

Módulo

FÍSICA

FÍSICA Y MATEMÁTICA APLICADA AL DISEÑO INDUSTRIAL

Pablo Almada, Gabriela Arrieta, Soledad Delgado, Fernanda Franciosi,
Claudia Gareca, Gerardo Gnavi, Natalia Motta Milesi, Laura Turu Michel

Compilador: Pablo Almada

FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD

Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño

Cátedra: FÍSICA Y MATEMÁTICA APLICADA AL DISEÑO A

Equipo docente:

Prof. Titular: Pablo Almada

Prof. Adjunta: Claudia Gareca

Prof. Asistentes: Gabriela Arrieta, Soledad Delgado, Fernanda Franciosi,
Gerardo Gnavi, Natalia Motta Milesi, Laura Turu Michel

ÍNDICE	
CUANTIFICACIÓN	01
CINEMÁTICA	15
DINÁMICA	30
ESTÁTICA	38
PRESIÓN	65
MATERIA Y ENERGÍA	79
ONDAS	96
BIBLIOGRAFÍA	112

CUANTIFICACIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Cantidades físicas: patrones y unidades
 - 1.1. Unidades fundamentales y derivadas
2. Propiedades extensivas e intensivas
 - 2.1. Propiedades extensivas
 - 2.2. Propiedades intensivas
3. Notación científica
 - 3.1. Forma general
 - 3.2. Aplicaciones en Física
 - 3.3.1. Cómo convertir un número de notación estándar a notación científica
 - 3.3.2. Cómo convertir un número de notación científica a notación estándar
4. Múltiplos y submúltiplos
 - 4.1. Paso de unidades
 - 4.1.1. Unidades de longitud
 - 4.1.2. Unidades de superficie
 - 4.1.3. Unidades de volumen
 - 4.1.4. Unidades de masa
 - 4.1.5. Unidades de capacidad
 - 4.2. Relación entre el volumen y la capacidad
5. Magnitudes escalares y vectoriales
 - 5.1. Magnitudes escalares
 - 5.2. Magnitudes vectoriales
 - 5.3. Diferencia clave
 - 5.4. Representación
 - 5.5. Ejemplos
6. Densidad
 - 6.1. Ejemplos típicos de densidad
 - 6.2. Significado de la densidad
7. Ejercicios resueltos

II. EJERCICIOS

III. AUTOEVALUACIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Cantidades físicas: patrones y unidades

En el estudio de la Física, es fundamental poder describir cuantitativamente los fenómenos naturales. Para eso, se utilizan **cantidades físicas**, que son propiedades medibles de los cuerpos o sistemas, como la masa, el tiempo, la temperatura o la velocidad. Cada cantidad física debe expresarse mediante un **valor numérico** y una **unidad de medida** que indique la escala o el patrón con el que se la compara. Ejemplo: una pared mide 3,5 m de largo: el **número** es 3,5 y la **unidad de medida** es el metro ("m"), es decir:

número $\longleftrightarrow$ 3,5 m $\longrightarrow$ unidad de medida

La misma pared podría, por ejemplo, tener una masa de 671,5 kg, o una temperatura de 28°C, etc.

Las **unidades** son convenciones adoptadas para cuantificar las cantidades físicas y tienen un desarrollo histórico. A la humanidad le llevó varios siglos ponerse de acuerdo acerca de qué es un metro, un kilogramo

o un segundo y estas unidades se han ido afinando en la medida de que la tecnología avanzó y las mediciones comenzaron a ser más precisas. Para garantizar que las mediciones sean comprensibles y comparables en todo el mundo, se utiliza el **Sistema Internacional de Unidades (SI)**. Este sistema define un conjunto de **unidades fundamentales**, elegidas por ser independientes entre sí, a partir de las cuales se pueden construir las demás unidades.

1.1. Unidades fundamentales y derivadas

Las **magnitudes fundamentales** del **SI** son siete: metro (longitud), kilogramo (masa), segundo (tiempo), amperio (corriente eléctrica), grado kelvin (temperatura), candela (intensidad luminosa) y mol (cantidad de sustancia). Veamos el siguiente cuadro:

Magnitud fundamental	Unidad (SI)	Símbolo
Longitud (l)	metro	m
Masa (m)	kilogramo	kg
Tiempo (t)	segundo	s
Temperatura (T)	grado kelvin	K
Intensidad de corriente (i)	amperio	A
Intensidad luminosa (j)	candela	cd
Cantidad de sustancia (n)	mol	mol

Las tres primeras (longitud: **metro**; masa: **kilogramo** y tiempo: **segundo**) definen el llamado **SISTEMA mks** y al ser unidades fundamentales, se delimitan arbitrariamente y del modo más preciso posible. Sólo para ejemplificar, veremos algunas de estas definiciones.

El **metro** es la longitud del trayecto recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ segundos. Esta definición fija la velocidad de la luz en el vacío en exactamente $299\,792\,458$ m/s, y usa esta constante universal como base. Vale aclarar que entre los años 1889 y 1960, el metro estuvo definido como la distancia entre dos marcas trazadas sobre una barra de aleación de platino (90%) e iridio (10%), conservada a una temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, bajo condiciones controladas en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), en Sèvres, Francia.

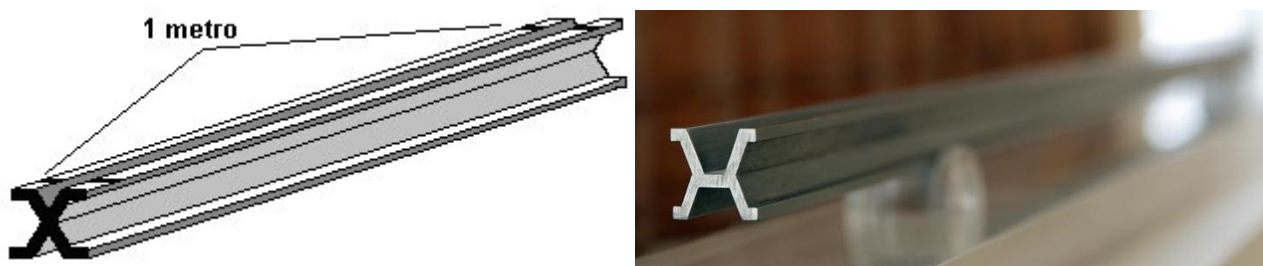


Imagen extraída de: <https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/la-historia-del-metro-patron>

El **segundo** es la duración de $9\,192\,631\,770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio-133, en reposo y a temperatura cero grado kelvin.

A partir de estas unidades fundamentales, se definen las **unidades derivadas**, que resultan de combinaciones algebraicas de las fundamentales. Por ejemplo, la unidad de velocidad es el metro sobre segundo (m/s), y la del área es el metro cuadrado (m^2).

Magnitud derivada	Unidad (SI)	Símbolo
Área o superficie (A ó S)	metro cuadrado	m ²
Volumen (V)	metro cúbico	m ³
Velocidad (v)	metro/segundo	m/s
Aceleración (a)	metro/segundo ²	m/s ²
Fuerza (F)	kg.m/s ² = Newton	N
Presión (p)	N/m ² = Pascal	Pa
Trabajo (T o W)	N.m = Joule	J
Potencia (P)	N.m/s = Watt	W

Comprender la diferencia entre unidades fundamentales y derivadas, y el rol que cumplen los patrones, es esencial para cualquier trabajo científico o técnico que involucre mediciones.

2. Propiedades extensivas e intensivas

Cuando se estudian los materiales o sistemas físicos, es importante distinguir entre dos tipos de propiedades: **extensivas** e **intensivas**. Esta clasificación se basa en **cómo varían las propiedades cuando cambia la cantidad de materia**.

2.1. Propiedades extensivas

Son las propiedades que **dependen de la cantidad de materia** presente en el sistema. Es decir, **cambian si cambia el tamaño o la masa del cuerpo**. Ejemplos: **masa, volumen, longitud, energía, carga eléctrica**.

Ejemplo práctico: si se corta un bloque de hierro a la mitad, su **masa** y su **volumen** también se reducen a la mitad.

2.2. Propiedades intensivas

Son las propiedades que **no dependen de la cantidad de materia**, sino que **permanecen constantes** mientras la sustancia sea la misma, sin importar cuánta haya. Ejemplos: **densidad, temperatura, presión, punto de fusión, índice de refracción, color**.

Ejemplo práctico: Si se divide un lingote de oro para hacer anillos, **el color, la dureza, el brillo, el punto de fusión** (temperatura a la que hierve), **la densidad**, de cada anillo, seguirán siendo los mismos independientemente de su forma o tamaño.

3. Notación científica

La **notación científica** es una forma de expresar números muy grandes o muy pequeños de manera **compacta y precisa**, utilizando potencias de base 10. Se utiliza ampliamente en Física, Matemática, Química e Ingeniería, donde los valores pueden variar desde dimensiones subatómicas hasta distancias astronómicas.

3.1. Forma general

Todo número en notación científica se escribe de la forma: **$a \times 10^n$**

Donde:

- a es un número decimal **mayor o igual que 1 y menor que 10** (el coeficiente o mantisa),
- 10^n indica una **potencia de diez**, y
- n es un **entero**, positivo o negativo, que se llama **exponente**.

Se basa en el hecho de que las potencias positivas de 10 tienen un “uno” y tantos ceros como indica el exponente, por ejemplo:

$$10^4 = 10\,000$$

$$10^3 = 1\,000$$

$$10^9 = 1\,000\,000\,000$$

Entonces, un número como 53000 se puede descomponer en $5,3 \times 10000$ y su notación científica será $5,3 \times 10^4$ (recordar que el coeficiente o mantisa debe ser mayor o igual que uno, y menor que 10, entonces no es válido 53×10^3 , ni $0,53 \times 10^5$ aunque matemáticamente son el mismo número). Veamos otros ejemplos:

$$6940 = 6,94 \times 10^3$$

$$1832453 = 1,832453 \times 10^6$$

Y las potencias negativas de 10 se pueden expresar como un decimal que tiene tantas cifras decimales como el exponente, finalizando en “uno”.

$$10^{-1} = \left(\frac{1}{10}\right)^1 = 0,1 \qquad 10^{-2} = \left(\frac{1}{10}\right)^2 = \left(\frac{1}{100}\right) = 0,01 \qquad 10^{-3} = \left(\frac{1}{10}\right)^3 = \left(\frac{1}{1000}\right) = 0,001, \text{ etc.}$$

Por lo tanto, un número positivo muy pequeño, menor que uno, se puede expresar en notación científica de la siguiente manera:

$$0,00006 = 6 \times 0,00001 = 6 \times 10^{-5}$$

$$0,0459 = 4,59 \times 10^{-2}$$

$$0,8325 = 8,325 \times 10^{-1}$$

La **notación científica simplifica cálculos** con números muy grandes o pequeños, **facilita la lectura** y escritura de datos científicos, permite expresar con claridad el **orden de magnitud** de una cantidad y **disminuye** la posibilidad de **errores**, ya que en la notación tradicional es muy fácil olvidar un cero o escribir alguno de más.

3.2. Aplicaciones en Física

Velocidad de la luz: $300\,000\,000 \text{ m/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Masa del electrón: $0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,911 \text{ kg} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Distancia Tierra-Sol: $149\,600\,000\,000 \text{ m} = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$

3.3.1. Cómo convertir un número de notación estándar a notación científica

1. Ubicá la coma decimal (si el número es entero, está al final).
2. Corré la coma hasta que te quede un número mayor o igual que uno, pero menor que 10.
3. Escribí ese número multiplicado por 10 elevado al número de lugares que desplazaste la coma decimal.
4. El exponente es positivo si el número original es mayor que 10, y negativo si es menor que 1.

Ejemplos:

$$58\,000 = 5,8 \times 10^4$$

$$0,0000034 = 3,4 \times 10^{-6}$$

3.3.2. Cómo convertir un número de notación científica a notación estándar

1. Ubicá la coma decimal.
2. Fijate cuál es el exponente de 10.
3. Corré la coma hacia la derecha (o agregá ceros) si el exponente es un número positivo.
4. Corré la coma hacia la izquierda (o agregá ceros) si el exponente es un número negativo.

Ejemplos:

$$6,02 \times 10^5 = 602000$$

$$1,83 \times 10^{-7} = 0,000\,000\,183$$

4. Múltiplos y submúltiplos

Las **cantidades físicas** pueden abarcar rangos muy amplios: desde dimensiones atómicas hasta distancias astronómicas. Para facilitar su expresión y lectura, se utilizan **prefijos del Sistema Internacional SI** que representan **múltiplos** y **submúltiplos** decimales de las unidades. Los más utilizados son:

para los múltiplos	para los submúltiplos
miria = diez mil (ma)	deci = décima parte (d)
kilo = mil (k)	centi = centésima parte (c)
deca = diez (da)	mili = milésima parte (m)

Además, existen otros prefijos para escribir valores muy grandes o pequeños, como vemos en la tabla:

Prefijo	Símbolo	Factor	Ejemplo
peta	P	10^{15}	1 petajoule (PJ) = 10^{15} Joules
tera	T	10^{12}	1 terabyte (Tb) = 10^{12} bytes
giga	G	10^9	7 gigámetros (Gm) = 7×10^9 metros
mega	M	10^6	1 megasegundo (Ms) = 10^6 segundos
kilo	k	10^3	5 kiloNewton (kN) = 5000 Newton
unidad	-	$10^0 = 1$	1 metro (1 m), 5 litros (5 l)
mili	m	10^{-3}	2 miligramos (mg) = 2×10^{-3} gramos
micro	μ	10^{-6}	8 micrómetros (μm) = 8×10^{-6} metros
nano	n	10^{-9}	3 nanolitros (nl) = 3×10^{-9} litros
pico	p	10^{-12}	6 picogramos (pg) = 6×10^{-12} gramos
femto	f	10^{-15}	1 femtoamperio (fA) = 1×10^{-15} amp.

4.1. Paso de unidades

En la vida diaria, utilizamos permanentemente magnitudes físicas tanto para medir, para expresar resultados o simplemente para referirnos a hechos cotidianos. Por lo general, y de un modo intuitivo, tendemos a expresar una cantidad a partir de un número y una unidad de medida, de tal manera que nos resulte de fácil comprensión. Por ejemplo, si tenemos que encontrarnos con una persona, lo más probable es que digamos: “nos vemos dentro de 2 horas”, y no “dentro de 120 minutos”, mucho menos “en 7200 segundos”, a pesar de que todas las expresiones son equivalentes. De la misma manera, solemos expresar por ejemplo nuestra altura en metros y centímetros ($1,62 \text{ m} = 1 \text{ metro con } 62 \text{ centímetros}$), aunque igualmente correcto sería decir 1620 mm o 0,00162 km.

En Física, resulta de vital importancia conocer y dominar el paso de una unidad a otra. El sistema decimal de numeración hace que los pasajes de unidades sean muy simples para algunas magnitudes (como la longitud), mientras que, para otras magnitudes, como el tiempo, los pasajes requieren más cálculos y el dominio de la regla de tres simple directa.

4.1.1. Unidades de longitud

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), el metro (m) es la unidad fundamental de longitud. A partir del metro se derivan otras unidades que permiten trabajar con longitudes más grandes o más pequeñas, usando prefijos decimales que indican múltiplos o submúltiplos del metro.

MÚLTIPLOS			UNIDAD	SUBMÚLTIPLOS		
kilómetro	hectómetro	decámetro	metro	decímetro	centímetro	milímetro
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
1000 m	100 m	10 m	1 m	0,1 m	0,01 m	0,001 m

Las conversiones se hacen multiplicando o dividiendo por potencias de 10.

$$2,35 \text{ km} = 2350 \text{ m} = 2350000 \text{ mm}$$

$$9,6 \text{ dm} = 0,096 \text{ dam} = 96 \text{ cm}$$

$$0,0785 \text{ hm} = 7,85 \text{ m} = 0,00785 \text{ km}$$

4.1.2. Unidades de superficie

La unidad es el metro cuadrado (m^2) y las conversiones se hacen multiplicando o dividiendo por 100.

MÚLTIPLOS			UNIDAD	SUBMÚLTIPLOS		
kilómetro cuadrado	hectómetro cuadrado	decámetro cuadrado	metro cuadrado	decímetro cuadrado	centímetro cuadrado	milímetro cuadrado
Km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2
1000000 m^2	10000 m^2	100 m^2	1 m^2	$0,01 \text{ m}^2$	$0,0001 \text{ m}^2$	$0,000001 \text{ m}^2$

$$2,35 \text{ km}^2 = 2350000 \text{ m}^2 = 2350000000000 \text{ mm}^2 = 2,35 \times 10^{12} \text{ mm}^2$$

$$9,6 \text{ dm}^2 = 0,00096 \text{ dam}^2 = 960 \text{ cm}^2$$

$$0,0785 \text{ hm}^2 = 785 \text{ m}^2 = 0,000785 \text{ km}^2 = 7,85 \times 10^{-4} \text{ km}^2$$

4.1.3. Unidades de volumen

La unidad es el metro cúbico (m^3) y las conversiones se hacen multiplicando o dividiendo por 1000.

MÚLTIPLOS			UNIDAD	SUBMÚLTIPLOS		
kilómetro cúbico	hectómetro cúbico	decámetro cúbico	metro cúbico	decímetro cúbico	centímetro cúbico	milímetro cúbico
Km^3	hm^3	dam^3	m^3	dm^3	cm^3	mm^3
$1 \times 10^9 \text{ m}^3$	$1 \times 10^6 \text{ m}^3$	$1 \times 10^3 \text{ m}^3$	1 m^3	$1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$	$1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$	$1 \times 10^{-9} \text{ m}^3$

$$2,35 \text{ km}^3 = 2350000000 \text{ m}^3 = 2350000000000000 \text{ mm}^3 = 2,35 \times 10^{15} \text{ mm}^3$$

$$9,6 \text{ dm}^3 = 0,0000096 \text{ dam}^3 = 9,6 \times 10^{-6} \text{ dam}^3 = 9600 \text{ cm}^3$$

$$0,0785 \text{ hm}^3 = 78500 \text{ m}^3 = 0,0000785 \text{ km}^3 = 7,85 \times 10^{-5} \text{ km}^3$$

4.1.4. Unidades de masa

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad fundamental de masa es el kilogramo (kg), a pesar de que en muchos contextos cotidianos se habla del “gramo” (g). El SI considera al kilogramo como la unidad base, aunque los múltiplos y submúltiplos se forman a partir del gramo. Estas unidades permiten expresar masas desde valores muy pequeños (como los de una tableta de medicamento) hasta grandes cantidades (como el peso de un vehículo o una carga industrial).

Nombre	Símbolo	Equivalencia en kg	Equivalencia en gramos	Relación decimal
tonelada	t	1 000 kg	1 000 000 g	10^6 g
quintal	q	100 kg	100 000 g	10^5 g
miriagramo	mag	10 kg	10 000 g	10^4 g
kilogramo	kg	1 kg	1 000 g	10^3 g
hectogramo	hg	0,1 kg	100 g	10^2 g

decagramo	dag	0,01 kg	10 g	10^1 g
gramo	g	0,001 kg	1 g	10^0 g
decigramo	dg	0,0001 kg	0,1 g	10^{-1} g
centigramo	cg	0,00001 kg	0,01 g	10^{-2} g
miligramo	mg	0,000001 kg	0,001 g	10^{-3} g

Nota: aunque el **kilogramo** es la unidad base del SI, los prefijos se aplican normalmente al **gramo (g)** en usos prácticos.

4.1.5. Unidades de capacidad

La unidad es el litro (l), y se utilizan los mismos prefijos que vimos para la longitud y la masa.

MÚLTIPLOS			UNIDAD	SUBMÚLTIPLOS		
kilolitro	hectolitro	decalitro	litro	decilitro	centilitro	mililitro
kl	hl	dal	l	dl	cl	ml
1000 l	100 l	10 l	1 l	0,1 l	0,01 l	0,001 l

Nota: para litro se puede utilizar tanto la minúscula “l” como la mayúscula “L”.

4.2. Relación entre el volumen y la capacidad

El **volumen** y la **capacidad** miden cuánto espacio ocupa o puede contener un cuerpo, pero se expresan con **unidades diferentes**:

- El **volumen** se mide en **metros cúbicos (m^3)** y sus múltiplos o submúltiplos: dm^3 , cm^3 , mm^3 , dam^3 , etc.
- La **capacidad** se mide en **litros (l)** y sus múltiplos o submúltiplos: ml, cl, kl, etc.

Ambas magnitudes están **directamente relacionadas**. Las equivalencias más importantes son:

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml} = 0,001 \text{ l}$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ kl} = 1000 \text{ l}$$

5. Magnitudes escalares y vectoriales

En Física y en el Diseño Industrial, usamos diferentes tipos de magnitudes para describir la realidad.

5.1. Magnitudes escalares

Son aquellas que **quedan completamente definidas con un número y una unidad de medida**. No necesitan dirección ni sentido. Ejemplos: **masa, tiempo, temperatura, energía, densidad, volumen, longitud**.

En Diseño Industrial, por ejemplo:

- Al decir que un objeto tiene **2,5 kg de masa**, no hace falta indicar hacia dónde “va” esa masa, la masa no apunta en ninguna dirección.
- Cuando medimos la **temperatura de un horno (850 °C)**, solamente con el valor y la unidad es suficiente para describir la magnitud.

5.2. Magnitudes vectoriales

Son aquellas que, además de un número y su unidad (es decir: su **módulo**), **requieren punto de aplicación, dirección y sentido** para quedar definidas. Ejemplos: **fuerza, velocidad, aceleración, desplazamiento, peso**.

En Diseño Industrial, por ejemplo:

- Si empujamos una pieza con **40 N hacia el este**, no basta decir “40 N”: necesitamos saber **dónde y cómo se aplica**.
- Una **velocidad de 5 m/s** no tiene sentido sin decir **hacia qué dirección se mueve** el objeto.

5.3. Diferencia clave

Magnitud escalar: responde a la pregunta “¿cuánto?”

Magnitud vectorial: responde a “¿cuánto, ¿dónde, en qué dirección y sentido?”

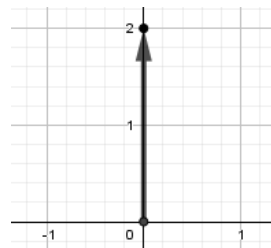
5.4. Representación

Los escalares se representan con símbolos simples: m, kg, m², °C.

Los vectores se representan gráficamente con flechas: la **longitud** de la flecha indica el módulo, y la **orientación** indica la dirección y sentido. Para representar una fuerza, debemos además utilizar una escala de representación adecuada. Ejemplos:

Velocidad: $v = 20 \text{ m/s}$, hacia el norte.

Escala: $1 \text{ cm} \equiv 10 \text{ m/s}$



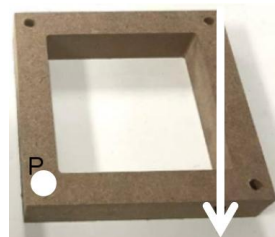
Fuerza: $F = 50 \text{ N}$, hacia la derecha.

Escala: $1 \text{ cm} \equiv 10 \text{ N}$



Fuerza: $F = 40 \text{ N}$, aplicada en la esquina superior derecha de una pieza que gira alrededor de “P”, hacia abajo. Escala: $1 \text{ cm} \equiv 10 \text{ N}$

En este caso vemos la importancia de definir el punto de aplicación, ya que la rotación sería diferente si la fuerza se aplicara en otro punto.



5.5. Ejemplos

Cuando calculamos **cuánto material** necesitamos (masa, volumen, densidad), trabajamos con **escalares**, mientras que cuando analizamos **cargas, esfuerzos o desplazamientos** de un objeto, usamos **vectores**, porque la dirección cambia todo el comportamiento estructural.

6. Densidad

La **densidad** es una magnitud física que relaciona la **masa** de un cuerpo con el **volumen** que ocupa. Es una propiedad característica de cada sustancia, lo que significa que una misma sustancia siempre tiene la misma densidad bajo condiciones normales, sin importar la cantidad, por lo tanto, es una propiedad **intensiva**.

Fórmula de la densidad

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

Donde:

δ (letra griega: delta): densidad

m: masa

V: volumen

Unidades de densidad

En el **Sistema Internacional (SI)**:

- Masa se mide en **kilogramos (kg)**
- Volumen en **metros cúbicos (m³)**

Entonces la unidad de densidad en el SI es: $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Aunque son válidas también $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$; $\frac{\text{t}}{\text{m}^3}$; $\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$, etc.

6.1. Ejemplos típicos de densidad

Sustancia	Densidad
Agua (a 4°C)	1 g/cm ³
Aire (a 20°C)	1,2 kg/m ³
Hierro	7,8 g/cm ³ = 7800 kg/m ³
Mercurio	13,6 g/cm ³ = 13600 kg/m ³
Madera de pino	0,5 g/cm ³ = 500 kg/m ³

6.2. Significado de la densidad

Para poder pensar en lo que se entiende por densidad, tomaremos un ejemplo cotidiano: en este caso (líquido anticorrosivo) vemos en la etiqueta la información: 1 l; 1,12 kg. Sabiendo que 1 litro equivale a 1000 cm³ y que 1,12 kg son 1120 g; calculamos según la fórmula: $\delta = \frac{m}{V}$, siendo m = 1120 g y V = 1000 cm³:

$$\delta = \frac{1120 \text{ g}}{1000 \text{ cm}^3} = 1,12 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Es decir que cada cm³ de ese material tiene una masa de 1,12 g.



Una forma experimental de calcular la densidad es midiendo la masa con una balanza y calculando el volumen de forma geométrica si el cuerpo es regular, o de forma indirecta a través de una probeta graduada en ml (recordar que 1 ml = 1 cm³) que se llena de agua hasta cierto nivel, luego se agrega el cuerpo a medir con lo que la diferencia de nivel equivale al volumen del cuerpo sumergido. Analizamos la siguiente situación:



Tenemos tres cilindros de igual volumen, uno de madera (52 g), y otros de diferentes aleaciones de bronce (420 g y 441 g, respectivamente). La masa de los cuerpos fue grabada con una cuña, debido a que son un material de laboratorio.



A la izquierda, la probeta se llenó con 112 cm³ de agua.



A la derecha, con el cilindro sumergido, el nivel llegó a los 166 cm³.

La diferencia 166 cm³ - 112 cm³ = 54 cm³ representa el volumen del cuerpo.

- Densidad de la madera = $\frac{52 \text{ g}}{54 \text{ cm}^3} = 0,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
- Densidad del bronce (aleación 1) = $\frac{420 \text{ g}}{54 \text{ cm}^3} = 7,77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
- Densidad del bronce (aleación 2) = $\frac{441 \text{ g}}{54 \text{ cm}^3} = 8,167 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

7. Ejercicios resueltos

- 1) Una pieza con forma de prisma de base rectangular, cuya base mide 60 cm de ancho y 1,20 m de largo, tiene una altura de 4 mm y está hecho con el material del ejercicio anterior (aleación 1). Calcular su masa en g, y en notación científica.

Calculamos el volumen, previo expresar todas las medidas en cm:

$$V = 60 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm} = 2880 \text{ cm}^3$$

Luego la masa, con la fórmula $m = \delta \times V$

$$m = 7,77 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 2880 \text{ cm}^3 \text{ (se simplifican los cm}^3\text{)}$$

$$m = 22377,6 \text{ g} = 2,23776 \times 10^4 \text{ g}$$

- 2) ¿Qué volumen ocupa una tabla de madera de $7,5 \times 10^3 \text{ hg}$, sabiendo que su densidad es $0,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$? Expresar en dm^3 .

El volumen se calcula con la fórmula $V = \frac{m}{\delta}$, siendo la masa $m = 7500 \text{ hg} = 750000 \text{ g}$

$$V = \frac{750000 \text{ g}}{0,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 1250000 \text{ cm}^3 = 1250 \text{ dm}^3$$

- 3) Considerando los datos aportados por las etiquetas, decidir cuál material es más denso, y cuál flota en el agua: ¿la espuma de afeitar o el insecticida?



$$\text{Densidad de la espuma de afeitar} = \frac{312 \text{ g}}{322 \text{ cm}^3} = 0,9689 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$



$$\text{Densidad del insecticida} = \frac{313 \text{ g}}{360 \text{ cm}^3} = 0,8694 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Posee mayor densidad la espuma de afeitar y ambas sustancias flotan en el agua, debido a que sus densidades son menores a 1 g/cm^3 .

II. EJERCICIOS

Ejercicio 1

Una pieza cilíndrica de aluminio mide 25 cm de largo y 3 cm de diámetro.

- Calcular su volumen en cm^3 y m^3 .
- Sabiendo que la densidad del aluminio es $2,70 \text{ g/cm}^3$, hallar su masa en g y kg.

Ejercicio 2

Un envase plástico tiene una masa de $1,35 \times 10^{-2} \text{ kg}$ y su volumen es de $1,50 \times 10^{-5} \text{ m}^3$.

- Determinar la densidad en kg/m^3 .
- Convertir la densidad a g/cm^3 .
- ¿El material podría ser polietileno (densidad aprox. $0,95 \text{ g/cm}^3$)?

Ejercicio 3

Se diseñan esferas de vidrio macizo con un radio de 3,5 cm. La densidad del vidrio es de $2,5 \text{ g/cm}^3$.

Calcular, en kg, la masa de 6000 esferas. Dato: volumen de la esfera = $\frac{4}{3} \pi \cdot r^3$

Ejercicio 4

Un diseñador necesita saber cuánta masa de arcilla (densidad: $2,30 \text{ g/cm}^3$) se necesita para hacer 20 cubos de 8 cm de arista. Expresar en dag.

Ejercicio 5

Un diseñador industrial genera un envase cilíndrico para contener perfume, cuya base tiene 2,1 cm de radio y su altura es de 8 cm. En una semana, la fábrica generó 5 litros de ese perfume. ¿Cuántos envases se alcanzan a llenar, y qué cantidad en ml de perfume sobra?

Ejercicio 6

Expresar en notación científica, cuántos segundos transcurren en un año de 365 días.

Ejercicio 7

Una pieza de base cuadrada y altura uniforme, que forma la base de un velador, tiene una densidad de 5 g/cm^3 y una masa de 1200 g. ¿Qué altura tiene la pieza, si sabemos que la base mide 8 cm de lado?

Ejercicio 8

Un cilindro de 6 cm de diámetro y 13,4 cm de altura está hecho de una aleación cuya densidad es $\delta = 7,2 \text{ g/cm}^3$. Calcular:

- Su volumen. Expresar en cm^3 y en notación científica.
- Su masa. Expresar en g.

Ejercicio 9

Un diseñador debe generar un dispositivo que se hunda en glicerina ($\delta = 1,26 \text{ g/cm}^3$). Para eso dispone de los siguientes datos:

- Un material "A" tal que un cuerpo de 2000 cm^3 tiene una masa de 2,4 kg.
- Un material "B" tal que un cubo de 3 cm de arista tiene una masa de 36 g.

¿Cuál material utilizará, y por qué?

Ejercicio 10

Una pieza hueca de acero tiene un volumen externo de $8,00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ y un volumen interno de $2,50 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. La densidad del acero es de $7,80 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

- Calcular el volumen de material. Expresar en m^3 y cm^3 .
- Hallar, en kg, la masa de la pieza.

Respuestas ejercicios

Ejercicio 1

- a) $176,7145868 \text{ cm}^3 = 1,767145868 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ ($0,0001767145868 \text{ m}^3$)
b) $477,1293843 \text{ g} = 0,4771293843 \text{ kg}$

Ejercicio 2

- a) δ : 900 kg/m^3
b) δ : $0,9 \text{ g/cm}^3$
c) Sí.

Ejercicio 3

2693,9157 kg

Ejercicio 4

2355,2 dag

Ejercicio 5

Alcanza para llenar 45 envases, y sobran 12,407504 ml.

Ejercicio 6

$3,1536 \times 10^7 \text{ s}$

Ejercicio 7

h: 3,75 cm

Ejercicio 8

$3,788760740 \times 10^2 \text{ cm}^3$
2727,907733 g

Ejercicio 9

Utilizará el material "B" que tiene una densidad de $1,3 \text{ g/cm}^3$. Para que el dispositivo se hunda su densidad debe ser superior a la del fluido en el que se sumerge. La densidad del material "B" ($1,3 \text{ g/cm}^3$) supera la densidad de la glicerina ($1,26 \text{ g/cm}^3$), cumpliendo con el requisito del diseño.

Ejercicio 10

- a) $5,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,00055 \text{ m}^3 = 550 \text{ cm}^3$
b) 4,29 kg

III. AUTOEVALUACIÓN

- 1) Una cantidad física, es:
 - a) Una característica que sólo puede expresarse de manera cualitativa.
 - b) Una cantidad medible de un cuerpo o de un sistema.
 - c) Un valor numérico que no necesita de una unidad para ser comprendido.
 - d) Una propiedad que depende únicamente de la percepción del observador.
- 2) El sistema MKS significa:
 - a) metro, kilogramo, segundo
 - b) milímetro, kelvin, segundo
 - c) metro, kilowatt, segundo
 - d) masa, kilogramo, segundo
- 3) Las propiedades intensivas de la materia son:
 - a) Las que se modifican únicamente al cambiar de estado sólido a líquido.
 - b) Las que no dependen de la cantidad de materia.
 - c) Las que aumentan proporcionalmente con la masa del cuerpo.
 - d) Las que sólo se pueden medir en el laboratorio mediante instrumentos complejos.
- 4) La notación científica se utiliza para:
 - a) Expresar únicamente números enteros.
 - b) Facilitar el cálculo de raíces cuadradas.
 - c) Representar números muy grandes o muy pequeños de manera sencilla.
 - d) Redondear los números con mayor precisión.
- 5) $2,35 \times 10^3$ hg, equivale a:
 - a) 235 000 g
 - b) 2350 kg
 - c) 2,35 mg
 - d) 23 500 000 cg
- 6) En el siguiente listado: masa, velocidad, tiempo, temperatura, fuerza, hay:
 - a) 4 magnitudes vectoriales y 1 magnitud escalar
 - b) 2 magnitudes vectoriales y 3 magnitudes escalares
 - c) 3 magnitudes vectoriales y 2 magnitudes escalares
 - d) 5 magnitudes escalares
- 7) La densidad de un elemento es:
 - a) La relación entre el área de apoyo y su peso.
 - b) El producto de su masa por su volumen.
 - c) La relación entre su masa y su altura.
 - d) La relación entre su masa y su volumen.
- 8) Un cuerpo de cierto material tiene una densidad de $2,4 \text{ g/cm}^3$. Si tomamos un cuerpo que sea tres veces más grande que el anterior, y del mismo material, su densidad será:
 - a) La misma que la del primer cuerpo.
 - b) El triple que la del primer cuerpo.
 - c) La tercera parte que la del primer cuerpo.
 - d) No puede saberse con los datos proporcionados.
- 9) Las características de las magnitudes vectoriales son:
 - a) Masa, longitud, módulo y dirección.

- b) Dirección, sentido, valor y módulo.
- c) Punto de aplicación, dirección, sentido y velocidad.
- d) Dirección, sentido, punto de aplicación y módulo.

- 10) El Newton (N), es:
- a) Una unidad fundamental.
 - b) Una unidad derivada.
 - c) Una magnitud fundamental.
 - d) Una magnitud derivada.

Respuestas autoevaluación

- 1) b) Una cantidad medible de un cuerpo o de un sistema.
- 2) a) metro, kilogramo, segundo
- 3) b) Las que no dependen de la cantidad de materia.
- 4) c) Representar números muy grandes o muy pequeños de manera sencilla.
- 5) a) 235 000 g
- 6) b) 2 magnitudes vectoriales y 3 magnitudes escalares.
- 7) d) La relación entre su masa y su volumen.
- 8) a) La misma que la del primer cuerpo.
- 9) d) Dirección, sentido, punto de aplicación y módulo.
- 10) b) Una unidad derivada

CINEMÁTICA

I. MARCO TEÓRICO

1. Concepto general de Cinemática
2. Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)
 - 2.1. Velocidad media
 - 2.1.1. Unidades y ejemplos de velocidades
 - 2.1.2. Comparación de velocidades
 - 2.2. Ejercicios resueltos
3. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)
 - 3.1. Principios del MRUV
 - 3.2. Fórmulas del MRUV
 - 3.3. Ejercicios resueltos
4. Caída libre en el vacío
 - 4.1. Significado del valor de aceleración de la gravedad $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
 - 4.2. Concepto y fórmulas de caída libre
 - 4.3. Ejercicios resueltos
5. Tiro vertical
 - 5.1. Tiro vertical hacia arriba
 - 5.2. Ejercicios resueltos

II. EJERCICIOS

III. AUTOEVALUACIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Concepto general de Cinemática

La **Cinemática** es la rama de la Mecánica Clásica que estudia el movimiento de los cuerpos sin considerar las causas que lo producen (es decir, sin considerar a las fuerzas ni a las interacciones). Su objetivo es describir de manera rigurosa cómo varía la posición de un cuerpo en el espacio en función del tiempo. Para esto, introduce los siguientes conceptos fundamentales:

- El cuerpo como partícula: significa que, a los fines descriptivos, un objeto en movimiento será considerado como un punto en el espacio.
- Sistema de referencia: es el marco desde el cual se observa y describe el movimiento, y es fijado de modo arbitrario en algún lugar conveniente.
- Tiempo absoluto: es decir que el tiempo será considerado como una variable absoluta, sin tener en cuenta la dilatación del tiempo prevista por la teoría de la relatividad de Einstein, que sólo es observable para velocidades comparables a la velocidad de la luz.
- Trayectoria: se relaciona con el camino que sigue una partícula o cuerpo en movimiento.
- Desplazamiento y posición: vectores que indican la localización y el cambio de lugar en el espacio.
- Velocidad: el modo de variación temporal de la posición.
- Aceleración: la tasa de variación temporal de la velocidad.

Mientras la Cinemática responde a la pregunta “¿cómo se mueve un cuerpo?”, la Dinámica responde a “¿por qué se mueve?”.

Definiciones:

Movimiento

Decimos que un cuerpo se mueve cuando su posición varía con respecto a un punto tomado arbitrariamente como punto fijo o sistema de referencia. Como consecuencia, el movimiento es un concepto **relativo**, un cuerpo se mueve en relación a otro que arbitrariamente consideramos como fijo, ya que en el universo no existe nada que no se mueva.

