

Dinámica

paso a paso

Para estudiantes de Ingeniería.

Teoría y ejemplos.

Eduardo Izquierdo Moreno

Edición corregida y aumentada
Septiembre 2020

Obra protegida por Derechos de Autor
Prohibida su reproducción parcial o total
Reg. Num. 03-2004-032212123200-01

Presentación

La pandemia del Covid 19 ha ocasionado estragos y cambios en la vida de todos, lamentables vidas perdidas, problemas económicos, confinamiento y angustia, entre otros. No obstante, el comportamiento heroico de los trabajadores de la salud resulta ejemplar y los esfuerzos de adaptación los estamos haciendo todos.

Una reflexión importante es que estos esfuerzos resultan más fáciles y efectivos cuando los hacemos en comunidad, organizados, cuando aportamos de manera generosa nuestra capacidad y apoyamos a los demás.

En ese sentido decidí aportar mi pequeña contribución a la comunidad estudiantil de la ESIA-Z, poniendo a disposición de manera abierta y gratuita el presente material que comprende la totalidad del curso de Dinámica de la Partícula y es producto de muchos años de trabajo.

Espero que sea de utilidad y resulte un apoyo y una motivación para mejorar tu aprendizaje.

Atentamente

M.en C. Eduardo Izquierdo Moreno.

“La Técnica al Servicio de la Patria”

Se autoriza la reproducción parcial o total citando la fuente.

Se agradecen comentarios y observaciones al correo
eizquierdom@ipn.mx

Unidad 1

Sistemas de Unidades

1.1 Introducción.

Las unidades y las medidas, forman parte de nuestra vida cotidiana. Todos los días consultamos el reloj para saber “qué horas son”, calculamos el tiempo que nos tardaremos en trasladarnos a la escuela, al trabajo, o en desarrollar una actividad, medimos la velocidad con la que viajamos, nos preocupa nuestra estatura, nuestro peso, la temperatura de nuestro cuerpo. Contamos y medimos: alimentos, gasolina, ropa, el dinero que tenemos y el que quisiéramos tener. Todo lo que hacemos y todo lo que necesitamos requiere de una u otra forma medir, contar, calcular.

Conocer los aspectos cuantitativos de la realidad es una necesidad concreta, real, objetiva

La necesidad de medir y calcular no surge de la pura curiosidad intelectual, sino principalmente del hecho objetivo de que el conocimiento contribuye a la supervivencia en un grado tal que, a la larga, la condiciona.

A su vez, el conocimiento de la “realidad concreta” pasa por el conocimiento de sus aspectos cualitativos y cuantitativos.

Un número por sí mismo es algo sumamente abstracto. Por ejemplo: 5 ... ¿5 qué?, ¿5 costales de grano?, ¿5 borregos en el rebaño?, ¿5 días para la siembra?, ¿5 kilómetros para llegar a casa? o ¿5 semanas para terminar el semestre? Como vemos el significado del número depende, entre otras cosas, de las unidades; y las unidades nos sirven para medir.

1.2 Un poco de historia.

Diversos estudios antropológicos permiten ubicar el surgimiento de las primeras unidades coincidiendo con el neolítico, donde se da el descubrimiento de la agricultura, la domesticación de animales y el principio del intercambio; o sea, del comercio.

Las primeras unidades eran *antropométricas*; es decir, derivadas del cuerpo humano muchas de las cuales aún se usan: *el codo*, que era la distancia de la punta del codo al extremo del dedo central de la mano extendida, *el brazo*, de la punta del dedo central a la mitad del tórax

o al centro de la barbilla, *la braza*, el doble del brazo, es decir de punta a punta de los dedos con los brazos extendidos, *el pie*, *el paso*, etc. Otras unidades surgieron de la vida práctica: *el tiro de piedra*, *el alcance de la vista*, *la jornada de marcha*. También había unidades surgidas de la práctica productiva eminentemente agrícola: los granos de trigo o arroz fueron en muchos lugares las primeras unidades de peso; aunque los cereales se midieron en volumen con medidas “rasadas” o “colmadas” hasta bien entrado el siglo XIX. Como los barriles o toneles se usaban para guardar y transportar el vino y el aceite, era lógico que también se usaran para medirlo, aún en la actualidad el petróleo se mide en barriles. Obvio es que existía una gran diversidad de tamaños en los diferentes pueblos y de un uso a otro, por ejemplo, no eran iguales las medidas para los diferentes cereales, la avena por ser más barata siempre tenía una medida mayor y no había ninguna relación entre medidas surgidas de prácticas o culturas diferentes.

A pesar del aislamiento y de la diversidad de condiciones específicas, las diferentes civilizaciones de la antigüedad, desarrollaron sus propias unidades siguiendo más o menos la misma lógica antropométrica y práctica. Las diferencias de tamaños de una persona a otra se compensaban con acuerdos en cada transacción. Con el correr de los años en algunos reinos se llegó a normalizar ciertos valores, pero resultó imposible eliminar la diversidad de valores que tenía una misma unidad de una zona a otra. El pie en Atenas medía 30.829 cm, el de los romanos valía 33.27 cm y el de Jerusalén 28.7 cm. Los fenicios usaron el *siclo* equivalente a 150 gr, la *mina* de 746 gr y el *talento* de 400 gr. Mientras que en Asiria la *mina* era de 505 gr y el *talento* de 30 000 gr.

Otra característica era la falta de relaciones numéricas claras y sencillas entre las diversas unidades, el paso no tenía por qué dividirse en un número exacto de codos, ni el codo en un número fijo de palmos. Además, había, como hasta la fecha, diferentes sistemas de numeración: el binario, el decimal, el duodecimal, (con el doce como base), el vigesimal y el sexagesimal.

Una idea de la gran cantidad de unidades que existían a finales del feudalismo, y de la complejidad de la situación, lo proporciona el siguiente párrafo:

Hacia mediados del siglo XIX el estadounidense J. H. Alexander se dedicó a recopilar una relación de todas las unidades de peso y medida existentes hasta esa época, y su lista, que dista mucho de ser completa, registra 4000 unidades. En otro estudio del mismo siglo se dice que en las diversas partes del mundo se asignaban 391 valores distintos a la libra y 282 al pie¹.

Aun en la actualidad podemos observar en las unidades inglesas los vestigios de la falta de uniformidad y coherencia: La pulgada (que proviene del pulgar) se divide en medios, cuartos, octavos, etc. de acuerdo al sistema de numeración binario. A veces, también se divide en milésimos (sin pasar por décimos ni centésimos). Sus múltiplos, el pie y la yarda (que proviene de un paso) utilizan sistema de base duodecimal, doce pulgadas hacen un pie y tres pies (número primo de 12) hacen una yarda, pero para pasar de yardas a millas no existe ninguna lógica: 1760 yardas hacen una milla “*state*” o británica, 2026.66 yardas forman una milla náutica británica, pero 2025.4 yardas son iguales a una milla náutica internacional o geográfica y 1777.559 yardas hacen una “*US mile*” o milla de EEUU. De igual forma no hay ninguna relación clara entre las unidades de longitud con las de área ni con las de volumen: 2.787 x 10⁷ pies cuadrados son equivalentes a una milla cuadrada, 1 acre vale 43560 pies cuadrados y 1 galón es igual a 0.13368 pies cúbicos.

¹ García Díaz Rafael. Sistema internacional de unidades. Ed. Limusa p 15. Primera edición 1984.

Las unidades antiguas fueron funcionales en las sociedades agrícolas en las que surgieron y mientras el comercio permaneció en un bajo nivel de desarrollo. Lo anterior es válido para toda la antigüedad y el medioevo europeo; sin embargo, con el renacimiento, el incremento del comercio y el surgimiento del capitalismo, la falta de uniformidad en las unidades y medidas se convirtió en un obstáculo para el avance de las fuerzas productivas, creándose las condiciones históricas para que esto cambiara.

No es casual que, durante la Revolución Francesa, que barrió con los restos de la sociedad feudal, surgiera en la propia Asamblea Nacional (el parlamento de ese entonces) en 1789, la propuesta de una comisión de científicos que crearan un sistema de pesas y medidas que terminara con ese desorden.

El sistema de numeración decimal ya había existido en la civilización Hindú, Fenicia y Babilónica. En 1585 Simón Stevinus expuso las ventajas de usar el sistema decimal de unidades de medida en un folleto titulado el diezmo. Hacia el año 1600, la Sociedad Real de Londres propuso un proyecto de medidas decimales, y en el siguiente siglo muchos científicos propusieron medidas de base diez. Otro problema que se discutió durante mucho tiempo fue el origen de la unidad de longitud, ¿por qué era mejor una que otra si todas eran antropométricas o de simplemente arbitrarias y cuál debería tomarse como base del nuevo sistema?

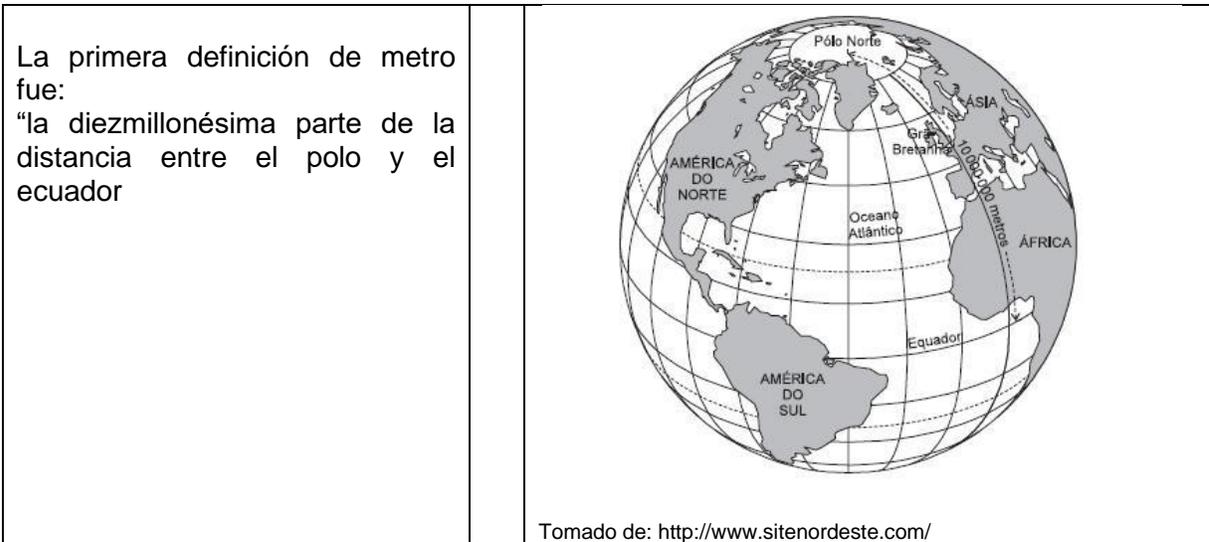
Se coincidía en que la nueva unidad debería tener un origen “natural”, algo que no dependiera de las medidas de un hombre o de la tradición. Así se establecieron dos principios que habían de retomarse a la hora de formular el nuevo sistema: la base decimal y el origen “natural” de la unidad de longitud.

Algunos propusieron considerar a la longitud de un péndulo con periodo de un segundo como unidad de longitud. Sabemos que el periodo de un péndulo depende de la longitud de la cuerda, así se tendría una unidad muy fácilmente reproducible. El problema es que el periodo también depende de la gravedad terrestre, con lo cual se tendría una unidad con variaciones de un lugar a otro; además el segundo era (y es) una división arbitraria del día. Por estas razones se desechó la propuesta. Otra idea fue la de medir el ecuador, y de una fracción de esa distancia construir la unidad. La dificultad de la medición ocasionó que también se desechara.

Finalmente se decidió determinar la longitud del cuadrante (la cuarta parte) del meridiano terrestre y escoger una fracción como la unidad de longitud. Se realizó un levantamiento geodésico, por el método de triangulaciones, de una parte del meridiano que pasa cerca de París y se calculó su longitud.

A la diezmilésima parte del cuadrante del meridiano terrestre se le llamó “metro”, nombre que proviene del griego *metron* que significa medida.

--	--	--



A partir de esta unidad se construyeron las demás; y así llegamos al

1.3 Sistema métrico decimal original.

El primer sistema métrico estaba compuesto por las siguientes unidades:

Metro.- Unidad de longitud. La primera definición de metro fue **“la diez millonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre”**. Esta distancia se gravó en un riel cuya sección transversal tiene forma de “X” hecho de platino e iridio (que es una aleación que se dilata muy poco) y que se encuentra en la Oficina de Pesas y Medidas de Sevres, Francia, cerca de París. En un patín están colocadas dos placas de oro, cada una tiene una finísima raya. A este riel se le conoce como “metro patrón”. Posteriores mediciones demostraron que el primer levantamiento tenía un leve error así que la definición de “la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre” resultaba inexacta, de manera que la definición se modificó a la distancia contenida entre las dos marcas del metro patrón.

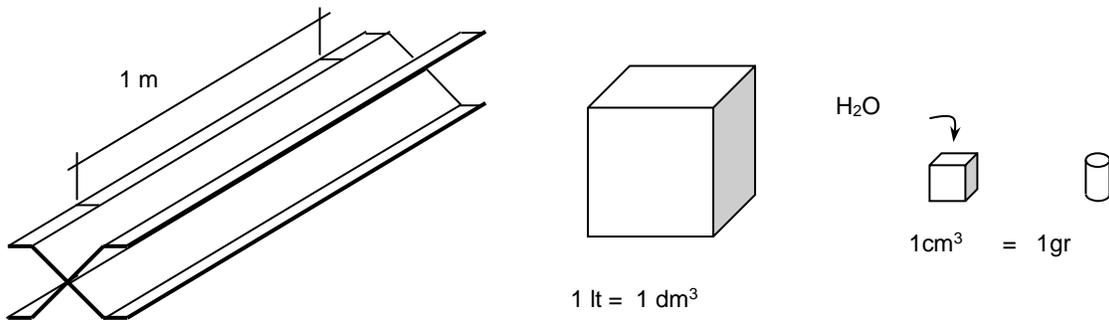


Fig. 2.1 Metro, litro y gramo patrones.

Área.- Unidad de superficie. Un cuadrado de 10 m por lado. Actualmente todavía usamos la hectárea, equivalente a 100 áreas = 10 000 m²

Litro.- Unidad de volumen. Volumen contenido en un cubo de un decímetro por lado.

Gramo.- Unidad de masa. Igual a la masa contenida en un cubo de un centímetro por lado, lleno de agua a su máxima densidad (cuatro grados centígrados aprox.)

Estereo.- Unidad especial para medir leña, igual a un cubo de un metro por lado.

<p>1960 La 11.^a Conferencia de Pesos y Medidas adoptó una nueva definición del metro: «1 650 763,73 veces la longitud de onda en el vacío de la radiación naranja del átomo del criptón 86</p> <p>En 1983 la 17^a Conferencia General de Pesas y Medidas adoptó la actual definición: Distancia recorrida por la luz en el vacío en 1/ 299 792 458 partes de un segundo</p>	 <p>www.ecured.cu</p>
--	---

Además, se acordó usar prefijos de origen griego para designar a los múltiplos y otros de origen latino para designar los submúltiplos. Ver tabla 2.1

Tabla 2.1 Prefijos de múltiplos y submúltiplos del sistema métrico decimal original.

Múltiplos	Submúltiplos
Deca = 10	Deci = 0.1
Hecto = 100	Centi = 0.01
Kilo = 1000	Mili = 0.001

De manera que el **Kilogramo** es un múltiplo del gramo equivalente a **1000 gr** y también se puede definir como **la masa (o peso) de un cubo de 1 dm por lado lleno de agua a su máxima densidad.**

O sea que 1 lt de agua tiene una masa de 1 kg y/o pesa 1kg.

Del kilogramo también se construyó un patrón con forma de cilindro del mismo material que el metro y se resguardó en la Oficina de Pesas y Medidas cercana a París junto con los demás patrones.



Foto tomada de <http://queesela.net/kilogramo/>

Otro problema importante era que las nuevas unidades deberían usarse en todo el Mundo para que realmente funcionaran. Durante las guerras napoleónicas, Francia, en su esfuerzo imperial, impuso el sistema en Europa Occidental, y a lo largo del siglo XIX el sistema métrico decimal se fue extendiendo por el resto de los países europeos y de ahí a las colonias y ex - colonias.

