

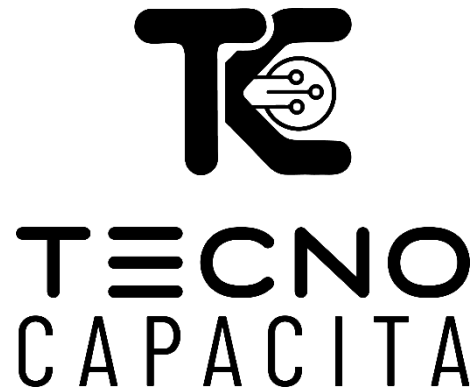


**TECNO
CAPACITA**

METROLOGÍA BÁSICA Y SISTEMAS DE UNIDADES

PROGRAMA ENTRADA A LA MINERIA





MANUAL PARTICIPANTE

METROLOGÍA BÁSICA Y SISTEMAS DE UNIDADES

1

El módulo de Metrología Básica y Sistemas de Unidades, es transversal a los programas formativos relacionados con los oficios del sector productivo de la minería, a nivel nacional e internacional. La(s) competencia(s) que aborda este módulo tributan al perfil de egreso del plan de formación. Este documento es propiedad del Centro de Tecnológico Minero y recoge información relevante de los productos desarrollados por el Consejo de Competencias Mineras (CCM) y en consecuencia, requeridas para el desempeño exitoso en el sector productivo de la minería.

Índice	
COMPETENCIAS	4
Unidades de aprendizaje	4
1. UNIDAD DE APRENDIZAJE 1: INTRODUCCIÓN A LA METROLOGÍA	7
1.1. ¿Qué es la metrología?	7
1.1.1. La Unidad y el Patrón	7
1.1.2. Algo de historia.....	8
1.1.3. Qué se mide y cómo.....	9
1.1.4. Unidades de base del SI	10
1.1.5. Caracterización de la metrología y campos de aplicación	11
1.2. Aplicaciones	12
2. UNIDAD 2: SISTEMAS DE UNIDADES	18
2.1. Sistema Métrico Decimal	18
2.2. Sistema Cegesimal o CGS	19
2.3. Sistema MKS	19
2.4. El Sistema Internacional de Unidades (SI).....	19
2.5. Dimensiones de las magnitudes	20
2.6. Unidades derivadas expresadas en función de unidades básicas	20
2.7. Prefijos SI	21
2.8. Otras unidades no pertenecientes al SI, cuyo uso no se recomienda.....	22
2.9. Sistemas de Unidades Absolutos	23
2.10. Conversión de Unidades de un sistema a otro	24
2.11. Medición de diferentes magnitudes con métodos directos e indirectos	25
2.12. Análisis de errores en la medición.....	26
2.12.1. Causas de error en las mediciones.	27
3. UNIDAD 3: INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS BÁSICAS DE MEDICIÓN	30
3.1. Instrumentos de medición.....	30
3.1.1. Instrumentos de medición directa.....	30
3.1.2. Instrumentos de medición indirecta	31
3.1.3. Verificación de la medida y control de calidad	32
3.1.4. Medidas.....	32
3.2. Pie de metro	33
3.2.1. Partes principales del pie de metro.....	33

3.2.2.	Manera correcta de manipular un pie de metro	34
3.2.3.	Como se mide con pie de metro.....	36
3.2.4.	Lectura en milímetros.....	37
3.2.5.	Lectura en pulgadas decimales	38
3.2.6.	Lectura en pulgadas fraccionarias.....	39
3.3.	Tornillo micrométrico (palmer)	41
3.3.1.	Partes principales.....	42
3.3.1.1.	Lectura del Micrómetro	43
4.	CRÉDITOS	45
5.	ANEXOS	46
5.1.	Anexo 1: Léxico	46
5.2.	Anexo 2: Tablas de conversión de unidades	48

COMPETENCIAS

Este es tu manual del módulo Metrología Básica y Sistemas de Unidades. Aquí se abordan conceptos básicos comunes a los oficios relacionados con la producción minera.

Tiene como propósito acercarte al mundo minero, de tal manera que al término del estudio de éste, sabrás exactamente cuál será tu rol y responsabilidades dentro del proceso de extracción minera, en la pequeña, mediana y gran minería, junto con reconocer a Chile como el principal país minero en el mundo. Además, desarrollarás actividades individuales y grupales que favorecerán el desarrollo de tus competencias genéricas de Trabajo en equipo, Comunicación asertiva en el trabajo y Orientación a la calidad, que se relacionan con el desarrollo de actitudes y valores que el Centro Tecnológico Minero desea incorporar en todos sus egresados, siendo un valor distintivo y diferenciador, exigido en el desempeño competente de este oficio.

Unidades de aprendizaje

El módulo está organizado en unidades de aprendizaje de diferente duración, distribuidas en horas teóricas y prácticas que implica el desarrollo de actividades de aprendizaje en interacción con el relator, compañeros y recursos didácticos.

En cada unidad se desarrollan diversos temas de interés, junto con actividades de aprendizaje que te permitirán alcanzar los siguientes aprendizajes esperados. Cada uno posee una serie de criterios de evaluación donde se señala exactamente que se espera sea capaz de hacer y demostrar, hasta asegurarnos que lograste el aprendizaje esperado.

UNIDAD DE APRENDIZAJE 1: Introducción a la metrología

APRENDIZAJE ESPERADO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
1.1. Señala los aspectos relevantes que dan cuenta de la importancia de la metrología en las actividades mineras y su necesidad para la correcta ejecución de las labores y procesos productivos involucrados.	1.1.1. Señala la relevancia de la metrología en el desarrollo industrial minero. 1.1.2. Identifica los diferentes tipos de sistemas métricos establecidos. 1.1.3. Ejecuta las tareas encomendadas de acuerdo a las instrucciones recibidas. 1.1.4. Ejecuta las tareas y funciones que le corresponden dentro del equipo de trabajo. 1.1.5. Adquiere una visión global referente al área de la metrología y los sistemas de unidades. 1.1.6. Reconoce los campos de aplicación de la metrología. 1.1.7. Define conceptos básicos asociados con la metrología.

UNIDAD DE APRENDIZAJE 2: Sistemas de unidades

APRENDIZAJE ESPERADO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
2.1. Reconoce los diferentes sistemas de medición y sus unidades, permitiendo con esto resolver problemas propuestos, en forma efectiva, utilizando diferentes métodos de medición.	2.1.1. Ejecuta las tareas encomendadas de acuerdo a las instrucciones recibidas. 2.1.2. Identifica y utiliza abreviaciones de unidades básicas de graduación (longitudes, áreas y volúmenes). 2.1.3. Identifica las magnitudes fundamentales de uso común en la minería. 2.1.4. Utiliza unidades de medición, según la longitud, volumen o peso de los objetos. 2.1.5. Utiliza la calculadora para realizar cálculos básicos. 2.1.6. Realiza conversiones métricas de un tipo de unidad a otra equivalente.

UNIDAD DE APRENDIZAJE 3: Instrumentos y herramientas básicas de medición

APRENDIZAJE ESPERADO	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
3.1. Utiliza diferentes instrumentos y herramientas básicas de medición, en forma responsable y eficiente, para la correcta ejecución de las labores y procesos productivos involucrados a sus labores.	3.1.1. Selecciona la herramienta de medición y/o cálculo para realizar las tareas solicitadas, según indicaciones entregadas. 3.1.2. Interpreta y trabaja con mediciones de referencias (nacionales e internacionales). 3.1.3. Realiza mediciones lineales exactas al milímetro (1mm) de longitud, ancho, alto usando una regla o una cinta métrica. 3.1.4. Identifica y utiliza abreviaciones de unidades básicas de graduación (longitudes, áreas y volúmenes). 3.1.5. Utiliza unidades de medición, según la longitud, volumen o peso de los objetos. 3.1.6. Realiza conversiones métricas de un tipo de unidad a otra equivalente.



UNIDAD 1:

6

INTRODUCCIÓN A LA METROLOGÍA



1. UNIDAD DE APRENDIZAJE 1: INTRODUCCIÓN A LA METROLOGÍA

1.1. ¿Qué es la metrología?

A través de la historia se comprueba que el progreso de los pueblos siempre estuvo relacionado con su progreso en las mediciones. La Metrología es la ciencia de las mediciones y éstas son una parte permanente e integrada de nuestro diario vivir que a menudo perdemos de vista. En la metrología se entrelazan la tradición y el cambio; los sistemas de medición reflejan las tradiciones de los pueblos pero al mismo tiempo estamos permanentemente buscando nuevos patrones y formas de medir como parte de nuestro progreso y evolución.

Es por medio de diferentes aparatos e instrumentos de medición que se realizan pruebas y ensayos que permiten determinar la conformidad con las normas existentes de un producto o servicio; en cierta medida, esto permite asegurar la calidad de los productos y servicios que se ofrecen a los consumidores.

La percepción inicial de metrología deriva de su etimología: del griego metros medida y logos tratado. Concepto que debe ser casi tan antiguo como el ser humano: “tengo nada”, “tengo algo”, “tengo mucho”; expresiones que reflejan una comparación muy primitiva pero que perdura en la raza humana bajo muchos aspectos, al punto que actualmente podemos decir que metrología es la ciencia de las mediciones y que medir es comparar con algo (unidad) que se toma como base de comparación.

Las ocasiones de medir las tuvo el humano primitivo con las nociones de: cerca-lejos, rápido-lento, liviano-pesado, claro-oscuro, duro-suave, frío-caliente, silencio-ruido. Originalmente estas percepciones fueron individuales pero con el correr de las experiencias y la vida en común surgieron las comparaciones entre las personas y en el transcurso de los milenios se han desarrollado bases de comparación generalmente aceptadas.

Con esos antecedentes y después de una buena cantidad de milenios, es fácil pensar en las bases para comparar las apreciaciones personales - dicho en buena lengua romance: en las medidas y sus unidades.

1.1.1. La Unidad y el Patrón

Una unidad es un valor en términos del cual puede definirse la magnitud medida. Quizás convenga destacar que, en tanto que unidad, no debe descomponerse en sus elementos. Se han desarrollado múltiplos y submúltiplos para poder expresar magnitudes mayores o menores que las expresadas por las unidades en sí. Veremos más adelante que el Sistema Internacional de Unidades, SI, con sus múltiplos y submúltiplos, es de tipo decimal (potencias de diez).

Anteriormente citamos algo con que comparar; ese algo se conoce como patrón. Originalmente, se entendía por patrón a una representación o materialización física de la unidad.

En la actualidad, y dado que los avances de la ciencia han permitido definiciones más exactas y confiables de las unidades, basadas en constantes físicas universales, se define como patrón a: una medida materializada, instrumento de medir, material de referencia o sistema de medición, destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores conocidos de una magnitud, a fin de transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medir.