Trayectoria

La trayectoria que describe un cuerpo que se mueve es la línea formada en el espacio por las sucesivas posiciones de ese cuerpo.

Desplazamiento

El desplazamiento está dado por un vector que va desde la posición inicial hasta la posición final. Esto significa que, por ejemplo, si un cuerpo realiza una trayectoria circular regresando al punto de partida, su desplazamiento es cero, a pesar de haber descrito una trayectoria.

2. Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)

El movimiento rectilíneo uniforme (MRU) es una simplificación de la realidad en la que consideramos que el movimiento se produce en una línea recta, y que se recorren distancias iguales en tiempos iguales, por lo tanto, la velocidad es constante. Sabemos por nuestra experiencia que esto no es posible salvo en ciertos instantes del movimiento, ya que en todo trayecto habrá curvas, cambios de dirección, y momentos de mayor o menor velocidad. Pensemos en un viaje en auto desde Córdoba a Rosario, ciudades separadas por una distancia de 400 km, en el que demoramos 4 hs. En muchos momentos podremos ir con gran velocidad, otras veces debemos frenar por los peajes, o ralentizar porque un camión va delante nuestro. Es por esto que consideramos la **velocidad media**, que solamente tiene en cuenta la distancia total recorrida y el tiempo total necesario para recorrerla, y suponemos que el viaje se hizo siempre a esa velocidad constante.

En resumen, el MRU se caracteriza por:

- Ser un movimiento en línea recta
- Recorrer la misma distancia en el mismo tiempo
- Tener velocidad constante

2.1. Velocidad media

La velocidad media (v) se define como la relación (división) entre la distancia recorrida (d) y el tiempo empleado (t), es decir:

$$v = \frac{d}{t}, \text{ de donde deducimos las fórmulas:}$$

$$d = v \cdot t$$

$$t = \frac{d}{v}$$

2.1.1. Unidades y ejemplos de velocidades

Debido a las diferentes unidades que existen para medir tanto una distancia (m, cm, km, etc.), como un tiempo (s, min, año, día, etc.) es que las posibilidades para representar una velocidad son enormes al combinar la distancia con el tiempo. En el sistema MKS, la unidad de velocidad es el m/s, pero es un hecho que en nuestra vida diaria solemos utilizar el km/h. En algunos casos de velocidades muy pequeñas (como el crecimiento de un árbol) es conveniente utilizar el cm/año. La siguiente tabla muestra diferentes velocidades de distintos objetos y situaciones:

Pelota de fútbol	30 m/s
Avión comercial	900 km/h
Hombre corriendo	600 m/min
Persona caminando	5 km/h
Luz en el vacío	300.000 km/s
Sonido en el aire	330 m/s
Traslación de la Tierra	30 km/s
Crecimiento secuoya gigante	4 cm/año

2.1.2 Comparación de velocidades

Para poder comparar dos o más velocidades, y así establecer cuál es mayor, es necesario que todas estén en la misma unidad de medida. Veamos unos ejemplos:

- a. Un auto se mueve con velocidad $V_a = 70 \text{ km/h}$, y otro lo hace con $V_b = 22 \text{ m/s}$, ¿cuál velocidad es mayor?

En este caso haremos el paso de km/h a m/s , expresando los kilómetros en metros, y la hora en segundos

$$70 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{70000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 19,44 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{ por lo } V_b \text{ es mayor que } V_a.$$

- b. Expresar en km/min una velocidad de 40 m/s .

$$40 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{0,04 \text{ km}}{\frac{1}{60} \text{ min}} = 2,4 \frac{\text{km}}{\text{min}}$$

2.2. Ejercicios resueltos

1. ¿Qué distancia recorre un móvil, con velocidad constante de 55 m/s , en media hora? Expresar en m y km .

Los datos son: $v = 55 \text{ m/s}$; $t = 0,5 \text{ h} = 30 \text{ min} = 1800 \text{ s}$

Incógnita: d

Fórmula: $d = v \cdot t$

Cálculo: $d = 55 \text{ m/s} \cdot 1800 \text{ s} = 99000 \text{ m} = 99 \text{ km}$

2. Un camionero realiza un viaje de la siguiente manera:

- Se desplaza 2 h a 60 km/h .
- Está detenido 15 minutos .
- Se desplaza 3 h a 80 km/h .

Calcular la velocidad media.

En este caso, calculamos la distancia total recorrida:

2 h a $60 \text{ km/h} = 120 \text{ km}$

15 minutos ($0,25 \text{ h}$) a velocidad cero = 0 km

3 h a $80 \text{ km/h} = 240 \text{ km}$

Entonces, la distancia total recorrida es $d = 120 \text{ km} + 240 \text{ km} = 360 \text{ km}$;

y el tiempo total es $t = 2 \text{ h} + 0,25 \text{ h} + 3 \text{ h} = 5,25 \text{ h}$

Por lo tanto, la velocidad media es: $v = \frac{\text{distancia total}}{\text{tiempo total}} = \frac{360 \text{ km}}{5,25 \text{ h}} = 68,57142857 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, es decir que:

si todo el viaje se hubiera hecho a esta velocidad, se recorrería la misma distancia en el mismo tiempo.

3. ¿Cuánto demora la luz ($v = 300.000 \text{ km/s}$) en recorrer la distancia entre el sol y la Tierra ($d = 150.000.000 \text{ km}$)?

La incógnita es, en este caso, el tiempo.

$$t = \frac{d}{v} = \frac{150.000.000 \text{ km}}{300.000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 500 \text{ s} = 8 \text{ min } 20 \text{ s}$$

3. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

El movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV) es aquel movimiento que la trayectoria es una línea recta, pero en el que la velocidad va cambiando de modo uniforme. Esto permite definir el concepto de **aceleración**, que es el cambio de velocidad con respecto al tiempo. Al decir **cambio o variación de velocidad** (Δv), estamos indicando que hay una **velocidad inicial** (v_0) y una **velocidad final** (v_f), siendo el cambio de velocidad la diferencia entre la velocidad final y la velocidad inicial.

La fórmula de aceleración es $a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_f - v_0}{t}$

Ejemplo: una pelota se mueve horizontalmente con velocidad de 20 m/s. En cierto momento alguien patea esa pelota, por lo que 4 segundos después, su velocidad es 26 m/s. ¿Cuál es el valor de la aceleración?

Los datos son: $v_0 = 20 \text{ m/s}$; $v_f = 26 \text{ m/s}$; $t = 4 \text{ s}$

Incógnita: a

Fórmula: $a = \frac{v_f - v_0}{t}$

Cálculo: $a = \frac{26 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s}}{4 \text{ s}} = \frac{6 \text{ m/s}}{4 \text{ s}} = 1,5 \frac{\text{m/s}}{\text{s}}$

Significa que, la velocidad aumenta, a razón de 1,5 m/s por cada segundo de tiempo.

Es muy común escribir la unidad como **m/s²**, y es la forma más utilizada para expresar una aceleración, y la que corresponde al sistema MKS.

3.1. Principios del MRUV

Los principios básicos del MRUV son:

- La velocidad es directamente proporcional al tiempo.
- La aceleración es constante.
- La distancia recorrida es proporcional al cuadrado del tiempo.

3.2. Fórmulas del MRUV

A partir de la definición de aceleración y su fórmula correspondiente: $a = \frac{v_f - v_0}{t}$, despejando, podemos calcular las siguientes fórmulas:

$$\text{Tiempo: } t = \frac{v_f - v_0}{a}$$

$$\text{Velocidad final: } v_f = v_0 + a \cdot t$$

$$\text{Velocidad inicial: } v_0 = v_f - a \cdot t$$

$$\text{La distancia recorrida se calcula con la siguiente fórmula: } d = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

3.3. Ejercicios resueltos

1. Un cuerpo, cuya velocidad es 4 m/s, adquiere una aceleración $a = 0,7 \text{ m/s}^2$. Calcular:

- a) ¿Qué velocidad tendrá luego de 8 segundos?
- b) ¿Qué distancia recorrerá en 5 segundos?

Parte a)

Datos: $v_0 = 4 \text{ m/s}$; $a = 0,7 \text{ m/s}^2$; $t = 8 \text{ s}$

Incógnita: v_f

Fórmula: $v_f = v_0 + a \cdot t$

Cálculo: $v_f = 4 \text{ m/s} + 0,7 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ s} = 4 \text{ m/s} + 5,6 \text{ m/s} = 9,6 \text{ m/s}$

Parte b)

Datos: $v_0 = 4 \text{ m/s}$; $a = 0,7 \text{ m/s}^2$; $t = 5 \text{ s}$

Incógnita: d

Fórmula: $d = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

Cálculo: $d = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 0,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (5 \text{ s})^2 = 20 \text{ m} + \frac{1}{2} \cdot 0,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ s}^2 = 20 \text{ m} + 8,75 \text{ m} = 28,75 \text{ m}$

2. Un auto se desplaza con una velocidad de 19 m/s, y después de 4 segundos, su velocidad es de 13 m/s.

Calcular:

a) ¿Cuál es su aceleración?

b) ¿Qué distancia recorre en esos 4 segundos?

Parte a)

Datos: $v_0 = 19 \text{ m/s}$; $v_f = 13 \text{ m/s}$; $t = 4 \text{ s}$

Incógnita: a

Fórmula: $a = \frac{v_f - v_0}{t}$

Cálculo: $a = \frac{13 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 19 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \text{ s}} = \frac{-6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \text{ s}} = -1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ El signo negativo indica una desaceleración.

Parte b)

Datos: $v_0 = 19 \text{ m/s}$; $a = -1,5 \text{ m/s}^2$; $t = 4 \text{ s}$

Incógnita: d

Fórmula: $d = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

Cálculo: $d = 19 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot (-1,5) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (4 \text{ s})^2 = 76 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 16 \text{ s}^2 = 76 \text{ m} - 12 \text{ m} = 64 \text{ m}$

3. Un cuerpo que parte del reposo con una aceleración de $2,4 \text{ m/s}^2$, alcanza una velocidad de $34,8 \text{ m/s}$. ¿Cuánto tiempo transcurrió desde que comenzó su movimiento?

Datos: $v_0 = 0$; $v_f = 34,8 \text{ m/s}$; $a = 2,4 \text{ m/s}^2$

Incógnita: t

Fórmula: $t = \frac{v_f - v_0}{a}$

Cálculo: $t = t = \frac{34,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0}{2,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{34,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 14,5 \text{ s}$

4. Caída libre en el vacío

La caída de los cuerpos fue un tema central en la historia de la Física. Durante mucho tiempo, se creyó con Aristóteles que los objetos más pesados caían más rápido que otros más livianos. Sin embargo, a fines del siglo XVI, Galileo Galilei revolucionó esta idea al demostrar, mediante experimentos y razonamientos, que en

ausencia de resistencia del aire todos los cuerpos caen con la misma aceleración, independientemente de su masa. Esta aceleración es la gravedad, que tiene un valor aproximado a $9,8 \text{ m/s}^2$, en la superficie de la Tierra. Galileo también señaló que la resistencia del aire es lo que explica por qué, en la experiencia cotidiana, un papel no cae al mismo tiempo que una piedra. Estos aportes sentaron las bases para la Física Moderna y abrieron el camino a los trabajos de Newton sobre la gravitación universal.

4.1. Significado del valor de aceleración de la gravedad $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Como hemos visto, una aceleración indica un cambio de velocidad con relación al tiempo. En el caso de la aceleración de la gravedad, se hace más entendible el concepto si escribimos ese valor de la siguiente manera:

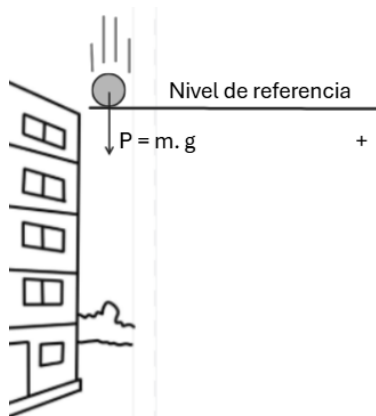
$$g = \frac{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \text{ s}}$$

Esto significa que, cuando un cuerpo que está dentro del campo gravitacional terrestre cae, su velocidad se incrementa a razón de $9,8 \text{ m/s}$ por cada segundo de tiempo que transcurre.

Nota: A lo largo de este apunte, y a fin de facilitar los cálculos, utilizaremos para aceleración de la gravedad el valor aproximado $g = 10 \text{ m/s}^2$.

4.2. Concepto y fórmulas de caída libre

Cuando un objeto cae en caída libre, partimos de la base de que se encuentra ubicado a cierta altura con respecto al nivel del piso, y comienza a caer debido exclusivamente a la fuerza peso, sin impulsarlo. Es importante destacar que la descripción matemática de este movimiento, la haremos a partir del lugar donde está el objeto, y consideraremos las distancias y velocidades positivas hacia abajo.



Siendo un movimiento con aceleración, y sin velocidad inicial, las fórmulas que describen un objeto en caída libre son las mismas fórmulas de MRUV, sólo que la velocidad inicial es cero ($v_0 = 0$) y la aceleración es la de la gravedad (g) que siempre será un dato. Realizando los reemplazos, las fórmulas son:

$$v_f = g \cdot t$$

$$d = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

4.3. Ejercicios resueltos

1. ¿Cuánto tiempo después de haber iniciado su caída, la velocidad de un cuerpo es de 126 km/h ?

Datos: $v_f = 126 \text{ km/h}$

Incógnita: t

Fórmula: $v_f = g \cdot t$, de donde despejamos $t = \frac{v_f}{g}$

En primer lugar, debemos expresar la velocidad en m/s: $126 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{126.000\text{m}}{3600\text{s}} = 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Luego reemplazamos y resolvemos: $t = \frac{35 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3,5 \text{ s}$

2. De un alto acantilado de 200 m se cae una piedra. Se quiere saber:

- ¿Qué distancia recorrió en 3 s?
- ¿A cuánto está de tocar el suelo?
- El tiempo total de caída hasta tocar el suelo.

Parte a)

Datos: $t = 3 \text{ s}$

Incógnita: d

Fórmula: $d = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

Cálculo: $d = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (3\text{s})^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9\text{s}^2 = 45\text{m}$

Parte b)

Para llegar al suelo le faltan $200 \text{ m} - 45 \text{ m} = 155 \text{ m}$

Parte c)

Datos: $d = 200 \text{ m}$

Incógnita: t

Fórmula: $d = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ de donde despejamos: $t = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 200\text{m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = \sqrt{40\text{s}^2} = 6,32 \text{ s}$

5. Tiro vertical

El **tiro vertical** es un movimiento rectilíneo en el que un cuerpo se lanza verticalmente hacia arriba o hacia abajo, bajo la acción de la **gravedad**. Cuando el objeto se lanza hacia arriba, se mueve con **velocidad inicial positiva**, pero la aceleración de la gravedad (dirigida hacia abajo) lo va frenando hasta que su velocidad se anula en el punto más alto. A partir de allí, comienza a descender en **caída libre**, aumentando su rapidez en sentido descendente.

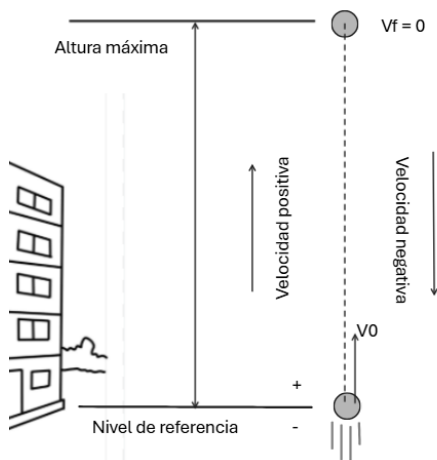
Este tipo de movimiento es un caso particular del **movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV)**, en el que la aceleración es constante e igual a la gravedad. Se caracteriza por:

- **Trayectoria:** una línea recta vertical.
- **Velocidad inicial:** puede ser hacia arriba o hacia abajo.
- **Aceleración:** constante y dirigida siempre hacia abajo.
- **Tiempo de ascenso y descenso:** si no hay resistencia del aire, el tiempo de subida es igual al de bajada para la misma altura.

El estudio del tiro vertical permite comprender fenómenos cotidianos, como el lanzamiento de una pelota hacia arriba, o bien aplicaciones técnicas, como el análisis de proyectiles o el diseño de experimentos de física. En este curso de Física, sólo analizaremos el tiro vertical hacia arriba.

5.1. Tiro vertical hacia arriba

Al arrojar un cuerpo hacia arriba con una cierta velocidad inicial v_0 , éste subirá en línea recta disminuyendo progresivamente su velocidad, hasta un punto en el que su velocidad será cero ($v_f = 0$). En ese momento habrá alcanzado su altura máxima, y comenzará a descender, por lo que su vector velocidad estará dirigido hacia abajo.



Las fórmulas son las mismas de MRUV, reemplazando “a” por “-g”:

$$v_f = v_0 - g \cdot t$$

$$d = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Para calcular la altura máxima, debido a que la velocidad es cero en ese punto, sustituimos en la primera fórmula, y despejamos el tiempo (lo llamamos t_m , tiempo de la altura máxima):

$$0 = v_0 - g \cdot t$$

$$g \cdot t = v_0$$

$$t = t_m = \frac{v_0}{g}$$

Y reemplazamos esta expresión en la fórmula de distancia:

$$d = v_0 \cdot \frac{v_0}{g} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{v_0}{g} \right)^2$$

$$d = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g}$$

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

5.2. Ejercicios resueltos

- Se arroja un cuerpo verticalmente hacia arriba con una velocidad de 36 m/s. Se pide:
 - Velocidad a los 5 segundos, decir si está subiendo o bajando.
 - Velocidad a los 1,3 segundos, decir si está subiendo o bajando.
 - Tiempo de altura máxima.
 - Altura máxima.

Parte a)

Datos: $v_0 = 36 \text{ m/s}$; $t = 5 \text{ s}$

Incógnita: v_f

Fórmula: $v_f = v_0 - g \cdot t$

$$\text{Cálculo: } v_f = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ s} = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 50 \frac{\text{m}}{\text{s}} = -14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El signo negativo indica que está bajando.

Parte b)

Datos: $v_0 = 36 \text{ m/s}$; $t = 1,3 \text{ s}$

Incógnita: v_f

Fórmula: $v_f = v_0 - g \cdot t$

$$\text{Cálculo: } v_f = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,3 \text{ s} = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 13 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 23 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En este caso, el cuerpo se encuentra subiendo.

Parte c)

Dato: $v_0 = 36 \text{ m/s}$

Incógnita: t_m

$$\text{Fórmula: } t_m = \frac{v_0}{g}$$

$$\text{Cálculo: } t_m = \frac{36 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3,6 \text{ s}$$

Parte d)

Dato: $v_0 = 36 \text{ m/s}$

Incógnita: h_{max}

$$\text{Fórmula: } h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

$$\text{Cálculo: } h_{\text{max}} = \frac{\left(36 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{1296 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 64,8 \text{ m}$$

2. Una pelota pateada hacia arriba tiene una velocidad de $4,5 \text{ m/s}$ (también hacia arriba) luego de haber transcurrido $3,8 \text{ segundos}$ de haber sido pateada. ¿Cuál fue la velocidad inicial de la pelota?

Datos: $v_f = 4,5 \text{ m/s}$; $t = 3,8 \text{ s}$

Incógnita: v_0

Fórmula: $v_f = v_0 - g \cdot t$, despejando $v_0 = v_f + g \cdot t$

$$\text{Cálculo: } v_0 = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3,8 \text{ s} = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 38 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 42,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

II. EJERCICIOS

Movimiento rectilíneo uniforme

Ejercicio 1

Un diseñador industrial trabaja en el prototipo de un auto en base a una energía alternativa que puede viajar a una velocidad máxima de 105 km/h, y posee una batería que le brinda una autonomía de 2 horas y 10 minutos. ¿Qué distancia máxima puede recorrer?

Ejercicio 2

Se evalúan las propiedades de un material con el que se elaboró una pista de carreras. En dicha pista, un corredor puede hacer 420 m en 15 seg. Calcula su velocidad en las unidades: **m/s** y **m/min**.

Ejercicio 3

En una fábrica hay un riel con un carro que transporta materiales de un lugar a otro. Este se mueve con velocidad constante de 32 km/h y posee un odómetro que registra la distancia recorrida. A lo largo de una jornada de trabajo, el odómetro registra una lectura de 2400 m. ¿Cuánto tiempo estuvo el carro en movimiento? Expresar en minutos

Ejercicio 4

Un diseñador –que evalúa las características del trazado de un circuito de Fórmula 1– es informado por los pilotos que la velocidad promedio en el mismo es de 80 m/s. En base a este dato, se necesita saber cuánto puede durar una carrera de 40 vueltas si la longitud de la pista es de 7 km. Expresar en minutos.

Ejercicio 5

Con el objetivo de diseñar un velocímetro, un grupo de diseñadores registra datos de un auto que recorrió una distancia de 4 km y 5,6 hm en 2 minutos. ¿Cuál es su velocidad? Expresa el resultado en m/min y en km/s.

Ejercicio 6

Un coche A diseñado para una pista de karting lleva una velocidad constante de 75 Km/h y otro coche B lleva una velocidad constante de 90 Km/h. Se necesita saber:

- a) Los kilómetros que recorre cada coche en 1 minuto.
- b) Los metros que recorre cada coche en 1 segundo.
- c) La distancia que hay **entre los dos autos** después de una hora, si ambos salen del mismo lugar en direcciones perpendiculares.

Ejercicio 7

En el análisis de un material sólido, las mediciones dan cuenta de que la velocidad del sonido dentro del material es un 15% mayor que la velocidad del sonido en el aire ¿Qué distancia recorre el sonido, a través del material, en 5 ms (milisegundos)? Expresar en mm (Velocidad del sonido en el aire= 330 m/s).

Ejercicio 8

Un especialista en diseños navales de cruceros sabe que el barco A tiene una velocidad de 15 hm/min; otro barco B tiene una velocidad de 84 km/h. Expresa las dos velocidades en m/s para saber cuál es el barco que va más rápido.

Ejercicio 9

Un auto que tiene una velocidad de 40 m/s recorrió un trayecto de una ruta durante 35 min. Calcular en metros y en notación científica el espacio recorrido.

Ejercicio 10

Un año luz es la **distancia** que recorre la luz en **un año**. ¿Cuántos kilómetros son? La velocidad de la luz es de 300.000 km/s. Expresar en notación científica. Nota: año de 365 días.

Movimiento rectilíneo uniformemente variado

Ejercicio 11

Un grupo de diseñadores necesita saber el impacto de las aceleraciones sobre los objetos que van dentro de un móvil. Si un auto que va a 25 m/s aumenta su velocidad hasta los 36 m/s demorando en total 4 segundos:

- a) ¿Cuánto vale el cambio de velocidad?
- b) ¿Cuál es la aceleración?

Ejercicio 12

Analizando las características físicas de un objeto situado en un lugar inaccesible dentro de una compleja maquinaria, un diseñador registra que su aceleración es de $2,2 \text{ m/s}^2$ y que alcanza una velocidad de 42 m/s a los 5 segundos de haber empezado a acelerar. ¿Cuál fue entonces la velocidad inicial que tenía el objeto?

Ejercicio 13

Un auto que va a 12 m/s tiene una aceleración igual a $0,3 \text{ m/s}^2$. Con el objetivo de poder realizar un diseño aerodinámico que maximice el ahorro de combustible, se necesitan conocer los siguientes datos:

- a) ¿Qué velocidad alcanza luego de 9 segundos?
- b) ¿Cuánto tarda en llegar a una velocidad de 30 m/s?
- c) ¿Qué distancia recorrerá en 8 s?

Ejercicio 14

Un cohete espacial que está en reposo despegue a las 12h 49' 12" desde una base situada en la Tierra y lo hace con una aceleración constante $a = 12 \text{ m/s}^2$. Los diseñadores encargados de la rampa de despegue, necesitan calcular:

- a) ¿Cuánto tarda en llegar a la velocidad de 24 km/s?
- b) ¿Qué hora será cuando alcance dicha velocidad?
- c) ¿Qué distancia recorre desde que sale hasta que son las 12h 51'?

Ejercicio 15

Un móvil tiene una velocidad de 5 m/s y adquiere una aceleración $a = 1,8 \text{ m/s}^2$. ¿Qué distancia recorre en 6 s?

Ejercicio 16

Un camión tiene cierta velocidad inicial y, al acelerar con un valor de aceleración $a = 2,25 \text{ m/s}^2$, un instrumental de precisión situado en una pista detecta que recorre 500 m en 15 s. ¿Cuál es la velocidad inicial del camión?

Caída libre ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Ejercicio 17

Desde que se deja caer una piedra desde un edificio hasta que se la ve chocar con el suelo, han transcurrido 1,2 segundos.

- a) ¿A qué altura se hallaba la piedra, suponiendo despreciable la resistencia del aire?
- b) ¿Con qué velocidad llega al suelo?

Ejercicio 18

Un cuerpo se deja caer desde lo alto de una construcción de 46 m. Suponiendo que la resistencia del aire es despreciable.

- a) ¿Cuánto tiempo tarda en caer?
- b) ¿Con qué velocidad llega al suelo?

Ejercicio 19

Se detecta que un cuerpo en caída libre tiene en cierto momento una velocidad de 108 km/h. ¿Cuántos metros le faltan para llegar al suelo, si la altura desde la que se lo arrojó es de 70 m?

Tiro vertical**Ejercicio 20**

Un diseñador especializado en cohetes lanza en tiro vertical un cuerpo con velocidad inicial de 40 m/s. Calcula:

- a) El tiempo que tarda en alcanzar la altura máxima.
- b) La altura máxima alcanzada.

Ejercicio 21

En análisis del prototipo de un nuevo tipo de arco, se lanza una flecha hacia arriba la que sale con una velocidad de 75 m/s. ¿Qué altura alcanza la flecha luego de 6 segundos?

Ejercicio 22

Durante un partido de rugby, la pelota es pateada con una velocidad inicial de 30 m/s hacia arriba. El techo del estadio tiene en ese punto una altura de 56 m. Se pide:

- a) ¿En qué momento la pelota tiene una velocidad de 25 m/s hacia arriba?
- b) ¿En qué momento tiene una velocidad de 25 m/s hacia abajo?
- c) ¿Qué altura máxima alcanza? ¿Tocará el techo del estadio?

Respuestas ejercicios**Ejercicio 1**

227,5 km

Ejercicio 2

28 m/s; 1680 m/min

Ejercicio 3

4 min 30 s

Ejercicio 4

3500 s = 58 min 20 s

Ejercicio 5

2280 m/min; 0,038 km/s

Ejercicio 6

- a) 1,25 km; 1,5 km
- b) 20,83 m; 25 m
- c) 117,1537451 km

Ejercicio 7

1897,5 mm

Ejercicio 8

$V_A = 25 \text{ m/s}$; $V_B = 23,3 \text{ m/s}$

Ejercicio 9

$8,4 \times 10^4 \text{ m}$

Ejercicio 10

$9,4608 \times 10^{12}$ Km

Ejercicio 11

- a) 11 m/s
- b) $2,75 \text{ m/s}^2$

Ejercicio 12

31 m/s

Ejercicio 13

- a) 14,7 m/s
- b) 60 s
- c) 105,6 m

Ejercicio 14

- a) $2000 \text{ s} = 33 \text{ min } 20 \text{ s}$
- b) $13 \text{ h } 22' 32''$
- c) 69984 m

Ejercicio 15

62,4 m

Ejercicio 16

$16,458\hat{3} \text{ m/s}$

Ejercicio 17

- a) 7,2 m
- b) 12 m/s

Ejercicio 18

- a) 3,033150178 s
- b) 30,33150178 m/s

Ejercicio 19

Le faltan 25 m.

Ejercicio 20

- a) 4 s
- b) 80 m

Ejercicio 21

270 m

Ejercicio 22

- a) Tiempo: 0,5 s
- b) Tiempo: 5,5 s
- c) Altura máxima: 45 m (no toca)

III. AUTOEVALUACIÓN

- 1) La cinemática estudia:
 - a) Las fuerzas que producen el movimiento.
 - b) La energía que interviene en el movimiento.
 - c) La descripción del movimiento sin considerar sus causas.
 - d) Las transformaciones de la materia durante el movimiento.
- 2) Un cuerpo se mueve, cuando:
 - a) Cambia su posición respecto a un sistema de referencia.
 - b) Cambia su masa con el tiempo.
 - c) Cambia su forma con el tiempo.
 - d) Cambia su temperatura con el tiempo.
- 3) La trayectoria de un cuerpo es:
 - a) El tiempo que tarda en recorrer una distancia.
 - b) El camino que describe al moverse.
 - c) La fuerza que lo impulsa en su movimiento.
 - d) La distancia total dividida por el tiempo empleado.
- 4) El MRU se caracteriza por:
 - a) Una aceleración constante distinta de cero.
 - b) Recorrer las mismas distancias en tiempos variables.
 - c) Un cambio continuo en la velocidad.
 - d) Velocidad constante.
- 5) Una velocidad de 60 km/h significa que:
 - a) El cuerpo recorre 60 km en un segundo.
 - b) El cuerpo recorre 60 km en una hora.
 - c) El cuerpo demora 60 km en recorrer una hora.
 - d) El cuerpo demora 10 horas en recorrer 6000 km.
- 6) El MRUV se caracteriza por:
 - a) Una velocidad proporcional al cuadrado del tiempo.
 - b) Una distancia recorrida proporcional al tiempo.
 - c) Una velocidad proporcional a la distancia recorrida.
 - d) Una distancia recorrida proporcional al cuadrado del tiempo.
- 7) En la caída libre:
 - a) La aceleración es constante e igual a la gravedad.
 - b) El cuerpo cae con velocidad constante.
 - c) La aceleración depende de la masa del cuerpo.
 - d) El movimiento se produce sin necesidad de un punto de referencia.
- 8) La aceleración de la gravedad $g = 10 \text{ m/s}^2$, significa que:
 - a) Todo cuerpo en caída libre recorre 10 m en cada segundo.
 - b) Todo cuerpo en caída libre tiene una velocidad constante de 10 m/s.
 - c) Todo cuerpo en caída libre aumenta su velocidad en 10 m/s por cada segundo.
 - d) Todo cuerpo en caída libre experimenta una fuerza de 10 N hacia abajo.
- 9) Al arrojar un cuerpo verticalmente hacia arriba, se verifica que:
 - a) La velocidad es constante.
 - b) El cuerpo sube hasta un lugar y luego no puede subir más.

- c) El cuerpo sube hasta que su velocidad es negativa.
 - d) El cuerpo está sometido a una aceleración variable.
- 10) Si dos cuerpos, uno de masa $m_1 = 1 \text{ kg}$ y otro de masa $m_2 = 2 \text{ kg}$ se arrojan verticalmente hacia arriba al mismo tiempo, ambos con la misma velocidad inicial, entonces:
- a. El cuerpo 1 tardará menos que el cuerpo 2 en alcanzar su altura máxima.
 - b. El cuerpo 1 llegará al doble de altura máxima que el cuerpo 2.
 - c. El cuerpo 2 tendrá menos aceleración que el cuerpo 1.
 - d. El cuerpo 1 y el cuerpo 2 tardarán lo mismo en alcanzar su altura máxima.

Respuestas autoevaluación

- 1) c) La descripción del movimiento sin considerar sus causas.
- 2) a) Cambia su posición respecto a un sistema de referencia.
- 3) b) El camino que describe al moverse.
- 4) d) Velocidad constante.
- 5) b) El cuerpo recorre 60 km en una hora.
- 6) d) Una distancia recorrida proporcional al cuadrado del tiempo.
- 7) a) La aceleración es constante e igual a la gravedad.
- 8) c) Todo cuerpo en caída libre aumenta su velocidad en 10 m/s por cada segundo.
- 9) b) El cuerpo sube hasta un lugar y luego no puede subir más.
- 10) d) El cuerpo 1 y el cuerpo 2 tardarán lo mismo en alcanzar su altura máxima.

DINÁMICA

I. MARCO TEÓRICO

1. Dinámica. Generalidades
2. Principio de inercia
3. Principio de masa
4. Principio de acción y reacción

II. EJERCICIOS

III. AUTOEVALUACIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Dinámica. Generalidades

La **Dinámica** estudia el movimiento teniendo presente las fuerzas que actúan sobre él. El estudio de la Dinámica abarca el principio de inercia, el principio de masa y el principio de acción y reacción. Estos principios los estudió Newton, por lo que se conocen como Leyes de Newton:

- Primera ley de Newton: principio de inercia.
- Segunda ley de Newton: principio de masa.
- Tercera ley de Newton: principio de acción y reacción.

2. Principio de inercia

Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme (MRU) a menos que una fuerza externa actúe sobre él y modifique dicho estado. Un ejemplo cotidiano es el esfuerzo necesario para empujar un automóvil detenido: el vehículo presenta una resistencia inicial al cambio de movimiento debido a su masa. Del mismo modo, si un ciclista deja de pedalear en una superficie plana, la bicicleta continuará desplazándose por inercia hasta que las fuerzas de rozamiento logren detenerla.

Las consecuencias del principio de inercia son:

- a) Durante el movimiento uniforme no actúan fuerzas sobre el cuerpo o, lo que es análogo, todas las fuerzas que obran sobre el cuerpo están en equilibrio (resultante nula).
- b) Inercia es la tendencia que tienen los cuerpos a permanecer en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.
- c) Si no actúan fuerzas sobre un cuerpo, este permanecerá en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme (MRU). En este estado, el vector velocidad se mantiene constante; cualquier alteración en su módulo (intensidad), dirección o sentido será consecuencia directa de la aplicación de una fuerza externa.
- d) Si sobre el cuerpo actúa una fuerza cualquiera se origina un movimiento variado.

3. Principio de masa

Dijimos que inercia es la tendencia de un cuerpo a permanecer en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme. ¿Cómo podríamos determinar o medir la mayor o menor inercia de un cuerpo? Mediante un nuevo concepto que llamaremos masa. Por lo tanto, la **masa es la mayor o menor inercia que posee un cuerpo**. El Sistema Internacional (SI) de medida define a la **masa como la propiedad por lo cual los sistemas materiales tienden a oponerse a toda modificación de su movimiento**.

La **masa es una propiedad invariable o constante de cada cuerpo**. Como la inercia es una propiedad inherente de la materia puede decirse que **la masa es la mayor o menor cantidad de materia que posee un cuerpo**. Esto no significa que al ser mayor su volumen, el cuerpo tendrá más masa. Un cubo de plástico y otro de metal, ambos de un centímetro cúbico, poseen igual forma y volumen. Pero es notorio que será más difícil sacar del reposo al cubo de metal que al de plástico. Del mismo modo, si ambos se desplazan por un plano inclinado, costará más

detener al de metal que al de plástico. Por ello, decimos que el cubo de plomo posee mayor masa que el de plástico (o sea mayor inercia).

Por el principio de inercia sabemos que en el movimiento rectilíneo no existen fuerzas que actúen sobre el cuerpo. En consecuencia, si sobre un cuerpo en movimiento existieran fuerzas, el movimiento resultaría variado. Como la variación de velocidad con respecto al tiempo es la aceleración del cuerpo, surge que:

- a) Toda fuerza aplicada a un cuerpo origina un movimiento acelerado.
- b) Si la fuerza aplicada es constante, el cuerpo posee movimiento uniformemente acelerado.

Por lo tanto, si al cuerpo M le aplicamos una fuerza constante F, aquél adquirirá un movimiento uniformemente acelerado. Verificaremos que, **a medida que la fuerza es mayor, también será mayor la aceleración adquirida, pues esa fuerza hará aumentar o disminuir la velocidad o modificar la trayectoria rectilínea.**

La aceleración adquirida por un cuerpo es proporcional a la fuerza aplicada. Si procedemos a efectuar los cocientes entre las fuerzas aplicadas y las respectivas aceleraciones, verificaremos que esos cocientes son iguales. En símbolos:

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} = \text{masa (constante)} \quad m = \frac{F}{a}$$

El valor de esa constante depende exclusivamente del cuerpo y es lo que denominamos masa de aquél. **Masa de un cuerpo es una constante para cada cuerpo que resulta de dividir la fuerza aplicada y la aceleración adquirida mediante esa fuerza. En el principio de masa, la aceleración adquirida por un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la masa de aquel.**

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

$$F = m \cdot a$$

Supongamos ahora que el cuerpo cae. Ello se producirá por **acción de la fuerza peso del cuerpo** (provocada por la fuerza de la gravedad). En esa caída, la aceleración que adquiere es la aceleración de la gravedad.

Por lo tanto, en la caída es:

Fuerza (F) = Peso (P)

Aceleración (a) = Aceleración de la gravedad (g)

Si remplazamos en la expresión:

$$m = \frac{F}{a} \rightarrow m = \frac{P}{g}$$

$$P = m \cdot g$$

La masa de un cuerpo es el cociente entre su peso y la aceleración de la gravedad del lugar.

¿Cuál es la unidad de medida de la fuerza?

Un **newton** (símbolo: N) es la unidad de medida de la fuerza en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Se llama así en honor al científico Isaac Newton. Físicamente, un newton se define como la **cantidad de fuerza necesaria para acelerar un objeto que tiene una masa de 1 kilogramo a un ritmo de 1 metro por segundo al cuadrado**. Matemáticamente, se expresa mediante la segunda ley de Newton:

$$F = m \cdot a$$

Donde las unidades se relacionan así:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

Para tener una idea visual y táctil, un newton no es una fuerza muy grande. Si sostienes una manzana que pesa unos 102 gramos en la palma de la mano, la fuerza que esa manzana ejerce hacia abajo debido a la gravedad es, aproximadamente, 1 newton. El peso de una bolsa pequeña de snacks es cercano a 1 N.

Diferencia entre masa y peso

Es común confundir los kilogramos con los newtons, pero son conceptos diferentes:

Masa (kg): es la cantidad de materia que tenemos. No cambia si vamos a la luna.

Peso (N): es la fuerza con la que la gravedad nos empuja. En la luna una persona pesaría menos newtons, aunque tuviera los mismos kilogramos de masa.