A nivel del comercio este sistema resolvía gran parte el caos anterior, pero con el descubrimiento y desarrollo de nuevas ciencias y técnicas se fueron requiriendo nuevas unidades: La máquina de vapor y posteriormente el motor de combustión interna avanzaron a la par que grandes desarrollos de la Termodinámica. La Electricidad y el Magnetismo fueron los impulsores de la llamada segunda revolución industrial, y ya en el siglo XX con el desarrollo de la Física Moderna se continuaron descubriendo nuevos conceptos a medir. Es así que los científicos fueron proponiendo unidades conforme las iban necesitando de manera que nuevamente proliferó la diversidad. A fines del siglo XIX y principios del XX existían más de 10 sistemas, la mayoría basados en el métrico original, pero presentando diferencias. Esto produjo nuevos esfuerzos de unificación.

1.4 El sistema internacional de unidades (SI).

Fue hasta 1960 durante la Décimo Primera Conferencia Internacional de Pesas y Medidas, que se acordó la adopción del Sistema Internacional de Unidades, abreviado SI. Basado en el Metro, Kilogramo masa, Segundo, Amper o MKSA desarrollado por el italiano *Giovanni Giorgi*. Actualmente el sistema Internacional cuenta con siete unidades fundamentales y dos suplementarias más todas las que se derivan con base en la aplicación de las leyes de la Física.

Tabla 2.2 Unidades y conceptos fundamentales del SI.

Unidad	Símbolo	Concepto que mide
Metro	m	Longitud
Kilogramo	kg	Masa
Segundo	s	Tiempo
Amper	A	Intensidad de corriente eléctrica
Kelvin	K	Temperatura
Mol	mol	Cantidad de materia
Candela	cd	Intensidad luminosa
Radian	rd	Angulo plano
Estereorradian	sr	Angulo sólido

Además, se aumenta el número de prefijos para múltiplos y submúltiplos, los principales son:

Tabla 2.3 Prefijos para múltiplos y submúltiplos del SI.

Prefijo	Símbolo	Notación científica	Factor
exa	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
peta	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000
tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000
giga	G	10^9	1 000 000 000
mega	M	10^6	1 000 000
kilo	k	10^3	1000
hecto	h	10^2	100
deca	da	10^1	10
unidad		1	1
deci	d	10^{-1}	0.1
centi	c	10^{-2}	0.01
mili	m	10^{-3}	0.001
micro	μ	10^{-6}	0.000 001
Nano	n	10^{-9}	0.000 000 001
Pico	p	10^{-12}	0.000 000 000 001
femto	f	10^{-15}	0.000 000 000 000 001
atto	a	10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001

Las definiciones de las unidades fundamentales han cambiado un poco a lo largo del tiempo, tendiendo al desarrollo de patrones atómicos.

Actualmente el *metro* se define como Distancia recorrida por la luz en el vacío en 1/ 299 792 458 partes de un segundo

El *kilogramo* se continúa definiendo como la masa del cilindro patrón de platino con iridio sancionado por la Conferencia General de Pesas y Medidas efectuada en París en 1889 y que se encuentra en la oficina internacional de pesas y medidas de *Sevres*, Francia.

La definición común de segundo es la fracción 1/86400 del día solar medio, pero dado que los días no solo cambian a lo largo del año, sino de un año a otro, se puede definir en función de periodos más largos de tiempo. “El segundo es la fracción 1/31 556 925.9747 del año trópico para 1900 enero 0 a las 12 horas del tiempo de las efemérides”. También hay definiciones atómicas en función del número de vibraciones de algunos átomos que tienen periodos muy regulares. Actualmente se define como

*“La duración de **9192.631.770** oscilaciones de la radiación emitida en la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del **isótopo 133** del átomo de **cesio** (^{133}Cs), a una temperatura de 0 K.”*

También se acordaron algunas reglas. Por ejemplo, cuando se asigna el nombre de algún personaje a una unidad, la abreviatura debe escribirse con mayúscula, y la palabra completa con minúscula. De manera que Newton es el apellido de Sir Isaac, y newton (abreviado *N*) es la unidad de fuerza en el SI.

1.5 Fenómeno físico, ley física, concepto físico.²

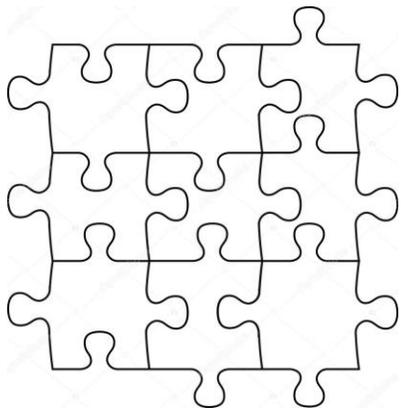
Podemos definir a un **fenómeno físico** como un acontecimiento, un hecho o una manifestación de la realidad, en la cual no se altera la naturaleza interna de la materia, no se crean nuevas sustancias, o bien su estructura molecular permanece inalterada (es decir, no hay reacciones químicas) Ejemplos de fenómenos físicos son el movimiento, la resistencia de los cuerpos a diversos esfuerzos y la correspondiente deformación, la electricidad, el sonido, etc.

Una **ley física** es la descripción del comportamiento de un fenómeno, y debe expresar tanto los aspectos cualitativos como las relaciones cuantitativas; es decir, además de una descripción verbal, se debe buscar *expresiones matemáticas* que reflejen o describan el fenómeno, aunque sea de manera aproximada³. Estas expresiones matemáticas involucran conceptos...

La palabra **concepto** está relacionada con concepción, con nacimiento. Así, un **concepto** es una idea que concibe o forma entendimiento; es decir, es una **imagen** o construcción **mental** que nos permite **concebir (entender) un asunto** o un fenómeno, una parte de la realidad.

<p>Un concepto es:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ una idea que nos permite entender ✓ un nombre para identificar una parte de una cosa o fenómeno ✓ una unidad (o elemento) de conocimiento <p><small>Fig. tomada de: http://elrincondelasagrada.blogspot.mx/2014/05/de-donde-vienen-las-ideas.html</small></p>	
---	--

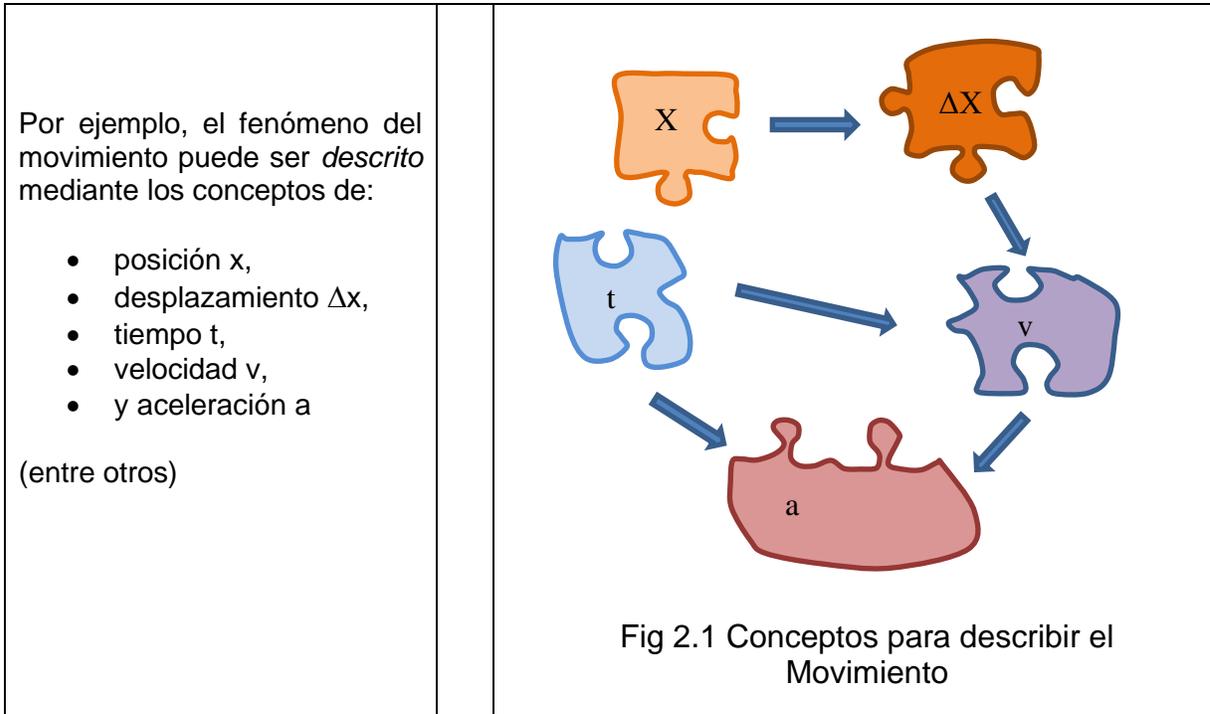
También se dice que un concepto es una unidad cognitiva o una unidad de significado mental.

<p>Podemos entender mejor lo que es un concepto haciendo la siguiente analogía:</p> <p>Si una cosa o fenómeno se representa por un rompecabezas, los conceptos, las unidades de conocimiento o significado mental, estarían representadas por las piezas.</p> <p>Así para armar el rompecabezas (conocer o entender la cosa o fenómeno) hay que identificar las piezas, sus características y las relaciones que tienen entre ellas.</p>	
--	--

² Se recomienda estudiar el apéndice 1 "Hacia un esquema de la realidad".

³ A diferencia de las leyes humanas, las leyes naturales no tienen nada que ver con la existencia de un legislador (ser superior, etc.) ni con ninguna noción moral ni del "deber ser"

Concepto físico es una idea básica que permite identificar y definir una parte de un fenómeno físico⁴, así como describir las interacciones con otras partes del fenómeno; es decir, **nos permite concebir la representación mental del fenómeno, comprenderlo**⁵.



Existen muchos otros fenómenos físicos y una gran cantidad de conceptos físicos tales como: fuerza, masa, trabajo, energía, presión o esfuerzo, torque o momento, impulso, cantidad de movimiento o *momentum*, calor, temperatura, densidad, peso específico, etc.

Como mencionamos al principio, en la descripción de los fenómenos, que es uno de los objetivos de la ciencia, se deben abarcar tanto los aspectos cualitativos como los cuantitativos. Para lo segundo debemos **medir cada concepto** y para ello es necesario disponer de la **unidad** apropiada y del procedimiento para medir.

1.6 ¿Qué es medir?

Medir es comparar la magnitud (o tamaño) de un concepto con la unidad de ese concepto.

Por ejemplo, cuando queremos determinar el ancho de una mesa, comparamos esa característica de la mesa, que es una longitud (concepto) con la unidad de *longitud* llamada metro. O sea que estamos comparando una *longitud* (el ancho) con otra *longitud* (el metro) **que es aceptada socialmente como base de comparación o unidad**.

⁴ Algunos autores llaman a los conceptos “magnitudes físicas”, o también “cantidades físicas”, pero esto se presta a confusiones, ya que en matemáticas el concepto magnitud está claramente definido para denotar tamaño o extensión, y el concepto de cantidad se refiere a un número.

⁵ Comprender significa abrazar, ceñir, rodear por todas partes algo, también entender, alcanzar, penetrar. (diccionario de la Real Academia 22ª Ed.)

Así la **unidad es la magnitud (tamaño) de un concepto, que se ha establecido socialmente como base de comparación para dicho concepto.**

De manera que el largo, el ancho, la altura, la profundidad, el espesor y todas las demás *longitudes* de cualquier objeto deben compararse con el metro (que es la longitud asociada al riel con forma de X etc.) De igual manera todos los lapsos de tiempo se miden o comparan con la unidad de tiempo que es el segundo.

Por ello, siempre que queremos medir "algo" debemos tener claro qué es ese "algo"; es decir, **identificar el concepto** y utilizar la unidad correspondiente y comparar longitud con longitud, tiempo con tiempo, fuerza con la unidad de fuerza, etc. A nadie en su sano juicio se le ocurriría medir la temperatura de un niño enfermo con una báscula. No obstante, a veces cometemos errores equivalentes por no tener claro él o los conceptos con que estamos trabajando.

1.7 Conceptos físicos básicos, fundamentales o independientes y secundarios, derivados o dependientes.

Con la evolución de la Física se observó que unos conceptos estaban relacionados con otros, a efecto de organizarlos mejor, algunos se escogieron como *básicos, fundamentales o independientes*, y a partir de ellos se definieron a los demás.

Los **conceptos fundamentales, básicos o independientes son aquellos que se utilizan para definir a los demás. Sus unidades son sencillas y sus definiciones, son descriptivas** (algunos autores les llaman *no operativas*) es decir, no hay ecuaciones para definirlos. Los mejores ejemplos de conceptos fundamentales son la longitud y el tiempo.

Longitud: extensión en el espacio.

Tiempo: la dimensión del universo físico que, en un cierto lugar, ordena la secuencia de los sucesos.⁶

Como vemos son definiciones descriptivas o "no operativas" (sin ecuaciones) y sus unidades son sencillas: metro y segundo.

Los **conceptos secundarios, derivados o dependientes, son aquellos que están definidos mediante una combinación de los conceptos fundamentales de acuerdo con las ecuaciones de la Física.** Por lo que *sus unidades son compuestas*. Por ejemplo, la velocidad promedio o media se define como el cociente del desplazamiento entre el tiempo necesario para realizarlo, su ecuación es $v = \Delta x / \Delta t$ y sus unidades son m/s.

Otros conceptos derivados son el área, la aceleración, el trabajo, la presión, el momento o torque, etc. En la tabla 2.4 se presentan algunos conceptos físicos derivados y sus definiciones.

⁶ Diccionario de términos científicos y técnicos. Planeta-Agostini. 1987. Barcelona

Tabla 2.4 Conceptos físicos derivados.

Concepto derivado	Ecuación
Área	Depende de la figura
Volumen	Depende del cuerpo
2º momento de área (o momento de inercia)	Depende de la figura
Ángulo plano	$\theta = s/r$
Velocidad	$v = dx/dt$
Aceleración	$a = dv/dt$
Velocidad angular	$w = d\theta/dt$
Aceleración angular	$\alpha = dw/dt$
Frecuencia	$f = T^{-1}$
Periodo	$T = f^{-1}$
Trabajo	$U = F \cdot L$
Energía	$E_c = \frac{1}{2} m v^2$
Potencia	$P = U/t = Fv$
Impulso	$I = Ft$
Cantidad de movimiento o <i>momentum</i> .	$M = mv$
Momento o torque	$M = F \times d$
Presión y Esfuerzo	$p = F/A$
Densidad	$\rho = m/V$
Peso específico	$\gamma = w/V$
Gasto en volumen o volumétrico	$Q = V/t = Av$
Gasto en masa	$Q_m = m/t$
Gasto en peso	$Q_w = w/t$
Tensión superficial.	$\tau = F/L$
Viscosidad	$\mu = \sigma dy/dv$
Viscosidad cinemática	$\nu = \mu/\rho$

Obsérvese que en esta tabla no aparece *ni la masa ni la fuerza*. Esto se debe a que a veces la masa se considera fundamental y la fuerza derivada; ¡pero otras veces es al revés! ... y esto es la fuente de confusión en lo concerniente a unidades y que nosotros aclararemos completamente.

1.8 Definiciones de masa, fuerza y peso.

Una definición común de **masa** es:

“Masa es la cantidad de materia que posee un cuerpo”.

La **fuerza** la podemos definir como:

Una manera de representar las interacciones entre los cuerpos, que puede producir aceleración, o deformación.

Nótese que ambas definiciones son “no operativas” o descriptivas; o sea pueden usarse cuando el concepto en cuestión es considerado fundamental.

También podemos definir ambos conceptos con base en la segunda Ley de Newton, en ese caso:

Fuerza es el producto de la masa por la aceleración: $\Sigma F = ma$

O bien:

Masa es el cociente de la suma de fuerzas que actúa sobre un cuerpo entre la aceleración que estas fuerzas le producen $m = \frac{\Sigma F}{a}$

Nótese que ambas definiciones son operativas, de manera que se usan cuando el concepto en cuestión se considera derivado. Antes de aclarar cuando ocurre una cosa y cuando la otra, recordemos la definición de peso.