El procedimiento de cómo medir para obtener resultados reproducibles también es importante y de hecho existen instrucciones precisas sobre cómo hacer la acción, qué unidades emplear y qué patrón utilizar.

En el mundo real la forma de medir obedece al diagrama siguiente:

- decidimos qué mediremos
- seleccionamos la unidad acorde a la medida
- seleccionamos el instrumento de medición (calibrado)
- aplicamos el procedimiento acordado

8

1.1.2. Algo de historia

En particular conocemos, y en cierta forma aún se emplean, las mediciones lineales que se usaron antiguamente en Egipto (el jeme, la cuarta, el palmo, el codo, el pie).

También en Egipto se emplearon balanzas para pesar metales preciosos y gemas.

Después, al aparecer las monedas como elemento de intercambio comercial, éstas fueron simplemente piezas de oro o plata con su peso estampado.

Dieron origen a un sistema monetario que se extendió por todo el Mediterráneo.

Nuestra forma de medir el tiempo tiene su origen en el sistema sexagesimal desarrollado en Mesopotamia y nuestro calendario de 365 días se deriva originalmente del calendario egipcio.

Posteriormente, la conquista romana de gran parte del continente europeo originó la divulgación de los sistemas de pesas y medidas.

Inglaterra utilizaba medidas de origen anglosajón y buscó la forma de mejorar y simplificar su sistema.

Durante varios siglos el sistema libra-pie-segundo fue el sistema de preferencia en los países de habla inglesa y a nivel mundial para ciertas ramas comerciales y técnicas; a la fecha no ha sido del todo descartado y sigue siendo empleado en diversas actividades en muchos países, inclusive, aplicado en minería.

El sistema métrico decimal entró en vigor durante la Revolución Francesa. Su nombre viene de lo que fue su unidad de base: el metro, en francés *mètre*, derivado a su vez del griego *metron* que significa medida, y del uso del sistema decimal para establecer múltiplos y submúltiplos. En su versión primera, el metro se definió como la diezmillonésima parte de la longitud de un cuadrante del meridiano terrestre y se determinó midiendo un arco de meridiano entre Dunkerque en Francia y Barcelona en España. La historia, las vicisitudes, el desarrollo y la aplicación de este sistema han sido ampliamente documentados.

Los métodos uniformes de medición se han establecido para que todos podamos trabajar sobre la base de una misma magnitud o unidad conocida y asegurar que los resultados de toda calibración, verificación y ensayo, en cualquier laboratorio o empresa, garantice la compatibilidad y la calidad.

En la actualidad, en consonancia con el enfoque global, cada vez son más los países que están adoptando por ley el Sistema Internacional de Unidades (SI), basado en el sistema métrico decimal, con la consiguiente adopción de los patrones y técnicas de medición correspondientes.

9

Cuarenta y ocho naciones han suscrito el Tratado de la Convención del Metro, en el que se adoptó el Sistema Internacional de Unidades (SI). La Convención otorga autoridad a la *Conférence Générale des Poids et Mesures* (CGPM – Conferencia General de Pesas y Medidas), al *Comité International des Poids et Mesures* (CIPM – Comité Internacional de Pesas y Medidas) y al *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM – Oficina Internacional de Pesas y Medidas), para actuar a nivel internacional en materia de metrología.

1.1.3. Qué se mide y cómo

Las unidades del Sistema Internacional de Unidades, SI, son establecidas por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) bajo cuya autoridad funciona la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM - Bureau International des Poids et Mesures) con sede en Francia.

La CGPM decidió establecer el SI, basado en siete unidades bien definidas. Estas son las llamadas unidades de base que se listan en la tabla 1.

Originalmente, las medidas de base o fundamentales se llamaban así por ser consideradas independientes entre sí y permitir, a su vez, la definición de otras unidades. Los patrones correspondientes eran medidas materializadas que

se conservaban en lugares acordados y bajo condiciones determinadas. Los avances científicos y técnicos así como la disponibilidad de instrumentos de mayor exactitud han dado por resultado que, con excepción del kilogramo, las unidades de base se definan actualmente de diferente forma, con base en experimentos físicos.

Para mencionar algunas de las medidas y unidades básicas podemos citar:

MEDIDA	UNIDAD	MEDIDA	UNIDAD
Longitud		metro	
Masa		kilogramo	
Tiempo		segundo	
Temperatura		Celsius	
Corriente eléctrica		ampere	

A menudo es necesario referirse a otras unidades de medida que, por hacer uso o basarse en las anteriores, se denominan derivadas. Es decir que, con el empleo de algoritmos matemáticos, se expresa una unidad de medida para un fin que no está cubierto por las de base.

10

Penetrar en el mundo de las unidades que utilizan la combinación de una o más unidades fundamentales es navegar en un mundo de algoritmos científicos útiles para propósitos definidos. Las unidades derivadas son las más numerosas.

1.1.4. Unidades de base del SI

Se considera que el SI, entendido como el conjunto de unidades básicas y de unidades derivadas, es un sistema coherente por las razones siguientes:

- Las unidades básicas están definidas en términos de constantes físicas, con la única excepción del kilogramo, definido en términos de un prototipo.
- Cada magnitud se expresa en términos de una única unidad, obtenida por multiplicación o división de las unidades de base y de las unidades derivadas adimensionales.
- Los múltiplos y submúltiplos se obtienen por medio de multiplicación con una potencia exacta de diez.
- Las unidades derivadas se pueden expresar estrictamente en términos de las unidades básicas en sí, es decir, no conllevan factores numéricos.

Adicionalmente, existen unidades que, sin ser del SI, están aceptadas para su uso concomitante y son conocidas como unidades adicionales (tabla 1).

Algunas de ellas se utilizan en forma temporal en tanto su uso es substituido por las aceptadas, otras únicamente en campos especializados, por ejemplo el quilate (ct) en joyería. Otras unidades, cuyo uso no está aceptado con el SI, se siguen utilizando en algunos contextos y en algunos países, por ejemplo la dina y el stokes.

Tabla N° 1: Unidades adicionales aceptadas para uso con el SI

Nombre	Símbolo	Expresión en unidades SI
<u>Tiempo:</u>		
minuto	min	1 min = 60 s
hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
día	d	1 d = 24 h = 86 400 s
<u>Ángulo plano:</u>		
grado	°	1° = (π/180) rad
minuto	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
segundo	"	1" = (1/60)' = (π/648000) rad
<u>Volumen:</u>		
litro	l, L ^(a)	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
<u>Masa:</u>		
tonelada, tonelada métrica	t	1 t = 10 ³ kg

11

1.1.5. Caracterización de la metrología y campos de aplicación

Por conveniencia, se hace a menudo una distinción entre los diversos campos de aplicación de la metrología; suelen distinguirse como Metrología Científica, Metrología Legal y Metrología Industrial.

- Metrología científica**
Es el conjunto de acciones que persiguen el desarrollo de patrones primarios de medición para las unidades de base y derivadas del Sistema Internacional de Unidades, SI.
- Metrología industrial**
La función de la metrología industrial reside en la calibración, control y mantenimiento adecuados de todos los equipos de medición empleados en producción, inspección y pruebas.
- Metrología legal**
Según la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) es la totalidad de los procedimientos legislativos, administrativos y técnicos establecidos por, o por referencia a, autoridades públicas y puestas en vigor por su cuenta con la finalidad de especificar y asegurar, de forma regulatoria

o contractual, la calidad y credibilidad apropiadas de las mediciones relacionadas con los controles oficiales, el comercio, la salud, la seguridad y el ambiente.

1.2. Aplicaciones

Una pregunta que puede plantearse es ¿para qué se mide? Sin entrar en detalle y sin pretender ser exhaustivos, veamos algunas respuestas restringidas a los aspectos básicos.

- **Longitud**

A la medición de la longitud, determinación de distancia, se le utiliza en mediciones dimensionales tales como: áreas, volúmenes, capacidades, rapidez y velocidad, redondez. La longitud está incluso presente en la definición de las unidades llamadas no dimensionales (radián y estereorradián) para medir ángulos.

En general podríamos decir que es de uso en toda determinación de la forma de un objeto.

Muchos campos de la actividad humana requieren mediciones dimensionales: la geodesia, los catastros que determinan la propiedad y uso de la tierra, la construcción y mantenimiento de caminos, carreteras, calles y avenidas, la construcción de vivienda, la industria manufacturera de todo tipo, las máquinas herramienta, los odómetros para determinar cobros de renta de vehículos, muchos aspectos comerciales. Quizás donde se ve con mayor impacto la importancia de buenas mediciones de longitud es en la industria manufacturera.

Definición científica:

La unidad de longitud es el metro (símbolo **m**) que se define como la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ de *segundo*.

- **Masa**

La actividad de conocer cuantitativamente la masa está presente en todas las actividades humanas. Es por ello que el uso de patrones e instrumentos para determinar la masa es amplio y sin mostrar una ejemplificación extensa citamos los campos: industrial - administración (compras, bodegas, etc.), procesos (ejecución y control), ventas (pedidos y despachos); laboratorios (investigación y control); comercial (en todas las transacciones); científico (aun en el quehacer teórico). Las cantidades de masa a determinar van desde la del electrón hasta la del universo, pasando por la de los mosquitos, hamburguesas, seres humanos, vehículos, etc.

Normalmente todo lo que se produce, vende o intercambia se relaciona directa o indirectamente con la masa, por lo tanto puede considerarse que la aplicación de la metrología en su aspecto masa, en sus distintos niveles, es omnipresente en el quehacer cotidiano.

- **El kilogramo**

Entre las unidades básicas del Sistema Internacional, la unidad de masa es la única cuyo nombre, por razones históricas, contiene un prefijo. Los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos decimales de la unidad de masa se forman añadiendo los nombres de los prefijos a la palabra “gramo” y los símbolos de estos prefijos al símbolo de la unidad “g”.

Definición científica:

El kilogramo (símbolo kg) es la unidad de masa; es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo.

- **Temperatura**

La sensación de calor o frío es una de las más comunes en los seres vivos y el concepto de temperatura y su medición está presente en innumerables actividades del ser humano.

Puesto que nuestro primer contacto con la medición de temperatura de tipo científico suele ser el termómetro casero, vienen de inmediato a la mente las aplicaciones de tipo médico y en particular la determinación de la temperatura corporal de los enfermos con la importancia que puede tener para la evolución de ciertas dolencias. Pero también se requiere medir temperatura en forma adecuada para la fabricación de medicamentos, el uso de técnicas de diagnóstico, los análisis clínicos, la esterilización de material clínico y hospitalario.

Los alimentos, tanto en su preparación como en las técnicas de su conservación, requieren mediciones de temperatura y, si éstas pueden ser empíricas a nivel casero, a nivel industrial se requiere exactitud en las mediciones. La tintorería, la fabricación de cerámica de todo tipo, la aplicación de esmaltes y pinturas en aparatos electrodomésticos y en vehículos, la generación de energía, el transporte refrigerado, el aire acondicionado y tantas más actividades humanas, requieren mediciones adecuadas de temperatura.