La **relación entre el Newton (N) y el kilogramo-fuerza (kgf) es fundamental** para entender cómo medimos la fuerza en diferentes sistemas. El kgf pertenece al Sistema Técnico mientras que el N es la unidad oficial del Sistema Internacional (SI).

La equivalencia entre sistemas es:

La relación se basa en la aceleración de la gravedad de la Tierra ($g=10 \text{ m/s}^2$): **1 kgf = 10 N**

A la inversa, para pasar de Newton a kilogramos-fuerza:

1 N = 0,1 kgf

¿De dónde sale esta relación?

El kilogramo-fuerza se define como el peso de una masa de 1 kg en la Tierra. Aplicando la segunda ley de Newton ($F = m \cdot a$):

- a) Tenemos una masa de 1 kg.
- b) La gravedad la atrae con una aceleración de 10 m/s^2 .
- c) La fuerza resultante (peso) es: $1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 10 \text{ N}$

¿Cuándo usar cada uno?

Newton (N): es la unidad científica estándar. Se usa en todos los cálculos de ingeniería, dinámica y leyes de Newton.

Kilogramo-fuerza (kgf): también llamada kilopondio (kp), es muy común en la vida cotidiana y en ferretería o construcción, porque es más intuitiva: una fuerza de 5 kgf equivale a cargar 5 kg de masa.

4. Principio de acción y reacción

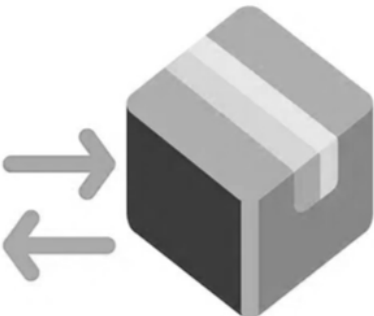
A toda fuerza -acción- ejercida por un cuerpo sobre otro, este opone sobre aquel, otra de igual intensidad y sentido contrario -reacción-; o también: si un cuerpo ejerce sobre otro una fuerza, el segundo ejerce siempre sobre el primero otra fuerza de igual intensidad, pero de sentido contrario. La primera se llama acción, y la segunda, reacción.

Este principio debe considerarse, por ejemplo, en el diseño de: asientos y mobiliario (el peso del usuario se aplica hacia abajo en el asiento y en los puntos de contacto con el suelo), empuñaduras y mangos (la mano del usuario aplica una fuerza de agarre al mango de una herramienta o un utensilio), sistemas de cierre (al presionar el botón de un lapicero retráctil o de un mecanismo de bloqueo), envases para líquidos (el usuario presiona un envase de plástico blando).



Imágenes generadas con Inteligencia Artificial, Gemini

En síntesis:

Primera ley de Newton Principio de inercia	Segunda ley de Newton Principio de masa	Tercera ley de Newton Principio de acción y reacción
Un cuerpo permanecerá en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que una fuerza externa actúe sobre él.	Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo produce una aceleración en la dirección de la fuerza que es directamente proporcional a la fuerza, pero inversamente proporcional a la masa del cuerpo.	A toda acción corresponde una reacción en igual magnitud y dirección, pero de sentido opuesto.
 		
La pelota cambiará su estado de movimiento o reposo solo cuando se aplique una fuerza externa.	Aunque se aplique la misma fuerza a cada pelota, cada una alcanzará una aceleración diferente ($F = m \cdot a$)	La fuerza de acción aplicada para empujar la caja generará una fuerza de reacción en sentido opuesto ($F_{1-2} = F_{2-1}$)

Imágenes extraídas de: <https://www.significados.com/leyes-de-newton/>

II. EJERCICIOS

Valor de la aceleración de la gravedad para la realización de los ejercicios: 10 m/s^2

Ejercicio 1

Calcular la masa de un hombre que pesa 75 kgf.

Ejercicio 2

Sobre un cuerpo con una masa de 5 kg se aplica una fuerza de 10 kgf. ¿Qué aceleración adquiere?

Ejercicio 3

Calcular la aceleración que adquiere un cuerpo de 5 kg de masa, cuando se le aplica una fuerza de 3,5 Kgf.

Ejercicio 4

¿Cuánto pesa un cuerpo de 16 kg de masa? Expresar en N y kgf.

Ejercicio 5

Calcular la aceleración que adquiere un cuerpo de 8 kg cuando se le aplica una fuerza de 3,5 N.

Ejercicio 6

¿Cuánto vale la fuerza que, aplicada a un cuerpo cuya masa es de 10 kg, le imprime una aceleración de 3 m/s^2 ? Expresar en N y kgf.

Ejercicio 7

Calcular la fuerza que a un cuerpo de 6 kg le imprime una aceleración de 9 m/s^2 . Expresar en N y kgf.

Ejercicio 8

¿Qué fuerza imprime una aceleración de 1 m/s^2 a un cuerpo de 1 kg? Expresar en N y kgf.

Ejercicio 9

¿Cuál es la masa, de un cuerpo al que una fuerza de 24 N le imprime una aceleración de 8 m/s^2 ?

Respuestas ejercicios

Ejercicio 1

75 kg

En realidad, 1 kgf no siempre es igual a 1 kg, aunque a veces se confunden porque los números coinciden en la Tierra. Explicación:

- **kg** (kilogramo): es unidad de **masa** en el Sistema Internacional. Mide cuánta materia tiene un cuerpo.
- **kgf** (kilogramo-fuerza): es unidad de **fuerza**. Se define como la fuerza que ejerce la gravedad estándar sobre una masa de 1 kg en la superficie de la Tierra.

Por definición: **1kgf = 1 kg · g**, donde **g** es la aceleración de la gravedad estándar: **g = 10 m/s^2** (en el marco de esta asignatura). Eso significa que: **1kgf = 10 N**

En la Tierra, un objeto de 1 kg de masa pesa 1 kgf, y por eso los valores coinciden numéricamente. Pero en la Luna, donde $g = 1,62 \text{ m/s}^2$, un objeto de 1 kg tendría un peso de 0,165 kgf, no de 1 kgf.

En resumen, la masa (kg) no depende del lugar y el peso (kgf o N) depende de la gravedad del lugar.

Ejercicio 2

20 m/s^2

Ejercicio 3

7 m/s^2

Ejercicio 4

160 N; 16 kgf

Ejercicio 5

0,4375 m/s²

Ejercicio 6

30 N; 3 kgf

Ejercicio 7

54 N; 5,4 kgf

Ejercicio 8

1 N; 0,1 kgf

Ejercicio 9

3 kg

III. AUTOEVALUACIÓN

- 1) ¿Qué estudia la Dinámica?
 - a) El movimiento de los cuerpos sin considerar las fuerzas.
 - b) Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en reposo.
 - c) El movimiento de un cuerpo teniendo en cuenta las fuerzas que actúan sobre él.
 - d) Las propiedades geométricas de los cuerpos en movimiento.
- 2) ¿Cuál es el nombre del principio que establece que "todo cuerpo tiende a permanecer en el estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme"?
 - a) Principio de inercia.
 - b) Principio de acción y reacción.
 - c) Principio de masa.
 - d) Segunda Ley de Newton.
- 3) ¿Qué se considera el "Principio de masa"?
 - a) La Primera Ley de Newton.
 - b) La Segunda Ley de Newton.
 - c) La Tercera Ley de Newton.
 - d) La Ley de la Gravitación Universal.
- 4) ¿Qué es la inercia?
 - a) La aceleración de un cuerpo en movimiento.
 - b) La tendencia de un cuerpo a permanecer en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.
 - c) La fuerza que actúa sobre un cuerpo en un plano inclinado.
 - d) La resistencia de un cuerpo a ser deformado.
- 5) ¿Cómo se relaciona la fuerza aplicada y la aceleración adquirida por un cuerpo?
 - a) A mayor fuerza, menor aceleración.
 - b) A menor fuerza, mayor aceleración.
 - c) La fuerza y la aceleración no tienen relación.
 - d) A medida que la fuerza es mayor, también será mayor la aceleración adquirida.
- 6) ¿Qué diferencia hay entre la masa de un cubo de plástico y uno de metal del mismo volumen?
 - a) La masa es igual en ambos cubos.
 - b) El cubo de metal tiene mayor masa que el de plástico porque tiene mayor inercia.
 - c) El cubo de plástico tiene mayor masa que el de metal.
 - d) La masa de ambos cubos depende de la velocidad a la que se mueven.
- 7) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre la masa es correcta?
 - a) La masa es una magnitud vectorial.
 - b) La masa depende de la posición del objeto.
 - c) La masa es la mayor o menor inercia que posee un cuerpo.
 - d) La masa se mide en Newton.
- 8) ¿Qué establece el "Principio de acción y reacción"?
 - a) Que la aceleración de un cuerpo es proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él.
 - b) Que todo cuerpo tiende a permanecer en su estado de reposo o movimiento uniforme.
 - c) Que a toda fuerza de acción corresponde una fuerza de reacción de igual intensidad y dirección, pero de sentido contrario.
 - d) Que la masa es la medida de la inercia de un cuerpo.
- 9) ¿Qué concepto se introduce para medir la mayor o menor inercia de un cuerpo?

- a) El peso.
 - b) La aceleración.
 - c) La masa.
 - d) La velocidad.
- 10) ¿Qué se entiende por "Inercia es una propiedad inherente de la materia"?
- a) Que la inercia depende de la velocidad del cuerpo.
 - b) Que la inercia está directamente relacionada con la cantidad de materia.
 - c) Que la inercia solo existe en los cuerpos en movimiento.
 - d) Que la inercia no se puede medir.

Respuestas autoevaluación

- 1) c) El movimiento de un cuerpo teniendo en cuenta las fuerzas que actúan sobre él.
- 2) a) Principio de inercia.
- 3) b) La Segunda Ley de Newton. Se conoce también como el "Principio de masa", ya que establece que la aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa.
- 4) b) La tendencia de un cuerpo a permanecer en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.
- 5) d) A medida que la fuerza es mayor, también será mayor la aceleración adquirida.
- 6) b) El cubo de metal tiene mayor masa que el de plástico porque tiene mayor inercia.
- 7) c) La masa es la mayor o menor inercia que posee un cuerpo.
- 8) c) Que a toda fuerza de acción corresponde una fuerza de reacción de igual intensidad y dirección, pero de sentido contrario.
- 9) c) La masa.
- 10) b) Que la inercia está directamente relacionada con la cantidad de materia.

I. MARCO TEÓRICO

1. Introducción a la estática
2. Fuerzas: generalidades
 - 2.1. Principio de transmisibilidad
 - 2.2. Diferencia entre peso y masa
3. Fuerza normal y fuerza de rozamiento
 - 3.1. Fuerza normal
 - 3.2. Fuerza de rozamiento
4. Sistemas de fuerzas
 - 4.1. Fuerzas colineales, concurrentes y paralelas
 - 4.2. Composición y descomposición de fuerzas
 - 4.3. Composición de fuerzas colineales
 - 4.4. Composición de fuerzas concurrentes. Método gráfico y método analítico
 - 4.5. Descomposición de fuerzas en dos direcciones dadas
5. Momento de una fuerza respecto a un punto
6. Equilibrio de los cuerpos
7. Ejercicios resueltos

II. EJERCICIOS

III. AUTOEVALUACIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Introducción a la estática

Definición de estática y su importancia

La **estática** es el estudio de las fuerzas en equilibrio. Se supone para este estudio que los cuerpos son rígidos, es decir que, bajo la acción de las fuerzas, el cuerpo no se deforma, lo que es lo mismo decir que la distancia y la posición relativa entre las diferentes partículas que lo constituyen permanece invariable. Comenzaremos por el concepto de fuerza, ya que es la base para entender cómo interactúan los cuerpos en la mecánica.

Para un diseñador industrial, la estática es una herramienta esencial. Le permite comprender cómo las fuerzas afectan a los objetos, lo cual es clave para asegurar la estabilidad y el equilibrio de sus diseños. Con este conocimiento, el diseñador puede determinar si un producto será capaz de soportar las cargas a las que será sometido sin fallar, garantizando así su funcionalidad y seguridad.

2. Fuerzas: generalidades

Denominamos **fuerza** a todo aquello capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo o de provocar su deformación. O sea, puede hacer que un objeto comience a moverse, se detenga, cambie su dirección o forma.

Existen cuatro fuerzas fundamentales en la naturaleza que ejercen su influencia, afectan y determinan el orden, ley, precisión y estructura de todo cuanto existe en la tierra y el universo, desde lo infinitesimalmente pequeño como las partículas hasta lo inconmensurablemente grande como las galaxias y, además, son imprescindibles para la existencia y el sostenimiento de la vida en nuestro planeta. Estas cuatro fuerzas de la física son: el electromagnetismo, la gravedad, la interacción nuclear débil y la interacción nuclear fuerte.

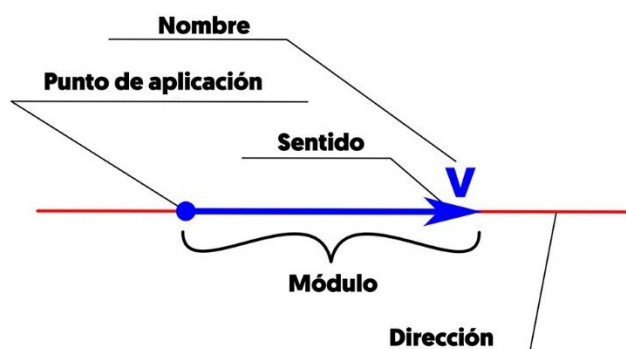
Además, según la forma en que actúan las fuerzas, se pueden clasificar en fuerzas de contacto y fuerzas a distancia, las primeras son aquellas que se ejercen cuando hay contacto físico entre los cuerpos, por ejemplo,

la fuerza normal o la fuerza de fricción. Las fuerzas a distancia, no tienen necesidad de contacto, por ejemplo, la fuerza gravitatoria, eléctrica o magnética.

Puede resultarnos difícil imaginar la fuerza, pero el esfuerzo muscular realizado para sostener un cuerpo o levantarlo nos da la idea de fuerza. Un golpe con un martillo a un clavo es una fuerza que provoca que el clavo entre en la madera. Cuando empujamos una puerta, tiramos de una cuerda o sostenemos un objeto en la mano, estamos aplicando una fuerza. En todos estos casos, la fuerza produce un efecto: puede poner en movimiento algo, frenarlo o mantenerlo en equilibrio.

La **fuerza** es una **magnitud vectorial**, se representa por un **vector**, tiene módulo, dirección, sentido y un punto de aplicación. Un **vector** es un ente matemático que se utiliza para representar una magnitud física. Se representa gráficamente como un segmento de recta orientado, y está compuesto por cuatro elementos esenciales:

1. **Módulo o magnitud:** Es la longitud del vector. Representa el valor numérico de la magnitud que se está midiendo. Se representa con la letra del vector entre barras, como $|V|$.
2. **Dirección:** Es la línea de acción del vector, es decir, el ángulo que forma con un eje de referencia. Se puede expresar en grados, en radianes, o simplemente por la pendiente de la recta a la que pertenece el vector. Dos vectores tienen la misma dirección si son paralelos, independientemente de su sentido.
3. **Sentido:** Es la orientación del vector sobre la línea de dirección. Se indica con una punta de flecha. Por ejemplo, dos fuerzas pueden ir en la misma dirección, pero aplicadas en sentidos opuestos.
4. **Punto de aplicación:** es la ubicación en el espacio donde la magnitud física representada por el vector actúa.



Elementos de un vector. Imagen extraída de: <https://www.proferecursos.com/partes-de-un-vector/>

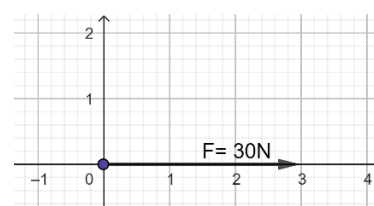
Las **unidades de medida** en los distintos sistemas se muestran en la siguiente tabla:

Sistemas de Unidades	Unidad	Símbolo
Sistema Internacional de Unidades (SI)	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = \text{Newton}$	N
Sistema Técnico	kilogramo fuerza	Kgf
CGS	$\text{g} \cdot \text{cm}/\text{s}^2 = \text{Dina}$	Dyn

La **unidad de medida de las fuerzas que corresponde al Sistema internacional de Unidades (SI) es el Newton [N] que representa la fuerza que se aplica sobre una masa de 1 Kg y genera una aceleración de $1 \text{ m}/\text{s}^2$.**

$$\text{N} = \text{Kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$$

Para **representar una fuerza** es necesario establecer una **escala**, que se elige estratégicamente para poder graficarla en el papel. Por ejemplo, si se establece una escala de $1 \text{ cm} = 10 \text{ N}$, un vector de 30 N de dirección horizontal, hacia la derecha, en un sistema de coordenadas cartesianas, se representa con una flecha de 3 cm , como se ve en la figura.



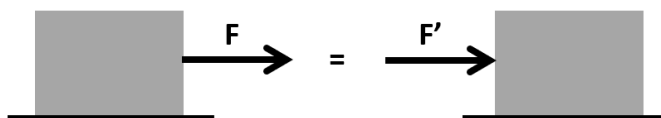
El **dinamómetro** es el aparato destinado a **medir la intensidad de fuerzas** por comparación con pesos determinados, tomados como unidad de medida. Basa su funcionamiento en el estiramiento de un resorte que sigue la ley de elasticidad de Hooke en el rango de medición.



Dinamómetro. Imagen extraída de: <https://fyqmarco.blogspot.com/2016/04/el-dinamometro.html>

2.1. Principio de transmisibilidad

El principio de transmisibilidad establece que las condiciones de equilibrio o de movimiento de un cuerpo rígido permanecerán inmodificables si una fuerza que actúa en un punto dado del cuerpo rígido es remplazada por otra de la misma magnitud e igual dirección, pero que actúa en un punto diferente con la condición de que las dos fuerzas tengan la misma línea de acción.



2.2. Diferencia entre masa y peso

Tal como se desarrolló en la unidad Dinámica, a diferencia de la **masa**, que es la cantidad de materia que posee un cuerpo, el **peso** depende de la posición relativa del objeto o de su distancia a la Tierra. También depende del planeta u otro cuerpo masivo que actúa gravitatoriamente sobre el objeto. En las proximidades de la Tierra, y mientras no haya una causa que lo impida, todos los objetos caen animados de una **aceleración de la gravedad (g)** por lo que están sometidos a una fuerza constante, que es el peso. La fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto de masa (**m**) se puede expresar matemáticamente por la expresión:

$$P = m \cdot g$$

En donde:

m: masa [kg]

g: aceleración de la gravedad [m/s^2]

P: peso [N]

A los fines prácticos tomaremos el valor de $g = 10 \text{ m/s}^2$

$1\text{N} = 1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$

En lugares diferentes, un mismo cuerpo tiene pesos diferentes. La Tierra no tiene una forma perfectamente esférica, sino que está achatada en los polos. Esto hace que un objeto situado en uno de ellos se encuentre más próximo al centro terrestre que en otras latitudes. Dado que la Tierra actúa como si toda su fuerza de atracción se concentrara en su centro, cuanto menor sea la distancia de un cuerpo a este punto, mayor será la atracción ejercida sobre él y, por lo tanto, mayor su peso.

3. Fuerza normal y fuerza de rozamiento

3.1. Fuerza normal

Cuando un cuerpo está apoyado sobre una superficie, ejerce una fuerza perpendicular a ella. A esta fuerza se la conoce como fuerza normal (N) que siempre actúa de forma perpendicular a la superficie de contacto, sin importar el ángulo de esta. Para analizar las **fuerzas que actúan sobre un objeto**, se utiliza el **diagrama de cuerpo libre**. Este es un diagrama que muestra solo el cuerpo de interés, "liberado" de su entorno, con vectores que representan la magnitud y dirección de todas las fuerzas aplicadas sobre este.

A continuación, analizamos el caso de un bloque sobre un plano y las fuerzas que actúan sobre este, considerado como si fuera una partícula. Debemos tener en cuenta las fuerzas por contacto (entre el plano y el bloque) y el peso del bloque (debido a la atracción gravitacional terrestre). Tener en cuenta que:

- El peso **P** siempre tiene dirección **vertical** y hacia **abajo**, independiente de como orientemos los ejes cartesianos. Por ejemplo, a veces coincidirá con el eje y.
- La reacción al Plano **N** es siempre **perpendicular** a él.
- Si el plano está inclinado, y el sistema está en equilibrio, habrá además una fuerza **F** que es **paralela** al plano en sentido opuesto al sentido de movimiento.

Superficie horizontal	Superficie inclinada
$N = P$	$N = P_y = P \cdot \cos \alpha$ $F = P_x = P \cdot \sin \alpha$
La fuerza que actúa sobre la superficie coincide con todo el peso de la caja, en este caso el módulo y dirección de la fuerza Normal N y el peso P son iguales.	El peso P se descompone en dos fuerzas: una actúa sobre el plano (P_y) y otra que tira la caja hacia abajo (P_x). El módulo y dirección de la fuerza normal es igual a P_y , aunque de sentido contrario, mientras que la fuerza F (generada, por ejemplo, con una cuerda que sostiene el cuerpo), es igual a P_x .

3.2. Fuerza de rozamiento

Cuando dos superficies están en contacto aparecerán fuerzas tangenciales, llamadas fuerzas de rozamiento, siempre que se intente mover una superficie respecto de otra. La fuerza de rozamiento:

- No depende del área de contacto de ambos cuerpos, aunque sí de la naturaleza de sus materiales.
- No depende de la velocidad a la que se deslicen los cuerpos.
- Tiene sentido opuesto al movimiento.

$$F_r = \mu \cdot N$$

F_r : fuerza de rozamiento

μ : coeficiente de rozamiento

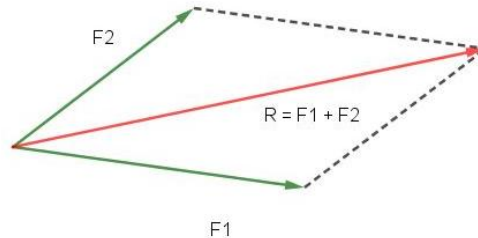
N: fuerza normal

Podemos distinguir dos tipos de fuerzas de rozamiento. Comenzamos a empujar un cuerpo y logramos moverlo, pero, a medida que aumentamos la fuerza aplicada al cuerpo, éste comienza a deslizarse. Así, podemos distinguir dos fases, una que se produce antes de que comience a moverse el cuerpo y otra cuando se encuentra en movimiento. En la primera fase, como el cuerpo no se mueve, la fuerza aplicada y la fuerza de rozamiento se anulan. A esta última se la denomina fuerza de rozamiento estática **Fre**. En la segunda fase, el cuerpo comienza a moverse y la fuerza necesaria para mantenerlo en movimiento es menor a la que se necesita para iniciarlo. A la fuerza que se ejerce cuando el cuerpo se encuentra en movimiento se la denomina fuerza de rozamiento dinámica **Frc**.

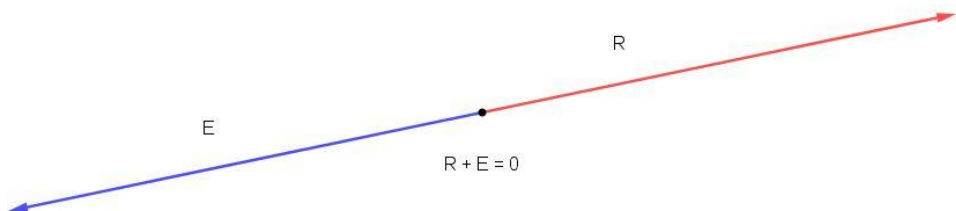
4. Sistemas de fuerzas

Llamamos **sistema de fuerzas** al conjunto de fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

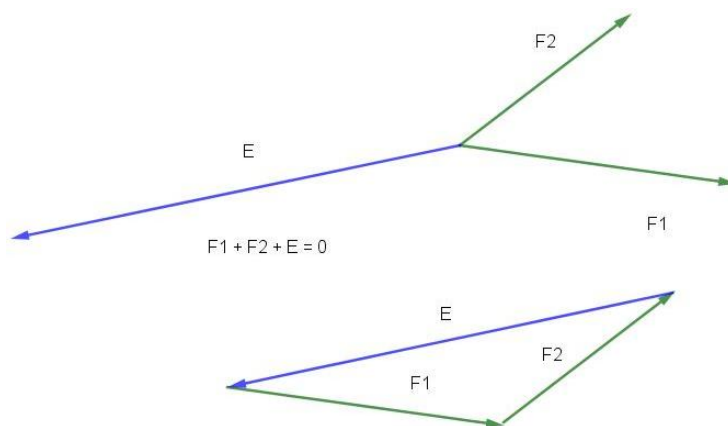
La **resultante** es una única fuerza que cumple la misma acción que todas las fuerzas que actúan. Es decir que, se pueden reemplazar todas las fuerzas por la resultante, el efecto será el mismo. $F_1 + F_2 = R$



En cambio, la **equilibrante** es una fuerza que anula a la resultante, por lo tanto, la suma de todas las fuerzas que actúan con la equilibrante da como resultado cero, y el sistema se encuentra en equilibrio. $R + E = 0$



Por lo tanto, si sobre un cuerpo actúan varias fuerzas y una fuerza equilibrante, el **sistema de fuerzas se encuentra en equilibrio**. $F_1 + F_2 + E = 0$

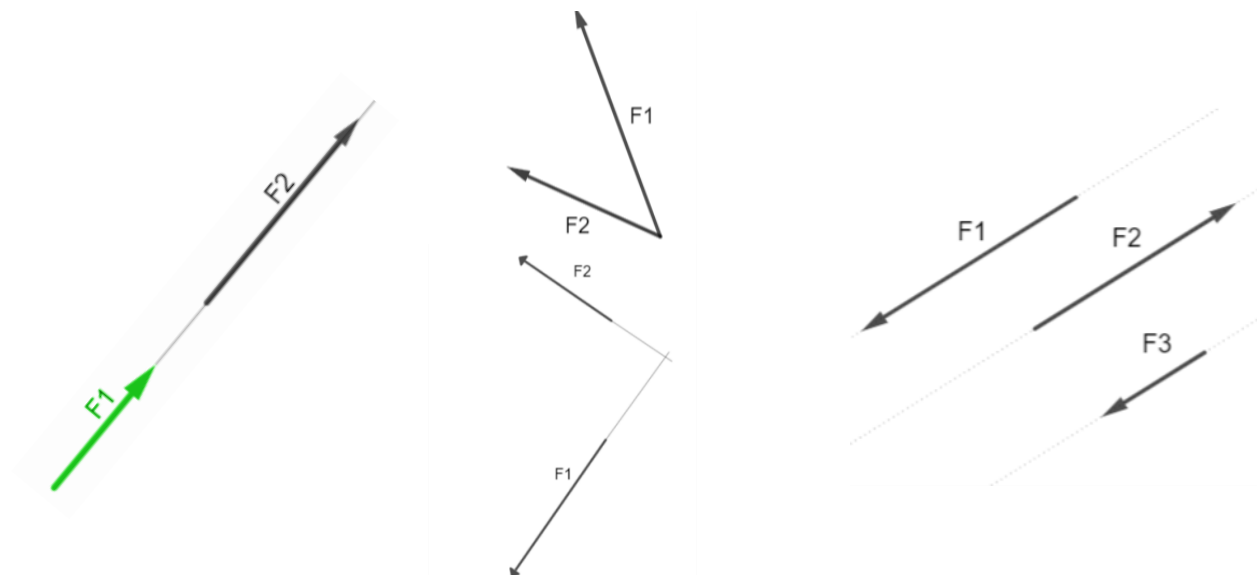


4.1. Fuerzas colineales, concurrentes y paralelas

La principal diferencia del estudio de fuerzas concurrentes o no concurrentes, es que, si se aplican a cuerpos libres, las primeras pueden provocar movimientos de traslación (el cuerpo se traslada a otro sitio), mientras que las segundas adicionalmente pueden producir movimientos de rotación (el cuerpo gira).

Las fuerzas pueden clasificarse según su recta de acción en:

Fuerzas colineales	Fuerzas concurrentes	Fuerzas paralelas
Tienen la misma recta de acción.	Las rectas de acción se encuentran en un punto.	Las rectas de acción son paralelas entre sí.



4.2. Composición y descomposición de fuerzas

La **composición de fuerzas (o suma de fuerzas)** es el proceso para calcular u obtener la resultante de un sistema de fuerzas que actúan sobre un cuerpo. La **descomposición de fuerzas** en dos direcciones dadas equivale a encontrar dos vectores que sumados entre sí den como resultado la fuerza original.

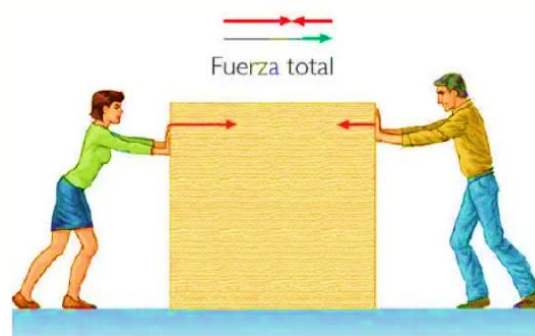
4.3. Composición de fuerzas colineales

(a) Fuerzas de igual dirección y sentido

La fuerza resultante tiene la misma dirección y sentido que cada una de las fuerzas, y su módulo se calcula sumando los módulos de cada una de estas fuerzas

(b) Fuerzas de igual dirección y sentido contrario

La fuerza resultante tiene la dirección y sentido de la mayor de las fuerzas, y su módulo se calcula restando los módulos de cada una de estas fuerzas



Imágenes extraídas de: <https://es.scribd.com/document/701803356/Combinacion-de-fuerzas>

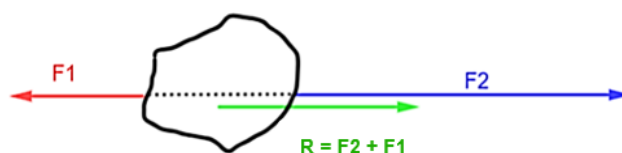
Ejemplos:

(a) Fuerza de igual dirección y sentido



$F1 = 2 \text{ N}$ Resultante:
 $F2 = 4 \text{ N}$ $R = F1 + F2 = 2 \text{ N} + 4 \text{ N} = 6 \text{ N}$

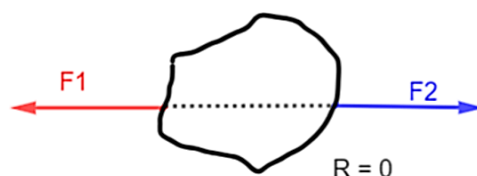
(b) Fuerza de igual dirección y sentido contrario



$F_1 = 2 \text{ N}$ Resultante:
 $F_2 = 5 \text{ N}$ $R = F_2 + F_1$, luego a la fuerza F_1 le asignamos signo negativo por el sentido que tiene:
 $R = F_2 - F_1 = 5 \text{ N} - 2 \text{ N} = 3 \text{ N}$

Nota: la fuerza resultante R , de ambos gráficos, se encuentra en la misma recta de acción que F_1 y F_2 . Se grafica desplazada hacia abajo para que pueda observarse mejor.

(b) Fuerza de igual dirección, igual módulo y sentido contrario. Resultante nula



$F_1 = 2 \text{ N}$ Resultante:
 $F_2 = 2 \text{ N}$ $R = F_2 + F_1$, luego a la fuerza F_1 le asignamos signo negativo por el sentido que tiene:
 $R = F_2 - F_1 = 2 \text{ N} - 2 \text{ N} = 0$

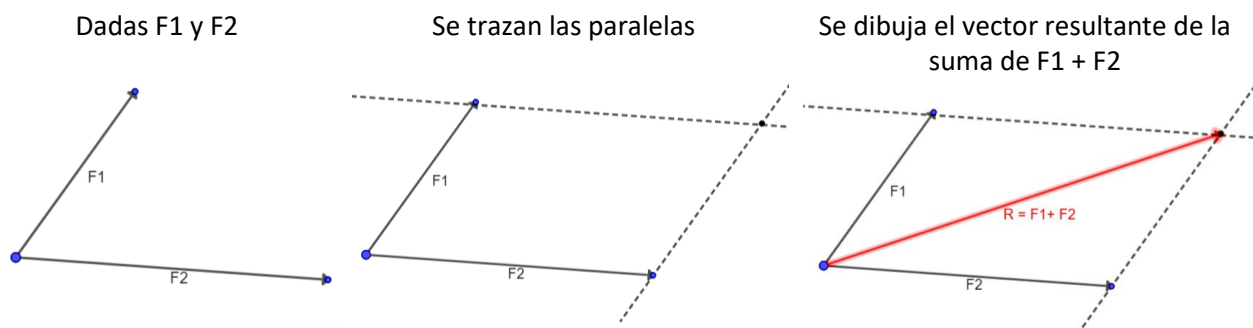
Vale aclarar que, aunque las fuerzas actúen en distintos puntos, para estudiar la traslación del cuerpo se puede imaginar que todas actúan en el centro de masa, como si fuera un objeto puntual.

4.4. Composición de fuerzas concurrentes. Método gráfico y método analítico

La composición de fuerzas puede resolverse mediante dos formas: el método gráfico y el método analítico. Dentro del **método gráfico**, se pueden emplear el **método del paralelogramo** y el **método de la poligonal**.

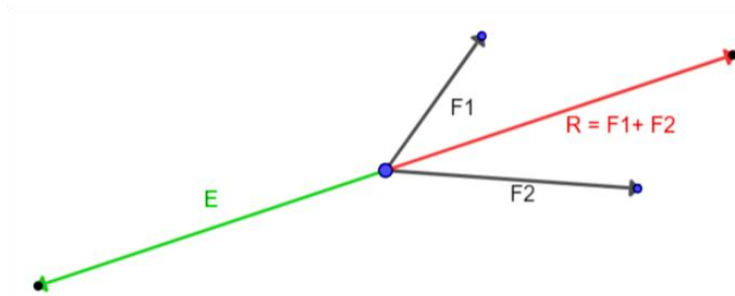
Método del paralelogramo

En este caso, se trazan paralelas a cada vector por el extremo del otro vector. La resultante es un vector que tiene su origen en el punto donde concurren las fuerzas, y su extremo está en el punto de intersección de las paralelas. Observemos paso a paso:



Para sumar varias fuerzas utilizando el método del paralelogramo, se deben sumar de a dos. Primero, se aplica el método del paralelogramo para sumar dos de las fuerzas dadas y obtener su resultante. Luego, se toma esta resultante y se suma con una tercera fuerza, y así sucesivamente hasta sumar todas las fuerzas.

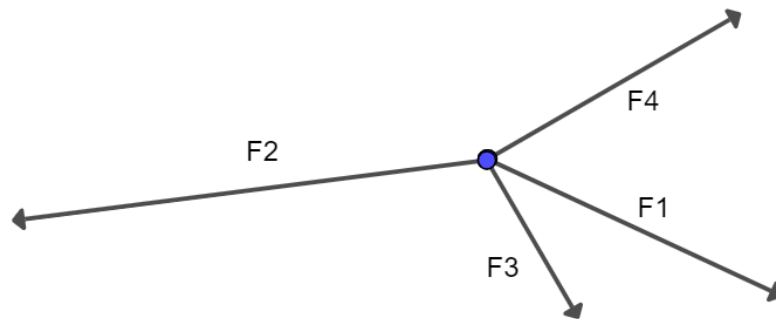
En el siguiente gráfico se observa, además, la fuerza equilibrante E . Recordar que $F_1 + F_2 + E = 0$



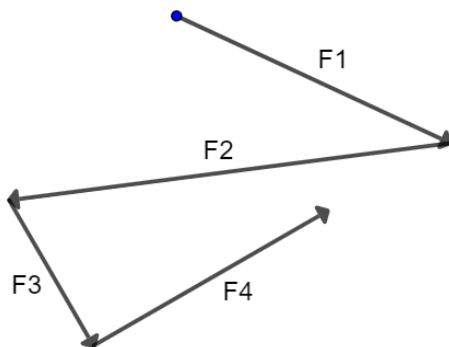
Si las fuerzas no poseen un punto común, para establecer el punto de aplicación, trasladamos las fuerzas por su recta de acción hasta que determinen un punto común, luego se procede como se describió.

Método de la poligonal

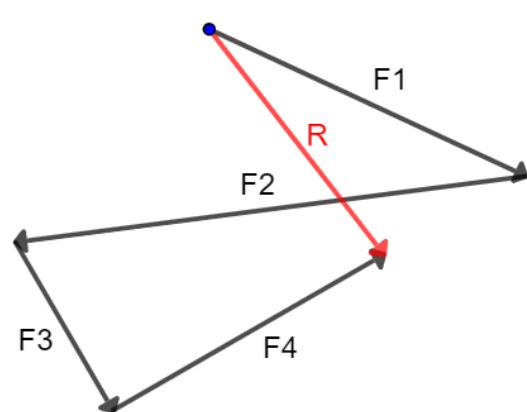
Se dibujan los vectores uno a continuación del otro, manteniendo el módulo, la dirección y el sentido (no importa el orden, siempre dará el mismo resultado). La resultante será un vector que tendrá su origen en el origen del primero de los vectores y su extremo en el extremo del último vector. En el siguiente ejemplo, se observan cuatro fuerzas (F_1 , F_2 , F_3 y F_4):



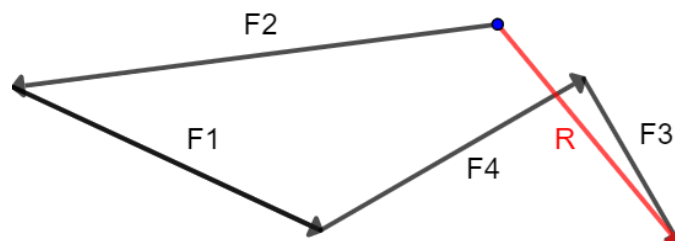
Paso 1
Se grafica el primer vector y luego uno a continuación del otro (con regla y escuadra):



Paso 2
Se grafica la resultante cuyo origen es el origen de la primera fuerza y el fin el fin del último.