El peso es la fuerza de atracción gravitacional que la tierra le aplica a los cuerpos que se encuentran cerca de su superficie, y como cualquier otra fuerza, ***no es una propiedad del cuerpo***, por lo cual la expresión “el peso de un cuerpo” es incorrecta en el sentido literal pues atiende a la apariencia; es decir, como todos los cuerpos que conocemos en nuestra actividad cotidiana se encuentran en la tierra y son atraídos por ella, “parece que tienen” peso, o sea, “parece” que el peso forma parte de sus propiedades, pero sabemos que no es así, la fuerza de atracción gravitacional cambia de un lugar a otro en la tierra (con la distancia al centro del planeta) y desaparece en el espacio extraterrestre.

Cuando sobre un cuerpo solo actúa la fuerza de atracción gravitacional llamada peso, el cuerpo adquiere la aceleración de la gravedad. En este caso, la segunda ley de Newton se reduce a:

$$w = mg$$

1.9 Tipos de sistemas

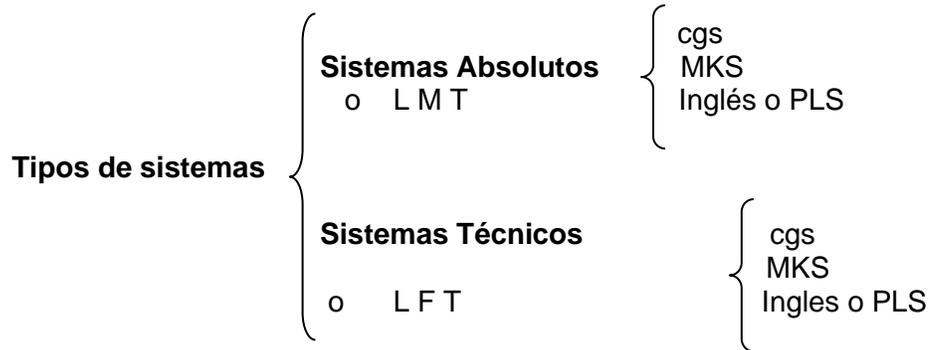
De acuerdo a lo anterior existen ***dos tipos de sistemas, los absolutos y los técnicos.***

Los ***sistemas absolutos*** utilizan ***a la longitud, el tiempo y la masa como conceptos fundamentales*** (por eso también se llaman LTM). La fuerza es un concepto derivado, definido como masa por aceleración $\Sigma F = ma$

Los **sistemas técnicos**, terrestres, gravitacionales o prácticos, consideran a la **longitud, el tiempo y la fuerza** como conceptos fundamentales (por eso también se llaman LTF). La masa es un concepto derivado, que se define como fuerza entre aceleración $m = \frac{\Sigma F}{a}$

Tipos de sistemas	Conceptos Fundamentales	Dimensiones
Absolutos	Longitud Tiempo Masa	L T M
Técnicos, terrestres o gravitacionales	Longitud Tiempo Fuerza	L T F

A los conceptos fundamentales les corresponde las unidades fundamentales que son sencillas, pero esto derivó en 6 sistemas:



cgs= centímetro gramo segundo
 MKS = metro, kilogramo, segundo
 PLS= pie, libra segundo

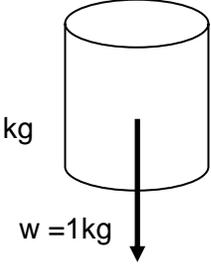
A principios del siglo XX el cgs absoluto se propuso para ser usado como base de un sistema internacional pero después se desechó la propuesta y en la actualidad se usa poco. El cgs técnico también se usa de manera muy limitada, el inglés absoluto fue formulado por algunos científicos de habla inglesa pero nunca ha sido empleado en la práctica. De manera que **actualmente se usan el MKS técnico, el inglés técnico y el MKS absoluto que como mencionamos es la base del moderno Sistema Internacional (abreviado SI) y aquí, por brevedad de tiempo, solo estudiaremos estos tres sistemas. Concentrémonos por el momento en los dos MKS.**

1.10 ¿Por qué a veces masa y a veces fuerza?

El hecho de que en algunos casos se considere a la masa como concepto fundamental y en otros a la fuerza, se originó en la evolución de los sistemas de unidades. Como mencionamos, a lo largo del siglo XIX se desarrollaron muchas unidades relacionadas con el sistema métrico decimal original y también hubo muchos intentos de organizarlas de manera sistémica.

Algunas de estas propuestas provenían de ingenieros, arquitectos, capitanes de industria y otros **técnicos** que decidieron que era más *práctico* considerar un concepto de fácil comprensión y que se usaba mucho en los cálculos, por ello decidieron que la **fuerza** se usara como **concepto fundamental**. Así nacieron los **sistemas técnicos**. En consecuencia, la unidad de fuerza sería la fuerza con que la tierra atrae al kilogramo patrón.

Como el peso es la fuerza de la gravedad terrestre también se les llamó **gravitacionales, terrestres** e incluso “**prácticos**”.

<p>La unidad de fuerza del sistema MKS técnico es la fuerza con que la tierra atrae al Kilogramo patrón, es decir el peso</p> $[F] = kg$	 <p>A diagram showing a cylinder representing a mass. To its left is the label 'kg'. Below the cylinder is a vertical arrow pointing downwards, labeled 'w = 1kg'.</p>
--	---

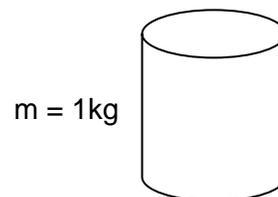
Otras propuestas surgieron entre quienes estaban dedicados a la investigación y a las teorías científicas más que a resolver problemas prácticos de la producción (en ese entonces había separación y antagonismo entre los dos grupos) Aquí les llamaremos “**los científicos**” para esquematizar la discusión.

Pues bien, los científicos criticaron la propuesta de los técnicos. El kilogramo fuerza como unidad adolecía de un serio defecto: variaba con la aceleración de la gravedad, es decir, de un lugar a otro en la tierra, y una unidad que no era constante no servía, era retroceder a etapas históricas ya superadas (como los muchos valores del “pie” de la antigüedad).

Por ello *propusieron a la masa como concepto fundamental*, ya que la masa no varía con la gravedad, ni con la temperatura ni con la presión, ni con nada, es decir “**no varía en lo absoluto**”⁷ Por ello a los sistemas que consideran a la masa como concepto fundamental se les llama **absolutos**.

La unidad de masa del sistema MKS absoluto es la masa del Kilogramo patrón,

$$[m] = kg$$



Los técnicos contraargumentaron diciendo que la masa era un concepto “abstracto” y difícil de medir (de acuerdo a la definición dada habría que contar el número de partículas que componen un cuerpo para conocer su masa) y que la variación del peso con la gravedad era

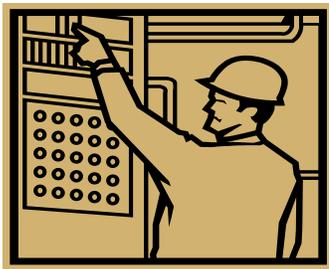
⁷ Al menos eso era lo que se pensaba antes de Einstein.

pequeña, etc. La discusión continuó por mucho tiempo (más de un siglo) al final la ganaron los “científicos”, ya que el MKS absoluto es la base para el Sistema Internacional. Pero como los dos sistemas se siguen usando es **indispensable recordar que:**

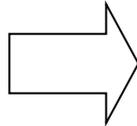
Los **técnicos** usan la **fuerza** como concepto fundamental
Los **absolutos** usan la **masa** como concepto fundamental

Los **técnicos** usan la **fuerza** como concepto fundamental
Los **absolutos** usan la **masa** como concepto fundamental

Los **técnicos** usan la **fuerza** como concepto fundamental
Los **absolutos** usan la **masa** como concepto fundamental



Los **técnicos**



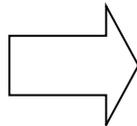
usan la



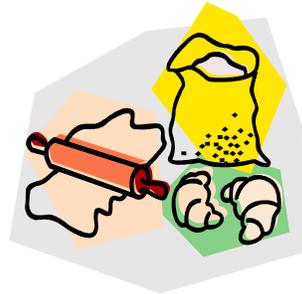
fuerza
como concepto fundamental



Los **absolutos**



usan la



masa
como concepto fundamental

Entonces **¿Cuándo un kg es masa y cuándo es peso o fuerza?**

Cuando tú quieras, o cuando el problema así lo indique; es decir, depende del sistema de unidades que se elija.

Lo anterior lo podemos organizar en los siguientes cuadros:

En el MKS Absoluto

Concepto		Definición	Unidad
Fundamental	Masa	Cantidad de materia de un cuerpo	Kg
Derivado	Fuerza	$F=ma$	$\text{Kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2 = \text{N}$ newton

Nótese que escribimos newton con minúscula porque nos referimos al nombre de la unidad no del personaje.

En el MKS Técnico

Concepto		Definición	Unidad
Fundamental	Fuerza	Representa la Interacción entre los cuerpos	Kg
Derivado	Masa	$M=F/a$	$\text{Kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}$ Unidad Técnica de Masa (UTM)

Nota: En algunas ocasiones se utiliza kg(f) para indicar "kilogramo fuerza" pero solo es un recurso didáctico (que no debe confundirse con un producto). En la literatura técnica y la práctica profesional solo se usa kg y del contexto debe interpretarse si es fuerza o masa. Otros autores le llaman "*kilopond*" o "*kilopondio*" Kp al kilogramo fuerza.

Definición de newton

<p>Un newton es la unidad de fuerza del MKS absoluto, y es aquella fuerza que aplicada a un cuerpo de 1kg de masa le ocasiona una aceleración de $1\text{m}/\text{s}^2$</p> $\Sigma F = ma$ $\Sigma F = 1\text{kg} * 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1\text{N}$	<p>The diagram shows two 1kg masses on a horizontal surface labeled "Plano sin fricción". The left mass has a force vector of 1N pointing to the right. An equals sign follows, and the right mass has a double arrow pointing to the right labeled "a = 1m/s^2".</p>
--	---

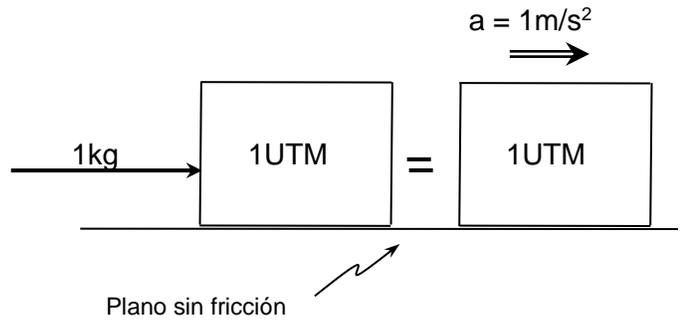
Definición de Unidad Técnica de Masa

Una UTM es la unidad de masa del MKS técnico, definida como la masa que se acelera a 1m/s^2 cuando se le aplica una fuerza de 1kg .

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

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

$$m = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} = 1\text{UTM}$$



Ejemplo 1.1 Si un cuerpo tiene una masa de 1kg con qué fuerza lo atraerá la tierra.

Solución:

1º Es importante identificar en qué sistema está el (o los) dato(s). En este caso la masa está en el MKS abs.

2º La fuerza de atracción gravitacional de la tierra se llama peso y se encuentra por

$$w = mg = 1\text{kg} \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 9.81 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 9.81\text{N}$$

Conclusión:

Un cuerpo con masa de 1kg pesa 9.81 N (en el MKS abs)

$$\text{Si } m = 1 \text{ kg}(m) \Rightarrow w = 9.81 \text{ N}$$

Ejemplo 1.2Cuál será la masa de un cuerpo que pesa 1N

Solución:

1º identificamos sistema: Trabajaremos en el MKS abs.

2º aplicamos la ecuación que define a la masa y sustituimos

$$m = \frac{w}{g} = \frac{1\text{N}}{9.81\text{m/s}^2} = \frac{1}{9.81} \frac{\frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{1}{9.81} \text{kg} = 0.1019\text{kg} \approx 0.102\text{kg}$$

Conclusión:

Un cuerpo que pesa 1 N tiene una masa de $1/9.81\text{ kg}$ o sea 102 gr (aprox)

$$\text{Si } w = 1 \text{ N} \Rightarrow m = 1/9.81 \text{ kg}(\text{masa})$$

(En MKS abs)

Ejemplo 1.3 Cuál será la masa de un cuerpo que es atraído por la tierra con una fuerza de 1kg (que pesa 1kg)

Solución:

Sistema MKS tec.

$$m = \frac{w}{g} = \frac{1\text{kg}}{9.81\text{m/s}^2} = \frac{1}{9.81} \frac{\text{kg}\text{s}^2}{\text{m}} = \frac{1}{9.81} \text{UTM} \approx 0.102\text{UTM}$$

Conclusión:

$$\text{Si } w = 1\text{kg(f)} \Rightarrow m = 1/9.81 \text{ UTM}$$

(En el MKS tec)

Ejemplo 1.4 Cuál es la fuerza con que la tierra atrae a un cuerpo que tiene una masa de 1UTM (cuanto pesa 1UTM?)

Solución: Sistema MKS tec.

$$w = mg = 1\text{UTM} \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 1 \frac{\text{kg}\text{s}^2}{\text{m}} \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 9.81\text{kg} (f)$$

Conclusión:

$$\text{Si } m = 1\text{UTM} \Rightarrow w = 9.81 \text{ kg(f)}$$

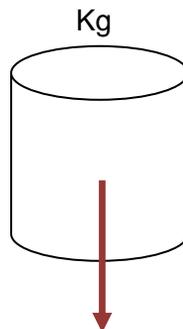
(En el MKS tec)

Decíamos que la notación Kg(f) es solo un recurso didáctico que en realidad no se usa de manera que cuando vemos el símbolo Kg podemos preguntarnos si es masa o fuerza, por ello debemos aprender a leer en contexto o de una manera más amplia. Por ejemplo: si la información nos dice $W = 9.81 \text{ kg}$, debemos entender que esos kg son fuerza, ya que W es una fuerza (y sería un absurdo querer medir una fuerza con kg masa) y el sistema es el MKS Tec.

Repitiendo, el kg se puede usar como unidad de masa en el MKS abs. o como unidad de fuerza en el MKS tec.

Esto se puede entender de otra manera. El kilogramo es un cuerpo con muchas propiedades y/o características, dos de ellas se usan como unidades en diferentes sistemas para diferentes conceptos:

La masa de este cuerpo se usa para medir masa de otros cuerpos en el MKS Absoluto



La fuerza con que la tierra atrae a este cuerpo se usa para medir fuerza (o peso) en el MKS Técnico

Por lo cual, un cuerpo que tiene 1kg masa (en el MKS abs.) pesa 1kg fuerza (en el MKS Téc.)

$$1\text{kg(m)} \curvearrowright 1\text{kg(f)}$$

También es cierta la relación inversa; es decir si un cuerpo es atraído por la tierra con 1 kg(f) (en el MKS técnico) entonces tiene una masa de 1 kg (m) (en el MKS abs.)

$$1\text{kg(f)} \curvearrowleft 1\text{kg(m)}$$

Mediante esta inferencia lógica podemos pasar o “dar un salto” *de un sistema a otro y de un concepto a otro.*

Obsérvese que no usamos el signo igual para relacionar al kg masa con el kg fuerza, ya que **no son lo mismo**, son dos características (o conceptos) diferentes del mismo cuerpo.

Lo que constituye un error garrafal es considerar en un mismo cálculo que los Kg son masa y también fuerza, ya que no se podría cumplir la segunda ley de Newton $\Sigma F = ma$ pues sería necesario que la aceleración careciera de unidades.

Utilizando la inferencia lógica y las conclusiones de los ejemplos anteriores podemos encontrar cosas muy interesantes:

Del ejemplo 1.1 Si un cuerpo tiene una masa de 1kg (MKS abs.) la tierra lo atrae con una fuerza de 9.81 N (en el mismo MKS abs.)

$$\text{Si } m = 1 \text{ kg(masa)} \Rightarrow w = 9.81 \text{ N}$$

Pero en el MKS téc. ese mismo cuerpo es atraído por la tierra con 1kg(f) entonces:

Y también

$$\begin{aligned} 1\text{kg(f)} &= 9.81 \text{ N} \\ 1\text{N} &= 1/9.81 \text{ kg(f)} \end{aligned}$$

Relacionando los resultados de los ejemplos 1.1 y 1.3 vemos que este mismo cuerpo que tiene una masa de 1kg(masa) en el MKS abs, también tiene 1/9.81 UTM en el MKS tec

$$1\text{kg(m)} = 1/9.81 \text{ UTM}$$

Multiplicando ambos lados de la ecuación por 9.81

$$1\text{UTM} = 9.81 \text{ kg(m)}$$

Preguntas para pensar:

- ¿Qué es más grande, 1kg(fuerza) o 1 N?
- ¿Qué es más grande, 1kg(masa) o 1 UTM?