Definición científica:

14

La unidad base de temperatura termodinámica es el kelvin (símbolo K) que se define como la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

- **Tiempo**

¡La medición del tiempo es útil no solamente para asegurar la puntualidad o para determinar el ganador de una prueba de atletismo! Además de las aplicaciones obvias del diario vivir (levantarse a determinada hora; autobuses, trenes y aviones cumpliendo en tiempo sus itinerarios, control de las horas de trabajo para cálculo de remuneración, control del tiempo en las telecomunicaciones, etc.), muchos procesos industriales, muchas técnicas médicas dependen de una medición exacta del tiempo. Otras aplicaciones usuales son por ejemplo los taxímetros (basados sólo en tiempo o combinación de tiempo y recorrido), los relojes registradores (timekeepers), los velocímetros. La sincronización de actividades tales como las operaciones bursátiles y las militares, los lanzamientos y acoplamientos de naves espaciales, etc. demanda la medida exacta del tiempo.

En general podemos hablar de relojes y de cronómetros y de otros medidores de intervalos de tiempo, como los empleados en el estacionamientos de vehículos, el lavado automático de vehículos, los parquímetros, o en el control de tiempo de aparatos electrodomésticos tales como máquinas lavadoras, máquinas secadoras, hornos de microondas.

Definición internacional de las unidades de medida de tiempo:

El **segundo** (símbolo **s**) es la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado base del átomo de cesio 133.

- **Electricidad y magnetismo**

En el siglo pasado se realizaron innumerables trabajos que abrieron la puerta del desarrollo moderno; se construyeron motores movidos por electricidad, con los cuales la industria, el transporte y toda actividad que requiere algún tipo de movimiento se vio favorecido. Con la manufactura de las bombillas incandescentes, la iluminación artificial cambió la forma de todas las actividades nocturnas. Enumerar las aplicaciones actuales de la electricidad adecuadamente suministrada y utilizada significaría listar todas las actividades del hombre, para las cuales son controladas (medida) y para ello es necesario disponer de aparatos o sistemas confiables y de exactitud conocida.

En las comunicaciones el uso de la electricidad es fundamental tanto en telefonía, radio, televisión, como en operación de satélites. Pero, más que la existencia misma del recurso electricidad y magnetismo, es la confiabilidad del manejo o empleo de este recurso lo que la metrología garantiza con sus patrones y procedimientos. En el diseño es donde se afrontan los innumerables problemas de confiabilidad y por supuesto que el disponer de sistemas que aseguren el comportamiento adecuado de los equipos, dentro de ciertos límites, hace posible diseñar, planificar y realizar proyectos complejos. Por otra parte, en toda la electrónica subyace el uso de medidas confiables (exactas para los profanos), confiabilidad y reproducibilidad debidas, en gran parte, a los avances en metrología.

Definición internacional de las unidades de medida de electricidad y magnetismo:

El **ampere** o **amperio** (símbolo **A**) es la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores - rectilíneos, paralelos, de longitud infinita, de sección circular despreciable, colocados a un *metro* de distancia entre sí en el vacío -, produciría entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} *newtons* por *metro* de longitud.

- **Química**

En las actividades científicas y en las técnicas es importante conocer las bases para calcular qué y cuánto de una o varias sustancias deben utilizarse.

16

El caso obvio es el del laboratorio, clínico o industrial, pero también son importantes los procesos industriales de todo tipo, unos porque manejan volúmenes muy grandes y pequeñas variaciones pueden significar toneladas perdidas y otros porque utilizan cantidades muy pequeñas y variaciones ínfimas pueden ser cruciales.

Es decir que el uso de patrones y materiales de referencia constituye la base del trabajo (el éxito de producción), y la garantía de la calidad. Por ejemplo, en la producción y comercialización de los medicamentos existe un campo muy importante para empleo de la metrología.

Definición internacional de la unidad de medida en química:

El **mol** (símbolo **mol**) es la cantidad de materia que contiene tantas entidades elementales como átomos existen en 0,012 *kilogramos* de carbono 12.



UNIDAD 2:

SISTEMAS DE UNIDADES



2. UNIDAD 2: SISTEMAS DE UNIDADES

2.1. Sistema Métrico Decimal

El primer sistema de unidades bien definido que hubo en el mundo fue el Sistema Métrico Decimal, implantado en 1795 como resultado de la Convención Mundial de la Ciencia celebrada en París, Francia; este sistema tiene una división decimal y sus unidades fundamentales son: el metro, el kilogramo-peso y el litro. Además, para definir las unidades fundamentales utiliza datos de carácter general como las dimensiones de la Tierra y la densidad del agua.

A fin de encontrar una unidad patrón para medir longitudes se dividió un meridiano terrestre en cuarenta millones de partes iguales y se le llamó metro a la longitud de cada parte.



Por tanto, definieron al metro como la cuarenta millonésima parte del meridiano terrestre. Una vez establecido el metro como unidad de longitud sirvió de base para todas las demás unidades que constituyeron al Sistema Métrico Decimal, derivado de la palabra metro que quiere decir medida.

Una ventaja importante del Sistema Métrico fue su división decimal, ya que mediante el uso de prefijos como deci, centi, o mili, que son algunos de los submúltiplos de la unidad, podemos referirnos a decímetro, como la décima parte del metro (0.1m); a centímetro, como la centésima parte (0.01m); y a milímetro, como la milésima parte del metro (0.001m). Lo mismo sucede para el litro o el kilogramo, de manera que al hablar de prefijos como deca, hecto, o kilo, Algunos de los múltiplos de la unidad, podemos mencionar al decámetro, hectómetro o kilómetro como equivalentes a 10, 100 o 1000 metros, respectivamente.

2.2. Sistema Cegesimal o CGS

En 1881, como resultado del gran desarrollo de la ciencia y por supuesto de la Física, se adopta en el Congreso Internacional de los Electricistas realizado en París, Francia, un sistema llamado absoluto: el Sistema Cegesimal o CGS propuesto por el físico alemán Karl Gauss.

En dicho sistema las magnitudes fundamentales y las unidades propuestas para las mismas son: para la longitud el centímetro, para la masa el gramo y para el tiempo el segundo. En ese entonces ya se observa la diferenciación entre los conceptos de masa y peso de un cuerpo, porque se tenía claro que el peso era el resultado de la fuerza de atracción gravitacional ejercida por la Tierra sobre la masa de los cuerpos.

2.3. Sistema MKS

En 1935 en el Congreso Internacional de los Electricistas celebrado en Bruselas, Bélgica, el ingeniero italiano Giovanni Giorgi propone y logra que se acepte su sistema, también llamado absoluto, pues como magnitud fundamental se habla de la masa y no del peso de los cuerpos; este sistema recibe el nombre de MKS, cuyas iniciales corresponden al metro, al kilogramo y al segundo como unidades de longitud, masa y tiempo, respectivamente.

19

2.4. El Sistema Internacional de Unidades (SI)

El Sistema Internacional de Unidades, conocido universalmente como SI (del francés **Système International d'Unités**) fue establecido y definido por la Conferencia General de Pesas y Medidas, la CGPM.

El sistema de magnitudes a utilizar con el SI, incluyendo las ecuaciones que relacionan las magnitudes, está formado, en realidad, por las magnitudes y ecuaciones de la física, bien conocidas por los científicos, técnicos e ingenieros.

Figuran en muchos libros de texto y en numerosas publicaciones de referencia, pero cualquiera de esas listas es sólo una selección de las magnitudes y ecuaciones posibles, que no tienen límite. Muchas de las magnitudes, sus nombres y símbolos recomendados y las ecuaciones que las relacionan, están recogidas en las normas internacionales ISO 31 y CEI 60027 realizadas por el Comité Técnico 12 de la Organización Internacional de Normalización, ISO/TC 12 y por el Comité Técnico 25 de la Comisión Electrotécnica Internacional, IEC/TC 25.

Las magnitudes básicas empleadas en el SI son longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa. Las magnitudes básicas se consideran independientes, por convención. Las unidades básicas correspondientes del SI, elegidas por la CGPM, son el metro, el kilogramo, el segundo, el amperio, el kelvin, el mol y la candela.

2.5. Dimensiones de las magnitudes

Por convenio, las magnitudes físicas se organizan según un sistema de dimensiones.

Se considera que cada una de las siete magnitudes básicas del SI tiene su propia dimensión, representada simbólicamente por una sola letra mayúscula en fuente romana. Los símbolos utilizados para las magnitudes básicas y los utilizados para indicar su dimensión, son los siguientes:

Tabla N° 3: Magnitudes básicas y dimensiones utilizadas en el SI

Magnitud básica	Símbolo de la magnitud	Símbolo de la dimensión
longitud	$l, x, r, \text{etc.}$	L
masa	m	M
tiempo, duración	t	T
intensidad de corriente eléctrica	I, i	I
temperatura termodinámica	T	Θ
cantidad de sustancia	n	N
intensidad luminosa	I_v	J

2.6. Unidades derivadas expresadas en función de unidades básicas

El número de magnitudes utilizadas en el campo científico no tiene límite; por tanto no es posible establecer una lista completa de magnitudes y unidades derivadas. Sin embargo, la Tabla N° 4 presenta algunos ejemplos de magnitudes derivadas y las unidades derivadas coherentes correspondientes, expresadas directamente en función de las unidades básicas.

Tabla N° 4: Ejemplos de unidades SI derivadas coherentes expresadas a partir de las unidades básicas

Magnitud derivada		Unidad SI derivada coherente	
Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo
área, superficie	A	metro cuadrado	m^2
volumen	V	metro cúbico	m^3
velocidad	v	metro por segundo	m/s
aceleración	a	metro por segundo cuadrado	m/s^2
número de ondas	$\sigma, \tilde{\nu}$	metro a la potencia menos uno	m^{-1}
densidad, masa en volumen	ρ	kilogramo por metro cúbico	kg/m^3
densidad superficial	ρ_A	kilogramo por metro cuadrado	kg/m^2
volumen específico	v	metro cúbico por kilogramo	m^3/kg
densidad de corriente	j	amperio por metro cuadrado	A/m^2
campo magnético	H	amperio por metro	A/m
concentración de cantidad de sustancia ^(a) , concentración	c	mol por metro cúbico	mol/m^3
concentración másica	ρ, γ	kilogramo por metro cúbico	kg/m^3
luminancia	L_v	candela por metro cuadrado	cd/m^2
índice de refracción ^(b)	n	uno	1
permeabilidad relativa ^(b)	μ_r	uno	1

2.7. Prefijos SI

La tabla N° 5 enumera los nombres y símbolos de los prefijos aprobados por el SI.