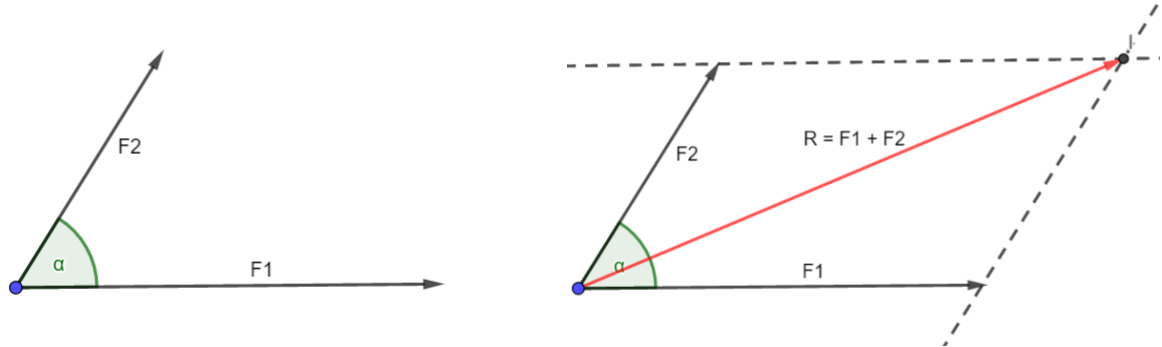


Si a los vectores los ubicamos en otro orden, la resultante será la misma, seguirá teniendo el mismo módulo, dirección y sentido:



Método analítico

El cuadrado de la resultante de dos fuerzas concurrentes es igual a la suma de los cuadrados de las fuerzas más el duplo del producto de éstas por el coseno del ángulo que ellas determinan.



El módulo de la resultante se calcula mediante la fórmula: $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$

Esta fórmula resulta como consecuencia de aplicar el Teorema del coseno y la relación entre ángulos suplementarios.

Por ejemplo: si $F_1 = 50 \text{ N}$, $F_2 = 30 \text{ N}$ y $\alpha = 65^\circ$

$$R = \sqrt{(50 \text{ N})^2 + (30 \text{ N})^2 + 2 \cdot 50 \text{ N} \cdot 30 \text{ N} \cdot \cos 65^\circ}$$

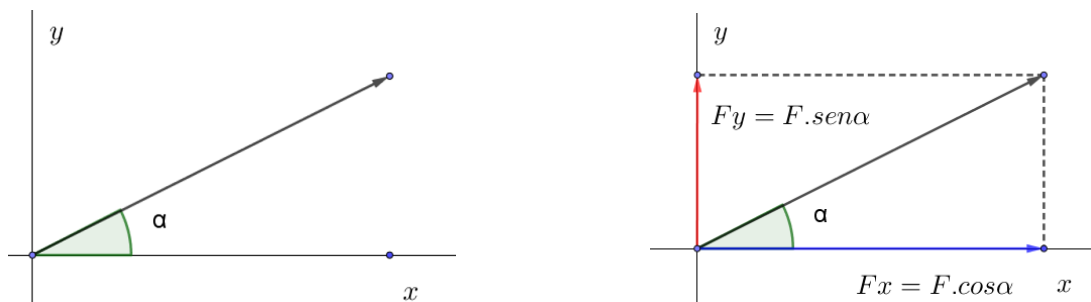
$$R = \sqrt{2500 \text{ N}^2 + 900 \text{ N}^2 + 1267,8547 \text{ N}^2}$$

$$R = \sqrt{4667,8547 \text{ N}^2}$$

$$R = 68,32 \text{ N}$$

4.5. Descomposición de Fuerzas en dos direcciones dadas

Descomponer una fuerza en dos direcciones equivale a encontrar dos vectores que sumados entre sí nos den como resultado la fuerza original. Para descomponer una fuerza (vector) según dos direcciones establecidas se procede a proyectarlo sobre cada una de las direcciones dadas. Para el caso de la figura que se presenta a continuación:



Ejemplo de aplicación

Una fuerza F con una magnitud de 150 N actúa formando un ángulo de 35° con respecto al eje x positivo. Descomponer esta fuerza en sus componentes horizontal (F_x) y vertical (F_y).

Para encontrar las componentes F_x y F_y , usamos la trigonometría. Las fórmulas son las siguientes:

Componente horizontal (F_x): $F_x = F \cdot \cos \alpha$

Componente vertical (F_y): $F_y = F \cdot \sin \alpha$

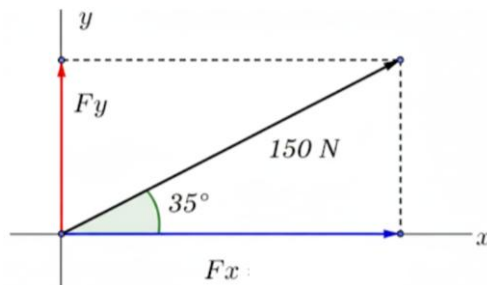
Donde F es la magnitud de la fuerza y α es el ángulo que la fuerza forma con el eje horizontal.

Cálculos:

$$F_x = 150 \text{ N} \cdot \cos 35^\circ = 150 \text{ N} \cdot 0,819152044 \approx 122,87 \text{ N}$$

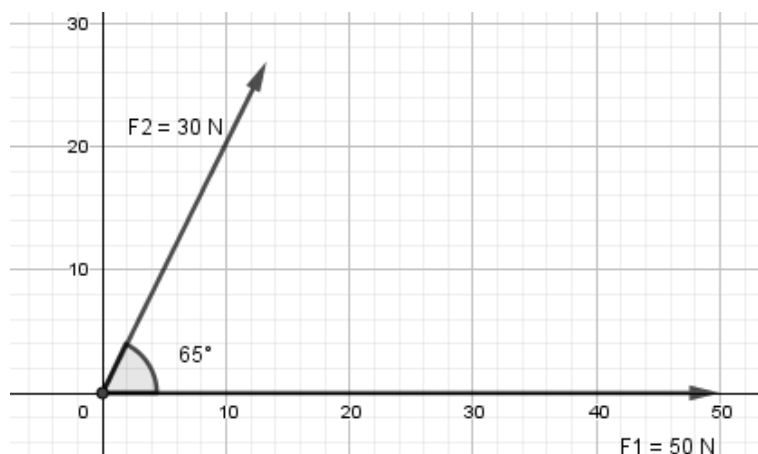
$$F_y = 150 \text{ N} \cdot \sin 35^\circ = 150 \text{ N} \cdot 0,573576436 \approx 86,04 \text{ N}$$

Por lo tanto, la fuerza de 150 N se puede descomponer en una componente horizontal de 122,87 N y una componente vertical de 86,04 N, es decir que **las componentes horizontal y vertical reemplazan a la fuerza original porque producen el mismo efecto sobre el cuerpo**



Una aplicación de descomposición de fuerzas se evidencia en los planos inclinados, tal como se muestra en el apartado de fuerza normal 3.1.

Una vez comprendida la técnica de descomposición de fuerzas en dos direcciones perpendiculares (que por comodidad lo haremos siempre con respecto a los ejes cartesianos), resolveremos la situación planteada en el punto 4.4, pero ahora descomponiendo las fuerzas. Recordemos que se trata de dos fuerzas, una $F_1 = 50 \text{ N}$ y otra $F_2 = 30 \text{ N}$, que forman un ángulo de 65° . Veamos la situación, como si hubiera un objeto colocado en el origen (0; 0) sometido a dos fuerzas, y queremos calcular la fuerza resultante.



Las componentes de F_1 son:

$$F_{1x} = 50 \text{ N} \cdot \cos 0^\circ = 50 \text{ N}$$

$$F_{1y} = 50 \text{ N} \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ N}$$

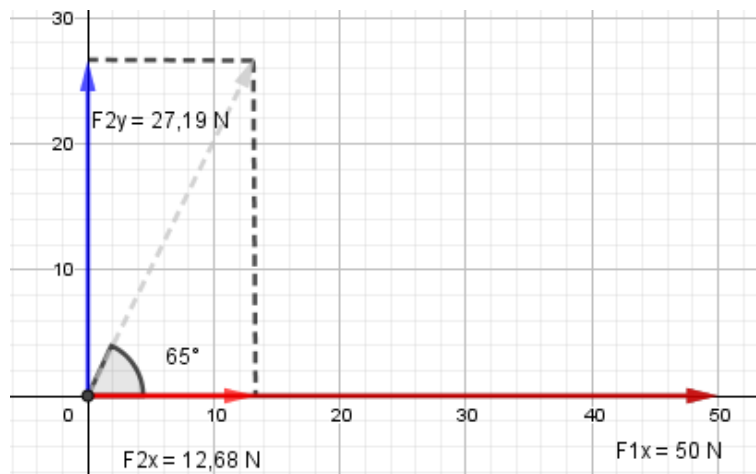
Es decir que F_1 actúa exclusivamente sobre el eje horizontal, por lo que su componente horizontal es máxima, y su componente vertical es nula.

Las componentes de F_2 son:

$$F_{2x} = 30 \text{ N} \cdot \cos 65^\circ = 12,68 \text{ N}$$

$$F_{2y} = 30 \text{ N} \cdot \sin 65^\circ = 27,19 \text{ N}$$

Como se ha dicho, las componentes reemplazan a la fuerza original, produciendo el mismo efecto sobre el cuerpo que está en el origen del sistema de coordenadas. Veamos el gráfico:

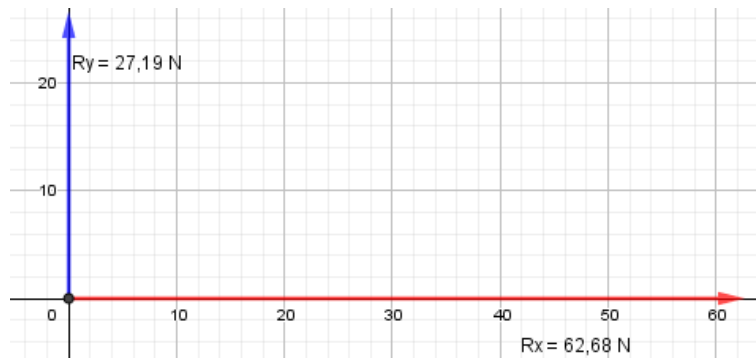


Ahora procedemos a sumar los vectores que están en la misma dirección. En este único caso, la suma es directa y obtenemos una resultante en el eje "x" y otra en el eje "y".

$$R_x = 50 \text{ N} + 12,678 \text{ N} = 62,68 \text{ N}$$

$$R_y = 0 \text{ N} + 27,189 \text{ N} = 27,19 \text{ N}$$

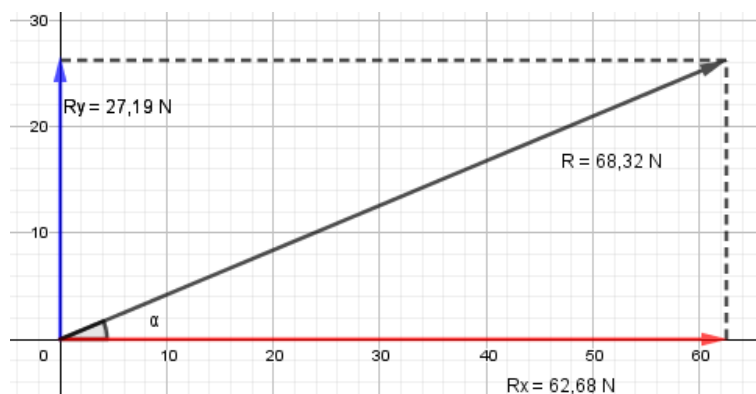
Entonces la situación ahora es la que vemos en el gráfico:



Dado que las componentes de la resultante son perpendiculares, para calcular la resultante total podemos aplicar el Teorema de Pitágoras:

$$R = \sqrt{(27,19 \text{ N})^2 + (62,68 \text{ N})^2} = 68,32 \text{ N}$$

Que visualizamos en el siguiente gráfico:



Agregamos que también es posible calcular el ángulo que forma la resultante con el semieje x positivo, a través de la función tangente:

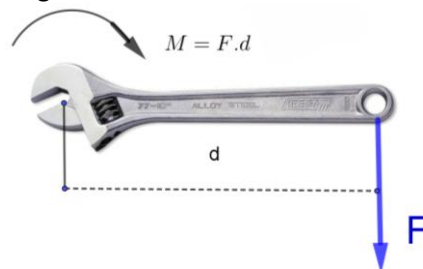
$$\text{tg } \alpha = \frac{F_y}{F_x}; \text{ entonces } \alpha = \arctg \frac{27,19 \text{ N}}{62,68 \text{ N}} = 25,708^\circ$$

En síntesis, para sumar vectores o fuerzas representadas por vectores, tenemos dos caminos:

1. Aplicar la fórmula $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$
2. Descomponer los vectores en direcciones perpendiculares (este procedimiento también se conoce como “cálculo de las componentes del vector”). Para esto, los pasos son:
 - a. Elegir un sistema de referencia
Se establecen los ejes cartesianos perpendiculares, normalmente eje x (horizontal) y eje y (vertical).
 - b. Descomponer cada vector en componentes.
Cada vector se expresa mediante dos componentes perpendiculares:
Componente en x: $F_x = F \cdot \cos \alpha$
Componente en y: $F_y = F \cdot \sin \alpha$
 - c. Asignar correctamente los signos.
Se considera el sentido de cada componente:
Derecha y arriba → signo positivo
Izquierda y abajo → signo negativo
 - d. Sumar las componentes en cada eje.
 - e. Calcular el módulo del vector resultante mediante el Teorema de Pitágoras: $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$
 - f. Determinar la dirección del vector resultante por medio de la función tangente: $\alpha = \arctg \left(\frac{F_y}{F_x} \right)$

5. Momento de una fuerza respecto a un punto

El momento de una fuerza F respecto a un punto O es igual al producto de la fuerza dada por la distancia del punto a la fuerza o a su dirección. El momento se calcula **multiplicando** la magnitud de la **fuerza** por la **distancia** (perpendicular) al centro de giro.



Casos en los que el momento vale cero

Caso 1: $d = 0$

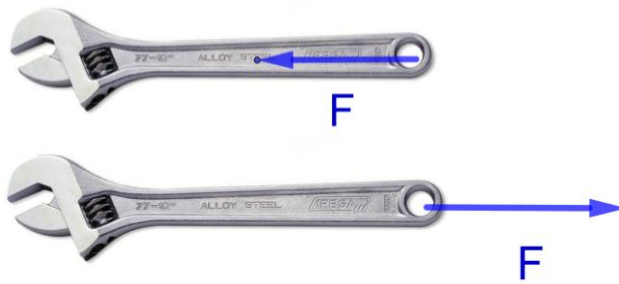
En este caso no existe momento ya que al estar aplicada la fuerza en el lugar donde está la tuerca, ésta no podría girar ya que la distancia entre la fuerza y el centro de giro es nula.



Caso 2: $\alpha = 0^\circ$

En un sentido más general, la fórmula de cálculo de momento es: $M = F \cdot d \cdot \sin \alpha$

Si la Fuerza y la distancia forman entre sí un ángulo de 0° (o de 180°) dado que $\sin 0^\circ = \sin 180^\circ = 0$, el momento valdrá **cero**. Es evidente que en ninguno de los casos que se ilustran podremos ajustar o aflojar una tuerca.



Cálculo del momento. Unidades

Si analizamos la fórmula: $M = F \cdot d \cdot \sin \alpha$

Que nosotros simplificamos en: $M = F \cdot d$

Vemos que la unidad de momento será igual a la unidad en la que se mida la fuerza multiplicada por la unidad de distancia. Se suelen usar el N . m (Newton por metro) y el Kgf . m (Kilogramo fuerza por metro).

Signo del momento

Por convención se utiliza:

Signo +: Cuando el momento produce un giro en sentido **antihorario**.

Signo -: Cuando el momento produce un giro en sentido **horario**.

6. Equilibrio de los cuerpos

Condiciones de equilibrio

Para que un cuerpo esté en equilibrio son necesarias dos condiciones:

1. Que no se desplace. O sea que la **suma** de todas las **fuerzas** que actúan sobre él sea **cero**: $\Sigma F = 0$
2. Que no rote. Esto se traduce en que la **suma** de todos los **momentos** también sea **cero**: $\Sigma M = 0$

Respecto a las fuerzas en las direcciones x e y:

1. La sumatoria de las fuerzas que actúan en dirección y es igual a cero: $\Sigma F_y = 0$
2. La sumatoria de las fuerzas que actúan en dirección x es igual a cero: $\Sigma F_x = 0$

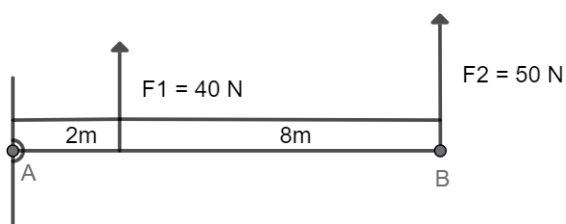
Teorema de Varignon

El teorema de Varignon establece que el momento de la fuerza resultante de un sistema de fuerzas concurrentes con respecto a un punto es igual a la suma de los momentos de las fuerzas individuales con respecto al mismo punto.

$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n$$

Donde M es el momento de la fuerza resultante y $M_1, M_2, \dots, M_n$ son los momentos de cada fuerza individual respecto al mismo punto. Una aplicación del teorema de Varignon puede ser, por ejemplo, hallar la ubicación de la resultante de varias fuerzas. A continuación, analizamos un ejemplo de aplicación:

Hallar la ubicación de la resultante de las fuerzas mostradas respecto al punto A.

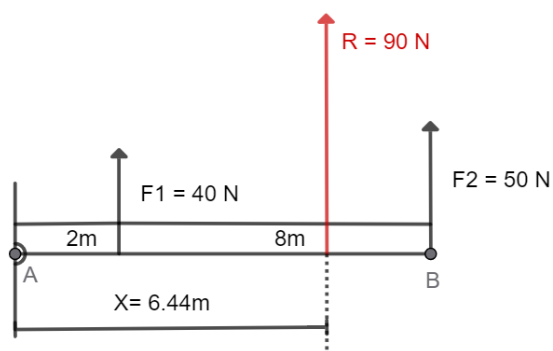


Primero, vamos a calcular el valor de la resultante de las fuerzas dadas.

$$R = F_1 + F_2$$

$$R = 40 \text{ N} + 50 \text{ N}$$

$$R = 90 \text{ N}$$



El momento de la resultante MR será igual a la suma de los momentos de las fuerzas:

$$MR = M_1 + M_2$$

$$MR = 40\text{ N} \cdot 2\text{ m} + 50\text{ N} \cdot 10\text{ m}$$

$$MR = 80\text{ Nm} + 500\text{ Nm}$$

$$MR = 580\text{ Nm}$$

Para calcular la distancia x a la que está la resultante R planteamos el cálculo del momento en ese punto:

$$MR = 580\text{ Nm} = 90\text{ N} \cdot x$$

$$X = 580\text{ Nm} / 90\text{ N}$$

$$X \cong 6,44\text{ m}$$

La fuerza resultante de 90 N estará ubicada aproximadamente a $6,44$ metros del punto A.

Cuerpos suspendidos y apoyados: equilibrio

Un cuerpo está en equilibrio cuando en su centro de gravedad está aplicada una fuerza de igual módulo y dirección que su peso y de sentido contrario. Un cuerpo puede estar suspendido o apoyado. Consideramos al centro de gravedad como el punto de un objeto donde se concentra todo su peso.

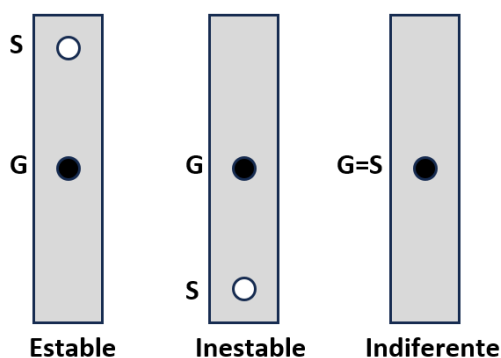
a) Equilibrio de los cuerpos suspendidos

Para que un cuerpo suspendido esté en equilibrio, la vertical que pasa por el punto de suspensión "S" debe pasar por el centro de gravedad "G". Los tipos de equilibrio, según la posición relativa de S y G, son:

Equilibrio estable: si el punto de suspensión está por encima del centro de gravedad, el equilibrio se llama estable, pues siempre que se separe el cuerpo de esa posición, al dejarlo otra vez libre, oscilará un rato y volverá a la posición primitiva.

Equilibrio inestable: si el punto de suspensión está por debajo del centro de gravedad, el equilibrio es inestable, pues apenas se separa de esa posición al cuerpo, pasa a la posición de equilibrio estable.

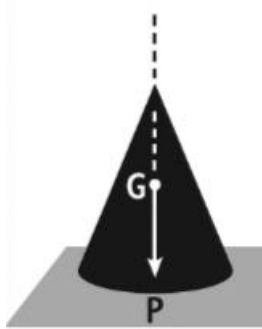
Equilibrio indiferente: si se elige punto de suspensión el centro de gravedad, el cuerpo estará siempre en equilibrio, sea cual fuere la posición en que se lo dejare, pues siempre la vertical que pasa por el punto de suspensión pasará por el centro de gravedad.



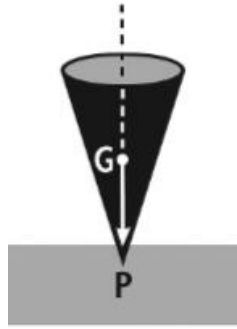
b) Equilibrio de los cuerpos apoyados

La condición para que un cuerpo apoyado esté en equilibrio, es que la vertical que pasa por el centro de gravedad, caiga dentro de la base de sustentación. A continuación, se muestran los diferentes tipos de equilibrio:

Equilibrio estable



Equilibrio inestable



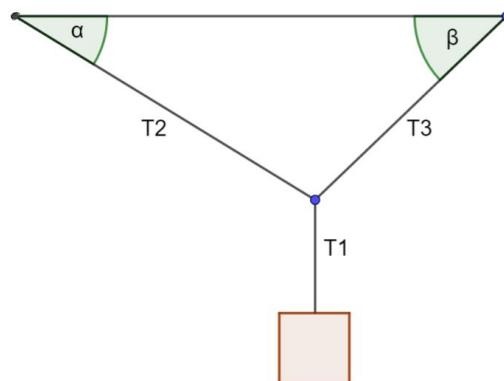
Equilibrio indiferente



7. Ejercicios resueltos

Ejercicio 1

El bloque de la figura, de 8 kg de masa, se encuentra en reposo. Calcular las tensiones T_1 , T_2 y T_3 de las cuerdas que lo sostienen. Datos: $a = 24^\circ$; $b = 39^\circ$



Debido a que el sistema está en reposo, la suma de fuerzas sobre cualquier punto del sistema, debe ser cero ($\Sigma F = 0$). Hay dos partes importantes: el bloque y el nudo donde se unen las tres cuerdas.

En el caso del bloque, sólo actúan dos fuerzas:

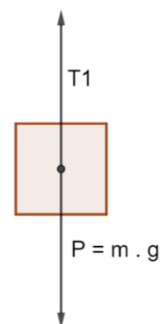
- Su peso (hacia abajo)
- La tensión T_1 (hacia arriba)

Como está en equilibrio, la tensión debe equilibrar al peso ($8 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 80 \text{ N}$)

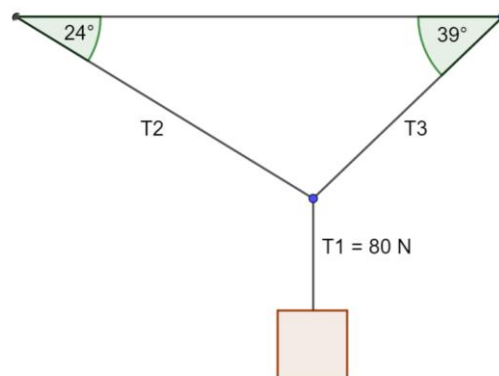
$$T_1 - P = 0$$

$$T_1 = P$$

$$T_1 = 80 \text{ N}$$



En el caso del nudo, las fuerzas son: T_1 , T_2 y T_3 .

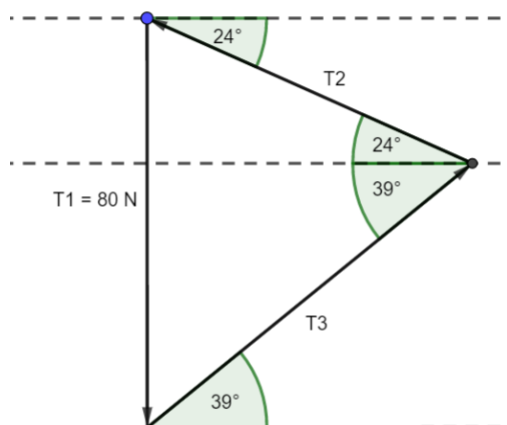


Aclaración: en este caso T_1 apunta hacia abajo porque una misma cuerda ejerce fuerzas iguales y opuestas sobre los cuerpos que une. Una forma de entenderlo es pensar que la tensión siempre tira del cuerpo al que

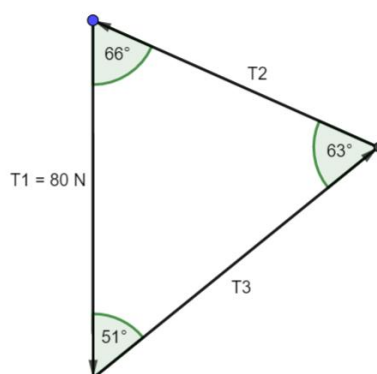
está aplicada, alejándolo del punto de unión. Una vez que entendemos esto, tenemos dos caminos para resolver la situación:

1. Graficando el polígono de fuerzas.
2. Descomponiendo las fuerzas en sus componentes horizontales y verticales.

Solución 1: al haber equilibrio, el polígono de fuerzas necesariamente se va a cerrar sobre sí mismo. La dificultad que se nos presenta es la de colocar correctamente los valores de los ángulos (observar que el peso es siempre vertical, que entre T2 y la horizontal el ángulo es de 24° , y entre T3 y la horizontal es de 39°).



Observar que los ángulos marcados en rojo tienen la misma medida por ser ángulos correspondientes entre paralelas. La situación anterior, se resume en el siguiente gráfico si sumamos los ángulos y calculamos los demás ángulos por diferencia a 180° :



Por último, aplicamos el teorema del seno y resolvemos:

$$\frac{T1}{\text{sen } 63^\circ} = \frac{T2}{\text{sen } 51^\circ} = \frac{T3}{\text{sen } 66^\circ}$$

$$\frac{80 \text{ N}}{\text{sen } 63^\circ} = \frac{T2}{\text{sen } 51^\circ} = \frac{T3}{\text{sen } 66^\circ}$$

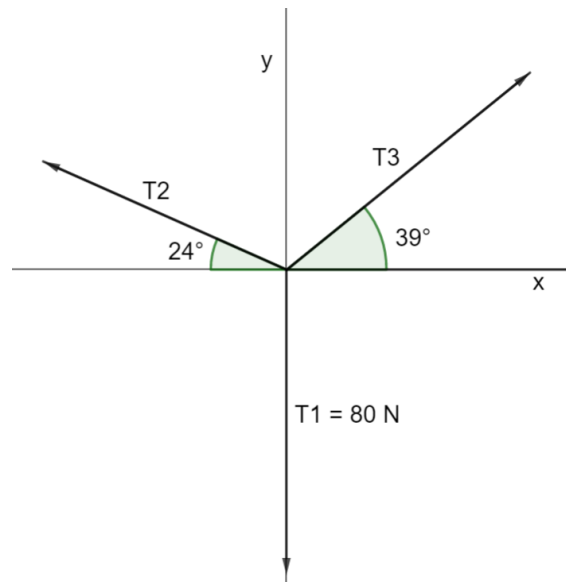
$$T2 = \frac{80 \text{ N} \cdot \text{sen } 51^\circ}{\text{sen } 63^\circ} = 69,77690424 \text{ N}$$

$$T3 = \frac{80 \text{ N} \cdot \text{sen } 66^\circ}{\text{sen } 63^\circ} = 82,02368291 \text{ N}$$

Solución 2: Se descomponen las fuerzas en sus componentes horizontales y verticales. Al haber equilibrio, se verifica que $\Sigma F = 0$, y esto se traduce en equilibrio en cada eje, es decir:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$



En el eje “x” actúan las componentes de $T_2 = -T_2 \cdot \cos 24^\circ$ y de $T_3 = T_3 \cdot \cos 39^\circ$

$\Sigma F_x = 0$ entonces:

$$-T_2 \cdot \cos 24^\circ + T_3 \cdot \cos 39^\circ = 0$$

$$T_3 \cdot \cos 39^\circ = T_2 \cdot \cos 24^\circ$$

$$T_3 = T_2 \cdot \cos 24^\circ / \cos 39^\circ$$

$$T_3 = T_2 \cdot 1,175513356$$

$\Sigma F_y = 0$ entonces:

$$T_2 \cdot \sin 24^\circ + T_3 \cdot \sin 39^\circ - 80 \text{ N} = 0$$

reemplazamos T_3 por $T_2 \cdot 1,175513356$

$$0,406736643 \cdot T_2 + T_2 \cdot 1,175513356 \cdot \sin 39^\circ = 80 \text{ N}$$

$$0,406736643 T_2 + 0,739774525 T_2 = 80 \text{ N}$$

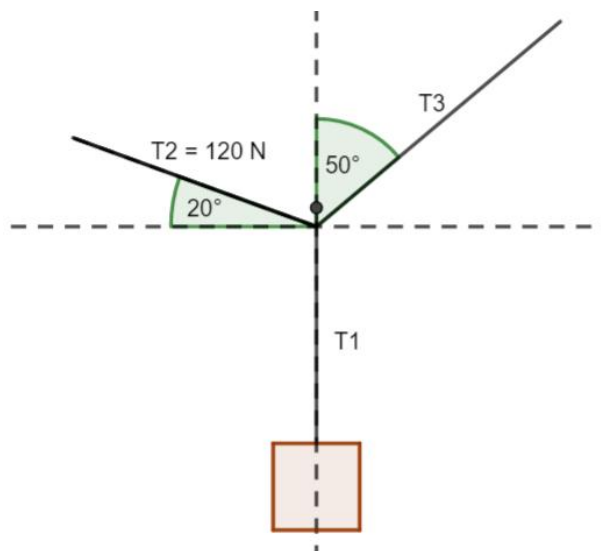
$$1,146511168 T_2 = 80 \text{ N}$$

$$T_2 = 80 \text{ N} / 1,146511168 = 69,77690426 \text{ N}$$

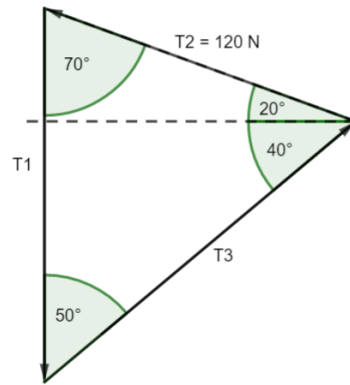
Una vez calculado T_2 , calculamos $T_3 = 69,77690426 \text{ N} \cdot 1,175513356 = 82,0236829 \text{ N}$

Ejercicio 2

Esta situación es similar a la anterior, pero con diferentes valores de datos. Se trata de un cuerpo en equilibrio, sostenido por una soga unida a otras dos. Debemos calcular: T_3 , T_1 y la masa del cuerpo en kg.



El polígono de fuerzas y los ángulos resultan así:



$$\frac{120 \text{ N}}{\sin 50^\circ} = \frac{T3}{\sin 70^\circ} = \frac{T1}{\sin 60^\circ}$$

Por lo tanto:

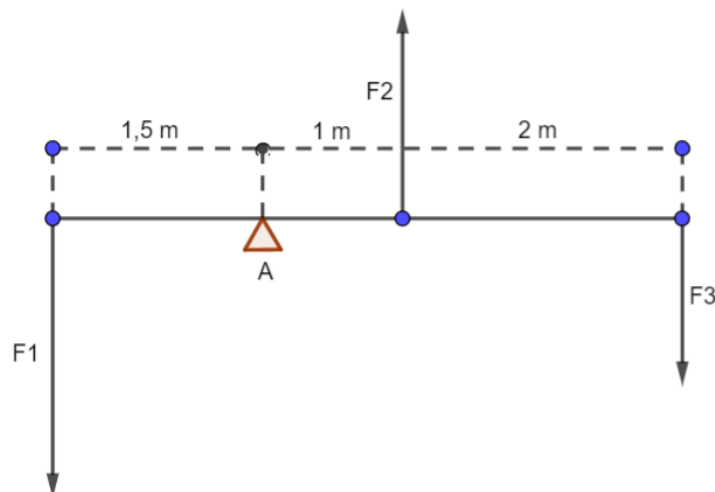
$$T3 = \frac{120 \text{ N} \cdot \sin 70^\circ}{\sin 50^\circ} = 147,2017916 \text{ N}$$

$$T1 = \frac{120 \text{ N} \cdot \sin 60^\circ}{\sin 50^\circ} = 135,661905 \text{ N}$$

Y la masa es $m = 135,661905 \text{ N} / 10 \text{ m/s}^2 = 13,5661905 \text{ kg}$

Ejercicio 3

Decir si la palanca de la figura, que puede oscilar sobre el punto "A", está o no en equilibrio. En caso de que no, indicar el momento resultante y el sentido de giro. Datos: $F1 = 20 \text{ N}$, $F2 = 15 \text{ N}$ y $F3 = 12 \text{ N}$.



Analizamos fuerza por fuerza:

- $F1$ se encuentra a 1,5 m de A y hace girar a la palanca en sentido antihorario.
El momento que produce es $M1 = + 20 \text{ N} \cdot 1,5 \text{ m} = +30 \text{ N} \cdot \text{m}$
- $F2$ se encuentra a 1 m de A y hace girar a la palanca en sentido antihorario.
El momento que produce es $M2 = + 15 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = +15 \text{ N} \cdot \text{m}$
- $F3$ se encuentra a 3 m de A y hace girar a la palanca en sentido horario.
El momento que produce es $M3 = - 12 \text{ N} \cdot 3 \text{ m} = -36 \text{ N} \cdot \text{m}$

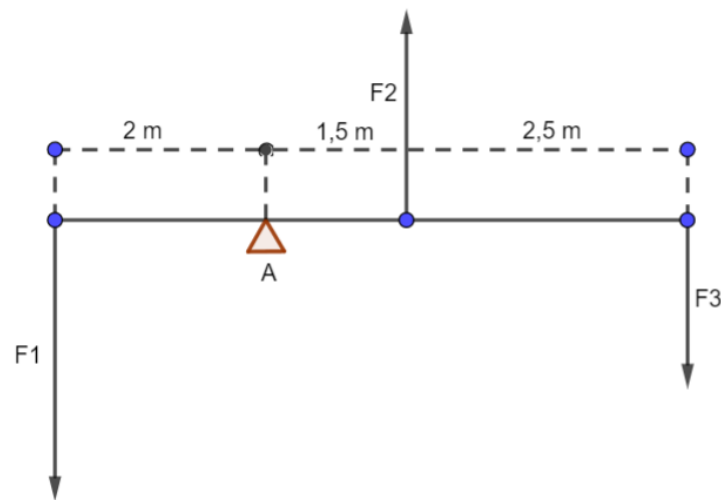
Si calculamos la suma de los momentos obtenemos:

$$\bullet \quad M1 + M2 + M3 = +30 \text{ N} \cdot \text{m} + 15 \text{ N} \cdot \text{m} - 36 \text{ N} \cdot \text{m} = 9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Debido a que el momento resultante es positivo, la barra girará en sentido antihorario alrededor del punto A.

Ejercicio 4

¿Qué valor debe tener F_2 para que la palanca esté en equilibrio? Datos: $F_1 = 3000 \text{ N}$ y $F_3 = 1800 \text{ N}$.



Debido a que el sistema está en equilibrio, se cumplen ambas condiciones de equilibrio: $\Sigma F = 0$ y $\Sigma M = 0$. No es conveniente encarar el problema a partir de la primera condición ($\Sigma F = 0$) debido a que desconocemos dos fuerzas; F_2 y la reacción en A. Planteamos la segunda condición de equilibrio ($\Sigma M = 0$) sobre el punto A.

$$M_1 = + 3000 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} = + 6000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = + F_2 \cdot 1,5 \text{ m}$$

$$M_3 = -1800 \text{ N} \cdot (2,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) = -7200 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$M_1 + M_2 + M_3 = 0$ entonces:

$$+ 6000 \text{ N} \cdot \text{m} + F_2 \cdot 1,5 \text{ m} - 7200 \text{ N} \cdot \text{m} = 0$$

$$F_2 \cdot 1,5 \text{ m} - 1200 \text{ N} \cdot \text{m} = 0$$

$$F_2 \cdot 1,5 \text{ m} = 1200 \text{ N} \cdot \text{m}$$

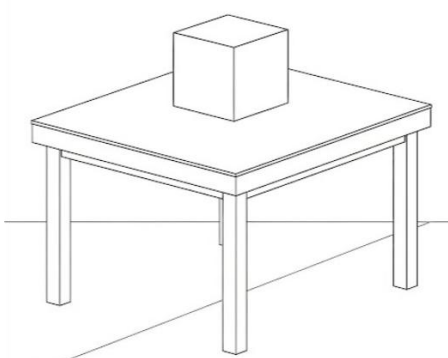
$$F_2 = 1200 \text{ N} \cdot \text{m} / 1,5 \text{ m} = 800 \text{ N}$$

II. EJERCICIOS

Ejercicio 1

Un cuerpo apoyado sobre una mesa está en equilibrio. Sabiendo que el peso del cuerpo es de 5kgf y el peso de la mesa es de 9 kgf.

- Calcular el valor de la fuerza normal que la mesa ejerce sobre el cuerpo.
- Calcular la reacción en cada pata de la mesa.



Ejercicio 2

Si al cuerpo que se encuentra sobre la mesa del ejercicio anterior se le ata una cantidad de globos con helio que le provocan una fuerza de elevación de 0,2 kgf.

- Calcular el valor de la fuerza normal que la mesa ejerce sobre el cuerpo.
- Calcular la reacción en cada pata de la mesa.