Piensa bien antes de responder y revisa tu respuesta en relación a los resultados anteriores

Resumiendo, los factores encontrados entre los sistemas técnicos y los absolutos son:

MKS Técnico		MKS Absoluto	Concepto
1kg	=	9.81 N	Fuerza
1 UTM	=	9.81 kg	Masa

Nótese que las unidades técnicas son 9 veces más grandes que las unidades absolutas. ¿esto concuerda con tus respuestas de las preguntas anteriores?

Además, la inferencia lógica indica que cuando un cuerpo tiene 1kg de masa en el MKS absoluto, es atraído por la tierra con 1Kg de fuerza en el MKS técnico, y también viceversa

MKS Tec		MKS Abs
1kg (f)		1kg (m)

Por otro lado, los factores de conversión entre el MKS técnico y el inglés técnico son

$$1 \text{ lb} = 0.45359237 \approx 0.454 \text{ kg}$$

Y también el recíproco

$$1 \text{ kg} \approx 2.205 \text{ lb}$$

1.11 Transformación de unidades. Dos métodos.

Explicaremos dos métodos de transformación de unidades mediante ejemplos. En ambos se requiere conocer la equivalencia entre las unidades involucradas.

Método 1: “Regla de tres”

Ejemplo 1.5 ¿Cuántos pies hay en 325 pulgadas?

Solución: Sabemos que 1 ft = 12 pulg,
Establecemos un algoritmo ubicando las unidades similares en forma vertical:

$$\begin{aligned} 1 \text{ ft} &= 12 \text{ pulg} \\ X \text{ ft} &= 325 \text{ pulg} \end{aligned}$$

Procedemos a multiplicar los elementos de la diagonal conocida y a dividir entre el elemento restante:

$$X = \frac{(325 \text{ pulg})(1 \text{ pie})}{12 \text{ pulg}} = 27.0833 \text{ pies}$$

Método 2 “multiplicar por uno”

Del Álgebra elemental sabemos que si $a = b$

Entonces $\frac{a}{b} = \frac{b}{a} = 1$

Y cualquier otro número c multiplicado por 1 no se altera
Esto lo aplicamos a la transformación de unidades con un ejemplo:

Ejemplo 1.6 Transformar 80 Millas/hr a pies/s por el método “multiplicar por 1”.

Solución: debemos usar dos equivalencias $1Mi = 5280ft$ y $1hr = 3600s$.

Como se trata de una velocidad, lo dejamos bien claro escribiendo el concepto al inicio de nuestras operaciones

$$v = 80 \frac{Mi}{hr} \left(\frac{5280ft}{1Mi} \right) \left(\frac{1hr}{3600s} \right) = 117.33 \frac{ft}{s}$$

1.12.- Cálculo de la masa y el peso en los tres sistemas.

Ejercicios como los que se presentan a continuación, integran todo lo anterior y nos deben permitir “navegar” con toda comodidad entre los tres sistemas, por lo que debemos resolver la cantidad de ejercicios que sea necesaria para lograrlo.

Ejemplo1.7 Un cuerpo tiene una masa de 100 UTM.

- Calcular el peso del cuerpo en el MKS Técnico
- Encontrar el valor de masa y peso en el MKS Absoluto
- Encontrar el valor de masa y peso en el inglés

Solución:

a) En el MKS Técnico

$$m = 100UTM = 100 \frac{kg \cdot s^2}{m}$$

Como $w = mg$

$$w = 100 \frac{kg \cdot s^2}{m} (9.81) \frac{m}{s^2}$$

$$w = 981kg$$

b) En el MKS absoluto. Podemos actuar de dos maneras:

1) transformando las unidades usando sus equivalencias, ya sea por “regla de tres” o “multiplicando por uno”

$$m = 100UTM \left(\frac{9.81kg}{1UTM} \right) = 981kg$$

$$w = 981kgf \left(\frac{9.81N}{1kgf} \right) = 9623.6N$$

2) Utilizando la inferencia lógica:

“Si en el MKS técnico $w = 981 kg$, entonces en el MKS Absoluto $m = 981 kg$ ”

Y el peso en el MKS Abs. Será:

$$w = mg = 981kg \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) = 9623.6N$$

c) Para transformar al sistema inglés, que es técnico, es más fácil si partimos del MKS técnico

$$w = 981kg \left(\frac{1lb}{0.454kg} \right) = 2160.79lb$$

Y luego calculamos la masa

$$m = \frac{w}{g} = \frac{2160.79lb}{32.2 \frac{pies}{s^2}} = 67.1 \frac{lbs^2}{pie}$$

$$m = 67.1slug$$

Aquí termina el problema, pero...

también podemos encontrar la equivalencia entre las UTM y los slugs

$$\text{Si } 100 \text{ UTM} = 67.1 \text{ slugs}$$

$$\text{Entonces } 1 \text{ UTM} = X \text{ slugs}$$

$$X = 1UTM \left(\frac{67.1slugs}{100UTM} \right) = 0.671slugs$$

$$\mathbf{1UTM = 0.671 slugs}$$

O bien, dividiendo esta igualdad entre 0.671

$$\mathbf{1.49 UTM = 1 slug}$$

Nótese que para resolver la regla de tres tuvimos que “multiplicar por uno”

Ejemplo 1.8 Un auto pesa 2850 lb. Calcular: a) su masa en el Sistema Inglés; b) el peso y la masa en el MKS tec; c) el peso y la masa en el MKS abs.

<p>Solución:</p> <p>a) Sistema inglés (tec.)</p> $m = \frac{w}{g} = \frac{2850lb}{32.2 \frac{pies}{s^2}} = 88.51 \frac{lbs^2}{pie}$ $m = 88.51 slug$ <p>b) Sistema MKS Tec. Transformación del peso</p> $w = 2850lb \left(\frac{0.454kg}{1lb} \right) = 1293.9kg$ $m = \frac{w}{g} = \frac{1293.9kg}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 131.89UTM$ <p>c) Para el MKS abs podemos utilizar los factores de conversión o la inferencia lógica, en este caso utilizaremos la segunda opción.</p> <p>Por la inferencia lógica.</p>	<p>Si $W=1293.9 \text{ kg(f)}$ en el MKS tec. Entonces, $m=1293.9 \text{ kg(m)}$ en el MKS abs.</p> <p>De manera resumida:</p> <p>En el MKS tec $w=1293.9\text{kg(f)}$ En el MKS abs $m=1293.9 \text{ kg (m)}$</p> <p>$m = 1293.9\text{kg} (m)$</p> $w = mg = 1293.9\text{kg} \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) = 12693.16 \frac{kgm}{s^2}$ $w = 12693.16N$ <p>Conclusión:</p> <p>De lo anterior podemos obtener la equivalencia de libras fuerza a Newtons:</p> <p>Si $2850 \text{ lb(f)} = 12693.16N$</p> $1\text{lb(f)} = X$ $X = 1\text{lb(f)} \frac{12693.16N}{2850\text{lb(f)}} = 4.454N$ <p>1lb(f) = 4.454 N</p>
---	--

Ejemplo 1.9 Un bulto de cemento pesa 50 Kg. Encontrar su masa y su peso en los tres sistemas.

<p>Solución:</p> <p>a) Sistema MKS tec.</p> $w = 50kg$ $m = \frac{w}{g} = \frac{50kg}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 5.1UTM$ <p>b) en el MKS abs.</p> <p>En el MKS tec $w=50\text{kg(f)}$ En el MKS abs $m=50 \text{ kg (m)}$</p> <p>$m = 50\text{kg} (m)$</p> $w = mg = 50\text{kg} \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) = 490.05 \frac{kgm}{s^2}$	<p>c) En el inglés tec</p> $w = 50\text{kgf} \left(\frac{1lb}{0.454\text{kg}} \right) = 110.13\text{lb(f)}$ $m = \frac{w}{g} = \frac{110.13lb}{32.2 \frac{pies}{s^2}} = 3.42 \frac{lbs^2}{pie}$ $m = 3.42 slug$ <p>De otra manera (partiendo del MKS abs)</p> $w = 490.05N \left(\frac{1lb(f)}{4.45N} \right) = 110.12\text{lb(f)}$ <p>La masa se calcula igual $m = \frac{w}{g}$</p>
--	--

Ejemplo 1.10 El peso de un equipo de laboratorio es de 255 N. encontrar su masa y su peso en los tres sistemas.

<p>Solución: a) en el MKS abs. $w = 255N$ $m = \frac{w}{g} = \frac{255N}{9.81m/s^2} = 25.99kg$ b) en el MKS tec.</p> <p>En el MKS abs $m=25.99kg(m)$ En el MKS tec $w=25.99 kg (f)$</p> <p>$w = 25.99kg(f)$</p>	$m = \frac{w}{g} = \frac{25.99kg}{9.81m/s^2} = 2.65UTM$ c) En el inglés tec $w = 25.99kgf \left(\frac{1lb}{0.454kg} \right) = 57.24lb(f)$ $m = \frac{w}{g} = \frac{57.24lb}{32.2 \text{ pies}/s^2} = 1.78 \frac{lbs^2}{pie}$ $m = 1.78slug$
--	--

1.13 Los conceptos derivados más comunes y sus unidades.

En el apartado 1.7 se definieron los conceptos derivados como aquellos “que están definidos mediante una combinación de los conceptos fundamentales de acuerdo con las ecuaciones de la Física. Por lo que sus unidades son compuestas”, también se proporcionó un listado de los conceptos derivados más comunes. Ahora encontraremos sus unidades en los diferentes sistemas.

Ejemplo 1.11 Encontrar las unidades de Presión o esfuerzo en los tres sistemas.

<p>Solución: La presión es tan solo un tipo de esfuerzo, el esfuerzo normal de compresión. Su definición es el cociente de la fuerza entre el área en que está aplicada A partir de la definición Las unidades de esfuerzo, en cualquier sistema, son unidades de fuerza entre unidades de área.</p> <p>En símbolos: $[p] = \left[\frac{F}{L^2} \right]$</p> <p>En el sistema MKS absoluto o SI $[p] = \left[\frac{F}{L^2} \right] = \frac{N}{m^2} = \text{pascal} = Pa$</p>	<p>En el sistema MKS técnico $[p] = \left[\frac{F}{L^2} \right] = \frac{kg(f)}{m^2}$</p> <p>En el sistema inglés téc. $[p] = \left[\frac{F}{L^2} \right] = \frac{lb(f)}{ft^2}$</p>
---	--

Ejemplo 1.12 Encontrar las unidades del trabajo en los dos sistemas MKS y en el inglés téc

<p>Solución:</p> <p>El trabajo se define como el producto de la fuerza por el desplazamiento, por ello las unidades de trabajo, en cualquier sistema, son unidades de fuerza por unidades de longitud (de ese sistema). En símbolos:</p> $[U] = [F \cdot L]$ <p>En el sistema MKS absoluto</p> $[U] = [F \cdot L] = N \cdot m = \text{joules} = J$	<p>En el sistema MKS técnico</p> $[U] = [F \cdot L] = Kg \cdot m$ <p>En el sistema inglés téc.</p> $[U] = [F \cdot L] = lb \cdot ft$
---	--

Ejemplo 1.13 Encontrar las unidades de la energía cinética en los dos MKS y en el Inglés tec.

<p>Solución: La energía cinética se define como un medio de la masa por la velocidad al cuadrado:</p> $Ec = \frac{1}{2}mv^2$ <p>A partir de la definición Las unidades de energía cinética, en cualquier sistema, son unidades de masa por unidades de velocidad al cuadrado, ya que el coeficiente $\frac{1}{2}$ no tiene unidades.</p> <p>En símbolos: $[Ec] = [m \cdot v^2]$</p> <p>En el sistema MKS absoluto</p> $[Ec] = Kg \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^2 = Kg \frac{m^2}{s^2} = \frac{kgm}{s^2} \cdot m$ $[Ec] = \frac{kgm}{s^2} \cdot m = N \cdot m = J = \text{Joule}$	<p>En el sistema MKS técnico</p> $[Ec] = UTM \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^2 = UTM \frac{m^2}{s^2}$ $[Ec] = \frac{kg \cdot s^2}{m} \cdot \frac{m^2}{s^2} = kg \cdot m$ <p>En el sistema inglés téc.</p> $[Ec] = slug \left(\frac{ft}{s}\right)^2 = \frac{lb \cdot s^2}{ft} \cdot \frac{ft^2}{s^2} = lb \cdot ft$ <p>Podemos observar que las unidades de energía cinética coinciden con las de trabajo. Esto se debe al teorema del trabajo y la energía que plantea que la suma de los trabajos realizados sobre un cuerpo es igual al cambio en la energía cinética</p> $\Sigma U = Ec_2 - Ec_1$
--	---

De manera similar podemos encontrar las unidades de todos los conceptos derivados, solo hay que sustituir las unidades de los conceptos involucrados en la definición operativa o fórmula. El resultado de lo anterior lo hemos organizado en las dos tablas que se presentan a continuación donde aparecen las unidades de los conceptos derivados más usados en Mecánica.

SISTEMAS ABSOLUTOS

CONCEPTO	ECUACIÓN	DIMENSION	CGS	MKS ó S.I.	PLS o ingles
Longitud	----	L	cm	M	pie = ft
Tiempo	----	T	segundo = s	S	s
Masa	----	M	gramo (gr)	kilogramo (kg)	Libra (lb)
Temperatura	----	Q	°C	K y °C	°F
Area	Depende de la figura	L ²	cm ²	m ²	ft ²
Volumen	Depende del cuerpo	L ³	cm ³	m ³	ft ³
2º momento de área	Depende de la figura	L ⁴	cm ⁴	m ⁴	ft ⁴
Ángulo plano	$\theta = s/r$	----	radian (rd)	radian (rd)	radian (rd)
Velocidad	$v = dx/dt$	L T ⁻¹	cm / s	m / s	ft/s
Aceleración	$a = dv/dt$	L T ⁻²	cm/s ²	m/s ²	ft/s ²
Velocidad angular	$w = d\theta/dt$	T ⁻¹	rad / s	rad / s	rad / s
Aceleración angular	$\alpha = dw/dt$	T ⁻²	rad / s ²	rad / s ²	rad / s ²
Frecuencia	$f = T^{-1}$	T ⁻¹	ciclo / s = Hz	ciclo / s = Hz	ciclo / s = Hz
Periodo	$T = f^{-1}$	T	S	S	s
Fuerza	$\Sigma F = m a$	M L T ⁻²	gr cm / s ² = dn= dina	Kg m / s ² = N = Newton	Lb ft / s ² = Pd = Poundal
Presión y Esfuerzo	$p = F/A$	M L ⁻¹ T ⁻²	dn/cm ²	Nw / m ² = Pa = Pascal	Pd / ft ²
Densidad	$\rho = m/V$	M L ⁻³	gr/cm ³	kg/m ³	lb/ft ³
Peso específico	$\gamma = w/V$	M L ⁻² T ⁻²	dn/cm ³	Nw/m ³	Pd/ft ³
Trabajo	$U = F \cdot L$	M L ² T ⁻²	dn cm = Ergio	Nw m = Joule = J	Pd ft
Energía ⁸	$E_c = \frac{1}{2} m v^2$	M L ² T ⁻²	Ergio	Joule = J	ft Pd
Potencia	$P = U/t = Fv$	M L ² T ⁻³	dn cm / s	N m/s = W=Watt	Pd ft/s
Momento o torque ⁹	$M = F x d$	M L ² T ⁻²	cm dn	m Nw	ft Pd
Impulso	$I = Ft$	M L T ⁻¹	dn · s	Nw · s = kg m/s	Pd · s
Cantidad de movimiento o momentum. ¹⁰	$M = mv$	M L T ⁻¹	gr cm/s	kg m/s	lb ft/ s
Gasto volumen	$Q = V/t = Av$	L ³ T ⁻¹	cm ³ /s	m ³ /s	ft ³ /s
Gasto masa	$Q_m = m/t$	M T ⁻¹	gr/s	kg/s	lb/s
Gasto peso	$Q_w = w/t$	M L T ⁻³	dn/s	Nw/s	Pd/s
Tensión superficial.	$\tau = F/L$	M T ⁻²	dn/cm	Nw/m	Pd/ft
Viscosidad	$\mu = \sigma dy/dv$	M L ⁻¹ T ⁻¹	gr/cm s = dn s / cm ² = Poise	Kg / m s = N s / m ² = Pa · s	Lb / ft s = Pd s / ft ²
Viscosidad cinemática	$\nu = \mu / \rho$	L ² T ⁻¹	cm ² / s = Stokes	m ² / s	ft ² / s

⁸ El trabajo y la energía tienen las mismas dimensiones y unidades debido al Principio del trabajo y la energía que establece que la suma de trabajos es igual al cambio en la energía cinética. $\Sigma T = E_{c2} - E_{c1}$.