Tabla N° 5: Prefijos SI

Factor	Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Los símbolos de los prefijos se escriben en caracteres romanos (rectos), como los símbolos de las unidades, independientemente del tipo de letra del texto adyacente, y se unen a los símbolos de las unidades, sin dejar espacio entre el símbolo del prefijo y el de la unidad. Con excepción de da (deca), h (hecto) y k (kilo), todos los símbolos de prefijos de múltiplos se escriben con mayúsculas y todos los símbolos de prefijos de submúltiplos se escriben con minúsculas. Todos los nombres de los prefijos se escriben con minúsculas, salvo al comienzo de una frase.

El grupo formado por un símbolo de prefijo y un símbolo de unidad constituye un nuevo símbolo de unidad inseparable (formando un múltiplo o un submúltiplo de la unidad en cuestión) que puede ser elevado a una potencia positiva o negativa y que puede combinarse con otros símbolos de unidades compuestas.

Ejemplos:

$$2,3 \text{ cm}^3 = 2,3 (\text{cm})^3 = 2,3 (10^{-2} \text{ m})^3 = 2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m} = 100 \text{ V/m}$$

22

Del mismo modo, los nombres de los prefijos son inseparables de los nombres de las unidades a las que se unen. Así, por ejemplo, milímetro, micropascal y meganewton se escriben en una sola palabra.

2.8. Otras unidades no pertenecientes al SI, cuyo uso no se recomienda

Hay muchas más unidades no pertenecientes al SI, demasiado numerosas para poderlas citar aquí, que presentan un interés histórico o que son utilizadas todavía

En campos especializados (por ejemplo, el barril de petróleo) o en ciertos países (como la pulgada, el pie o la yarda). El CIPM no ve ninguna razón para continuar empleando estas unidades en los trabajos científicos y técnicos modernos.

Sin embargo, es importante conocer la relación entre estas unidades y las unidades SI correspondientes, lo cual seguirá siendo necesario durante muchos años. Por ello, el CIPM ha decidido preparar una lista de factores de conversión a unidades SI para estas unidades y hacerlo accesible en la página web del BIPM en la dirección:

www.bipm.org/fr/si/si_brochure/chapter4/conversion_factors.html.

2.9. Sistemas de Unidades Absolutos

Reciben el nombre de Sistemas de Unidades Absolutos aquellos que como una de sus magnitudes fundamentales utilizan a la masa y no al peso ya que éste es considerado una magnitud derivada. En el siguiente cuadro (Tabla N° 6) se tienen algunas magnitudes y sus unidades en el Sistema Internacional (SI), el sistema CGS y el Sistema Inglés, todos ellos sistemas absolutos. Observemos que en este cuadro sólo se trabaja con tres magnitudes fundamentales: longitud, masa y tiempo, y todas las demás son derivadas de ellas, pues se obtienen al multiplicar o dividir entre sí a esas tres magnitudes.

Tabla N° 6: Algunas magnitudes fundamentales y derivadas

Magnitud	Internacional	CGS	Inglés
Longitud	metro	centímetro	pie
Masa	Kilogramo	gramo	libra
Tiempo	segundo	segundo	segundo
Área o superficie	m ²	cm ²	pie ²
Volumen	m ³	cm ³	pie ³
Velocidad	m/s	cm/s	pie/s
Aceleración	m/s ²	cm/s ²	pie/s ²
Fuerza	Kg m/s ² (Newton)	libra g cm/s ² (dina)	pie/s ² (poundal)
Trabajo y energía	Nm (Joule)	dina/cm (erg)	poundal/ pie
Presión	N/m ² (Pascal)	dina/cm ² (baria)	poundal/pie ²
Potencia	Joule/s (Watt)	Erg/s	poundal/pie/s

23

Como se puede observar, los símbolos de las unidades se escriben con minúsculas a menos de que se trate de nombres propios, en tal caso será con mayúsculas; los símbolos se anotan en singular y sin punto. Por tanto, debemos escribir para kilogramo; kg y no Kg., para kilómetro km y no Km., para gramo g y no gr., para newton; N y no n ni Nw.

Mediante el empleo de prefijos y sus respectivos símbolos, aceptados internacionalmente, podemos obtener múltiplos y submúltiplos para cada unidad de medida de acuerdo con el cuadro anterior.

De manera que si decimos kilogramo, kilómetro, kilosegundo y kilopie, nos referimos a mil gramos, mil metros, mil segundos y mil pies, respectivamente. Si mencionamos

nanómetro, nanogramo, nanosegundo y nanopie, hablamos de mil millonésima de metro, mil millonésima de gramo, mil millonésima de segundo y mil millonésima de pie, respectivamente.

2.10. Conversión de Unidades de un sistema a otro

En virtud de la existencia de varios sistemas de unidades, todos ellos de uso actual, frecuentemente es necesario convertir unidades de un sistema a otro; para ello, es indispensable tener presentes las siguientes equivalencias, indicada en la Tabla N° 7 (otras conversiones, revisar Anexo 2: Tablas de conversión de unidades).

Al conocer estas equivalencias podemos hacer conversiones, empleando el método llamado de multiplicar por uno, mismo que explicaremos a continuación:

Convertir 5 m a cm

Paso 1.

Se escribe la cantidad con la unidad de medida que se desea convertir:

5 m

24

Paso 2.

Se pone el signo de multiplicación y una raya de quebrado, ambos signos nos indicaran que haremos dos operaciones, una de multiplicación y otra de división.

5 m x -----

Paso 3.

Recordamos la equivalencia entre las dos unidades involucradas, es decir, la que vamos a convertir y la que deseamos obtener; con ello encontraremos el llamado factor de conversión.

En este paso siempre tendremos la posibilidad de recordar cualquiera de las dos maneras de expresar las equivalencias que existen entre dos unidades de medida.

En nuestro caso, tenemos que $1\text{ m} = 100\text{ cm}$, o bien, $1\text{ cm} = 0.01\text{ m}$. Estas dos equivalencias proporcionan dos factores de conversión que son los siguientes:

100 cm y 1 cm

1 m 0.01 m

Paso 4.

Una vez obtenido cualquiera de los dos factores de conversión, bastará seleccionar aquél en que al hacer nuestras operaciones pueda eliminarse la unidad que se desea convertir:

$$5 \text{ m} \times 100 \text{ cm} = 5 \times 100 \text{ cm} = 500 \text{ cm}$$

$$\qquad\qquad\qquad 1 \text{ m} \qquad\qquad\qquad 1$$

O bien:

$$5 \text{ m} \times 1 \text{ cm} = 5 \times 1 \text{ cm} = 500 \text{ cm}$$

$$\qquad\qquad\qquad 0.01 \text{ m} \qquad\qquad\qquad 1 \times 10$$

Tabla N° 7: Tabla de equivalencias

1 m	100 cm
1 m	1000 mm
1 cm	10 mm
1 Km	1000 m
1 m	3,28 pies
1m	1, 093 yardas
1 pie	12 pulgadas
1 pie	30,48 cm
1 pulgada	2,54 cm
1 milla	1,609 km
1 libra	454 g
1 kg	2,2 libra
1 cm³	1 ml
1 litro	1000 cm ³
1 litro	1 dm ³
1 galón	3,785 litros
1 N	1x10 ⁵ dinas
2 Kgf	9,8 N
1 lbf	0,454 Kgf

2.11. Medición de diferentes magnitudes con métodos directos e indirectos

Al realizar la medición de diferentes magnitudes nos encontramos que algunas de ellas las podemos medir directamente, tal es el caso de la longitud de una mesa mediante el empleo de una regla graduada o el espesor de una moneda utilizando el calibrador vernier, cuya aproximación es de centésimas de centímetro. También podemos medir

la masa de un objeto si utilizamos una balanza; el volumen de un líquido mediante el empleo de una probeta graduada, o el tiempo en que un automóvil recorre cierta distancia, empleando un reloj.

Sin embargo, no siempre es posible realizar mediciones directas, por eso se requiere de mediciones indirectas para determinar el valor de una magnitud.

Ejemplo, el volumen de un cuerpo irregular se calcula empleando una probeta graduada en la cual primero debemos agregar agua y luego leer su volumen inicial; posteriormente se introduce el cuerpo irregular que desplazará un volumen de líquido equivalente a su volumen; leemos el volumen final y mediante la diferencia de volúmenes en la probeta, conoceremos el volumen del cuerpo.

Cabe señalar que si el cuerpo es poroso el agua penetrará por estas cavidades y el desplazamiento del líquido no corresponderá al volumen del cuerpo, por tanto el resultado será aproximado.

26

Otro ejemplo de método indirecto lo tenemos cuando empleamos un aparato llamado sonar para conocer la profundidad del mar en algún punto. El sonar consta de un emisor de sonidos, las ondas que envía se reflejan en el fondo y un colector recoge su eco, la distancia a la que se encuentra el fondo se calcula en función de la velocidad del sonido en el agua y el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción.

También calculamos el área de un rectángulo en forma indirecta si medimos su largo y después su ancho, para finalmente aplicar la fórmula largo por ancho igual al área.

2.12. Análisis de errores en la medición

Al medir y comparar el valor verdadero o exacto de una magnitud y el valor obtenido siempre habrá una diferencia llamada error de medición. Por tanto, al no existir una medición exacta debemos procurar reducir al mínimo el error, empleando técnicas adecuadas y aparatos o instrumentos cuya precisión nos permitan obtener resultados satisfactorios. Una forma de reducir la magnitud del error es repetir el mayor número de veces posible la medición y obtener la media aritmética o valor promedio de las mediciones, ya que el promedio de las mediciones resultará más confiable que cualquiera de ellas.

2.12.1. Causas de error en las mediciones.

Los errores que se cometen al hacer una medición tienen su origen en diferentes causas, veamos:

Errores sistemáticos: Estos errores se presentan de manera constante a través de un conjunto de lecturas realizadas al hacer la medición de una magnitud determinada. Las fuentes o causas de este tipo de errores son:

- a) Defecto en el instrumento de medición: Se produce, por ejemplo, al determinar el tiempo con un cronómetro que marche más rápido o más lento de lo debido.
- b) Mala calibración del aparato o instrumento usado: Se da por fallas de fabricación.
- c) Error de escala: Se produce por el rango de precisión del instrumento empleado, lo que provocará una incertidumbre en la medición.

Errores circunstanciales (estocástico o aleatorios): Este tipo de errores no se repite regularmente de una medición a otra, sino que varían y sus causas se deben a los efectos provocados por las variaciones de presión, humedad y temperatura del ambiente sobre los instrumentos.

Así, por ejemplo, con la temperatura la longitud de una regla puede variar ligeramente de una medición a otra; o una balanza sensible puede dar variaciones pequeñas al medir varias veces la masa de un cuerpo. Los errores circunstanciales pueden llamarse estocásticos, ya que son difíciles de apreciar debido a que son muy pequeños y se producen en forma irregular o estocástica de una medición a otra, es decir, azarosas.

