

S.E.P.

S.E.S.

D.G.E.S.T.

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TIJUANA



Reporte Anual del periodo Sabático

Del 15 de agosto de 2016 al 15 de agosto de 2017

Opción: Elaboración de Libro de Texto:

“Metrología y Normalización”

M.C. Jorge Ignacio Serrano Vargas

Dedicatoría

A mi familia Serrano Martínez, sabiendo que jamás existirá una forma de agradecerles una vida de lucha, sacrificios y esfuerzos constantes; sólo deseo que comprendan que mi logro es suyo y que mi esfuerzo es inspirado en ustedes.

Agradecimiento

Mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas y compañeros que de alguna forma directa e indirectamente, con su ayuda y apoyo recibido a lo largo de estos años han colaborado en la realización del presente trabajo.

Un agradecimiento especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos del Instituto Tecnológico de Tijuana, Cenam y Amistades.

A todos ellos, muchas gracias.

CONTENIDO

Dedicatoría	2
Agradecimientos	3
Tabla de contenido	4
Introducción	7
Unidad I.-Normalización	9
1.1 Definición y conceptos de Normalización	10
1.2 Espacio de la normalización	21
1.3 Esquema mexicano de normalización	30
1.4 Fundamentos legales	33
1.5 Normas oficiales mexicanas NOM	37
1.6 Norma mexicana NMX	40
1.7 Organismo de normalización y certificación	41
1.8 La certificación de normas técnicas de competencia laboral	46
1.9 Normas sobre metrología	48
1.10 Sistema metrológico y su relación con el sistema de calidad	52
1.11 Acreditación de laboratorios de prueba	58
Unidad 2.-Metrología	68
2.1 Antecedentes	69
2.2 Conceptos básicos	81
2.3 Usos de los sistemas internacionales de medida	88
2.4 Sistemas de medición, temperatura, presión, torsión y esfuerzos mecánicos	97
2.5 Diferencias, ventajas y desventajas de instrumentos analógicos	105

digitales	
2.6 Campos de la aplicación de la metrología	110
2.7 Metrología dimensional: Generalidades, dimensiones y tolerancias geométricas, definiciones, sistema ISC de tolerancias, cálculo de ajuste y tolerancias	117
2.8 Tipos de errores: definición, impacto en la medición, clasificación, causas de los errores, frecuencias en la medición, estudios de R y R	180
2.9 Instrumentos de medición directa	200
• Clasificación de los instrumentos de medición	
• Instrumentos de medición analógica y digital	
• Calibrador Vernier	
• Micrómetro	
• Comparadores de caratula	
• Bloques patrón	
• Calibrador pasa no pasa	
• Calibrador de altura	
2.10 Rugosidad	233
• Características	
• Tipos de medición de rugosidad	
Unidad.-3	241
3.1 Introducción a la óptica	242
3.2 Óptica geométrica	250
3.3 Óptica física	260
3.4 Diferencia, ventajas y desventajas de instrumentos analógicos y digitales	268

3.5 Instrumentos ópticos	271
3.6 Instrumentos mecánicos	278
3.7 Medidores de presión	283
3.8 Medidores de torsión	289
3.9 Medidores de esfuerzo	289
3.10 Medidores de dureza	292
3.11 Instrumentos de medición por coordenadas (x,y,z)	296
Bibliografía	308

Introducción

Objetivos

La característica principal es la elaboración de un libro de texto de Metrología y Normalización es la de ser un apoyo didáctico, que permita al alumno comprender e interpretar la importancia que tiene la Metrología y Normalización en la vida diaria, en donde se regulan las actividades desempeñadas por los sectores tanto privado como público, en materia de salud, medio ambiente, ecología, seguridad, riesgos, manufacturas, información comercial, prácticas de comercio, industrial y laboral.

Debido a la estrecha relación entre los alumnos de ingeniería y la importancia de la metrología; asimismo los perfiles de competencias más demandados por la industria que están orientados a la Investigación y al crecimiento de la misma le permitirán al alumno comprender con mayor facilidad los objetivos principales concernientes al conocimiento y la aplicación de la metodología en el uso y manejo de los instrumentos de medición así como las técnicas que se utilizan para controlar las especificaciones requeridas, acorde a las normas de calidad nacionales e internacionales.

Esta forma de apuntes le transmitirá al alumno el conocimiento, sensibilización, interpretar y resolver las oportunidades de su entorno profesional.

Los objetivos primordiales del material didáctico para la enseñanza que se contempla para la primera unidad es la de facilitar el acceso de los conceptos de Normalización, brindando una guía para interpretarla y ponerla en práctica, mediante actividades de investigación de los antecedentes, la aplicación en casos prácticos, conocer el funcionamiento y regulaciones de los organismos certificadores de los laboratorios de metrología y a la vez analizar los fundamentos legales que maneja la ley Federal de Metrología y Normalización.

Con respecto a los objetivos en la segunda unidad sería la de interpretar apropiadamente cada uno de los conceptos de la Metrología Geométrica y Dimensional lineal-angular en el plano, mostrando el tamaño, la forma y localización de las características de la parte mediante la simbología normalizada y la de adquirir los conceptos fundamentales, conocimientos de metrología dimensional, causas de

error, medición e interpretación, calibración de instrumentos y manejo (calibradores, micrómetros, comparadores, otros). También la de verificar los resultados de las mediciones y la interpretación del plano en piezas mecánicas conforme a las especificaciones.

Finalmente los objetivos que se persiguen en la tercera unidad serán: la aplicación de los conceptos de la óptica física y geométrica que se emplean en los componentes de un equipo. Analizando el comportamiento de la luz al pasar a través de diferentes medios físicos.

Unidad I

Normalización

1.1 Definición y conceptos de Normalización

Antecedentes

Al analizar la historia de la humanidad se observa una sucesión de cambios por mejorar la calidad de vida. Por tal motivo se pone de manifiesto que el presente trabajo presenta un panorama histórico general de cada una de las aportaciones de la Metrología y Normalización en diferentes contextos, en donde se evidencian el antes y después de la revolución industrial hasta nuestros tiempos.

Algunos aspectos que se interrelacionan son los siguientes: los idiomas, el comercio, las costumbres, la escritura, las pesas, la calidad y sobre todo lo concerniente a las medidas, todo esto se ve reflejado en la economía, en lo social y culturales de cada país. Por tal motivo las necesidades de todas las comunidades ha traído como consecuencia una serie de problemática y malos entendidos en la línea del tiempo por una falta de establecimiento de reglas o normas que armonicen las relaciones en cada una de las comunidades por lo que han intentado en superar los desacuerdos mediante un consenso de simplificación de cada uno de los aspectos mencionados como resultado de acuerdos entre las organizaciones de cada región.

Como antecedentes se encuentran bastos vestigios en diferentes lugares y tiempos que a continuación se expondrá los más significativos: se inicia desde los albores de la humanidad, se vio la necesidad de disponer y normalizar un sistema de medición para los intercambios de mercancías, se presentaron problemas de convivencia si no había un sistema de medidas aceptado por todos. Por eso, y para facilitar los intercambios, los gobernantes intentaban fijar los patrones de las unidades de medida, consiguiéndose que algunos de ellos perdurasen durante mucho tiempo.

En 1776, es publicada la obra de nombre La riqueza de las naciones por Adam Smith por lo cual es considerado el padre de la Economía Política, redacta la obra que trata sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones.

En 1780 la historia reconoce al personaje Eli Whitney como el padre de la normalización. Se dice que dividió las partes de los mosquetes de aquellos tiempos, subdividió el proceso productivo en varias fases formando grupos para cada parte y para luego ensamblarlas, consiguiendo la intercambiabilidad de partes y la rapidez de producción en Estados Unidos.

En 1875 se estable el sistema métrico decimal como sistema universal que tuvo lugar en Paris Francia, contribuyo al desarrollo del intercambio comercial y científico, al normalizar una misma unidad de medida para la mayoría de los países participantes. Es importante señalar que hasta ese momento, existía en cada país un sistema de unidades diferente al del resto; incluso, un mismo nombre podía llegar a representar distintos valores en cada lugar.

A principios de los años 1900 la familia Gilbreth colaboró en el desarrollo del estudio de los movimientos como una técnica de la ingeniería y de la dirección. Frank Gilbreth estuvo muy interesado, hasta su muerte, en 1924, por la relación entre la posición y el esfuerzo humano. Fueron pioneros de los filmes de movimientos estándar para el estudio de obreros y de tareas, desarrollaron el estudio de micro movimientos, descomposición del trabajo en elementos fundamentales llamados therbligs.

En 1911 Federick W. Taylor es considerado el padre de la Dirección Científica y de la Ingeniería Industrial. Mecánico estadounidense, que inicio investigaciones sobre la normalización de los métodos de trabajo y fue el primer especialista que desarrollo una teoría integrada de los principios y metodología de la dirección. Durante este periodo aparece Harrington Emerson. Dentro de los principales aportes de este ingeniero industrial estadounidense está el plan Emerson de primas por eficiencia, un plan de incentivos que garantiza un sueldo diario de base y una escala de primas graduadas y promovió los doce principios de eficiencia de Emerson que son: Ideales claramente definidos, sentido común, consejo competente, disciplina, honradez, registros fiables, distribución de órdenes de trabajo, estándares y programas, condiciones estándares, operaciones estándares, instrucción practica estándares escrita, operaciones estándares, instrucciones practica estándares escrita, premios de eficiencia.

En 1913 aparece otro personaje de nombre Henry L. Gantt con su principal aporte a la Ingeniería Industrial es la gráfica de Gantt, que consiste en un diagrama

en el cual el eje horizontal representa las unidades del tiempo que cada una de ellas demanda. Estudió la Dirección Científica con mucha más visión humanística que Taylor, quien estaba interesado fundamentalmente en las características técnicas y científicas del trabajo en la industria.

Durante la segunda guerra mundial se sufrió aún más los problemas por la falta de normalización, una vez terminada la conflagración y bajo el espíritu de las naciones unidas para crear canales de comunicación que favorecieran el entendimiento entre los países, se logró crear organizaciones para distintos propósitos: el GATT para regular el comercio, la UNCTAD para favorecer el desarrollo, la UNESCO para la educación y otras.

En este contexto, el 14 de octubre de 1946 se reunieron en Londres 25 países que deseaban establecer un organismo oficial para definir las normas que hicieran posible el intercambio de productos. Acordaron fundar la Organización Internacional para la Normalización (International Organization for Standardization, sus siglas IOS, pero la cambiaron y eligieron ISO por el significado "Igualdad" en griego. Este organismo comenzó a funcionar en 1947 y la sede fue en Ginebra, Suiza. Se formó mediante comités técnicos y su labor inicial fue la de emitir normas básicas que tuvieran alto impacto en la mayoría de los sectores industriales. Es importante enfatizar que las normas ISO se crearon para ofrecer una orientación, coordinación, simplificación, unificación para conseguir reducir los costos e incrementar la normalización de productos y servicios para las organizaciones internacionales; es decir, las normas que se implanten en cada uno de los países deberán homogenizarse para que los productos puedan competir entre sí. Lo que se pretende conseguir es que las normas ISO sean un elemento único en cuanto a la importancia que tienen las relaciones de confianza entre los clientes y los proveedores.

En 1959 el departamento de defensa de los Estados Unidos emite las normas militares MIL-Q-9858 con el propósito de unificar requerimientos con sus proveedores.

En 1918 se formó en Estados Unidos el Instituto de Estandarización y en 1969 obtiene el nombre de ANSI (American National Standards Institute-Instituto Nacional Americano de Estándares). Este organismo está encargada de estandarizar ciertas

tecnologías en Estados Unidos y es miembro fundador de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).

A mediados de 1969 la organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) adopta las normas militares para crear las suyas con el nombre Aseguramiento de Calidad de los Aliados (AQAP). En 1970 el departamento de defensa del Reino Unido adopto AQAP para sus normas de gestión

El surgimiento de la familia ISO 9000 se constituye oficialmente el TC 176 en el año de 1979 en Ottawa Canadá, que habría de encargarse de formular las normas necesarias para los sistemas de calidad. El comité trabajo ocho años homologando los distintos enfoques y requerimientos hasta que, 1987, se publicó por primera vez la Norma de aseguramiento de calidad

Nuestro país adopta la normatividad ISO-9000 en 1990, estableció inicialmente las normas NOM-CC, sin embargo a raíz de los estudios realizados por la DGN / SECOFI en 1992 se decidió cambiar la nomenclatura por NMX. Esto obedece a que las NOM son obligatorias y aplicables por sectores, mientras que las NMX son de cumplimiento voluntario. En el mismo año, es promulgada la ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), en la cual describe el esquema mexicano de normalización, dando, por primera vez, el respaldo legal para que el sector privado pudiera promoverlos. Esta ley fortaleció la estructura que se tenía en nuestro país enfocada a la promoción, verificación y certificación de calidad, surgiendo así el organismo de normalización para la emisión de normas voluntarias MNX, realizando las evaluaciones correspondientes mediante unidades de verificación privadas y organismo de certificación del producto, sistema y personal acreditados (Organismos de Evaluación de la Conformidad).

Importancia de la Normalización

Es sumamente vital continuar con el desarrollo de la Normatividad en nuestro país y ser constante en la aplicación de las metodologías de la mejora continua para mejorar el desempeño de la calidad y la competitividad como parte esencial de las exigencias y para dar respuestas a esta exigencia de la comunidad tanto local como internacional, sin embargo en la actualidad aún falta más quehacer por nuestro entorno. Debido al reflejo de lo que está ocurriendo en la actualidad en el país; los

organismos de control y autoridades se encuentran ante una renuencia al cambio de la mejora en un proceso de estandarización. Debido a que se han encontrado ausencia de valores, políticas, falta de disciplina, y visión para encabezar un plan efectivo de mejora y que son aspectos vitales de la normalización y de sus aplicaciones en beneficios para cada país.

A continuación se muestran algunos casos reales tanto en nuestro país como en el extranjero donde se muestran antecedentes y la realidad actual. Es importante concientizar y sensibilizar a todos los agentes que están involucrados en la normalización y los controles efectivos en todos los ámbitos. Algunos de estos casos ya se resolvieron con consecuencias fatales y de pérdidas totales, otros están en proceso y falta mucho que hacer por nuestros gobiernos, organizaciones y organismos de control.

Acontecimiento Drástico en Estados Unidos

En la ciudad de Baltimore en 1904, se presentó un incendio de gran magnitud, llamaron a los bomberos de varias ciudades cercanas ya que no tenían la capacidad para sofocar el evento de gran magnitud y para descubrir que las boquillas de sus mangueras no podían ser conectadas debido a la gran variedad de diámetros. Debido a ello tuvieron que limitarse a ver como la ciudad era arrasada. A partir de entonces se fijaron medidas uniformes normalizando las especificaciones de las boquillas en todo el país estadounidense.

Área de Servicios en México-Estados Unidos

Recordemos el caso de las videocaseteras en la época en la que había necesidad de tener dos equipos, uno para Betamax y otro para VHS. Finalmente, el mercado eliminó a uno y le permitió sobrevivir a VHS. En este caso la falta de disponibilidad de películas de estreno y el costo no fue suficiente para que se mantuviera en el mercado Betamax. Ya que este grupo solamente se enfocó a la calidad y se olvidó de las necesidades del mercado.

Servicio del transporte Aéreo en México

A finales del siglo XX, en un trabajo de consultoría se encontró una empresa de aviación que no podía optimizar sus almacenes de refacciones porque había comprado equipo de marcas diferentes: Boeing, McDonnell, Fokker, Airbus y ATR42. La falta de conocimiento de los sistemas, las normas diferentes, los materiales, las partes y componentes y especificaciones de cada empresa hicieron verse en un caos drástico en el manejo de materiales y su mantenimiento. En la actualidad se sigue presentando este caso en varios estados de nuestro país, en donde las grandes inversiones los llevan a la bancarrota y situaciones de alto riesgo.

Planeación y Control de los Domicilios en México

Una de las causas de desgaste emocional es la que consiste en circular por las calles de nuestro país en donde el sentido de la circulación no está indicada, o buscar un número y confiados en que descenden para luego descubrir que la numeración es errática tanto en el nombre de la calle como en la numeración, es una triste realidad que no se ve para cuando se resuelva.

Instalación de Letreros informativos en México

En la actualidad es muy común encontrar letreros, avisos, mantas en todas las regiones del país sin respetar la normatividad, al parecer existe ausencia de control y conocimiento de nuestras autoridades, encontrándose localizados en lugares sin previo estudio, análisis y sin la debida aprobación de algún organismo de normalización que esté al cargo de esta disposición. Como se dice en el argot popular la locación de los letreros los ponen en donde se les ocurre a las personas, no se aseguran, ni se verifica si se cumple con las normas de seguridad, no hay presencia en la supervisión de las condiciones en que se encuentran los letreros y en varios casos están tapados por los arboles, otros no cumplen las especificaciones, ya que se encuentran en el lugar incorrecto, fuera de la altura, otros impiden el paso del transeúnte y por ultimo, no respetan la normatividad de los colores. Es una triste realidad en la cual estamos inmersos toda la población ya que por otra parte no dan buena imagen nuestras autoridades al proyectar una falta y ausencia de normatividad en este aspecto y en otros tantos más.

Por falta de actualización en la normalización de los sistemas de medición de la NASA.

La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) envió a Marte la nave Mars Climate Orbiter en el periodo 1999, para estudiar los fenómenos atmosféricos de este planeta, luego de un viaje de 10 meses se dispuso a poner el satélite en un órbita a 200 km sobre la superficie de Marte, los instrumentos de navegación indicaban que la trayectoria de la nave la llevaron a una altura de 150 km, distancia aun aceptable. Pero la realidad fue que el satélite pasó a solo 60 km de la superficie. A esta altura la fricción con la atmosfera del planeta empezó a sacudirlo y calentarse demasiado y no resistió estas condiciones y se hizo pedazos, fue como el paso de una estrella fugaz que surco el cielo marciano. El error que encontraron fue que un programa de computadora encargado de controlar una de las maniobras de corrección de curso que hizo el satélite antes de llegar a Marte estaba diseñado para hacer cálculos con unidades de medida del Sistema Ingles. La NASA había pedido al fabricante que usara el Sistema Internacional de Unidades situación que no se llevó acabo y esta confusión del manejo de los Sistemas de Unidades le costó a la NASA 125 millones de dólares más la vergüenza ante toda la comunidad internacional.

Ausencia de la normatividad en los sistemas de control del peso de los vehículos de transporte de carga y la ausencia de control de la normatividad al trasladarse por los caminos y carreteras de México.

Para este caso en nuestro país se han presentado muchos casos de accidentes de tracto camiones, camiones de cajas cerradas, plataformas, con redilas, con doble remolque. Frecuentemente en las principales carreteras debido al exceso de peso, falta de control y supervisión por partes de las autoridades que no asumen la responsabilidad, malas condiciones de las carreteras, ausencia de letreros y falta de mantenimiento, pero sobre todo por exceso de la velocidad y ausencia en los controles de la vigilancia en la normatividad.

En función a los antecedentes se pone de manifiesto la importancia en nuestras vidas, la aplicación y mejorar las normas que apliquen en todas las áreas de la Ingeniería, científicas, industriales o económicas con el fin de ordenarlas y mejorar cada uno de sus entornos.

¿Qué es la Normalización?

Normalización es el proceso de formular, elaborar, mejorar y aplicar reglas o normas con el propósito de establecer un orden en una actividad específica, para beneficio y con la cooperación de todos los interesados y, en particular para la obtención de una economía óptima de conjunto, respetando las exigencias de funcionalidad, especificaciones y seguridad. La normalización pretende mejorar la calidad y la competitividad de los productos y servicios, así como facilitar a la industria, el gobierno, empresa, instituciones y organismos a la conquista de posiciones en el medio donde existan áreas de oportunidad que bien pudiera ser el mercado interno o en el exterior.

En la normalización se emplean los documentos elaborados por las entidades rectoras a nivel nacional o internacional, elaboradas sobre determinada disciplina del conocimiento, que pueden ser de estricto cumplimiento. Estos documentos son llamados Normas, que establecen un conjunto de reglas, disposiciones y requisitos de la normalización.

La Asociación Estadounidense para Pruebas de Materiales (ASTM), define el concepto de Normalización como el proceso de formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los involucrados.

Por otra parte es importante conocer la opinión de la Organización Internacional para la Normalización (ISO), el significado de Normalización lo define como el proceso de formular y aplicar reglas con el propósito de realizar en orden una serie de actividades específicas para el beneficio y la obtención de una economía de conjunto óptimo, teniendo en cuenta las características funcionales y los requisitos de seguridad.

¿Qué es una Norma?

La norma es un documento accesible al público que debe mostrar por escrito cada uno de los requerimientos, especificaciones técnicas, lineamientos o características establecidos por consenso y aprobado por un organismo reconocido a nivel Nacional o Internacionalmente el cual este certificado para la actividad de productos, servicios, sistemas, procesos, instalaciones, actividades o métodos de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

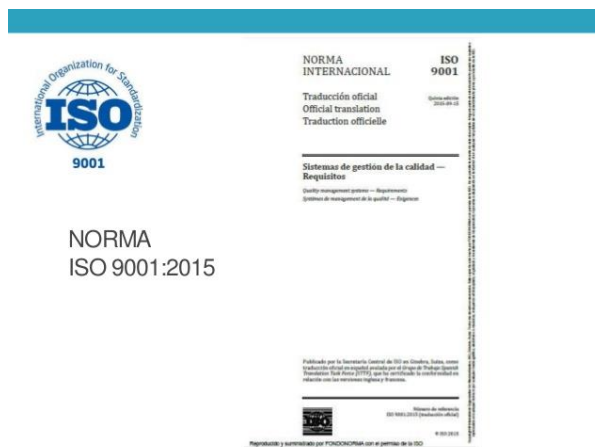


Figura 1. Norma Iso 9001:2015

¿Para qué sirven las Normas?

Las normas tienen su función que es la de asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios sean aptos para el propósito que fueron hechos, con la calidad y vida útil requeridos.

Especificación son la declaración exacta de las necesidades particulares que se deben cumplir o las características esenciales que el cliente requiere y que el proveedor debe entregar.

La especificación proviene de una necesidad física y funcional, generalmente es una información documentada de un producto o servicio requerido y acordado entre ambas partes.

Las especificaciones deben de mostrar por escrito la cantidad y sus unidades correspondientes según sea el caso y se deben de localizar en hojas de seguridad, etiquetas sobre los productos, instructivos, dibujos-planos y deben estar bien documentadas de manera que el cliente, el proveedor y determinados organismos constaten la veracidad y midan la conformidad de lo que se está adquiriendo. Siendo parte medular de las normas y deben de llenar los requisitos que enseguida se enumeran.

