del cilindro y realiza un **trabajo mecánico** empujando el émbolo.

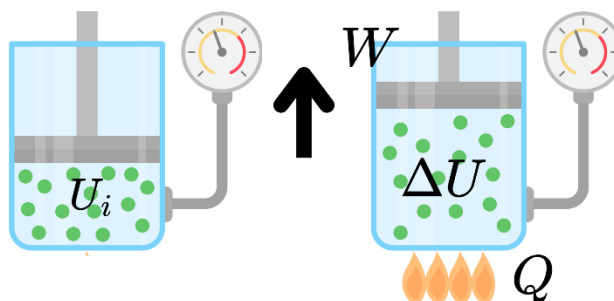


Imagen 52: Trabajo efectuado por la expansión de un gas encerrado.



**Problema ejemplo 29:** Determinar la variación de la energía interna de un sistema conformado por un gas dentro de un cilindro y un émbolo al suministrarle 600 calorías de energía calorífica, donde dicho sistema realiza un trabajo de 900 joules.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$Q = 600 \text{ cal}$ $W = 900 \text{ J}$ $\Delta U = ?$ $1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$	$\Delta U = Q - W$ Conversión $600 \text{ cal} \left( \frac{4.2 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \right) = 2520 \text{ J}$ $\Delta U = 2520 \text{ J} - 900 \text{ J}$	$\Delta U = 1620 \text{ J}$



**Problema ejemplo 30:** Un sistema al recibir un trabajo de 200 J experimenta una variación en su energía interna de 90 J, determinar la cantidad de energía calorífica que se transfiere en el proceso.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$Q = ?$ Como sobre el sistema se realiza un trabajo se cambia el signo de W $W = -200 \text{ J}$ $\Delta U = 90 \text{ J}$	$\Delta U = Q - W$ Despeje $Q = \Delta U + W$ $Q = 90 \text{ J} + (-200 \text{ J})$	$Q = -110 \text{ J}$  Por lo que el sistema liberó calor.



### Actividad 23:

Resuelve los siguientes ejercicios.

1. Sobre un sistema se realiza un trabajo de  $150\text{ J}$ , suministrándole  $80\text{ calorías}$  de energía calorífica. ¿Cuál será la variación de la energía interna que experimenta?
2. Un gas encerrado en un cilindro hermético, se le suministran  $60\text{ cal}$  de energía calorífica. Determinar la variación de la energía interna expresando el resultado en joules.
3. Menciona un ejemplo de la vida cotidiana donde se lleve a cabo un proceso involucrando calor, trabajo y energía interna, asociándolo a la primera ley de la termodinámica.

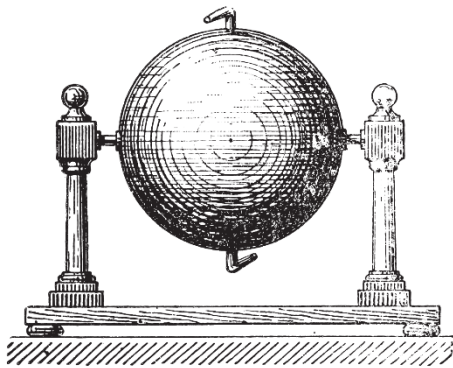
### ENERGÍA: SU TRANSFORMACIÓN, APROVECHAMIENTO Y DEGRADACIÓN

**Aprendizaje 11.** Identifica procesos de transformación de energía en máquinas térmicas simples. *N2*

**Aprendizaje 12.** Determina la eficiencia de una máquina térmica simple analíticamente. *N2*

### Máquinas térmicas

La **energía calorífica** es el tipo de energía que ha acompañado a la sociedad a través de los años al utilizarse para su beneficio en la supervivencia al procurarse calor en épocas de bajas temperaturas, la cocción de los alimentos y también en el desarrollo de dispositivos utilizados para el trabajo, la seguridad y la comodidad, como lo representan las **máquinas térmicas** (locomotoras y barcos de vapor), utilizadas para la generación de **energía mecánica** y trabajo en los procesos industriales y de transformación.



### Eolípila

Imagen 53: Máquina de Herón (eolípila), primera máquina de vapor.

En consecuencia, es de suma importancia el estudio del calor para el aprovechamiento, tanto como sea posible, de fuentes de energía y su conversión en la obtención de energía mecánica o trabajo.

Al dispositivo o sistema que realiza una transformación parcial del **calor** en **trabajo** o **energía mecánica** se le denomina genéricamente como **máquina térmica**, la cual utiliza

una cantidad de materia conocida como *sustancia de trabajo* de la máquina, la que experimenta fenómenos de expansión y compresión (y en algunas ocasiones cambio de fase), en un proceso cíclico o repetitivo, o que se llegan a las condiciones iniciales de operación, entonces, el proceso vuelve a iniciar. En otras palabras, la sustancia de trabajo debe pasar por una serie de procesos termodinámicos regresando una y otra vez al estado de condiciones iniciales.

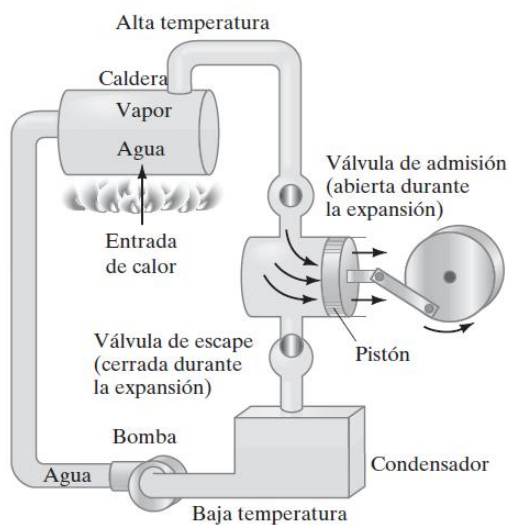


Imagen 54: Máquina térmica

En general, una **máquina térmica** absorbe **energía calorífica** de alguna fuente a una temperatura alta, realiza un **trabajo mecánico** y libera o desecha alguna cantidad de calor contenida en la sustancia de trabajo, a temperatura más baja hacia otro depósito o contenedor para reutilizarla posteriormente, tal como se muestra en la figura adjunta.

En el análisis energético de un sistema en el que se desarrolla un proceso cíclico, las **energías internas** inicial y final tienen los mismos valores, entendiéndose como **energía interna** al total de todas las energías moleculares internas (**energía cinética y energía potencial**) a una sustancia, por

lo que, en todo proceso cíclico, la **Primera ley de la Termodinámica** específica que:

$$U_f - U_i = 0 = Q - W \quad \text{así que:} \quad Q = W$$

Por lo tanto, el calor neto que fluye en la **máquina térmica** en un proceso periódico o repetitivo representa el trabajo efectivo que el sistema realiza.

