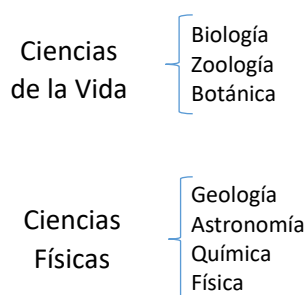


## Unidad 1: Introducción

La “Ciencia” (palabra que proviene del latín *scientia* que significa la acción y efecto de conocer, o conocimiento) **tiene como significado actual el conocimiento del mundo natural y físico.**

**La Ciencia, en general, busca o tiene como objetivo, encontrar un orden en los sucesos que ocurren en la naturaleza. Es, a su vez, un “modo” de conocer** y en nuestros días se caracteriza por contar con métodos para estudiar sistemáticamente la naturaleza: reglas de razonamiento, reglas de observación, técnicas para efectuar predicciones, para realizar experimentaciones planificadas, formas de comunicar los resultados, tanto experimentales como las teorías elaboradas para explicar los fenómenos. Todo esto constituye el “Método Científico”, que no es una “receta” rígida de pasos a seguir, sino todo el conjunto de acciones antes mencionadas.

La ciencia (contemporánea) de la Naturaleza, se divide en el estudio de los seres vivos y de los objetos inanimados (sin vida):



**La Física** (palabra que proviene del latín *physica* y del griego *φύσις* que significa “conocimiento de la naturaleza”) **es la más fundamental de las ciencias, la que fundamenta a las demás:** estudia la naturaleza de realidades físicas como la materia y la energía, el movimiento, las fuerzas, la luz, la electricidad, el interior de los átomos, etc.

La física intenta describir la naturaleza fundamental del Universo y cómo funciona, tratando siempre de dar explicaciones sencillas y abarcativas a los fenómenos más diversos. Por ejemplo, explica por qué los arcoíris tienen colores, qué mantiene a los satélites en órbita y de qué están hechos los átomos y los núcleos. Es una ciencia cuyo objetivo es el estudio de los componentes de la materia y sus interacciones. En términos de tales componentes, el físico intenta explicar las propiedades generales de la materia, así como los demás fenómenos que observamos. La Química estudia básicamente una parte de programa: estudia la manera en que está integrada la materia, la manera en que se combinan los átomos, cómo se forman las moléculas y éstas a su vez forman las sustancias que nos rodean. Pero este estudio se hace mediante la aplicación de las leyes de la Física.

La Biología es aún más compleja que la Química, pues se ocupa de la materia viva. Pero tras la Biología está la Química, y tras esta, la Física.

La aplicación de los principios de la Física y la Química a los problemas reales, a la investigación y el desarrollo técnico, ha dado lugar a diferentes ramas de la Ingeniería. El ejercicio y la investigación en la Ingeniería Moderna, no serían posibles sin la comprensión sólida de las ideas fundamentales de la Física.

Pero además de **proporcionar un marco conceptual y teórico a otras Ciencias Naturales, aporta técnicas y procedimientos que se pueden aplicar a casi cualquier área de investigación pura y aplicada**: el astrónomo necesita técnicas de óptica, de espectroscopia; el geólogo emplea métodos acústicos, gravimétricos, nucleares y mecánicos, tanto como lo hacen varias orientaciones de la Ingeniería.

En medicina se usan el ultrasonido, las ondas de choque, el láser, la RMN, etc., y así, podríamos continuar ejemplificando las aplicaciones diversas de la Física. En síntesis, podemos entender mejor la Ciencia en general, si entendemos algo de Física.

**Más aún, nos es útil para comprender el mundo que nos rodea**, o solucionar problemas tan domésticos como dónde colocar el equipo de aire acondicionado y/o la estufa, ¡y hasta cuando nos conviene o no tapar una cacerola!

Las investigaciones acerca de la electricidad el magnetismo, por ejemplo, han permitido encontrar nuevas fuentes de energía, suministrando métodos para distribuirla, con el fin de que puedan ser aprovechadas para mejorar nuestra calidad de vida. **Es casi imposible imaginar un producto de los que usamos diariamente que no provenga de la aplicación de algún principio físico.**

**La meta de la Física es explicar tantos casos como sea posible, utilizando el menor número posible de leyes y revelando la belleza y simplicidad de la Naturaleza**, descubrir “lo poco que debe saberse para explicar todo lo que sea posible” (Reese, pp 2).