1. La especificación debe tener una relación directa con el uso que se le ha asignado al producto o servicio o con la fabricación o suministro.
2. Deben de especificar siempre los rangos de las tolerancias.
3. Deben preferirse las especificaciones cuantitativas a las cualitativas.
4. Las especificaciones deben de ser concretas, completas, inequívocas, explícitas, intangibles y sistemáticas.
5. Deben de omitirse requisitos irreales o contradictorios.
6. Cada especificación debe tener un método de comprobación.
7. Deben preferirse los métodos de comprobación a corto plazo, sobre la de larga duración, y los métodos no destructivos sobre los destructivos

Cooperativa Cañera de San Ramón R.L.		
Ficha Técnica		
Producto	Bebida en polvo sabor Té con limón con azúcar Fairtrade	
Descripción	Mezcla en polvo para preparar bebida con sabor Té limón	
Especificaciones técnicas		
Ingredientes en Porcentaje		
Azúcar Fairtrade 88-92 %		
Extracto de té 2-4%		
Ácido cítrico 2-4 %		
Citrato de sodio 1,5-3,5%		
Sabor limón 0,2-1%		
Dióxido de silicio 0,04 – 0,08 %		
Variables Microbiológicas		
Parámetro	Unidad	Especificación
Bacteria Mesofílica	UFC/10g	Máx. 1000
Levadura	UFC/10g	Máx. 100
Moho	UFC/10g	Máx. 100
Requerimientos		
Número de trazabilidad: requerido en cada empaque		
Almacenamiento y vida útil		
El producto se garantiza por 6 meses, en condiciones adecuadas de macenamiento, a una temperatura máxima de 25°C y humedad relativa máxima de 70%.		

Figura 2ª. Ejemplo de una especificación de una bebida.

ESPECIFICACIONES

HIGHLANDER



BLANCO PERLADO



PLATA



GRIS METÁLICO



NEGRO



ROJO



BRONCE



AZUL FRANCÉS



JADE

Pregunta en tu Distribuidor Toyota por la disponibilidad de combinaciones de color interior con exterior para cada versión.

Los vehículos Toyota tienen una garantía básica por 3 años o 60,000 kilómetros, lo que ocurra primero.

Garantía del tren motriz por 3 años o 60,000 kilómetros, lo que ocurra primero.

Garantía contra corrosión por perforación de componentes metálicos en la carrocería, por 5 años sin límite de kilometraje.

Este folleto es una referencia publicitaria. Las especificaciones y características de los vehículos pueden variar sin previo aviso. Para mayor información pregunta en tu Distribuidor Toyota más cercano. Las fotografías de los vehículos son sólo de referencia.

Fecha de impresión: febrero de 2017.



EQUIPO DE SERIE	LE	XLE	Limited Panoramic Roof	Limited Blu-ray
EXTERIOR				
Apertura y cierre eléctrico de la compuerta con altura regulable con memoria	-	-	-	-
Compuerta trasera tipo hatch	-	-	-	-
Compuerta trasera tipo hatch con apertura independiente del medallón	-	-	-	-
Desempañador eléctrico en espejos laterales	-	-	-	-
Detalles cromados en parrilla y defensa trasera	-	-	-	-
Equipo para arrastre	-	-	-	-
Espejos laterales eléctricos	-	-	-	-
Faros con encendido y apagado automático	-	-	-	-
Faros de niebla delanteros	-	-	-	-
Faros elipsoidales tipo proyector en luces bajas	-	-	-	-
Luces de cortesía en espejos laterales	-	-	-	-
Luces diurnas cancelables	-	-	-	-
Manijas del color de la carrocería	-	-	-	-
Parrilla negra con acentos cromados	-	-	-	-
Quemacocos eléctrico	-	-	-	-
Spoiler del color de la carrocería	-	-	-	-
Techo panorámico	-	-	-	-
INTERIOR				
Aire acondicionado automático de 3 zonas	-	-	-	-
Aire acondicionado manual de 3 zonas	-	-	-	-
Ajuste eléctrico en 4 posiciones para asiento de pasajero	-	-	-	-
Asiento del conductor de 6 posiciones con ajuste manual	-	-	-	-
Asiento del conductor de 8 posiciones con ajuste eléctrico	-	-	-	-
Asiento del conductor de 8 posiciones con ajuste eléctrico y memoria	-	-	-	-
Asientos de la 2a fila deslizables, reclinables y abatibles hasta quedar planos	-	-	-	-
Asientos de la 3a fila abatibles 60/40 tipo "Tilt Down"	-	-	-	-
Asientos delanteros con calefacción	-	-	-	-
Asientos delanteros con ventilación	-	-	-	-
Computadora de viaje con display en tablero	-	-	-	-
Control de la computadora de viaje al volante	-	-	-	-
Control de velocidad crucero	-	-	-	-
Controles de audio y Bluetooth® al volante	-	-	-	-
Espejo retrovisor electrocromático	-	-	-	-
Homelink (control universal de garage)	-	-	-	-
Pantalla multi-información táctil de 6.1"	-	-	-	-
Pantalla multi-información táctil de 8"	-	-	-	-
Sensores de reversa	-	-	-	-
Sistema de audio AM/FM/CD con reproductor para MP3 y WMA, 6 bocinas, 4 entradas USB y Mini Jack	-	-	-	-
Sistema de audio JBL® AM/FM/CD con reproductor para MP3 y WMA, 12 bocinas y amplificador, 4 entradas USB y Mini Jack	-	-	-	-
Sistema de entretenimiento con reproductor Blu-ray™, dos audífonos inalámbricos y control remoto	-	-	-	-
Sistema de navegación	-	-	-	-
Soporte lumbar eléctrico para el conductor	-	-	-	-
Vestiduras de piel	-	-	-	-
Vestiduras de piel perforada	-	-	-	-
Vestiduras de tela	-	-	-	-
Volante con ajuste de altura y profundidad	-	-	-	-
SEGURIDAD				
Alarma e inmovilizador	-	-	-	-
Asientos delanteros tipo WIL	-	-	-	-
Barra de protección contra impactos laterales	-	-	-	-
Bolsa de aire antideslizamiento para pasajero (1)	-	-	-	-
Bolsa de aire para rodillas en el asiento del conductor (1)	-	-	-	-
Bolsas de aire frontales de doble etapa para conductor y pasajero (2)	-	-	-	-
Bolsas de aire laterales integradas en asientos delanteros (2)	-	-	-	-
Bolsas de aire tipo cortina en las 3 filas de asientos (2)	-	-	-	-
Enfriador de aceite de motor	-	-	-	-
Espejos laterales con sistema de monitoreo de punto ciego (Blind Spot Monitor)	-	-	-	-
Sistema de absorción de impactos en el interior de los pilares y techo	-	-	-	-
Sistemas LATCH e ISO-FIX para sillas de niños	-	-	-	-
Smart Key	-	-	-	-

Especificaciones técnicas	LE	XLE	Limited Panoramic Roof	Limited Blu-ray
Motor	3.5 L V6, 24 válvulas, DOHC, WT-i Dual, ETCS-i, SEFI, 295 HP @ 6,200 rpm, 248 lb-pie @ 4,700 rpm			
Sistema de ignición	Ignición Directa Toyota (TDI)			
Transmisión	Automática secuencial de 8 velocidades con ECT-i y modo sport			
Sistema de tracción	Delantera, Vehicle Stability Control (VSC) mejorado + EPS, Traction Control (TRAC)			
Tren motriz	2WD			
Suspensión delantera	Independiente tipo McPherson con resortes helicoidales y barra estabilizadora			
Suspensión trasera	Independiente, doble horquilla con brazos tirados, resortes helicoidales y barra estabilizadora			
Dirección	Piñón y cremallera con asistencia eléctrica (EPS)			
Diámetro de giro	11.8 m			
Frenos	Sistema antibloqueo (ABS) con distribución electrónica de fuerza de frenado (EBD) y asistencia de frenado (BA)			
DIMENSIONES EXTERIORES (mm)				
Alto	1,730			
Ancho	1,925			
Largo	4,855			
Distancia entre ejes	2,790			
Entrevía (del. / tras.)	1,635 / 1,630			
DIMENSIONES INTERIORES (mm)				
Espacio para cabeza	1,034/1,013/913			
Espacio para cabeza con quemacocos	-	1,003/1,006/913	1,010/960/913	1,003/1,006/913
Espacio para hombros	1,507/1,513/1,398		1,507/1,499/1,398	
Espacio para piernas			1,123/976/703	
PESO Y CAPACIDADES				
Peso vehicular (kg)	1,925	1,955		1,975
Capacidad de carga (kg)	720	690		670
Tanque de combustible (L)	72.5			
Configuración de asientos	2 : 3 : 3		2 : 2 : 3	
Pasajeros	8		7	
Rines	Aluminio de 18"		Aluminio de 19" en color negro	
Llantas	P245/60 R18		P245/55 R19	
Llanta de refacción	Acero, P245/60 R18		Acero, P245/55 R19	

Figura 2b. Ejemplo de una especificación automotriz

1.2 Espacio de la normalización

El concepto de espacio de la normalización permite primero identificar y después definir a una norma por medio de su calidad funcional y apoyándose en varios atributos a la vez, las cuales están representados por tres ejes: aspectos, niveles y dominios de la normalización (Fig. 3). Este concepto de espacio tiene como único fin ilustrar tres atributos importantes de la problemática de la normalización. Es pertinente aclarar que ese espacio no puede tomarse como un espacio matemático de variables continuas ni discretas.

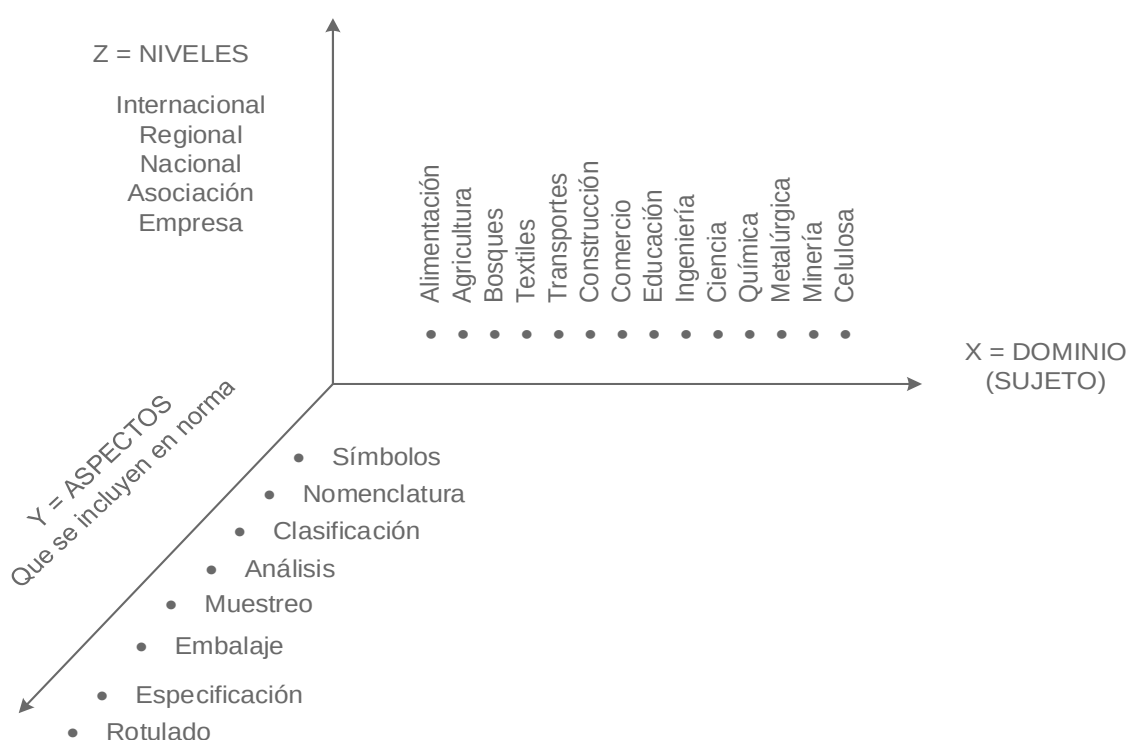
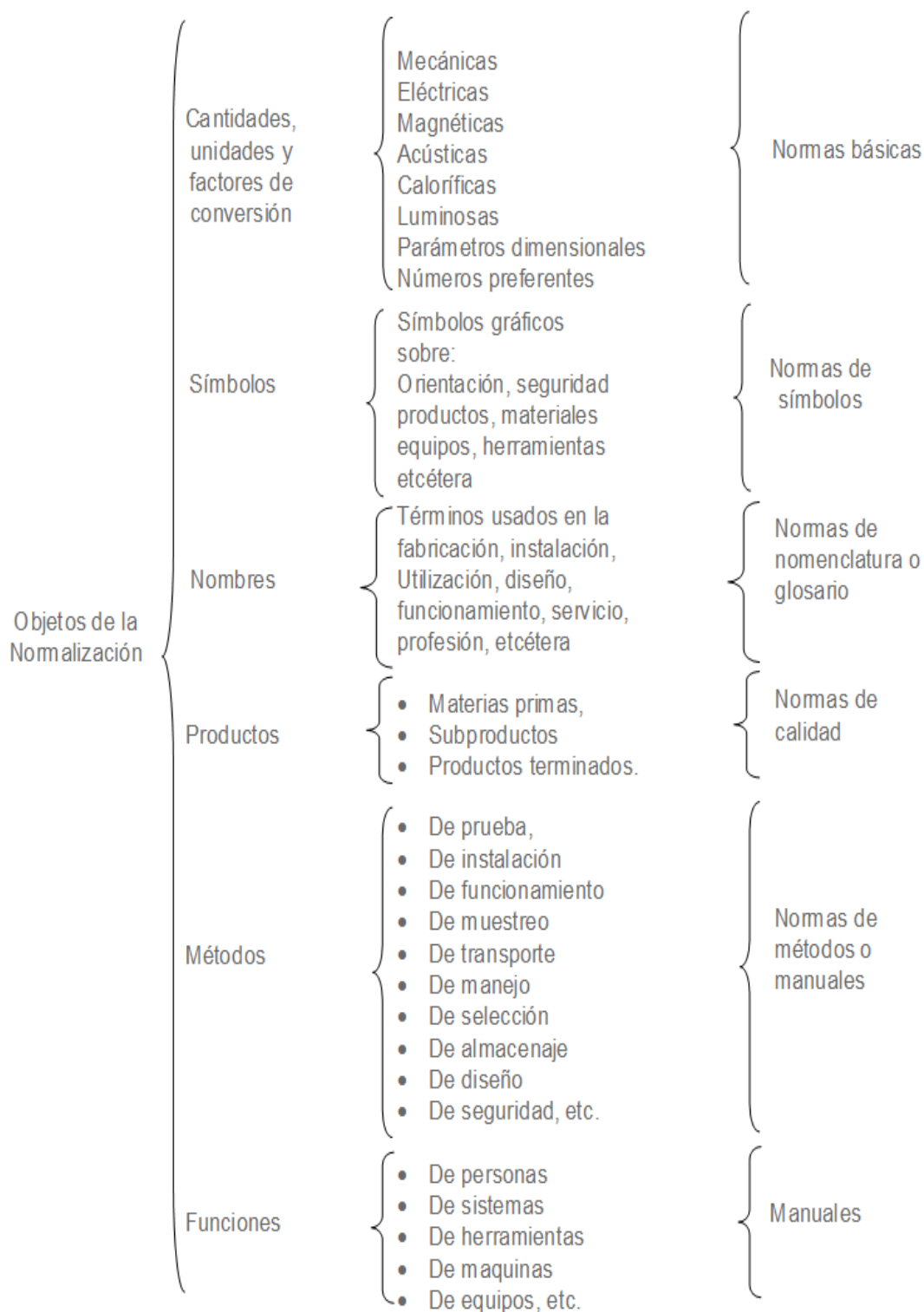


Figura 3. Espacio de la Normalización

Han sido propuesta varias modificaciones a este espacio, por ejemplo: se agregó la cuarta dimensión relacionada con el tiempo de estudio de la norma y su aplicación. Pero ninguna de estas cuatro dimensiones da una identidad que abarque su funcionalidad.



Existen otras dimensiones que influyen sobre la calidad funcional de una norma y por lo tanto, sobre la contribución de la normalización al progreso industrial y al bienestar de nuestra sociedad:

- El contenido tecnológico de las normas que él llama orientación tecnológica.
- La naturaleza de la interfaz considerada por la norma para la transferencia de tecnología, a la cual llama interfaz de transferencia.
- El sistema socio técnico-económico al cual pertenece la norma, a la cual llama status de sistema.

Dominio de la Normalización (eje X)

En este eje se encuentran las actividades económicas de una región, un país o grupo de países, por ejemplo: ciencia, educación, medicina, metalurgia, agricultura, industria alimentaria, fruticultura, etcétera.

Un objeto de la normalización puede pertenecer a más de un dominio, por ejemplo el papel pertenece a la industria del papel, a las de las artes gráficas, a la de la educación, a la de la publicidad, etcétera.

Aspectos de la normalización (eje Y)

Un aspecto de la normalización es un grupo de exigencias semejantes o conexas. La norma de un objeto puede referirse a un solo aspecto, por ejemplo: nomenclatura, símbolos, muestreo o definiciones; o bien puede contemplar varios aspectos, como es el caso general de Normas de producto, las cuales cubren definiciones, dimensiones, especificaciones, método de prueba, muestreo, etcétera.

Dado el problema de normalización que vamos afrontar, podemos situarlo en el espacio de la normalización y establecer sus fines, pero estos no pueden delimitarse con gran exactitud para cada nivel y cada dominio, puesto que los fines de la normalización son de aplicación común: “contribuir al progreso técnico por la creación del orden de las cosas y en las relaciones humanas en general y ayudar a elevar al hombre a nivel material y cultural superior”.

Niveles de la normalización (eje Z)

Cada nivel de la normalización está definido por el grupo de personas que utilizan la norma; entre estos grupos pueden citarse los siguientes; empresa, asociación y grupo de naciones (Fig. 4)

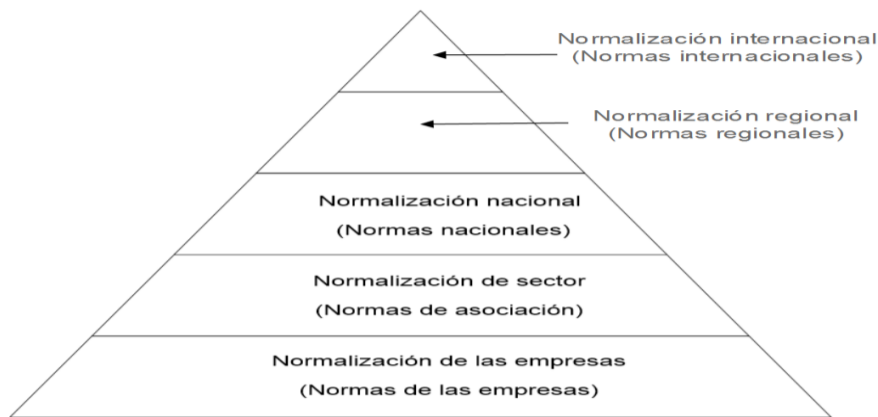


Figura 4. Niveles de Normalización

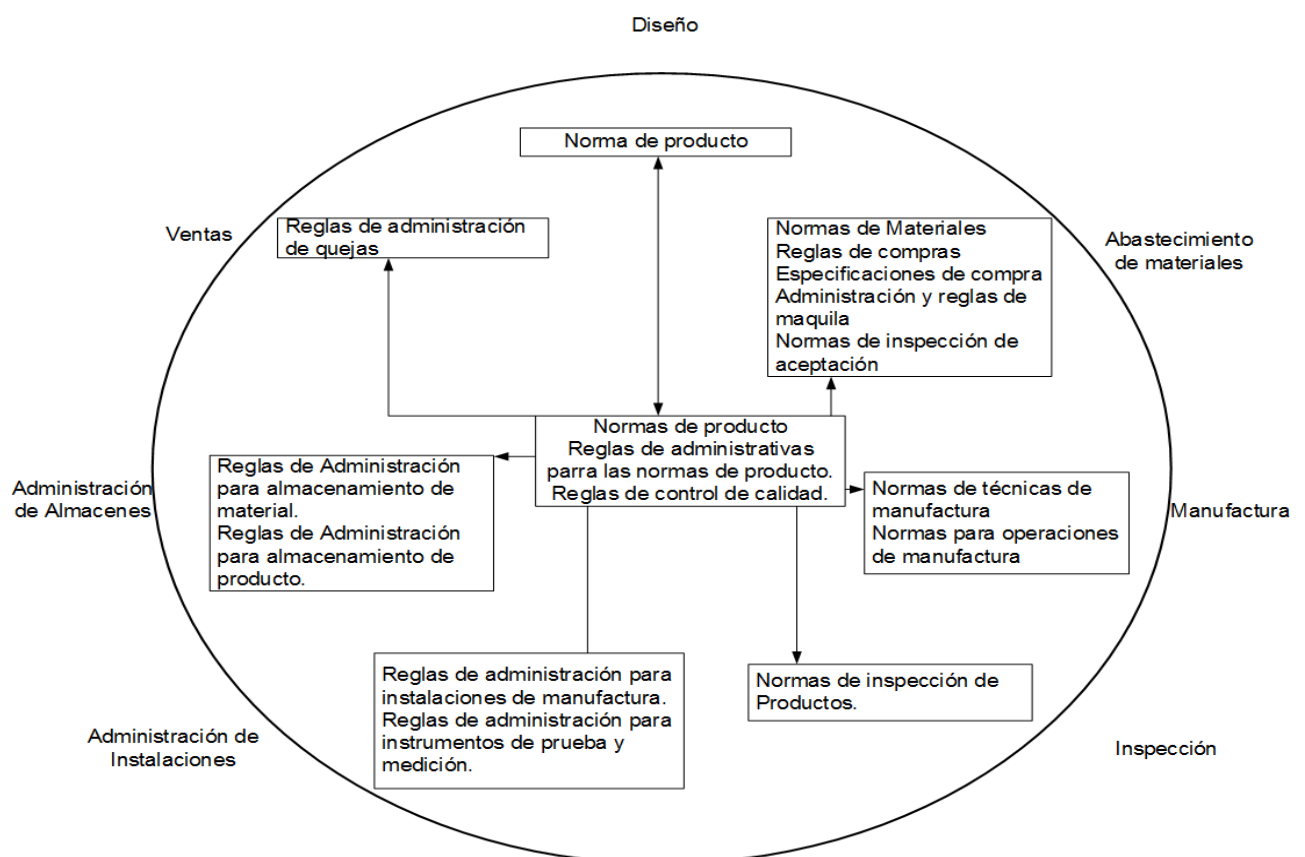


Figura 5. Normas de compañía como base de las actividades empresariales

Influencias del Ciclo de Deming en las normas ISO

En las normas ISO se hace referencia a la mejora continua y al Ciclo de Deming. Por ejemplo en la norma ISO 9001 se habla de la mejora continua del sistema de gestión de calidad, nombrando explícitamente al Ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).