De una forma más clara, podemos decir que, al realizar el análisis de energías de una **máquina térmica**, es conveniente tomar en cuenta además de la sustancia de trabajo, las otras partes que intervienen en el proceso, una conocida como **fuentes caliente** que proporciona el **calor** suministrado a la sustancia de trabajo para llegar a una temperatura alta o  $T_H$  de valor constante, y la contraparte denominada **fuentes fría**, la cual absorbe las cantidades de calor desechado por la máquina en la sustancia de trabajo, a una **temperatura** menor, de valor también constante designada por  $T_C$ . Si hacemos referencia a un sistema constituido por una turbina de vapor, podemos mencionar que las flamas y los gases calientes de la caldera corresponden a la fuente caliente, mientras que el agua fría y la cantidad de aire utilizados

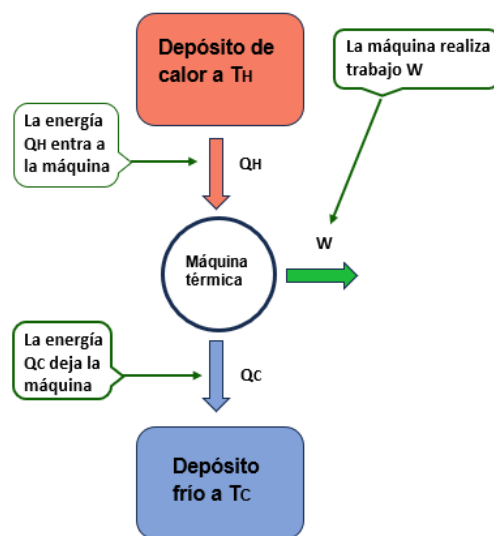


Imagen 55: Representación esquemática de una máquina térmica.



para condensar y recuperar la sustancia de trabajo, en este caso el agua, pertenecen a la llamada fuente fría.

**Nota:** Los subíndices se toman del inglés, Hot (H) y Cold (C).

Si consideramos las cantidades de **calor** transferido tanto de la fuente caliente y fría como  $Q_H$  y  $Q_C$  respectivamente y la convención de que el **calor**  $Q$  es positivo al suministrarse a la sustancia de trabajo y negativo si se libera hacia la sustancia, entonces, para la **máquina térmica**  $Q_H$  es positivo mientras que  $Q_C$  es negativo, dado que es el **calor** que no se aprovecha y sale mediante la sustancia de trabajo. Conviene aclarar que en algunas ocasiones se comprenden mejor las relaciones energéticas al considerar valores absolutos de **calor** ( $Q$ ) y **trabajo** ( $W$ ) al tomarse siempre como valores positivos.

### **Eficiencia de una máquina térmica**

Retomando la representación esquemática de la **máquina térmica** (simbolizada por un círculo) de la imagen anterior y sus parámetros térmicos ( $T$  y  $Q$ ), se observa que el **calor** proporcionado a la **máquina térmica** ( $Q_H$ ) por la **fuentes caliente** ( $T_H$ ) es de mayor magnitud con respecto a la cantidad de **calor** liberado ( $Q_C$ ) hacia la **fuentes fría** a relativamente baja **temperatura** ( $T_C$ ), así como también se observa la cantidad proporcional del calor suministrado que la **máquina térmica** convierte en **trabajo** ( $W$ ).

Para una **máquina térmica** que funciona de manera repetitiva o cíclica,  $Q_H$  y  $Q_C$  son los calores absorbido y desechado en un proceso donde  $Q_H$  se toma como positivo, mientras que  $Q_C$  es negativo. Por lo tanto, el **calor**  $Q$  neto absorbido en un ciclo está dado por la relación:

$$Q = Q_H + Q_C = |Q_H| - |Q_C|$$

Como se ha comentado antes, el **trabajo** neto  $W$  o salida de **energía** útil realizado por la sustancia de trabajo, aplicando la **Primera ley de la Termodinámica** es:

$$W = Q = Q_H + Q_C = |Q_H| - |Q_C|$$

Como es de esperarse, se busca que la totalidad del **calor**  $Q_H$  se convierta en **trabajo**, lo que nos lleva a  $Q_H = W$ , y entonces,  $Q_C = 0$ , lo cual sabemos que eso no es posible, en consecuencia, podemos definir el concepto de la **eficiencia de una máquina térmica** ( $\eta$ ) se puede expresar como:

$$\eta = \frac{W}{Q_H}$$

La **eficiencia térmica** significa la parte del **calor**  $Q_H$  que se convierte en **trabajo**, es decir, por eficiencia se debe comprender como la parte que se obtiene del total de lo que se invierte, y en el caso del calor, esta cantidad siempre será menor que la unidad ( $\eta < 1$ ). Por lo tanto, la máquina más eficiente será aquella que aproveche la mayor cantidad del calor

suministrado. Finalmente, combinando dos ecuaciones anteriores se puede obtener la expresión matemática que permite calcular el valor de la eficiencia de una máquina térmica, es decir:

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H + Q_C}{Q_H} = 1 + \frac{Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_C|}{|Q_H|}$$

Al observar el signo negativo al final de la ecuación, no debemos olvidar que  $Q_C$  es el **calor** liberado y que, siendo unidades de **energía**, tanto  $W$ ,  $Q_H$  y  $Q_C$  deben poseer las mismas unidades.

Realizando un análisis parecido al anterior y tomando en cuenta las temperaturas absolutas  $T_H$  y  $T_C$ , se puede obtener una expresión matemática para el cálculo de la **eficiencia térmica** en relación con las temperaturas absolutas, debido a que, en la consideración de una **máquina ideal**, es más práctico la medición de las temperaturas absolutas que las cantidades de calor. Tal expresión está dada por:

$$\eta = \frac{T_H - T_C}{T_H} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$



**Problema ejemplo 31:** Considere que en un proceso de una máquina térmica el depósito de entrada presenta una temperatura de 450 K, y que a la salida se obtiene una lectura de 300 K en la sustancia de trabajo. Calcule el valor de la eficiencia de este sistema térmico.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
$T_H = 450 \text{ K}$ $T_C = 300 \text{ K}$ $\eta = ?$	<p>En una máquina térmica, la eficiencia en términos de temperaturas absolutas está dada por la ecuación:</p> $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ <p>Sustituyendo valores:</p> $\eta = 1 - \frac{300 \text{ K}}{450 \text{ K}}$ $\eta = 1 - 0.666$ <p>Por lo tanto:</p> $\eta = 0.334$ <p>Es decir, en porcentaje la eficiencia es de:</p> $\eta = 33.40 \%$	<p>En este caso, la eficiencia de la máquina térmica es del</p> $\eta = 33.40 \%$



**Problema ejemplo 32:** En el funcionamiento de una máquina térmica se extraen  $2x10^3 J$  de energía de la fuente caliente, y se transfiere una cantidad de  $1.40x10^3 J$  al depósito frío. Calcule la eficiencia térmica del sistema. Obtenga el valor de la cantidad de trabajo que realiza esta máquina.

Datos	Fórmula y sustitución	Resultado
<p> <math>Q_H = 2x10^3 J</math>  <math>Q_C = 1.40x10^3 J</math>  <math>\eta = ?</math>  <math>W = ?</math> </p>	<p>En una máquina térmica, la eficiencia en términos de cantidad de calor está dada por la ecuación:</p> $\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$ <p>Sustituyendo valores:</p> $\eta = 1 - \frac{1.40x10^3 J}{2.00x10^3 J}$ $\eta = 1 - 0.70$ <p>Por lo tanto:</p> $\eta = 0.300$ <p>Es decir, en porcentaje la eficiencia es del</p> $\eta = 30.00 \%$ <p>El trabajo está dado por:</p> $W = Q_H - Q_C$ $W = 2.00x10^3 J - 1.40x10^3 J$ $W = 6x10^2 J$	<p>En este caso, la eficiencia de la máquina térmica es del</p> $\eta = 30.0 \%$ <p>En el caso del trabajo, se desarrolla una energía de:</p> $W = 6x10^2 J$ <p>Es decir:</p> $W = 600 J$



**Actividad 24:**

Resuelve los siguientes ejercicios.