Con el fin de alcanzar esta meta, los físicos construyen **modelos** para representar el mundo que nos rodea. **Un modelo es una descripción idealizada de un sistema físico o un fenómeno natural.** Un modelo así, forma un marco conceptual que permite reducir situaciones complejas a formas más sencillas y fáciles de comprender. Por ejemplo, aunque no se puede ver los átomos, sí es posible construir modelos útiles de ellos que nos permiten entender su comportamiento. Por lo general, tales modelos de sistemas físicos toman una *forma matemática*. Pero se debe comprender y tener siempre presente que **los modelos, por su naturaleza, son incompletos y por lo tanto, imperfectos**. Por ejemplo, se pueden describir las características principales del movimiento de una pelota de fútbol si se utiliza un modelo que ignore la presencia de aire. Sin embargo, este modelo tiene sus limitaciones, puesto que no describe con exactitud la trayectoria de un tiro curvo (con “efecto”) realizado por un goleador. Se puede obtener mayor concordancia con las observaciones si se utiliza un modelo que incluya los efectos del aire (resistencia, efectos aerodinámicos, etc.).

**La Física es una Ciencia Experimental.** Estudia los fenómenos del mundo físico y establece un número limitado de leyes y teorías con las cuales se pueden explicar la mayor variedad de los fenómenos que observamos, y se pueden predecir los resultados de nuevos experimentos. Ser una “Ciencia Experimental” significa que los fenómenos en análisis deben observarse y medirse. La aceptación de cualquier teoría física depende de su éxito para explicar y predecir fenómenos reproducibles. Con el fin de entender la física debemos tener la capacidad de

relacionar nuestra descripción teórica de la Naturaleza con nuestras observaciones experimentales sobre ella. Esta conexión se realiza con mediciones cuantitativas.

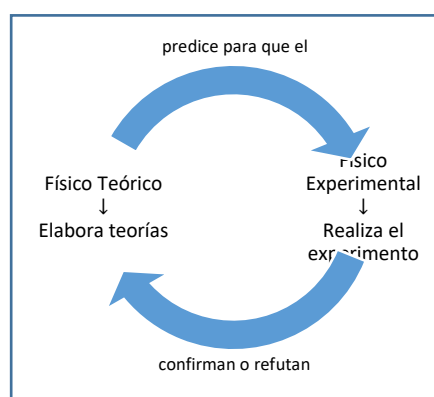
La **medición** tiene lugar generalmente durante la experimentación, que consiste básicamente en la observación de un fenómeno en condiciones cuidadosamente controladas, organizadas y planificadas de antemano, de modo que el científico pueda describir la forma en que las condiciones afectan el proceso. Sin la experimentación y la medición, la Ciencia no hubiera progresado.

Pero la experimentación no es la única herramienta con que cuenta el físico: de los hechos conocidos, éste puede inferir nuevos conocimientos de manera teórica, es decir, haciendo un modelo de la situación física que estudia.

Mediante el razonamiento lógico-deductivo, y generalmente empleando procedimientos matemáticos, a partir de relaciones previamente establecidas, pueden predecirse fenómenos aún ignorados, no observados, o verificar relaciones ente procesos aparentemente inconexos.

Ya sea en forma teórica o experimental, el físico trata de reflejarlas regularidades encontradas, mediante leyes o teorías, que se expresan en el lenguaje de la matemática.

Esquemáticamente:



Esta interacción teoría-experimento es la que permite el progreso de la Física, que es una disciplina dinámica **en la que ningún conocimiento se da por definitivo, ni nada constituye un dogma.**

En este curso nos limitaremos a tratar temas de la denominada **“Física Clásica”**, que comprende la Mecánica, la luz, “el calor”, el sonido, la electricidad y el magnetismos, que ya eran temas bastante conocidos en el siglo XIV, antes de la formulación de la *Teoría de la Relatividad* y de la *Teoría Cuántica* (a comienzos del siglo XX).

La aplicación de la cuántica y la relatividad al estudio de sistemas microscópicos, y una descripción más detallada y compleja de los sólidos, líquidos y gases, suele denominarse **“Física Moderna”**. Pero debe señalarse que, a escasas velocidades, mucho menores que la velocidad de la luz ( $\sim 300000$  km/h), la física Clásica continúa siendo el fundamento del conocimiento e ingenio técnicos.