Según la ISO 9001:2015, menciona que todo sistema de Gestión de Calidad certificado por esta norma debe aplicar la metodología de la mejora continua de forma sistematizada. Otra norma muy extendida que hace referencia a la mejora continua es la ISO 14001 relativa a los requisitos de los Sistema de Gestión Medioambiental. En ella se nombra otra vez al ciclo PHVA como base para la implantación del sistema de gestión ambiental.

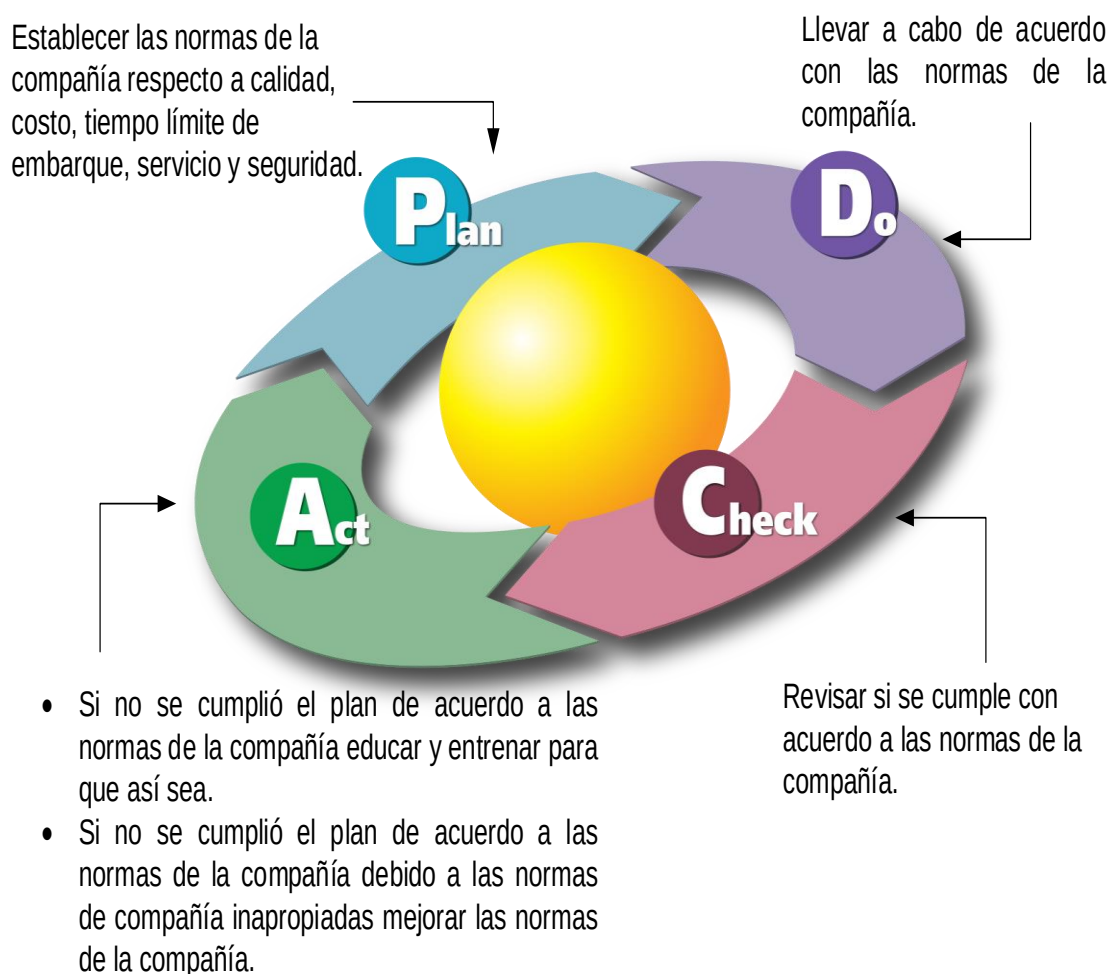


Figura 6. Metodología PDCA

Principios básicos de la normalización

La normalización, cuenta con principios básicos, los cuales son producto, en parte, de la actividad de la STACO, Organismo creado por la Organización Internacional para la Normalización (ISO) que se dedica a estudiar y establecer los principios básicos para la normalización. Los cuales tienen como característica de darle orientación y flexibilidad al proceso normativo para que este pueda adoptarse a las necesidades del momento y no constituir una traba en lo futuro. La experiencia ha permitido tres principios, en los cuales coinciden los agentes de diferentes lugares y épocas:

- Homogeneidad. Cuando se va elaborar o adaptar una norma, esta debe integrarse perfectamente a las normas existentes sobre el objeto normalizado, tomando en cuenta la tendencia evolutiva para no obstruir futuras normalizaciones.
- Equilibrio. La normalización debe lograr un estado de equilibrio entre el avance tecnológico mundial y las posibilidades económicas del país o la región. Una norma que establece el estado más avanzado del progreso técnico no servirá si esta no fuera de las posibilidades económicas de una empresa o país.
- Cooperación. La normalización es un trabajo de conjunto y las normas se deben de establecer con el acuerdo y la cooperación de todos los factores involucrados, es decir: interés general, compradores o usuarios y los fabricantes.

Ventajas de la Normalización

Para los Consumidores

La normalización fija niveles de calidad y seguridad de los productos, dan a conocer prestaciones y facilitan la comparación con otros semejantes.

- Garantía de intercambiabilidad, seguridad y calidad.
- Facilidad en la formulación de pedidos.
- Acceso a datos técnicos antes dispersos o inciertos.

- Base técnica para licitaciones.

Para la Administración

La normalización debe controlar los documentos técnicos que facilitan la legislación.

Para Fabricantes

La normalización reduce las variedades de productos, disminuyen los costos de producción, mejoran la gestión y el diseño, eliminan barreras técnicas y facilitan la comercialización.

Seguridad

Los productos deben manufacturarse con cuidado para garantizar el grado de confiabilidad durante la vida de los productos y protección del usuario, la mayoría de las normas se refieren a aspectos de seguridad, salud o protección medioambiental.

Para las empresas

- Información como mecanismo de comunicación.
- Enriquecimiento tecnológico.
- Intercambiabilidad.
- Estabilidad y mejoramiento de la calidad.
- Simplificación y reducción de costos.
- Acceso a mercados globales.
- Mayor competitividad y productividad.

Mercado

La metrología elimina las barreras comerciales en cualquier ámbito, facilitando el comercio de productos que se ajusten a normas nacionales o internacionales de aceptación general.

Para el País

- Medio eficaz y adecuado técnicamente para la protección del consumidor.
- Instrumento de transferencia de tecnología.
- Factor fundamental para el aumento de la productividad.
- Elemento que permite el acceso a mercados internacionales.
- Competencia legítima.
- Ahorro en electricidad y servicios.

Para la Economía Nacional

- Reducción de barreras al comercio y maximización de beneficios para los involucrados.
- Refuerzos de la legislación en materia de salud, seguridad y medio ambiente.
- Productos y servicios elaborados de acuerdo a especificaciones y requerimientos regulatorios.
- Se apoya a la industria que cumple con los requerimientos normativos.
- Se amplía el potencial de mercado y consumidores.

Aspectos Fundamentales de la Normalización

El objetivo de la normalización como ya habíamos mencionado es la de elaborar normas que permitan controlar y obtener un mayor rendimiento de los materiales y de los materiales y de los métodos de producción, contribuyendo así lograr un nivel de vida mejor y deben comprender tres aspectos fundamentales:

1. Simplificación

El producto puede hacerse de muchas formas y, no obstante, ser apto para el uso que es creado en su momento. Siempre es posible suprimir parte de las formas que no son indispensables que responden al capricho, la creatividad, o la fantasía del diseñador por lo que se sugiere considerar a la mayoría de las partes que están involucradas corresponde a la simplificación. Esta constituye un estudio serio y preciso que consiste en una ordenación racional y sistemática para eliminar todo lo

que es fruto de la improvisación; menos modelos significan evitar la repetición de estudios y diseños, mayor facilidad en los métodos de producción, menos equipos y herramienta, manejo de menor cantidad de materiales e inventarios.

2. Unificación

Otro aspecto fundamental dentro de las normas es el conjunto de medidas necesarias para conseguir la tolerancia dimensional-geométrica, intercambiabilidad y la interconexión de las piezas.

3. Especificación

Especificación se representa en un documento técnico oficial que establece de forma clara y determina todas las características necesarias, unidades, los materiales y los servicios necesarios para representar o producir componentes destinados a la obtención de productos y como lo desea el cliente. Estos incluyen requisitos para su conservación de dichos productos o para su comercialización, su empaquetamiento, almacenaje y marcado así como los procedimientos para determinar su obtención exitosa y su calidad.

Metodología de la Normalización

Como cualquier disciplina, la normalización cuenta con una metodología. Esta se fundamenta en los tres principios generales ya mencionados y se resumen en cinco pasos que a continuación se presentan:

1. Investigación bibliográfica e industrial.
2. Elaboración de un anteproyecto de normas basándose en los datos obtenidos.
3. Confrontación de este anteproyecto con la opinión de los sectores comprador, productor y de interés general, hasta llegar un acuerdo.
4. Promulgación de la norma.
5. Confrontación con la práctica.

En general, la introducción de una norma en cualquier actividad necesita esfuerzos de adaptación; en el orden técnico, económico y administrativo, estos esfuerzos se justifican por las ventajas que a corto y a largo plazo benefician a los productores, los consumidores y la economía.

1.3 Esquema Mexicano de Normalización

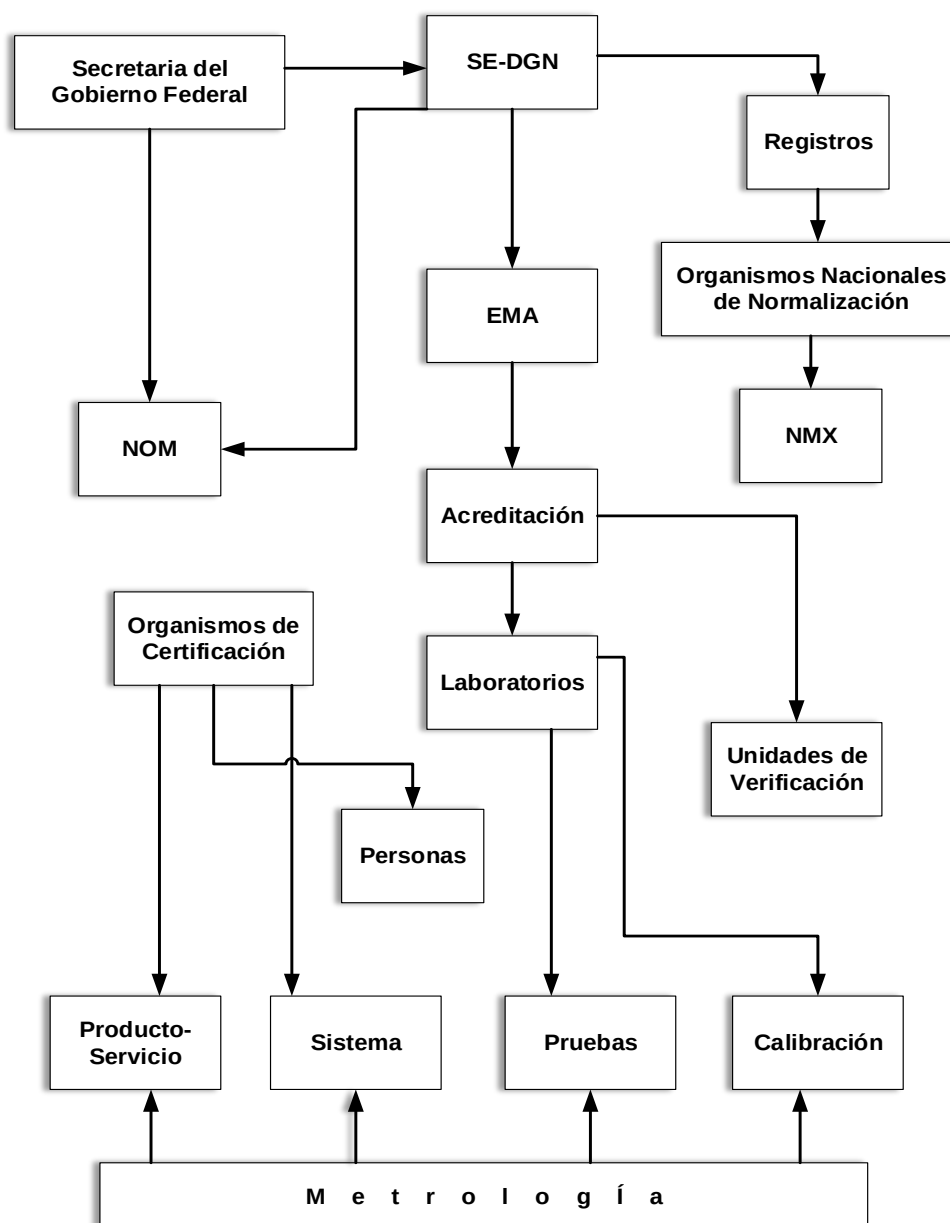


Figura 7. Esquema Mexicano de Normalización

DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

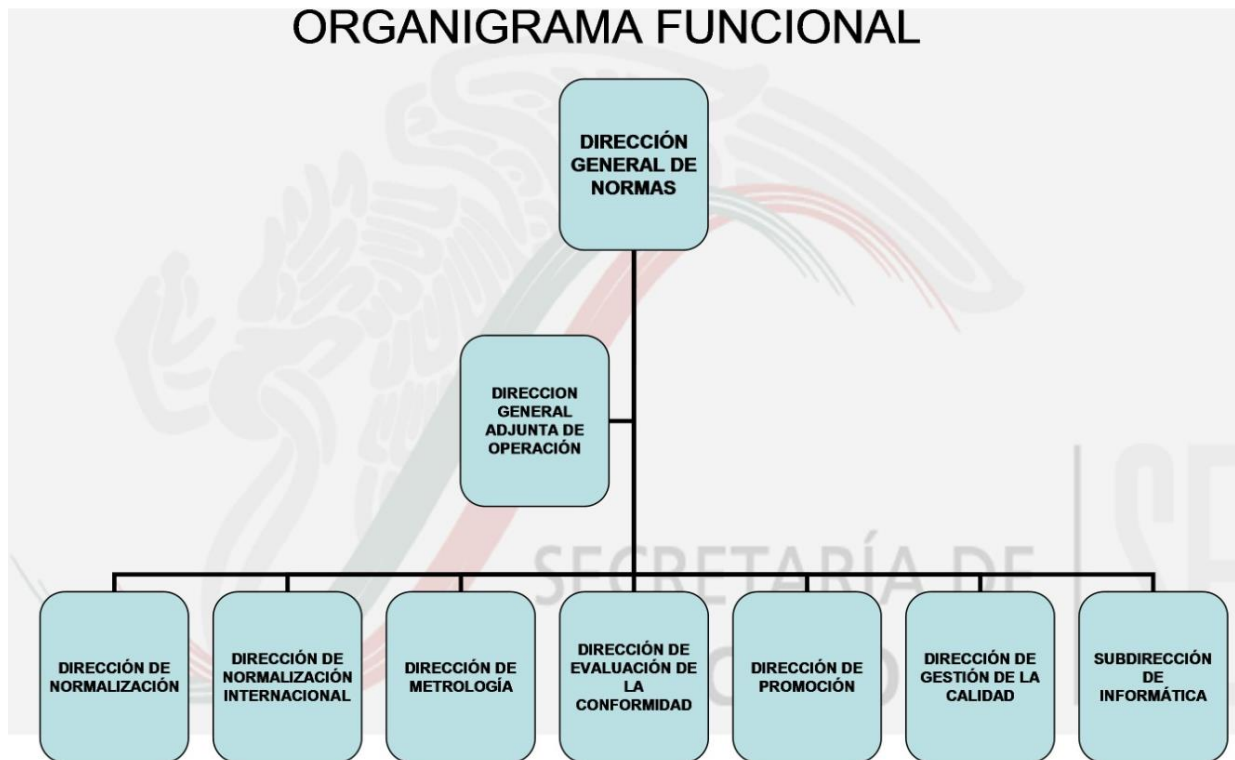


Figura 8. Organigrama de la Dirección General de Normas

La Dirección General de Normas, se encuentra la dirección general adjunta de operación y al mismo nivel y por debajo de las dos anteriores se encuentran: Dirección de normalización, Dirección de normalización internacional, Dirección de metrología, Dirección de evaluación de la conformidad, Dirección de promoción, Dirección de gestión de la calidad y por último la subdirección de informática.

Toda empresa que quiera vender un producto o servicio debe cumplir con lineamientos, esto redundará en un mejor posicionamiento en el mercado e incremento de la calidad del producto o servicio que ofrezca.

De acuerdo con el Manual General de Organización de la Secretaría de Economía, la Dirección General de Normas es responsable de coordinar el sistema de normalización y evaluación de la conformidad, con base en lo dispuesto en Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, para fomentar la competitividad de la industria y el comercio en el ámbito nacional e internacional.

Algunas de sus funciones son:

Formular, revisar, expedir, modificar, cancelar y difundir las normas oficiales mexicanas y normas, así como determinar la fecha de su entrada en vigor.

Constituir, organizar y presidir el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la elaboración de normas oficiales.

Registrar, verificar y vigilar a los organismos nacionales de normalización y, en su caso, participar en sus órganos de gobierno, así como suspender o cancelar su registro.

Codificar por materias las normas oficiales mexicanas, normas mexicanas, normas extranjeras e internacionales, mantener el inventario y colección de éstas, y establecer y operar el servicio de información.

Autorizar el uso de contraseñas y marcas oficiales y, en su caso, conceder licencias para el uso de estas últimas en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

Coordinar y **supervisar** el Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios de Pruebas y el Sistema Nacional de Calibración y participar en ellos.

Participar en la celebración de acuerdos con instituciones oficiales extranjeras e internacionales para el reconocimiento mutuo de los resultados de la evaluación de la conformidad.

La ley Federal de Metrología y Normalización de México define el Sistema mexicano de Evaluación de la Conformidad, que comprende la certificación obligatoria (Normas Oficiales Mexicanas, NOM) o voluntaria (Normas Mexicanas, NMX). En el área de productos eléctricos y electrónicos, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, (SECOFI) ahora Secretaría de Economía, delega la acreditación, pruebas y certificación a las siguientes organizaciones:

Dirección General de Normas (DGN)

Acredita a los organismos de certificación y emite certificados de productos para las cuales no exista un organismo de certificación.

Entidad mexicana de Acreditación (EMA)

Evalúa y acredita Unidades de Verificación, Laboratorios de Prueba y/o calibración así como Organismos de Certificación.

Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANCE)

Responsable de la emisión de normas y de la certificación de productos eléctricos, tales como electrodomésticos. Este organismo es también un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado nacionalmente.

Normalización y Certificación Electrónica A.C. (NYCE)

Responsable del desarrollo de normas y de la certificación de productos electrónicos.

Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones en informática (CANIETI)

Responsable del desarrollo de normas y de pruebas de productos eléctricos y electrónicos.

1.4 Fundamentos Legales

El objetivo de este capítulo es conocer la importancia de la elaboración de las normas en nuestro país. El desarrollo de la normalización en los países, lleva una relación de proporcionalidad con el desarrollo económico de ellos mismos. Las economías más grandes del mundo son países con altos avances en normalización.

De ello dependen muchas cosas como la protección de su población, su medio ambiente o sus telecomunicaciones, entre otras muchas otras cosas. En nuestro país actualmente se desarrollan diversas normas, y se cuenta con algunas Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas, pero una necesidad que existe en nuestro país es la observancia de las mismas, es decir: ¿Quién se encarga de constatar objetivamente que se cumplan éstas? Precisamente los organismos de evaluación de la conformidad como se mencionó con anterioridad son los responsables de la observancia de cumplimiento de las mismas. Los agentes de evaluación de la conformidad son: Las dependencias del gobierno como la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Profeco, SCT, etc. Adicionalmente están las Unidades de Verificación, los Organismos de Certificación y los Laboratorios de Calibración y Ensayo. A su vez ellos también deben ser reconocidos por una Entidad de Acreditación. Y finalmente esa Entidad de Acreditación es aprobada por organizaciones como el International Accreditation Forum (IAF) y InterAmerican Accreditation Cooperation (IAAC), estos organismos o foros, son los responsables de reconocer a nivel internacional a las Entidades de Acreditación que muestren ser competentes. En nuestro país contamos con la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. (EMA, a.c.) que reconoce en conjunto con las dependencias del ejecutivo federal, la competencia de quien realiza Evaluación de Conformidad. Para estas actividades se emplean normas para posteriormente aplicarlas. Es por ello que se incluye el presente capítulo para conocer como son contempladas en nuestro marco jurídico y a su vez cada una en su contexto en nuestro país.

En el diario oficial de la federación con fecha 21 de mayo de 2007 en la sección de la Secretaría de Economía dice: La Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía, en su carácter de Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización, con fundamento en los artículos 61-A de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 55, 56, 57 y 58 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 19 del Reglamento Interior de la Secretaría de Economía, y considerando que dentro de los objetivos de la presente administración, tendientes al impulso tanto económico como tecnológico de los distintos sectores de la industria y el comercio, se encuentra el fomento de la producción y prestación de bienes y servicios cada vez más eficientes y con mejores niveles de calidad y, consecuentemente, más competitivos en el mercado nacional e

internacional; que bajo este esquema, el Gobierno Federal ha diseñado e implementado una serie de mejoras regulatorias en los procesos de Normalización, con el fin de satisfacer las cada vez más exigentes necesidades de los diferentes sectores económicos en esa materia; que el Programa Nacional de Normalización es el instrumento idóneo para planear, informar y coordinar las actividades de Normalización nacional, tanto en el ámbito obligatorio, como en el voluntario, por lo que se busca que el mismo sea un verdadero instrumento de información y difusión al público en materia de Normalización; que la Comisión Nacional de Normalización es el órgano que a nivel federal está encargado de coadyuvar con la política de Normalización y coordinar las actividades que en esta materia corresponde realizar a las distintas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, y que habiendo dado cumplimiento a lo dispuesto por los artículos 61-A de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 58 de su Reglamento, el Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización integró el Programa Nacional de Normalización 2007, el cual fue revisado por el Consejo Técnico de dicha Comisión y aprobado por unanimidad por esta última el 15 de febrero de 2007, ha tenido a bien publicar el siguiente: PROGRAMA NACIONAL DE NORMALIZACION 2007.

En el diario oficial de la federación con fecha 1 de julio de 1992, el congreso de los Estados Unidos Mexicanos, decreta: Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

En resumen, contiene un capítulo único en el cual trata sobre las Disposiciones Generales en donde la Ley regirá en toda la República y sus disposiciones de orden público e interés social. Su aplicación y vigilancia corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de las dependencias de la administración pública federal que tengan competencia en las materias.

En el título segundo, capítulo I, hace mención del manejo del sistema general de unidades de medida.

En el capítulo II, trata sobre los instrumentos para medir y patrones se sujetaran a la norma oficial mexicana.