- [1] Una máquina térmica realiza un trabajo con  $7200 \text{ J}$  de energía en un proceso cíclico. Si de la fuente de alta temperatura se provee una cantidad de  $12.0 \text{ k cal}$ , ¿qué valor de eficiencia térmica posee este sistema termodinámico?
- [2] Si una máquina térmica al trabajar durante un ciclo absorbe  $2.20 \times 10^3 \text{ J}$  de energía calorífica de un depósito caliente y su eficiencia es del  $32.7 \%$ , a) calcule la cantidad de calor que se transfiere al depósito frío, y b) determine la cantidad de trabajo que realiza este dispositivo térmico.

**Aprendizaje 13.** Identifica la segunda ley de la termodinámica con la degradación de la energía, por medio de su expresión matemática. *N2*

**Aprendizaje 14.** Relaciona cualitativamente la interpretación estadística de la entropía con la irreversibilidad de los procesos en la naturaleza. *N2*

### **Segunda ley de la termodinámica y degradación de la energía.**

Una interpretación cualitativa de la **Segunda ley de la Termodinámica** es que, en todo proceso real, parte de la **energía** disponible se convierte en una forma menos útil, generalmente como **calor** que se disipa en el entorno. Aunque la cantidad total de energía se conserva como lo establece la **Primera ley de la Termodinámica**, su capacidad para realizar trabajo disminuye por lo cual se dice que la energía se degrada.

Este comportamiento se observa en sistemas como motores, aparatos eléctricos o procesos biológicos, donde solo una parte de la energía suministrada se transforma en trabajo útil, ya que una parte inevitablemente se transforma principalmente en calor u otras formas de energía.

Un ejemplo de este principio es el motor de un automóvil: al quemarse la gasolina, una parte de la energía liberada se transforma en energía mecánica que impulsa el movimiento del vehículo. Pero, la mayor parte de dicha energía se convierte en calor, el cual se disipa al medio ambiente a través del bloque del motor, el radiador y los gases expulsados por el sistema de escape.

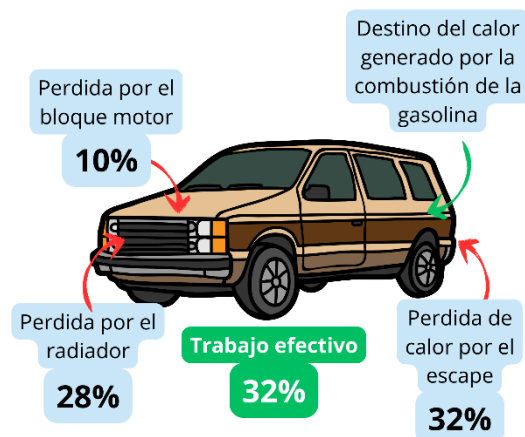


Imagen 56: Eficiencia de un automóvil.

Una forma común de expresar lo anterior es mediante el enunciado de **Kelvin-Planck** de la segunda ley de la termodinámica, que dice:

*“Es imposible construir una máquina térmica que convierta en trabajo útil todo el calor absorbido de una sola fuente.”*

Existen diferentes enunciados para describir la segunda ley de la termodinámica, además del expuesto previamente, también tenemos el enunciado de **Clausius**, el cual señala:

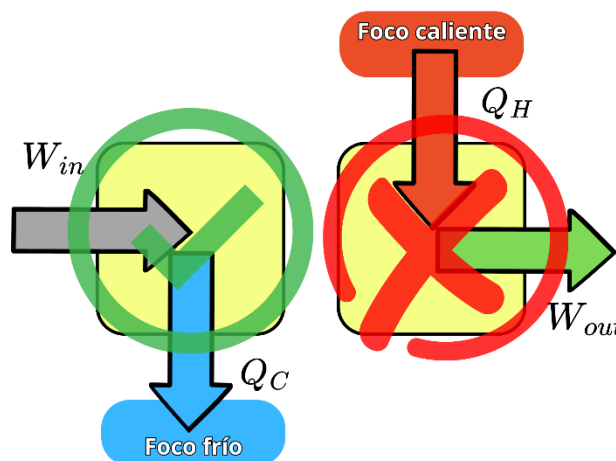


Imagen 57: Representación del enunciado de Kelvin-Planck.

*“El calor no puede fluir espontáneamente de un cuerpo frío a uno caliente.”*

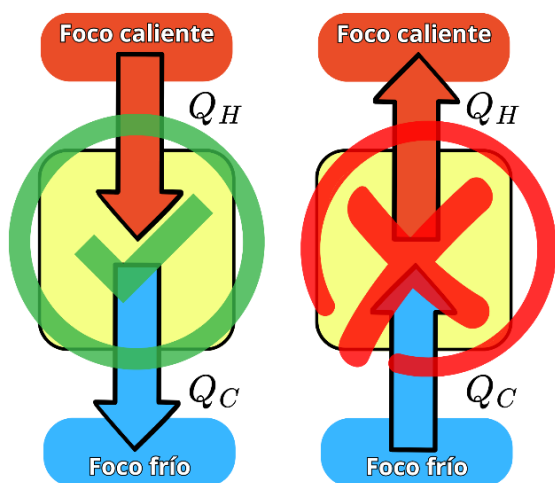


Imagen 58: Representación del enunciado de Clausius.

Esta formulación de la segunda ley de la termodinámica no contradice el **principio de conservación de la energía** establecido por la primera ley, pero sí impone una restricción sobre cómo ocurren los procesos naturales. En otras palabras, aunque la **energía** total se conserve, su capacidad para realizar **trabajo** útil disminuye, ya que parte de ella se transforma en formas menos aprovechables, como el **calor** que se disipa en el entorno.

Aunque estos enunciados están formulados de manera distinta, comparten la idea de que los procesos naturales tienen una dirección preferente y son irreversibles. Señalan que es imposible que toda la **energía** puede transformarse en **trabajo**

útil, que el **calor** fluye espontáneamente del cuerpo caliente al frío, y que la **entropía** del universo tiende a aumentar.

### **Entropía e irreversibilidad**

Como se ha mencionado, el **enunciado de Clausius** implica que existe una dirección natural en el flujo de la energía en forma de **calor**, lo cual permite entender que este fenómeno físico de la degradación de la **energía** se describe con el concepto de **entropía** ( $S$ ) la cual es una magnitud que cuantifica **la energía que ya no puede convertirse en trabajo** dentro de un sistema y está relacionada con el flujo de calor y la temperatura, el cual nos lleva también a la irreversibilidad de los procesos físicos.

$$\Delta S \geq \frac{Q}{T}$$

Donde:  $\Delta S$  es el cambio de **entropía** del sistema,  $Q$  es el **calor** transferido (Joule) y  $T$  es la **temperatura** absoluta a la que ocurre la transferencia (Kelvin).