Ejercicio 3

Calcular y graficar la resultante de las fuerzas F_1 y F_2 del gráfico.



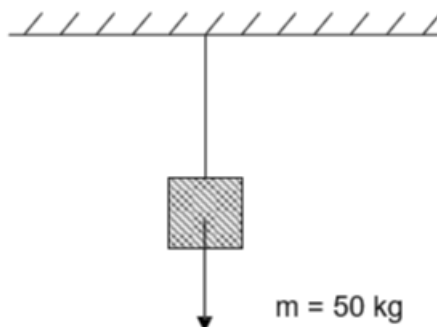
Ejercicio 4

Calcular y graficar la resultante de las fuerzas F_1 y F_2 del gráfico.



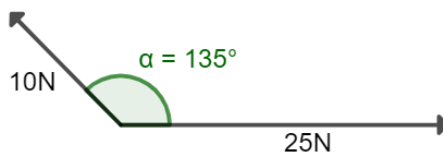
Ejercicio 5

El esquema de la figura representa un cuerpo suspendido sostenido del techo por medio de una soga. Su masa es de 50 kg. ¿Cuál es la tensión y el sentido de la soga?

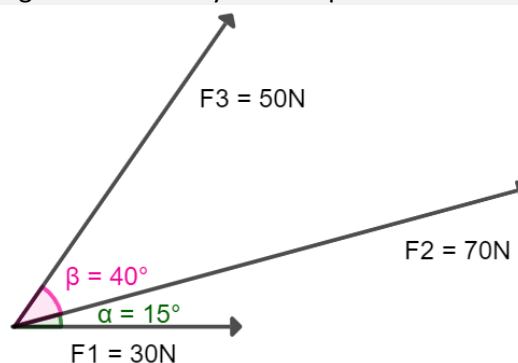


Ejercicio 6

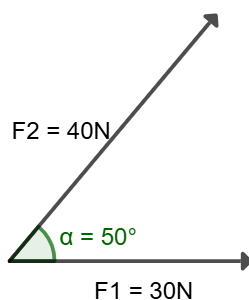
Calcular el valor de la resultante de las fuerzas dadas. Realice el método del paralelogramo para encontrar la dirección y sentido de la resultante

**Ejercicio 7**

Encontrar gráficamente la resultante y la equilibrante del sistema de fuerzas dado. Graficar a escala, dibujar la resultante, medir su valor con una regla milimetrada y dar la equivalencia en Newton

**Ejercicio 8**

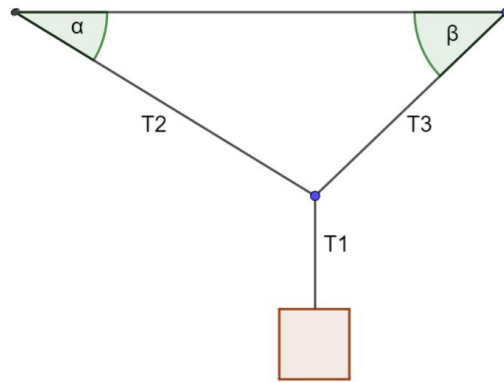
Graficar y verificar, a través de los cálculos, la resultante y la equilibrante del siguiente sistema de fuerzas concurrentes $F_1 = 30\text{ N}$ y $F_2 = 40\text{ N}$. El ángulo entre las dos fuerzas es $\alpha = 50^\circ$.

**Ejercicio 9**

Calcular el momento de P respecto al punto A. Siendo $P = 30\text{ N}$ y la distancia $d = 2\text{m}$.

**Ejercicio 10**

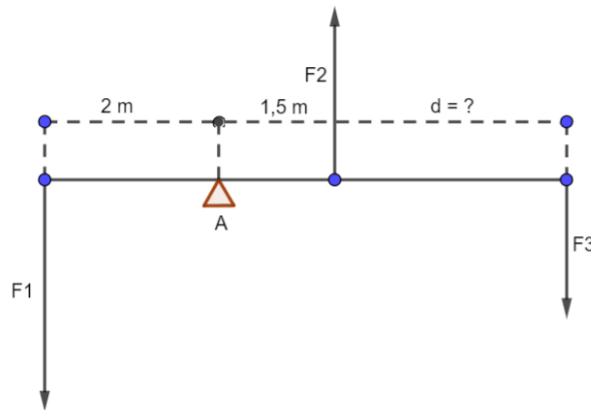
El bloque de la figura, de 10 kg de masa, se encuentra en reposo. Calcular las tensiones T_1 , T_2 y T_3 de las cuerdas que lo sostienen. Datos: $\alpha = 30^\circ$ y $\beta = 45^\circ$.



Ejercicio 11

El sistema de fuerzas de la figura está sometida a 3 fuerzas: $F_1 = 400 \text{ N}$; $F_2 = 300 \text{ N}$ y $F_3 = 250 \text{ N}$. El sistema está en equilibrio.

- Calcular el valor de la distancia entre F_2 y F_3 : "d". Las distancias están en metros.
- Calcular la reacción en el punto A e indicar hacia dónde está dirigida.



Respuestas ejercicios

Ejercicio1

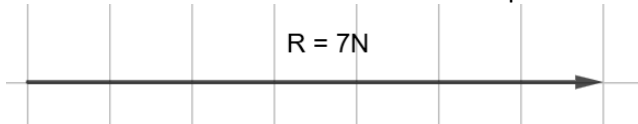
- Fuerza normal: 5 kgf
- Reacción en cada pata: 3,5 kgf

Ejercicio2

- Fuerza normal: 4,8 kgf
- Reacción en cada pata: 3,45 kgf

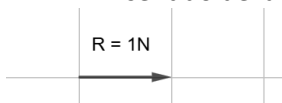
Ejercicio 3

$R = 7 \text{ N}$. El sentido de la resultante es de izquierda a derecha.



Ejercicio 4

$R = 1 \text{ N}$. El sentido de la resultante es de izquierda a derecha.



Ejercicio 5

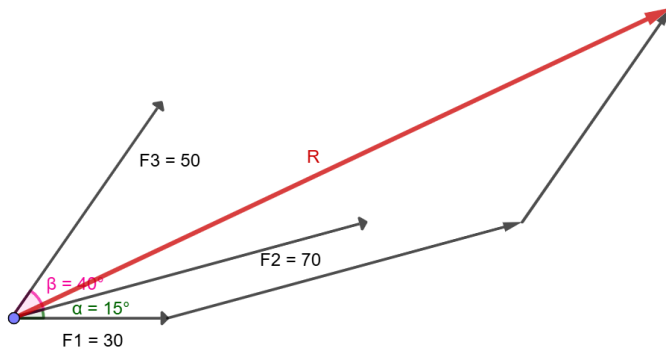
$R = 500 \text{ N}$. El sentido de la resultante es vertical de abajo hacia arriba.

Ejercicio 6

19,2729502 N

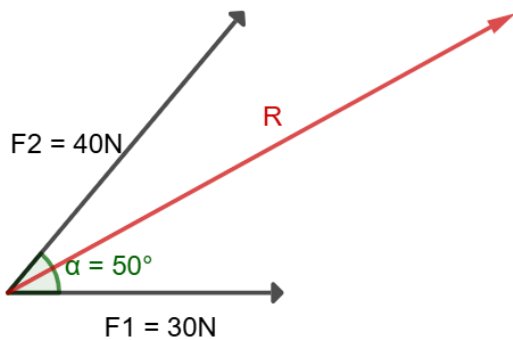
Ejercicio 7

Solución gráfica.



Ejercicio 8

$R = 63,58215365$ N. La equilibrante es igual a la resultante pero de sentido opuesto.



Ejercicio 9

$M = 60$ Nm

Ejercicio 10

$T_1 = 100$ N; $T_2 = 73,20508076$ N; $T_3 = 89,65754722$ N

Ejercicio 11

- a) $d = 3,5$ m
- b) La reacción en A es $R_A = 350$ N, dirigida hacia arriba.

III. AUTOEVALUACIÓN

- 1) ¿Qué es la Estática?
 - a) El estudio de los cuerpos en movimiento.
 - b) El estudio de los cuerpos que se deforman bajo la acción de fuerzas.
 - c) El estudio de las fuerzas en equilibrio.
 - d) El estudio de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza.
- 2) ¿Cómo se define una Fuerza?
 - a) Como la masa de un objeto multiplicada por la aceleración de la gravedad.
 - b) Como la capacidad de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo o provocar su deformación.
 - c) Como la unidad de medida en el Sistema Internacional (SI).
 - d) Como una magnitud escalar sin dirección ni sentido.
- 3) ¿Cuál es la unidad de medida de la masa en el Sistema Internacional (SI)?
 - a) Kilogramo (kg)
 - b) Newton (N)
 - c) Gramo (g)
 - d) Dina (dyn)
- 4) ¿Qué tipo de magnitud es la fuerza?
 - a) Escalar
 - b) Vectorial
 - c) Fundamental
 - d) Derivada
- 5) ¿Qué aparato se utiliza para medir la intensidad de las fuerzas?
 - a) Barómetro
 - b) Termómetro
 - c) Balanza.
 - d) Dinamómetro
- 6) ¿Cuál es la principal diferencia entre masa y peso?
 - a) La masa depende de la posición, mientras que el peso es constante.
 - b) La masa es una magnitud vectorial, mientras que el peso es una magnitud escalar.
 - c) El peso depende de la posición relativa del objeto, mientras que la masa no.
 - d) La masa se mide en Newton y el peso en kilogramos.
- 7) ¿Qué es la resultante de un sistema de fuerzas?
 - a) La suma de todas las fuerzas actuando sobre un cuerpo, siempre es nula.
 - b) Una fuerza que anula el efecto de todas las demás fuerzas.
 - c) La única fuerza que produce el mismo efecto que varias fuerzas actuando simultáneamente sobre un cuerpo.
 - d) El punto de aplicación de la fuerza más grande en el sistema.
- 8) ¿Cuándo se dice que un sistema de fuerzas está en equilibrio?
 - a) Cuando la suma de las fuerzas es diferente de cero.
 - b) Cuando su resultante es nula.
 - c) Cuando el cuerpo se mueve con velocidad constante.
 - d) Cuando las fuerzas son colineales.
- 9) ¿Cuál es la unidad de medida de la fuerza en el Sistema Internacional de Unidades (SI)?

- a) Kilogramo
 - b) Dina
 - c) Newton
 - d) Gramo
- 10) ¿Qué es la fuerza equilibrante?
- a) Una fuerza que tiene el mismo sentido y dirección que la resultante.
 - b) Una fuerza que anula a la resultante.
 - c) Una fuerza que tiene menor módulo que la resultante.
 - d) Una fuerza que solo actúa en sistemas de fuerzas paralelas.
- 11) ¿Cuál es la característica principal de la Fuerza Normal?
- a) Siempre es paralela a la superficie de contacto.
 - b) Siempre tiene la misma dirección y módulo que el peso.
 - c) Siempre actúa de forma perpendicular a la superficie de contacto.
 - d) Es una fuerza a distancia.
- 12) ¿Cuál de las siguientes opciones describe un sistema de equilibrio indiferente?
- a) El centro de gravedad está por encima del punto de suspensión.
 - b) El punto de suspensión está por debajo del centro de gravedad.
 - c) La vertical que pasa por el punto de suspensión pasa por el centro de gravedad, y el cuerpo permanece en equilibrio en cualquier posición.
 - d) El cuerpo vuelve a su posición original después de ser apartado.
- 13) ¿Cómo se clasifica la fuerza de gravedad?
- a) Fuerza a distancia
 - b) Fuerza de contacto
 - c) Fuerza de fricción
 - d) Fuerza de reacción
- 14) ¿Qué método gráfico puede usar para sumar varias fuerzas concurrentes?
- a) El método del paralelogramo (sumando de a dos) y el método de la poligonal.
 - b) El método de la poligonal.
 - c) La suma vectorial directa.
 - d) El método del paralelogramo únicamente.
- 15) Para la composición de fuerzas colineales de igual dirección y sentido contrario, ¿cómo se calcula el módulo de la fuerza resultante?
- a) Sumando los módulos de cada fuerza.
 - b) Restando los módulos de cada fuerza.
 - c) Multiplicando los módulos.
 - d) Dividiendo los módulos.
- 16) ¿Qué es el momento de una fuerza respecto a un punto O?
- a) La suma de la fuerza y la distancia al punto.
 - b) El producto de la fuerza por la distancia perpendicular del punto a la fuerza.
 - c) La fuerza que anula el movimiento.
 - d) El punto de aplicación de la fuerza.
- 17) ¿Qué signo se le asigna a un momento que produce un giro en sentido antihorario, por convención?
- a) Negativo
 - b) Cero
 - c) Positivo

d) Depende del cuadrante

18) ¿Qué es una magnitud vectorial?

- a) Una magnitud que solo tiene un valor numérico.
- b) Una magnitud que tiene módulo, dirección, sentido y punto de aplicación.
- c) Una magnitud que no se puede medir.
- d) Una magnitud que es siempre igual a cero.

19) ¿Qué es el centro de gravedad de un cuerpo?

- a) El punto de aplicación de la fuerza de rozamiento.
- b) Un punto donde la masa es máxima.
- c) Un punto que siempre coincide con el centro geométrico del cuerpo.
- d) El punto de aplicación de la resultante de todas las acciones de la gravedad sobre las moléculas del cuerpo.

20) ¿Qué es un equilibrio inestable para un cuerpo suspendido?

- a) Cuando el punto de suspensión está por encima del centro de gravedad.
- b) Cuando la vertical que pasa por el punto de suspensión pasa por el centro de gravedad.
- c) Cuando el punto de suspensión está por debajo del centro de gravedad.
- d) Cuando el cuerpo vuelve a su posición original después de ser apartado.

Respuestas autoevaluación

1) c) El estudio de las fuerzas en equilibrio.

2) b) Como la capacidad de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo o provocar su deformación.

3) a) Kilogramo (kg).

4) b) Vectorial.

5) d) Dinamómetro.

6) c) El peso depende de la posición relativa del objeto, mientras que la masa no.

7) c) La única fuerza que produce el mismo efecto que varias fuerzas actuando simultáneamente sobre un cuerpo.

8) b) Cuando su resultante es nula.

9) c) Newton.

10) b) Una fuerza que anula a la resultante.

11) c) Siempre actúa de forma perpendicular a la superficie de contacto.

12) c) La vertical que pasa por el punto de suspensión pasa por el centro de gravedad, y el cuerpo permanece en equilibrio en cualquier posición.

13) a) Fuerza a distancia.

14) a) El método del paralelogramo (sumando de a dos) y el método de la poligonal.

- 15) b) Restando los módulos de cada fuerza.
- 16) b) El producto de la fuerza por la distancia perpendicular del punto a la fuerza.
- 17) c) Positivo.
- 18) b) Una magnitud que tiene módulo, dirección, sentido y punto de aplicación.
- 19) d) El punto de aplicación de la resultante de todas las acciones de la gravedad sobre las moléculas del cuerpo.
- 20) c) Cuando el punto de suspensión está por debajo del centro de gravedad.

PRESIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Presión. Definición
 - 1.2. Unidades de presión
 - 1.3. Diferencia entre fuerza y presión
2. El Principio de Pascal
 - 2.1. La prensa hidráulica
3. Hidrostática
 - 3.1. Presiones ejercidas por los líquidos
 - 3.2. Superficies de igual presión
 - 3.3. Valor de la presión
 - 3.4. Significado de la fórmula $p = h \cdot \rho$
 - 3.5. Teorema fundamental de la hidrostática
 - 3.6. Vasos comunicantes
 - 3.7. La paradoja hidrostática

II. EJERCICIOS

III. AUTOEVALUACIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Presión. Definición

La presión ejercida por una fuerza sobre una superficie es el cociente entre la fuerza aplicada y dicha superficie.

En símbolos: $p = \frac{F}{S}$ (1)

p = presión

F = fuerza

S = superficie

Luego:

La presión es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la superficie.

De la fórmula (1) resulta la siguiente consecuencia: **Presión es la fuerza aplicada por unidad de superficie.**

Es decir, a igualdad de fuerzas, la presión será mayor cuanto menor sea la superficie sobre la cual actúa esa fuerza.

El uso de esquís para circular por la nieve es un clásico ejemplo para comprender que “a mayor superficie, menor presión”, de modo de evitar hundimiento en la superficie nevada. También, un cuchillo con filo afilado tiene una superficie de contacto muy pequeña, lo que permite que una pequeña fuerza aplicada genere una presión enorme, suficiente para cortar. De igual manera, la punta de un alfiler concentra la fuerza en un área minúscula, lo que le permite perforar una tela con facilidad.

1.2. Unidades de presión

En el sistema c.g.s.

Unidad de F = [dyn]

Unidad de S = [cm²]

Luego, $[p] = \left[\frac{\text{din}}{\text{cm}^2} \right] = [\text{baria}]$

Baria es la presión ejercida por una fuerza de una dina sobre una superficie de un centímetro cuadrado. Un Bar es la presión ejercida por una fuerza de un millón de barias sobre una superficie de un centímetro cuadrado.

En el sistema técnico

Unidad de $F = [\text{kgf}]$

Unidad de $S = [\text{m}^2]$

$$\text{Luego, } [p] = \left[\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right]$$

En el SIMELA

Unidad de $F = [\text{N}]$ (Newton)

Unidad de $S = [\text{m}^2]$

$$\text{Luego, } [p] = \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = \text{Pa (Pascal)}$$

Pascal: unidad de presión en SIMELA. Es la presión ejercida por la fuerza de un Newton al distribuirse sobre una superficie de un metro cuadrado.

El pascal es una unidad muy pequeña para medir la presión atmosférica, que es lo que suelen reportar los meteorólogos. La presión atmosférica promedio a nivel del mar es de aproximadamente 101.325 pascles. Este número es bastante grande y poco práctico para su uso diario. Para evitar tener que escribir y manejar cifras tan elevadas, se utiliza el hectopascal. El hectopascal (hPa) equivale a 100 pascles y, al utilizarlo, la presión atmosférica promedio se convierte en 1013,25 hPa.

1.3. Diferencia entre fuerza y presión

No es lo mismo fuerza que presión. Puede ocurrir que:

Fuerzas iguales pueden producir presiones diferentes

Sean dos cuerpos de 20 kgf, pero uno con 10 cm² de base, y el otro con solo 5 cm².

Las presiones que c/uno ejerce sobre su base son:

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} = \frac{20 \text{ kgf}}{10 \text{ cm}^2} = 2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2} = \frac{20 \text{ kgf}}{5 \text{ cm}^2} = 4 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

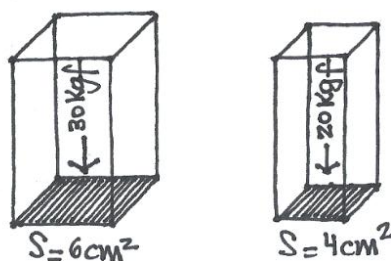
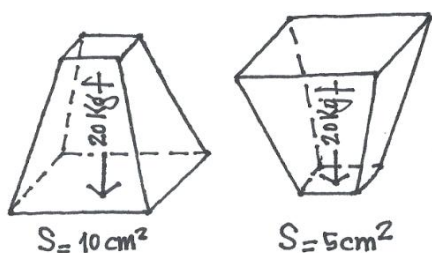
Fuerzas diferentes pueden producir presiones iguales

Sean dos cuerpos: uno pesa 30 kgf y su base mide 6 cm²; el otro pesa 20 kgf y su base mide 4 cm².

Las presiones que c/uno ejerce sobre su base son:

$$p_1 = \frac{30 \text{ kgf}}{6 \text{ cm}^2} = 5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$p_2 = \frac{20 \text{ kgf}}{4 \text{ cm}^2} = 5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



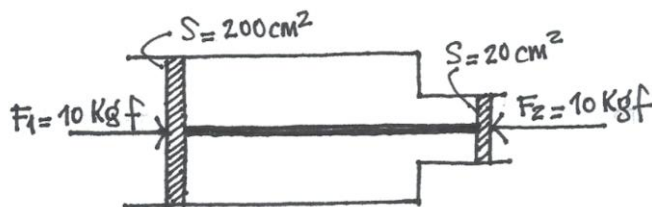
2. El Principio de Pascal

Una característica de los sólidos es tener forma propia. Los líquidos, en cambio, no tienen forma determinada y adoptan la del recipiente que los contiene. Otra diferencia fundamental es que los sólidos transmiten fuerza y los líquidos transmiten presiones.

Analicemos un caso:

Si sobre un pistón chico aplicamos una fuerza de 10 kgf, para equilibrarla debe ejercerse sobre el pistón grande una fuerza de 10 kgf: la varilla ha transmitido la fuerza. *Un sólido transmite la fuerza que se ejerce sobre él.*

Para este caso $F_1 = 10 \text{ kgf}$ debe ser $F_2 = 10 \text{ kgf}$. Si $S_1 = 200 \text{ cm}^2$ y $S_2 = 20 \text{ cm}^2$, se obtienen diferentes presiones a pesar de aplicarse fuerzas iguales.



$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} = \frac{10 \text{ kgf}}{200 \text{ cm}^2} = 0,05 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2} = \frac{10 \text{ kgf}}{20 \text{ cm}^2} = 0,5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

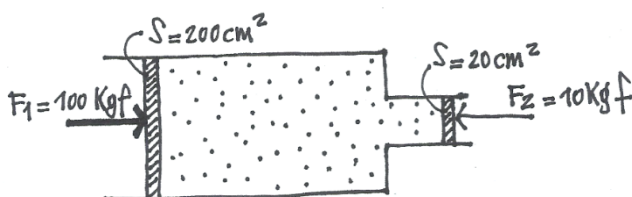
“los sólidos transmiten la fuerza en su dirección y sentido”

“iguales fuerzas, diferentes presiones”

Analicemos otro caso:

Saquemos la varilla que une los pistones, y llenemos el cilindro con agua. Volvamos a aplicar la fuerza de 10 kgf sobre el pistón chico. Observaremos que para equilibrarla necesitamos aplicar sobre el pistón grande no 10, sino 100 kgf. Por lo que vemos que los líquidos no transmiten las fuerzas.

Sobre el émbolo chico se aplicó una fuerza de 10 kgf, y como su superficie mide 20 cm^2 , la presión ejercida es de $0,5 \text{ kgf/cm}^2$. Sobre el émbolo grande se ha aplicado una fuerza de 100 kgf, y como la superficie es de 200 cm^2 , la presión ejercida es de $0,5 \text{ kgf/cm}^2$. Se obtienen iguales presiones a pesar de aplicarse fuerzas distintas. *Un líquido transmite la presión que se ejerce sobre él.*



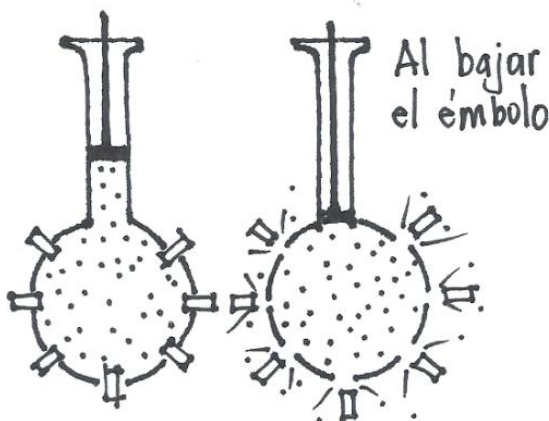
$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} = \frac{100 \text{ kgf}}{200 \text{ cm}^2} = 0,5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2} = \frac{10 \text{ kgf}}{20 \text{ cm}^2} = 0,5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

“los líquidos transmiten la presión en todas direcciones y sentidos”

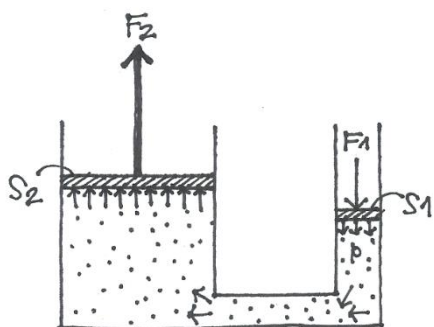
“iguales presiones, diferentes fuerzas”

Los sólidos transmiten la fuerza que se aplica solamente en la dirección de esa fuerza, mientras que el **Principio de Pascal** enuncia que **“un líquido transmite en todas direcciones la presión que se ejerce sobre él”**. Transmitir presiones -y no fuerzas- es una propiedad de los líquidos, tan característica, que se la puede tomar como definición de líquido.



2.1. La prensa hidráulica

La propiedad de los líquidos, de multiplicar o reducir una fuerza, tiene muchas aplicaciones. Una de ellas es la prensa hidráulica. En el esquema puede observarse que sobre el pistón pequeño se aplica una fuerza F_1 , sobre el grande aparece una fuerza F_2 . Como las presiones en los dos émbolos son iguales:



$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}, p_2 = \frac{F_2}{S_2} \quad \therefore \quad \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad \therefore \quad \boxed{F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}}$$

Esta fórmula expresa que, si la superficie S_2 es 100 veces mayor que la S_1 , la fuerza que se aplique en ésta aparecerá en el émbolo grande multiplicada por 100.

Veamos un ejemplo: si $F_1 = 10 \text{ kgf}$, $S_1 = 2 \text{ cm}^2$ y $S_2 = 100 \text{ cm}^2$, ¿cuál es el valor de F_2 ?:

$F_2 = 10 \text{ kgf} \cdot \frac{100 \text{ cm}^2}{2 \text{ cm}^2} = 500 \text{ kgf}$, es decir que obtuvimos 500 kgf a partir de 10 kgf (se multiplicó por 50 la fuerza aplicada).

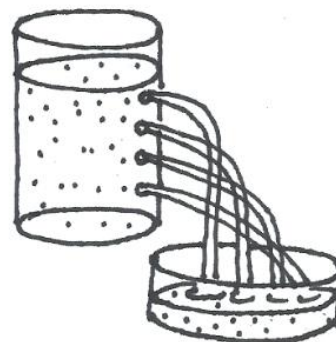
3. Hidrostática

La hidrostática es el estudio de los líquidos en equilibrio (o en reposo).

3.1. Presiones ejercidas por los líquidos

En todo punto interior de un líquido hay presiones en todas direcciones y en todos los sentidos, y todas son iguales. Además:

- La presión ejercida por un líquido sobre las paredes de un recipiente es normal (perpendicular) a ellas.
- La presión en el seno de un líquido en equilibrio es la misma en cualquier dirección y sentido.
- La presión ejercida sobre una superficie en el seno de un líquido es perpendicular a ésta.



3.2. Superficies de igual presión

Si consideramos una gota como debajo de otra, la de abajo soporta mayor presión, pues se agrega la provocada por el peso de la de arriba. Si consideramos la que está encima, ésta soporta menor presión. Pero, dos gotas que están en un mismo plano horizontal soportan iguales presiones, pues sino se moverían. En conclusión:

- a) La presión depende de la profundidad.
- b) Todos los puntos de un mismo plano horizontal soportan la misma presión.

3.3. Valor de la presión

Consideremos una superficie horizontal " S " de un líquido en reposo, a una profundidad " h ". Todos los puntos que están en esa superficie soportan la misma presión, pero ¿cuánto vale esa presión? y ¿de qué factores depende? En primer lugar, esa presión se debe al peso " F " de la columna de líquido que hay encima de la superficie " S ". Sabemos que:

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

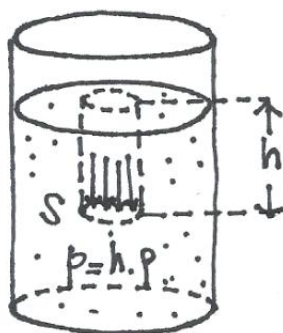
Si llamamos “V” al volumen de la columna de líquido, y “ρ” a su peso específico, el peso “F” es:

$$F = V \cdot \rho$$

Y, como el volumen es $V = S \cdot h$ (superficie por altura), reemplazando en la fórmula de la presión, se tiene que “la presión es igual a la altura por el peso específico”.

$$p = \frac{V \cdot \rho}{S} = \frac{S \cdot h \cdot \rho}{S}$$

$$p = h \cdot \rho$$



El peso específico de un cuerpo es igual al cociente entre su peso y su volumen: $\rho = \frac{P}{V}$; mientras que la densidad es igual al cociente entre la masa y el volumen: $\delta = \frac{m}{V}$

3.4. Significado de la fórmula $p = h \cdot \rho$

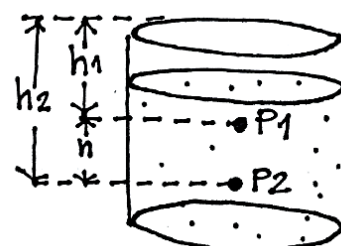
La fórmula nos dice que:

- La presión es directamente proporcional a la profundidad. A mayor profundidad, mayor presión. Pero no solo eso, sino que si a una profundidad h , la presión es p ; al doble de profundidad, $2h$, la presión es exactamente el doble, $2p$; y al triple de profundidad, $3h$, la presión es el triple, etc.
- La presión es directamente proporcional al peso específico del líquido. Si medimos la presión a una profundidad de, por ejemplo, 20 cm en el agua, y a 20 cm en otro líquido de peso específico mayor, la presión en éste es mayor. Pero no solo eso: si el peso específico es el doble del agua, la presión será doble; si es triple, triple será la presión, etc.
- La presión del líquido no depende del peso total del líquido. La fórmula $p = h \cdot \rho$ solo se ocupa de la altura y del peso específico del líquido que tiene encima. No depende tampoco de la forma que tenga el recipiente.

3.5. Teorema fundamental de la hidrostática

Entre dos puntos situados a una misma profundidad no hay diferencia de presiones. Pero sí las hay cuando están a niveles diferentes. ¿A cuánto asciende esa diferencia de presiones?

$$\begin{aligned} p_1 &= h_1 \cdot \rho \\ p_2 &= h_2 \cdot \rho \\ p_2 - p_1 &= (h_2 \cdot \rho) - (h_1 \cdot \rho) = (h_2 - h_1) \cdot \rho \\ p_2 - p_1 &= \rho \cdot h \end{aligned}$$



La diferencia de presiones entre dos puntos de un mismo líquido es igual al producto del peso específico del líquido por la diferencia de niveles. Si están en un mismo nivel, la diferencia de presiones es nula.

Veamos un ejemplo. Un recipiente está lleno de mercurio. Calcular la diferencia de presiones entre dos puntos situados a 4 cm y a 6 cm de profundidad. El peso específico del mercurio es $\rho = 13,6 \frac{\text{gf}}{\text{cm}^3}$.

Reemplazamos en la fórmula:

$$p_2 - p_1 = (6 \text{ cm} - 4 \text{ cm}) \cdot 13,6 \frac{\text{gf}}{\text{cm}^3}.$$

$$p_2 - p_1 = 27,2 \frac{\text{gf}}{\text{cm}^3}$$

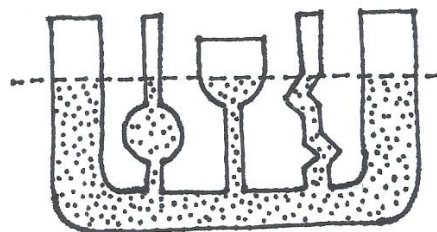
3.6. Vasos comunicantes

Los vasos comunicantes son un conjunto de recipientes interconectados que contienen líquido. Puede tratarse del a) mismo líquido o b) de dos líquidos no miscibles (que no se mezclan, por ejemplo, agua-aceite; agua-querosén).

- a) Si los vasos comunicantes poseen un mismo líquido, el nivel del líquido es el mismo en todas sus ramas.**

Cuando se introduce un líquido en uno de los recipientes, este fluirá hacia los demás hasta que el nivel del líquido sea el mismo en todos los recipientes, sin importar si tienen diferentes formas o tamaños.

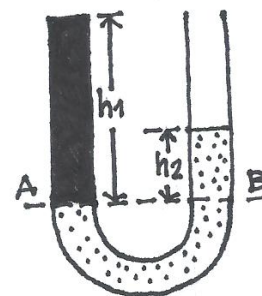
Este fenómeno se debe a la presión hidrostática, que es la presión que ejerce un líquido sobre un punto debido a su peso. La presión hidrostática es la misma a la misma profundidad en todos los vasos conectados, por lo que el líquido se equilibra a la misma altura.



- b) Si los vasos comunicantes poseen dos líquidos no miscibles las alturas alcanzadas en las distintas ramas son inversamente proporcionales a los pesos específicos de aquellos.**

Si en un sistema de vasos comunicantes como el de la figura se colocan dos líquidos que no se mezclan, se establece una superficie de separación (designada como AB) cuyos puntos soportarán igual presión. En consecuencia, $P_A = P_B$ (1), por el teorema general de la hidrostática, $P_A = h_1 \cdot \rho_1$ y $P_B = h_2 \cdot \rho_2$ y según (1) resulta: $h_1 \cdot \rho_1 = h_2 \cdot \rho_2$ expresión que escrita en forma de proporción queda:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

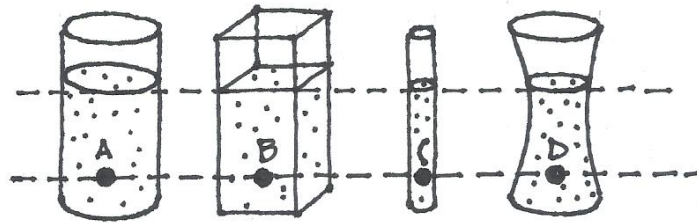


3.7. La paradoja hidrostática

La paradoja hidrostática, también conocida como paradoja de Stevin, establece que la presión en el fondo de un recipiente lleno de líquido no depende de la forma del recipiente ni de la cantidad de líquido, sino únicamente de la altura del líquido y de su densidad. En otras palabras, dos recipientes con diferentes formas y capacidades, pero con la misma altura de líquido y del mismo tipo, ejercerán la misma presión en sus bases.

Aunque la cantidad de líquido y la forma del recipiente puedan variar, si la altura del líquido y su densidad son iguales, la presión en el fondo será la misma. Esto puede resultar contraintuitivo, ya que a menudo se asocia más presión a mayor cantidad de líquido o a recipientes más grandes.

Imagina recipientes de diferentes formas que están llenos de agua hasta la misma altura. A pesar de que la cantidad de agua y la forma de los recipientes son distintas, la presión en el fondo de cada uno de ellos será la misma porque la altura del agua y su densidad son idénticas. En resumen, la paradoja hidrostática nos recuerda que la presión en un fluido en reposo depende únicamente de la profundidad y la densidad del fluido, y no de otros factores como la forma del recipiente o la cantidad de líquido presente. En el gráfico que se presenta, para los puntos A, B, C y D la presión hidrostática es igual en todos los casos ya que se encuentran al mismo nivel y en el mismo líquido, más allá de la forma y volumen de los recipientes.



II. EJERCICIOS

Ejercicio 1

Calcular la **presión** que se ejerce sobre una superficie de 1 metro cuadrado cuando se aplica una fuerza de 100 N. Expresar en Pascales.

Ejercicio 2

Calcular la **presión** que ejerce sobre un plano un objeto que pesa 4,2 N. El objeto está apoyado sobre un rectángulo cuyos lados miden 40 cm y 20 cm, respectivamente. Expresar en Pascales.

Ejercicio 3

Calcular la **presión** que ejerce un triángulo de 0,20 m de base y 0,40 m de altura sobre el que se aplica una fuerza de 200 kgf. Expresar en kgf/m^2 y en Pascales.

Ejercicio 4

Calcular la **fuerza** que ejerce un prisma de $0,0002 \text{ m}^2$ de base sabiendo que produce una presión de 1000 kgf/m^2 . Expresar en kgf.

Ejercicio 5

Calcular la **superficie** de contacto de un cuerpo que ejerce una fuerza de 1 tonelada-fuerza sabiendo que ejerce una presión de 50 kgf/m^2 . Expresar en m^2 .

Ejercicio 6

Un esquiador de 75 kgf de peso se desliza sobre la nieve con dos esquís de 1500 cm^2 de superficie cada uno.

- ¿Qué **presión** ejercerá sobre la nieve? Expresar en kgf/m^2 .
- Tras caerse debe andar sobre la nieve con sus botas de 100 cm^2 de superficie cada una, ¿cuál sería la **presión** ejercida en este caso? Expresar en kgf/m^2 .
- ¿En cuál de los dos casos le resultará más fácil desplazarse?, ¿Por qué?

Ejercicio 7

La superficie del pistón chico de una prensa hidráulica mide 20 cm^2 . Si sobre él actúa una fuerza de 10 kgf, ¿qué **fuerza** se obtendrá en el pistón grande, de 5000 cm^2 de superficie? Expresar en kgf.

Ejercicio 8

Se desea construir una prensa hidráulica para ejercer fuerzas de 1 tonelada-fuerza. ¿Qué **superficie** deberá tener el pistón grande, si sobre el menor, de 30 cm^2 , se aplicará una fuerza de 50 kgf? Expresar en cm^2 y en m^2 .

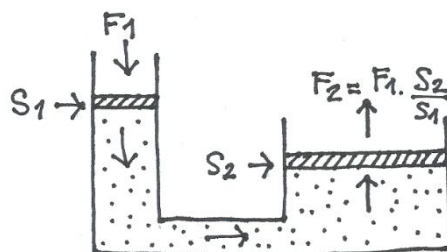
Ejercicio 9

Para hacer funcionar un elevador se utiliza una presión de hasta 6 kgf/cm^2 . ¿Hasta qué **peso** podrá levantar si el diámetro del pistón grande mide 20 cm? Expresar en kgf.

Ejercicio 10

El esquema muestra un elevador hidráulico:

- Explica su funcionamiento. ¿En qué **principio** se basa?
- Si quisiéramos elevar un vehículo de 20000 N realizando la menor fuerza posible, ¿en qué émbolo deberíamos situarla?, ¿por qué?
- Si suponemos que el émbolo menor tiene una superficie de 800 cm^2 y el mayor de $2,4 \text{ m}^2$, ¿qué **fuerza** debemos realizar sobre el otro émbolo para levantar el vehículo? Expresar en N.