En el capítulo III, hace referencia que en toda transacción comercial, industrial esta deberá medirse de manera obligatoria.

En el capítulo VI, se instituye el sistema nacional de calibración con el objeto de procurar la uniformidad y confiabilidad de las mediciones.

Capítulo V, habla sobre la importancia y sus objetivos del Centro Nacional de Metrología (CENAM).

En el título tercero, hace referencia sobre la Normalización y en el capítulo I menciona las disposiciones generales según sea su ámbito de competencia.

En el capítulo II, trata sobre las normas oficiales mexicanas y de las normas mexicanas.

En el capítulo III, trata sobre las observancias de las normas.

En el capítulo VI, trata sobre la comisión nacional de normalización.

En el capítulo V, habla sobre los comités consultivos nacionales de normalización.

Capítulo VI, trata sobre los organismos nacionales de normalización.

Título cuarto, capítulo I, hace referencia de la acreditación y determinación del cumplimiento.

En el capítulo II, trata sobre el establecimiento de los procedimientos para la evaluación de la conformidad.

En el capítulo III, trata sobre el establecimiento de las contraseñas y marcas oficiales.

En el capítulo IV, sobre los organismos de certificación.

En el capítulo V, trata sobre los laboratorios de prueba.

En el capítulo VI, trata sobre las unidades de verificación.

Título quinto, capítulo I, trata sobre la verificación y vigilancia.

Finalmente en el capítulo sexto, trata de los incentivos sanciones y recursos.

1.5 Normas Oficiales Mexicanas NOM.

Norma oficial mexicana (NOM) es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias normalizadoras competentes a través de sus respectivos Comités Consultivos Nacionales de Normalización, de conformidad con las finalidades establecidas en el artículo 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se le refieran a su cumplimiento o aplicación.

Dependencias gubernamentales y organismos descentralizados que emiten Norma Oficial Mexicana:

SEGOB, SECTUR, SE, SAGARPA, SEMARNAT, SENER, STPS, SALUD, SCT, SEDESOL, CONAGUA, CRE, CONUEE, ASEA, SENASICA, CNH, COFEPRIS, IFT

La estructura básica de una norma NMX o NOM es el siguiente:

- **Presentación:** se indica el número de identificación y el título, la secretaría o dependencia que la emite y las bases legales.
- **Considerando:** se indica la necesidad que llevó a crearla.
- **Prefacio:** se presenta la norma y los organismos involucrados en su creación.
- **Índice del contenido por títulos:** se indican las partes que la forman, generalmente las siguientes:
 - **Objetivo y campo de aplicación:** indica los límites que tiene la aplicación de la norma en específico, se indican las materias cubiertas y no cubiertas por la norma, por ejemplo:
 - **Referencias:** se indican los textos técnicos arbitrados que sirvieron para su elaboración.

- Especificaciones: tablas o datos específicos.
- Lineamientos: uso e interpretación adecuados de la norma.
- Cumplimiento: procedimiento por parte del usuario de la norma para verificar el cumplimiento, lo que no involucra necesariamente al verificador.
- Vigilancia: indica la autoridad encargada de la vigilancia de la aplicación y cumplimiento y por ende responsable de los verificadores de la conformidad de la misma.
- Concordancia con normas internacionales: indica si la norma tiene las características adecuadas para considerarse concordante con otra norma de origen extranjero o nacional, ya sea totalmente (caso común cuando se adopta un estándar o norma extranjera) o solo en una parte; también se indica si es o no concordante con alguna que de principio lo parezca.
- Bibliografía: indica los libros arbitrados o que se tomaron en cuenta en su elaboración.
- Transitorios: dado que se publica en el Diario Oficial de la Federación, debe llevar por lo menos tres puntos:
 - El tiempo entre su publicación y su entrada en vigencia.
 - La materia que afecta y las condiciones en que la afecta, como que únicamente aplica a los productos realizados luego de la fecha de entrada en vigor.
 - La cancelación o sustitución de una norma o ley vigente a la fecha de publicación, la cual seguirá vigente hasta la fecha de entrada en vigor de la norma.

RADIOGRAFÍA • DE UNA NOM •

Conoce los puntos que no pueden faltar
en una **Norma Oficial Mexicana**:

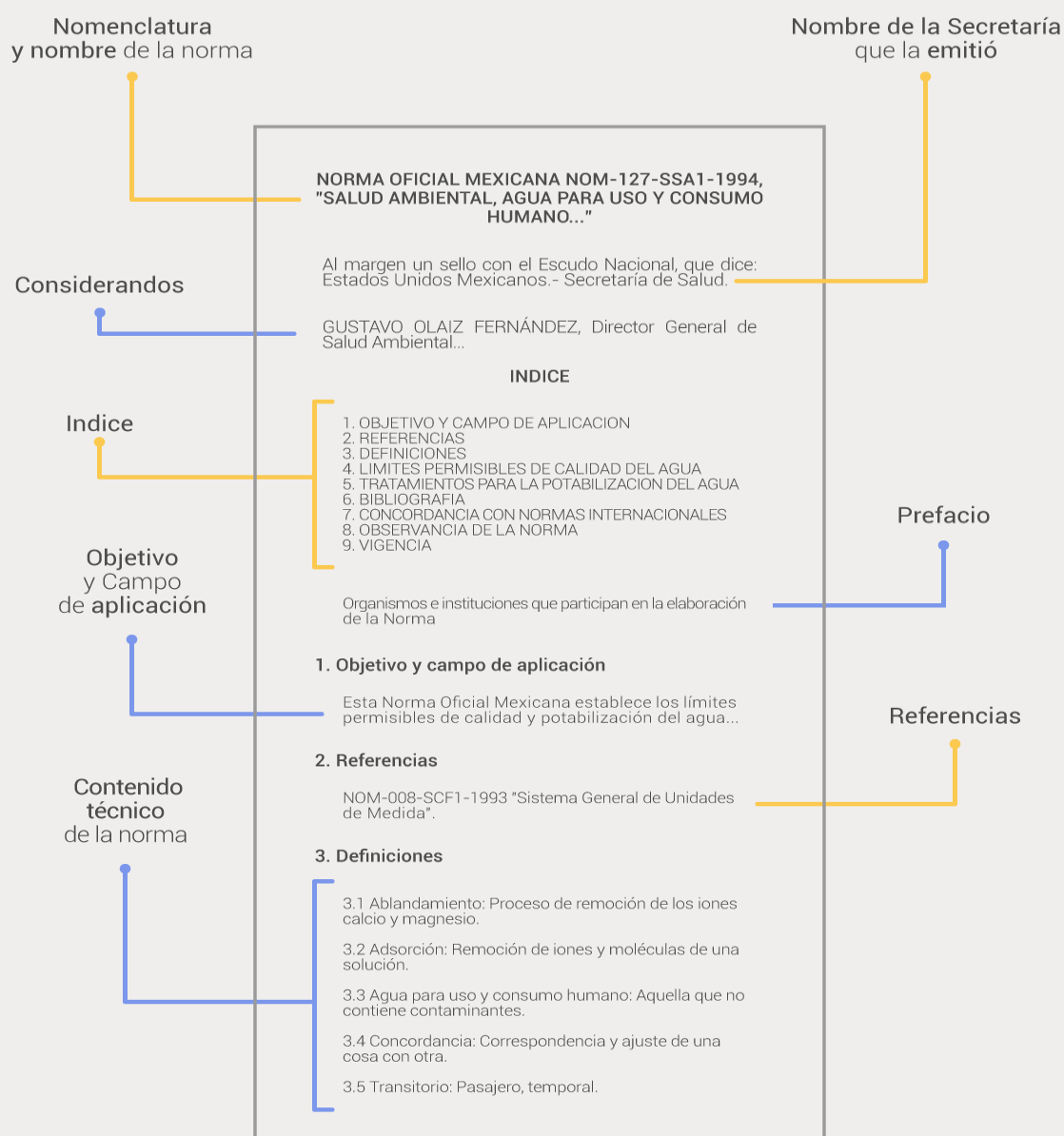


Figura 9. Requisitos que debe contener una norma mexicana

1.6 Norma Mexicana NMX

Norma mexicana (NMX) la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía en ausencia de ellos, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 54 de la LFMN , en los términos de la LFMN, que prevé para uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

A diferencia de las NOM, las NMX generalmente son voluntarias, no obligatorias. Sin embargo, las NMX adquieren carácter obligatorio si:

- Los particulares manifiesten que sus productos, procesos o servicios son conformes con dichas normas mexicanas,
- Las dependencias requieran en una norma oficial mexicana la observancia de una norma mexicana para fines determinados.
- Las entidades de la administración pública federal adquieran, arrienden o contraten bienes o servicios, caso en el cual los particulares deberán cumplir con las normas mexicanas aplicables.

Normas de Referencia

Las normas de referencia que elaboran las entidades de la administración pública (PEMEX, CFE, SEP, etc...) de conformidad con lo dispuesto por el artículo 67 de la LFMN, para aplicarlas a los bienes o servicios que adquieren, arrienden o contratan cuando las normas mexicanas o internacionales no cubran los requerimientos de las mismas o sus especificaciones resulten obsoletas o inaplicables. Además, dentro del proceso de normalización, para la elaboración de las normas nacionales se consultan las normas o lineamientos internacionales y normas extranjeras, las cuales se definen a continuación:

- Norma o lineamiento internacional: la norma, lineamiento o documento normativo que emite un organismo internacional de normalización u otro

organismo internacional relacionado con la materia, reconocido por el gobierno mexicano en los términos del derecho internacional.

- Norma extranjera: la norma que emite un organismo o dependencia de normalización público o privado reconocido oficialmente por un país.

Una NOM tiene el mismo poder que una ley. La mayor parte de las leyes mexicanas incluyen varias NOM, algunas leyes incluyen muchas de ellas. Cada una de las NOM atiende un tipo específico de actividades. En el caso específico de las NOM relativas a productos, describen todos los reglamentos que son obligatorios en cuanto a su uso, manejo, descripción, mantenimiento y garantía, a fin de poder venderse en el mercado mexicano.

1.7 Organismos de Normalización y Certificación

Los organismos nacionales de Normalización (ONN) de acuerdo con datos proporcionados por la Secretaría de Economía: son personas morales cuyo principal objetivo es la elaboración y expedición de normas mexicanas en la materia en que sean registrados por la Dirección General de Normas.

Los ONN deberán permitir la participación de todos los sectores interesados en los comités para la elaboración de normas mexicanas, así como de las dependencias y entidades de la administración pública federal competentes.

Las actividades de evaluación de la conformidad las llevan a cabo, además de las dependencias competentes, las personas acreditadas y aprobadas para ello. Estas actividades, comprenden, entre otros, procedimientos de muestreo, prueba, calibración, certificación y verificación.

Las personas acreditadas y en su caso aprobadas, se agrupan en:

1. Organismos de Certificación. Los organismos de certificación, son personas morales que tienen por objeto realizar tareas de certificación, estos es, evaluar que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o reconocimientos de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional. Son instituciones de tercera parte en cuya estructura técnica funcional participan los sectores: productor, distribuidor,

comercializador, prestador de servicios, consumidor, colegios de profesionales, instituciones de educación superior y científicas.

2. Unidades de Verificación. Las unidades de verificación, son personas físicas o morales, que realizan actos de verificación, esto es, llevan a cabo actividades de evaluación de la conformidad a través de la constatación ocular o comprobación, mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio o examen de documentos en un momento o tiempo determinado, con la confianza de que los servicios que presta son conducidos con competencia técnica, imparcialidad y confidencialidad.
3. Laboratorios de Prueba. Los laboratorios de pruebas (ensayos), son aquellas instalaciones fijas o móviles que cuentan con la capacidad técnica, material y humana para efectuar las mediciones, análisis o determinar las características de materiales, productos o equipos de acuerdo a especificaciones establecidas. Pueden ser instituciones de primera, segunda y tercera parte, y pertenecer a los sectores: productor, distribuidor, comercializador, prestador de servicios, consumidor, instituciones educativas o científicas. Los laboratorios de prueba (ensayos) coadyuvan en la evaluación de la conformidad a través del desarrollo de métodos de prueba (ensayos).
4. Laboratorios de Calibración. Los laboratorios de calibración proporcionan servicios técnicos de medición y calibración por actividad específica con trazabilidad a los patrones nacionales autorizados por la Secretaría de Economía o en su caso a patrones extranjeros o internacionales confiables a juicio de esta. Los laboratorios de calibración acreditados y aprobados realizan la evaluación de la conformidad de normas oficiales mexicanas competencia de esta Secretaría, en las magnitudes que se indican a continuación, quienes garantizan dentro de su estructura administrativa y funcional que operan con integridad, imparcialidad, confidencialidad y competencia técnica, material y humana.

En cumplimiento al artículo 72 de la ley Federal de Metrología y Normalización, se pone a la disposición de cada uno de los organismos.

- a) Sociedad Mexicana de Normalización (NORMEX)
- b) Instituto Mexicano de Normalización y certificación (ANCE)
- c) Instituto Mexicano de Normalización y certificación (IMNC)
- d) Instituto nacional de Normalización Textil (INNTEX)
- e) Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE)
- f) Normalización y Certificación Electrónica (NYCE)
- g) Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus derivados (COFOCALEC)
- h) Centro de Normalización y Certificación de Productos (CNCP)
- i) Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero (CANACERO)
- j) Organismo Nacional de Normalización de Productos Lácteos, A.C. (ONNPROLAC)
- k) Asociación Nacional de Normalización y Certificación en el sector Eléctrico (ANCE)
- l) Consejo Regulador de Tequila (CRT)
- m) Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. (COMERCAM)
- n) UL de México, S.A. de C.V.

Organismos Regionales de Normalización:

- AMN - Asociación Mercosur de Normalización
- APEC - Asia-Pacific Economic Cooperation

- CAN - Red de Normalization Andina
- CARICOM - Caribbean Community Standardization
- CENELEC - Comité Europeo de Normalisation Electrotechnique - Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.
- CEN - Organismo de estandarización de la Comunidad Europea para normas EN.
- COPANT - Comisión Panamericana de Normas Técnicas

Organizaciones de Normalización más relevantes de Estados Unidos:

ACI - American Concrete Institute.
 API - American Petroleum Institute.
 ASCE - American Society of Civil Engineering.
 ASME - American Society of Mechanical Engineers.
 ASQ – American Society For Quality
 ASTM - ASTM International.
 IAPMO - International Association of Plumbing and Mechanical Officials
 NEMA - National Electrical Manufacturers Association.
 NFPA - National Fire Protection Association
 UL - Underwriters Laboratories Inc.

Organismos Internacionales de Normalización:

ISO – Organización Internacional para la Estandarización
 CODEX – International Food Standards
 IEC – International Electrotechnical Commission
 BIPM – Buro Internacional de pesos y medidas
 OIML – Organización Internacional de Metrología Legal
 ITU – Unión Internacional de Telecomunicaciones
 IATA – International Air Transport Association

Normas Internacionales ISO e IEC.

El campo de la normalización internacional se inició en el área electrotécnica en 1906, año en el que fue creada la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), cuya sede se encuentra en Ginebra, Suiza.

Fundada como resultado del Congreso Eléctrico Internacional que se llevó a cabo en la ciudad de St. Luis, USA en 1904. Durante el mismo fue tomada una resolución que señaló la necesidad de crear una comisión mundial que desarrollara y publicara normas para el sector eléctrico, electrónico y las tecnologías relacionadas con los mismos. La participación activa como miembro de la IEC, brinda a los países inscritos la posibilidad de influir en el desarrollo de la normalización internacional, representando los intereses de todos los sectores nacionales involucrados y conseguir que sean tomados en consideración. Asimismo, constituyen una oportunidad para mantenerse actualizados en la tecnología de punta en el ámbito mundial. Existen tres formas de participación ante la IEC: como miembro pleno, miembro asociado o como miembro pre asociado. En la actualidad, nuestro país es miembro pleno, a través de un Comité Electrotécnico Mexicano, presidido por la DGN.

La misión de la IEC es promover entre sus miembros la cooperación internacional en todas las áreas de la normalización Electrotécnica. Para lograr lo anterior, han sido formulados los siguientes objetivos:

- Conocer las necesidades del mercado mundial eficientemente.
- Promover el uso de sus normas y esquemas de aseguramiento de la conformidad a nivel mundial.
- Asegurar e implementar la calidad de producto y servicios mediante sus normas.
- Establecer las condiciones de intemperabilidad de sistemas complejos.
- Incrementar la eficiencia de los procesos industriales.
- Contribuir a la implementación del concepto de salud y seguridad humana
- Contribuir a la protección del ambiente

Organismos Nacionales de Normalización que conforman la ISO:

País	Organismo	Siglas
Alemania	Deutsches Institut für Normung	DIN

Argentina Instituto Argentino de Normalización y Certificación	IRAM
Bolivia Instituto Boliviano de Normalización y Calidad	IBNORCA
Chile Instituto Nacional de Normalización	INN
Costa Rica Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica	INTECO
Cuba Oficina Nacional de Normalización	NC
Ecuador Instituto Ecuatoriano de Normalización	INENEL Salvador
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT
España Asociación Española de Normalización y Certificación	AENOR
Estados Unidos American National Standards Institute	ANSI
Filipinas Bureau of Product Standards	BPS
Francia Association Française de Normalisation	AFNOR
Japón Japanese Industrial Standards Committee	JISC
México Dirección General de Normas	DGN
Paraguay Instituto Nacional de Tecnología y Normalización	INTN *
Reino Unido British Standards Institution	BS
Suiza Swiss Association for Standardization	SNV
Uruguay Instituto Uruguayo de Normas Técnicas	UNIT



Figura 10. Logos de certificaciones

1.8 La certificación de norma técnicas de competencia laboral.

El sistema Nacional de Competencias es un instrumento del Gobierno Federal que contribuye a la competitividad económica, al desarrollo educativo y al

progreso social de México, con base en el fortalecimiento de las competencias de las personas.

Para enfrentar con éxito los desafíos de los mercados cada vez más globalizados, México requiere de empresarios, trabajadores, docentes y servidores públicos más competentes. El Sistema Nacional de Competencias facilita los mecanismos para que las organizaciones e instituciones publicadas y privadas, cuenten con personas más competentes.

Dentro del Sistema Nacional de Competencias, se llevan a cabo diversas acciones generadoras de valor para los trabajadores y empleadores de México, entre ellas:

- Integración de Comités sectoriales de Gestión por Competencias que definan la agenda de capital humano para la competitividad de los diversos sectores del país.
- Desarrollo de Estándares de Competencia que describen los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que una persona debe tener para realizar sus funciones con un alto nivel de desempeño. Estos Estándares de Competencia son desarrollados en conjunto en conjunto por empresarios y trabajadores.
- Los Estándares de Competencia inscritos en el Registro Nacional de Estándares de Competencias del programa **Conocer**, se convierten en referentes nacionales para la certificación de competencias de personas, son fuente de competencias para empleadores y trabajadores e insumo para desarrollar programas curriculares alineados a los requerimientos de los sectores productivo, social, educativo y del gobierno del país.
- Expansión de la oferta de formación, evaluación y certificación de competencias de las personas para dar a México una estructura robusta.
- Transferencia de conocimiento de mejores prácticas sobre el desarrollo de modelos de gestión con base en competencias.
- Desarrollo de estudios sectoriales para la generación de inteligencia en el fortalecimiento del recurso humano con base en las competencias de las personas.

Beneficios del Sistema Nacional de Competencias

- Fortalecer la credibilidad a los sectores empresariales para la contratación del personal.
- Fortalecer la movilidad laboral de los trabajadores en sus sectores, al reconocer la autoridad educativa y sus competencias mediante un certificado SEP-Conocer.
- Contribuir la oferta educativa con los requerimientos actuales.
- Desarrollar instrumentos adicionales para fortalecer el dialogo social.
- Establecer convenios internacionales orientados a la homologación de certificaciones.

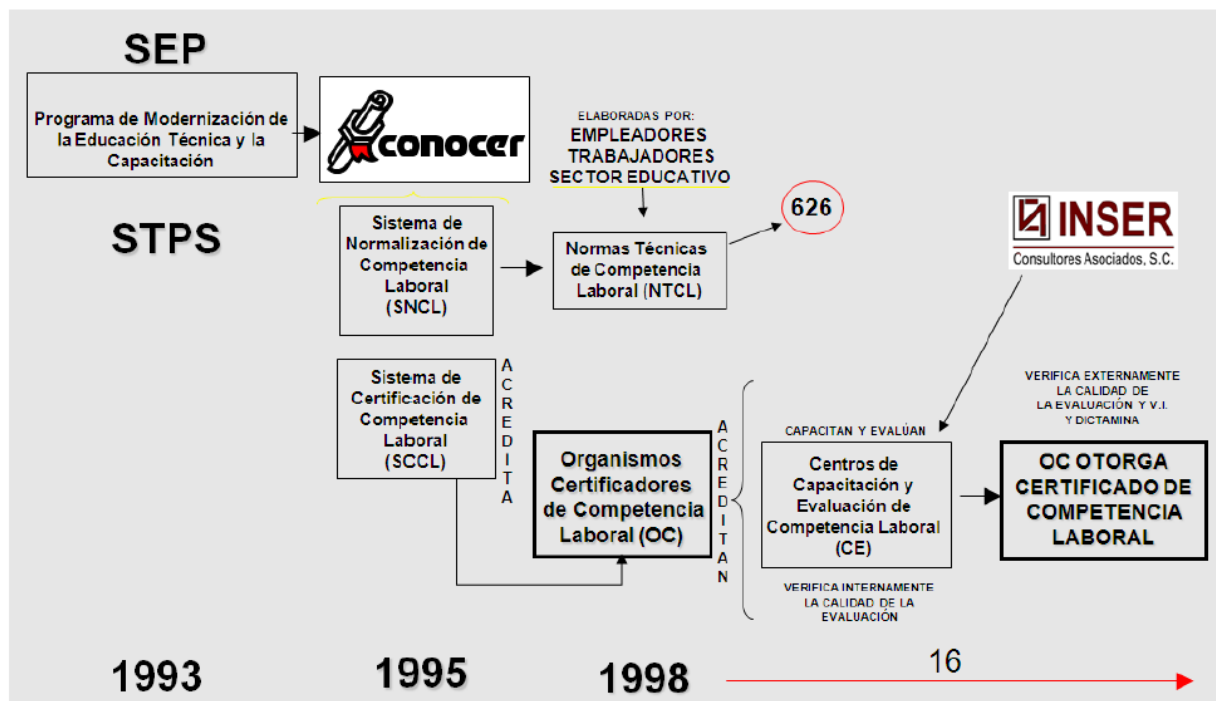


Figura 11. Programa Federal de Competencias laborales

1.9 Normas sobre metrología

En la ley Federal sobre Metrología y Normalización menciona en el artículo 2, tiene por objeto en materia de Metrología: en establecer el Sistema General de Unidades de Medida, precisar los conceptos fundamentales sobre metrología, establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de

los instrumentos para medir y los patrones de medida, establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasados, instituir el Sistema Nacional de Calibración, crear el Centro Nacional de Metrología, como organismo de alto nivel técnico en la materia, regular, en lo general, las demás materias relativas a la metrología.