Lo anterior lo podemos interpretar de la siguiente forma:

- Procesos **reversibles (ideales)** el incremento o cambio de la **entropía** es igual a la relación entre la **energía** en forma de **calor** que recibe o cede un sistema y la **temperatura** a la cual sucede este proceso.

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

- Procesos **irreversibles (reales)** la entropía siempre aumenta y es mayor a la relación del **calor** y la **temperatura**.

$$\Delta S > \frac{Q}{T}$$

Siempre debemos tener presente que, aunque al aprender física trabajamos con casos ideales, estos solo representan modelos simplificados que nos ayudan a entender los principios fundamentales, en la vida real, todos los procesos físicos son irreversibles, ya que intervienen factores como la **fricción**, la **disipación de energía** en forma de **calor**, sonido, turbulencia, entre otros, lo que provoca un aumento inevitable de la **entropía**. Como consecuencia, parte de la energía se dispersa y ya no puede recuperarse completamente en forma de trabajo útil.

En conjunto, expresan los límites en la eficiencia energética y la tendencia natural hacia la degradación de la energía. El modelo matemático más utilizado para representar esta degradación energética es:

$$\Delta S_{Universo} = \Delta S_{Sistema} + \Delta S_{Entorno} > 0$$

Esto significa que, para cualquier proceso espontáneo, la **entropía** total del universo aumenta, aunque el sistema en sí mismo pueda disminuir su **entropía** (siempre que el entorno aumente más), como el caso de los seres vivos. La consecuencia es que una parte de la energía útil se vuelve inutilizable.

Piensa en lo siguiente: Si lanzas un vaso de cristal al suelo, se rompe en pedazos. Pero no importa cuánto tiempo pase, los pedazos no se van a unir solos para formar nuevamente un vaso. Nada en la física impide que ocurra, pero su probabilidad es tan baja que, en la realidad, simplemente no lo veremos suceder.

Otro ejemplo sucede cuando colocas hielo en una bebida: se derrite poco a poco, pero jamás se vuelve a congelar dentro del vaso. Estos fenómenos son ejemplos de lo que en física se conoce como **procesos irreversibles** y tiene una explicación científica, **la entropía**.

Estos procesos irreversibles se explican científicamente a través del concepto de entropía. La entropía está relacionada con la probabilidad de que un sistema evolucione hacia estados

más aleatorios o dispersos de energía, lo cual ocurre de manera natural con el tiempo. Este tipo de comportamiento está respaldado por la **Segunda ley de la Termodinámica**, en particular por el **enunciado de Clausius**.

Desde una perspectiva estadística, la **entropía** es una magnitud física que se relaciona con la aleatoriedad o el número de configuraciones posibles de las partículas dentro de un sistema. A medida que ocurren cambios en variables como la **temperatura**, la **presión** o el **volumen**, las partículas tienden a distribuirse de manera más desordenada o probable. Esto es precisamente lo que ocurre en los ejemplos mencionados anteriormente. Esta definición estadística de la **entropía** la desarrollo por primera vez Boltzmann de la siguiente forma:

$$S = k_B \ln \Omega$$

Donde:  $S$  Entropía,  $k_B$  la constante de Boltzmann,  $\ln$  logaritmo natural y  $\Omega$  es el número de microestados posibles compatibles con un macroestado, por lo que, los sistemas físicos siempre evolucionan hacia estados con mayor  $\Omega$  porque son estadísticamente más probables.



### Actividad 25:

Observa con atención el video “**La entropía explica el universo y el tiempo, pero ... ¿Qué es y para qué nos sirve?**”, poniendo especial en el concepto de entropía y su relación con la energía.



### Video 10:

Pulpo Culto. (12 de julio del 2024). **La entropía explica el universo y el tiempo, pero ... ¿Qué es y para qué nos sirve?** [Archivo de Video]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=3UvTbQUbip4&t=9s>



Mientras miras el video, toma nota de lo que consideres más importante y escribe en tu cuaderno tres ejemplos de procesos irreversibles y explica su relación con la entropía.

## ENERGÍA: USOS, CONSECUENCIAS SOCIALES Y AMBIENTALES

**Aprendizaje 15.** Valora el uso de las fuentes primarias de energía, considerando su impacto en la economía. *N2*

**Aprendizaje 16.** Identifica ventajas y desventajas de algunas formas alternativas de generación de energía, para el desarrollo sostenible. *N2*

**Aprendizaje 17.** Propone acciones concretas para el uso de la energía en pro del desarrollo sostenible. *N2*

### ***Fuentes de energía: sostenibilidad, impacto económico, social y ambiental***

Se presentan aquí una serie de extractos, provenientes de diversos artículos editados por la UNESCO en su célebre revista “El Correo”. En dichos artículos se tratan temas de índole Energético de interés mundial, y aunque fueron publicados en el siglo pasado, sin embargo, siguen teniendo una indudable actualidad, ya que las circunstancias energéticas mundiales presentes no han cambiado en gran medida.

Así que, lee con detenimiento el siguiente extracto a partir del cual te darás cuenta del panorama energético de su momento, que como se dijo antes, no difiere por mucho del que hoy en día vivimos.

El tema de la energía tiene hoy una importancia capital para todos. Tan ardua cuestión invade el ámbito entero de la sociedad humana afectando tanto a la vida de cada familia como a la política mundial, a la economía internacional y a la estrategia del desarrollo nacional. En los últimos años el tema ha adquirido particular importancia como resultado de lo que, con cierta ambigüedad, se ha llamado crisis energética mundial. Tres factores esenciales caracterizan esa crisis y sitúan el problema en su perspectiva correcta.

En primer lugar, a comienzos de los años 70 se hizo patente que los combustibles fósiles, que durante tanto tiempo habían sido la base del balance energético del mundo moderno, iban a quedar agotados en un futuro no demasiado lejano. Por primera vez se invertía la relación entre el ritmo de descubrimiento de reservas y el de crecimiento del consumo, con lo que ante la humanidad se presentaba la perspectiva realista, basada en evaluaciones científicas, de que el agotamiento de esos recursos se produciría durante la próxima generación.

El segundo elemento de la crisis proviene de que, por primera vez en la historia, un proceso de transición energética irá acompañado de un incremento de los costos económicos. Hasta hace poco vivíamos en una época de energía barata y de bajos precios del petróleo. En adelante la energía costará cada vez más cara, lo que representa un reto de insospechadas proporciones para el mundo moderno.

Por último, la crisis de la energía ha afectado a la humanidad de manera muy desigual. La crisis, que alcanza tanto a los países industrializados como a los que están en desarrollo, ha tenido una repercusión especial en estos últimos. Tales países tendrán que llevar adelante su proceso de desarrollo económico y de modernización con unos precios muy superiores a los pagados por los países industrializados. Ello plantea sin duda alguna a la comunidad internacional un problema de equidad y de solidaridad que debería constituir un incentivo para la cooperación internacional. Las Naciones Unidas, cuya razón de ser es la cooperación internacional encaminada a buscar soluciones a los problemas comunes de la humanidad, están en una situación única para estudiar y emprender una serie de actividades en el campo de la energía (Iglesias, 1981, pp. 6-7).