Antes de “entrar en materia”, es conveniente hacer las siguientes acotaciones:

- 1) La Física **emplea tanto el lenguaje como las ecuaciones**. En lo concerniente al **lenguaje**, los físicos dan a las palabras significados restringidos que son diferentes a los del uso común. Por ejemplo, las palabras “velocidad”, “fuerza” y “calor”, tienen en física **significados muy precisos que no coinciden con el que damos a estos términos en la vida diaria**.
- 2) En cuanto al **uso de las ecuaciones en la física**, este es diferente al que se les da en Matemáticas. En Física, **toda ecuación (o modelo matemático) tiene un referente concreto que es un fenómeno del mundo real**.  
Una computadora puede resolver sin errores una ecuación matemática, pero es el físico el encargado de confrontar dichos resultados con los experimentos. Las ecuaciones matemáticas podrían ocultar a veces lo que sucede en realidad.

### El proceso de medición

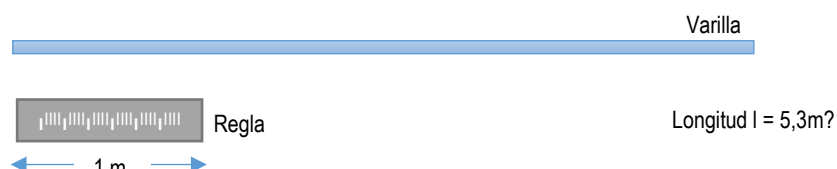
Implica la interacción **entre tres sistemas**:

- i) *El sistema **objeto** (lo que se quiere medir)*
- ii) *El sistema de medición (o aparato)*
- iii) *El sistema de comparación que definimos como **unidad***

**Cada proceso de medición define una magnitud física** (definición operacional): una longitud, por ejemplo, es aquello que se define mediante el proceso llamado “medición de longitudes”.

Parece trivial, pero no hay otra manera de definir algunas magnitudes físicas elementales.

Toda medición da como resultado un número real, seguido de una unidad de referencia: el número es el resultado del cociente entre la cantidad de la magnitud que se mide y la unidad



de referencia.

**Una cantidad física es un número seguido de una unidad de medida**. En el ejemplo, la longitud de la varilla es aproximadamente 5 m. cuando se mide la distancia entre dos objetos, la medida se reporta como un número. Sin embargo, el número depende del “tamaño” de la unidad empleada. Por ejemplo, un ingeniero o un agrimensor pueden medir la distancia entre dos columnas de un edificio. Si la distancia es 25,4 m, el profesional reportará 25,4 y “metros”. Si da el resultado en pulgadas, dirá 1000 pulgadas.

Decimos que **una cantidad medible tiene dimensión** cuando el valor del número real depende de las unidades escogidas para la medición. **La distancia entre las columnas tiene “dimensión de longitud**. El tiempo, la temperatura, etc., son otras dimensiones familiares.

Hay varios sistemas de unidades. Pero la comunidad científica emplea el **Sistema Internacional de Unidades** o **SI**. Este consta de 7 (siete) unidades fundamentales independientes entre sí, de las que sólo mencionaremos 3 (tres) que son las que utilizaremos en Mecánica.

Magnitud	Unidad	Símbolo	Dimensión	Ejemplos
<b>Longitud</b>	<p>Metro</p> <p>El metro es la unidad de longitud del SI. Se lo define estableciendo el valor numérico fijo de la velocidad de la luz en el vacío, <math>c</math>, igual a 299 792 458 cuando es expresada en unidades de <math>\text{m s}^{-1}</math>, donde el segundo es definido en términos de la frecuencia del cesio <math>\Delta\nu_{\text{Cs}}</math></p>	m	L	<p>-Radio de una galaxia: <math>6.10^{19} \text{ m}</math></p> <p>-Radio del protón: <math>1.10^{15} \text{ m}</math></p>
<b>Masa</b>	<p>Kilogramo</p> <p>El kilogramo, cuyo símbolo es kg, es la unidad de masa del SI. Se lo define estableciendo el valor numérico fijo de la constante de Planck, <math>h</math>, igual a <math>6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}</math> cuando es expresada en unidades de J s, que es igual a <math>\text{kg m}^2 \text{ s}^{-1}</math>, donde el metro y el segundo son definidos en términos de <math>c</math> y <math>\Delta\nu_{\text{Cs}}</math>.</p>	Kg	M	<p>-Masa del universo: <math>\sim 10^{55} \text{ Kg}</math></p> <p>-Masa del electrón: <math>\sim 9.10^{-31} \text{ Kg}</math></p>
<b>Tiempo</b>	<p>Segundo</p> <p>El segundo es la unidad de tiempo del SI. Se lo define estableciendo el valor numérico fijo de la frecuencia del cesio, <math>\Delta\nu_{\text{Cs}}</math>, la frecuencia de la transición entre niveles hiperfinos del estado fundamental no perturbado del átomo de cesio 133, igual a 9 192 631 770 cuando es expresada en unidades de Hz, que es igual a <math>\text{s}^{-1}</math>.</p>	s	T	<p>-Duración vida del protón: <math>&gt; 10^{40} \text{ s}</math></p> <p>-duración de partícula muy inestable: <math>&lt; 10^{-23} \text{ s}</math></p>
<b>Cantidad de Sustancia</b>	<p>mol</p> <p>El mol es la unidad de cantidad de sustancia (o materia) del SI. Un mol contiene exactamente <math>6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}</math> entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de la constante de Avogadro, <math>N_A</math>, cuando es expresada en unidades de <math>\text{mol}^{-1}</math> y es llamado el número de Avogadro. La cantidad de sustancia, símbolo <math>n</math>, de un sistema es una medida del número de entidades elementales especificadas. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, o cualquier otra partícula o grupo específico de partículas</p>	mol	n	<p>- <math>n = 0,6</math> moles de moléculas de <math>\text{O}_2</math> a una presión de 0,9 atm</p>