⁹ El trabajo y el momento presentan dimensiones similares pero son dos conceptos que no tienen relación uno con otro, por lo cual en el SI se acordó usar el mN para el momento y el Joule = Nm para el trabajo y la energía.

¹⁰ Ver nota en la siguiente tabla.

SISTEMAS TÉCNICOS, TERRESTRES O GRAVITACIONALES.

CONCEPTO	ECUACIÓN	DIMENSION	CGS	MKS	PLS o ingles
Longitud	----	L	cm	M	Pie = ft
Tiempo	----	T	Segundo = s	S	s
Fuerza	----	F	gr	Kg	Lb
Temperatura	----	Q	°C	°C	°F
Área	Depende de la figura	L ²	cm ²	m ²	ft ²
Volumen	Depende del cuerpo	L ³	cm ³	m ³	ft ³
2º momento de área	Depende de la figura	L ⁴	cm ⁴	m ⁴	ft ⁴
Ángulo plano	$\theta = s/r$	----	radian (rd)	radian (rd)	radian (rd)
Velocidad	$v = dx/dt$	L T ⁻¹	cm/s	m/s	ft/s
Aceleración	$a = dv/dt$	L T ⁻²	cm/s ²	m/s ²	ft/s ²
Velocidad angular	$w = d\theta/dt$	T ⁻¹	rad/s	rad/s	rad/s
Aceleración angular	$\alpha = dw/dt$	T ⁻²	Rad/s ²	rad/s ²	rad/s ²
Frecuencia	$f = T^{-1}$	T ⁻¹	ciclo / s = Hz	ciclo / s = Hz	ciclo / s = Hz
Periodo	$T = f^{-1}$	T	s	S	s
Masa	$m = F/a$	F L ⁻¹ T ²	gr / (cm / s ²) = gr s ² /cm	Kg s ² /m = UTM = Unidad Técnica de Masa	Lb s ² / ft = Slug
Presión y Esfuerzo	$p = F/A$	F L ⁻²	gr/cm ²	Kg / m ²	Lb / ft ²
Densidad	$\rho = m/V$	F L ⁻⁴ T ²	gr s ² /cm ⁴	UTM/m ³ = Kg s ² /m ⁴	Slug/ft ³ = Lb s ² / ft ⁴
Peso específico	$\gamma = w/V$	F L ⁻³	gr / cm ³	Kg / m ³	Lb / ft ³
Trabajo	$U = F \cdot L$	F L	gr - cm	Kg - m	Lb - ft
Energía	$E_c = \frac{1}{2} m v^2$	F L	gr - cm	Kg - m	Lb - ft
Potencia	$P = U/t = Fv$	F L T ⁻¹	gr cm / s	Kg m/s	Lb ft / s
Momento o torque	$M = F x d$	F L	gr - cm	Kg - m	Lb - ft
Impulso	$I = Ft$	F T	gr - s	Kg - s	Lb - s
Cantidad de movimiento o momentum. ¹¹	$M = mv$	F T	gr - s	Kg - s	Lb - s
Gasto volumen	$Q = V/t = Av$	L ³ T ⁻¹	cm ³ /s	m ³ /s	ft ³ /s
Gasto masa	$Q_m = m/t$	F L ⁻¹ T	gr s / cm	Kg s / m	Lb s / ft
Gasto peso	$Q_w = w/t$	F T ⁻¹	gr / s	Kg / s	Lb / s
Tensión superficial.	$\tau = F / L$	F L ⁻¹	gr / cm	Kg / m	Lb / ft
Viscosidad	$\mu = \sigma dy / dv$	F L ⁻² T	gr s / cm ²	Kg s / m ²	lb s / ft ²
Viscosidad cinemática	$\nu = \mu / \rho$	L ² T ⁻¹	cm ² / s = Stokes	m ² / s	ft ² / s

¹¹ El impulso y la cantidad de movimiento tienen las mismas unidades y dimensiones debido al principio del impulso y la cantidad de movimiento que establece que la suma de los trabajos que actúan sobre un cuerpo es igual al cambio en la cantidad de movimiento: $\Sigma I = CM_2 - CM_1$.

Como podemos ver en ambas tablas los **conceptos fundamentales** no están definidos *operacionalmente*; es decir, *no tienen ecuación que los defina*. Además, *las unidades fundamentales son sencillas*.

Los **conceptos derivados** son los que están definidos mediante las *ecuaciones de la Física y sus unidades son compuestas*; o sea, están conformadas por varias unidades fundamentales relacionadas entre sí de acuerdo con la ecuación que define al concepto correspondiente.

También podemos observar que los conceptos derivados que están definidos solo en función de longitud, tiempo, o una combinación de estos, tienen las mismas unidades en los sistemas absolutos y técnicos. A los conceptos definidos en términos de longitud y tiempo se les llama cinemáticos. A los conceptos definidos solo en términos de longitud se les llama geométricos.

También es interesante detenernos a observar la columna de “**dimensiones**”. Al principio nos pudiera parecer que las dimensiones de los conceptos fundamentales son simples abreviaturas, pero en el fondo son mucho más que eso, **las dimensiones físicas son las unidades generales de los conceptos físicos**, y *suministran información sobre la esencia de dichos conceptos*.

Esto resulta tan importante que existe una rama de las matemáticas llamada **Análisis Dimensional** que encuentra su aplicación en el estudio de los modelos físicos. Es decir, cuando los problemas ingenieriles resultan demasiado complejos, es necesario construir un modelo a escala reducida donde se reproduzca el fenómeno en estudio o las variables más importantes de él. Las mediciones de dichas variables se correlacionan con el fenómeno en escala natural mediante el Análisis Dimensional y las teorías de similitud. Es común realizar este tipo estudios para el diseño de puertos, para la rectificación de cauces de ríos y control de avenidas, estudios en túneles de viento sobre el comportamiento de los puentes colgantes, formas aerodinámicas para autos y aviones, y también para conocer mejor el comportamiento sísmico de diversos sistemas estructurales, entre otros problemas.

1.14 Deducción de factores de conversión.

Los factores de conversión resultan indispensables cuando se trata de convertir unidades métricas a unidades inglesas, o entre las unidades inglesas, ya que carecen de relaciones lógicas (como de pies a millas) pero en otros casos es preferible aplicar la lógica para disminuir nuestra dependencia de las “tablas” de factores.

Factores básicos

Longitud

$$1 \text{ pulg} = 2.54 \text{ cm}; \quad 1 \text{ ft} = 12 \text{ pulg}; \quad 1 \text{ yarda} = 3 \text{ ft}; \quad 1 \text{ milla} = 5280 \text{ ft}; \quad 1 \text{ m} = 3.28 \text{ ft}$$

Masa

$$1 \text{ kg} = 2.2 \text{ lb(m)}; \quad 1 \text{ UTM} = 9.81 \text{ Kg(m)}; \quad 1 \text{ slug} = 32.2 \text{ lb(m)}$$

Fuerza

$$1 \text{ kg(f)} = 9.81 \text{ N} = 2.2 \text{ lb(f)} \quad 1 \text{ N} = 10^5 \text{ dn};$$

Ejemplo 1.14 ¿Cuántos pies hay en 1m?

Solución: Supongamos que no conocemos el factor y solo sabemos que

$$1\text{ft} = 12 \text{ pulg} \quad \text{y} \quad 1 \text{ pulg} = 2.54 \text{ cm.}$$

Entonces $1\text{ft} = 12 \times 2.54 \text{ cm} = 30.48 \text{ cm} = 0.3048 \text{ m}$

Es decir $1\text{ft} = 0.3048 \text{ m}$

Dividiendo ambos miembros de la igualdad entre 0.3048

Obtenemos
$$\frac{1\text{ft}}{0.3048} = 1\text{m} = 3.2808\text{ft}$$

Ejemplo 1.15 ¿Cuántos centímetros cuadrados hay en 1 metro cuadrado?

Solución: Si no conocemos la respuesta de memoria podemos razonar desglosando la pregunta en otras más sencillas:

¿Qué es un metro cuadrado?, ¿qué es un centímetro cuadrado? Y nuevamente ¿Cuántos centímetros cuadrados hay en 1 metro cuadrado?

Las respuestas obvias son:

“Un metro cuadrado es un cuadrado de 1 m por lado” y “Un centímetro cuadrado es un cuadrado de 1 cm por lado”. De manera que habrá que acomodar una cierta cantidad de cuadritos de 1cm por lado para llenar el cuadrado de 100 cm por lado.

¿Cuál es esta cantidad? *(Trata de responder antes de continuar)*

Otra manera de encontrar la respuesta es un razonamiento algebraico:

Si $1\text{m} = 100 \text{ cm}$

Elevando al cuadrado las dos partes de la igualdad para que no se altere:

$$(1\text{m})^2 = (100 \text{ cm})^2$$

Entonces: $1\text{m}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2$

Ejemplo 1.16 ¿Cuál es la equivalencia entre ft^2 y m^2 ?

Solución:

Sabemos que $1\text{m} = 3.2808 \text{ ft}$

Elevando al cuadrado $(1 \text{ m})^2 = (3.2808 \text{ ft})^2$

Obtenemos $1\text{m}^2 = 10.7639 \text{ ft}^2$

Recíprocamente
$$\frac{1\text{m}^2}{10.7639} = 1\text{ft}^2 = 0.0929\text{m}^2$$

Ejemplo 1.17 ¿Cuántos litros hay en 1m^3 ?

Solución:

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

$$10 \text{ dm} = 1\text{m}$$

$$(10 \text{ dm})^3 = 1\text{m}^3$$

$$1000 \text{ dm}^3 = 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lt}$$

Ejemplo 1.18 Encontrar los factores de conversión de las unidades de presión de los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.

Solución:

La presión se define como $p = F / A$ Sus unidades son: N / m^2 ; kg / m^2 y lb / ft^2 ; respectivamente, de manera que para encontrar los factores entre los dos MKS solo tenemos que pasar de N a kg :

$$1 \text{ kg}/m^2 = 9.81 \text{ N}/m^2$$

Y entre el MKS técnico y el Inglés técnico solo hay que pasar de kg a lb y de m^2 a ft^2 Veamos:

$$1 \frac{kg}{m^2} = 1 \frac{kg}{m^2} \cdot \frac{2.2lb}{1kg} \cdot \left(\frac{0.3048m}{1ft} \right)^2 = 0.2044 \frac{lb}{ft^2}$$

Por lo tanto, la equivalencia entre el MKS absoluto y el inglés técnico queda

$$9.81 \frac{N}{m^2} = 0.2044 \frac{lb}{ft^2}$$

Dividiendo entre 9.81

$$1 \frac{N}{m^2} = 0.0208 \frac{lb}{ft^2}$$

Recíprocamente (o sea dividiendo ambos miembros entre 0.0208)

$$47.9941 \frac{N}{m^2} = 1 \frac{lb}{ft^2}$$

Ejemplo 1.19 Encontrar los factores de conversión de las unidades de trabajo de los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.

Solución: El trabajo se define como el producto punto o escalar de la fuerza por el desplazamiento

$$U = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

Por lo cual sus unidades en cualquier sistema, son unidades de fuerza por unidades de longitud. En símbolos:

$$[U] = [F \cdot L]$$

En el sistema MKS absoluto

$$[U] = N \cdot m$$

En el sistema MKS técnico

$$[U] = Kg \cdot m$$

En el sistema inglés téc.

$$[U] = lb \cdot ft$$

Entonces

$$1Kg \cdot m = 9.81N \cdot m$$

$$1Kg \cdot m = 1Kg \cdot m \left(\frac{1lb}{0.454Kg} \right) \left(\frac{1ft}{0.3048m} \right)$$

$$1Kg \cdot m = 7.2265lb \cdot ft$$

Ejemplo 1.20 Encontrar los factores de conversión de las unidades de energía cinética de los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.

<p>Solución: En el ejemplo 1.20 ya habíamos encontrado las unidades de la energía cinética</p> $[Ec] = [m \cdot v^2]$ <p>En el sistema MKS absoluto</p> $[Ec] = Kg \cdot \left(\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{kgm}{s^2} \cdot m = N \cdot m = J$ <p>En el sistema MKS técnico</p> $[Ec] = UTM \left(\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{kg s^2}{m} \frac{m^2}{s^2} = kg \cdot m$ <p>En el sistema inglés téc.</p> $[Ec] = slug \left(\frac{ft}{s}\right)^2 = \frac{lb \cdot s^2}{ft} \cdot \frac{ft^2}{s^2} = lb \cdot ft$	<p>De manera que</p> $1Kg \cdot m = 9.81N \cdot m$ $1Kg \cdot m = 1Kg \cdot m \left(\frac{1lb}{0.454Kg}\right) \left(\frac{1ft}{0.3048m}\right)$ $1Kg \cdot m = 7.2265lb \cdot ft$ <p>Como habíamos mencionado las unidades de energía cinética coinciden con las de trabajo. Esto se debe al teorema del trabajo y la energía que plantea que la suma de los trabajos realizados sobre un cuerpo es igual al cambio en la energía cinética</p> $\Sigma U = Ec_2 - Ec_1$
--	--

Ejemplo 1.21 Encontrar los factores de conversión de las unidades de peso específico de los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.

<p>Solución: El peso específico de un cuerpo se define como el peso del cuerpo entre el volumen del mismo</p> $\gamma = \frac{w}{V}$ <p>Por lo cual sus unidades en cualquier sistema, son unidades de fuerza entre unidades de volumen o de longitud al cubo. En símbolos:</p> $[\gamma] = \left[\frac{w}{V}\right] = \frac{F}{L^3} = FL^{-3}$ <p>En el sistema MKS absoluto</p> $[\gamma] = \frac{N}{m^3}$ <p>En el sistema MKS técnico</p> $[\gamma] = \frac{Kg}{m^3}$	<p>En el sistema inglés téc.</p> $[\gamma] = \frac{lb}{ft^3}$ <p>Entonces</p> $1 \frac{kg}{m^3} = 9.81 \frac{N}{m^3}$ $1 \frac{Kg}{m^3} = 1 \frac{Kg}{m^3} \left(\frac{1lb}{0.454Kg}\right) \left(\frac{0.3048m}{1f}\right)^3$ $1 \frac{kg}{m^3} = 0.0624 \frac{lb}{ft^3}$ <p>Evidentemente</p> $9.81 \frac{N}{m^3} = 0.0624 \frac{lb}{ft^3}$
--	---

Ejemplo 1.22 Encontrar los factores de conversión de las unidades de densidad de los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.

<p>Solución: La densidad de un cuerpo se define como la masa del cuerpo entre el volumen del mismo</p> $\rho = \frac{m}{V}$ <p>Por lo cual sus unidades en cualquier sistema, son unidades de masa entre unidades de volumen o de longitud al cubo. En símbolos:</p> $[\rho] = \left[\frac{m}{V} \right] = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}$ <p>En el sistema MKS absoluto</p> $[\rho] = \frac{kg}{m^3}$ <p>En el sistema MKS técnico</p> $[\rho] = \frac{UTM}{m^3} = \frac{kg s^2 / m}{m^3} = \frac{kg s^2}{m^4}$	<p>En el sistema inglés téc.</p> $[\rho] = \frac{slug}{ft^3} = \frac{lbs^2 / ft}{ft^3} = \frac{lbs^2}{ft^4}$ <p>Entonces</p> $1 \frac{UTM}{m^3} = 9.81 \frac{kg}{m^3}$ $1 \frac{UTM}{m^3} = 1 \frac{Kgs^2}{m^4} \left(\frac{1lb}{0.454Kg} \right) \left(\frac{0.3048m}{1ft} \right)^4$ $1 \frac{UTM}{m^3} = 3.23 \times 10^{-6} \frac{lb}{ft^3}$ <p>Evidentemente</p> $9.81 \frac{kg}{m^3} = 3.23 \times 10^{-6} \frac{lb}{ft^3}$
---	---

Ejemplo 1.23 Encontrar los factores de conversión de las unidades de potencia de los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.