En materia de normalización, certificación, acreditación y verificación: a) Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas; b) Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyuve en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal; c) Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal; d) Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas; e) Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de administración pública federal; f) Establecer el sistema nacional de acreditación de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración; y g) En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.

Con respecto al artículo 40 establece: I. Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales; II. Las características y/o especificaciones de los productos utilizados como materias primas o partes o materiales para la fabricación o ensamble de productos finales sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas, siempre que para cumplir las especificaciones de éstos sean indispensables las de dichas materias primas, partes o materiales; III. Las características y/o especificaciones que deban reunir los servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal o el medio ambiente general y laboral o cuando se trate de la prestación de servicios de forma generalizada para el

consumidor; IV. Las características y/o especificaciones relacionadas con los instrumentos para medir, los patrones de medida y sus métodos de medición, verificación, calibración y trazabilidad; V. Las especificaciones y/o procedimientos de envase y embalaje de los productos que puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud de las mismas o el medio ambiente; VII. Las condiciones de salud, seguridad e higiene que deberán observarse en los centros de trabajo y otros centros públicos de reunión; VIII. La nomenclatura, expresiones, abreviaturas, símbolos, diagramas o dibujos que deberán emplearse en el lenguaje técnico industrial, comercial, de servicios o de comunicación; IX. La descripción de emblemas, símbolos y contraseñas para fines de esta Ley; X. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales; XI. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover la salud de las personas, animales o vegetales; XII. La determinación de la información comercial, sanitaria, ecológica, de calidad, seguridad e higiene y requisitos que deben cumplir las etiquetas, envases, embalaje y la publicidad de los productos y servicios para dar información al consumidor o usuario; XIII. Las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales, comerciales, de servicios y domésticas para fines sanitarios, acuícolas, agrícolas, pecuarios, ecológicos, de comunicaciones, de seguridad o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos; XV. Los apoyos a las denominaciones de origen para productos del país; XVI. Las características y/o especificaciones que deban reunir los aparatos, redes y sistemas de comunicación, así como vehículos de transporte, equipos y servicios conexos para proteger las vías generales de comunicación y la seguridad de sus usuarios; XVII. Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos para el manejo, transporte y confinamiento de materiales y residuos industriales peligrosos y de las sustancias radioactivas; y XVIII. Otras en que se requiera normalizar productos, métodos, procesos, sistemas o prácticas industriales, comerciales o de servicios de conformidad con otras disposiciones legales, siempre que se observe lo dispuesto por los artículos 45 a 47. Los criterios, reglas, instructivos, manuales, circulares, lineamientos, procedimientos u otras disposiciones de carácter obligatorio que

requieran establecer las dependencias y se refieran a las materias y finalidades que se establecen en este artículo, sólo podrán expedirse como normas oficiales mexicanas conforme al procedimiento establecido en esta Ley.

En el artículo 110 se instituye el Premio Nacional de Calidad con el objeto de reconocer y premiar anualmente el esfuerzo de los fabricantes y de los prestadores de servicios nacionales, que mejoren constantemente la calidad de procesos industriales, productos y servicios, procurando la calidad total.

En el artículo 112 se trata sobre el incumplimiento a lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones derivadas de ella, será sancionado administrativamente por las dependencias conforme a sus atribuciones y en base a las actas de verificación y dictámenes de laboratorios acreditados que les sean presentados a la dependencia encargada de vigilar el cumplimiento de la norma conforme lo establecido en esta Ley. Sin perjuicio de las sanciones establecidas en otros ordenamientos legales, las sanciones aplicables

Listado de Normas Oficiales Mexicanas en materia de Metrología:

NOM-002-SCFI-1993 Productos pre envasados, contenido neto, tolerancias y métodos de verificación.

NOM-005-SCFI-2005 Instrumentos de medición - Sistema para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos-especificaciones, métodos de prueba y de verificación.

NOM-007-SCFI-2003 Instrumentos de medición - Taxímetros.

NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida.

NOM-012-SCFI-1994 Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-medidores para agua potable fría.

NOM-010-SCFI-1994 Instrumentos de medición - Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático - Requisitos técnicos y metrológicos.

NOM-011-SCFI-2004 Instrumentos de medición - Termómetros de líquido en vidrio para uso general - Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-013-SCFI-2004 Instrumentos de medición - Manómetros con elemento elástico -Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-014-SCFI-1997 Medidores de desplazamiento positivo tipo diafragma para gas natural o LP. Con capacidad máxima de 16 m³/h con caída de presión máxima de 200 Pa (20,40 mm de columna de agua).

NOM-030-SCFI-2006 Información comercial - Declaración de cantidad en la etiqueta -Especificaciones.

NOM-038-SCFI-2000 Pesas de clases de exactitud E1, E2, F1, F2, M1, M2 y M3.

NOM-040-SCFI-1994 Instrumentos de medición - Instrumentos rígidos - Reglas graduadas para medir longitud - Uso comercial.

NOM-041-SCFI-1997 Instrumentos de medición - Medidas volumétricas metálicas cilíndricas para líquidos de 25 ml hasta 10 L.

NOM-042-SCFI-1997 Instrumentos de medición - Medidas volumétricas metálicas con cuello graduado para líquidos con capacidades de 5 L, 10 L y 20 L.

NOM-044-SCFI-1999 Instrumentos de medición - Watthorímetros electromecánicos - Definiciones, características y métodos de prueba.

NOM-045-SCFI-2000 Instrumentos de medición - Manómetros para extintores.

(NMX-Z-055:1997-IMNC) Trazabilidad: Propiedad del resultado de una medición o de un patrón, tal que esta pueda ser relacionada con referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas incertidumbres determinadas.

. NOM-009-SCFI-1993 Instrumentos de medición - Esfigmomanómetros de columna de mercurio y de elemento sensor elástico para medir la presión sanguínea del cuerpo humano.

1.10 Sistema metrológico y su relación con el sistema de calidad

En proceso productivo donde un conjunto de transformaciones se presentan es necesario que se controlen múltiples variables para lograr un producto final que cumpla con las expectativas requeridas, por lo anterior no es posible admitir un proceso en el que no se controlen las características del producto a través de las mediciones. Producir y medir son actividades intrínsecas que se deben planear, ejecutar, controlar y mejorar de manera simultánea. Para garantizar un sistema de gestión de la calidad en cualquier tipo de organización siendo relevante contar con calidad en las medidas, ya que en los procesos industriales se recopila una vasta

cantidad de datos que determinan el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los bienes producidos, a su vez permiten detectar tendencias en los procesos, lo que conduce a su regulación y por lo tanto a la búsqueda del mejoramiento continuo. La calidad de las medidas es exigida dentro de las empresas por medio de normatividades, referenciales, solicitudes directivas y reglamentos internos, esta puede alcanzarse a través de calibraciones, verificación de equipos, cálculo de incertidumbres, validación de procesos de medida, o control estadístico. El aseguramiento de la medida tiene como finalidad lograr que los productos y procesos se encuentren exentos de errores significativos, por consiguiente integra procedimientos de obtención y análisis de datos, con el fin de mejorar, minimizando así la probabilidad de tomar decisiones incorrectas. Las mediciones iniciales se efectúan, en las primeras etapas del diseño del producto, para aprobar o confirmar los prototipos adecuados. Las mediciones que se efectúen en las etapas siguientes son necesarias para mantener una producción conforme con las especificaciones y el respectivo análisis de las mediciones son la base para proponer las acciones de mejora correspondientes. Para saber las condiciones en que se encuentran cada uno de los instrumentos utilizados dentro de un proceso industrial, es necesario realizarles la calibración correspondiente a intervalos periódicos de tiempo de tal manera que se pueda contar con la seguridad de que las mediciones realizadas con dichos instrumentos son confiables. Sin embargo la calibración y ajuste de los instrumentos de medida no garantiza por sí sola la calidad de las medidas ya que esta no actúa sobre: los posibles errores humanos, los defectos que puede presentar una pieza o las condiciones ambientales, lo que hace es contribuir al correcto funcionamiento de los instrumentos. Los laboratorios metrológicos son los encargados de ofrecer los servicios de calibración de instrumentos a las diferentes empresas, sin embargo la mayoría de ellas desconocen los procedimientos de calidad con los cuales debe cumplir dicho laboratorio, para garantizar que las mediciones realizadas con sus instrumentos sean las adecuadas.

El aseguramiento de la medida contempla las siguientes actividades:

1. Determinación de los requerimientos de calidad de las medidas, en esta fase se arrojan los parámetros que definen el nivel de calidad admitido para las medidas, su significado y valor se señalan a partir de especificaciones y condiciones de medida.

2. Diseño del proceso de medida que consiste en unificar los elementos (equipos de medida, software, características objeto de la medida, factor humano o condiciones ambientales) que conforman el proceso de medida asignado a cada lugar donde se controla el proceso. Para establecer un proceso de medida se debe estar al tanto de: Técnicas de medición, especificaciones de los equipos que se utilizan, influencia del operador en los resultados, normas internacionales, requisitos del cliente y procedimientos de calibración entre otros.

3. Configuración de los sistemas de medida, en esta etapa dependiendo del proceso productivo, se reúnen los procedimientos de medida asignados a cada lugar donde se controla el proceso con el objetivo de minimizar la cantidad de validaciones efectuadas al número de sistemas de medida definidos.

4. Ejecución de las pruebas de validación, esta fase se efectúan las pruebas que definirán la aprobación de los procedimientos de medición. Estas se desarrollan evaluando la capacidad del sistema de medida para cumplir los requisitos de calidad de las medidas, incluyendo en estas mediciones realizadas bajo diferentes condiciones que determinan la influencia de las distintas fuentes de error.

5. Planificación del control de los diferentes procedimientos e medida, aquí se determinan las pruebas para garantizar que los procedimiento de medida cumplen con los criterios de aprobación a lo largo del tiempo. La agrupación de controles implementados para asegurar la calidad de la medida en un margen de tiempo determinado se denomina comúnmente como Control de la Calidad de las Medidas.

6. Iniciación del proceso de medida al momento de iniciar un procedimiento de medida, se debe verificar en cada lugar donde se controla el proceso, que los elementos planificados cumplan con los requisitos especificados. En caso de encontrar algún elemento que no haya sido previsto en la etapa de diseño (equipos de medida con rangos insuficientes, condiciones ambientales no aptas, etc.), se deben generar los cambios necesarios.

7. Control de calidad del procedimiento de medida, para controlar la calidad en las medidas es la calibración de los equipos, esta consiste en comparar los instrumentos con patrones trazados, y así determinar si dicho instrumento se encuentra trabajando dentro de las especificaciones. A su vez permite el ajuste de las marcas de escala de los equipos o la asignación de valores a las mismas.

8. Análisis de los datos y mejora de las etapas anteriores es la base para identificar las acciones de mejora que pueden desencadenar cambios en el sistema.

La norma NMX-CC-10012-IMNC-2004 menciona en su introducción que: un sistema eficaz de gestión de las mediciones asegura que el equipo y los procesos de medición son adecuados para su uso previsto y es importante para alcanzar los objetivos de la calidad del producto y gestionar el riesgo de obtener resultados de medición incorrectos. El objetivo de un sistema de gestión de las mediciones es gestionar el riesgo de que los equipos y procesos de medición pudieran producir resultados incorrectos que afectan a la calidad del producto de una organización. Los métodos utilizados para el sistema de gestión de las mediciones van desde la verificación del equipo básico hasta la aplicación de técnicas estadísticas en el control del proceso de medición.

El COTENNSISCAL (Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas de Calidad) es el responsable de la elaboración y revisión de las normas oficiales mexicanas de sistemas de calidad (NMX-CC-017, NMX-CC-IMNC-2008 o NMX-CC-10005 a 10007). Contiene los requisitos de aseguramiento de calidad para que la organización mantenga el control de los equipos de seguimiento y de medición para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos especificados y los equipos de medición deben de establecer un programa de calibración a intervalos específicos antes de su uso contra patrones nacionales o internacionales asegurando la trazabilidad de acuerdo con la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006.

Es aplicable a laboratorios de prueba, incluyendo a los prestadores de servicio de calibración, proveedores de productos o servicios que operan un sistema de calidad en el que se usan resultados en las mediciones.

La confirmación Metrológica es el conjunto de operaciones requeridas para asegurar que un elemento del equipo de medición este conforme con los requisitos para su uso. El equipo de medición debe tener las características o propiedades requeridas para el uso propuesto (exactitud, estabilidad, intervalo de medición y resolución).

Como ya se mencionó antes, el gobierno federal a través del Programa Nacional De Normalización 2007 publicado en el DOF el 21 de mayo del mismo año, se creó nueve comités técnicos:

Nº	Nombre	Área en que se desempeña.
1	IMNC/CTNN9	Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas de Gestión de la Calidad y Evaluación de la Conformidad.
2	IMNC/COTENNOTUR	Comité Técnico de Normalización Nacional de Turismo.
3	IMNC/COTNNMET	Comité Técnico de Normalización Nacional de Metrología.
4	IMNC/COTENNSAAM	Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas de Administración Ambiental.
5	IMNC/COTENNAGRAF	Comité Técnico de Normalización Nacional de Artes Gráficas.
6	IMNC/COTENNSASST	Comité Técnico de Normalización Nacional

		de Sistemas de Administración de Seguridad y Salud en el trabajo.
7	IMNC/COTENNAPAR	Comité Técnico de Normalización Nacional de Autopartes.
8	IMNC/CT10	Comité Técnico de Normalización Nacional de Gestión de la Tecnología.
9	IMNC/COTENNGRUDIS E	Comité Técnico de Normalización Nacional de Grúas y Dispositivos de Elevación.

Algunos de estos comités fueron creaciones nuevas, pero algunos otros, fueron mejoras para alcanzar los objetivos de normalización; tal fue el caso del Comité Técnico Nacional de Normalización en Sistemas de Calidad (COTENNSISCAL), ahora Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas de Gestión de la Calidad y Evaluación de la Conformidad (CTNN9).

Como ya constataron la relación del sistema metrológico con el sistema de calidad está en función de acuerdo con las normas nacionales o internacionales en donde se pone de manifiesto que las organizaciones deben determinar el seguimiento, la medición a realizar y los equipos de seguimiento y medición necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados.

Así que deberán de establecer el control de los procesos para asegurar de que el seguimiento y medición podrán realizarse y se realizan de una manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición. Además se debe evaluar y registrar la validez de los resultados de las mediciones anteriores. En caso de que se detecte que el equipo no está conforme con los requisitos. Las organizaciones involucradas deben tomar las acciones sobre el equipo y sobre cualquier producto afectado y mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

Un sistema de aseguramiento de la medida debe tener como finalidad que los datos del producto o proceso tengan la calidad requerida, para lograr lo anterior debe involucrar procedimientos y recursos humanos, técnicos y financieros. En empresas en las cuales se fabrican distintas referencias de productos, probablemente se generan procedimientos de medida con requisitos similares que se replican en las distintas líneas de producción. En los procedimientos de medida los instrumentos de medición con el tiempo sufren desajustes, o aparecen causas de error no identificadas en el procedimiento de validación, por lo tanto si se desea mantener el aseguramiento de las medidas es indispensable controlarlo periódicamente. Para obtener medidas confiables dentro de un sistema de medición, es necesario no sólo capacitar al personal que vaya a manejar los instrumentos sino también controlar las condiciones ambientales del sitio donde se mide y además realizar una calibración periódica del instrumento utilizado. Los servicios de calibración son ofrecidos por múltiples laboratorios metrológicos, pero a la hora de analizar quién debe ser el encargado de la calibración de los instrumentos dentro de un proceso industrial con calidad es muy importante tener en cuenta sólo aquellos laboratorios que se encuentran acreditados. Cualquier tipo de industria que desee producir artículos con la calidad requerida debe tener en cuenta dentro de su planificación un buen sistema de medida que permita realizar con estas mediciones un excelente control de calidad. No existe confianza sin calidad, no se da calidad sin medida, no existe medida sin patrón, ni patrón sin calibración, no hay calibración sin trazabilidad al Sistema Internacional y no existe Sistema Internacional sin laboratorios de calibración.

1.11 Acreditación de laboratorios de prueba

La **Acreditación** es el reconocimiento oficial de la competencia técnica de laboratorios de pruebas para generar resultados confiables. La evaluación de tercera parte relativa a un organismo de evaluación de la conformidad (OEC), en este caso un laboratorio, que manifiesta la demostración formal de su competencia para llevar a cabo tareas específicas de evaluación de la conformidad.

La acreditación es el acto que da la seguridad y avala que los laboratorios de calibración y/o ensayo, unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación ejecutan las regulaciones, normas o estándares correspondientes con precisión para que comprueben, verifiquen o certifiquen los productos y servicios que consume la sociedad.

Los **Sistemas de Gestión de la Calidad** son un conjunto de normas y estándares internacionales que se interrelacionan entre sí para hacer cumplir los requisitos de calidad que una empresa requiere para satisfacer los requerimientos acordados con sus clientes a través de una mejora continua, de una manera ordenada y sistemática.

Los **estándares internacionales** contribuyen a hacer más simple la vida y a incrementar la efectividad de los productos y servicios que usamos diariamente. Nos ayudan a asegurar que dichos materiales, productos, procesos y servicios son los adecuados para sus propósitos.

Existen varios Sistemas de Gestión de la Calidad, que dependiendo del giro de la organización, es el que se va a emplear. Todos los sistemas se encuentran normados bajo un organismo internacional no gubernamental llamado **ISO**, International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización). Se encuentra integrada por representantes de organismos de estándares internacionales de más de 160 países, teniendo como misión:

- Promover el desarrollo de la Normalización.
- Facilitar el intercambio internacional de productos y servicios.
- Desarrollo de la cooperación en las actividades intelectuales, científicas, tecnológicas y económicas a través de la estandarización.

En el artículo 25 de la ley federal sobre metrología y normalización establece el sistema nacional de calibración, el cual está formado por los elementos que aseguren la trazabilidad y confiabilidad de las mediciones en el país, para más información sobre el procedimiento de acreditación para un laboratorio, se deben comunicar directamente con la entidad autorizada actualmente por la Secretaria de Economía y EMA.

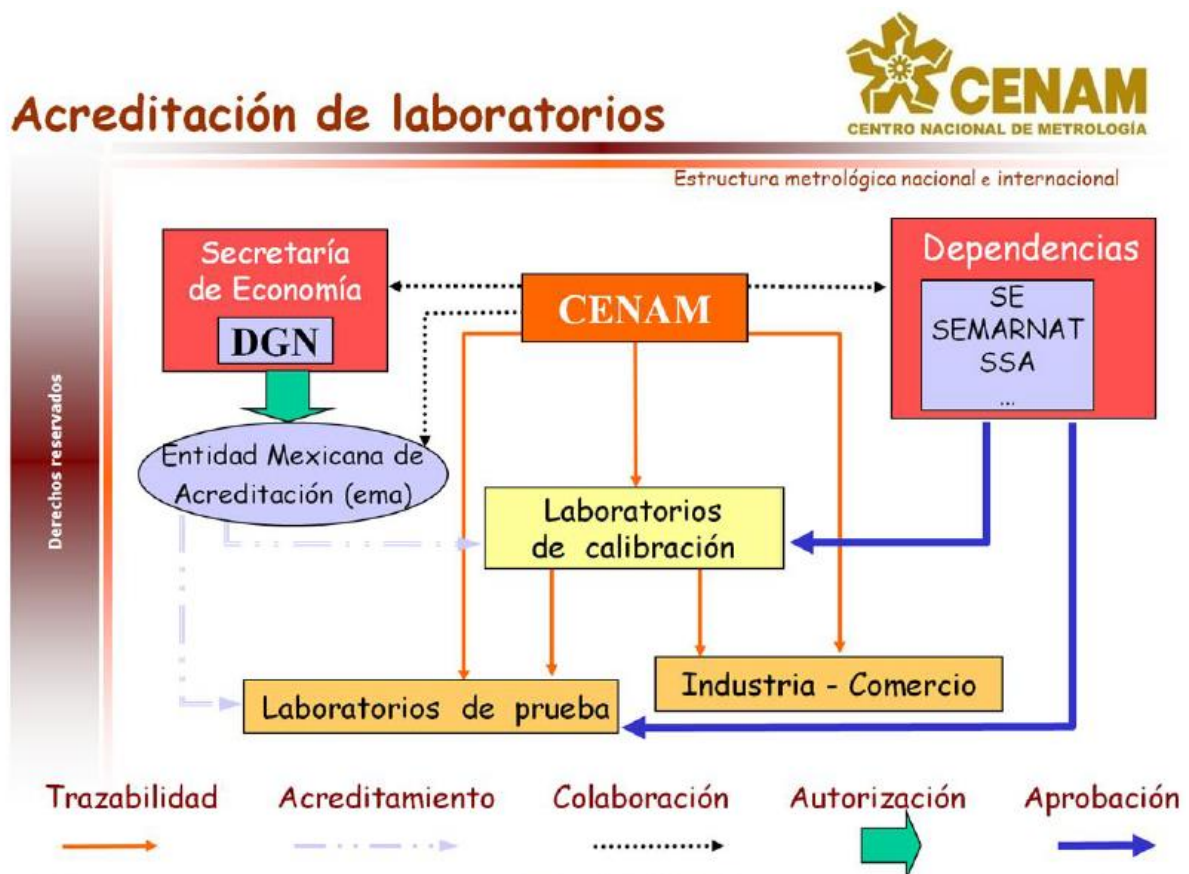


Figura 12 Acreditación de laboratorios en México

Para saber lo que se necesita para la acreditación de laboratorios de prueba citaremos nuevamente la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización:

ARTÍCULO 68. La evaluación de la conformidad será realizada por las dependencias competentes o por los organismos de certificación, los laboratorios de prueba o de calibración y por las unidades de verificación acreditados y, en su caso, aprobados en los términos del artículo 70.

La acreditación de los organismos, laboratorios y unidades a que se refiere el párrafo anterior será realizada por las entidades de acreditación, para lo cual el interesado deberá:

- I. Presentar solicitud por escrito a la entidad de acreditación correspondiente, acompañando, en su caso, sus estatutos y propuesta de actividades;
- II. Señalar las normas que pretende evaluar, indicando la materia, sector, rama, campo o actividad respectivos y describir los servicios que pretende prestar y los procedimientos a utilizar;
- III. Demostrar que cuenta con la adecuada capacidad técnica, material y humana, en relación con los servicios que pretende prestar, así como con los procedimientos de aseguramiento de calidad, que garanticen el desempeño de sus funciones; y
- IV. Otros que se determinen en esta Ley o su reglamento.

Integrada la solicitud de acreditación, se procederá conforme a lo dispuesto en el artículo siguiente.

ARTÍCULO 69. Las entidades de acreditación integrarán comités de evaluación, como órganos de apoyo para la acreditación y, en su caso, para la aprobación por las dependencias competentes.