También se les da el nombre de error aleatorio porque son el resultado de factores inciertos y, por lo tanto, tienen la misma posibilidad de ser positivos o negativos. Otro ejemplo de error circunstancial, es el error de paralaje. Este se comete por una incorrecta postura del observador, la cual le impide hacer una adecuada lectura de medición.

Precisión de los aparatos o instrumentos: La precisión de un aparato o instrumento de medición es igual a la mitad de la unidad más pequeña que puede medir.

También recibe el nombre de incertidumbre o error de instrumento o aparato de medida. Por ejemplo, si se realiza la medición de la masa utilizando una balanza que está graduada para leer valores hasta de décimas de gramo (0.1g) la precisión, incertidumbre o error de la balanza será de: 0.05 g, ya sean de más o de menos (+/- 0.05 g).

Si se utiliza un cronómetro construido para medir tiempos de centésimas de segundo (0.01 s), su precisión será de: +/- 0.005 s.



UNIDAD 3:

INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS BÁSICAS DE MEDICIÓN



3. UNIDAD 3: INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS BÁSICAS DE MEDICIÓN

3.1. Instrumentos de medición

Existen muchos instrumentos de medición, y cada uno de ellos, está diseñado para medir diferentes parámetros, como ser:

3.1.1. Instrumentos de medición directa

- a. **Para medir velocidad:** El tacómetro es un dispositivo que mide las revoluciones (RPM) de un motor o una turbina, velocidad de superficies.



- b. **Para medir tensión mecánica:** Las tensiones mecánicas son causadas por excesos de peso sobre la estructura o el caso más común es que es causado por las Vibraciones Mecánicas.

- c. **Para medir ruidos en general:** Los ruidómetros (Sound Level Meter) son utilizados para medir el nivel de los ruidos en un determinado ambiente, de manera que se puedan mantener un nivel adecuado según los estándares internacionales de niveles de ruido.



- d. **Pie de metro:** Uno de los medidores más usados en la práctica es el Vernier, que nos permite medir espesores de menos de 0,5 mm, está compuesto de regletas y escalas. Este es un instrumento muy apropiado para medir longitudes, espesores, diámetros interiores, diámetros exteriores y profundidades.



- e. **Tornillo micrométrico:** Es un instrumento de medición longitudinal capaz de valorar dimensiones de milésimas de milímetro, en una sola operación.



El tornillo micrométrico se usa para longitudes menores a las que puede medir el calibrador o vernier. El tornillo micrométrico consta de una escala fija y una móvil que se desplaza por rotación.

La distancia que avanza el tornillo al dar una vuelta completa se denomina paso de rosca.

- e. **Reloj comparador:** Básicamente, el reloj comparador es un aparato que transforma el movimiento rectilíneo de los palpadores o puntas de contacto en movimiento circular de las agujas.



3.1.2. Instrumentos de medición indirecta

Los instrumentos de medición indirecta, también denominados comparadores, son instrumentos, con los cuales son examinados dos o más objetos o elementos geométricos para descubrir sus relaciones, diferencias y/o semejanzas, estos equipos sirven solamente para trasladar medidas como por ejemplo:

- a. **Compas comparador:**



3.1.3. Verificación de la medida y control de calidad

Cuando se quiere que la calidad sea adecuada, hay que asegurar que esta calidad deseada, no produzcan rechazos del componente mal medido, o al final de la actividad de medición, esta medida es insegura y debe ser rechazada y nuevamente tomada la medida, con este fin existen en las empresas departamentos de control de calidad que mediante las operaciones oportunas de mediciones y verificación de las piezas garantizan la calidad y pueden parar en cualquier momento la producción si detectan fallos en el proceso.

Antes de iniciar la producción en serie se procede a la puesta a punto de cada máquina-herramienta en la operación de mecanizado que tenga asignada, y cuando se mecaniza la primera pieza se la somete a un control riguroso de todos los parámetros de calidad involucrados en esa fase. Si el resultado es positivo el control de calidad del proceso lo asume el operario de la máquina quien es responsable de mantener la calidad de la producción.

Para asegurar esta calidad el operario de la máquina tiene que disponer de los instrumentos con la exactitud requerida.

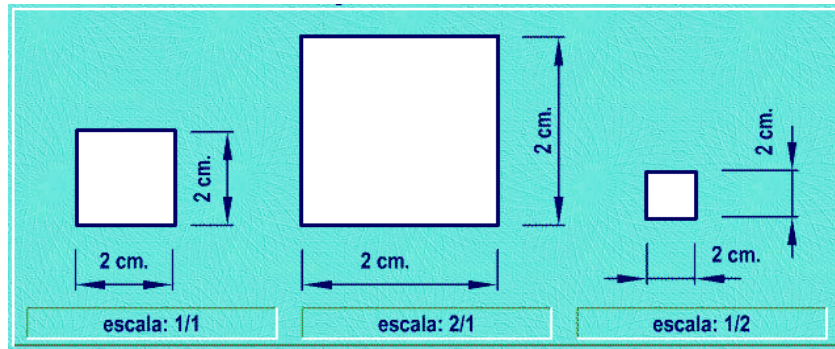
32

3.1.4. Medidas

1. **Medida Real:** Es la medida que tiene la pieza una vez terminada.
2. **Medida nominal:** Es la medida básica o de partida en la ejecución de una pieza. Es decir la cota o línea de cero del dibujo, la que se desearía obtener.
3. **Precisión de las medidas:** La precisión en la toma de medidas, se refiere a la exactitud con que estas se van tomando y se debe tener cuidado también en la exactitud del equipo con el que se toma la medida, de la misma manera, el factor humano también es determinante para la exactitud y la precisión de las medidas tomadas.
4. **Escalas:** Es la proporción de aumento o disminución que existe entre las dimensiones reales y las dimensiones representadas de un objeto.
5. **Escala de reducción:** Para representar un objeto real de grandes dimensiones, en un papel se utilizara la escala indicada, por ejemplo Esc.: 2:1, significa que la figura real está representada en el papel en dos veces más pequeña, o también Esc:10:1, significa que 10 metros de terreno, están representados en 10 cm en el papel.
6. **Escala de ampliación:** Para representar objetos de pequeñas dimensiones, y representar dos veces más grande que el original en el papel, como por ejemplo

Esc.: 1:2

Ejemplos de escalas de reducción y ampliación:



3.2. Pie de metro

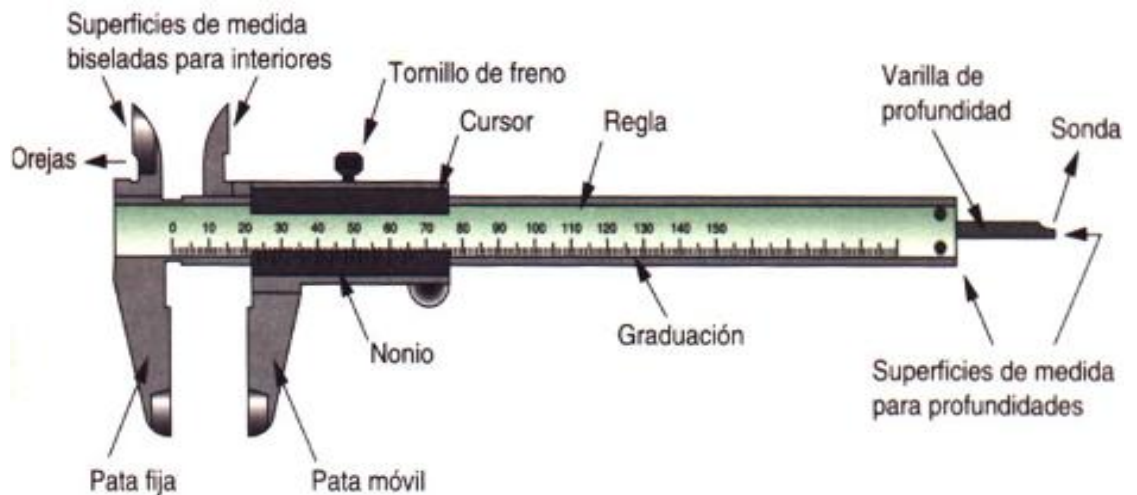
Es un instrumento para medir longitudes que permite lecturas en milímetros y en fracciones de pulgada, a través de una escala llamada Nonio o Vernier.

Se utiliza para hacer mediciones con rapidez, con grados de precisión de:
0,05 mm, 0,02 mm, 1/128", 0,001"

33

Está compuesto por una regla fija que es donde están graduadas las escalas de medición ya sean métricas, en pulgadas o mixtas. En ésta están también formando el mismo cuerpo las puntas para medir diámetros interiores o ancho de acanaladuras, sobre esta regla fija desliza la regla móvil que lleva consigo la graduación correspondiente del vernier según las escalas de medición que tenga el pie de metro. En la parte superior de la regla móvil generalmente tiene un tornillo que es para fijarla en una medida determinada.

3.2.1. Partes principales del pie de metro


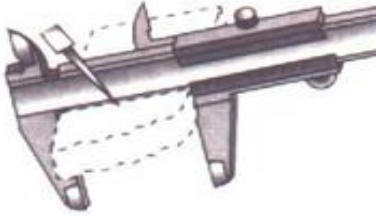
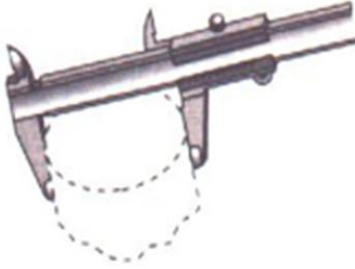
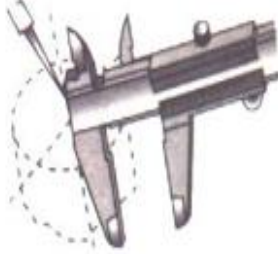


3.2.2. Manera correcta de manipular un pie de metro



El pie de metro, de acuerdo a sus partes componentes que nos sirven para tomar medidas de precisión, tenemos:

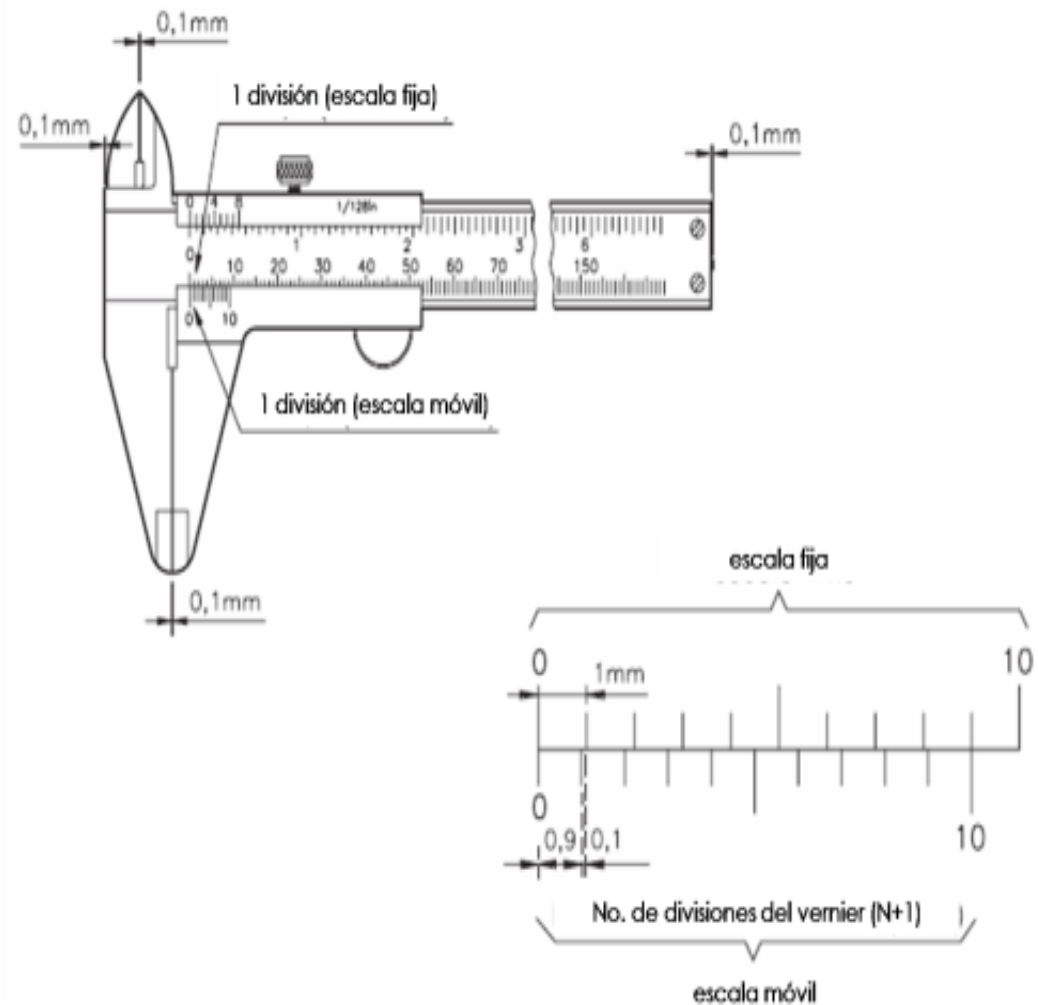
Medición de exteriores	
Medición de interiores	
Medición de profundidades	
Medición de alturas	

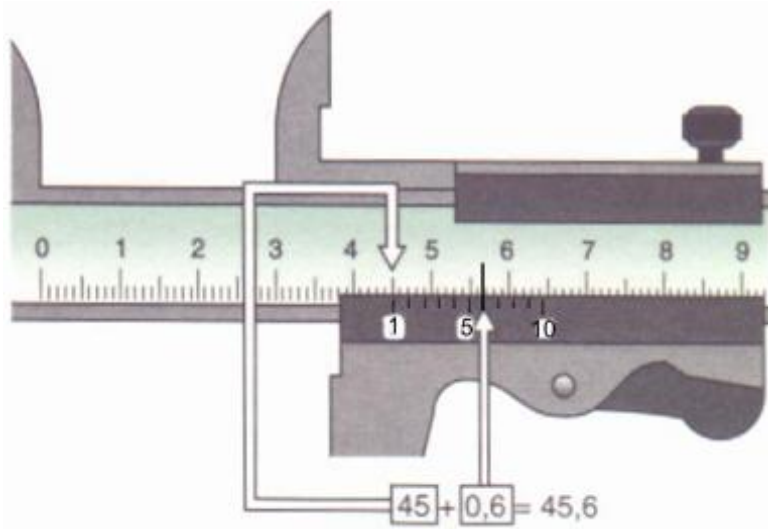
Medición de puntos estrechos	
Trazado	
Medición del diámetro	
Marcado del punto central	

3.2.3. Como se mide con pie de metro

Para realizar una medición con un calibrador, el cursor posee una escala vernier o nonio, cuya medición se basa en la división de la unidad mínima utilizada en la escala principal o fija.

En el Sistema Internacional, existen calibradores en los cuales el vernier tiene 10 divisiones equivalentes a 9 milímetros de la escala principal, es decir, existe una diferencia de 0.1 mm entre la primera división de la escala fija y la primera división de la escala móvil, con lo cual se logra realizar la lectura con una precisión de 0.1 mm, como se muestra en la siguiente imagen.





3.2.4. Lectura en milímetros

- Ejercicio N° 1

<p>Paso 1: 1 mm</p> <p>Paso 2: 0.3 mm (División coincidente ó alineada)</p>	LECTURA	
	1.0 mm	Escala fija
	0.3 mm	Escala vernier (3ª línea)
	1.3 mm	Lectura final

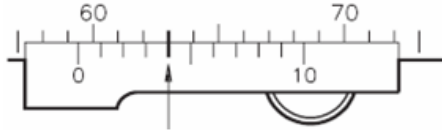
- Ejercicio N° 2

<p>Paso 1: 1 mm</p> <p>Paso 2: 0.3 mm (División coincidente ó alineada)</p>	LECTURA	
	1.0 mm	Escala fija
	0.3 mm	Escala vernier (3ª línea)
	1.3 mm	Lectura final

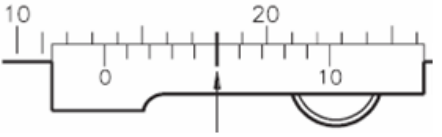
- Ejercicio N° 3

Ejercicios de verificación

Realice la lectura y escriba la medida correspondiente a cada imagen que se muestra de un calibrador con 10 divisiones en la escala vernier.



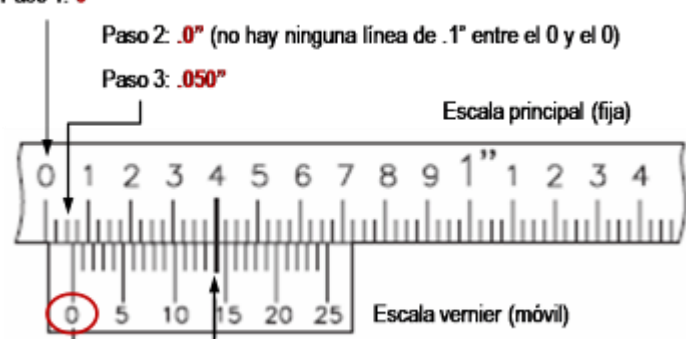
Lectura: _____ mm



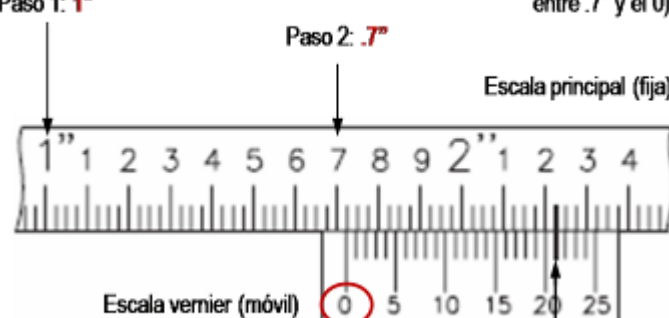
Lectura: _____ mm

3.2.5. Lectura en pulgadas decimales

- Ejercicio N° 1

<p>Paso 1: 0"</p> <p>Paso 2: .0" (no hay ninguna línea de .1" entre el 0 y el 0)</p> <p>Paso 3: .050"</p> <p style="text-align: center;">Escala principal (fija)</p>  <p style="text-align: center;">Escala vernier (móvil)</p> <p>Paso 4: .014" (División coincidente ó alineada: 14)</p>	<p>LECTURA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">0.000"</td> <td>Escala fija (P-1)</td> </tr> <tr> <td>.000"</td> <td>Escala fija (P-2)</td> </tr> <tr> <td>.050"</td> <td>Escala fija (P-3)</td> </tr> <tr> <td>.014"</td> <td>Escala vernier (14 líneas) (P-4)</td> </tr> <tr style="background-color: yellow;"> <td>.064"</td> <td>Lectura final</td> </tr> </table>	0.000"	Escala fija (P-1)	.000"	Escala fija (P-2)	.050"	Escala fija (P-3)	.014"	Escala vernier (14 líneas) (P-4)	.064"	Lectura final
0.000"	Escala fija (P-1)										
.000"	Escala fija (P-2)										
.050"	Escala fija (P-3)										
.014"	Escala vernier (14 líneas) (P-4)										
.064"	Lectura final										

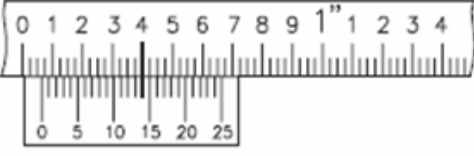
- Ejercicio N° 2

<p>LECTURA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">1.000"</td> <td>Escala fija (P-1)</td> </tr> <tr> <td>.700"</td> <td>Escala fija (P-2)</td> </tr> <tr> <td>.000"</td> <td>Escala fija (P-3)</td> </tr> <tr> <td>.021"</td> <td>Escala vernier (21 líneas) (P-4)</td> </tr> <tr style="background-color: yellow;"> <td>1.721"</td> <td>Lectura final</td> </tr> </table>	1.000"	Escala fija (P-1)	.700"	Escala fija (P-2)	.000"	Escala fija (P-3)	.021"	Escala vernier (21 líneas) (P-4)	1.721"	Lectura final	<p>Paso 1: 1"</p> <p>Paso 2: .7"</p> <p>Paso 3: .000" (no hay ninguna línea de .025" entre .7" y el 0)</p> <p style="text-align: center;">Escala principal (fija)</p>  <p style="text-align: center;">Escala vernier (móvil)</p> <p>Paso 4: .021" (División coincidente ó alineada: 21)</p>
1.000"	Escala fija (P-1)										
.700"	Escala fija (P-2)										
.000"	Escala fija (P-3)										
.021"	Escala vernier (21 líneas) (P-4)										
1.721"	Lectura final										

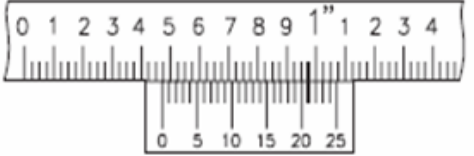
• Ejercicio N° 3

Ejercicios de verificación

Realice la lectura y escriba la medida correspondiente a cada imagen que se muestra de un calibrador con resolución de .025".