Ejercicio 11

Se desea fabricar una prensa hidráulica de modo que las fuerzas aplicadas se multipliquen por mil; la superficie mayor debe medir 10000 cm^2 , ¿cuánto medirá la **superficie menor**?

Ejercicio 12

Un objeto está sumergido en un líquido a una profundidad de 5 metros. Si el peso específico del líquido es de 1200 kgf/m^3 , calcula la **presión hidrostática** que se ejerce sobre el objeto. Expresar en kgf/m^2 .

Ejercicio 13

A 0,80 metros de profundidad, la presión en el fondo de un tanque lleno de líquido es de 7360 Pa. ¿Cuál es el **peso específico** del líquido? Expresar en gf/cm^3 .

Ejercicio 14

Calcular la **diferencia de presiones** que existe entre un punto ubicado a 6 metros de profundidad, con respecto a otro, situado a 10 metros de profundidad, ambos bajo el nivel del mar, en una zona donde el peso específico es de $1,04 \times 10^3 \text{ kgf/m}^3$. Expresar en Pascales.

Respuestas ejercicios

Ejercicio 1

100 Pa

Ejercicio 2

52,5 Pa

Ejercicio 3

5000 kgf/m^2 ; 50000 Pa

Ejercicio 4

0,2 kgf

Ejercicio 5

20 m^2

Ejercicio 6

- a) 250 kgf/m^2 cada uno
- b) 3750 kgf/m^2
- c) Le resultará más fácil desplazarse sobre los esquís ya que dispone de mayor superficie de apoyo para soportar el peso.

Ejercicio 7

2500 kgf

Ejercicio 8

600 cm^2 ; $0,06 \text{ m}^2$

Ejercicio 9

1884,955592 kgf

Ejercicio 10

- a) El funcionamiento se basa en el principio de Pascal que establece que un cambio en la presión de un fluido incompresible en un recipiente cerrado se transmite de manera uniforme a todas las partes del fluido. En

una prensa hidráulica, como el esquema, la fuerza aplicada en el émbolo menor se multiplicaría al interior del líquido obteniéndose una fuerza mayor sobre el émbolo mayor.

- b) Para determinar en qué émbolo deberíamos situar la fuerza para elevar el vehículo de 20000 N necesitamos considerar el principio de Pascal y la relación entre las áreas de los émbolos. Para realizar la menor fuerza posible debemos aplicar la fuerza en el émbolo pequeño, y ubicar el auto en el émbolo mayor. La cantidad de fuerza que se puede amplificar depende de la relación de las áreas de los dos émbolos. La fuerza aplicada en el émbolo pequeño se multiplica en el émbolo grande debido a su área mayor. Si el área del émbolo grande es significativamente mayor que la del émbolo pequeño, entonces la fuerza requerida para elevar el vehículo se puede reducir en gran medida.
- c) 666,6 N

Ejercicio 11

Como la razón de las fuerzas es 1000, la razón entre las superficies debe tener el mismo valor; luego, la menor debe ser 1000 veces menor, o sea, medirá solo 10 cm².

Ejercicio 12

6000 kgf/m²

Ejercicio 13

0,92 gf/cm³

Ejercicio 14

41600 Pa

III. AUTOEVALUACIÓN

- 1) ¿Cuál es la definición de presión?
 - a) El cociente entre la fuerza aplicada y la superficie sobre la cual actúa.
 - b) La fuerza aplicada por un cuerpo sobre otro.
 - c) El volumen de un líquido por su peso específico.
 - d) El producto de la fuerza por la superficie.
- 2) De acuerdo con el Principio de Pascal, ¿qué se puede afirmar sobre los líquidos?
 - a) Transmiten la fuerza que se ejerce sobre ellos en la misma dirección.
 - b) Transmiten la fuerza de forma uniforme en todas direcciones y sentidos.
 - c) Transmiten la presión que se ejerce sobre ellos en todas las direcciones y sentidos.
 - d) No pueden transmitir ni fuerza ni presión.
- 3) En el sistema SIMELA, ¿cuál es la unidad de presión?
 - a) Baria
 - b) kgf/cm^2
 - c) Newton
 - d) N/m^2
- 4) Un esquiador de 75 kg se desliza sobre la nieve. ¿Qué afirmación es correcta con respecto a la presión que ejerce?
 - a) La presión es mayor cuando se desliza sobre los esquís que cuando camina con las botas.
 - b) La presión es la misma en ambos casos, ya que la fuerza (peso) es la misma.
 - c) La presión es menor cuando se desliza sobre los esquís que cuando camina con las botas.
 - d) La presión no depende de la superficie, sino solo de la fuerza.
- 5) En un recipiente con un líquido en equilibrio, ¿en qué dirección y sentido ejerce presión el líquido sobre las paredes del recipiente?
 - a) Perpendicular a las paredes del recipiente.
 - b) En la dirección de la gravedad.
 - c) En dirección y sentido de la fuerza aplicada sobre el líquido.
 - d) Hacia el fondo del recipiente solamente.
- 6) La paradoja hidrostática, o paradoja de Stevin, nos enseña que:
 - a) La presión en el fondo de un recipiente depende de la forma y la cantidad total de líquido.
 - b) La presión en el fondo de un recipiente solo depende de la altura y la densidad del líquido.
 - c) La presión en el fondo de un recipiente depende del peso total del líquido.
 - d) Dos recipientes con diferente líquido, pero a la misma altura ejercerán la misma presión en sus bases.
- 7) Calcular la presión que se ejerce sobre una superficie de 1 m^2 cuando se aplica una fuerza de 100 Newton. Expresar en Pascales.
 - a) 10 Pascales
 - b) 100 Pascales
 - c) 1000 Pascales
 - d) 10000 Pascales
- 8) ¿Cuál es la fórmula para calcular la presión ejercida por un líquido en reposo a una profundidad "h"?
 - a) $p = F / S$
 - b) $p = h \cdot V$
 - c) $p = h \cdot \rho$
 - d) $p = S \cdot \rho$

- 9) Si el peso específico del mercurio es $\rho = 13,6 \text{ gf/cm}^3$, ¿cuál es la diferencia de presiones entre dos puntos a 4 cm y 6 cm de profundidad?
- a) $13,6 \text{ gf/cm}^2$
 - b) $27,2 \text{ gf/cm}^2$
 - c) $81,6 \text{ gf/cm}^2$
 - d) 136 gf/cm^2
- 10) En un sistema de vasos comunicantes con dos líquidos no miscibles, ¿qué se puede afirmar sobre las alturas alcanzadas por los líquidos?
- a) Las alturas son directamente proporcionales a los pesos específicos.
 - b) Las alturas son siempre iguales, sin importar los líquidos.
 - c) Las alturas son irrelevantes, solo importa el volumen de cada líquido.
 - d) Las alturas son inversamente proporcionales a los pesos específicos.
- 11) Una prensa hidráulica se utiliza para ejercer una fuerza de 1 tonelada-fuerza. Si sobre el pistón menor, de 30 cm^2 , se aplica una fuerza de 50 kgf, ¿qué superficie deberá tener el pistón grande?
- a) 100 cm^2
 - b) 300 cm^2
 - c) 600 cm^2
 - d) 900 cm^2
- 12) Si la superficie del pistón chico de una prensa hidráulica mide 20 cm^2 y se le aplica una fuerza de 10 kgf, ¿qué fuerza se obtendrá en el pistón grande de 5000 cm^2 de superficie?
- a) 1000 kgf
 - b) 2500 kgf
 - c) 5000 kgf
 - d) 10 kgf
- 13) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es una consecuencia de la fórmula de presión $p=F/S$?
- a) La presión es inversamente proporcional a la fuerza aplicada.
 - b) La presión es directamente proporcional a la superficie.
 - c) La presión es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la superficie.
 - d) La presión no depende de la fuerza ni de la superficie.
- 14) En el contexto de la hidrostática, ¿qué es el peso específico de un cuerpo?
- a) El cociente entre su volumen y su peso.
 - b) El producto de su peso por su volumen.
 - c) El cociente entre su peso y su volumen.
 - d) La presión que ejerce el cuerpo sobre una superficie.
- 15) ¿Cuál es una diferencia fundamental entre sólidos y líquidos con respecto a la transmisión de fuerzas y presiones?
- a) Los sólidos y los líquidos transmiten la presión de la misma manera.
 - b) Los sólidos transmiten fuerza y los líquidos transmiten presión.
 - c) Ambos transmiten fuerza, pero solo los líquidos pueden transmitir presión.
 - d) Los sólidos transmiten presión y los líquidos transmiten fuerza.
- 16) Un objeto que pesa 4,2 Newton está apoyado sobre un rectángulo de 40 cm por 20 cm. ¿Cuál es la presión que ejerce en Pascales?
- a) 52,5 Pascales
 - b) 0,525 Pascales
 - c) 105 Pascales
 - d) 525 Pascales

- 17) En un recipiente lleno de líquido en reposo, ¿qué se puede afirmar sobre la presión en dos puntos que están en un mismo plano horizontal?
- La presión es mayor en el punto más cercano a la pared del recipiente.
 - La presión es la misma en ambos puntos.
 - La presión es mayor en el punto más cercano a la superficie del líquido.
 - La presión depende del volumen de líquido que hay encima de cada punto.
- 18) La superficie de contacto de un cuerpo que ejerce una fuerza de 1 tonelada sabiendo que ejerce una presión de 50 kgf/m² es:
- 20 m²
 - 50 m²
 - 0,05 m²
 - 50000 m²

Respuestas autoevaluación

- a) El cociente entre la fuerza aplicada y la superficie sobre la cual actúa.
- c) Transmiten la presión que se ejerce sobre ellos en todas las direcciones y sentidos.
- d) N/m². La unidad de presión en el sistema SIMELA es el Pascal, que se define como un Newton por metro cuadrado (N/m²).
- c) La presión es menor cuando se desliza sobre los esquís que cuando camina con las botas. Debido a que la presión es inversamente proporcional a la superficie, la mayor superficie de los esquís resulta en una menor presión sobre la nieve.
- a) Perpendicular a las paredes del recipiente.
- b) La presión en el fondo de un recipiente solo depende de la altura y la densidad del líquido.
- b) 100 Pascales. La presión se calcula como la fuerza dividida por la superficie. $P = F/S$.
 $100 \text{ N}/1 \text{ m}^2 = 100 \text{ Pa}$.
- c) $p = h \cdot \rho$. La fórmula para la presión hidrostática es el producto de la profundidad (h) y el peso específico del líquido (ρ).
- b) 27,2 gf/cm². La diferencia de presiones se calcula con la fórmula $p_2 - p_1 = (h_2 - h_1) \cdot \rho$. Sustituyendo los valores, $(6 \text{ cm} - 4 \text{ cm}) \cdot 13,6 \text{ gf/cm}^3 = 2 \text{ cm} \cdot 13,6 \text{ gf/cm}^3 = 27,2 \text{ gf/cm}^2$.
- d) Las alturas son inversamente proporcionales a los pesos específicos. En un sistema de vasos comunicantes con dos líquidos no miscibles, las alturas alcanzadas son inversamente proporcionales a sus pesos específicos. El líquido más denso tendrá una altura menor.
- c) 600 cm². Usando la relación de la prensa hidráulica, $F_1/S_1 = F_2/S_2$, se despeja $S_2 = F_2 \cdot S_1 / F_1$. Convertimos la tonelada a kgf (1 tonelada = 1000 kgf) y sustituimos:
 $S_2 = (1000 \text{ kgf} \cdot 30 \text{ cm}^2) / 50 \text{ kgf} = 600 \text{ cm}^2$.
- b) 2500 kgf. Usando la fórmula de la prensa hidráulica, $F_2 = F_1 \cdot (S_2/S_1)$, se tiene:
 $F_2 = 10 \text{ kgf} \cdot (5000 \text{ cm}^2/20 \text{ cm}^2) = 10 \text{ kgf} \cdot 250 = 2500 \text{ kgf}$.
- c) La presión es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la superficie.

- 14) c) El cociente entre su peso y su volumen.
- 15) b) Los sólidos transmiten fuerza y los líquidos transmiten presión. Los sólidos transmiten la fuerza que se ejerce sobre ellos en su dirección y sentido, mientras que los líquidos transmiten la presión en todas las direcciones y sentidos.
- 16) a) 52,5 Pascales. Primero, se calcula la superficie en m^2 : $S = 0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2$. Luego, se calcula la presión: $P = F/S = 4,2 \text{ N} / 0,08 \text{ m}^2 = 52,5 \text{ Pa}$.
- 17) b) La presión es la misma en ambos puntos. Todos los puntos de un mismo plano horizontal soportan la misma presión, ya que de lo contrario se moverían.
- 18) a) 20 m^2 . Para resolverlo, se usa la fórmula de presión $P = F/S$ despejando la superficie: $S = F/P$. La fuerza es de 1 tonelada, que equivale a 1000 kgf. Entonces $S = 1000 \text{ kgf} / 50 \text{ kgf/m}^2 = 20 \text{ m}^2$.

MATERIA Y ENERGÍA

I. MARCO TEÓRICO

1. Teoría Atómica de la materia
2. Temperatura
 - 2.1. Escalas de temperatura
 - 2.2. Dilatación térmica
3. Calor
 - 3.1. Calor específico
 - 3.2. Calorimetría. Cantidad de calor
 - 3.3. Calor latente
 - 3.4. Transmisión del calor
 - 3.5. Regulación de la transmisión térmica
4. Estados de la materia
 - 4.1. Cambios de estado de la materia

II. EJERCICIOS

III. AUTOEVALUACIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Teoría Atómica de la materia

La **teoría atómica** proporciona el marco para comprender la naturaleza fundamental de la materia y postula que toda la materia está compuesta por átomos, partículas indivisibles e indestructibles. Los átomos de un mismo elemento son iguales entre sí, mientras que los átomos de diferentes elementos son distintos. Los compuestos se forman por la combinación de átomos de diferentes elementos en proporciones fijas. Estas partículas pequeñas están dotadas de movimiento y ejercen fuerzas unas sobre otras. En muchos casos, cuando las fuerzas resultan lo suficientemente atractivas, varias partículas pueden unirse entre sí y formar cuerpos más complejos. Existen tres estados fundamentales de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Además, existe un cuarto estado, el plasma, que se encuentra en condiciones extremas de temperatura y presión.

2. Temperatura

La **temperatura** es una magnitud escalar que se relaciona con el estado de agitación molecular¹ de un cuerpo. Es decir, es una medida de la energía cinética promedio de las partículas (átomos o moléculas) que componen un objeto o sustancia. Cuanto más rápido se mueven estas partículas, mayor es la temperatura.

Todos los cuerpos poseen temperatura que puede medirse a través de un termómetro. La variación de la temperatura en el termómetro provoca la modificación de algunas de sus propiedades. Por ejemplo: varía la longitud de algún componente del termómetro por dilatación, o la resistencia eléctrica de un alambre, o la presión de un gas.

2.1. Escalas de temperatura

Las escalas de temperatura son sistemas utilizados para medir la temperatura y cuantificar el calor. Las tres escalas más comunes son:

Escala Celsius (°C):

¹ Molécula: Partícula más pequeña de una sustancia que mantiene todas sus propiedades físicas y químicas. La componen uno o más átomos iguales (una molécula de oxígeno tiene dos átomos de oxígeno) o distintos (una molécula de agua tiene dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno).

- Asigna el valor 0 °C a la temperatura de fusión del hielo y 100 °C a la de ebullición del agua, a una presión atmosférica estándar como puntos de referencia.
- Es ampliamente utilizada en la mayoría de los países y en ciencias.

Escala Fahrenheit (°F):

- Asigna los valores 32 °F y 212 °F para los puntos de fusión del hielo y evaporación del agua.
- Es utilizada principalmente en los Estados Unidos y algunos países del Caribe.

Escala Kelvin (K):

- Esta es la escala utilizada en la ciencia, y no tiene grados. Considera que existe una temperatura mínima que corresponde al estado de menor energía posible de las moléculas de un cuerpo asignándole el valor 0 K (cero absoluto). Se determina el valor 273,15 K para la temperatura de fusión del hielo y el valor 373,15 K para la ebullición del agua. Así, el 0 K coincide con -273,15°C.
- Cada incremento de 1 K es igual a un incremento de 1 °C, lo que la hace útil para cálculos científicos.

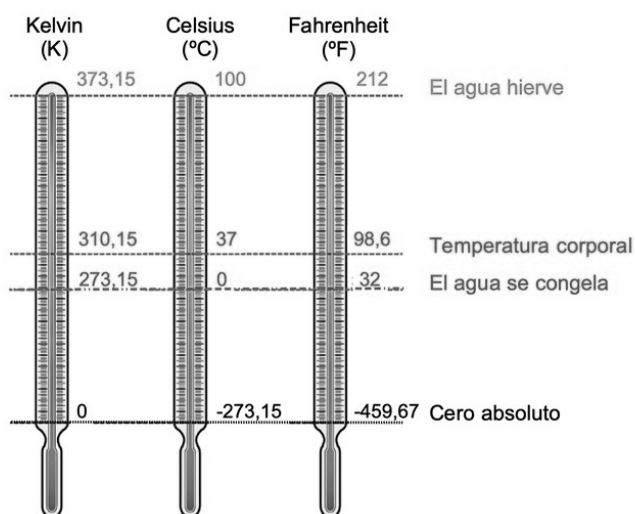


Gráfico extraído de: <https://www.diferenciador.com/escalas-de-temperatura/>

Los cambios de temperatura en los materiales pueden provocar cambios de tamaño y cambio de estado. Con relación al primer tipo de cambio, se produce cuando se entrega calor a un cuerpo. Este aumenta su temperatura y aumenta su volumen, es decir, se dilata. Por el contrario, si se le extrae calor, su temperatura disminuye y su volumen se contrae.

2.2. Dilatación térmica

La estructura de los materiales puede modificarse cuando cambia su temperatura, si se calientan (sean sólidos, líquidos o gaseosos), por lo general, se dilatan. Por ejemplo, si se toma una varilla de hierro de 1 m de longitud y se la calienta paulatinamente desde 0 °C a 500 °C, se observa que cada 100 °C que aumenta su temperatura, la longitud aumenta 1,4 mm. Esto indica que *existe una relación directamente proporcional entre la variación de temperatura Δt y la variación de la longitud Δl* . Si la varilla tuviera 2 metros se dilataría el doble, pues equivaldría a dos varillas de 1 m, una a continuación de la otra. Por lo tanto, se puede concluir que *la variación en la longitud de la varilla también será directamente proporcional a su longitud inicial (l_0)*.

$$\Delta l \propto l_0 \cdot \Delta t \quad (2)$$

² El símbolo que representa la proporcionalidad directa es el símbolo de la letra griega alfa: $\propto$. Se utiliza para indicar que una cantidad varía directamente con otra, es decir, que si una aumenta, la otra también aumenta en la misma proporción, y viceversa.

Con otros materiales, distintos al hierro, se observa que la dilatación sigue siendo directamente proporcional a la longitud inicial y a la temperatura, pero la proporción es otra. Así, cada material posee su coeficiente de dilatación.

El **coeficiente de dilatación lineal (λ)** es una magnitud escalar que se obtiene como el cociente entre la variación de la longitud que experimenta un cuerpo y su longitud inicial por la variación de temperatura.

$$\lambda = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t}$$

En donde:

Δl : variación de longitud, $\Delta l = l_f - l_0$

l_0 : longitud del cuerpo cuando la temperatura es t_0

l_f : longitud final cuando la temperatura es t_f

Δt : variación de temperatura, $\Delta t = t_f - t_0$

Las unidades de λ son:

$$[\lambda] = \frac{m}{m \cdot ^\circ C} = \frac{1}{^\circ C} = ^\circ C^{-1}$$

El **coeficiente de variación lineal** de un sólido indica cuál es la variación en su longitud por unidad de longitud y por unidad de temperatura, y se obtiene a partir de la fórmula:

$$\Delta l = \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

Reemplazando Δl por $l_f - l_0$

$$l_f - l_0 = \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

Despejando l_f

$$l_f = l_0 + \lambda \cdot l_0 \cdot \Delta t$$

Sacando factor común l_0 , la fórmula para calcular la longitud final es:

$$l_f = l_0 \cdot (1 + \lambda \cdot \Delta t)$$

Para sólidos isótropos (aquellos cuyas propiedades físicas son las mismas en todas las direcciones) la dilatación lineal tiene lugar del mismo modo en todas direcciones, por lo que también se puede calcular el área y el volumen final del sólido en función del coeficiente de dilatación.

La fórmula del Área Final (A_f) es:

$$A_f = A_0 \cdot (1 + 2 \lambda \cdot \Delta t)$$

La fórmula del Volumen final (V_f) es:

$$V_f = V_0 \cdot (1 + 3 \lambda \cdot \Delta t)$$

Coeficientes de dilatación lineal		
Material	λ (1/°C)	Longitud en metros
Vidrio	$7,3 \times 10^{-6}$	0,0000073
Acero	$1,15 \times 10^{-5}$	0,0000115
Hierro	$1,17 \times 10^{-5}$	0,0000117
Níquel	$1,25 \times 10^{-5}$	0,0000125
Cobre	$1,67 \times 10^{-5}$	0,0000167
Plata	$1,83 \times 10^{-5}$	0,0000183
Aluminio	$2,24 \times 10^{-5}$	0,0000224
Plomo	$2,73 \times 10^{-5}$	0,0000273
Zinc	$3,44 \times 10^{-5}$	0,0000354

Nota: con $l_0 = 1$ m y $\Delta t = 1$ °C, nos da la dilatación por cada metro y un °C.

3. Calor

El **calor** es una forma de energía, llamada energía cinética térmica. Se define como la transferencia de energía térmica entre cuerpos o sistemas debido a una diferencia de temperatura. Es decir, es la energía que se desplaza de una zona de mayor temperatura a una de menor temperatura, buscando el equilibrio térmico. No debe confundirse con temperatura que es la medida de la energía cinética promedio de las partículas en una sustancia.

La cantidad de calor tiene por unidad de medida el Joule. Sin embargo, en la práctica, es común utilizar para la medición del calor la unidad denominada caloría. Una **caloría** (cal) es la cantidad de calor que entregada 1 g de agua pura eleva su temperatura en 1 °C (de 14,5 °C a 15,5 °C). Como la caloría es una unidad relativamente pequeña, suele utilizarse una unidad múltiplo denominada kilocaloría: 1 kcal = 1000 cal.

Según la sustancia de la que se trate se necesitará cantidades diferentes de calorías para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo. Por ejemplo, para elevar 1°C la temperatura de 1 g de hierro se necesitan 0,105 cal, mientras que para provocar el mismo cambio en 1 g de aluminio se necesitan 0,22 cal.

3.1. Calor específico

El **calor específico** de una sustancia es la cantidad de calor que provoca un aumento de un grado de temperatura en la unidad de masa de dicha sustancia. Es decir, es el número de calorías necesarias para elevar 1 °C la temperatura de 1 g de sustancia. En la fórmula puede observarse que es el cociente entre la cantidad de calor que se entregue y el producto de su masa por el aumento de temperatura provocado por dicha cantidad de calor.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$$

Sustancia	Calor específico C (cal/g °C)
Agua	1,000
Aluminio	0,220
Bronce	0,092
Cobre	0,093
Hielo	0,500
Hierro	0,105
Latón	0,094
Mercurio	0,033
Oro	0,031
Plata	0,056
Plomo	0,031
Vidrio	0,160
Zinc	0,092

3.2. Calorimetría. Cantidad de calor

La **calorimetría** se ocupa del estudio de la medición de las cantidades de calor. Según el Principio de Conservación de la Energía, se puede afirmar que:

- Cuando dos cuerpos aislados intercambian energía calórica, la cantidad recibida por uno de ellos es igual, pero de signo contrario, a la cantidad cedida por el otro, es decir, que la suma de todos los calores intercambiados es igual a cero.
- En un sistema aislado, el calor pasa espontáneamente de un cuerpo de mayor temperatura a otro cuerpo de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico.

- La cantidad de calor recibido por un cuerpo durante determinada transformación es igual a la cantidad de calor cedida para realizar la transformación inversa.

A partir de la definición de calor específico (c) se establece la ecuación que permite calcular la cantidad de calor (Q) entregada a una masa (m) de sustancia para elevar su temperatura un cierto valor (Δt).

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t$$

El calor entregado a un cuerpo es directamente proporcional a su masa (m) y a la variación de temperatura que experimenta (Δt). La constante de proporcionalidad es una magnitud escalar que depende de la sustancia de la cual está realizado el cuerpo y es su calor específico (c). La ecuación para calcular Q supone una convención: cuando un cuerpo aumenta su temperatura ($\Delta t > 0$), el calor que recibe tiene signo positivo, mientras que cuando la temperatura disminuye, corresponderá un valor de Q negativo.

Si se consideran dos cuerpos de masas m_1 y m_2 que están a diferentes temperaturas, t_1 y t_2 , y se ponen en contacto, la energía térmica pasará del de mayor (cuerpo 1) al de menor temperatura (cuerpo 2) hasta que se alcance el equilibrio térmico a una temperatura final t_f . El valor de la temperatura final se obtiene tal como se indica a continuación:

La energía cedida por el cuerpo 1:	$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_f - t_1)$	c_1 : calor esp. de cuerpo 1
La energía que recibe el cuerpo 2:	$Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_f - t_2)$	c_2 : calor esp. de cuerpo 2

Si los cuerpos están aislados, la energía perdida por uno será igual a la ganada por el otro:

$$Q_2 = - Q_1$$

$$m_2 \cdot c_2 \cdot (t_f - t_2) = - m_1 \cdot c_1 \cdot (t_f - t_1)$$

A partir de esta igualdad, puede despejarse el valor de t_f :

$$T_f = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2}$$

3.3. Calor latente

El calor no siempre provoca un cambio de temperatura. Cuando un cuerpo se encuentra a la temperatura en que cambia de estado (a sólido, a líquido o a gaseoso), el calor que intercambia se utilizará para producir dicho cambio y no causará variación de temperatura. Microscópicamente, esto significa que la energía suministrada al cuerpo se invierte en alteraciones de su estructura, sin cambiar la velocidad promedio de las moléculas.

A la energía térmica que un cuerpo intercambia cuando cambia de estado (y que no produce variación de temperatura) se la denomina **calor latente (L)**. Este se calcula como el cociente entre la cantidad de calor que un cuerpo de dicha sustancia absorbe o cede para cambiar de estado y su masa.

$$L = \frac{Q}{m} \quad Q = m \cdot L \quad \text{Su unidad resulta: } [L] = \frac{[Q]}{[m]} = \frac{\text{cal}}{\text{g}}$$

La definición es válida para el calor latente de cualquier cambio de fase, es decir, calor latente, de fusión L_f , de solidificación L_s , de condensación L_c , de vaporización L_v , etc.

En el gráfico que se presenta a continuación, se observa cómo varía la temperatura de la masa de agua a medida que se le entrega calor. Mientras se producen los cambios de estado, la temperatura permanece constante, aunque se siga entregando calor. Una vez que toda la masa cambia de estado, la temperatura sube nuevamente. El calor latente de fusión del agua es 80 cal/g, es decir, se requieren 80 calorías para fundir 1 g de hielo (o bien para solidificar 1 g de agua), y el calor latente de evaporación del agua es de 540 cal/g. Puede

observarse que la cantidad de calor necesaria para pasar de líquido a vapor es mayor que para el pasaje de sólido a líquido.

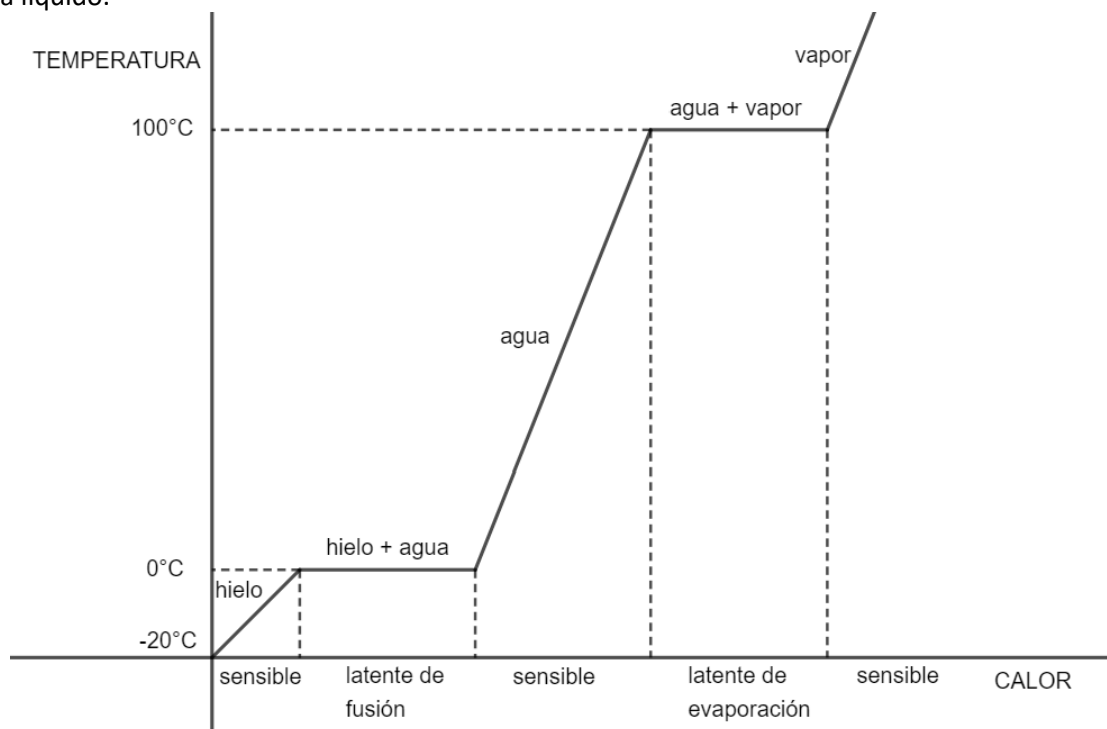


Gráfico que relaciona cantidad de calor Q (J) con temperatura T (°C) para cambios de estados del agua.

3.4. Transmisión del calor

La energía calórica pasa en forma espontánea de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura. Existen tres formas de transmisión del calor: conducción, convección y radiación.



Formas de transmisión del calor. Imagen extraída de: <https://concepto.de/transferencia-de-calor/>

La **conducción** del calor es un proceso de transferencia de energía térmica entre moléculas adyacentes en un material debido a una diferencia de temperatura. Ocurre principalmente en sólidos, donde las moléculas están más cercanas, pero también puede darse en líquidos y gases, aunque de forma menos eficiente. Se basa en la interacción entre las partículas de un material: las partículas más calientes, que tienen mayor energía cinética, vibran más intensamente y chocan con las partículas vecinas más frías, transfiriéndoles parte de su energía. Este proceso se propaga a través del material, llevando el calor desde la zona más caliente hacia la más fría.

Los principales factores que influyen en la conducción son:

- **Conductividad térmica:** cada material posee un coeficiente de conductividad térmica que expresa la cantidad de calor que pasa a través de una unidad de superficie de una muestra de material, de extensión infinita, caras planas y paralelas y espesor unidad, cuando entre sus caras se establece una diferencia de temperatura igual a la unidad, en condiciones estacionarias. Este coeficiente varía con las condiciones del

material (humedad, temperatura a la que se hace la medición), por lo que se fijan condiciones para hacerlo, generalmente para material seco y 15 °C (temperatura media de trabajo de los materiales). No todos los materiales son buenos conductores del calor. Los metales como el cobre o la plata son mucho mejores conductores que otros como la madera, el vidrio, el papel o el agua.

- **Diferencia de temperatura:** cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre dos puntos de un material, más rápida será la transferencia de calor por conducción.

La estructura molecular y las propiedades físicas de cada material influyen en su capacidad para conducir el calor. Los materiales con estructuras atómicas bien ordenadas, como los metales, tienden a tener una alta conductividad térmica. Esto se debe a que sus átomos están estrechamente empaquetados y pueden transferir energía cinética (calor) de manera eficiente a través de colisiones. Los materiales con estructuras moleculares más desordenadas, como los polímeros, suelen tener una conductividad térmica más baja. Las imperfecciones en la estructura pueden dificultar la transferencia de calor.

La **convección** es un modo de transferencia de calor que ocurre en fluidos (líquidos y gases) debido al movimiento de las partículas del fluido. Cuando una parte de un fluido incrementa su temperatura, sus moléculas ganan energía cinética y se mueven más rápido, aumentando la separación entre ellas y disminuyendo la densidad del fluido caliente. Debido a su menor densidad, el fluido caliente tiende a ascender, mientras que el fluido más frío y denso desciende para ocupar su lugar, creando corrientes de convección. Estas corrientes de convección transportan el calor de un lugar a otro dentro del fluido, distribuyéndolo de manera más uniforme.

La convección puede ser natural (el movimiento del fluido es causado por diferencias de densidad debido a la temperatura) o forzada (el movimiento del fluido es causado por una fuerza externa, como un ventilador o una bomba).

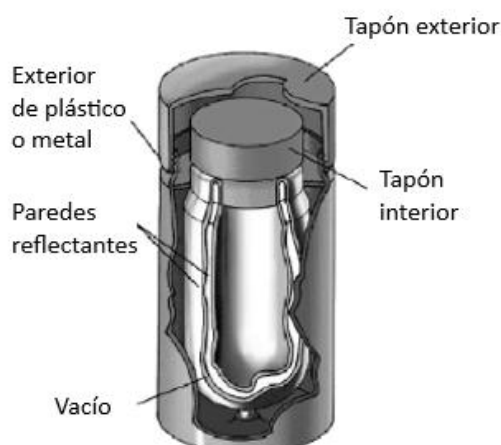
La **radiación** es la transferencia de calor mediante ondas electromagnéticas, como la luz infrarroja, que se emiten desde la superficie de un objeto debido a su temperatura. Ocurre cuando las partículas cargadas en un objeto, como electrones, vibran y se aceleran, emitiendo energía en forma de ondas electromagnéticas. A diferencia de la conducción y la convección, la radiación no necesita un medio físico para transferir calor. Puede ocurrir incluso a través del vacío, como ocurre con la radiación solar que llega a la Tierra. La cantidad de energía radiada y la longitud de onda de las ondas electromagnéticas emitidas dependen de la temperatura del objeto. Los objetos más calientes emiten más energía y en longitudes de onda más cortas (como la luz visible), mientras que los objetos más fríos emiten menos energía y en longitudes de onda más largas (como el infrarrojo). Los cuerpos emiten radiación infrarroja, que puede ser detectada por cámaras térmicas.

3.5. Regulación de la transmisión térmica

La regulación de la transmisión térmica se refiere al proceso mediante el cual el calor se mueve de un lugar a otro. Puede tomarse el ejemplo del diseño de un termo para entender cómo se combinan los mecanismos de transmisión del calor para minimizar la pérdida o ganancia de calor, lo que permite mantener la temperatura de los líquidos (calientes o fríos) durante un período prolongado. Un termo eficiente utiliza el vacío entre sus paredes para reducir la convección, materiales de baja conductividad térmica para minimizar la conducción, y superficies reflectantes para disminuir la radiación.

- Respecto a la **conducción**, en un termo, la capa exterior y la capa interior están separadas por un vacío, lo que reduce significativamente la conducción del calor entre ellas. Los materiales utilizados en la construcción del termo, como el acero inoxidable o el vidrio, tienen baja conductividad térmica, lo que ayuda a evitar la pérdida de calor por conducción.
- Respecto a la **convección**, el vacío entre las paredes del termo impide la circulación de aire y, por lo tanto, la pérdida de calor por convección.

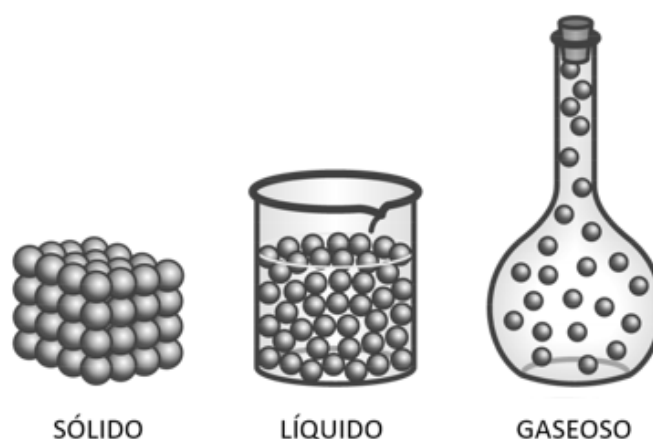
- Respecto a la **radiación**, las superficies internas y externas de un termo suelen ser reflectantes para reducir la pérdida de calor por radiación. Al reflejar la radiación de calor, se impide que escape del termo, manteniendo la temperatura deseada.



Regulación térmica en un termo. Imagen disponible en: <https://termodomo.wordpress.com/2012/06/14/eficiencia-termica/>

4. Estados de la materia

A nivel macroscópico se pueden distinguir tres estados o fases de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Cada estado se define por las propiedades de sus partículas constituyentes y cómo interactúan entre sí.



Estados de la materia. Imagen extraída de: <https://recarreguesuasenergias.blogspot.com/2012/04/estados-fisicos-da-agua.html>

El **estado sólido** se caracteriza por:

- Presentar forma propia con capacidad para conservarla a pesar de la acción de fuerzas externas que tiendan a deformarlos, debido a las fuerzas internas de unión entre partículas, entre las que se destacan las iónicas y las covalentes. Éstas se oponen a que se altere la distancia entre moléculas.
- Poseer volumen propio debido a la fuerte atracción entre sus partículas, que mantienen una posición fija y unidas, sin permitir que se muevan libremente. Esta estructura rígida y la poca compresibilidad de los sólidos se traducen en un volumen definido que no cambia fácilmente con la presión o la forma del recipiente que los contiene.
- Presentar distancias entre partículas menores que en los líquidos y mucho menores que en los gases. Estas partículas poseen un cierto movimiento vibratorio que se incrementa al aumentar la temperatura (aumento de energía cinética). Las fuerzas de atracción son de menor intensidad en los líquidos y mucho menor en los gases.