<p>Solución: La potencia se define como el trabajo entre el tiempo, o la fuerza por la distancia entre el tiempo</p> $Pot = \frac{U}{t} = \frac{Fd}{t}$ <p>Por lo cual sus unidades en cualquier sistema, son unidades de fuerza por distancia entre tiempo. En símbolos:</p> $[Pot] = \left[\frac{U}{t} \right] = \frac{FL}{T}$ <p>En el sistema MKS absoluto</p> $[Pot] = \frac{Nm}{s} = \frac{J}{s} = W = watt$ <p>En el sistema MKS técnico</p> $[Pot] = \frac{Kgm}{s}$	<p>En el sistema inglés téc.</p> $[Pot] = \frac{lbft}{s}$ <p>Entonces</p> $1 \frac{kgm}{s} = 9.81 \frac{Nm}{s}$ $1 \frac{Kgm}{s} = 1 \frac{Kgm}{s} \left(\frac{1lb}{0.454Kg} \right) \left(\frac{1ft}{0.3048m} \right)$ $1 \frac{kgm}{s} = 7.2265 \frac{lbft}{s}$ <p>Evidentemente</p> $9.81 \frac{Nm}{s} = 7.2265 \frac{lbft}{s}$
---	--

Ejemplo 1.24 Transformar 100 Km/hr a m/s

Solución:

$$v = 100 \frac{km}{hr} \left(\frac{1000m}{1km} \right) \left(\frac{1hr}{3600s} \right) = 27.78 \frac{m}{s}$$

Ejemplo 1.25 Transformar 80 KPa a Las unidades correspondientes en MKS técnico e inglés técnico.

Solución:

En primer lugar, tenemos que identificar que los KPa son Kilo-pascales, es decir, unidades de presión del MKS absoluto

$$1 \text{ KPa} = 1000 \text{ Pa} = 1000 \text{ N} / \text{m}^2$$

$$P = 80 \text{ kpa} = 80000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \left(\frac{1\text{kg}}{9.8\text{N}} \right) = 8154.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P = 8154.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \left(\frac{2.2\text{lb}}{1\text{kg}} \right) \left(\frac{1\text{m}}{3.2808\text{ft}} \right) = 1666.8 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

Ejemplo 1.26 Un motor tiene una potencia de 1000 W, transformar este valor al MKS técnico y al inglés técnico.

Solución: La potencia se define como trabajo entre tiempo o fuerza por distancia entre tiempo y los watts son las unidades de potencia del MKS absoluto, entonces

$$IW = \frac{1N \cdot m}{s}$$

Por lo tanto

$$1000W = 1000 \frac{N \cdot m}{s} = 1000 \left(\frac{1\text{kg}(f)}{9.81\text{N}} \right) = 101.9 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{s}$$

$$1000W = 101.9 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{s} \left(\frac{1\text{lb}}{0.454\text{kg}} \right) \left(\frac{1\text{ft}}{0.3048\text{m}} \right) = 736.6 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{s}$$

La cuestión es que las unidades inglesas de potencia que más se emplean no son las lbft/s sino los HP o caballos de potencia, las cuales no son unidades sistémicas sino arbitrarias. En estos casos es imposible la deducción de factores, ya que la magnitud de las unidades arbitrarias carece de cualquier conexión lógica-sistémica, y es irremediable consultar las tablas. Para este caso:

$$1\text{kW} = 1.341 \text{ HP} = 736.6 \text{ lb ft/s}$$

Ejemplo 1.27 Encontrar el peso específico del agua en los dos MKS y en el inglés tec. Sabiendo que el peso específico del agua es $\gamma_1 = 1 \text{ Kg} / \text{lt} = 1 \text{ Kg} / \text{dm}^3$ (la razón se remonta al origen del Kilogramo, ver apartado 1.3).

Solución: Como el peso específico es peso sobre volumen, se entiende que los Kg son fuerza y que el dato está dado en unidades técnicas.

En el MKS tec.
$$\gamma = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \left(\frac{10\text{dm}}{1\text{m}} \right)^3 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

En el MKS abs.
$$\gamma = 1000 \frac{\text{kg}(f)}{\text{m}^3} \left(\frac{9.81\text{N}}{1\text{kg}(f)} \right) = 9810 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

En el inglés tec.
$$\gamma = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{1\text{lb}}{0.454\text{kg}} \right) \left(\frac{0.3048\text{m}}{1\text{ft}} \right)^3 = 62.37 \frac{\text{lb}}{\text{ft}_3}$$

Como podemos observar aquí realizamos la transformación de kg/m^3 a lb/ft^3 sin conocer la equivalencia entre estas unidades compuestas, sino a partir de las equivalencias de las unidades sencillas.

Ejercicio 1. Organiza en una tabla los factores de conversión encontrados en los distintos ejercicios.

Ejercicio 2. A partir de las leyes de la física deduce las unidades de los conceptos derivados y organízalas en las tablas de las próximas páginas.

SISTEMAS ABSOLUTOS

CONCEPTO	ECUACIÓN	DIMENSION	CGS	MKS ó S.I.	PLS o ingles
Longitud	----				
Tiempo	----				
Masa	----				
Temperatura	----				
Area	Depende de la figura				
Volumen	Depende del cuerpo				
1er momento de área	Depende de la figura				
Ángulo plano	$\theta = s / r$				
Velocidad	$v = dx / dt$				
Aceleración	$a = dv / dt$				
Velocidad angular	$w = d\theta / dt$				
Aceleración angular	$\alpha = dw / dt$				
Frecuencia	$f = T^{-1}$				
Periodo	$T = f^{-1}$				
Fuerza	$\Sigma F = m a$				
Presión y Esfuerzo	$p = F / A$				
Densidad	$\rho = m / V$				
Peso específico	$\gamma = w / V$				
Trabajo	$U = F \cdot L$				
Energía	$E_c = \frac{1}{2} m v^2$				
Potencia	$P = U / t = Fv$				
Momento o torque	$M = F x d$				
Impulso	$I = Ft$				
Cantidad de movimiento o momentum.	$M = mv$				
Gasto volumen	$Q = V / t = Av$				
Gasto masa	$Qm = m / t$				
Gasto peso	$Qw = w / t$				
Tensión superficial.	$\tau = F / L$				
Viscosidad	$\mu = \sigma dy / dv$				
Viscosidad cinemática	$\nu = \mu / \rho$				

SISTEMAS TÉCNICOS TERRESTRES O GRAVITACIONALES.

CONCEPTO	ECUACIÓN	DIMENSION	CGS	MKS	PLS o ingles
Longitud	----				
Tiempo	----				
Fuerza	----				
Temperatura	----				
Área	Depende de la figura				
Volumen	Depende del cuerpo				
1er momento de área	Depende de la figura				
Ángulo plano	$\theta = s/r$				
Velocidad	$v = dx/dt$				
Aceleración	$a = dv/dt$				
Velocidad angular	$w = d\theta/dt$				
Aceleración angular	$\alpha = dw/dt$				
Frecuencia	$f = T^{-1}$				
Periodo	$T = f^{-1}$				
Masa	$M = F/a$				
Presión y Esfuerzo	$p = F/A$				
Densidad	$\rho = m/V$				
Peso específico	$\gamma = w/V$				
Trabajo	$U = F \cdot L$				
Energía	$E_c = \frac{1}{2} m v^2$				
Potencia	$P = U/t = Fv$				
Momento o torque	$M = F \times d$				
Impulso	$I = Ft$				
Cantidad de movimiento o momentum. ¹²	$M = mv$				
Gasto volumen	$Q = V/t = Av$				
Gasto masa	$Q_m = m/t$				
Gasto peso	$Q_w = w/t$				
Tensión superficial.	$\tau = F/L$				
Viscosidad	$\mu = \sigma dy/dv$				
Viscosidad cinemática	$\nu = \mu/\rho$				

TABLA DE FACTORES DE CONVERSIÓN.

Concepto	Equivalencia		Concepto	Equivalencia	
Longitud	1 m	=	3.281 ft	Trabajo y energía	1 J = 0.7375 lb-ft
	1 km	=	0.6213 millas		= 3.725x10 ⁻⁷ hp-hr
	1 mill	=	1609.3 m		
	1 mill	=	5280.1 ft		
	1 pulg	=	2.54 cm		
Área	1 m ²	=	10.76 ft ²	Potencia	1 kW = 1.341 hp
		=			= 737.5 lb-ft/s
Volumen	1 m ³	=	1000 lt	Presión	1000 N/m ² = 1 kPa
		=	35.31 ft ³		= 0.145 psi
	1 galón US	=	3.785 lt		1 bar = 100 kPa
	1 galón británico	=	4.546 lt	Peso específico	1 kN/m ³ = 6.365 lb/ft ³
		=			
Velocidad	1 m/s	=	2.28 mill/hr	Densidad	1kg/m ³ = 0.00194 slugs/ft ³
	1 nudo	=	0.515 m/s	Gasto	1 lt / s = 15.853 gal(US)/min
		=			1 gal (US)/min = 8.0208 ft ³ /hr
Aceleración de la gravedad	8.80665 m/s ²	=	32.174 ft/s ²	Viscosidad	1 Pa-s = 10 poises
		=			= 0.02089 lb-s/ft ²
Fuerza	1 N	=	0.2248 lb	Viscosidad cinemática	1 m ² /s = 10 ⁴ Stokes
	1 lb	=	0.454 kg		
		=			= 10.76 ft ² /s
Masa	1 kg	=	0.0685 slug	Temperatura¹	1 °C = 1 °K
		=			= 1.8 °F
		=			= 1.8 °R
		=			=
		=			=
		=			=
		=			=
		=			=

Notas:

1) T °C = T °K -273.15 ; T °F = 1.8 T °C + 32

1.15 Preguntas de repaso

1.- ¿Qué es un Kilogramo?

R: Un Kilogramo es la unidad de masa en el sistema MKS absoluto. Se considera igual a la masa de un litro de agua a 4°C.

Un Kilogramo también es la unidad de fuerza del sistema MKS técnico, es la fuerza con que la tierra atrae a un cilindro de platino e iridio llamado kilogramo patrón. También es la fuerza con que la tierra atrae a un litro de agua.

2.- ¿Qué es un newton?

R: Es la unidad de fuerza del MKS absoluto, se define como la fuerza necesaria para producirle a un cuerpo de 1Kg de masa una aceleración de 1m/s^2 .

3.- ¿Cuál es el peso de un cuerpo cuya masa es 1Kg?

R: De la Segunda Ley de Newton: $\sum F = ma$

Si el peso es la única fuerza que actúa:

$$w = mg$$

En el MKS absoluto $w = 1\text{Kg} (9.81 \text{ m/s}^2)$

$$w = 9.81 \text{ N}$$

Es decir, la tierra atrae a un cuerpo de 1 kg de masa, con una aceleración de 9.81 m/s/s, de manera que le aplica una fuerza de 9.81 N. O bien, si en sentido horizontal queremos acelerar a un cuerpo de 1 Kg de masa, a 9.81 m/s^2 , debemos aplicarle un conjunto de fuerzas que dé como resultante 9.81 N.

4.- Si un cuerpo tiene una masa de 1Kg (en el MKS absoluto), ¿cuál será su peso en el MKS técnico?

R: Obsérvese que nos estamos refiriendo al mismo cuerpo; o mejor dicho, a dos propiedades diferentes del mismo cuerpo. Estas son: *la masa*, que es de 1 Kg (en el MKS absoluto) y *el peso* que también es de 1 Kg (en el MKS técnico).

Como vimos en la respuesta anterior, un cuerpo de 1Kg de masa, pesa 9.81 N en el MKS absoluto, pero por la definición de la unidad de fuerza del MKS técnico, el cuerpo llamado "Kilogramo" es atraído por la tierra con una fuerza de 1 Kg (fuerza)

Por lo tanto: $9.81 \text{ N} = 1 \text{ Kg}$ (fuerza)

5.- Si un cuerpo tiene un peso de 1 Kg, ¿cuál será su masa en este mismo sistema?

R: El sistema utilizado es el MKS técnico:

$$m = w/g = 1\text{Kg} / 9.81 \text{ m/s}^2 = 1/9.81 \text{ Kg s}^2/\text{m} = 0.102 \text{ UTM}$$

Como este mismo cuerpo también tiene una masa de 1 Kg en el MKS absoluto entonces:

$$1 \text{ Kg masa en el absoluto} = 0.102 \text{ UTM en el técnico}$$

$$1 \text{ Kg} = 0.102 \text{ UTM}$$

o bien, sacando recíproco

$$1 \text{ UTM} = 9.81 \text{ kg}$$

6.- ¿Cuál será la masa de un cuerpo que pesa 1 lb?
 R. identificamos el sistema que es el inglés técnico

$$m = w/g = 1\text{lb} / 32.2 \text{ ft/s}^2 = 1/32.2 \text{ lb s}^2/\text{ft} = 1/32.2 \text{ slug}$$

7.- Un cuerpo tiene una masa de 10 UTM.

- Identificar el sistema de unidades en que está dada la masa.
- Mencionar las unidades del peso en ese mismo sistema.
- ¿Qué es una UTM? Da su definición.
- Calcular el peso del cuerpo.

<p>Solución: a) Las UTM obviamente pertenecen al MKS Técnico. b) En este sistema las unidades de peso son los kg. c) Una UTM es la masa que se acelera a 1 m/s² cuando se le aplica una fuerza de 1kg(f)</p> $1UTM = 1 \frac{kg \cdot s^2}{m}$	<p>c) Como $w = mg$</p> $w = 10UTM (9.81) \frac{m}{s^2}$ $w = 10 \frac{kg \cdot s^2}{m} (9.81) \frac{m}{s^2}$ $w = 98.1 \frac{kg \cdot s^2}{m} \frac{m}{s^2}$ $w = 98.1kg$
---	---

8.- Juan tiene 70 kg ¿Cuál será su masa y su peso?

Solución:

Si consideramos el sistema MKS absoluto, la masa es un concepto fundamental y por ello sus unidades son sencillas, de manera que los kilogramos se usan para medir masa

Entonces: masa de Juan = $m_j = 70 \text{ kg}$

El peso o fuerza es un concepto derivado definido por $w = mg$,

De ahí que el peso de¹³ Juan $w = m g = (70 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 686 \text{ kg m/s}^2$
 $w = 686 \text{ N}$

En el MKS técnico la fuerza es concepto fundamental y por ello sus unidades son sencillas, es decir, los kg se usan para medir fuerza. Entonces: Fuerza con que la tierra atrae a Juan = $w = 70 \text{ kg}$. La masa es un concepto derivado definido por $m = w / g$ entonces

$$\text{Masa de Juan} = m = w / g = 70 \text{ kg} / 9.8 \text{ m/s}^2 = 7.14 \text{ kg s}^2 / \text{m}$$

$$m = 7.14 \text{ UTM}$$

¹³ Recordemos que la expresión “peso de ...” solo es una forma de hablar, ya que el peso no es propiedad de los cuerpos, sino una fuerza externa, que aplica la tierra sobre ellos.