<b>Temperatura Termodinámica</b>	<p style="text-align: center;">kelvin</p> <p>El kelvin es la unidad de temperatura termodinámica del SI. Se lo define estableciendo el valor numérico fijo de la constante de Boltzmann, <math>k</math>, igual a <math>1,380\,649 \times 10^{-23}</math> cuando es expresada en unidades de <math>J\,K^{-1}</math>, que es igual a <math>kg\,m^2\,s^{-1}\,K^{-1}</math>, donde el kilogramo, el metro y el segundo son definidos en términos de <math>h</math>, <math>c</math> y <math>\Delta\nu_{Cs}</math></p>	<p style="text-align: center;">K</p>	<p style="text-align: center;">T</p>	<p>-Temperatura del punto triple del agua es 273,16 K a una presión de 0,611 kPa</p>
----------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------------	--

## Magnitudes derivadas

Existen otras magnitudes como la velocidad, la aceleración, la presión, la energía, etc., cuyas unidades de medida pueden definirse sobre la base de las unidades fundamentales (productos y/o cociente).

Por ejemplo, la **velocidad** se mide en m/s; la **fuerza** se mide en  $Kg.m/s^2=N$ ; la **presión** se mide en  $Pa=N/m^2$ . Como se ve, algunas de estas combinaciones de unidades fundamentales, o unidades derivadas, reciben nombres especiales (“Newton” para la unidad de fuerza, “Pascal” para la unidad de presión, “Joule”, para la unidad de energía, etc.).

**SIMELA: Sistema Métrico Legal Argentino;** casi idéntico al SI, admite el °C.

## Descripción del proceso de medición

Supongamos que debemos medir la longitud de una mesa, y elegimos como unidad de medida el centímetro. Empleamos una regla dividida en centímetros:

$$l = 69,5\,cm \qquad 69\,cm < l < 70\,cm$$

No podemos decir nunca cuánto mide exactamente la longitud de la mesa, debido a múltiples factores. Sólo es posible asegurar un intervalo dentro del cual cae, con certeza, el valor de la magnitud medida.  $69\,cm < l < 70\,cm$ , en el caso de la mesa, o bien,  $69,4\,cm < l < 69,6\,m$  si usáramos una regla milimetrada, o sea, un instrumento más preciso.

Debe hacerse notar que hemos supuesto tácitamente que la mesa es un “rectángulo”, que sus bordes son lisos y rectos, etc.: hemos hecho un “modelo”, y no hemos verificado si en todas partes tiene la misma longitud, pues pudo haber sido mal cortada en forma cuadrada, etc.

## Cifras significativas e incertidumbre o “error”

Toda medición tiene una incertidumbre que suele denominarse “error” (pero no con el significado de “equivocación”).

Cuando se realiza la medición de na cantidad física, el resultado obtenido en un número seguido de la unidad de medida.