Los comités de evaluación estarán constituidos por materias, sectores y ramas específicas, e integrados por técnicos calificados con experiencia en los respectivos campos, así como por representantes de los productores, consumidores, prestadores y usuarios del servicio, y por el personal técnico de las entidades de acreditación y de las dependencias competentes, conforme a los lineamientos que dicte la Secretaría, previa opinión de la Comisión Nacional de Normalización.

Cuando los comités de evaluación no cuenten con técnicos en el campo respectivo la entidad de acreditación lo notificará al solicitante y adoptará las medidas necesarias para contar con ellos.

El comité de evaluación correspondiente designará a un grupo evaluador que procederá a realizar las visitas o acciones necesarias para comprobar que los

solicitantes de acreditación cuentan con las instalaciones, equipo, personal técnico, organización y métodos operativos adecuados, que garanticen su competencia técnica y la confiabilidad de sus servicios.

Los gastos derivados de la acreditación así como los honorarios de los técnicos que en su caso se requieran, correrán por cuenta de los solicitantes, los que deberán ser informados al respecto en el momento de presentar su solicitud.

En caso de no ser favorable el dictamen del comité de evaluación, se otorgará un plazo de 180 días naturales al solicitante para corregir las fallas encontradas. Dicho plazo podrá prorrogarse por plazos iguales, cuando se justifique la necesidad de ello.

ARTÍCULO 70. Las dependencias competentes podrán aprobar a las personas acreditadas que se requieran para la evaluación de la conformidad, en lo que se refiere a normas oficiales mexicanas, para lo cual se sujetarán a lo siguiente:

- I. Identificar las normas oficiales mexicanas para las que se requiere de la evaluación de la conformidad por personas aprobadas y, en su caso, darlo a conocer en el Diario Oficial de la Federación; y
- II. Participar en los comités de evaluación para la acreditación, o reconocer sus resultados. No duplicar los requisitos solicitados para su acreditación, sin perjuicio de establecer adicionales, cuando se compruebe justificadamente a la Secretaría la necesidad de los mismos a fin de salvaguardar tanto el objetivo de la norma oficial mexicana, como los resultados de la evaluación de la conformidad con la misma y la verificación al solicitante de las condiciones para su aprobación.

ARTÍCULO 70-A. Para operar como entidad de acreditación se requiere la autorización de la Secretaría, previa opinión favorable de la mayoría de los miembros de la Comisión Nacional de Normalización a que se refiere la fracción I del artículo 59, y cumplir con lo siguiente:

- I. Acreditar la capacidad jurídica, técnica, administrativa y financiera, para lo que se deberá acompañar:
 - a) Estatutos sociales o proyecto de éstos, detallando órganos de gobierno, y la estructura técnica funcional de la entidad donde conste la representación equilibrada

de los organismos productivos, comerciales y académicos interesados, a nivel nacional, en el proceso de acreditación;

b) Relación de los recursos materiales y humanos con que cuenta, o propuesta de los mismos, detallando grado académico y experiencia en la materia de éstos últimos; y

c) Documentos que demuestren su solvencia financiera para asegurar la continuidad del sistema de acreditación;

II. Demostrar su capacidad para atender diversas materias, sectores o ramas de actividad;

III. Acompañar, en su caso, sus acuerdos con otras entidades similares o especializadas en las materias a que se refiere esta Ley; y

IV. Señalar las tarifas máximas que aplicaría en la prestación de sus servicios.

Integrada la documentación la Secretaría emitirá un informe y lo someterá a las dependencias competentes para su opinión.

ARTÍCULO 70-B. La entidad de acreditación autorizada deberá:

I. Resolver las solicitudes de acreditación que le sean presentadas, emitir las acreditaciones correspondientes y notificarlo a las dependencias competentes;

II. Cumplir en todo momento con las condiciones y términos conforme a los cuales se le otorgó la autorización;

III. Permitir la presencia de un representante de las dependencias competentes que así lo soliciten en el desarrollo de sus funciones;

IV. Integrar y coordinar los comités de evaluación para la acreditación conforme a los lineamientos que dicte la Secretaría, así como integrar un padrón nacional de evaluadores con los técnicos correspondientes;

V. Revisar periódicamente el cumplimiento por parte de las personas acreditadas de las condiciones y requisitos que sirvieron de base para su acreditación;

VI. Resolver las reclamaciones que presenten las partes afectadas por sus actividades, y responder sobre su actuación;

VII. Salvaguardar la confidencialidad de la información obtenida en el desempeño de sus actividades;

VIII. Participar en organizaciones de acreditación regional o internacional para la elaboración de criterios y lineamientos sobre la acreditación y el reconocimiento mutuo de las acreditaciones otorgadas;

IX. Facilitar a las dependencias y a la Comisión Nacional de Normalización la información y asistencia técnica que se requiera en materia de acreditación y presentar semestralmente un reporte de sus actividades ante la misma; y

X. Mantener para consulta de cualquier interesado un catálogo clasificado y actualizado de las personas acreditadas.

ARTÍCULO 70-C. Las entidades de acreditación y las personas acreditadas por éstas deberán:

I. Ajustarse a las reglas, procedimientos y métodos que se establezcan en las normas oficiales mexicanas, las normas mexicanas y, en su defecto, las internacionales;

II. Prestar sus servicios en condiciones no discriminatorias y observar las demás disposiciones en materia de competencia económica;

III. Evitar la existencia de conflictos de interés que puedan afectar sus actuaciones y excusarse de actuar cuando existan tales conflictos;

IV. Resolver reclamaciones de cualquier interesado; y

V. Permitir la revisión o verificación de sus actividades por parte de la dependencia competente, y además por las entidades de acreditación en el caso de personas acreditadas.

Cuando una entidad de acreditación o persona acreditada y aprobada tenga poder sustancial en el mercado relevante de acuerdo a la Ley Federal de Competencia Económica, la Secretaría estará facultada para establecer

obligaciones específicas relacionadas con las tarifas, calidad y oportunidad del servicio.

Acreditación de laboratorios de prueba

La dirección general de normas tiene entre sus funciones otorgar, previa acreditación emitida por la entidad autorizada, la aprobación a los que coadyuvan en la evaluación de la conformidad de las normas oficiales mexicanas expedidas por la secretaria de economía, de tal manera que, las actividades que realicen en el marco de la ley federal sobre metrología y normalización, tendrán validez ante las dependencias y entidades de la administración pública federal. A partir de la publicación, el 15 de enero de 1999, en el Diario Oficial de la Federación da la autorización de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) comienza a operar como el primer el primer órgano acreditador en México.

La **entidad mexicana de acreditación, a.c.** es la primera entidad de gestión privada en nuestro país, que tiene como objetivo acreditar a los organismos de la evaluación de la conformidad: Laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, laboratorios clínicos, unidades de verificación (organismos de inspección), organismos de certificación, Proveedores de Ensayos de Aptitud y a los Organismos Verificadores/Validadores de Emisión de Gases Efecto Invernadero (OVV GEI)

Acreditación

Acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, laboratorios clínicos, unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación para la Evaluación de la Conformidad.

Requisitos para constituirse como laboratorios de pruebas

Establecer un Sistema de Calidad basado en la Normatividad, (NMX-EC-17025-IMNC-2006 / ISO/EC-17025:2005) “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y de calibración”, el cual debe contener como mínimo:

- Política y objetivos de calidad
- Organización y estructura del laboratorio
- Establecer, implantar y mantener un sistema de calidad apropiado al alcance de sus actividades
- Personal administrativo y técnico capacitado
- Procedimientos para el control de documentos
- Procedimientos para la revisión de solicitudes, ofertas y contratos
- Procedimientos de subcontratación de ensayos y calibraciones (cuando aplique)
- Procedimientos para la selección y adquisición de servicios y suministros
- Cooperación con los clientes
- Procedimientos para la resolución de quejas
- Procedimientos para el control de pruebas (ensayos) no conforme
- Acciones correctivas y preventivas
- Procedimientos para el control de registros
- Auditorías internas
- Revisiones de la dirección
- Instalaciones y condiciones ambientales

Equipos

- Métodos de ensayo y validación de métodos
- Trazabilidad de la medición
- Patrones y materiales de referencia
- Estimación de incertidumbre de la medición
- Control de datos
- Procedimientos para el muestreo
- Manejo de los elementos de ensayo
- Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo
- Informe de resultados

- Confidencialidad y seguridad

Laboratorios de pruebas

Son instituciones de primera, segunda y tercera parte, pertenecientes a los sectores: productor, distribuidor, comercializador, prestador de servicios, consumidor, instituciones educativas y científicas, que coadyuvan en la evaluación de la conformidad a través de la aplicación de métodos de prueba. Los laboratorios de pruebas garantizan dentro de su estructura administrativa y funcional que operan con imparcialidad, independencia, integridad, confidencialidad y con capacidad técnica, material y humana.

Laboratorios de Calibración

Los laboratorios de calibración, proporcionan servicios técnicos de medición y calibración por actividad específica con trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales aprobados por la Secretaría de Economía, o en su defecto a patrones extranjeros confiables a juicio de esta. Los laboratorios de calibración garantizan dentro de su estructura administrativa y funcional que operan con integridad, imparcialidad, confidencialidad y competencia técnica, material y humana.

Señalar las normas y/o procedimientos que pretende evaluar, indicando la materia, sector, rama, campo o actividad respectivos y describir los servicios que pretende prestar y los procedimientos a utilizar. Demostrar que cuenta con la adecuada capacidad técnica, material y humana en relación con los servicios que pretende prestar, así como, con los procedimientos de aseguramiento de la calidad que garanticen el desempeño de sus funciones. Una vez obtenida la Acreditación, solicitar la aprobación a la Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo de esta Secretaría, anexando el oficio de Acreditación otorgado por la entidad de acreditación.

Unidad II

Metrología

2.1 Antecedentes

Uno de los ejemplos significativo fue la aportación de los egipcios que tomaron el cuerpo humano como base para las unidades de longitud, tales como: las longitudes de los antebrazos, pies, manos o dedos. El codo, cuya distancia es la que hay desde el codo hasta la punta del dedo corazón de la mano, fue la unidad de longitud más utilizada en la antigüedad, de tal forma que el codo real egipcio es la unidad de longitud normalizada más antigua conocida. El codo real estaba hecho de granito negro y tenía divisiones y subdivisiones grabadas sobre la superficie superior. Después aparece el codo olímpico griego, el pie romano y finalmente el pie anglosajón.

El codo fue heredado por griegos y romanos, aunque no coincidían en sus longitudes.



Figura 13 Representación del codo egipcio

Partiendo de la época prehispánica en México se observa que la mayoría de los patrones de medida estaban relacionados con las dimensiones del cuerpo humano y, por lo tanto, solo por regiones era posible contar grado de normalización en las mediciones debido básicamente a las características de la anatomía de cada raza. Se llevaron a cabo muchos intentos por unificar los criterios de las mediciones, por así convenir a sus propios intereses y sus costumbres comerciales de cada región y de tal manera que lograron normalizar sus sistemas de medición. Algunos ejemplos de estas medidas de referencias fueron:

1. La distancia del pie izquierdo a la mano derecha con el brazo en alto se le denominaba “Cemmatl o Neuitzantli” correspondía a 2.5 metros.
2. Longitud entre las manos con los brazos extendidos se le denominaba “Cenmailt” correspondía 1.6 y 1.65 metros.
3. Longitud que comprende de la mitad del pecho hasta el dedo medio con el brazo extendido se denominó “Cenyollotli”.

4. Longitud del codo a la punta del dedo anular se le denominó "Cemmolipitl".
5. Distancia de la palma de una mano, medida entre los dedos pulgar y meñique tenía una equivalencia de 18 centímetros de nombre "Cemiztetl".
6. "Cenxocpalli" fue el nombre que recibió la medida de un pie.

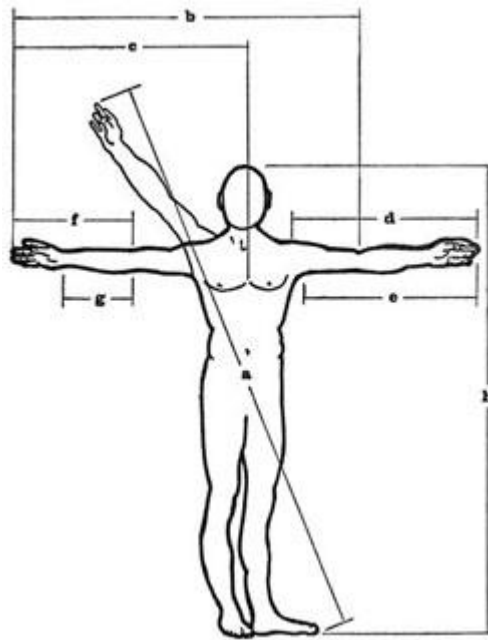


Figura 14. Patrones de medida tomando como referencia las partes del cuerpo humano.

En el periodo 1215 con la firma de la carta magna por el rey Juan de Inglaterra normaliza las pesas y medidas para evitar las malas prácticas comerciales.

Una vez consumada la conquista después de cuatro años de dominación española, Hernán Cortez, Capitán General y Gobernador de la Nueva España, dicta la ordenanza de 1525. Lo que conlleva a la reglamentación de las pesas y las medidas desde la arroba hasta el cuartillo y medio cuartillo, los cuales sirvieron como patrones de verificación. Posteriormente en 1536 se dan a conocer las ordenanzas del Virrey Don Antonio de Mendoza que se refieren a las medidas para tierra, fundándose la medida española como la vara.

El sistema de pesas y medidas en la época colonial estuvo fundamentado en tres unidades básicas:

1. La vara castellana para determinar la longitud.
2. La libra castellana para lo referente al peso.
3. Los segundos para especificar el tiempo.

Posteriormente en Francia, a fines del siglo XVIII, se establece el primer sistema de unidades de medida: el Sistema Métrico. Este sistema presentaba un conjunto de unidades para las medidas de longitud, volumen, capacidad y masa, y estaba basado en dos unidades fundamentales: el metro y el kilogramo. Se fabrican 32 barras de platino logrando normalizar un prototipo de medición de nombre metro. En el periodo de 1889 México se le asigna el prototipo 21 en custodia de la Secretaría de Fomento, ahora lo custodia la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía.

Hasta 1857 en la Constitución Mexicana se establece el Sistema Métrico decimal. Después de varias décadas en 1889 México adquiere los prototipos del kilogramo (#21) y el metro (#25). Y en 1895 el Sistema Métrico Decimal se refrendó.

Durante el periodo del presidente Porfirio Díaz en 1905, se expide la ley de pesas y medidas y su reglamento.

En el periodo de 1917, la Constitución incluye adoptar un sistema de pesas y medidas. Durante el periodo 1927 se lleva a cabo la séptima conferencia internacional de pesos y medidas donde se definieron las especificaciones del metro como la temperatura de 15 grados centígrados, presión atmosférica de 760 mm de mercurio, ambiente aire seco 0.03% de monóxido de carbono, con una aceleración gravitacional de 980.6665 g y la longitud de onda emitida por el cadmio bajo estas condiciones es de $1 \text{ m} = 1553164.13 \text{ Cd R}$.

En México durante el periodo de 1947 se hizo un intento de establecer un Sistema de Normalización, con comités de normalización. En el periodo de 1960 se realizó la 11va. Conferencia general de pesos y medidas, donde se vuelve a definir el metro: como la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío de la radiación del átomo de criptón 86.

En la ley General de Normas y de Pesas y Medidas de 1961, se adopta nuevamente un sistema general de unidades de pesas y medidas.

En el año 1983 se propone la cuarta definición del metro en la 17 Conferencia General de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas es la siguiente: un metro es la distancia que recorre la luz en el vacío durante un intervalo de $1/299\,792\,458$ de segundo.

Aparece en 1988 la **Ley Federal sobre Metrología y Normalización**, fue dada a conocer en el Diario Oficial de la Federación, el 1 de julio de 1992 y el 14 de enero de 1999, se decretó y apareció en el Diario Oficial de la Federación el Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Esta Ley tiene por objeto lo siguiente: establecer la responsabilidad de la Secretaría de Economía y otros organismos, como la Comisión Nacional de Normalización y la Procuraduría Federal del Consumidor, para aplicar las disposiciones establecidas por la ley.

Por otro lado la norma también previó la creación de entidades de acreditación, dando oportunidad a que surgiera el organismo denominado: Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (EMA), la cual “es la primera entidad de gestión privada en nuestro país que tiene por objetivo acreditar a los organismos de la evaluación de la conformidad (laboratorios de prueba, laboratorios de calibración, organismos de certificación y unidades de verificación)”. En 1998 se autoriza la operación de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Su creación se impulsó al detectar los retos que nos presenta el intercambio de productos, bienes y servicios en el mundo globalizado; para dotar a la industria y comercio de herramientas para competir equitativamente, e insertarnos ampliamente al comercio internacional. Desde enero de 2006, **EMA**, cumple cabalmente con la norma vigente para organismos de acreditación en el ámbito mundial, la Norma **NMX-EC-17011-IMNC-2005** “Evaluación de la Conformidad – Requisitos Generales para los Organismos que realizan la acreditación de Organismos de Evaluación de la Conformidad”.

En materia de normalización, certificación, acreditación y verificación se pretende:

- Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas (NOM) y normas mexicanas (NMX).
- Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyuve en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal.

- Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal.
- Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas.
- Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de la administración pública federal.
- Establecer el sistema nacional de acreditación de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración.
- En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.

En Materia de Metrología:

- Establecer el Sistema General de Unidades de Medida;
- Precisar los conceptos fundamentales sobre metrología.
- Establecer los requisitos para la fabricación, importación, reparación. Venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida.
- Establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasado.
- Instituir el Sistema Nacional de Calibración.
- Crear el Centro Nacional de Metrología, como organismo de alto nivel técnico en la materia.
- Regular, en lo general, las demás materias relativas a la metrología.

La ley sobre metrología y normalización sentó las bases para preparar a nuestro país hacia el tratado de libre comercio con América del Norte y Canadá. Garantizando la calidad de los productos y servicios mexicanos se eliminarían las barreras arancelarias para el libre comercio. Por ejemplo: un producto que incluya certificado de calidad no sería necesario examinarlo por el país importador. Sin embargo para poder certificar ese producto, había que crear normas para garantizar

que ese producto cumpliera con ciertas especificaciones. Pero surge la pregunta: ¿Quién garantizaría que realmente ese producto cumple con una Norma? Nuestra Ley también contempló que para el cumplimiento de las normas era necesario en primer punto contar con un mecanismo de Normalización, y abrió la posibilidad de realizar trabajos de Normalización al sector privado, bajo ciertos requisitos específicos incluidos en esta Ley, como ejemplo de éstos organismos está el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC) quien se encarga de emitir normas como NMX-CC-9001 , NMXEC-17025-IMNC-2006 entre otras, así como el ONNCE Organización Nacional de Normalización para la Construcción y Edificación, ANCE- Asociación Mexicana de Certificación, NYCE- Normalización y Certificación Nacional de la Industria Eléctrica Electrónica, etc. Una vez que se especificaron las actividades de Certificación, Verificación, Laboratorio de Ensayo y/o de Calibración, en segundo punto, también se contempló la creación de un organismo que permitiera Evaluar la conformidad.

Evaluar la conformidad es evaluar el cumplimiento con alguna especificación, norma, regulación técnica reconocida etc. Es por ello que en México se requería contar con un organismo independiente e imparcial que garantizara que las normas utilizadas en nuestro país fueran cumplidas y otorgar reconocimiento a quienes cumplieran garantizando la confiabilidad de los servicios que ofrecieran, para ello esta Ley incluyó la creación de una Entidad de Acreditación, ya que esta actividad era realizada por las dependencias del gobierno, sin embargo para garantizar la imparcialidad esta ley contempló la creación de un organismo independiente y de tercera parte.

La posibilidad de crear una entidad de acreditación permitiría que nuestro país contara con Organismos de Certificación, Unidades de Inspección, Laboratorios de Ensayo y de Calibración.

Para ejemplificar lo que realizan los organismos antes descritos se incluye el ejemplo de un producto certificado. Ese producto se certifica por un Organismo de Certificación de Producto, ese organismo fue reconocido previamente por una entidad de acreditación, la cual reconoce que este organismo es competente y confiable y cumple con la normativa aplicable. Siguiendo con el ejemplo el Organismo de Certificación reconoce que un producto cumple con aspectos de seguridad con un documento llamado certificado. Pero ese organismo para saber

que dicho producto cumple con alguna especificación debe tener un laboratorio para que realicen pruebas al producto o mediciones de alguna característica en particular

Para poder competir comercialmente con Estados Unidos y Canadá, fue necesario establecer el marco legal para la creación del sistema nacional que garantizara que las mediciones que se realizaran en nuestro país fueran confiables, es por ello que se desarrolló un Centro Nacional de Metrología (CENAM).

El CENAM fue creado con el fin de apoyar al sistema metrológico nacional como un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, de acuerdo al artículo 29 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992. Posteriormente sus reformas fueron publicadas en el Diario Oficial de la federación el 20 de mayo de 1997.

El CENAM es la máxima institución en materia de mediciones en nuestro país, responsable de establecer y mantener los patrones nacionales, ofrecer servicios metrológicos como calibración de instrumentos y patrones, certificación y desarrollo de materiales de referencia, cursos especializados en metrología, asesorías y venta de publicaciones. Mantiene estrecho contacto con otros laboratorios nacionales y con organismos internacionales relacionados con la metrología, con el fin de asegurar el reconocimiento internacional de los patrones nacionales de México y, consecuentemente, promover la aceptación de los productos y servicios de nuestro país.

Siendo un organismo descentralizado, el CENAM no ejerce funciones de autoridad. La Ley mencionada junto con su reglamento, establecen la responsabilidad de la Secretaría de Economía (antes Secretaría de Comercio y Fomento Industrial SECOFI) y otros organismos, como la Procuraduría Federal del Consumidor y la Comisión Nacional de Normalización para aplicar las disposiciones establecidas por la ley.

En 1992 se le hacen modificaciones al sistema de medidas aceptando las unidades del Sistema Internacional (S.I.). Se promueve la privatización de la normalización, se anula la denominación única de NOM y se contemplan NOM (obligatorias) y NMX (voluntarias), se incluyen los conceptos de certificación y verificación. Se pone como requisito la aprobación de las dependencias del gobierno para la normalización y para la acreditación (su reglamentación se publicó 1999).

En 1993 vio el nacimiento de los primeros organismos mexicanos de normalización y certificación privados.

En 1997 se modifica la ley y se modifica el requisito de aprobación por las dependencias del gobierno. Se constituyó el Comité Conjunto para las Guías en Metrología (JCGM), presidido por el Director del BIPM e integrado por las siete organizaciones internacionales que habían preparado las versiones originales de la Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida (GUM) y del Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metrología (VIM). El Comité Conjunto ha retomado el trabajo del Grupo Técnico Consultivo (TAG 4) de la ISO que había desarrollado la GUM y el VIM. El Comité Conjunto estuvo constituido en su origen por representantes de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), de la Federación Internacional de Química Clínica (IFCC), de la Organización Internacional de Normalización (ISO), de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP), y de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML). En 2005 la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC) se unió a los siete organismos internacionales fundadores.