El **estado líquido** se caracteriza por:

- Tener volumen definido, pero no forma fija, lo que significa que adopta la forma del recipiente que lo contiene. Las moléculas en estado líquido tienen cierta movilidad y están relativamente cerca unas de otras, pero no están fijas como en un sólido.
- Poseer superficie plana horizontal, excepto pequeños volúmenes como gotas que tienen forma esférica.
- Presentar poca resistencia a la deformación. Los líquidos pueden fluir, es decir, moverse y cambiar de forma fácilmente.
- En los líquidos pueden estudiarse dos fenómenos particulares: tensión superficial y capilaridad.

La **tensión superficial** es una propiedad de los líquidos que hace que su superficie se comporte como una membrana elástica delgada. Esta propiedad se debe a la cohesión entre las moléculas del líquido, que tienden a minimizar el área de su superficie. Como resultado, los líquidos presentan resistencia a la ruptura de su superficie y pueden soportar objetos ligeros o permitir que ciertos insectos caminen sobre ellos sin hundirse. La tensión superficial disminuye con el aumento de la temperatura, ya que las moléculas se mueven más rápido y las fuerzas de cohesión se debilitan. Diferentes líquidos tienen diferentes tensiones superficiales debido a sus distintas fuerzas intermoleculares.

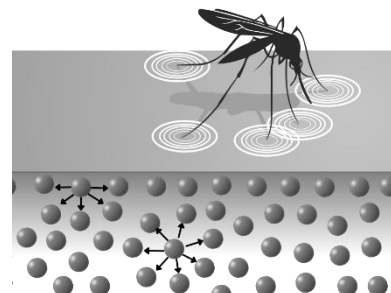


Imagen extraída de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tensi%C3%B3n_superficial.svg

La **capilaridad** es la propiedad que tienen algunos líquidos de subir o bajar por tubos muy estrechos (capilares) debido a las fuerzas de adhesión y cohesión. Estas fuerzas, que actúan entre el líquido y la superficie del tubo, así como entre las moléculas del propio líquido, determinan si el líquido asciende (ascenso capilar) o desciende (descenso capilar) en el tubo. Por ejemplo, la punta de los rotuladores y los pinceles de las plumas estilográficas están fabricados con materiales porosos o fibras que aprovechan la capilaridad para transportar la tinta de forma constante y uniforme desde un depósito interno hasta la superficie de escritura. Esto asegura un flujo de tinta controlado y evita goteos.

El estado **gaseoso** se caracteriza por:

- Tener partículas con poca fuerza de atracción entre sí, lo que les permite moverse libremente y ocupar todo el espacio disponible del recipiente que las contiene.
- No poseer forma ni volumen definido. Se adapta a la forma y volumen del recipiente.
- Presentar baja densidad. Debido al gran espacio entre las partículas, pueden ser comprimidos fácilmente.
- Poder fluir y difundirse rápidamente a través de otros gases.
- Presentar movimiento caótico. Las partículas gaseosas se mueven constantemente y en todas direcciones, chocando entre sí y con las paredes del recipiente.
- Ejercer presión sobre las paredes del recipiente que los contiene debido al impacto de sus partículas en movimiento.

4.1. Cambios de estado de la materia

La **fusión (de sólidos)** es un proceso físico donde una sustancia pasa de su estado sólido a líquido debido al aumento de temperatura o la aplicación de presión. En este proceso, la energía interna de los sólidos aumenta, haciendo que sus partículas vibren más rápido hasta que pierden la estructura rígida y se convierten en líquido. La temperatura a la que un sólido se transforma en líquido se conoce como punto de fusión. Cada sustancia tiene una temperatura de fusión determinada. El hielo funde a 0 °C a una presión de 1 atmósfera (nivel del mar). El plomo funde a 327 °C.

La **solidificación (de líquidos)** es el proceso físico mediante el cual un líquido se transforma en sólido. Esto ocurre generalmente por una disminución de la temperatura o un aumento de la presión, aunque también

puede darse por pérdida de humedad. Es el proceso inverso a la fusión. La experiencia indica que la temperatura de solidificación es la misma que la de fusión.

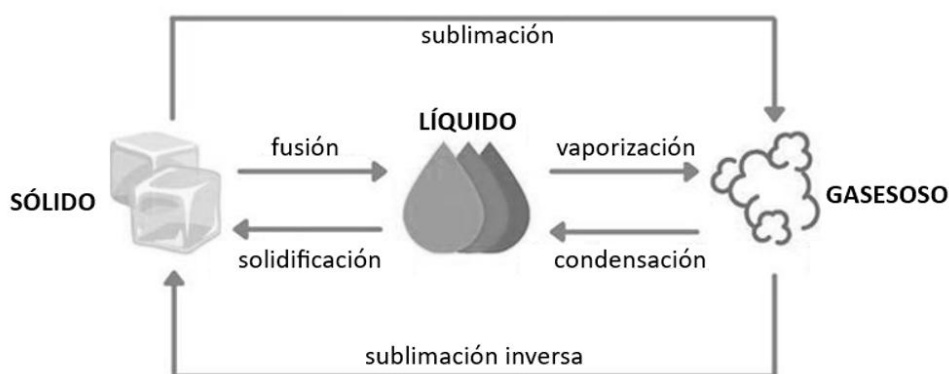
La **vaporización (de líquidos)** es el proceso por el cual una sustancia cambia de estado líquido a gaseoso. Este cambio ocurre cuando las moléculas de la sustancia ganan suficiente energía cinética para superar las fuerzas de atracción intermoleculares que las mantienen unidas en estado líquido. La vaporización puede ocurrir a través de dos mecanismos principales: evaporación y ebullición.

- **Evaporación:** Es un proceso que ocurre a la superficie de un líquido a cualquier temperatura por debajo de su punto de ebullición. Las moléculas en la superficie, que tienen mayor energía cinética, pueden escapar y pasar a la fase gaseosa.
- **Ebullición:** Es un proceso que ocurre cuando un líquido se calienta hasta su punto de ebullición. En este punto, la presión de vapor del líquido iguala la presión atmosférica, lo que permite que las moléculas de líquido se conviertan en vapor dentro de todo el volumen del líquido, formando burbujas que ascienden y escapan a la superficie.

La **condensación o licuación (de gases)** es el cambio de estado de la materia de gaseoso a líquido. Ocurre cuando un gas se enfría, ya sea por contacto con una superficie fría o por la disminución de la temperatura ambiente, y sus partículas pierden energía cinética, lo que les permite unirse y formar un líquido. Un ejemplo común es la formación de gotas de agua en un vaso frío.

La **sublimación (de sólidos)** es el proceso en el cual una sustancia cambia directamente de estado sólido a gaseoso, sin pasar por el estado líquido. Este fenómeno ocurre cuando la sustancia absorbe suficiente calor para romper las fuertes fuerzas intermoleculares que la mantienen en estado sólido, permitiendo que sus moléculas pasen a la fase gaseosa. Un ejemplo común de sublimación es el hielo seco (dióxido de carbono sólido), que a temperatura ambiente se transforma en gas sin derretirse.

La **sublimación inversa (de gases)** es el proceso donde una sustancia pasa directamente del estado gaseoso al estado sólido, sin pasar por el estado líquido. Es el proceso opuesto a la sublimación (sólido a gas).



II. EJERCICIOS

Ejercicio 1

¿Cuánto medirá, a 40°C, un alambre de cobre que a 0 °C mide 3000 m?

Dato: Coeficiente de dilatación del cobre $\lambda = 1,67 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 2

Una barra de aluminio tiene una longitud inicial de 2 metros a una temperatura de 20°C. Si se calienta hasta 120°C, ¿cuál será su nueva longitud?

Dato: Coeficiente de dilatación del aluminio es de $\lambda = 2,24 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 3

Calcular la variación de la longitud de un cable de latón de 10 m cuando su temperatura pasa de 20°C a 70°C.

Dato: Coeficiente de dilatación del latón $\lambda = 2 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 4

Un cable de cobre de 50 metros de largo está a una temperatura ambiente de 25°C. Un día caluroso, la temperatura del cable aumenta a 65°C. ¿Cuánto se alargó el cable?

Dato: Coeficiente de dilatación del cobre $\lambda = 1,67 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 5

A 20 °C de temperatura ambiente, un cable de cobre posee una longitud de 15 m. Si al circular por él una corriente eléctrica se calienta hasta una temperatura de 420 °C, ¿cuánto se dilata? Expresar en m y cm.

Dato: Coeficiente de dilatación del cobre $\lambda = 1,67 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 6

Un tubo tiene una longitud de 998 mm a 18°C. Se hace pasar por él vapor de agua a 98,5°C y se alarga 1,34 mm. ¿Cuánto vale el coeficiente de dilatación de ese material?

Ejercicio 7

Se midió la dilatación de una barra de metal de 1 m de longitud a 0°C, y a 50°C la dilatación fue de 0,07 cm. Determinar el coeficiente de dilatación lineal e indicar de qué material podría tratarse.

Ejercicio 8

Una chapa cuadrada de aluminio tiene 20 cm de lado a 30°C. ¿A qué temperatura la superficie será 0,34 cm² mayor?

Dato: Coeficiente de dilatación del aluminio $\lambda = 2,24 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 9

¿Qué cantidad de calor pierden 350 g de agua al enfriarse desde 85°C hasta 35°C?

Dato: calor específico del agua = 1 cal/g°C

Ejercicio 10

¿Qué cantidad de calor es necesario suministrar a un trozo de hierro de 36 kg para que su temperatura suba 300°C?

Dato: Calor específico del hierro = 0,11 cal/g°C

Ejercicio 11

¿Qué cantidad de calor cede un trozo de aluminio de 2 kg, que está a la temperatura de 400°C, si se enfría a 50°C?

Dato: Calor específico del aluminio = 0,22 cal/g°C

Ejercicio 12

Se necesitan 4800 calorías para elevar la temperatura de una muestra de agua de 10°C a 60°C. Sabiendo que el calor específico del agua es de 1 cal/g°C, ¿cuál es la masa de la muestra?

Ejercicio 13

¿Cuál es el calor específico del agua salada si para elevar en 3°C la temperatura de 20 g se necesitan 57 cal?

Ejercicio 14

50 g de platino se enfrían hasta 50°C, desprendiendo 500 calorías. ¿A qué temperatura estaba el platino?
Dato: Calor específico del platino = 0,032 cal/g °C

Respuestas ejercicios**Ejercicio 1**

3002,004 m

Ejercicio 2

2,00448 m

Ejercicio 3

1 cm = 0,01 m

Ejercicio 4

0,0334 m

Ejercicio 5

0,1002 m; 10,2 cm

Ejercicio 6

0,000016679 1/°C = $1,6679 \cdot 10^{-5}$ 1/°C

Ejercicio 7

$1,4 \times 10^{-5}$ 1/°C, coeficiente de dilatación del hierro

Ejercicio 8

48,97321429 °C

Ejercicio 9

17500 cal

Ejercicio 10

1188000 cal

Ejercicio 11

154000 cal

Ejercicio 12

96 gramos

Ejercicio 13

0,95 cal/g°C

Ejercicio 14

362,5°C

III. AUTOEVALUACIÓN

- 1) Según la teoría atómica de la materia, ¿cuál es la composición fundamental de toda la materia?
 - a) Es una sustancia continua que se puede dividir infinitamente.
 - b) Está compuesta por partículas indivisibles e indestructibles llamadas átomos.
 - c) Está hecha de cuatro elementos básicos: tierra, agua, aire y fuego.
 - d) Está compuesta principalmente de energía sin ninguna estructura de partículas.
- 2) ¿Cómo se describe la temperatura?
 - a) Una forma de energía que fluye entre cuerpos.
 - b) La energía cinética total de todas las partículas en un cuerpo.
 - c) Una magnitud escalar que se relaciona con el estado de agitación molecular de un cuerpo, midiendo la energía cinética promedio de sus partículas.
 - d) La cantidad de calor necesaria para cambiar el estado de una sustancia.
- 3) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe con precisión la escala Kelvin?
 - a) Es la escala utilizada en la ciencia que considera 0 K (cero absoluto) como el estado de menor energía posible de las moléculas.
 - b) Asigna 0 K al punto de fusión del hielo y 100 K a su punto de ebullición.
 - c) Se utiliza principalmente en los Estados Unidos y algunos países del Caribe.
 - d) Cada incremento de 1 K es igual a un incremento de 1 °F.
- 4) ¿Qué le ocurre a un material cuando se le entrega calor, en términos generales?
 - a) Su temperatura disminuye y su volumen se contrae.
 - b) Su temperatura aumenta y su volumen se dilata.
 - c) Su estado cambia inmediatamente de sólido a líquido.
 - d) Su calor específico aumenta significativamente.
- 5) ¿Qué fórmula define correctamente el coeficiente de dilatación lineal (λ)?
 - a) $\lambda = \Delta l \cdot l_0 \cdot \Delta t$
 - b) $\lambda = Q / (m \cdot \Delta t)$
 - c) $\lambda = \Delta l / (l_0 \cdot \Delta t)$
 - d) $\lambda = l_f - l_0$
- 6) ¿Cómo se define el "calor" en el texto?
 - a) Como la medida de la energía cinética promedio de las partículas en una sustancia.
 - b) Como una forma de energía, llamada energía cinética térmica, definida como la transferencia de energía térmica entre cuerpos o sistemas debido a una diferencia de temperatura.
 - c) Como la cantidad de energía almacenada dentro de los enlaces moleculares de un cuerpo.
 - d) Como una propiedad de los materiales que les permite conducir electricidad.
- 7) ¿Qué representa el calor específico de una sustancia?
 - a) El contenido total de calor de un material a una temperatura dada.
 - b) El calor transferido durante un cambio de fase sin alteración de temperatura.
 - c) La energía necesaria para que una sustancia se expanda.
 - d) La cantidad de calor que provoca un aumento de un grado de temperatura en la unidad de masa de dicha sustancia.

- 8) Según el Principio de Conservación de la Energía en calorimetría, ¿qué ocurre cuando dos cuerpos aislados intercambian energía calórica?
- a) La cantidad recibida por uno es siempre mayor que la cantidad cedida por el otro.
 - b) La suma de todos los calores intercambiados es igual a cero, lo que significa que la cantidad recibida por uno es igual, pero de signo contrario, a la cantidad cedida por el otro.
 - c) El calor solo fluye del cuerpo más frío al cuerpo más caliente.
 - d) El calor específico de ambos cuerpos cambia para alcanzar el equilibrio.
- 9) ¿Cuál es una característica clave del calor latente?
- a) Es la energía que un cuerpo intercambia cuando cambia de estado y que no produce variación de temperatura.
 - b) Siempre provoca un cambio en la temperatura de la sustancia.
 - c) Es directamente proporcional al cambio en la velocidad promedio molecular.
 - d) Solo es aplicable a la transición de sólido a líquido.
- 10) ¿Cuál de las siguientes listas menciona las tres formas de transmisión del calor según el texto?
- a) Conducción, aislamiento y absorción.
 - b) Convección, radiación y evaporación.
 - c) Conducción, convección y radiación.
 - d) Difusión, sublimación y condensación.
- 11) ¿Cómo se describe principalmente la conducción del calor?
- a) Transferencia de calor a través del movimiento de fluidos.
 - b) Transferencia de calor mediante ondas electromagnéticas.
 - c) Proceso de transferencia de energía térmica entre moléculas adyacentes en un material debido a una diferencia de temperatura, basado en la interacción y colisión de partículas.
 - d) Transferencia de calor por movimiento de masa en el vacío.
- 12) ¿Cómo minimiza un termo la pérdida de calor por convección?
- a) Utilizando superficies que reflejan la radiación.
 - b) Al tener un vacío entre sus paredes, lo que impide la circulación de aire.
 - c) Utilizando materiales con alta conductividad térmica.
 - d) Aumentando la presión interna del líquido.
- 13) ¿Cuál de las siguientes es una característica del estado sólido de la materia?
- a) Las partículas tienen poca fuerza de atracción y ocupan todo el espacio disponible.
 - b) Tiene un volumen definido, pero no una forma fija.
 - c) Presenta forma y volumen propios debido a las fuertes fuerzas internas y a la posición fija y unida de sus partículas.
 - d) Sus partículas se mueven caóticamente y ejercen presión sobre las paredes del recipiente.
- 14) ¿Qué dos fenómenos particulares pueden estudiarse en los líquidos, según el texto?
- a) Compresibilidad y expansión.
 - b) Sublimación y condensación.
 - c) Cristalización y magnetismo.
 - d) Tensión superficial y capilaridad.
- 15) ¿Cuál de las siguientes describe con precisión una característica del estado gaseoso?
- a) Tiene una forma y un volumen fijos.

- b) Sus partículas están fuertemente empaquetadas y vibran en posiciones fijas.
 - c) Sus partículas tienen poca fuerza de atracción, se mueven libremente y ocupan todo el espacio disponible del recipiente que las contiene.
 - d) Tiene una superficie plana horizontal.
- 16) ¿Cuál es la diferencia clave entre ebullición y evaporación?
- a) La evaporación ocurre a un punto de ebullición específico, mientras que la ebullición puede ocurrir a cualquier temperatura.
 - b) La ebullición ocurre cuando la presión de vapor del líquido iguala la presión atmosférica, formando burbujas en todo el volumen, mientras que la evaporación ocurre en la superficie a cualquier temperatura por debajo del punto de ebullición.
 - c) La ebullición es un cambio de líquido a sólido, mientras que la evaporación es de líquido a gas.
 - d) La evaporación requiere una entrada de calor significativa, mientras que la ebullición es espontánea.
- 17) ¿Qué es la sublimación?
- a) El proceso de una sustancia que cambia de líquido a gas.
 - b) El proceso en el cual una sustancia cambia directamente de estado sólido a gaseoso, sin pasar por el estado líquido.
 - c) El proceso de una sustancia que cambia de gas a líquido.
 - d) El proceso de una sustancia que cambia de sólido a líquido.
- 18) Según el texto, ¿qué valores asigna la escala Fahrenheit a los puntos de fusión del hielo y evaporación del agua, respectivamente?
- a) 32 °F y 212 °F
 - b) 0 °F y 100 °F
 - c) 0 °F y 212 °F
 - d) 32 °F y 100 °F
- 19) ¿Cómo se produce la transferencia de calor por convección en los fluidos?
- a) Mediante colisiones directas entre moléculas adyacentes fijas.
 - b) A través de ondas electromagnéticas emitidas por las superficies de los objetos.
 - c) Debido al movimiento de las partículas del fluido: el fluido caliente asciende por ser menos denso y el fluido frío desciende, creando corrientes.
 - d) Por el cambio de estado de la materia de sólido a gaseoso.
- 20) ¿Cómo ayuda el diseño de un termo a minimizar la pérdida de calor por conducción?
- a) Al tener superficies internas y externas reflectantes.
 - b) Utilizando un vacío entre sus paredes y materiales de baja conductividad térmica como el acero inoxidable o el vidrio.
 - c) Permitiendo la circulación de aire en el espacio entre sus paredes.
 - d) Aumentando la presión interna del líquido.

Respuestas autoevaluación

- 1) b) Está compuesta por partículas indivisibles e indestructibles llamadas átomos.
- 2) c) Una magnitud escalar que se relaciona con el estado de agitación molecular de un cuerpo, midiendo la energía cinética promedio de sus partículas.

- 3) a) Es la escala utilizada en la ciencia que considera 0 K (cero absoluto) como el estado de menor energía posible de las moléculas.
- 4) b) Su temperatura aumenta y su volumen se dilata.
- 5) c) $\lambda = \Delta l / (l_0 \cdot \Delta t)$
- 6) b) Como una forma de energía, llamada energía cinética térmica, definida como la transferencia de energía térmica entre cuerpos o sistemas debido a una diferencia de temperatura.
- 7) d) La cantidad de calor que provoca un aumento de un grado de temperatura en la unidad de masa de dicha sustancia.
- 8) b) La suma de todos los calores intercambiados es igual a cero, lo que significa que la cantidad recibida por uno es igual, pero de signo contrario, a la cantidad cedida por el otro.
- 9) a) Es la energía que un cuerpo intercambia cuando cambia de estado y que no produce variación de temperatura.
- 10) c) Conducción, convección y radiación.
- 11) c) Proceso de transferencia de energía térmica entre moléculas adyacentes en un material debido a una diferencia de temperatura, basado en la interacción y colisión de partículas.
- 12) b) Al tener un vacío entre sus paredes, lo que impide la circulación de aire.
- 13) c) Presenta forma y volumen propios debido a las fuertes fuerzas internas y a la posición fija y unida de sus partículas.
- 14) d) Tensión superficial y capilaridad.
- 15) c) Sus partículas tienen poca fuerza de atracción, se mueven libremente y ocupan todo el espacio disponible del recipiente que las contiene.
- 16) b) La ebullición ocurre cuando la presión de vapor del líquido iguala la presión atmosférica, formando burbujas en todo el volumen, mientras que la evaporación ocurre en la superficie a cualquier temperatura por debajo del punto de ebullición.
- 17) b) El proceso en el cual una sustancia cambia directamente de estado sólido a gaseoso, sin pasar por el estado líquido.
- 18) a) 32 °F y 212 °F
- 19) c) Debido al movimiento de las partículas del fluido: el fluido caliente asciende por ser menos denso y el fluido frío desciende, creando corrientes.
- 20) b) Utilizando un vacío entre sus paredes y materiales de baja conductividad térmica como el acero inoxidable o el vidrio.

ONDAS

I. MARCO TEÓRICO

1. Ondas. Definición. Clasificación

1.1. Elementos

1.2. Superposición de ondas

2. Sonido. Definición

2.1. Características. Tono, intensidad y timbre

2.2. Fenómenos asociados al sonido: reverberación, resonancia y eco

3. Luz. Definición

3.1. Espectro electromagnético

3.2. Velocidad de la luz. Índice de refracción

4. La física del color

4.1. La reflexión en las superficies: el color de los objetos

4.2. Síntesis de color: aditiva y sustractiva

4.3. El color como construcción perceptual

5. Óptica. Definición. Clasificación

5.1. Reflexión de la luz.

5.1.1. Espejos planos y esféricos

5.2. Refracción de la luz.

5.2.1. Lentes convergentes y divergentes

II. AUTOEVALUACIÓN

I. MARCO TEÓRICO

1. Ondas. Definición. Clasificación

En física, **una onda es una propagación de energía sin desplazamiento de materia**. Las ondas se propagan sin arrastrar materia consigo y son portadoras de energía. Como ejemplo, puede observarse las ondas que se generan en una superficie de agua al arrojar una piedra. Las ondas pueden clasificarse:

- Según el **medio de propagación**:

Ondas mecánicas: necesitan un medio material (sólido, líquido o gaseoso) para propagarse. Como en el caso de un látigo cuyo extremo se sacude, el mismo no se desplaza, sin embargo, una onda se propaga a través de él. Ejemplos: ondas sonoras, ondas en cuerdas y ondas sísmicas.

Ondas electromagnéticas: no necesitan un medio material y pueden propagarse en el vacío. Ejemplos: luz visible, ondas de radio, rayos X y rayos gamma.

- Según la **dirección de vibración de las partículas**:

Ondas transversales: las partículas del medio vibran perpendicularmente a la dirección en la que se propaga la onda. Ejemplo: onda en una cuerda, la luz.

Ondas longitudinales: las partículas del medio vibran en la misma dirección en que se propaga la onda. Ejemplo: el sonido.

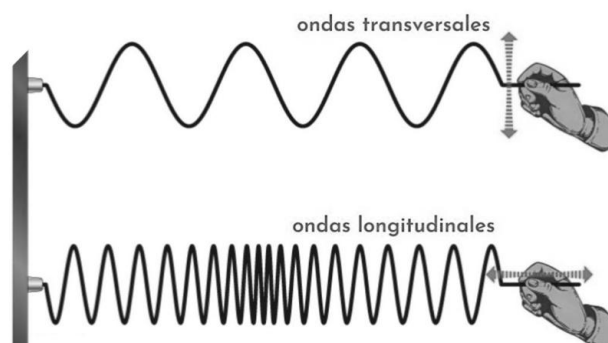


Imagen extraída de: <https://www.lifeder.com/onda-transversal/>

1.1. Elementos

Las ondas, ya sean transversales o longitudinales, tienen una serie de elementos que las determinan. Las más importantes son:

- **Cresta:** punto más alto de la onda.
- **Valle:** punto más bajo de la onda.
- **Línea de equilibrio:** posición de la onda sin vibración.
- **Nodo:** punto donde la onda cruza la línea de equilibrio.
- **Elongación:** distancia entre un punto cualquiera de la onda y la línea de equilibrio, medida perpendicularmente.
- **Ciclo:** oscilación completa, desde un punto hasta el mismo punto en la siguiente repetición de la onda.
- **Amplitud (A):** distancia máxima desde la línea de equilibrio hasta una cresta o un valle, indicando la intensidad de la onda.
- **Longitud de onda (λ):** distancia entre dos puntos equivalentes consecutivos en la onda, como dos crestas o dos valles. Se puede medir entre dos puntos sucesivos cualquiera de la onda que estén en la misma fase.
- **Período (T):** tiempo que tarda la onda en completar un ciclo completo (una longitud de onda).
- **Frecuencia (f):** número de ciclos o vibraciones completas que ocurren en una unidad de tiempo (generalmente segundos). Cuando el tiempo se mide en segundos (s), la frecuencia se mide en Hertz (Hz). La frecuencia normalmente se calcula a partir del periodo por medio de la siguiente fórmula: $f = 1/T$.
- **Velocidad de propagación de la onda (v):** velocidad a la que se propaga la onda por un medio. Se suele medir en metros por segundo (m/s). Por ejemplo, las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz. Para calcular la velocidad, se mide la distancia entre dos crestas contiguas (λ , longitud de onda) y se divide dicho valor por el tiempo transcurrido entre que se genera una y la otra (T, período de la onda, $T = 1/f$), es decir: $v = \lambda / T$.

En el gráfico de una onda, la posición (desplazamiento de la onda) se representa en el eje vertical (y), mientras que el tiempo se representa en el eje horizontal (x). Este tipo de gráfico muestra cómo la posición de una partícula en la onda cambia a medida que avanza el tiempo.

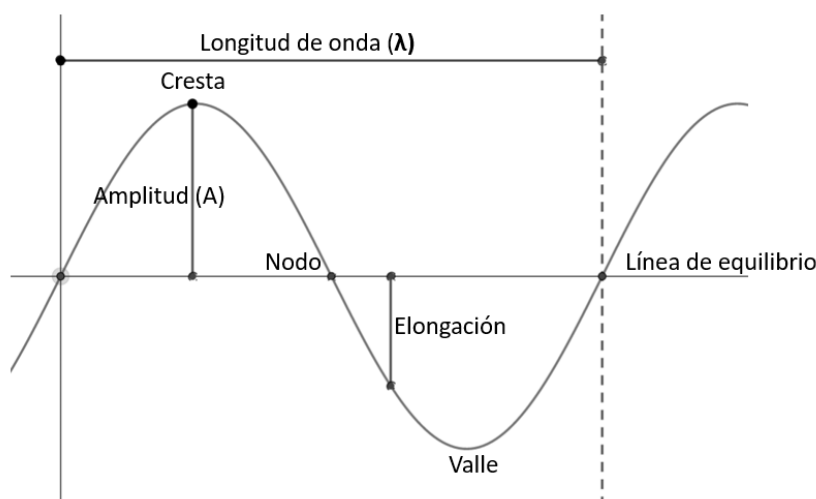


Gráfico de una onda. Elaboración propia.

1.2. Superposición de ondas

Se considera una cuerda sobre la que aparecen, en un momento dado, dos pulsos que viajan en sentido contrario y que al cruzarse se superponen. Según el momento, hay más o menos puntos de la cuerda perturbados por ambos pulsos a la vez y a esto se lo denomina **solapamiento**. El **Principio de Superposición** establece que cuando dos o más ondas coinciden en un punto, **la perturbación resultante es la suma de las perturbaciones individuales de cada onda**. La **interferencia** puede ser:

- **Constructiva:** los pulsos están en fase (es decir, sus crestas y valles coinciden), se refuerzan mutuamente, resultando en un pulso con mayor amplitud.

- **Destructiva:** los pulsos están fuera de fase (es decir, la cresta de uno coincide con el valle del otro), se cancelan parcial o totalmente, resultando en un pulso con menor o nula amplitud.

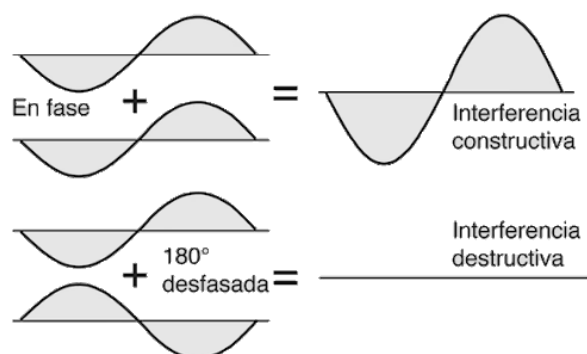
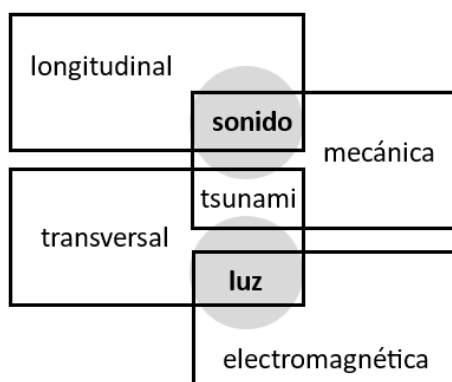


Imagen extraída de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Sound/interf.html>

El gráfico que se presenta ejemplifica ondas según la doble clasificación: medio de propagación y dirección de vibración de las partículas. A continuación, se desarrollarán dos fenómenos físicos de interés para el campo del diseño: el **sonido** (ondas mecánicas longitudinales) asociado a la **Acústica** y la **luz** (ondas electromagnéticas transversales) asociada a la **Óptica**.



2. Sonido. Definición

El **sonido** es una **onda mecánica** que se propaga a través de un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso)³ como resultado de vibraciones. Se produce por un **movimiento ondulatorio que propaga energía de un lugar a otro sin transferencia de materia**, mediante ondas. En términos más simples, el sonido es lo que percibimos cuando las vibraciones llegan a nuestros oídos y son interpretadas por el cerebro. Las frecuencias que pueden oírse van desde los 16 Hz hasta los 20000 Hz. Por encima de ese rango frecuencial se encuentran los ultrasonidos, y por debajo los infrasonidos. El proceso de percepción del sonido implica:

1. **Generación:** un objeto vibra, generando cambios en la presión del aire circundante.
2. **Propagación:** estas variaciones de presión se desplazan como ondas sonoras, a través de un medio (como el aire, el agua o un sólido).
3. **Recepción:** el oído humano capta estas ondas sonoras, que son convertidas en señales mecánicas.
4. **Procesamiento:** el oído interno transmite estas señales al cerebro, que las interpreta como sonido.

El sonido tarda entre 12 y 15 centésimas de segundo en llegar al cerebro. En el caso de que la duración sea menor, no da tiempo a que se pueda reconocer la altura, produciéndose una sensación de chasquido llamada *clic*.

³ Un medio elástico es aquel que puede sufrir deformaciones al aplicarle una fuerza y recuperar su forma original al cesar la fuerza. Esta propiedad es fundamental para la propagación de ondas, ya que permite que la energía se transfiera a través del medio.

La **propagación del sonido involucra transporte de energía sin transporte de materia**. Al contrario que las ondas electromagnéticas, las ondas sonoras no se propagan en el vacío.

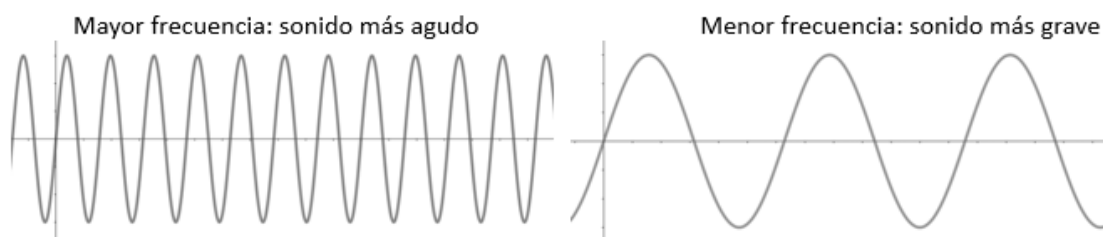
La **Acústica** es la rama de la física que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, es decir ondas mecánicas que se propagan a través de la materia, tanto sólida como líquida o gaseosa, por medio de modelos físicos y matemáticos. A efectos prácticos, **la acústica estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción y reproducción del sonido**.

La **velocidad** con que se propaga el sonido **depende del material que sirve como medio**. Cualquier alteración de las propiedades del material (temperatura, densidad) hace variar la velocidad de propagación. La velocidad del sonido en el **aire** seco, a 0°C y a nivel del mar, es de **331 m/s** y por cada grado que se eleva la temperatura, la velocidad del sonido aumenta en 0,62 m/s. En el agua de mar a 8°C la velocidad del sonido es de 1435 m/s. La velocidad del sonido en sólidos es generalmente mayor que en líquidos y gases, debido a la mayor densidad y la mejor transmisión de las ondas sonoras a través de sus estructuras más compactas. La velocidad puede variar considerablemente dependiendo del tipo de material, pero generalmente se encuentra en el rango de varios de miles de metros por segundo.

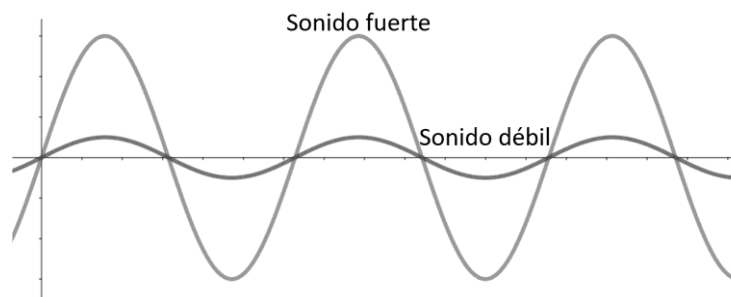
2.1. Características. Tono, intensidad y timbre

Se pueden percibir tres características que distinguen un sonido de otro:

- El **tono**, también llamado **altura**, es la cualidad que nos permite distinguir entre sonidos agudos (altos) y graves (bajos). Está directamente relacionado con la frecuencia de la onda sonora: a mayor frecuencia, más agudo es el sonido, y a menor frecuencia, más grave.

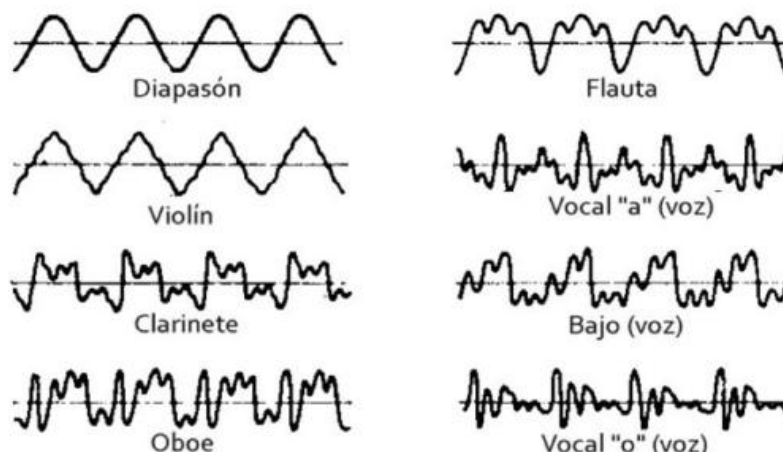


- La **intensidad** depende de la **amplitud de onda**. También llamada **intensidad acústica**, es la cantidad de energía acústica que pasa a través de una superficie en un determinado tiempo o, dicho de otra forma, la potencia acústica por unidad de área. La intensidad del sonido es importante porque determina si un sonido se percibe como fuerte o débil, y niveles altos de intensidad pueden causar daños auditivos. Por ejemplo, al aumentar el volumen de un equipo de sonido, se está aumentando la amplitud de la vibración y de la onda asociada a ella. Se mide en decibelios (dB).



- El **timbre** es la cualidad que permite distinguir dos sonidos de la misma intensidad y frecuencia emitidos por fuentes sonoras diferentes. Los sonidos suelen ser el resultado de una superposición de varias ondas sonoras simultáneas, de diferentes características. Según sea la composición e intensidad de estos armónicos, las ondas tendrán una «forma» determinada, es decir, un timbre característico que permite

distinguir unos sonidos de otros. Es lo que hace que podamos diferenciar, por ejemplo, una nota tocada en un piano de la misma nota tocada en una guitarra, aunque tengan la misma altura (tono) e intensidad.

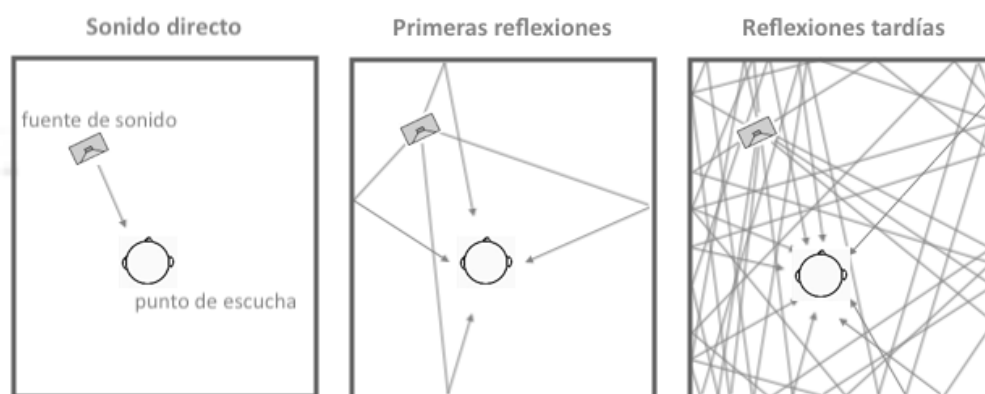


Distintos timbres. Imagen extraída de: <https://cienciadelux.wordpress.com/2016/03/14/las-cualidades-del-sonido/>

2.2. Fenómenos asociados al sonido: reverberación, resonancia y eco

Reverberación

La **reverberación** es la **suma total de las reflexiones del sonido que llegan al lugar del receptor en diferentes momentos del tiempo**. Auditivamente se caracteriza por una prolongación, a modo de «cola sonora», que se añade al sonido original. La duración y la coloración tímbrica de esta cola dependen de: a) la distancia entre el oyente y la fuente sonora y b) la naturaleza de las superficies que reflejan el sonido. En situaciones naturales hablamos de sonido directo para referirnos al sonido que se transmite directamente desde la fuente sonora hasta nosotros (o hasta el mecanismo de captación que tengamos). Por otra parte, el sonido reflejado es el que percibimos después de que haya rebotado en las superficies que delimitan el recinto acústico, o en los objetos que se encuentren en su trayectoria. Evidentemente, **la trayectoria del sonido reflejado siempre será más larga que la del sonido directo**, de manera que -temporalmente- escuchamos primero el sonido directo, y unos instantes más tarde escucharemos las primeras reflexiones; a medida que transcurre el tiempo las reflexiones que nos llegan son cada vez de menor intensidad, hasta que desaparecen. Nuestra sensación, no obstante, no es la de escuchar sonidos separados, ya que el cerebro los integra en un único precepto, siempre que las reflexiones lleguen con una separación menor de unos 50 milisegundos. Esto es lo que se denomina efecto Haas o efecto de precedencia.