1.16 Cuestionario.

1. ¿Cuál es la altura en pulgadas de una mujer que mide 1.58 m.?
2. ¿Cuántos pies hay en 1 Km?
3. Cuál es la equivalencia entre millas y km, y millas y pies.
4. Calcular el área en pies cuadrados de una cocina que tiene 3.5m X 4.7m
5. ¿Cuántos centímetros cúbicos caben en 1 litro?
6. ¿Cuántas pulgadas cuadradas hay en 1 m²?
7. ¿Cuántos litros hay en 1 m³?
8. El volumen de un tinaco es de 750 lt, transformarlo a m³, ft³, cm³ y pulg³
9. Un tanque cilíndrico tiene 0.8 m de radio y 2.3 m de longitud, calcular la cantidad de lámina en dm² y m² necesaria para construirlo. Encontrar su volumen y expresarlo en lt, m³ y ft³. No considerar las juntas y/o traslapes.
10. Un auto se desplaza a 120 km/hr, encontrar la velocidad equivalente en m/s, ft/s y millas/ hr.
11. La aceleración de un camión es de 2 ft/s² encontrar su equivalente en m/s².
12. ¿Qué es un newton (nótese que está escrito con minúscula porque nos referimos a la unidad)?
13. ¿Cuál es la equivalencia entre kg y lb?
14. ¿Cuántos newtons hay en 1 kilogramo fuerza y en 1 libra?
15. ¿Cómo se define al kg fuerza?
16. ¿Cómo se define a la lb fuerza?
17. ¿Qué es el peso?
18. Para mover un cuerpo se aplica una fuerza de 3400 N, encontrar su equivalencia en kg y en lb.
19. Un cable sostiene una caja de 4800 lb, calcular la fuerza de tensión del cable en el sistema MKS técnico y en el MKS absoluto.
20. El peso de un auto es de 1650 kg, transformar este valor a las unidades correspondientes del MKS abs. y del inglés técnico.
21. ¿Qué es la masa?
22. ¿Qué es un kilogramo masa?
23. ¿Qué es una UTM?
24. ¿Qué fuerza es necesario aplicarle a 1Kg masa para que se acelere a razón de 1 m/s/s?
25. ¿Qué fuerza es necesario aplicarle a 1Kg masa para que se acelere a razón de 9.8 m/s²?
26. ¿Cuánto pesa un cuerpo cuya masa es 1kg?
27. ¿Qué aceleración adquiere un cuerpo de 1 Kg cuando se deja caer libremente?
28. Y si el cuerpo que cae tiene una masa de 2 Kg ¿con qué aceleración lo hará?
29. En efecto, cualquier cuerpo que cae lo hace con la misma aceleración (despreciando la resistencia del aire), explica cómo es posible que la aceleración sea la misma si la fuerza que la produce; es decir, el peso es diferente.
30. Un cuerpo tiene una masa de 100 Kg, calcular su peso y masa en los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.
31. Un cuerpo pesa 80 kg fuerza, calcular su masa y peso en los 3 sistemas más empleados.

32. Un cuerpo pesa 4500 N, calcular su peso y masa en los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.
33. Un cuerpo tiene una masa de 12 UTM, calcular su peso y masa en los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.
34. Un cuerpo es atraído por la tierra con una fuerza de 3000 lb calcular su peso y masa en los sistemas MKS absoluto, MKS técnico e inglés técnico.
35. La presión en las llantas de un automóvil debe ser de 30 *lb/pulg²*, según el manual, cual es el valor de esta presión en *Kg/cm²*, *Kg/ m²*, *lb/ft²*, *N/m²*, *Pa*.
36. La presión atmosférica es aproximadamente de 1Kg/cm², encontrar su valor en los dos MKS y en el inglés tec.
37. Calcular la presión que una muchacha de 55 Kg puede ejercer en el piso si se para únicamente en los tacones altos de sus zapatillas que tienen un área de 1 cm² cada uno. Resolverlo en los dos sistemas MKS.
38. Si el cable del problema 22 tiene un diámetro de 3/8", calcular el esfuerzo de tensión en los tres sistemas.
39. Un prisma rectangular tiene las dimensiones 0.3 m x 0.5 m x1.2 m y una masa de 87 kg, calcular la presión que ejerce sobre el piso al estar colocada en las diferentes posiciones, resolver en el sistema MKS absoluto.
40. Un cilindro de 1.2 m de diámetro y 8.5 m de altura pesa 300 toneladas, ¿Qué presión ejercerá sobre el suelo si se coloca sobre una de sus caras planas? Resolver en los tres sistemas.
41. Si en el problema anterior, el suelo tiene una resistencia de 12 kg/cm² ¿podremos colocar el cilindro con seguridad? ¿qué puede pasar?
42. Mediante una varilla de acero de 3/8" de diámetro se quiere transmitir una fuerza de 7500 lb ¿Cuál es el esfuerzo al que estaría sometida la varilla? Si el esfuerzo permisible es de 2400 kg/cm² ¿estará dentro de este rango?
43. Refiriéndonos al problema anterior, en caso de que la varilla de 3/8 no lo resista que diámetro comercial recomendarías usar? (1/2", 3/4", 1", o una combinación)
44. Una máquina desarrolla un trabajo de 5000 J, cuál es la equivalencia de este trabajo en los sistemas MKS e inglés técnico.
45. Un motor tiene una potencia nominal de 3 HP, transformar a las unidades correspondientes a los dos sistemas MKS y al inglés.

Apéndice 1.

Cálculo de la masa y el peso en todos los sistemas.

Antes de generalizar el cálculo de la masa y el peso a todos los sistemas, presentaremos mediante dos pares de tablas los conceptos fundamentales de los sistemas absolutos y técnicos y las unidades de la masa y la fuerza:

Conceptos y unidades fundamentales de los sistemas absolutos

	MKS	cgs	Inglés o PLS
Longitud	m	cm	Pie = ft
Tiempo	s	s	s
Masa	kg	gr	lb

Conceptos y unidades fundamentales de los sistemas técnicos

	MKS	cgs	Inglés o PLS
Longitud	m	cm	Pie = ft
Tiempo	s	s	s
Fuerza	kg	gr	lb

Unidades de masa y fuerza en los sistemas absolutos.

	Sistemas Absolutos	Concepto	
		<i>Fundamental</i> <i>Masa</i>	Derivado Fuerza= ma
Unidades	cgs	Gramo <i>gr</i>	$gr \frac{cm}{s^2} = dn=dina$
	MKS	Kilogramo <i>kg</i>	$kg \frac{m}{s^2} = N = Newton$
	PLS	Libra <i>lb</i>	$lb \frac{pie}{s^2} = pd=pondual$

Unidades de fuerza y masa en los sistemas técnicos.

	Sistemas Técnicos	Concepto	
		Fundamental Fuerza	Derivado Masa=F/a
Unidades	cgs	Gramo gr	$\frac{gr}{cm/s^2} = \frac{gr \cdot s^2}{cm}$
	MKS	Kilogramo kg	$\frac{kg}{m/s^2} = \frac{kg \cdot s^2}{m} = UTM$ Unidad técnica de masa
	PLS	Libra lb	$\frac{lb}{pie/s^2} = \frac{lb \cdot s^2}{pie} = 1slug$

Ejemplo A.1 Encontrar las equivalencias de 1kg masa a las unidades de masa de todos los sistemas.

Solución:

En los sistemas absolutos, los factores de conversión son conocidos

$$1kg = 1000gr = \frac{1}{0.454} lb = 2.2026lb(m)$$

En los sistemas técnicos partimos de la unidad de peso, calculamos su masa y relacionamos con la unidad de masa del sistema absoluto correspondiente mediante el salto o inferencia lógica:

En el MKS técnico: La unidad de fuerza es el kg. Si un cuerpo pesa 1kg(f) tiene de masa

$$m = \frac{w}{g} = \frac{1kg(f)}{9.81m/s^2} = \frac{1}{9.81} \frac{kg s^2}{m} = \frac{1}{9.81} UTM \approx 0.102 UTM$$

Aplicando la inferencia: este mismo cuerpo tiene una masa de 1kg(m) en el MKS abs. Entonces

$$1kg(m) = \frac{1}{9.81} UTM$$

Conclusión que ya habíamos obtenido.

En el cgs técnico: La unidad de fuerza es el gr. Un cuerpo que pesa 1gr tiene la siguiente masa

$$m = \frac{w}{g} = \frac{1gr(f)}{981cm/s^2} = \frac{1}{981} \frac{gr s^2}{cm} = 0.00102 \frac{gr s^2}{cm}$$

Dando "el salto lógico" este mismo cuerpo tiene una masa de 1gr en el cgs abs. Entonces

$$1gr(m) = \frac{1}{981} \frac{gr s^2}{cm}$$

Como buscamos el equivalente a 1kg(m) solo tenemos que multiplicar la igualdad anterior por 1000

$$1kg(m) = 1000gr(m) = \frac{1000}{981} \frac{gr s^2}{cm} = 1.019 \frac{gr s^2}{cm}$$

En el inglés técnico: La unidad de fuerza es la lb. Un cuerpo que pesa 1 lb tiene la siguiente masa

$$m = \frac{w}{g} = \frac{1lb(f)}{32.2 \frac{ft}{s^2}} = \frac{1 \text{ lbs}^2}{32.2 \text{ ft}} = \frac{1}{32.2} slug = 0.031 \text{ slug}$$

Por inferencia el cuerpo que “pesa” 1 lb (en el tec) también tiene una masa de 1lb (en el abs)

$$1lb(m) = \frac{1}{32.2} slug = 0.031 \text{ slug}$$

Para pasarlo a kg utilizamos el método de “multiplicar por 1”

$$1kg(m) = 2.2026lb(m) \left(\frac{0.031 \text{ slug}}{1lb(m)} \right) = 0.0685 \text{ slug}$$

Los resultados más importantes los podemos resumir en la siguiente tabla

Equivalencia de las unidades de masa

Sistemas absolutos	equivalencia	Sistemas técnicos
MKS abs	$1kg(m) = \frac{1}{9.81} UTM$	MKS tec
Cgs abs	$1gr(m) = \frac{1}{981} \frac{grs^2}{cm}$	Cgs tec
Inglés abs	$1lb(m) = \frac{1}{32.2} slug$	Inglés tec

Obsérvese que en todos estos casos la relación entre las unidades de masa de un sistema absoluto y el correspondiente sistema técnico es $\frac{1}{g}$.

La relación inversa también es válida y se presenta a continuación:

Equivalencia de las unidades de masa

Sistemas técnicos	equivalencia	Sistemas absolutos
MKS tec	$1UTM = 9.81kg(m)$	MKS abs
Cgs tec	$1 \frac{grs^2}{cm} = 981gr(m)$	Cgs abs
Inglés tec	$1slug = 32.2lb(m)$	Inglés abs

Obsérvese que las unidades de masa de los sistemas técnicos son g veces más grandes que las unidades de masa de los sistemas absolutos.

Finalmente la respuesta a la equivalencia de 1kg(m) la organizamos en la tabla siguiente

1kg(m)= MKS abs	1000 gr	Cgs abs
	1 kg	MKS abs
	2.2 lb	Inglés abs
	$1.02 \frac{grs^2}{cm}$	Cgs tec
	$\frac{1}{9.81}UTM = 0.102UTM$	MKS tec
	0.0684slug	Inglés tec

Ejemplo A.2 ¿Qué es una dina? Encontrar sus equivalencias con los newtons

Solución: Una dina es la unidad de fuerza del cgs abs. Y se define como la fuerza necesaria para acelerar a una masa de 1 gr a razón de 1 cm/s²

$$F = ma = 1gr \left(\frac{1cm}{s^2} \right) = 1dina = 1dn$$

Como 1 N es $F = ma = 1kg \left(\frac{1m}{s^2} \right) = 1N$

Lo que tenemos que hacer es transformar los kg a gr y los m a cm

$$1N = 1kg \left(\frac{1m}{s^2} \right) = 1000gr \left(\frac{100cm}{s^2} \right) = 100,000 \frac{grcm}{s^2} = 100,000dn = 10^5 dn$$

$$1 N = 10^5 dn$$

Ejemplo A.3 A) ¿Cuánto pesa un cuerpo cuya masa es 1 gr? B) ¿cuál es la relación entre gr(f) y dn? C) ¿Cuál es la masa de 1gr(f)? D) ¿cuál es la relación entre las unidades de masa del cgs téc y las del cgs abs?

Solución:

A) Si la masa está en gr, el sistema es el cgs abs. Y el peso es

$$w = mg = 1gr(981) \frac{cm}{s^2} = 981 \frac{grcm}{s^2}$$

$$w = 981dn$$

B) En el cgs técnico este mismo cuerpo pesa 1gr(f)

Entonces

$$1gr(f) = 981 dn$$

C) En el mismo cgs tec

$$w = 1gr(f)$$

$$m = \frac{w}{g} = \frac{1gr}{981cm/s^2} = \frac{1}{981} \frac{grs^2}{cm}$$

D) Este mismo cuerpo tiene una masa de 1 gr en el cgs abs

Entonces

$$1gr(m) = \frac{1}{981} \frac{grs^2}{cm}$$

Y la relación recíproca también es correcta

$$1 \frac{grs^2}{cm} = 981gr$$

Ejemplo A.4 A) ¿Qué es un pond? B) Encontrar su equivalencia con las libras fuerza. C) Encontrar la relación de libras masa a slugs.

Solución: Un pond o pondual es la unidad de fuerza del inglés absoluto, es la fuerza que aplicada a 1lb de masa le provoca una aceleración de 1 pie por segundo cada segundo.

$$F = ma = 1lb \left(\frac{1ft}{s^2} \right) = 1pond = 1pd$$

Cuando un cuerpo que tiene 1 lb de masa es atraído por la tierra, experimenta una aceleración llamada gravedad que vale $g = 32.2 \text{ ft/s}^2$, esto se debe a que la tierra atrae al cuerpo con una fuerza llamada peso que tiene el siguiente valor:

$$w = mg = 1lb \frac{32.2 \text{ ft}}{s^2} = 32.2 \frac{lbft}{s^2} = 32.2 \text{ pd}$$

Es decir:

$$\mathbf{si \text{ } m = 1lb \Rightarrow w = 32.2 \text{ pd}}$$

Todo lo anterior lo hemos trabajado en el sistema inglés abs. Ahora bien, por inferencia lógica si en el inglés abs su masa es de 1 lb, en el inglés técnico su peso es de 1lb(f)

$$\begin{array}{ccc} \text{En el inglés abs} & \curvearrowright & \text{En el inglés tec.} \\ m = 1lb \text{ (m)} & & W = 1 \text{ lb(f)} \end{array}$$

Por lo tanto

$$\mathbf{1lb(f) = 32.2 \text{ pd}}$$

Ahora bien, si en el inglés técnico consideramos un cuerpo que “pesa” 1 lb, su masa será:

$$m = \frac{w}{g} = \frac{1lb}{32.2 \frac{ft}{s^2}} = \frac{1}{32.2} \frac{lbs^2}{ft} = \frac{1}{32.2} \text{ slug}$$

Relacionándolo con el inglés absoluto, este mismo cuerpo tiene una masa de 1 lb, por lo tanto:

$$1lb = \frac{1}{32.2} \text{ slug}$$

Y a la inversa

$$\mathbf{1slug = 32.2lb}$$

Ejemplo A.5 Encontrar la equivalencia de 1kg(f) en todos los sistemas

Solución: En los otros sistemas técnicos las equivalencias son conocidas:

$$1kg(f) = 1000gr(f) = 2.2lb(f)$$

En el MKS abs también

$$1kg \text{ (f)} = 9.81 \text{ N}$$

En el cgs abs.

Sabemos que

$$1N = 10^5 \text{ dn}$$

Entonces

$$1kg(f) = 9.81 \text{ N} = 9.81 \times 10^5 \text{ dn}$$

En el inglés abs

$$1kg(f) = 2.2lb(f) \frac{32.2 \text{ pd}}{1lb(f)} = 70.84 \text{ pd}$$

Resumiendo

1kg(f)= MKS tec	1000 gr	Cgs tec
	1 kg	MKS tec
	2.2 lb	Inglés tec
	$9.81 \times 10^5 \text{dn}$	Cgs abs
	9.81 N	MKS abs
	70.84 pd	Inglés abs

Los resultados más importantes de los ejemplos anteriores los podemos organizar en la siguiente tabla:

Sistema	Técnico	=	Absoluto	Concepto
MKS	1kg	=	9.81 N	Fuerza
	1 UTM	=	9.81 kg	Masa
Inglés	1 lb	=	32.2 pd	Fuerza
	1 slug	=	32.2 lb	Masa
cgs	1 gr	=	980 dn	Fuerza
	1 gr s ² /cm	=	980 gr	Masa

En general, hablando de masa y paso:

Las unidades técnicas son g veces las unidades absolutas

Ejemplo A.6 Un cuerpo tiene 10 kg. Calcular su masa y su peso en todos los sistemas.