Lectura: _____ pulg.

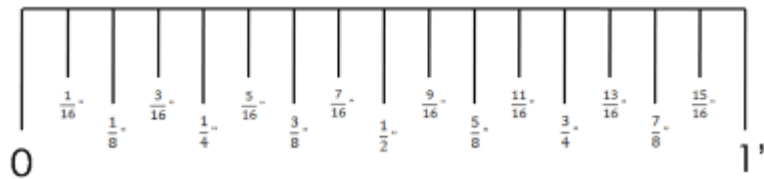


Lectura: _____ pulg.

3.2.6. Lectura en pulgadas fraccionarias

En el Sistema Inglés, una escala fija del calibrador está graduada en fracciones de pulgada (1/16"). Esos valores fraccionarios de pulgada son complementados con el uso de la escala vernier (1/128").

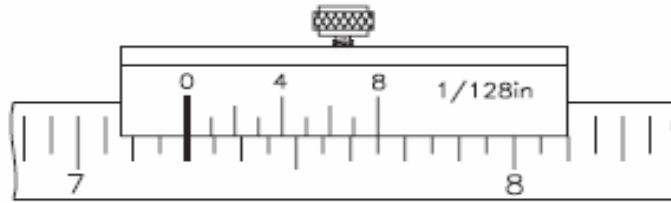
Cada pulgada del calibrador en la escala fija se divide en 16 partes, es decir, en dieciseisavos de pulgada (1/16"), los cuales, para su lectura, se simplifican a su mínima expresión, como se muestra en la siguiente figura:



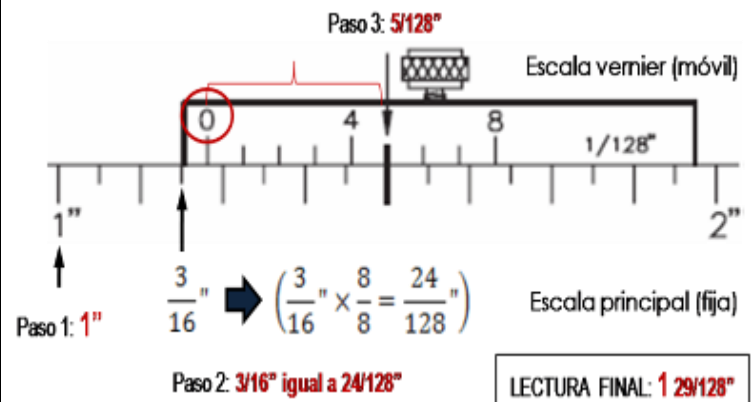
Cada división en la escala vernier tiene un valor de: $\frac{1}{128}$ "

- Ejercicio N° 1

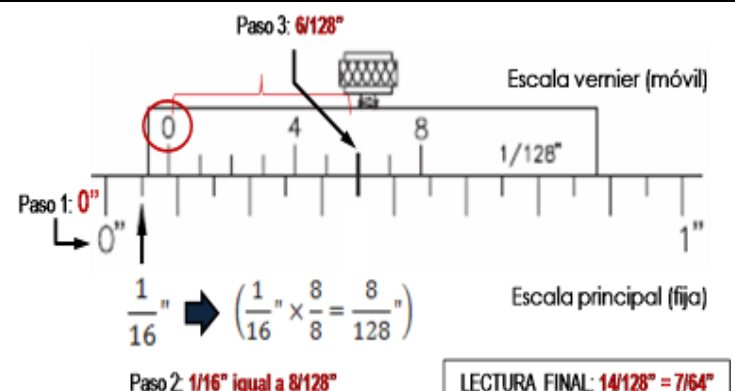
Lectura = $7\frac{1}{4}$ "



- Ejercicio N° 2

		LECTURA	
1"	Escala fija (P-1)	1"	
$\frac{3}{16}$ "	Escala fija (3 por 8 = 24/128) (P-2)	$\frac{5}{128}$ "	Escala vernier (5 líneas) (P-3)
<p>Paso 1: 1"</p> <p>Paso 2: $\frac{3}{16}$" igual a $\frac{24}{128}$"</p> <p>Paso 3: $\frac{5}{128}$"</p> <p>LECTURA FINAL: $1\frac{29}{128}$"</p>		$1\frac{29}{128}$ "	Lectura final


- Ejercicio N° 3

LECTURA			
0"	Escala fija (P-1)	0"	
$\frac{1}{16}$ "	Escala fija (1 por 8 = 8/128) (P-2)	$\frac{6}{128}$ "	Escala vernier (6 líneas) (P-3)
<p>Paso 1: 0"</p> <p>Paso 2: $\frac{1}{16}$" igual a $\frac{8}{128}$"</p> <p>Paso 3: $\frac{6}{128}$"</p> <p>LECTURA FINAL: $\frac{14}{128}$" = $\frac{7}{64}$"</p>		$\frac{7}{64}$ "	Lectura final

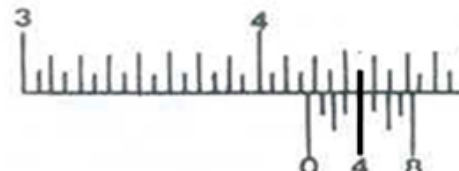
- Ejercicio N° 4

Ejercicios de verificación

Realice la lectura y escriba la medida correspondiente a cada imagen que se muestra de un calibrador con resolución de $1/128''$.



Lectura: _____ pulg.



Lectura: _____ pulg.

3.3. Tornillo micrométrico (palmer)

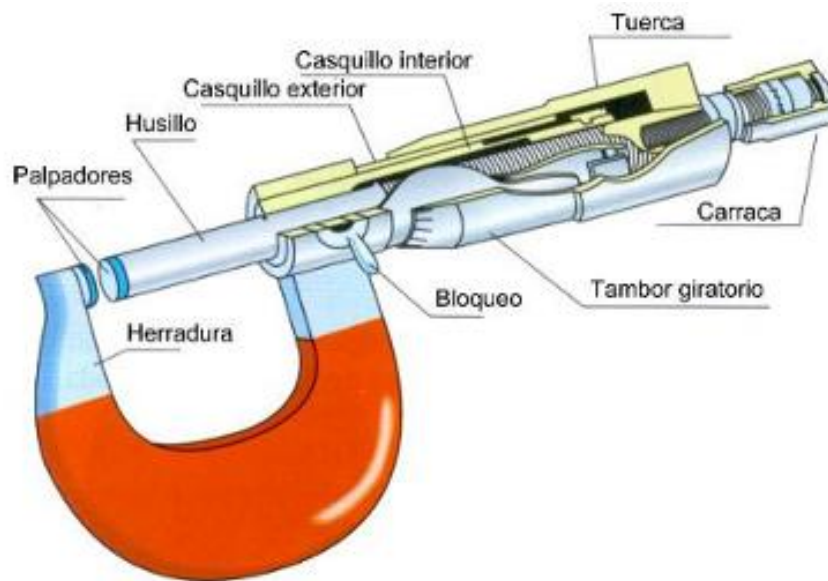
El micrómetro es un dispositivo ampliamente usado en ingeniería mecánica, para medir con precisión grosor, medidas internas, externas y profundidades. Los micrómetros tienen varias ventajas respecto a otros instrumentos de medida como el vernier: son fáciles de usar y sus lecturas son consistentes.

Del griego micros, pequeño, y metros, medición, también llamado Tornillo de Palmer, sirve para medir las dimensiones de un objeto con alta precisión, del orden de centésimas de milímetros y de milésimas de milímetros.

Para ello cuenta con dos puntas que se aproximan entre sí mediante un tornillo de rosca fina, el cual tiene grabado en su contorno una escala. La escala puede incluir un Nonio. La máxima longitud de medida del micrómetro de exteriores es de 25 mm por lo que es necesario disponer de un micrómetro para cada campo de medidas que se quieran tomar (0-25 mm), (25-50 mm), (50-75 mm), etc.

Frecuentemente el micrómetro también incluye una manera de limitar la torsión máxima del tornillo, dado que la rosca muy fina hace difícil notar fuerzas capaces de causar deterioro de la precisión del instrumento.

3.3.1. Partes principales



- a. **Palpadores:** Sirven de apoyo para la pieza a ser medida, para eso precisan ser rigurosamente planos y paralelos, en algunos instrumentos, son de metal duro de alta resistencia al desgaste.
- b. **Herradura:** Construido de acero especial fundido, tratado térmicamente para liberar tensiones.
- c. **Aislante térmico:** Fijado al arco, evita su dilatación, porque aísla la transmisión de calor, desde las manos al instrumento.
- d. **Tambor giratorio:** Construido de acero especial templado, para garantizar exactitud en el paso de la rosca, en este lugar se encuentra la escala centesimal, el gira ligado al tornillo micrométrico, así por cada vuelta del tambor, el desplazamiento es igual al paso del tornillo.
- e. **Carraca (tuerca de ajuste- chicharra):** Permite el desplazamiento del tornillo micrométrico y su ajuste cuando es necesario, asegura una presión constante y adecuada de medición.
- f. **Bloqueo (freno):** Permite inmovilizar el tornillo.

3.3.1.1. Lectura del Micrómetro

Todos los tornillos micrométricos empleados en el sistema métrico decimal tienen una longitud de 25 mm con un paso de rosca de 0,5 mm de modo que girando el tambor una vuelta completa el palpador avanza o retrocede 0,5 mm.

El micrómetro tiene una escala longitudinal, línea longitudinal que sirve de fiel, que en su parte superior presenta las divisiones de milímetros enteros y en la inferior las de los medios milímetros, cuando el tambor gira deja ver estas divisiones.

En la superficie del tambor tiene grabado en toda su circunferencia 50 divisiones iguales, indicando la fracción de vuelta que ha realizado, una división equivale a 0,01 mm.

Para realizar una lectura, nos fijamos en la escala longitudinal, sabiendo así la medida con una apreciación de 0,5 mm, el exceso sobre esta medida se ve en la escala del tambor con una precisión de 0,01 mm.

43

- **Ejemplo 1**

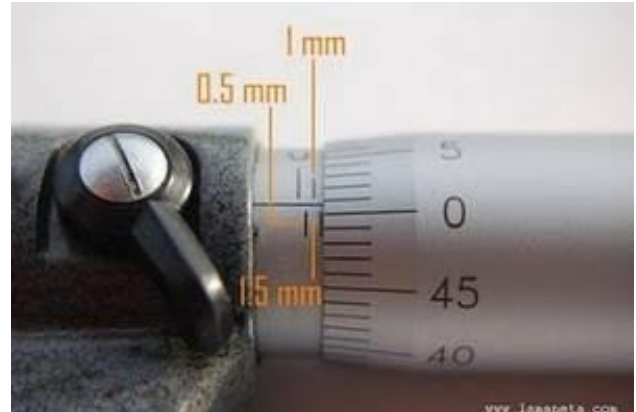
En la siguiente fotografía se ve un micrómetro donde en la parte superior de la escala longitudinal se ve la división de 5 mm en la parte inferior de esta escala se aprecia la división del medio milímetro.