**Energías alternativas: eólica, solar, geotérmica, biomasa, mareomotriz, nuclear, celdas de hidrógeno, entre otras**

Como expresan Tumbaco, Martínez Hernández y Ramón Freire (2025) la energía renovable son las fuentes de energía que provienen de recursos naturales que se regeneran rápidamente, como el sol, el viento y el agua. En contraste con los combustibles fósiles, que son limitados y generan altos niveles de contaminación, ofrecen alternativas limpias, sino que también tienen el potencial de afrontar la crisis energética del futuro mediante una solución más sostenible. Dentro de estos recursos tenemos fuentes de energía como:

- **Energía Solar** que se genera mediante paneles fotovoltaicos, que convierten la luz directamente en electricidad, lo que se explica mediante el efecto fotoeléctrico. Esta tecnología es útil en zonas donde la radiación es abundante y constante.
- **Energía Eólica** que se obtiene mediante turbinas impulsadas por el viento, transformando la energía cinética en electricidad, aprovechando la inducción electromagnética de Faraday. Esta fuente de energía requiere de zonas con ráfagas de vientos constantes y de alta velocidad.
- **Energía Hidroeléctrica** aprovecha el movimiento del agua para generar electricidad, al igual que la eólica, aprovecha la inducción electromagnética. Este tipo de energía es una de las más antiguas y ampliamente empleadas a nivel mundial.
- **Energía Geotérmica** se utiliza para generar electricidad a través del vapor o agua caliente extraída del subsuelo, que activa las turbinas generadoras de energía, por lo cual, estas fuentes de energía se ubican en áreas volcánicas.

Cada una de las fuentes de energía renovable a pesar de que son limpias en términos de emisiones, su eficiencia depende en gran medida de factores geográficos y climáticos. Esta información se puede complementar con el siguiente video.



**Video 11:**

CuriosaMente. (17 de abril de 2022). **¿Qué tan verdes son las energías "verdes"?** [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=nQcXm9rmdZM>



A consecuencia del panorama mundial, se han planteado escenarios estratégicos con el fin de solventar dichas circunstancias, que guíen a las naciones en el uso de las energías alternativas, como se puede comprender de lo siguiente.

En la actualidad son esencialmente los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural, etc.) los que satisfacen la demanda mundial de energía. Estos combustibles poseen características inestimables: su concentración de energía es muy alta y dada la cantidad que de ella contienen son relativamente poco pesados; es fácil transportarlos y pueden almacenarse, incluso por un tiempo casi ilimitado, sin que ello modifique de manera apreciable sus propiedades. En cambio, su grave desventaja es que no son renovables, es decir, están abocados al agotamiento.

Por su parte, las nuevas fuentes de energía no ofrecen todas las ventajas de los combustibles fósiles, aunque quepa destacar que algunas de ellas, como la energía solar, la nuclear y la termoceánica, existen en cantidades prácticamente ilimitadas. Algunas de ellas sólo pueden obtenerse de manera intermitente: tal es el caso de la energía solar, disponible sólo durante el día y cuando el cielo está despejado. Además, la intensidad de la radiación del sol varía según las estaciones. De ahí la necesidad de almacenar la energía solar para los periodos en que el sol no es visible.

En cambio, aquellas nuevas fuentes de energía de las que se puede disponer de manera continua se encuentran, por lo general, demasiado alejadas de los centros de consumo. Por ejemplo, los lugares más favorables para la obtención de la energía termoceánica se sitúan en las regiones ecuatoriales. En lo que respecta a las instalaciones nucleares, existe la tendencia a construirlas lo más lejos posible de los centros de consumo debido al peligro potencial de radiación que aquellas entrañan.

Ninguna de estas nuevas fuentes de energía, con excepción de la nuclear, es transportable. Y ninguna, con la misma excepción, puede utilizarse como combustible para el transporte; en efecto, sólo la energía nuclear comienza a emplearse para propulsar algunos buques, aunque hasta ahora no sea comercialmente rentable.

Estas limitaciones ponen de relieve la necesidad de contar con un sistema de energía intermediario que establezca una conexión entre las fuentes primarias de energía y los centros de consumo energético. Ese sistema debería constituirse en un verdadero portador de una energía susceptible de ser transportada y almacenada, cuya producción resulte económica, que sea renovable, en lo posible, no contaminante.

Por otra parte, este nuevo sistema debe ser independiente de las fuentes primarias de energía a fin de que, cualesquiera que sean las variaciones de éstas, permanezcan intactos los sistemas de almacenamiento y de transmisión, así como las instalaciones de transformación que funcionan con el combustible intermediario.

El elemento que más cabalmente reúne todas estas condiciones es el hidrógeno. Este gas abunda en forma de agua en los océanos, los lagos y los ríos. Es el combustible artificial de producción menos costosa en términos de unidades de energía. Prácticamente no es contaminante y, de todos modos, lo es menos que los otros combustibles artificiales como el metano, el metanol o el amoniaco (Nejat, 1978, p. 32).

Como se puede apreciar en el contexto de esta propuesta, se encuentran presentes conceptos como el de fuentes primarias de energía, además, se identifican ventajas y desventajas de algunas formas alternativas de generación de energía y se proponen acciones concretas para el uso de la energía en pro del desarrollo sostenible, ya que se identifican claramente en el contexto los elementos que fundamentan tal concepto, a saber,

el balance e interacción entre las tres dimensiones: ambiental, social y económica (CUAIEED, 2022, p. 9).

### **Uso responsable de la energía: hogar, industria, agricultura, transporte y cuidado del medio ambiente**

En la actualidad, el uso responsable de la energía es un tema crucial para detener daño ambiental al planeta, a través de la administración de recursos energéticos en sectores como el hogar, la industria, la agricultura y el transporte, buscando un impacto directo en la mejora de la calidad de vida de las generaciones (implicaciones sociales). Estos sectores, aunque diferentes, comparte la necesidad de encontrar e implementar prácticas responsables y sostenibles que fomenten un uso consciente y racional de la energía, debido a que, al aprovechar adecuadamente los recursos, no solo se pretende reducir costos (implicaciones económicas), sino que también juega un papel fundamental en la mitigación del cambio climático (implicaciones ambientales), puesto que se obtiene una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Es indispensable comprender cómo los avances tecnológicos, las políticas públicas y las acciones individuales pueden ayudar a alcanzar un equilibrio entre el progreso y la preservación del medio ambiente, reconociendo que un modelo energético responsable no solo es una necesidad, sino una oportunidad para el futuro de nuestra sociedad y del planeta.

Los siguientes materiales presentan acciones para un uso responsable de la energía.



#### **Video 12:**

Eco House TV. (21 de agosto de 2020). **Uso responsable de la energía | Educación Ambiental Digital.** [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=ss6onin4APg>



#### **Video 13:**

Fundación YPF. (19 de febrero de 2020). **Eficiencia Energética, Uso responsable de la energía.** [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=MEuwB3jxBZw&t=1s>



#### **Actividad 26:**



1. Lee el artículo de Z. Zoric, titulado: Inventario mundial de la energía (Zoric, 1981, pp. 17-31) en el que deberás de identificar las características de las siguientes energías alternativas: eólica, solar, geotérmica, mareomotriz y nuclear. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000047542\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000047542_spa)

- Indaga en qué consisten las energías alternativas: biomasa, celdas de hidrógeno y termosolar.
- Escribe debajo de cada una de las siguientes imágenes, el tipo producción de energía que representa.