**Se denominan “Cifras significativas” o “Dígitos Significativos”, al número de dígitos que se conocen con certeza más el primer dígito que está afectado por la incertidumbre o error, y que generalmente ha sido estimado por el experimentador.**

El **Error Absoluto**,  $e_{abs}$ , de una medición es la máxima diferencia que puede haber entre dos valores arrojados por la medición de una cantidad,  $m_{medido}$ , y el valor *real* de la misma,  $m_{real}$ .

$$e_{abs} = m_{real} - m_{medido}$$

El **error Relativo** es el cociente entre el error absoluto  $e_{abs}$ , y el valor de la cantidad medida. Es un número adimensional y generalmente se expresa su valor porcentual.

$$\varepsilon = \frac{e_{abs}}{m_{medido}} \quad \varepsilon\% = \frac{e_{abs}}{m_{medido}} \cdot 100\%$$

Da una idea de la calidad de la medición realizada.

Una manera usual de escribir **el resultado de la medición de una cantidad física “x”** es, por ejemplo,

$$x = (5,372 \pm 0,001) m$$

Donde m es la unidad de medida elegida.

Se sobreentiende, en este caso, que las cifras significativas son 4 (cuatro) y que la última (el número “2”) **está afectada por un error por lo menos igual a la apreciación del instrumento de medición**, que en este ejemplo mide milésimas de la unidad m.

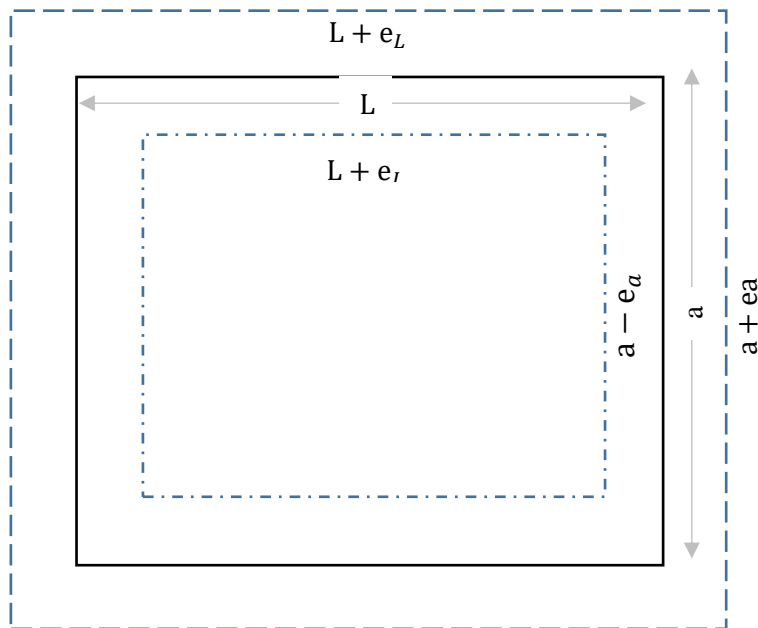
Dicho de esta manera,  $x = 5,372 m$  es equivalente a  $x = (5,372 \pm 0,001) m$ . Esta forma de escribir el resultado de la medición nos da certeza de que el valor real de x es tal que  $5,371m < x < 5,373 m$ , y se dice que el valor de x **está acotado**.

Apreciación de un instrumento: Se conoce como apreciación a la menor medida que puede leerse en un instrumento de medición. Por ejemplo, si una regla está graduada en milímetros, la apreciación será de 1 mm.

### Propagación de errores

Cuando determinamos el valor de una magnitud derivada (o usamos una forma indirecta de medir cierta cantidad física) en función de las otras magnitudes que la definen, las incertidumbres o errores con que han sido medidas las cantidades, se trasladan o “propagan” al valor numérico de la magnitud derivada (o calculada en base a otras).

La afirmación anterior puede comprenderse mejor mediante un ejemplo. Supongamos que deseamos calcular o determinar el área de una mesa “rectangular” a partir del largo y del ancho que han sido medidos:



$$\text{Largo} = L \pm e_L$$

$$\text{Ancho} = a \pm e_a$$

La superficie se puede determinar cómo ( $S = \text{Largo} \cdot \text{Ancho} = L \cdot a$ ), si esto fuera “Geometría” y no “Física”.

En nuestro caso (Física) se tiene:

$$S = (L \pm e_L) \cdot (a \pm e_a)$$

Ahora, en el caso más desfavorable posible, es cuando todos los errores aparecen sumando, y se tiene:

$$S + e_S = L \cdot a + L \cdot e_a + e_L \cdot a + e_L \cdot e_a$$

Operando y despreciando los productos de los errores ( $e_L e_a$ ), por ser números muy pequeños frente a los demás sumandos, se tiene:

$$S + e_S = L \cdot a + L \cdot e_a + e_L \cdot a$$

Además como  $S = L \cdot a$ , se tiene:

$$e_S = L \cdot e_a + e_L \cdot a$$

Dividiendo todo por  $S$ , se obtiene:

$$\frac{e_S}{S} = \frac{e_L}{L} + \frac{e_a}{a}$$

En donde ( $e_S/S$ ) es el error relativo de  $S$ .