Y en noviembre del 2002, la NOM-008-SCFI releva al Sistema General de Unidades de Medida y entra el Sistema Internacional de Unidades (S.I.).

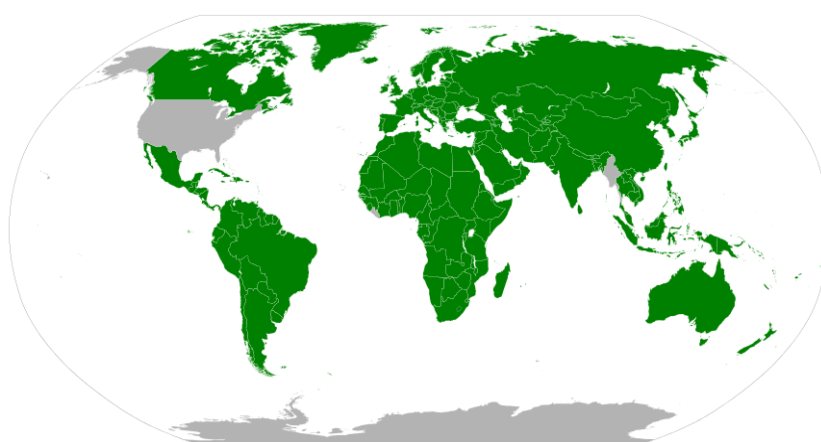


Figura 15. Países que actualmente han adoptado el Sistema Internacional de Unidades (S.I.).

Desde el año 1890 México se adhirió a la Convención del metro; actualmente participa como estado miembro de este organismo integrado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), el Buro Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) y el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM). Asimismo, nuestro país es miembro correspondiente en la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) y del foro de Metrología Legal Asia Pacífico (APLMF).

Dirección General de Normas

Misión

Promover la aplicación y el cumplimiento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, mediante el desarrollo de normas y programas de evaluación de la conformidad y la participación en la elaboración de normas internacionales para fomentar la competitividad del comercio y la industria, en los ámbitos nacional e internacional.

Objetivo

Coordinar el sistema de normalización y evaluación de la conformidad, apegándose para ello, a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento para fomentar la competitividad de la industria y el comercio en el ámbito nacional e internacional.

Funciones

1. Aplicar la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, su Reglamento y la Ley Federal de Protección al Consumidor en el ámbito de competencia de la Secretaría, así como las disposiciones derivadas de dichas leyes, en lo relativo a la formulación, revisión, expedición, difusión y evaluación

De la conformidad respecto de las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas.

2. Elaborar y dar a conocer las políticas públicas y estrategias en materia de metrología, normalización y evaluación de la conformidad, en el ámbito nacional e internacional, sin afectar las atribuciones de promoción y difusión a nivel internacional de la Subsecretaría de Comercio Exterior.
3. Dirigir la operación del Centro de Información y Punto de Contacto del país, en materia de normalización, metrología y evaluación de la conformidad con el fin de

dar cumplimiento a los compromisos establecidos en los tratados comerciales internacionales de los que México sea parte.

4. Establecer programas para el fomento de la calidad de los productos y servicios mexicanos y para la promoción y difusión de la normalización, metrología y evaluación de la conformidad, y de la investigación y análisis en la materia en coordinación con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal competentes, los organismos nacionales de normalización, las entidades de acreditación y las personas acreditadas por éstas, las instituciones de enseñanza superior, asociaciones o colegios de profesionales.
5. Expedir y publicar la lista de instrumentos de medición, cuya calibración, verificación inicial, periódica o extraordinaria sea obligatoria.
6. Autorizar el uso de contraseñas y marcas oficiales y, en su caso conceder licencias para el uso de estas últimas en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.
7. Autorizar la trazabilidad hacia patrones nacionales o extranjeros de instrumentos de medición y materiales de referencia empleados en actividades de calibración y de evaluación de la conformidad.
8. Definir y establecer los lineamientos para emitir dictámenes de calibración por laboratorios o entidades, previa opinión de la Comisión Nacional de Normalización.
9. Desarrollar las funciones que le sean conferidas para la normatividad aplicable en materia de metrología en coordinación con el Centro Nacional de Metrología.
10. Elaborar conjuntamente con las dependencias competentes y organismos nacionales de normalización, el Programa Nacional de Normalización y dirigir su ejecución en el área competencia de la Secretaría.
11. Formular, revisar, expedir, modificar, cancelar y difundir las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas en el ámbito de competencia de la Secretaría, así como determinar la fecha de su entrada en vigor y coordinarse con otras dependencias para la elaboración conjunta de normas oficiales mexicanas.
12. Formar, organizar y presidir el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la elaboración de normas oficiales mexicanas dentro de la competencia de la

Secretaría y participar con voz y voto en otros Comités Consultivos Nacionales de Normalización en los que se afecten las actividades industriales o comerciales.

- 13.** Formular las reglas o lineamientos para la constitución y operación de los comités consultivos nacionales de normalización con base en las disposiciones legales aplicables.
- 14.** Fungir como Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización y coordinar sus organismos de colaboración.
- 15.** Registrar, verificar y vigilar a los organismos nacionales de normalización y, en su caso, participar en sus órganos de gobierno, así como suspender o cancelar su registro.
- 16.** Autorizar, en el ámbito de su competencia, el uso o aplicación de materiales, equipos, procesos, métodos de prueba, mecanismos, procedimientos o tecnologías alternativas, diferentes a los previstos en las normas oficiales mexicanas, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- 17.** Integrar, organizar y presidir los comités mexicanos para la participación y atención de los organismos internacionales de normalización, metrología, acreditación y evaluación de la conformidad y de la calidad, aprobar previa opinión de la Comisión Nacional de Normalización, los lineamientos para la organización de dichos comités, así como participar en dichos organismos y en las negociaciones comerciales internacionales que correspondan en el ámbito de su competencia.
- 18.** Establecer el destino de los recursos generados por la participación de México en los organismos internacionales de normalización, así como el mecanismo para el pago de regalías por derechos de Autor generadas por la venta en el país de normas internacionales propiedad de dichos organismos en coordinación con la Dirección General de Programación, Organización y Presupuesto, y de conformidad con los lineamientos que dicte la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- 19.** Implementar los procedimientos para la evaluación de la conformidad de las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas u otras especificaciones, prescripciones o características determinadas, competencia de la Secretaría, y

opinar sobre los procedimientos de evaluación de la conformidad elaborados por las demás dependencias competentes, relacionadas con los mismos.

- 20.** Autorizar, previa opinión de las dependencias competentes, a las entidades de acreditación, así como recibir las reclamaciones que se presenten en contra de ellas, requerirles información, vigilar y verificar su actuación, opinar sobre la suspensión o cancelación de las acreditaciones que otorguen y, en su caso, requerir la revisión de dichas acreditaciones.
- 21.** Aprobar, previa opinión de la Comisión Nacional de Normalización, los lineamientos para la organización de los comités de evaluación para la acreditación y, en su caso, para la aprobación de personas acreditadas, así como participar en dichos comités y supervisar su operación.
- 22.** Aprobar, en su caso, a las personas acreditadas que se requieran para realizar la evaluación de la conformidad con las normas oficiales mexicanas, así como renovar, suspender o revocar la aprobación conforme a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.
- 23.** Supervisar y vigilar las acciones de las entidades de acreditación y de las personas acreditadas competencia de la Secretaría.
- 24.** Coordinar con las personas acreditadas la promoción del Sistema Nacional de Evaluación de la Conformidad y establecerles obligaciones específicas relacionadas con las tarifas, calidad y oportunidad del servicio de conformidad con las resoluciones que al efecto emita la Comisión Federal de Competencia.
- 25.** Dirigir la atención de reclamaciones e inconformidades que se presenten en contra de las entidades de acreditación o de las personas acreditadas o aprobadas, competencia de la Secretaría y resolverlas.
- 26.** Recabar y administrar la información que se solicite a las entidades de acreditación, personas acreditadas o aprobadas para el cumplimiento de sus funciones.
- 27.** Vigilar y verificar la actuación de las entidades de acreditación, personas acreditadas o aprobadas, revisar, suspender o anular las acreditaciones.

28. Supervisar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones de su competencia, así como imponer las medidas precautorias y las sanciones que correspondan en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y de su Reglamento.
29. Realizar otras actividades o funciones que en materia de metrología, normalización y evaluación de la conformidad, en los ámbitos nacional e internacional, se establezcan a favor de la Secretaría.

2.2 Conceptos Básicos

Importancia de la Metrología a nivel mundial

Las mediciones juegan un papel determinante en la vida diaria de las personas. Se encuentran en cualquiera de las actividades, desde la estimación a simple vista de una distancia, hasta un proceso de control o la investigación básica.

La Metrología es probablemente la ciencia más antigua del mundo y el conocimiento sobre su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con sustrato científico ya que la medición permite conocer de forma cuantitativa, las propiedades físicas y químicas de los objetos. El progreso en la ciencia siempre ha estado íntimamente ligado a los avances en la capacidad de medición. Las mediciones son un medio para describir los fenómenos naturales en forma cuantitativa. Como se explica a continuación” la Ciencia comienza donde empieza la medición, no siendo posible la ciencia exacta en ausencia de mediciones”. Ya sea café, petróleo y sus derivados., electricidad o calor, todo se compra y se vende tras efectuar procesos de medición y ello afecta a nuestras economías privadas. Los radares (cinemómetros) de las fuerzas de seguridad, con sus consecuencias económicas y penales, también son objeto de medición. Horas de sol, tallas de ropa, porcentaje de alcohol, peso de las cartas, temperatura de locales, presión de neumáticos, etc. Es prácticamente imposible describir cualquier cosa sin referirse a la metrología. El comercio, el mercado y las leyes que los regulan dependen de la metrología y del empleo de unidades comunes.

Definición de Metrología

La Metrología es la ciencia que tiene por objeto el estudio de las mediciones o aspectos medibles, de los sistemas de unidades adoptados y los instrumentos usados para realizar su función e interpretarlas, garantizando su normalización mediante la trazabilidad, cualesquiera que sean sus incertidumbres, y en cualesquiera de los campos de la ciencia y de la tecnología en que tengan lugar, el bienestar social y la calidad. Cubre tres actividades principales:

- La definición de las unidades de medida internacionalmente aceptadas.
- La realización de las unidades de medida por métodos científicos.
- El establecimiento de las cadenas de trazabilidad, determinando y documentando el valor y exactitud de una medición y disseminando dicho conocimiento.

La definición del término metrología en la norma mexicana NMX-Z-055:1996. IMNC.Metrologia. Vocabulario de términos fundamentales y generales (VIM) es:

Medición

El concepto de medición se define como "el resultado de una comparación cuantitativa, entre un patrón predefinido y una magnitud desconocida", si el resultado va a ser significativo, dos condiciones deben reunirse en el acto de medir y estos son:

- a) Que el patrón usado para la comparación sea conocido y aceptado comúnmente.
- b) El procedimiento y los aparatos empleados para obtener la comparación, deben ser comprobables. Entre el concepto de medición anteriormente citado y otros que existen, se tienen en común la acción de comparar, por lo que con frecuencia se dice que "medir significa comparar correctamente".

Medición Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que es susceptible ha ser distinguida cualitativamente y determinado cuantitativamente. De acuerdo con la norma NOM-008-SCFI-2002 (Sistema General de Unidades de Medida.

Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición. En otras palabras: Es lo que quiero medir. Ejemplo: Presión de vapor de una muestra determinada de agua a 20 °C. La especificación de un mensurando puede requerir indicaciones acerca de magnitudes tales como tiempo, temperatura y presión.

Especificaciones

Son las características de un producto y están representadas en un documento técnico oficial de forma clara cada una de ellas, estas no se limitan únicamente al producto en sí, sino que deben incluir aspectos de los materiales, servicio e, incluso, los relativo al proceso de la manufactura para la obtención del producto y medir su calidad.

Valores medidos

Es el resultado numérico obtenido de la aplicación de un método de medición a un objeto, el cual posee una cantidad. Una característica importante de un valor medido es la trazabilidad. El comercio internacional requiere de mediciones trazables. De acuerdo con la norma mexicana NMX-Z-055:1996.

Calibración

La calibración, según el Vocabulario internacional de términos metrológicos (VIM) es el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones.

La calibración determina las características metrológicas del instrumento o del material de referencia y se realiza mediante comparación directa con patrones de medida o materiales de referencia certificados. La calibración da lugar a un Certificado de Calibración y, en la mayoría de los casos, se fija una etiqueta al instrumento calibrado.

Verificación

La verificación consiste en revisar, inspeccionar, ensayar, comprobar, supervisar, o realizar cualquier otra función análoga, que establezca y documente que los elementos, procesos, servicios o documentos están conformes con los requisitos especificados.

Auditoria

Es el examen crítico, metódico, sistemático que realiza una persona o grupo de personas independientes del sistema auditado, que puede ser una persona, organización, sistema, proyecto o producto, con el objeto de determinar si las actividades y los resultados cumplen con las disposiciones previamente establecidas y emitir una opinión independiente y competente.

Inspección

Es el examen crítico de las características de las partes en proceso, ensambles o productos terminados con ayuda de especificaciones y aparatos de medición, para determinar si la unidad bajo comparación está dentro de la variabilidad permitida.

Instrumento de medición

Es un dispositivo destinado para realizar o comparar mediciones físicas mediante un proceso de medición.

Patrón

Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o unos o varios valores de una magnitud para servir de referencia.

Patrón Primario

Es un patrón que es designado o ampliamente reconocido que presenta las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es establecido sin referirse a otros patrones de la misma magnitud.

Patrón secundario

Los patrones secundarios son estándares contruidos a partir del patrón primario nacional y cuyos valores se asignan por comparación con un patrón primario de la misma magnitud, para la fabricación de aparatos de precisión.

Patrón de referencia

Patrón, en general, de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, de donde derivan las mediciones que ahí se realizan.

Trazabilidad

Es una propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, tal que esta pueda ser relacionada con referencias determinadas, por lo general patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas. El concepto de trazabilidad es muy importante, pues se refiere a una propiedad de una medición que pueda ser comparada con los patrones que se encuentran en el Centro Nacional de Metrología (CENAM), todo instrumento de medición debe estar calibrado, no necesariamente por el CENAM, sino por otro laboratorio, de tal manera que dicho laboratorio tenga sus instrumentos calibrados, así sucesivamente hasta llegar a la comparación con el patrón nacional.

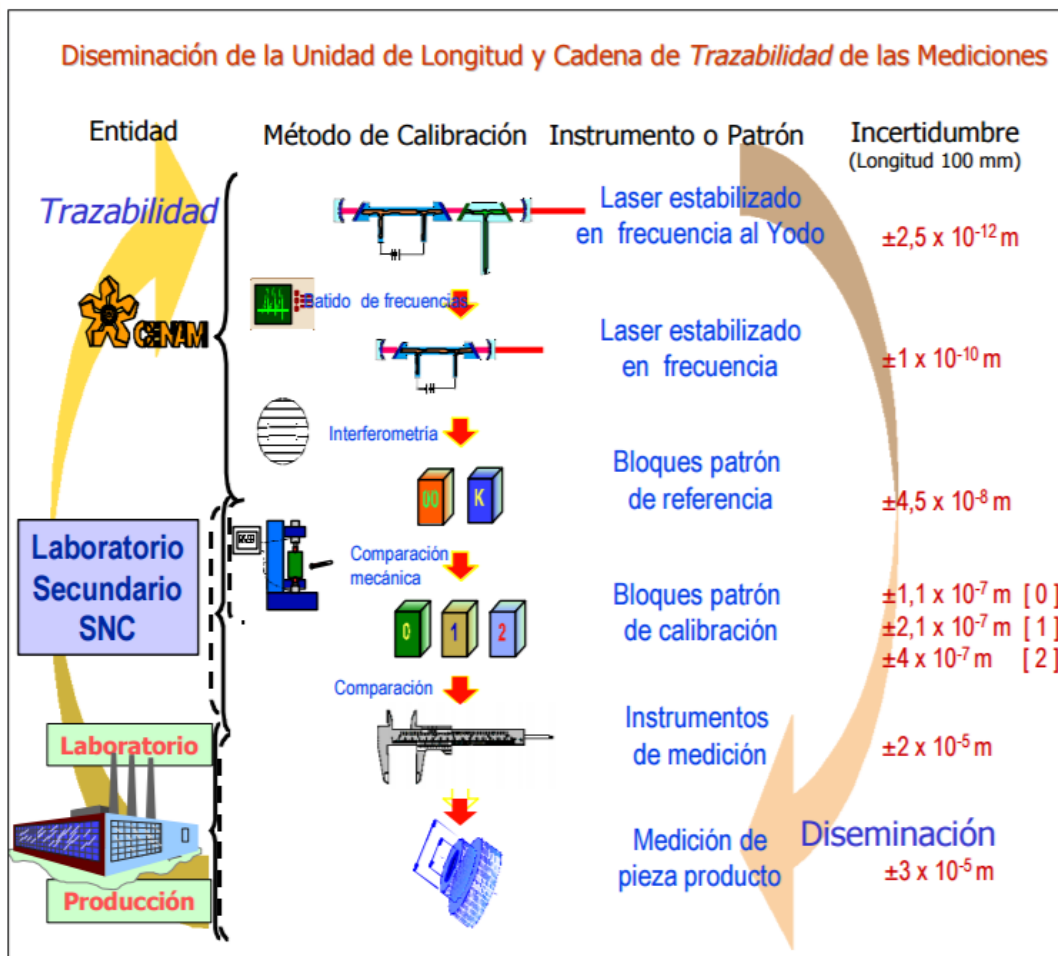


Figura 16. Cadena de Trazabilidad

NMX-Z-055:1996 IMNC, “Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales en Metrología”, IMNC.



Figura 1 - Láser estabilizado en frecuencia al $^{127}\text{I}_2$ desarrollado en el CENAM

Figura 17. Patrón desarrollado por el CENAM

La figura anterior ilustra a nuestro patrón nacional de longitud Metro, cuyo símbolo es m, y como definición es la Longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo, esa trayectoria es 1 m, con incertidumbre de $\pm 2,5 \times 10^{-12}$ m.

Los cuerpos de acreditación, como la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), tienen sus propios lineamientos para trazabilidad y está caracterizada por seis elementos esenciales:

1. **Una cadena ininterrumpida de calibraciones.** La trazabilidad empieza con una cadena ininterrumpida de comparaciones, cuyo origen se encuentra en el laboratorio nacional, internacional o patrones intrínsecos de medición, y termina con los estándares de referencia de un laboratorio de metrología determinado.
2. **Incertidumbre de la medición.** La determinación de la incertidumbre para cada eslabón de la cadena de trazabilidad debe calcularse de acuerdo con métodos definidos y establecerse en cada eslabón, de tal modo que se calcule la incertidumbre de toda la cadena.
3. **Documentación.** Cada eslabón de la cadena debe realizarse de acuerdo con procedimientos documentados y generalmente aceptados, y el resultado debe registrarse en un reporte de calibración o de ensayo.
4. **Competencia.** Los laboratorios que desarrollan uno o más eslabones de la cadena deben evidenciar su competencia técnica, por ejemplo, demostrando que están acreditados o reconocidos por algún cuerpo de acreditación.
5. **Referencia de unidades S.I.** Donde sea posible, los estándares primarios nacionales deben de ser estándares primarios materializados de las unidades del S.I.
6. **Re calibraciones.** Las calibraciones deben ser repetidas a intervalos apropiados de tiempo de tal manera que la trazabilidad de las mediciones se mantenga asegurada.

Reglas para efectuar mediciones

Para hacer mediciones confiables es necesario preparar de manera adecuada los instrumentos de medición, así como los objetos a medir. Algunos

pasos que deben realizarse para llevar a cabo una medición confiable son los siguientes:

1. Emplear el instrumento que corresponde a la precisión exigida.
2. Mirar siempre verticalmente sobre el lugar de lectura.
3. Limpiar la superficie del material y el instrumento de medición antes de realizar las mediciones.
4. Retirar la rebaba de las piezas de trabajo antes de la medición.
5. En mediciones de alta exactitud, prestar la atención a la temperatura de referencia.
6. En algunos instrumentos de medición, cuidar que la presión de medición sea exacta.
7. No hacer mediciones en piezas de trabajo en movimiento o en máquinas en marcha.
8. Verificar los instrumentos de medición regulables repetidas veces respecto a su posición a cero.
9. Verificar en determinados intervalos los instrumentos de medición respecto a su precisión de medición.
10. Verificar el estado de calibración del instrumento de medición.

2.3 Uso de los sistemas internacionales de medida

Sistema General de Unidades de Medida

El sistema General de Unidades de medida Esta norma oficial mexicana **NOM-008-SCFI-2002** tiene como propósito, establecer un lenguaje común que responda a las exigencias actuales de las actividades científicas, tecnológicas, educativas, industriales y comerciales, al alcance de todos los sectores del país. La elaboración de esta norma oficial mexicana se basó principalmente en las resoluciones y acuerdos que sobre el Sistema Internacional de Unidades (SI) se han tenido en la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), hasta su 21a. Convención realizada en el año 1999. El "SI" es el primer sistema de unidades de medición compatible, esencialmente completo y armonizado internacionalmente,

está fundamentado en 7 unidades de base, cuya materialización y reproducción objetiva de los patrones correspondientes, facilita a todas las naciones que lo adopten para la estructuración de sus sistemas metrológicos a los más altos niveles de exactitud. Además, al compararlo con otros sistemas de unidades, se manifiestan otras ventajas entre las que se encuentran la facilidad de su aprendizaje y la simplificación en la formación de las unidades derivadas.

Objetivo y campo de aplicación

Esta norma oficial mexicana establece las definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) y otras unidades fuera de este Sistema que acepte la CGPM, que en conjunto, constituyen el Sistema General de Unidades de Medida, utilizado en los diferentes campos de la ciencia, la tecnología, la industria, la educación y el comercio.

Referencias

Para la correcta aplicación de esta norma se debe consultar la siguiente norma mexicana vigente o la que la sustituya NMX-Z-055-1997: IMNC Metrología-Vocabulario de términos fundamentales generales, declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 17 de enero de 1997.

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Sistema coherente de unidades adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM). Este sistema está compuesto por:

- unidades SI de base;
- unidades SI derivadas

Magnitud

Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que es susceptible de ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

Sistema coherente de unidades (de medida)

Sistema de unidades compuesto por un conjunto de unidades de base y de unidades derivadas compatibles.

Tablas de unidades

Unidades SI de base

Las unidades de base del SI son 7, correspondiendo a las siguientes magnitudes: longitud, masa, tiempo, intensidad de corriente eléctrica, temperatura termodinámica, intensidad luminosa y cantidad de sustancia. Los nombres de las unidades son respectivamente: metro, kilogramo, segundo, ampere, kelvin, candela y mol. Las magnitudes, unidades, símbolos y definiciones se describen en la Tabla 1. NMX-Z-055-1997: IMNC Metrología-Vocabulario de términos fundamentales.