Laguna Verde en Veracruz, México.



Azotea de la Central de abastos en la CDMX.

--	--



La Ventosa, Oaxaca, México.



Planta en Puebla, México.

--	--



Presa La Angostura en Chiapas, México.



Planta Ivanpah en el desierto de Mojave (California), USA.

--	--

## Actividades de autoevaluación



### UNIDAD 1

#### [1] Relacione ambas columnas

- |                      |     |   |
|----------------------|-----|---|
| 1. Óptica            | ( ) | Estudia el movimiento de los cuerpos sin importar sus causas                        |
| 2. Acústica          | ( ) | Estudia los fenómenos magnéticos y eléctricos y sus interacciones                   |
| 3. Cinemática        | ( ) | Estudia el sonido, su propagación y el comportamiento en diferentes medios          |
| 4. Termodinámica     | ( ) | Estudia el comportamiento la luz, su propagación y sus interacciones con la materia |
| 5. Electromagnetismo | ( ) | Estudia los fenómenos relacionados con el calor y la temperatura                    |
| 6. Dinámica          | ( ) | Estudia el movimiento de los cuerpos tomando en cuenta la causa que los produce     |

#### [2] Responde las siguientes preguntas con base al video “La historia de la física” por Michio Kaku, de la actividad 1.

1. ¿Cómo crees que la visión de Michio Kaku sobre el futuro de la física podría impactar en nuestra vida cotidiana?
2. En el video, Kaku menciona la posibilidad de una teoría del todo. ¿Qué implicaciones tendría descubrir dicha teoría para nuestra comprensión del universo?
3. ¿Qué importancia tiene la física para el desarrollo tecnológico, según Michio Kaku?

#### [3] Indica si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas encerrado en un ovalo la opción correcta.

1. Las aportaciones que hizo en la ciencia física Marie Curie fueron reconocidas a pesar de su género

Verdadero

Falso

2. A nivel mundial, no se excluye a nadie por su clase social y religiosa en la participación y desarrollo de la ciencia

Verdadero

Falso

- [4] Investiga porque en año 1969 los astronautas del Apolo 11 dejaron en la luna un panel cubierto con 100 espejos pequeños. ¿Qué tipo de medición se realiza?
- [5] Calcula la altura de un edificio que: proyecta una sombra de 6.5 m a la misma hora que un poste de 4.5 m de altura proyecta una sombra de 0.90 m.
- [6] Pasa a notación científica los siguientes valores colocando solo un valor numérico a la izquierda del punto decimal y b) cambia la potencia por su correspondiente prefijo.
- 0.24 m
  - 2576000000 bytes
  - 0.00327 g
  - 3627400 N
  - 0.00000469 s



## UNIDAD 2

- [1] En un evento deportivo se obtuvieron los datos mostrados a continuación.
- En este evento ¿cuál es la variable independiente?
  - ¿Cuál es la variable dependiente?
  - Construya la gráfica con los valores contenidos en la tabla de resultados.
  - ¿Qué tipo de movimiento describe?
  - Encuentre el modelo matemático que más se aproxime al comportamiento de los datos de la tabla de resultados.
  - A partir del análisis de la gráfica, determina la velocidad del atleta.
  - ¿Cómo se relaciona la pendiente con la velocidad?
  - Calcule la posición del atleta para un tiempo de 2.25 s.
  - Cuando el corredor se encuentra a 23 m del origen, ¿cuánto tiempo ha transcurrido?

Tiempo t (s)	Posición d (m)
0.0	0.0
1.0	5.0
2.0	10.0
3.0	15.0
4.0	20.0
5.0	25.0
6.0	30.0

- [2] Reflexiona sobre el tránsito vehicular en avenidas rectas que rodean el CCH o cercanas a tu casa y responde las siguientes preguntas.
- ¿Realmente los autos se mueven en MRU o hay variaciones?
  - ¿Qué factores pueden afectar el movimiento en la realidad?
  - ¿El MRU es solo es un modelo idealizado?
  - ¿Qué factores pueden hacer que un objeto deje de moverse en MRU?
  - ¿cómo plantearías un experimento para demostrar que un vehículo se mueve en un MRU?
- [3] Un ciclista viaja con velocidad constante de 2 m/s por 5s, en ese momento acelera a razón de 1.5 m/s<sup>2</sup> durante 10 s. Determina: A) la distancia que recorre a velocidad constante. B) la distancia que recorre durante el tiempo que acelera. B) Su posición final respecto al

origen. C) La velocidad que alcanza. D) Realiza las gráficas de posición contra tiempo y aceleración contra tiempo.

**[4]** Escribe dentro del paréntesis si la aseveración es verdadera (v) o falsa (f).

- (     ) En el movimiento acelerado la gráfica de distancia contra tiempo es una línea recta inclinada
- (     ) Durante un MRUA la velocidad se mantiene constante
- (     ) En el MRUA la velocidad aumenta constantemente de manera uniforme
- (     ) En un MRUA, la velocidad final depende solo de la aceleración y del tiempo transcurrido
- (     ) La distancia recorrida en un MRUA es directamente proporcional al cuadrado del tiempo
- (     ) En un movimiento de caída libre, la aceleración es siempre igual a  $g$
- (     ) En el tiro vertical la velocidad siempre es positiva
- (     ) Durante el ascenso en un tiro vertical, la aceleración es positiva y al descender negativa

**[5]** Durante un partido de baloncesto, el árbitro lanza el balón verticalmente hacia arriba con una velocidad inicial de  $12 \text{ m/s}$  a una distancia de  $1.5\text{m}$  sobre el piso para iniciar el partido con el salto inicial. El balón asciende hasta alcanzar la altura máxima y luego regresa al suelo. A) ¿Cuánto tiempo tarda el balón en alcanzar la altura máxima? B) ¿Cuál es la altura máxima que alcanza el balón?

**[6]** Si un balón está rodando sobre el césped y finalmente se detiene, ¿cómo se aplica la ley de la inercia a este fenómeno?, ¿En qué situaciones el balón mantendría su movimiento indefinidamente?

**[7]** Dos amigos viajan por la carretera, cuando el carro se descompone, por lo cual deciden bajar a empujarlo. Si la masa del carro es de  $1154 \text{ kg}$  y los jóvenes aplican una fuerza de  $250 \text{ N}$  y  $300 \text{ N}$ , respectivamente sobre el vehículo. a) Determina la aceleración con la que se mueve el carro, b) Si empujan el carro durante  $10 \text{ min}$ , ¿cuál es la velocidad que alcanza el vehículo?, c) consideras que el valor que obtuviste en el inciso anterior es posible, argumenta tu respuesta.