Ahora, en el caso de área mínima (Tomando los signos negativos), se tiene:

$$\frac{e_S}{S} = -\left(\frac{e_L}{L} + \frac{e_a}{a}\right)$$



Finalmente se tiene:

$$S \pm e_s = L \cdot a \pm L \cdot a \left( \frac{e_L}{L} + \frac{e_a}{a} \right)$$

Nota: En un producto (y también en un cociente, ya que  $\frac{x}{y} = x \cdot \frac{1}{y}$ ), el error relativo del mismo es la **suma** de los errores relativos de cada uno de los factores.

Veamos el caso de cantidades, cuyos valores se obtiene sumando o restando, cantidades medidas y cuyo error se conoce.

Si sumamos, por ejemplo, las cantidades expresadas en gramos correspondientes a las masas de dos cuerpos.

$$m_1 = 8,2 \text{ kg} \quad \text{y} \quad m_2 = 0,003562 \text{ kg}$$

Se observa que la medición de  $m_2$  tiene más cifras significativas que la de  $m_1$  ( $m_2$  tiene 4 y  $m_1$  tiene 2).

Sumar estas masas implica realizar la siguiente operación.

$$\begin{array}{r} 8,2 \text{ ? ? ? ? ? kg} \\ + 0,003562 \text{ kg} \\ \hline 8,2 \text{ ? ? ? ? ? kg} \end{array}$$

Siendo  $m_1 + m_2 = 8,2 \text{ kg}$

**Donde este valor tiene tantas cifras decimales como el sumando con menor número de cifras decimales.** La misma regla es válida al realizar operaciones de restas o diferencias entre valores medidos.

### Notación Científica

En física, muchos números son muy grandes o muy pequeños y para expresarlos se suele utilizar la denominada notación de potencias de diez “10” o notación científica. Las potencias pueden ser positivas o negativas, según corresponda.

Así por ejemplo, el número 1000 se expresa como  $10^3$  y el número 0,000001 como  $10^{-6}$ .

Esta notación brinda una forma elemental de representar cantidades grandes y pequeñas, y además de poder realizar operaciones matemáticas con ellas.

Por ejemplo, si tenemos que calcular el área de una cancha de fútbol que, de acuerdo a reglas oficiales de fútbol internacional, tiene que tener como mínimo unas dimensiones de 100 m de largo por 64 m de ancho.

Con lo cual se tendría un área:

$$A = 100 \text{ m} \times 64 \text{ m} = 6400 \text{ m}^2 \quad \text{Es correcto este resultado??}$$

Considerando las cifras significativas de cada termino, el resultado del producto solo debe tener 2 cifras significativas. Ahora, esta dificultad se soluciona utilizando la notación científica.

**La notación científica consiste en expresar un numero con una sola cifra entera seguida de las cifras decimales y luego la potencia de 10 correspondiente.**

Considerando lo anterior se tiene que el área es:

$$A = 6,4 \times 10^3 \text{ m}^2 \quad \text{con solo 2 cifras significativas}$$

### Homogeneidad Dimensional

Para que una ley física expresada matemáticamente, que relaciona los valores medidos de diferentes magnitudes, describa un fenómeno físico dado, es condición necesaria (pero no suficiente), que sea dimensionalmente homogénea. Esto significa que ambos lados de la igualdad de la ecuación matemática, empleada tengan la misma dimensión. Por ejemplo.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Donde, a la derecha se tiene Newton y a la izquierda se tiene  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$  que es igual a Newton.

Para hacer cálculos no solo, es necesario que la ecuación sea dimensionalmente homogénea, sino que es imprescindible que las cantidades que intervienen estén expresadas en las mismas unidades.

Por ejemplo, si bien los centímetros y las pulgadas son dimensiones de longitud [L], no se puede sumar mediciones realizadas en centímetros con otras en pulgadas. Tampoco podríamos sumar masas expresadas en kg con otras en g, aunque ambas pertenecen al SI.

Es conveniente antes de empezar a realizar los cálculos matemáticos de un problema **convertir todas** las cantidades o datos a unidades del SI, que por ley y convención en la comunidad científica es el sistema adoptado.