<p>Solución: En el MKS absoluto:</p> $m = 10 \text{ kg}$ $w = mg = 10 \text{ kg} \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 981 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 981 \text{ N}$ <p>En el MKS técnico los Kg son fuerza, entonces:</p> $w = 10 \text{ kg}$ <p>calculamos la masa</p> $m = \frac{w}{g} = \frac{10 \text{ Kg}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 1.02 \frac{\text{kg s}^2}{\text{m}} = 1.02 \text{ UTM}$ <p>En el Inglés técnico. Nos apoyamos en los datos del MKS técnico, transformamos los Kg(f) a lb(f) y calculamos la masa</p> $w = 10 \text{ kg} \left(\frac{1 \text{ lb}}{0.454 \text{ kg}} \right) = 22.026 \text{ lb}$ $m = \frac{w}{g} = \frac{22.026 \text{ lb}}{32.2 \text{ ft/s}^2} = 0.684 \text{ slug}$	<p>En el inglés absoluto las lb son masa</p> $m = 22.026 \text{ lb}$ <p>El peso se calcula</p> $w = mg = 22.026 \text{ lb} \left(32.2 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2} \right) = 709.24 \frac{\text{lbft}}{\text{s}^2}$ $w = 709.24 \text{ pd}$ <p>En el cgs absoluto la masa está en gramos</p> $m = 10 \text{ Kg} = 10\,000 \text{ gr}$ <p>Calculamos el peso</p> $w = mg = 10,000 \text{ gr} \left(981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)$ $w = 9.81 \times 10^6 \frac{\text{grcm}}{\text{s}^2} = 9.81 \times 10^6 \text{ dn}$ <p>En el cgs técnico los gramos son fuerza</p> $w = 10\,000 \text{ gr(f)}$ <p>calculamos la masa</p> $m = \frac{w}{g} = \frac{10000 \text{ gr}}{981 \text{ cm/s}^2} = 10.19 \frac{\text{gr s}^2}{\text{cm}}$
---	--

Ejemplo A.7 Un cuerpo tiene una masa de 25 UTM, encontrar su masa y su peso en todos los sistemas.

<p>Solución: El dato está en el MKS tec,</p> $m = 25UTM = 25 \frac{kg s^2}{m}$ $w = mg = 25 \left(\frac{kg s^2}{m} \right) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) = 245.25 kg(f)$ <p>En el MKS abs los Kg son masa, entonces: $m = 245.25 \text{ kg}$ calculamos el peso</p> $w = mg = 245.25 kg \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) = 2405.9 N$ <p>En el Inglés técnico. Nos apoyamos en los datos del MKS técnico, transformamos los Kg(f) a lb(f) y calculamos la masa</p> $w = 245.25 kg \left(\frac{1 lb}{0.454 kg} \right) = 540.2 lb$ $m = \frac{w}{g} = \frac{540.2 lb}{32.2 ft/s^2} = 16.78 slug$	<p>En el cgs técnico los gramos son fuerza $w = 245.25 \text{ kg(f)} = 245,250 \text{ gr(f)}$ calculamos la masa</p> $m = \frac{w}{g} = \frac{245,250 gr}{981 cm/s^2} = 250 \frac{gr s^2}{cm}$ <p>En el cgs absoluto la masa está en gramos $m = 245,250 \text{ gr}$ Calculamos el peso</p> $w = mg = 245,250 gr \left(981 \frac{cm}{s^2} \right)$ $w = 2.406 \times 10^8 \text{ dn}$ <p>En el inglés absoluto las lb son masa $m = 540.2 \text{ lb}$ El peso se calcula</p> $w = mg = 540.2 lb \left(32.2 \frac{ft}{s^2} \right) = 17394.4 \frac{lb ft}{s^2}$ $w = 17394.4 \text{ pd}$
---	--

Como se observa en los ejemplos no se requiere usar todos los factores de conversión.

Apéndice 2.

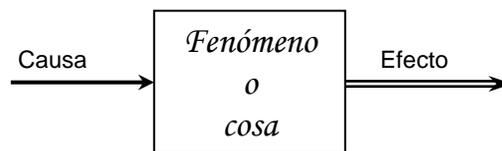
Hacia un esquema de la realidad.

En la introducción mencionamos que para el hombre el conocimiento del mundo, de la realidad concreta, ha sido una cuestión de supervivencia, aquí explicaremos algunos esquemas de pensamiento o intentos de representar a la realidad que nos ayudarán a entender la estructura de la ciencia.

Desde el surgimiento de la especie *homo sapiens*, ha existido el **pensamiento mágico**, aquel que atribuye los fenómenos a fuerzas extrañas, caprichosas e inexplicables: duendes, demonios y dioses fueron considerados los hacedores del mundo y sus fenómenos durante la prehistoria y, de manera predominante, hasta la edad media.

También desde los albores de la humanidad ha existido el **pensamiento racional**. En su esfuerzo por sobrevivir, el hombre se dio cuenta que la comprensión del mundo, la acumulación y transmisión de conocimientos era una cuestión de vital importancia, así mientras invocaba el favor de los espíritus, también se esforzaba por conocer la forma de aprovechar los recursos a su alcance y por descubrir las regularidades que se presentan en la naturaleza. Lo que ahora llamamos "*leyes naturales*".

Producto de este esfuerzo, y a lo largo de los siglos, se desarrolló la ciencia. A nivel metodológico, en los inicios de la cultura occidental, surgió un esquema racional, que podemos considerar un avance del pensamiento humano: "**las cosas ocurren por una causa**" o bien "**los fenómenos ocurren por una razón**". Esta idea se puede esquematizar de la siguiente manera:

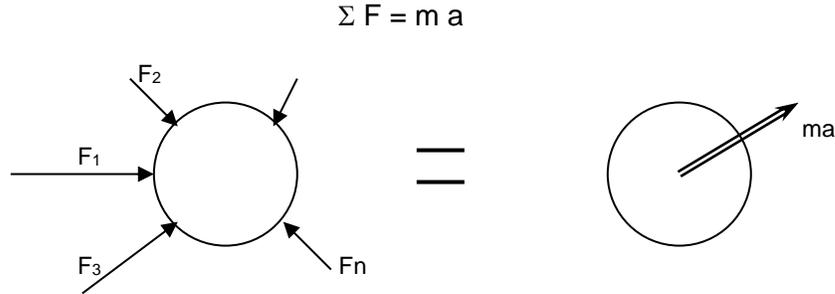


Esquema causa-efecto

Muchos estaríamos de acuerdo en que este esquema es correcto, sin embargo si profundizamos la reflexión nos damos cuenta que *las cosas no ocurren por una sola causa*. **Nunca existe una sola causa, siempre son muchas.**

Newton planteó lo anterior al descubrir las leyes del movimiento. (Pero lamentablemente ha tardado mucho en entenderse)

“La suma de fuerzas es igual a masa por la aceleración”



O sea: **es el conjunto** de todas **las fuerzas** externas **lo** que **determina** la aceleración; es decir **el cambio de** velocidad.

Esto que aparentemente es sencillo tiene dos implicaciones muy importantes:

- 1) **Es la suma** de fuerzas y no una sola la que determinan el fenómeno. Es decir, *hay muchas causas, muchos factores que intervienen*. A nivel filosófico esto implica que **la realidad es polifacética y multideterminada** es decir está compuesta de muchas partes y son muchas las causas o factores que intervienen en los acontecimientos.
- 2) La aceleración es el *cambio* de velocidad y la velocidad es el *cambio* de posición, ambos en relación al tiempo. O sea la suma de fuerzas cambia la manera en que se mueve un cuerpo *que ya se estaba moviendo*; es decir **la aceleración es el cambio de algo que de por sí ya estaba cambiando**. Esto implica que, *el reposo es solo un estado temporal* y en muchos casos fortuito. La consecuencia filosófica es extraordinaria: **El estado natural de la materia es el movimiento, la forma de existir de la materia es el cambio incesante**.

De manera que en la actualidad creer que las cosas ocurren por una razón y concebir la realidad como estática es cuando menos superficial o iluso, o de plano, mal intencionado.

A nivel de la Física newtoniana el esquema anterior es impecable; sin embargo, existen fenómenos más complejos, como los relacionados con los seres vivos o los que se presentan en la sociedad, que requieren esquemas más poderosos.

Un esquema superior se conforma desde la corriente filosófica del *materialismo dialéctico*. El término materialista no debe entenderse en el sentido vulgar de apego al dinero y los bienes materiales. En Filosofía las diversas escuelas y autores se pueden ubicar dentro de dos grandes corrientes que han existido a lo largo de la historia: el *idealismo* y el *materialismo*.

En un esquema simplificado, podemos decir que el **idealismo** como filosofía, o mejor dicho como corriente filosófica, sostiene de una u otra manera que en el universo, lo predominante es la idea, la mente, el espíritu. Los fenómenos del mundo son manifestaciones de “algo” más abstracto que para unos es dios y para otros es “la mente”. Las cosas existen porque las pensamos, o como una manifestación del “espíritu”.

Para las corrientes **materialistas** lo más importante es la materia, es decir, consideran que *el universo en su totalidad está conformado por materia*. O sea, todo en el universo está

conformado por los mismos elementos químicos contenidos de la tabla periódica. Además **su existencia es objetiva**, es decir no depende del conocimiento o percepción del sujeto (el hombre).

La totalidad de fenómenos en la naturaleza son manifestaciones de la materia y de las relaciones u organización de la propia materia. En el proceso de la evolución esta organización se va haciendo cada vez más compleja, pasando de los fenómenos de la materia inerte hasta llegar a producir vida y aún más, hasta llegar a la vida consiente.

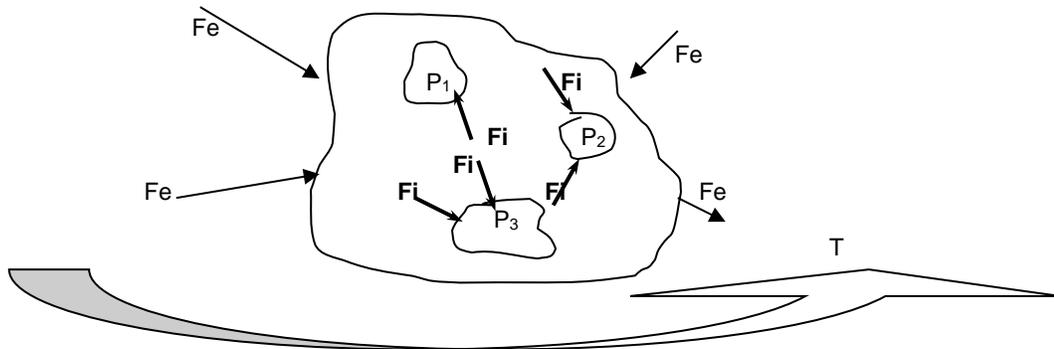
Entonces **la mente humana y su producto, el pensamiento, son resultado de la organización de la propia materia y no su origen** como sostienen los idealistas.

La complejidad en la organización de la materia da origen a fenómenos de varios niveles. Esquemáticamente se pueden considerar los siguientes **niveles de organización de la materia**

Nivel de organización de la materia (aumenta hacia abajo)	Ciencia (s)
Materia inerte	Física
Materia que se combina	Química
Materia viva	Biología
Materia viva consiente	Ciencias humanas Medicina, Psicología, etc.
Seres conscientes organizados en sociedad	Ciencias sociales Historia, Economía, Política

Entre más complejo es el fenómeno existe mayor dificultad para representarlo, y la incertidumbre que presentan los esquemas o modelos también es mayor, de ahí que, por ejemplo, las ciencias sociales tengan muchísima menor precisión que la Física o la Química.

Resumiendo: La **realidad es compleja, multifacética y multideterminada**. Cualquier cosa o fenómeno está conformado por muchas partes, elementos o características, que se identifican mediante **conceptos**. Estos se encuentran relacionados entre sí de forma **dinámica**; es decir cambiante en el tiempo. Estas relaciones se describen mediante **leyes**. Al mismo tiempo existen una gran cantidad de factores externos o fuerzas externas, correspondientes al medio ambiente **y que también son cambiantes**.



p_1, p_2, p_3 = partes componentes o características, identificadas por conceptos

Fi = fuerzas internas o relaciones internas.

Fe = fuerzas externas o relaciones con el medio ambiente

T = tiempo transcurriendo y permitiendo los cambios

El comportamiento del fenómeno se describe mediante una ley.

De manera que en cualquier cosa o fenómeno se presentan *dos tipos de relaciones*, las **internas**, o sea las que se desarrollan al interior de la propia cosa y las **externas**; es decir, las que se presentan entre el fenómeno y el medio ambiente.

La *Dialéctica* sostiene que el mundo, la naturaleza, presenta un **carácter dual y contradictorio**; es decir, que todo en la naturaleza se presenta en pares opuestos y al mismo tiempo, complementarios: el día y la noche; el calor y el frío; lo femenino y lo masculino, etc. Pero es importante resaltar que así como un imán está formado por dos polos, el positivo y el negativo, todas las cosas presentan ese carácter dual, contradictorio y complementario, de manera que *las relaciones en la naturaleza son de lucha, de conflicto, y al mismo tiempo de orden y armonía*. Por ello a las relaciones entre las distintas partes de una cosa o fenómeno y a las que se dan entre éste y el resto del mundo, la Dialéctica les llama **contradicciones**.

Otro aspecto importante dentro de la concepción materialista y dialéctica de la realidad es la importancia de las fuerzas o contradicciones internas y externas: ¿cuáles son más importantes?

De ellas, **las más importantes son las contradicciones internas**, la *organización interna*. Un ejemplo sencillo permitirá ilustrar el planteamiento: Sabemos que los seres vivos estamos compuestos principalmente por cuatro elementos químicos: carbón, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, y algunos otros elementos en pequeñísimas cantidades; sin embargo, *es la forma en que están relacionados, en que se encuentran organizados internamente*, la que produce la diferencia entre tener una cierta cantidad de polvo y gases o tener un ser vivo.

Para explicar esto a los campesinos chinos, Mao Tse Tung elaboró el siguiente ejemplo: “un huevo sometido a cierta temperatura se transformará en pollo; sin embargo una piedra bajo ninguna temperatura se transformará en pollo” *Es la naturaleza interna del huevo, las contradicciones internas las que determinan el fenómeno, el medio ambiente, en este caso la temperatura, solo lo condiciona*.

De ahí que las *relaciones internas, fuerzas internas o contradicciones internas, determinan el comportamiento de un fenómeno, su naturaleza*. Mientras que las **externas solo lo condicionan**.

Esto tiene importantes consecuencias prácticas. Por ejemplo, bajo este esquema es fácil explicar porque hay estudiantes que trabajan y a pesar de ello (contradictoriamente), tienen mejor aprovechamiento que otros que solo se “dedican” a estudiar. Las condiciones externas son importantes: libros, materiales, computadora, tiempo, etc. *Pero lo más importante es la determinación del individuo, su motivación interna, por aprehender*, y esto normalmente es mayor en alguien que trabaja y que por ende tiene mayor madurez, y mayor conciencia de su necesidad de progresar, aunque tenga menos tiempo.

Apéndice 3.

Como plantear y resolver problemas.

1. Comprender el problema; o sea, construir una imagen mental del problema

- 1.1 *Leer varias veces hasta poder describir el problema con tus propias palabras.*
- 1.2 *Hacer uno o varios dibujos que representen la situación descrita.*
- 1.3 *Identificar claramente lo que se busca, la(s) incógnita(s), a donde se quiere llegar, el objetivo o meta.*
- 1.4 *Identificar los datos explícitos y los datos o información implícita.*
- 1.5 *Formular el problema en tus propias palabras puede ser de mucha utilidad.*

2. Trazar un plan

- 2.1 *Analizar los datos y la información con que se cuenta en relación con las ecuaciones o herramientas (o medios) disponibles y lo que se busca. ¿Qué conoces y que buscas?*
- 2.2 *Traza un plan. ¿Cómo puedes encontrar lo que buscas a partir de lo que conoces?*
- 2.3 *Esquematiza los pasos a seguir, un diagrama de flujo puede ayudar mucho.*

3. Ejecuta el plan

- 3.1 *Realiza los pasos y las operaciones planteadas.*

4. Evalúa lo que hiciste.

- 4.1 *Revisa todos los pasos y las operaciones*
- 4.2 *¿Llegaste a dónde querías?*
- 4.3 *¿El resultado es lógico?*
- 4.4 *¿Cómo puedes comprobar que el resultado sea correcto?*
- 4.5 *¿Hay otras formas de resolverlo?*

5. Retroaliméntate

- 5.1 *¿Qué puedes aprender de lo que has hecho?*
- 5.2 *¿Cuáles son los pasos o partes más importantes?*
- 5.3 *¿Cuáles son los elementos nuevos?*
- 5.4 *¿En qué otros problemas se podrían aplicar?*
- 5.5 *¿Con qué lo puedes relacionar? (del tema o asignatura y de otros temas o asignaturas, incluso de asuntos que no tengan relación con la escuela) y nuevamente... ¿Qué puedes aprender de lo que has hecho?! ...*