**[8]** A) Determina la fuerza que se debe aplicar sobre un vehículo de  $750 \text{ kg}$  de masa que viaja en una carretera de asfalto ( $\mu = 0.75$ ) para mantener una velocidad constante de  $v = 90 \text{ km/h}$ . B) Si la fuerza que se aplica sobre el vehículo cesa, ¿qué distancia recorre hasta frenarse?

**[9]** Indica si las siguientes afirmaciones relativas a la tercera ley de Newton son falsas o verdaderas.

1. Siempre que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, éste último ejerce una fuerza igual y en sentido contrario sobre el primero.

Verdadero

Falso

2. Las fuerzas siempre ocurren en pares y actúan sobre el mismo cuerpo.

Verdadero

Falso

**[10]** Un proyectil de  $3\text{ kg}$  es disparado por un cañón que tiene una masa de  $400\text{ kg}$ . Si el proyectil sale con una velocidad de  $500\text{ m/s}$  ¿Cuál es la velocidad de retroceso del cañón?

**[11]** Un astronauta de masa  $60\text{ kg}$  da un paseo espacial para reparar un satélite de comunicaciones. Eventualmente requiere de una llave de presión para aflojar los pernos. Otro astronauta le lanza la llave con una velocidad de  $4\text{ m/s}$ . Él se encuentra en reposo justo antes de atrapar la llave de masa  $3\text{ kg}$ . Calcular la velocidad del astronauta justo después de atrapar la llave.

**[12]** Observa el siguiente video donde se muestran diversos fenómenos del MCU y responde las preguntas.



**Video 14:**

Esta es mi tierra Aragon TV. (5 de enero de 2023). **No existe la fuerza centrífuga.** [Archivo de Vídeo]. Youtube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=Y1j2cylX52A>



1. Identifica las magnitudes físicas involucradas que evitan que el agua se derrame cuando el vaso gira y anótalas.
2. Identifica las magnitudes físicas involucradas que evitan que la manzana caiga cuando la goma gira.

**[13]** Calcula la velocidad angular de la manecilla del segundero, minuterero y de la hora para un reloj analógico, ¿qué dato numérico adicional te sería necesario para poder calcular la rapidez tangencial de la punta de cada manecilla?

**[14]** Una persona se encuentra en el ecuador de la Tierra, y debido a la rotación de la Tierra, está experimentando un movimiento circular. Supón que la Tierra tiene un radio de  $6,378\text{ km}$  y tarda  $24\text{ horas}$  en realizar una rotación completa. A) ¿Cuál es la velocidad angular de la persona? B) ¿Cuál es la velocidad tangencial de la persona en el ecuador? C) ¿Cuál es la aceleración centrípeta que experimenta la persona? D) ¿Cuál es la fuerza centrípeta que experimenta la persona si su masa es de  $70\text{ kg}$ ?



- [15]** Calcula el período del planeta venus, si sabemos que su distancia media al sol es de  $1.08 \times 10^{11} m$ .
- [16]** Calcula la distancia promedio que hay entre el planeta marte y el sol, si sabemos que el periodo equivale a 1.881 años terrestres.
- [17]** Responde las siguientes preguntas basándote en las tres leyes de Kepler sobre el movimiento de los planetas.
- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe la Primera Ley de Kepler?
    - Los planetas se mueven en órbitas circulares alrededor del Sol
    - Los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol en uno de los focos
    - Los planetas se mueven en órbitas parabólicas con el Sol en el centro
    - Los planetas tienen una velocidad constante en sus órbitas
  - Según la Segunda Ley de Kepler, también conocida como la Ley de las Áreas, ¿qué ocurre con la velocidad de un planeta a medida que se acerca al Sol?
    - Aumenta
    - Disminuye
    - Se mantiene constante
    - Se detiene
  - ¿Qué establece la Tercera Ley de Kepler?
    - La relación entre la distancia de un planeta al Sol y su velocidad orbital
    - La relación entre el período orbital al cuadrado y el semieje mayor al cubo
    - La velocidad de un planeta es proporcional a su distancia al Sol
    - La órbita de cada planeta es una elipse con el Sol en el centro
  - Si el semieje mayor de la órbita de un planeta se duplica, según la Tercera Ley de Kepler, el período orbital:
    - Se duplica
    - Se triplica
    - Se reduce a la mitad
    - Aumenta en un factor de más de dos
- [18]** Si la Ley de Gravitación Universal es válida para todos los objetos, ¿por qué los objetos en la superficie de la Tierra caen hacia el suelo, pero los satélites artificiales se mantienen en órbita?
- [19]** Imagina que tienes un planeta en el espacio con el doble de masa de la Tierra, pero con la mitad de su radio. ¿Qué efectos tendría un planeta con estas características sobre los objetos que se encuentren cerca de su superficie?
- [20]** ¿Cómo puedes explicar la sensación de ingravidez que experimentan los astronautas en la estación espacial a pesar de estar bajo la atracción gravitatoria de la Tierra?
- [21]** El Ferrari 812 SuperFast es capaz de acelerar de 0 a  $100 km/h$  en tan solo 2.8s. Si su masa es 1705kg y considerando que no hay fuerza de fricción con el pavimento,

determina la potencia del motor. Considera que 1Hp (caballo de fuerza) equivale a 745.7W.

**[22]** Un motociclista intenta saltar de un acantilado a 80 m de altura a una plataforma a 40 m de altura. Cuando el motociclista abandona el acantilado, la rapidez de la motocicleta es de 60 m/s. Determina la rapidez de la motocicleta cuando hace contacto con la plataforma. Desprecia la resistencia del aire y la fricción con las superficies de contacto.

**[23]** Una bolsa de 1 kg de arroz se encuentra en una alacena a 1.60 m del piso, mientras que la superficie de una mesa está a 1.10 m sobre el piso. Determina la energía potencial gravitacional de la bolsa de arroz con respecto a: el piso y la superficie de la mesa. Encuentra el trabajo efectuado para colocar la bolsa de arroz desde el suelo hasta el último espacio de la alacena.



### UNIDAD 3

**[1]** Completa la siguiente tabla, realizando las conversiones necesarias.

Temperatura	Escala termométrica		
	Celcius (°C)	Farenheit (°F)	Kelvin (K)
Corporal normal	36.6		
Sol			5778
Ciudad de México, CDMX		64.4	
Desierto del Sahara en la noche		-5.8	
Agua de mar en Acapulco	30		
Monte Everest			250.15

**[2]** Indica si las siguientes afirmaciones relativas a la tercera ley de Newton son falsas o verdaderas, colocando v o f dentro del paréntesis.