En la escala del tambor la división 28 coincide con la línea central de la escala longitudinal, luego la medida realizada por el micrómetro es: $5 + 0,5 + 0,28 = 5,78$.

- **Ejemplo 2**

La escala se divide en dos partes, una horizontal y otra vertical, la primera mide de 0,5 mm en 0,5 mm la escala vertical mide centésimas de milímetro, una vuelta completa del manguito significa medio milímetro, como está dividido de 0 a 50, cada rayita significa una centésima de milímetro.



- **Ejemplo 3**

4,50 mm, En el dial horizontal hay 5 líneas que dan un total de 4,5 mm y como en el dial vertical está a 0 no sumamos nada.



- **Ejemplo 4**

1,00 mm, dos rayitas por 0.5mm cada una nos da un 1 mm y 0 centésimas por la escala vertical.



- **Ejemplo 5**

9,23 mm, Partimos de que se ve el numero 9 más 4 líneas superiores hacen 9 mm, ás 23 centésimas del indicador vertical nos da un total de 9,23 mm.



4. CRÉDITOS

Fecha	Proceso	Autores
02/05/2014	Elaboración	Sebastián Calderón R. Ingeniero Ejecución en Metalurgia Extractiva Diplomado en Gestión en Educación Superior Jefe de Proyectos Centro Tecnológico Minero S.A.
02/05/2014	Revisión	Jescica Püschel O. Diseñadora Instruccional
02/05/2014	Aprobación	Yuri Tobar B. Ingeniero en Minas Gerente de Operaciones Centro Tecnológico Minero S.A.
05/05/2014	Formalización y/o publicación	Documento en formato impreso y digital.

5. ANEXOS

5.1. Anexo 1: Léxico

Para poderse entender la metrología, los metrologos utilizan un léxico acordado internacionalmente por medio del Vocabulario Internacional de Metrología, VIM; algunas de las definiciones más usuales se dan a continuación.

1. **Magnitud (medible):** Atributo de un fenómeno, de un cuerpo o de una sustancia, que es susceptible de distinguirse cualitativamente y de determinarse cuantitativamente.
2. **Magnitud de base:** Una de las magnitudes que, en un sistema de magnitudes, se admiten por convención como funcionalmente independientes unas de otras.
3. **Magnitud derivada:** Una magnitud definida, dentro de un sistema de magnitudes, en función de las magnitudes de base de dicho sistema.
4. **Dimensión de una magnitud:** Expresión que representa una magnitud de un sistema de magnitudes como el producto de potencias de factores que representan las magnitudes de base de dicho sistema.
5. **Magnitud de dimensión uno (adimensional):** Magnitud cuya expresión dimensional, en función de las dimensiones de las magnitudes de base, presenta exponentes que se reducen todos a cero.
6. **Unidad (de medida):** Una magnitud particular, definida y adoptada por convención, con la cual se comparan las otras magnitudes de igual naturaleza para expresarlas cuantitativamente en relación a dicha magnitud.
7. **Unidad (de medida) de base:** Unidad de medida de una magnitud de base en un sistema dado de magnitudes.
8. **Valor (de una magnitud):** Expresión cuantitativa de una magnitud en particular, generalmente bajo la forma de una unidad de medida multiplicada por un número.
9. **Medición:** Conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar el valor de una magnitud.
10. **Mensurando:** Magnitud dada, sometida a medición.

11. **Exactitud de medición:** Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero (o real) de lo medido (el mensurando).
12. **Repetibilidad (de los resultados de mediciones):** Grado de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas de un mismo mensurando, llevadas a cabo totalmente bajo las mismas condiciones de medición.
13. **Reproducibilidad:** Grado de concordancia entre los resultados de las mediciones de un mismo mensurando, llevadas a cabo haciendo variar las condiciones de medición.
14. **Incertidumbre:** Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que, con fundamento, pueden ser atribuidos al mensurando.
15. **Medida materializada:** Dispositivo destinado a reproducir o a proveer de forma permanente durante su empleo, uno o varios valores conocidos de una magnitud dada.
16. **Patrón:** Medida materializada, aparato de medición, material de referencia o sistema de medición, destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para servir de referencia. Los patrones pueden ser internacionales (reconocidos por acuerdo internacional) y nacionales (reconocidos por acuerdo nacional).
17. **Trazabilidad:** Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón de estar relacionado a referencias establecidas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena continua de comparaciones, todas ellas con incertidumbres establecidas.
18. **Material de referencia (MR):** Material o sustancia que tiene uno (o varios) valor(es) de su(s) propiedad(es) suficientemente homogéneo(s) y bien definido(s) para permitir su utilización como patrón en la calibración de un aparato, la evaluación de un método de medición o la atribución de valores a los materiales.
19. **Material de referencia certificado (MRC):** Material de referencia provisto de un certificado, para el cual uno o más valores de sus propiedades está certificado por un procedimiento que establece su enlace con una realización exacta de la unidad bajo la cual se expresan los valores de la propiedad y para el cual cada valor certificado cuenta con una incertidumbre a un nivel de confiabilidad señalado.

5.2. Anexo 2: Tablas de conversión de unidades

LONGITUD					
metro m	milímetro mm	pulgada in (")	pie ft	yarda yd	milla (statute) mi
1	1000	39,3700787	3,2808399	1,0936133	0,00062137
0,001	1	0,0393701	0,0032808	0,0010936	0,00000062137
0,0254	25,4	1	0,08333	0,02777	0,000015782
0,3048	304,8	12	1	0,333	0,00018939
0,9144	914,4	36	3	1	0,00056818

SUPERFICIE					
metro cuadrado m ²	hectárea ha	pulgada cuadrada in ²	pie cuadrado ft ²	yarda cuadrada yd ²	acre
1	0,0001	1550,0031	10,76391	1,19599	0,00024711
10000	1	15500031	107639,1	0,0001196	2,4710538
0,0006,4516	0,00000006451	1	0,006944	0,0007716	0,00000015942
0,09290304	0,000009290351	144	1	0,111	0,000022957
0,8361274	0,000083613	1296	9	1	0,00020661
4046,856	0,4046856	6272640	43560	4840	1

VOLUMEN					
metro cúbico m ³	litro dm ³	pie cúbico ft ³	galón (USA) gal	galón imperial (GB) gal	barril de petróleo bbl (oil)
1	1000	35,3146667	264,17205	219,96923	6,2898108
0,001	1	0,0353147	0,2641721	0,2199692	0,0062898
0,0283168	28,3168466	1	7,4805195	6,2288349	0,1781076
0,0037854	3,7854118	0,1336806	1	0,8326741	0,0238095
0,0045461	4,5460904	0,1635437	1,20095	1	0,028594
1589873	158987295	56145833	42'	34,9723128	1

1 gal (USA) = 3,78541 dm³
1 ft³ = 0,0283 m³

UNIDADES DE PRESION					
kilopascal kN/m ²	atmósfera técnica Kgf/cm ²	milímetro de c. Hg (0°C)	metros de c. agua (4°C)	libras por pulgada ² lib/in ²	bar 100000 Pa
kPa	atm	mm Hg	m H ₂ O	psi	bar (hpz)
1	0,0101972	7,5006278	0,1019745	0,1450377	0,01
98,0665	1	735,560217	1000028	14,2233433	0,980665
0,1333222	0,0013595	1	0,0135955	193367	0,0013332
9,8063754	0,0999972	73,5539622	1	1,4222945	0,0980638
6,8947573	0,070307	51,7150013	0,7030893	1	0,0689476
100	1,0197162	750,062679	10,1974477	14,5037738	1

1 in H₂O (60°F = 15,55°C) = 0,248843 kPa
in H₂O (60°F=20°C)=0,248641 kPa
1 atmósfera física (Atm)= 101,325 kPa=760 mm Hg
in Hg (60°F=20°C)=3,37685 kPa
1 Torr= (101,325/760) kPa

ENERGIA (Calor y Trabajo)					
Kilocaloría	kW/hora	Horse power/hora USA 550 ft.lbf/seg	Caballo/hora 75 m.Kgf/seg	Kilocaloría (IT) Kcal(IT)	British Thermal Unit Btu (IT)
kJ	kWh	hp. h	CV.h	Kcal (IT)	Btu (IT)
1	0,0002777	0,000372506	0,000377673	0,2388459	0,9478171
3600	1	1,3410221	1,3596216	859,84523	3412,1416
2684,5195	0,7456999	1	1,0138697	641,18648	2544,4336
2647,7955	0,7354988	0,9863201	1	632,41509	2509,6259
4,1868	0,001163	0,00155961	0,00158124	1	3,9683207
1,0550559	0,000293071	0,00039301	0,000398466	0,2519958	1

1 termia = 1000 Kca
 1 therm = 100.000 Btu
 1 But (IT) = 1055,0558 J
 1 kilogramo fuerza.metro (m.Kgf) = 0,00980665 kJ
 IT se refiere a las unidades definidas en International Steam Ta

MACROUNIDADES ENERGETICAS					
Terajulio	Gigavatio hora	Teracaloría (IT)	Ton. equivalente de carbón	Ton. equivalente de petróleo	Barril de petróleo día-año
TJ	GW h	Tcal (IT)	Tec	Tep	bd
1	0,2727	0,2388459	34,1208424	23,8845897	0,4955309
3,6	1	0,8598452	122,8350326	85,9845228	1,7839113
4,1868	1,163	1	142,8571429	100	2,0746888
0,0293076	0,008141	0,007	1	0,7	0,0145228
0,041868	0,01163	0,01	1,4285714	1	0,0207469
2,0180376	0,560568	0,482	68,8571429	48,2	1

POTENCIA					
Kilowatio	Kilocaloría/hora	Btu (IT)/hora	Horse power (USA)	Caballo vapor métrico	Tonelada de refrigeración
kW	Kcal (IT)/h	Btu (IT)/h	hp	CV	
1	859,84523	3412,1416	1,3410221	1,3596216	0,2843494
0,001163	1	3,9683207	0,0015596	0,0015812	0,0003307
0,00029307	0,2519958	1	0,00039301	0,00039847	0,000083335
0,7456999	641,18648	2544,4336	1	1,0138697	0,2120393
0,7354988	632,41509	2509,6259	0,9863201	1	0,2091386
3,5168	3023,9037	11999,82	4,7161065	4,7815173	1

1 caballo vapor (métrico) = 75 m kgf/seg = 735,499 W
 1 Horse power (USA) mecánico = 550 ft lbf/seg

TEMPERATURA
Temperatura en °C = (°F -32)/1,8
Temperatura en °F = 1,8 °C + 32
Temperatura en °K = °C + 273,14