Reverberación del sonido. Imagen extraída de: <https://ia2.es/acustica-de-recintos-reflexiones/>

Resonancia

La **resonancia** es el fenómeno que **se produce cuando dos cuerpos tienen la misma frecuencia de vibración, uno de los cuales empieza a vibrar al recibir las ondas sonoras emitidas por el otro**. Para entender el fenómeno de la resonancia existe un ejemplo muy sencillo. Supóngase que se tiene un tubo con agua y muy

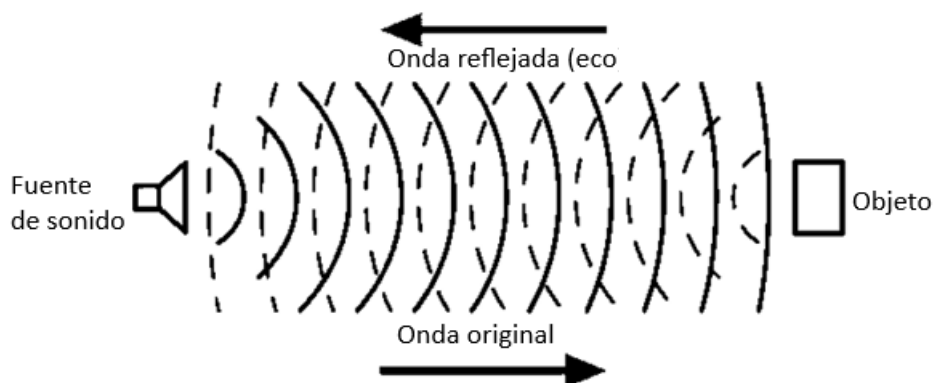
cerca de él (sin entrar en contacto) tenemos un diapasón, si golpeamos el diapasón con un metal, mientras echan agua en el tubo, cuando el agua alcance determinada altura el sonido será más fuerte; esto se debe a que la columna de agua contenida en el tubo se pone a vibrar con la misma frecuencia que la que tiene el diapasón, lo que evidencia por qué las frecuencias se refuerzan y en consecuencia aumenta la intensidad del sonido. Un ejemplo es el efecto de afinar las cuerdas de la guitarra, puesto que, al afinar, lo que se hace es igualar las frecuencias, es decir poner en resonancia el sonido de las cuerdas.



Resonancia. Imagen extraída de: https://www.freepik.es/vector-gratis/experimento-ciencia-resonancia-educacion_25592666.htm

Eco

El **eco** en sonido se refiere a la **repetición de un sonido causada por la reflexión de las ondas sonoras en una superficie**. Cuando estas ondas rebotan y regresan al oyente, se percibe una repetición del sonido original. Para que se produzca un eco claro, se necesita una distancia considerable entre la fuente sonora y la superficie reflectante. Si bien eco y reverberación son fenómenos que involucran la reflexión del sonido, la principal diferencia radica en la distancia y la percepción. El **eco** se produce cuando el sonido reflejado llega al oyente después de un tiempo lo suficientemente largo como para distinguirlo como una repetición separada del sonido original, mientras que la **reverberación** se produce cuando las reflexiones sonoras se superponen y se mezclan con el sonido original, creando una sensación de prolongación del sonido en un espacio.



Eco. Imagen extraída de: https://www.freepik.es/vector-premium/eco-fenomeno-acustico-reflexion-sonido_33286274.htm

3. Luz. Definición

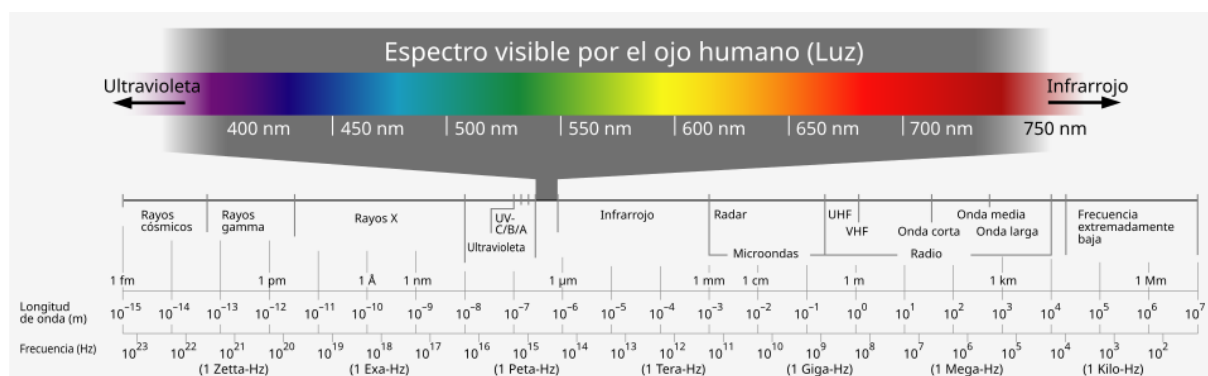
La **naturaleza de la luz** ha sido objeto de estudio durante siglos y ha fascinado a científicos y filósofos por igual. A través del tiempo, se han propuesto diversas teorías para explicar su comportamiento y propiedades, y hoy en día se entiende que la luz tiene una **naturaleza dual**, presentándose tanto como una **onda** como una **partícula**. La teoría ondulatoria de la luz fue desarrollada en el siglo XIX, principalmente por científicos como Thomas Young, quien realizó experimentos de interferencia que demostraron que la luz se comporta como una onda.

Considerando la materia constituida por átomos y moléculas, se puede explicar la emisión de radiación a partir de oscilaciones de estas partículas. Todos los cuerpos del universo emiten ondas electromagnéticas con frecuencias que crecen al aumentar el movimiento molecular, es decir, la temperatura. Si la temperatura es suficientemente alta, parte de la radiación es luz visible (que representa una parte muy pequeña del espectro). La luz visible al ojo humano forma parte de una estrecha franja que va desde longitudes de onda de 380 nm (violeta) hasta 780 nm (rojo).

La **luz** es la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. La **luz** se considera una **onda electromagnética** oscilante o en movimiento que nos permite ver objetos. Como todas las radiaciones electromagnéticas, está formada por partículas elementales desprovistas de masa denominadas fotones⁴, cuyas propiedades de acuerdo con la dualidad onda-partícula explican las características de su comportamiento físico. La **Óptica** es la rama de la física que estudia el comportamiento de la luz, sus características y sus diferentes manifestaciones

3.1. Espectro electromagnético

El **espectro electromagnético** abarca todas las longitudes de onda de la radiación electromagnética, desde las ondas de radio de baja frecuencia y larga longitud de onda hasta los rayos gamma de alta frecuencia y corta longitud de onda. Las ondas electromagnéticas se mueven con la misma rapidez en el vacío, pero varían en su frecuencia. Las **diversas frecuencias corresponden a distintas longitudes de onda** y la relación entre ellas es inversa. Según un orden creciente de frecuencia, el espectro electromagnético abarca: las ondas de radio, las microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, la radiación ultravioleta, los rayos x y los rayos gamma.



Espectro electromagnético. Imagen extraída de: https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible

3.2. Velocidad de la luz e índice de refracción

La **velocidad de la luz** en el vacío es una **constante física fundamental** que se define como exactamente 299.792.458 metros por segundo (aproximadamente 300.000 kilómetros por segundo). Esta velocidad **es la máxima a la que puede viajar cualquier información o energía en el universo** y es un pilar fundamental de la teoría de la relatividad de Einstein. Es constante, independientemente de la velocidad del observador o de la fuente de luz. Puede **variar al viajar a través de diferentes medios**, como aire, agua o vidrio. En estos casos, la velocidad se reduce debido a la interacción con las partículas del medio. El **índice de refracción (IR)** es una **propiedad física de un medio que describe cómo cambia la dirección y la velocidad de la luz** (o cualquier otra onda electromagnética) al pasar de un medio a otro. Se define como la razón entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio. Un IR más alto indica una menor velocidad

⁴ Un fotón es una partícula elemental que constituye la luz y la radiación electromagnética en general. Es la unidad fundamental de la energía electromagnética, y se caracteriza por su frecuencia o energía. Los fotones viajan a la velocidad de la luz en el vacío y, según la física cuántica, exhiben propiedades tanto de partículas como de ondas.

de la luz en ese medio y, por lo tanto, una mayor desviación de la luz al pasar a través de él. El IR del aire es 1,00029, el IR del agua es 1,333 y el IR del diamante es 2,417.

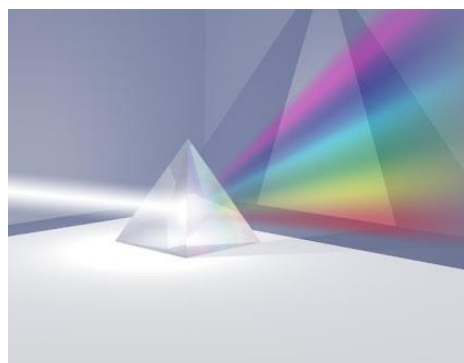
4. La física del color

En relación con la luz, hay dos tipos de objetos visibles: aquellos que por sí mismos emiten luz y los que la reflejan. El color de éstos depende de la composición espectral de la luz que incide y de la absorción del objeto, la cual determina qué ondas son reflejadas.

En física, el color se entiende como una manifestación de la luz visible, que es una porción del espectro electromagnético. La luz está compuesta por ondas electromagnéticas que se diferencian entre sí por su **longitud de onda (λ)** y su **frecuencia (f)**. Dentro del espectro electromagnético se encuentran todos los posibles niveles de energía de la luz, lo que equivale a decir que se abarcan todas las longitudes de onda que puede tener. Sin embargo, el **espectro visible**, es decir, la porción del espectro que el **ojo humano es capaz de percibir** es extremadamente limitada. Este rango va aproximadamente desde los **380 nanómetros (violeta)** hasta los **750-780 nanómetros (rojo)**. La luz de cada una de estas longitudes de onda es interpretada por el cerebro como un color diferente.

No obstante, existen muchos colores que los humanos pueden ver y que **no se encuentran** directamente en el espectro visible, como el negro, el gris, el blanco, el magenta, el rosa o el crema. Estos colores no están asociados a una sola longitud de onda, sino que resultan de combinaciones de distintas longitudes de onda o de la **ausencia total de luz** (como en el caso del negro).

El fenómeno del color ha sido objeto de estudio desde hace siglos. **Isaac Newton** fue el primero en usar el término espectro en 1671 al describir sus experimentos ópticos. Al hacer pasar un haz de luz solar a través de un **prisma de vidrio**, observó que se descomponía en diferentes bandas de colores. También demostró que estos colores podían **recomponerse** en luz blanca mediante una segunda lente. Así probó que la luz blanca está compuesta por todos los colores del arcoíris. Un fenómeno similar ocurre en la naturaleza cuando, durante una lluvia con sol, cada gota de agua actúa como un pequeño prisma, dando lugar al **arcoíris**, que es la suma de millones de descomposiciones individuales de la luz solar.



Descomposición de la luz. Imagen extraída de: <https://intef.es/>

Aunque el espectro es **continuo**, es decir, **no hay interrupciones entre un color y otro**, es posible **establecer una aproximación a los colores percibidos según el rango de longitud de onda**. En este contexto, las longitudes más cortas corresponden al violeta y al azul, mientras que las más largas se asocian al naranja y al rojo. La tabla que se muestra relaciona cada color visible con su correspondiente rango aproximado de longitud de onda en nanómetros (nm). Como se observa en la imagen, cada color del espectro visible corresponde a un intervalo específico de longitudes de onda. El violeta y el azul están en el extremo más energético (longitudes de onda cortas), mientras que el rojo se encuentra en el extremo de menor energía (longitudes más largas). Esta clasificación es útil para comprender tanto la percepción visual como las propiedades físicas de la luz en distintos contextos, como la óptica, la espectroscopía y el diseño de dispositivos emisores o sensores de luz.

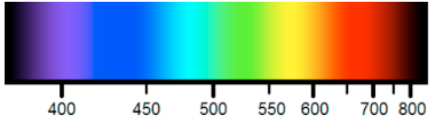
	
Color	Longitud de onda
Violeta	~ 380-427 nm
Azul	~ 427-476 nm
Cian	~ 476-497 nm
Verde	~ 497-570 nm
Amarillo	~ 570-581 nm
Naranja	~ 581-618 nm
Rojo	~ 618-780 nm

Imagen extraída de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Color>

4.1. La reflexión en las superficies: el color de los objetos

Cuando la luz incide sobre un objeto, **su superficie absorbe ciertas longitudes de onda y refleja otras**. Solo las longitudes de onda reflejadas llegan al ojo humano y, por tanto, son las que el cerebro interpreta como color. A diferencia de la luz natural, que contiene **todas las longitudes de onda**, los objetos tienen propiedades físicas que determinan qué parte de esa luz será absorbida y cuál será reflejada. Por ejemplo, un **objeto rojo** visto bajo luz blanca parece rojo no porque emita luz roja, sino porque **absorbe la mayoría de las longitudes de onda** del espectro visible y **refleja principalmente las correspondientes al rojo**. Si realmente emitiera luz, como en el caso de una fuente luminosa, podríamos verlo incluso en la oscuridad.

Este fenómeno muestra que el color **no es una propiedad física intrínseca** del objeto, sino un resultado de la interacción entre la luz, el objeto y el sistema visual humano. Distintas combinaciones espectrales pueden producir **la misma sensación de color**, lo cual permite que, mediante mezclas de solo tres colores primarios, se simule una gran variedad de colores.

4.2. Síntesis de color: aditiva y sustractiva

En física se distinguen dos **sistemas de síntesis de color**: la **aditiva** y la **sustractiva**, según el tipo de medio en el que ocurre la mezcla.

- En la **síntesis aditiva**, se trabaja con **fuentes de luz**. Los **colores primarios aditivos** son el **rojo, el verde y el azul (RGB)**. Al combinarse estos colores en diferentes proporciones se pueden generar todos los demás colores del espectro visible. La mezcla de los tres en intensidades adecuadas produce **luz blanca**. Este modelo se aplica en **pantallas, proyectores, televisores y dispositivos emisores de luz**.
- En la **síntesis sustractiva**, en cambio, se parte de luz blanca que es **modificada al atravesar pigmentos o tintes**, los cuales absorben ciertas longitudes de onda y reflejan otras. Los **colores primarios sustractivos** son el **cian, el magenta y el amarillo (CMY)**. Al mezclarse, estos pigmentos eliminan partes del espectro y producen nuevos colores: cian + magenta da azul, magenta + amarillo da rojo, etc. La combinación ideal de los tres absorbe toda la luz y da negro, aunque en la práctica se agrega tinta negra (K) para mejorar la intensidad y el contraste, dando lugar al modelo **CMYK**, ampliamente utilizado en **impresión y artes gráficas**.

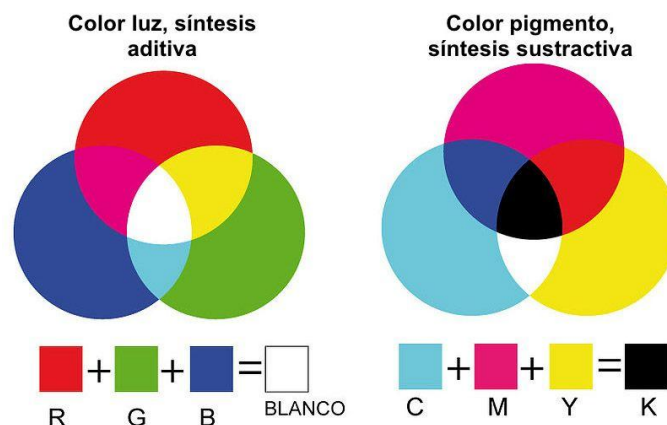


Imagen extraída de: <https://conmispropiosojos.weebly.com/cav2-t-el-color.html>

4.3. El color como construcción perceptual

Aunque el color tiene una base física (relacionada con la longitud de onda de la luz), su **percepción final** es un fenómeno fisiológico y psicológico. La retina humana contiene células fotorreceptoras llamadas **conos**, que responden de forma diferente a distintos rangos de longitud de onda. La combinación de señales de estos conos es procesada por el cerebro para generar la experiencia subjetiva del color. Por eso se dice que el color es, al mismo tiempo, **un fenómeno físico, fisiológico y perceptual**.

5. Óptica. Definición. Clasificación

La **óptica** es una rama fundamental de la física que estudia la naturaleza, comportamiento y propiedades de la **luz**, así como su interacción con la materia y los dispositivos que la utilizan o manipulan. A lo largo de la historia, la óptica ha evolucionado en diferentes enfoques para describir los fenómenos luminosos desde diversas perspectivas, dando lugar a tres grandes ramas: la **óptica geométrica**, la **óptica ondulatoria** y la **óptica electromagnética**.

La **óptica geométrica** se basa en la aproximación de que **la luz viaja en líneas rectas llamadas rayos**. Esta rama estudia fenómenos como la **reflexión** y la **refracción** sin considerar la naturaleza ondulatoria de la luz, lo que la hace muy útil para analizar sistemas ópticos donde los objetos y las dimensiones son mucho mayores que la longitud de onda de la luz. Por ejemplo, es la base para entender el comportamiento de **espejos** y **lentes**.

En contraste, la **óptica ondulatoria** considera a la luz como una **onda electromagnética** que se propaga y puede presentar fenómenos como la **interferencia**, **difracción** y **polarización**. Esta perspectiva permite explicar efectos que la óptica geométrica no puede abordar, debido a que tienen origen en la naturaleza ondulatoria de la luz.

Finalmente, la **óptica electromagnética** es el enfoque más fundamental que describe **la luz como una oscilación de campos eléctricos y magnéticos**, basándose en las ecuaciones de Maxwell. Este marco teórico unifica y explica tanto el comportamiento ondulatorio como la interacción de la luz con la materia desde una perspectiva física profunda.

5.1. Reflexión de la luz

Entre los fenómenos más estudiados en óptica, la **reflexión de la luz** es uno de los más simples y conocidos. La reflexión ocurre cuando un rayo de luz incide sobre una superficie y es devuelto al medio original, cambiando su dirección, pero no su medio. Las **leyes** que rigen la reflexión son claras y fundamentales: **el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie están en el mismo plano, y el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión**. Este fenómeno es la base para el funcionamiento de **espejos**.

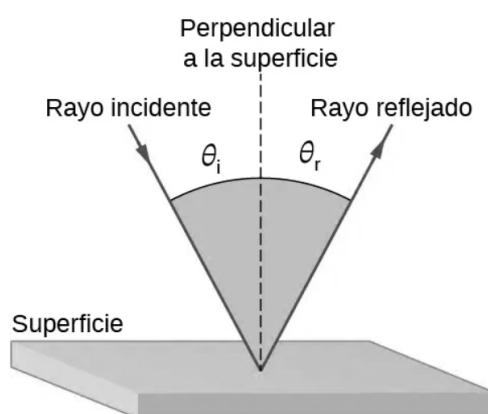
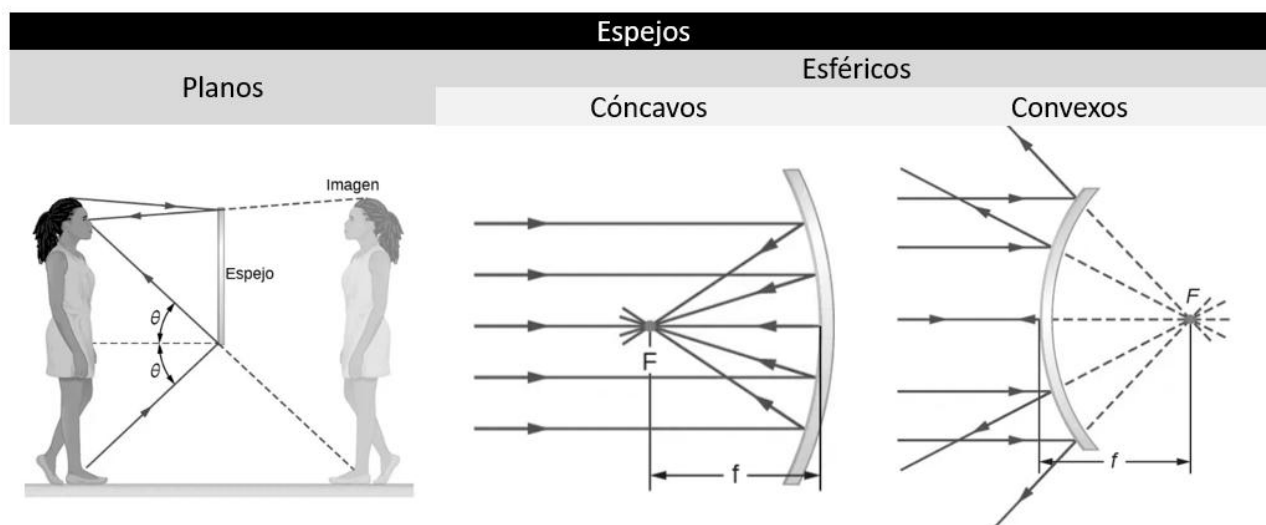


Imagen extraída de: <https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-3/pages/1-2-la-ley-de-reflexion>

5.1.1. Espejos planos y esféricos

Los **espejos planos**, que tienen una superficie lisa y plana, reflejan la luz siguiendo estas leyes, formando imágenes virtuales, del mismo tamaño que el objeto y lateralmente invertidas. Son los espejos que usamos cotidianamente para ver nuestra imagen. Por otro lado, los **espejos esféricos** tienen superficies curvas y pueden ser cóncavos o convexos. Los espejos **cóncavos convergen los rayos de luz** hacia un punto focal y pueden formar imágenes reales o virtuales, según la posición del objeto. Se usan en telescopios, faros y

espejos de maquillaje. Los **espejos convexos divergen los rayos**, generando imágenes virtuales, derechas y más pequeñas, útiles para ampliar el campo visual en retrovisores de vehículos.



Imágenes extraídas de: <https://openstax.org/details/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-3>

5.2. Refracción de la luz

Otro fenómeno crucial es la **refracción de la luz**, que ocurre cuando **un rayo pasa de un medio a otro con diferente densidad óptica, provocando un cambio en su velocidad y dirección**. La luz se acerca o se aleja de la normal dependiendo si pasa a un medio más o menos denso. Este fenómeno se describe con las **leyes de Snell**, que relacionan los ángulos de incidencia y refracción con los índices de refracción de los medios. La refracción explica por qué objetos sumergidos en agua parecen "doblar" o desplazarse visualmente.

La magnitud en que un rayo de luz cambia su dirección depende tanto del ángulo de incidencia como de la magnitud en que cambia la velocidad. Para un rayo con un ángulo de incidencia determinado, un gran cambio de velocidad provoca un gran cambio de dirección y, por tanto, un gran cambio de ángulo. La relación matemática exacta es la **ley de refracción**, o ley de Snell. La ley de refracción se expresa en forma de ecuación como:

$$n_1 \cdot \text{sen } \Theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \Theta_2$$

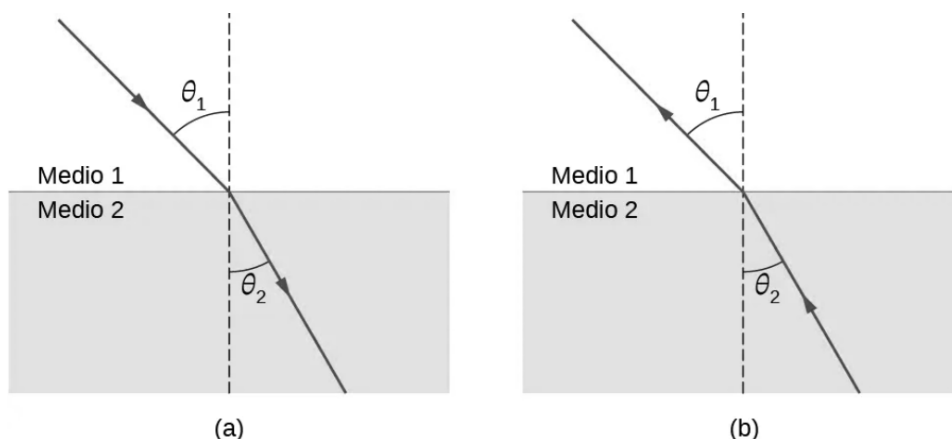
n_1 y n_2 : índices de refracción de los medios 1 y 2

Θ_1 y Θ_2 : ángulos entre los rayos y la perpendicular en los medios 1 y 2.

El rayo entrante se llama rayo incidente, el rayo saliente se llama rayo refractado, y los ángulos asociados son el ángulo incidente y el ángulo refractado, respectivamente.

Los experimentos de Snell demostraron que la ley de refracción se cumple y que se puede asignar un índice de refracción característico n a un medio determinado y medir su valor.

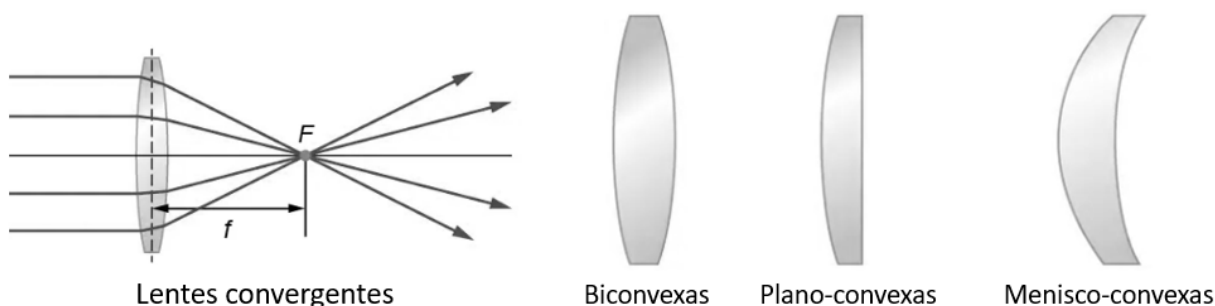
El cambio de dirección de un rayo de luz depende de cómo cambia el índice de refracción cuando pasa de un medio a otro. En las situaciones (a) y (b) que se grafican a continuación, el índice de refracción es mayor en el medio 2 que en el medio 1. Para el caso (a): un rayo de luz se acerca a la perpendicular cuando entra en un medio con un índice de refracción mayor. Para el caso (b): un rayo de luz se aleja de la perpendicular cuando entra en un medio con un índice de refracción menor.



Refracción de la luz. Imagen extraída de: <https://openstax.org/details/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-3>

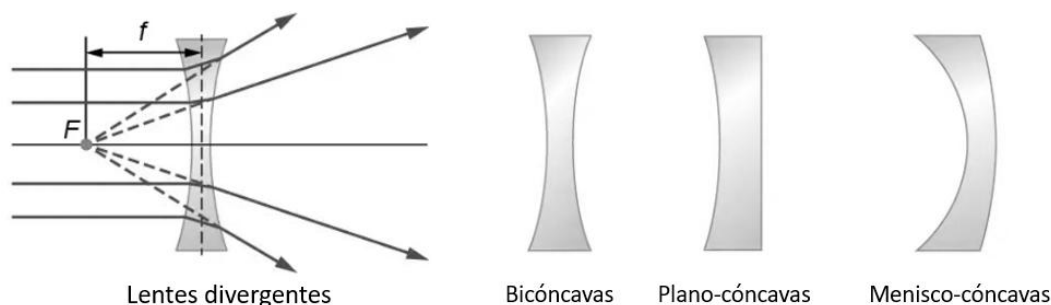
5.2.1. Lentes convergentes y divergentes

Las **lentes**, que aprovechan la refracción para controlar la trayectoria de la luz, se clasifican principalmente en **convergentes** y **divergentes**. Las **lentes convergentes** son más gruesas en el centro y hacen que los rayos de luz se unan en un foco. Dentro de ellas, las **lentes biconvexas** tienen ambas superficies convexas y son muy usadas en cámaras, lupas y telescopios para aumentar o enfocar imágenes; las **plano-convexas**, con una cara plana y otra convexa, son ideales para sistemas que requieren enfocar la luz en una dirección particular o minimizar aberraciones, y se emplean en láseres y proyectores; mientras que las lentes **menisco convergentes** combinan una superficie convexa más pronunciada con una cóncava menos marcada, ayudando a corregir distorsiones ópticas en cámaras y otros dispositivos.



Imágenes extraídas de: <https://openstax.org/details/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-3>

Las **lentes divergentes**, por su parte, son más delgadas en el centro y provocan que los rayos de luz se separen. Las **bicóncavas**, con ambas caras cóncavas, dispersan la luz eficazmente y se usan comúnmente en anteojos para miopía; las **plano-cóncavas**, con una cara plana y otra cóncava, ofrecen una dispersión más suave y se emplean en aplicaciones que requieren control preciso de la luz; y las lentes **menisco divergentes**, con una curvatura cóncava más marcada que la convexa, son útiles para corregir aberraciones y mejorar la calidad óptica en sistemas complejos.



Imágenes extraídas de: <https://openstax.org/details/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-3>

II. AUTOEVALUACIÓN

- 1) ¿Qué es una onda en física?
 - a) Una transferencia de materia sin propagación de energía.
 - b) Una propagación de energía sin desplazamiento de materia.
 - c) Un movimiento que desplaza materia a través de un medio.
 - d) Una vibración que se propaga solo en el vacío.
- 2) ¿Cuál de las siguientes opciones corresponde a una onda transversal?
 - a) El sonido.
 - b) Una onda sísmica.
 - c) La luz.
 - d) La vibración de las partículas en la misma dirección de propagación.
- 3) En el contexto de las ondas, ¿qué es la frecuencia (f)?
 - a) La distancia entre dos crestas consecutivas.
 - b) El tiempo que tarda una onda en completar un ciclo.
 - c) La distancia máxima desde la línea de equilibrio hasta una cresta o un valle.
 - d) El número de ciclos o vibraciones completas en una unidad de tiempo.
- 4) El principio de superposición establece que cuando dos o más ondas coinciden en un punto, la perturbación resultante es:
 - a) La multiplicación de las perturbaciones individuales de cada onda.
 - b) La diferencia entre la perturbación más grande y la más pequeña.
 - c) La suma de las perturbaciones individuales de cada onda.
 - d) Un pulso con amplitud nula.
- 5) ¿Qué tipo de interferencia se produce cuando los pulsos de dos ondas están fuera de fase (la cresta de uno coincide con el valle del otro)?
 - a) Interferencia constructiva.
 - b) Interferencia mixta.
 - c) Interferencia destructiva.
 - d) Resonancia.
- 6) El sonido es una onda...
 - a) Electromagnética y transversal.
 - b) Mecánica y transversal.
 - c) Electromagnética y longitudinal.
 - d) Mecánica y longitudinal.
- 7) ¿Cuál es la cualidad del sonido que nos permite distinguir entre sonidos agudos y graves?
 - a) El timbre.
 - b) La intensidad.
 - c) El tono.
 - d) La reverberación.
- 8) ¿Qué es la reverberación?
 - a) La repetición de un sonido causada por la reflexión de las ondas sonoras.
 - b) El fenómeno de dos cuerpos que vibran a la misma frecuencia.
 - c) La suma total de las reflexiones del sonido que llegan al receptor en diferentes momentos.
 - d) La cualidad que permite distinguir sonidos de la misma frecuencia e intensidad.
- 9) ¿A qué se debe el fenómeno de resonancia?

- a) A la superposición de ondas con amplitudes diferentes.
 - b) A que dos cuerpos tienen la misma frecuencia de vibración.
 - c) A la diferencia de velocidad del sonido en diferentes medios.
 - d) A la reflexión del sonido en una superficie lejana.
- 10) Para que se produzca un eco claro se necesita una distancia considerable entre la fuente sonora y la superficie reflectante. ¿Cuál es la principal diferencia con la reverberación?
- a) El eco se produce en espacios cerrados y la reverberación en espacios abiertos.
 - b) El eco es una prolongación del sonido, mientras que la reverberación es una repetición del sonido original.
 - c) En el eco, el sonido reflejado se distingue como una repetición separada, mientras que, en la reverberación las reflexiones se superponen con el sonido original.
 - d) El eco es un fenómeno físico y la reverberación es un fenómeno fisiológico.
- 11) ¿Qué rama de la física estudia el comportamiento de la luz, sus características y manifestaciones?
- a) La Acústica.
 - b) La Termodinámica.
 - c) La Óptica.
 - d) La Cinemática.
- 12) La luz visible forma parte del espectro electromagnético. ¿Cuál es el rango aproximado de longitudes de onda que puede percibir el ojo humano?
- a) Desde los 16 Hz hasta los 20000 Hz.
 - b) Desde los 380 nm (violeta) hasta los 780 nm (rojo).
 - c) Desde las ondas de radio hasta los rayos X.
 - d) Desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.
- 13) La velocidad de la luz en el vacío es una constante física fundamental. ¿Cómo varía la velocidad de la luz cuando viaja a través de un medio como el agua o el vidrio?
- a) Aumenta.
 - b) Se mantiene constante.
 - c) Disminuye.
 - d) Disminuye solo si el medio es opaco.
- 14) ¿Qué es el índice de refracción (n) de un medio?
- a) La velocidad de la luz en el vacío dividida por su velocidad en ese medio.
 - b) La velocidad de la luz en el medio dividida por su velocidad en el vacío.
 - c) La frecuencia de la luz en el medio.
 - d) La longitud de onda de la luz en el vacío.
- 15) ¿Por qué un objeto se ve de color rojo?
- a) Porque el objeto absorbe todas las longitudes de onda, excepto el rojo, que es reflejado.
 - b) Porque el objeto solo absorbe la longitud de onda del color rojo.
 - c) Porque el objeto emite luz roja.
 - d) Porque el ojo humano percibe el rojo como la ausencia de color.
- 16) ¿Qué colores se consideran primarios en la síntesis de color aditiva (luz)?
- a) Cian, magenta y amarillo.
 - b) Rojo, amarillo y azul.
 - c) Rojo, verde y azul.
 - d) Naranja, verde y violeta.

- 17) En la síntesis de color sustractiva (pigmentos), ¿qué color se obtiene al combinar los tres colores primarios (cian, magenta, amarillo)?
- a) Blanco.
 - b) Negro.
 - c) Violeta.
 - d) Rojo.
- 18) La reflexión de la luz en una superficie pulida y lisa, como un espejo, se conoce como:
- a) Reflexión difusa.
 - b) Refracción.
 - c) Reflexión regular o especular.
 - d) Absorción.
- 19) Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro y cambia de dirección, ¿cómo se llama este fenómeno?
- a) Reflexión.
 - b) Difracción.
 - c) Refracción.
 - d) Interferencia.
- 20) Las lentes divergentes:
- a) Son más gruesas en el centro y hacen que los rayos de luz se unan en un foco.
 - b) Son más delgadas en el centro y provocan que los rayos de luz se separen.

Respuestas autoevaluación

- 1. b) Una propagación de energía sin desplazamiento de materia.
- 2. c) La luz.
- 3. d) El número de ciclos o vibraciones completas en una unidad de tiempo.
- 4. c) La suma de las perturbaciones individuales de cada onda.
- 5. c) Interferencia destructiva.
- 6. d) Mecánica y longitudinal.
- 7. c) El tono.
- 8. c) La suma total de las reflexiones del sonido que llegan al receptor en diferentes momentos.
- 9. b) A que dos cuerpos tienen la misma frecuencia de vibración.
- 10. c) En el eco, el sonido reflejado se distingue como una repetición separada, mientras que, en la reverberación, las reflexiones se superponen con el sonido original.
- 11. c) La Óptica.
- 12. b) Desde los 380 nm (violeta) hasta los 780 nm (rojo).
- 13. c) Disminuye.
- 14. a) La velocidad de la luz en el vacío dividida por su velocidad en ese medio.

15. a) Porque el objeto absorbe todas las longitudes de onda, excepto el rojo, que es reflejado.
16. c) Rojo, verde y azul.
17. b) Negro.
18. c) Reflexión regular o especular.
19. c) Refracción.
20. b) Son más delgadas en el centro y provocan que los rayos se separen.

BIBLIOGRAFÍA

BEER, Ferdinand et al (2010). Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. México: McGraw-Hill.

FILIPPA, Stella et al (2019). Física para la Arquitectura y el Diseño Industrial. Córdoba: Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba.

FREEDMAN, Roger y Young, Hugh (2018). Física Universitaria con Física Moderna 1. México: Pearson.

LEMARCHAND, Guillermo et al (2001). Física. Bs As: Editorial Puerto de Palos

MAIZTEGUI, Alberto y Sabato, Jorge (1974). Introducción a la Física 1. Bs As: Editorial Kapeluz.

MAIZTEGUI, Alberto y Sabato, Jorge (1974). Introducción a la Física 2. Bs As: Editorial Kapeluz.

MIGUEL, Carlos (1980). Curso de Física. Mecánica, Calor y Acústica. Bs As: El Ateneo.