- ( ) El viento es un ejemplo de transmisión por conducción al crear corrientes de aire que distribuyen la temperatura en la atmósfera
- ( ) Cuando derrites un chocolate que mantuviste en tu mano por un tiempo es porque hubo una transferencia de calor por conducción
- ( ) En los hornos de microondas la energía interactúa con las moléculas de agua de los alimentos, utilizan para ello una transmisión de calor por radiación
- ( ) Los globos aerostáticos se mantienen en el aire a una cierta altura por medio de la transmisión por convección del aire caliente contenido en su interior

- [3]** Cierta cantidad de plomo absorbe  $4000 \text{ cal}$  de energía y su temperatura aumenta un total de  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Determina la masa del plomo. Considera que el calor específico del plomo es de  $0.031 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ .
- [4]** ¿Cuál es el valor del calor específico de un cuerpo cuya masa es de  $400 \text{ g}$ ?, si se necesita una energía de  $90 \text{ cal}$  para elevar su temperatura de  $15$  a  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- [5]** Un cubo de zinc de  $600 \text{ g}$  se funde completamente a su temperatura de fusión de  $420 \text{ }^\circ\text{C}$  cuando se le proporciona una energía de  $14\,000 \text{ cal}$ . ¿Cuánto vale su calor latente de fusión en  $\text{cal/g}$ ?
- [6]** Sobre un sistema se realiza un trabajo de  $150 \text{ J}$ , suministrándole  $80 \text{ calorías}$  de energía calorífica. ¿Cuál será la variación de la energía interna que experimenta?
- [7]** Un gas encerrado en un cilindro hermético, se le suministran  $60 \text{ cal}$  de energía calorífica. Determinar la variación de la energía interna expresando el resultado en joules.
- [8]** Menciona un ejemplo de la vida cotidiana donde se lleve a cabo un proceso involucrando calor, trabajo y energía interna, asociándolo a la primera ley de la termodinámica.
- [9]** De forma cotidiana la energía se presenta ante nosotros de diversas formas. Relaciona el tipo de energía con la descripción mostrada a continuación, colocando la letra que le corresponda a cada término.
- |     |          |     |  |
|-----|----------|-----|--|
| ( ) | Química  | (a) | Es el total de las energías cinética y potencial que contienen todas las partículas que forman el objeto |
| ( ) | Nuclear  | (b) | Tipo de energía que comprende la adición de la energía del movimiento y la posición de una partícula     |
| ( ) | Mecánica | (c) | Energía proporcionada por un gran conjunto de cargas eléctricas  |
| ( ) | Térmica  | (d) | Forma de energía que puede propagarse a través del espacio vacío como una perturbación                   |
|     |          | (e) | Energía almacenada en los enlaces químicos que conservan unidos a los átomos de una sustancia            |
|     |          | (f) | Es la energía ubicada en los núcleos de los átomos   |
- [10]** Una máquina térmica pierde  $600 \text{ J}$  de calor en cada ciclo de operación. Si su eficiencia es del  $23\%$ , encuentra a) el trabajo que realiza, b) el calor absorbe de la fuente caliente en cada ciclo.
- [11]** ¿Cómo se relacionan y por qué son equivalentes los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius de la segunda ley de la termodinámica?
- [12]** ¿Por qué los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius prohíben la creación de máquinas térmicas ideales según los principios de la física?

**[13]** Lee atentamente cada pregunta y reflexiona tu respuesta a partir de lo que se presenta en el video 10 “). **La entropía explica el universo y el tiempo, pero ... ¿Qué es y para qué nos sirve?**”.

1. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor el concepto de entropía?
  - A) Es una medida del caos y desorden sin relación con la energía.
  - B) Es un fenómeno exclusivamente observable a nivel macroscópico.
  - C) Es una medida estadística que cuantifica los estados posibles de un sistema.
  - D) Es una ley que permite revertir los procesos físicos.
  - E) Es una constante física que se mantiene siempre estable.
2. ¿Qué contribución realizó Ludwig Boltzmann al entendimiento de la entropía?
  - A) Propuso una fórmula empírica para medir la entropía sin usar estadísticas.
  - B) Definió la entropía como una constante universal de energía.
  - C) Introdujo la idea de materia continua en la física termodinámica.
  - D) Aplicó la teoría cinética de los gases para explicar la entropía desde lo microscópico.
  - E) Creó la primera máquina de entropía basada en sistemas cerrados.
3. Relaciona cada personaje con su aporte al concepto de entropía.

( ) Carnot	(a)	Popularizó la teoría cinética de los gases a nivel macroscópico
( ) Einstein	(b)	Trabajó con el funcionamiento de máquinas térmicas
( ) Kelvin	(c)	Introdujo el concepto de entropía como restricción de la dirección de la energía
( ) Boltzmann	(d)	Explicó la entropía mediante el análisis estadístico de partículas
( ) Clausius	(e)	
4. La entropía está relacionada con la probabilidad de los estados posibles de un sistema. Argumenta la respuesta.

**[14]** Escribe algunas acciones concretas con la que tú puedas contribuir al uso responsable y sostenible de la energía en: a) tu hogar, b) en tu escuela (CCH) y c) en la colonia donde vives.

**[15]** Realiza una investigación sobre las energías renovables que se han implementado en México, destacando las zonas y dificultades que han encontrado en su uso.

## Bibliografía

### BÁSICA

- Alvarenga, A. B. y Máximo, R. A. (2018). *Física General*. Oxford University Press.
- Bueche, F., & Hecht, E. (2007). *Física general (10 ed.)*. Mc Graw-Hill.
- Gutiérrez, C. (2009). *Física general*. Mc Graw-Hill.
- Giancoli, D. C. (2006). *Física, principios con aplicaciones (6 ed.)*. Pearson.
- Hewitt, P. G. (2016). *Física conceptual (12 ed.)*. Pearson.
- Tappens, P. E. (2020). *Física, conceptos y aplicaciones (8 ed.)*. Mc Graw-Hill.
- Wilson, J. D., & Buffa, A. J. (2007). *Física (6 ed.)*. Pearson.
- Zitzewitz, P. W., Neff, R., & Davis, M. (2002). *Física, principios y problemas*. Mc Graw-Hill.

### COMPLEMENTARIA

- Blackwood, H. O. et al. (1991). *Física General*. CECSA
- Cetto, A. M. et al. (2020). *El mundo de la Física*. Trillas.
- Moore, T. (2021). *Física (3a edición. Vol. 1)*. McGraw-Hill.
- Moore, T. (2021). *Física (3a edición. Vol. 2)*. Mc. Graw-Hill.
- Pérez, H. (2020). *Física general (1a reimposición)*. Patria Educación.
- Pople, S. (1997), *Física Razonada*. Trillas.
- Serway, R. A. (2014). *Física*. Tomo I. 4a. Ed. Mc Graw Hill.
- Young, H. D. y Freedman, R. A. (2009). *Física universitaria*. Vol. 1. Addison - Wesley.

### ENERGÍA: USOS, CONSECUENCIAS SOCIALES Y AMBIENTALES

- CUAIEED. (2022). *Como incorporar la sustentabilidad en los planes y programas de estudio de la UNAM*. Secretaria de desarrollo Institucional - UNAM.
- Iglesias, E. (1981, julio). *La transición hacia un sistema energético múltiple*. El Correo de la UNESCO, XXXI (6), pp. 6-8.
- Nejat, T. (1978, junio). *El hidrogeno, combustible limpio e inagotable*. El Correo de la UNESCO, XXXI (6), pp. 32-33.
- Tumbaco Ibarra, Ángel H., Martínez Hernández, M. E., & Ramón Freire, L. M. (2025). *Energía renovable: Fuentes de energía como el sol y el viento, que se pueden usar sin agotar los recursos naturales*. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades 6 (1), 2277–2292. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3490>
- Zaric, Z. (1981, julio). *Inventario mundial de la energía*. El Correo de la UNESCO, XXXI (6), pp. 17-31.