Unidades SI derivadas

Estas unidades se obtienen a partir de las unidades de base, se expresan utilizando los símbolos matemáticos de multiplicación y división. Se pueden distinguir tres clases de unidades: la primera, la forman aquellas unidades SI derivadas expresadas a partir de unidades de base. La segunda la forman las unidades SI derivadas que reciben un nombre especial y símbolo particular, la tercera la forman las unidades SI derivadas expresadas con nombres especiales, existe gran cantidad de unidades derivadas que se emplean en las áreas científicas.

Nota sobre las unidades de dimensión 1 (uno)

La unidad coherente de cualquier magnitud adimensional es el número 1 (uno), cuando se expresa el valor de dicha magnitud, la unidad 1(un) generalmente no se escribe en forma explícita.

No deben utilizarse prefijos para formar múltiplos o submúltiplos de la unidad, en lugar de prefijos deben usarse potencias de 10

Unidades que no pertenecen al SI

Existen algunas unidades que no pertenecen al SI, por ser de uso común, la CGPM las ha clasificado en tres categorías:

- unidades que se conservan para usarse con el SI;
- unidades que pueden usarse temporalmente con el SI.
- unidades que no deben utilizarse con el SI.

Unidades que se conservan para usarse con el SI

Son unidades de amplio uso, por lo que se considera apropiado conservarlas; sin embargo, se recomienda no combinarlas con las unidades del SI para no perder las ventajas de la coherencia.

Unidades que pueden usarse temporalmente con el SI

Son unidades cuyo empleo debe evitarse, se mantienen temporalmente en virtud de su gran uso actual, pero se recomienda no emplearlas conjuntamente con las unidades SI.

Unidades que no deben utilizarse con el SI

Existen otras unidades que no pertenecen al SI; actualmente tienen cierto uso, algunas de ellas derivadas del sistema CGS, dichas unidades no corresponden a ninguna de las categorías antes mencionadas en esta norma por lo que no deben utilizarse en virtud de que hacen perder la coherencia del SI; se recomienda utilizar en su lugar, las unidades respectivas del SI.

Prefijos

La Tabla 4 contiene la relación de los nombres y los símbolos de los prefijos para formar los múltiplos y submúltiplos decimales de las unidades, cubriendo un intervalo.

Sistema Internacional de unidades SI

En México se adoptó el Sistema Internacional de Unidades como norma oficial mexicana, la NOM-008-SCFI-2002. Se fundamenta en siete unidades de base correspondientes a las magnitudes de **longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura, cantidad de materia e intensidad luminosa**. Estas son conocidas como **metro, kilogramo, segundo, ampere, kelvin, mol, y candela**, respectivamente.

A partir de estas siete unidades se establecen las demás unidades de uso práctico, dos unidades suplementarias, el ángulo plano y el ángulo solido denominado **radian y esterradian**, así como 19 unidades derivadas, asociadas a magnitudes como frecuencia, fuerza, presión, trabajo o energía, potencia, resistencia eléctrica, etcétera.

Magnitud	Unidad	Símbolo	Definición
longitud	metro	m	Es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo [17a. CGPM (1983) Resolución 1]
masa	kilogramo	kg	Es la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo [1a. y 3a. CGPM (1889 y 1901)]
tiempo	segundo	s	Es la duración de $9\,192\,631\,770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133 [13a. CGPM (1967), Resolución 1]
corriente eléctrica	ampere	A	Es la intensidad de una corriente constante que mantenida en dos conductores paralelos rectilíneos de longitud infinita, cuya área de sección circular es despreciable, colocados a un metro de distancia entre sí, en el vacío, producirá entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud [9a. CGPM, (1948), Resolución 2]
temperatura termodinámica	kelvin	K	Es la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua [13a. CGPM (1967) Resolución 4]
cantidad de sustancia	mol	mol	Es la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como existan átomos en $0,012$ kg de carbono 12 [14a. CGPM (1971), Resolución 3]
intensidad luminosa	candela	cd	Es la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz y cuya intensidad energética en esa dirección es $1/683$ watt por esterradian [16a. CGPM (1979), Resolución 3]

Tabla 1. Unidades Fundamentales

Magnitud	Unidad	Símbolo	Definición
ángulo plano	radián	rad	Es el ángulo plano comprendido entre dos radios de un círculo, y que interceptan sobre la circunferencia de este círculo un arco de longitud igual a la del radio (ISO-31/1)
ángulo sólido	esterradián	sr	Es el ángulo sólido que tiene su vértice en el centro de una esfera, y, que intercepta sobre la superficie de esta esfera una área igual a la de un cuadrado que tiene por lado el radio de la esfera (ISO-31/1)

Tabla 2 Unidades suplementarias

Magnitud	Nombre de la unidad SI derivada	Símbolo	Expresión en unidades SI de base	Expresión en otras unidades SI
frecuencia	hertz	Hz	s^{-1}	
fuerza	newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$	
presión, tensión mecánica	pascal	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	N/m^2
trabajo, energía, cantidad de calor	joule	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	$N \cdot m$
potencia, flujo energético	watt	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	J/s
carga eléctrica, cantidad de electricidad	coulomb	C	$s \cdot A$	
diferencia de potencial, tensión eléctrica, potencial eléctrico, fuerza electromotriz	volt	V	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	W/A
capacitancia	farad	F	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$	C/V
resistencia eléctrica	ohm	Ω	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$	V/A
conductancia eléctrica	siemens	S	$m^2 \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$	A/V
flujo magnético ¹	weber	Wb	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$	$V \cdot s$
inducción magnética ²	tesla	T	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$	Wb/m^2
Inductancia	henry	H	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$	Wb/A
flujo luminoso	lumen	lm	$cd \cdot sr$	
luminosidad ³	lux	lx	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$	lm/m^2
actividad nuclear	becquerel	Bq	s^{-1}	
dosis absorbida	gray	Gy	$m^2 \cdot s^{-2}$	J/kg
temperatura Celsius	grado Celsius	$^{\circ}C$		K
dosis equivalente	sievert	Sv	$m^2 \cdot s^{-2}$	J/kg

Tabla 3 Unidades derivadas

Nombre	Símbolo	Valor
yotta	Y	$10^{24} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$
zetta	Z	$10^{21} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$
exa	E	$10^{18} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000$
peta	P	$10^{15} = 1\,000\,000\,000\,000\,000$
tera	T	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
giga	G	$10^9 = 1\,000\,000\,000$
mega	M	$10^6 = 1\,000\,000$
kilo	k	$10^3 = 1\,000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	$10^1 = 10$
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	μ	$10^{-6} = 0,000\,001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\,000\,001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000\,000\,000\,001$
femto	f	$10^{-15} = 0,000\,000\,000\,000\,001$
atto	a	$10^{-18} = 0,000\,000\,000\,000\,000\,001$
zepto	z	$10^{-21} = 0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,001$
yocto	y	$10^{-24} = 0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,001$

Tabla 4 Prefijos para formar múltiplos y submúltiplos

Sistema Inglés

El sistema para medir longitudes en Estados Unidos se basa en la pulgada, el pie, la yarda y la milla. Cada una de estas unidades tiene dos definiciones distintas, lo que ocasiona que existan dos diferentes sistemas de medición.

Una pulgada de medida internacional es exactamente 25.4 milímetros, mientras que una pulgada de agrimensor de Estados Unidos se define para que 39.37 pulgadas sea exactamente 1 metro. Para la mayoría de las aplicaciones, la

diferencia es significativa (aproximadamente 3 milímetros por milla). La medida internacional se utiliza para todas las aplicaciones de ingeniería y comercio, mientras que la de examinación es solamente para agrimensura. Durante muchos años, los seres humanos se basaron en las partes del cuerpo para hacer mediciones como lo son el pie, la yarda, el palmo y la pulgada, este sistema sirvió durante cierto tiempo debido a la falta de normalización ya que siempre hubo discrepancias entre las referencias de cada una de las civilizaciones.

Uno de estos países fue los Estados Unidos donde la comunidad científica esperaba adoptar el nuevo sistema métrico. El congreso de la unión temeroso de la resistencia al cambio y el costo que representaba la conversión, rehusó cambiar del sistema tradicional inglés hasta 1866, cuando el Congreso promulgó la ley que permitía el uso legal del sistema métrico en los Estados Unidos.

Aun así, hoy día la industria norteamericana encara la competencia extranjera en el mercado mundial y ha comenzado a cambiar. En diciembre de 1975 el presidente Ford de los Estados Unidos firma el Acta de Conversión Métrica. Esta acta se hizo ley y promueve una política nacional que coordina el uso cada vez mayor del sistema métrico en los Estados Unidos. Esta ley, aunque es de acatamiento voluntario, alienta un movimiento hacia la completa conversión métrica en el futuro.

A continuación se definen algunas unidades de longitud del Sistema Inglés utilizadas:

- Una yarda (yd) = 3 pies (ft) = 36 pulgadas (in) = 91.44 centímetros (cm).
- Un pie (ft) = 12 pulgadas (in) = 30.48 centímetros (cm)
- Una pulgada (in) = 2.54 centímetros (cm) = 25.4 milímetros (mm)
- Una milla (mi) = 1760 yardas (yd) = 1.609344 kilómetros (km)
- Un rod (rd) = 16.5 pies (ft) = 5.0292 metros (m)
- Un furlong (fur) = 40 rod (rd) = 660 pies (ft) = 201.168 metros (m)

En ocasiones con fines de agrimensura, se utilizan las unidades conocidas como medidas de cadena de Gunther. Estas unidades se definen a continuación:

- Un link (li) = 7.92 pulgadas = 0.001 furlong (fur) = 201.168 milímetros (mm)
- Un chain (ch) = 100 link (li) = 66 pies (ft) = 20.117 metros (m)
- Un fathom = 6 pies (ft) = 1.8288 metros (m)

Unidades de área

- Una pulgada cuadrada (square inch) = 6.4516 cm²
- Un pie cuadrado (square foot) = 0.0929 m²
- Una yarda cuadrada (square yard) = 0.836 m²
- Un Acre = 0.4047 Hectárea = 10 sq ch = 160 sq rd = 43,560 sq ft = 4,046.9 m²
- Una milla cuadrada (sq mi) = 2.589 km²

Volumen en general

- Una yarda cúbica (yd³) = 27 ft³
- Un pie cúbico (ft³) = 1728 in³ = 28.317 L
- Una pulgada cúbica (in³) = 16.387064 cm³ = 0.016387064 L
- Un acre-pie = 43,560 ft³ = 325,851 galones = 13,277.088 m³

Volumen liquido

- Un minim (min) = 61.612 micro litro (μL)
- Un dramo fluido (fl dr) = 60 min = 3,697 mL
- Una onza fluida (fl oz) = 8 fl dr = 29,574 mL = 0.029574 L
- Un gill (gi) = 16 fl oz = 473,176 mL
- Una pinta (pt) = 4 gi = 16 fl oz = 473,176 mL = 0.473176 L
- Un quinto = 25.6 fl oz = 757,082 mL
- Un cuarto (qt) = 2 pt = 32 fl oz = 946,353 mL = 0.946353 L
- Un galón (gal) = 231 in³ = 4 qt = 128 fl oz = 3.785411784 L

Volumen en seco

- Una pinta (pt) = 550.610 mL
- Un cuarto (qt) = 2 pt = 1.101 L
- Un galón (gal) = 4 qt = 268.8 in³ = 4.405 L
- Un peck (pk) = 8 qt = 2 gal = 8.81 L
- Un bushel (bu) 2150.42 in³ = 4 pk = 35.239 L

Unidades de masa

- 437.5 grano = 1 oz
- 16 oz = 1 libra (lb) = 700 grano
- 14 libras = 1 piedra
- 100 libras = 1 hundreweight (cwt)
- 20 cwt = 1 ton = 2,000 libras

2.4 Sistemas de medición, temperatura, presión, torsión y esfuerzos mecánicos

Temperatura

La temperatura es la medida de la cantidad de energía térmica poseída por un objeto.

Galileo desarrolló el primero instrumento para medir la temperatura, fue refinado y calibrado por científicos subsiguientes.

Las escalas Fahrenheit, Celsius y Kelvin son tres diferentes sistemas para la medición de energía térmica (temperatura) basada en diferentes referencias.

Medir la temperatura es relativamente un concepto nuevo. Los primeros científicos entendían la diferencia entre 'frío' y 'caliente', pero no tenían un método para cuantificar los diferentes grados de calor hasta el siglo XVII. En 1597, el astrónomo Italiano Galileo Galilei inventó un simple termoscopio de agua, un artificio que consiste en un largo tubo de cristal invertido en una jarra sellada que contenía agua y aire. Cuando la jarra era calentada, el aire se expandía y empujaba hacia arriba el líquido en el tubo. El nivel del agua en el tubo podía ser comparado a diferentes temperaturas para mostrar los cambios relativos cuando se añadía o se retiraba calor, pero el termoscopio no permitía cuantificar la temperatura fácilmente.

Varios años después, el físico e inventor Italiano Santorio Santorio mejoró el diseño de Galileo añadiendo una escala numérica al termoscopio. Estos primeros termoscopios dieron paso al desarrollo de los termómetros llenos de líquido comúnmente usados hoy en día. Los termómetros modernos funcionan sobre la

base de la tendencia de algunos líquidos a expandirse cuándo se calientan. Cuando el fluido dentro del termómetro absorbe calor, se expande, ocupando un volumen mayor y forzando la subida del nivel del fluido dentro del tubo. Cuando el fluido se enfría, se contrae, ocupando un volumen menor y causando la caída del nivel del fluido.

La temperatura es la medida de la cantidad de energía de un objeto. Ya que la temperatura es una medida relativa, las escalas que se basan en puntos de referencia deben ser usadas para medir la temperatura con precisión. Hay tres escalas comúnmente usadas actualmente para medir la temperatura: la escala Fahrenheit (°F), la escala Celsius (°C), y la escala Kelvin (K). Cada una de estas escalas usa una serie de divisiones basadas en diferentes puntos de referencia tal como se describe enseguida.

El **kelvin** (antes llamado grado Kelvin), simbolizado como **K**, es la unidad de temperatura de la escala creada por William Thomson, Lord Kelvin, en el año 1848, sobre la base del grado Celsius, estableciendo el punto cero en el cero absoluto (−273,15 °C) y conservando la misma dimensión. Lord Kelvin, a sus 24 años introdujo la escala de temperatura termodinámica, y la unidad fue nombrada en su honor.

Es una de las unidades del Sistema Internacional de Unidades y corresponde a una fracción de 1/273,16 partes de la temperatura del punto triple del agua. Se representa con la letra K, y nunca “°K”. Actualmente, su nombre no es el de “grados kelvin”, sino simplemente “kelvin”.

Coincidiendo el incremento en un grado Celsius con el de un kelvin, su importancia radica en el 0 de la escala: la temperatura de 0 K es denominada ‘cero absoluto’ y corresponde al punto en el que las moléculas y átomos de un sistema tienen la mínima energía térmica posible. Ningún sistema macroscópico puede tener una temperatura inferior. A la temperatura medida en kelvin se le llama “temperatura absoluta”, y es la escala de temperaturas que se usa en ciencia, especialmente en trabajos de física o química.

De Escala Fahrenheit a Escala Kelvin:

$$^{\circ}\text{K} = (5/9x) (^{\circ}\text{F}-32) + 273.15$$

De Escala Kelvin a Escala Fahrenheit:

$$^{\circ}\text{F} = (9/5x) (^{\circ}\text{K} - 273.15) + 32$$

De escala Celsius a Escala Kelvin:

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$$

De escala Kelvin a Escala Celsius:

$$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.15$$

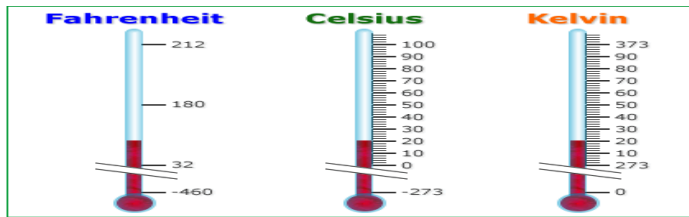


Figura 18. Diferentes escalas de temperatura

Presión

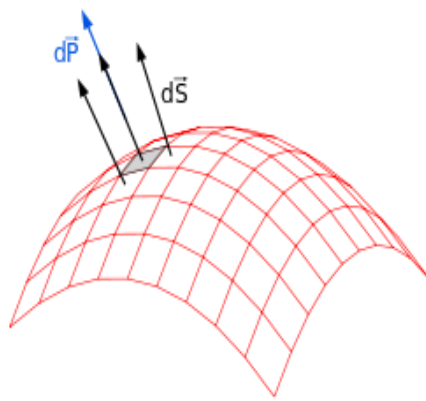
En física, la presión (símbolo p) es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

Cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme, la presión P viene dada de la siguiente forma:

$$P = (F / A)$$

En un caso general donde la fuerza puede tener cualquier dirección y no estar distribuida uniformemente en cada punto la presión se define como:

$$P = (dF / dA) \cdot (n)$$



Definición de Presión

La presión es una fuerza por unidad de superficie y puede expresarse en unidades tales como pascal, bar, atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado y psi. (libras por pulgada cuadrada)

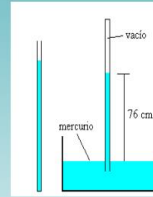


Figura 19. Concepto de Presión

Donde $\mathbf{n}$ es un vector unitario y normal a la superficie en el punto donde se pretende medir la presión.

En determinadas aplicaciones la presión se mide no como la presión absoluta sino como la presión por encima de la presión atmosférica, denominándose presión relativa, presión normal, presión de gauge o presión manométrica.

Consecuentemente, la presión absoluta es la presión atmosférica más la presión manométrica (presión que se mide con el manómetro).

En el Sistema Internacional la presión se mide en una unidad derivada que se denomina **pascal (Pa)** que es equivalente a una fuerza total de un newton actuando uniformemente en un metro cuadrado. En el Sistema Inglés, la presión se mide en una unidad derivada que se denomina libra por pulgada cuadrada (pound per square inch) que es equivalente a una fuerza total de una libra actuando en una pulgada cuadrada.



Figura 20. Manómetros

Unidades de medida, presión y sus factores de conversión

La presión atmosférica media es de 101 325 pascales (101,3 kPa), a nivel del mar, donde $1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar} = 101325 \text{ Pa} = 1,033 \text{ kgf/cm}^2$ y $1 \text{ m.c.a} = 9.81 \text{ kPa}$.

Las obsoletas unidades manométricas de presión, como los milímetros de mercurio, están basadas en la presión ejercida por el peso de algún tipo estándar de fluido bajo cierta gravedad estándar. Las unidades de presión manométricas no deben ser utilizadas para propósitos científicos o técnicos, debido a la falta de repetitividad inherente a sus definiciones. También se utilizan los milímetros de columna de agua (mm c.d.a.).

Torsión es un esfuerzo que tiende a retorcer un objeto por aplicación de un momento sobre el eje longitudinal.

Es proporcional a la magnitud de fuerza (T) y a una distancia (r) desde el eje. Por tanto su fórmula es la siguiente: $T = T \times r = \text{N}\cdot\text{m}$ o $\text{Lb}\cdot\text{ft}$

Donde las unidades de T están dados en Newton o libras y r en metros o pies.

Ejemplo de un momento de Torsión, se tiene una fuerza de 80 Newton en el extremo de una llave de 12 centímetros como se muestra en la figura 21.1, se procede a descomponer la fuerza de 80 Newton en componentes como se muestra en donde: $T = T \times r = 69.3\text{N} \cdot 0.12\text{m} = 8.31 \text{ N m}$

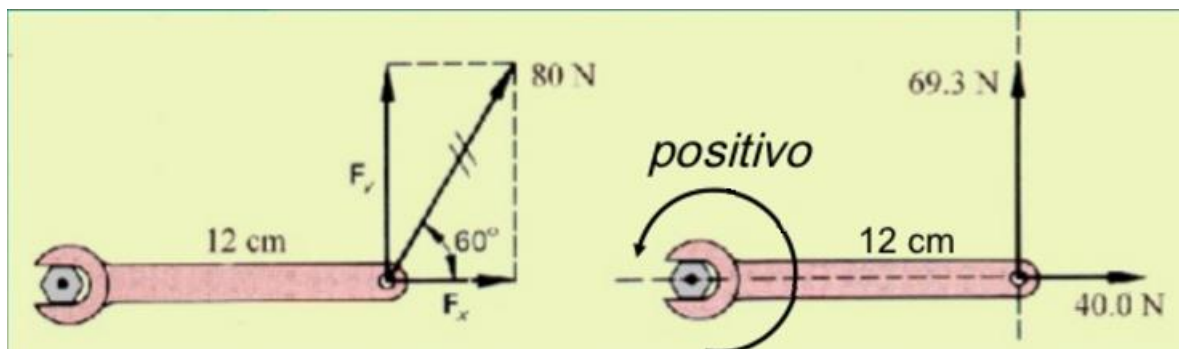


Figura 21.1 Momento de Torsión



Figura 21.2 Representación de la Torsión

Esfuerzos mecánicos.

Tracción: esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo, aumentando su longitud y disminuyendo su sección.

El **esfuerzo de tracción** (o tensión de tracción) se define como la relación de la magnitud de la fuerza externa F al área de sección transversal A . La **deformación por tensión** (o deformación por tracción) en este caso se define como la relación del cambio en longitud ΔL a la longitud original L_i . El **módulo de Young** se define mediante una combinación de estas dos relaciones:

$$Y \equiv \frac{\text{esfuerzo de tracción}}{\text{deformación por tensión}} = \frac{F/A}{\Delta L/L_i}$$

Valores representativos para módulos elásticos

Sustancia	Módulo de Young (N/m ²)	Módulo de corte (N/m ²)	Módulo volumétrico (N/m ²)
Tungsteno	35×10^{10}	14×10^{10}	20×10^{10}
Acero	20×10^{10}	8.4×10^{10}	6×10^{10}
Cobre	11×10^{10}	4.2×10^{10}	14×10^{10}
Latón	9.5×10^{10}	3.5×10^{10}	6.1×10^{10}
Aluminio	7.0×10^{10}	2.5×10^{10}	7.0×10^{10}
Vidrio	$6.5\text{--}7.8 \times 10^{10}$	$2.6\text{--}3.2 \times 10^{10}$	$5.0\text{--}5.5 \times 10^{10}$
Cuarzo	5.6×10^{10}	2.6×10^{10}	2.7×10^{10}
Agua	—	—	0.21×10^{10}
Mercurio	—	—	2.8×10^{10}

Tabla 5 Tabla para módulos elásticos.

La resistencia a la tracción nos indica la fuerza máxima de tracción que puede soportar un material de una determinada sección.

Continuamos ensayando con nuestras columnas de pruebas realizadas en acero, vidrio y hormigón.

Material	Resistencia a la tracción (MPa)
Hormigón	7
Acero	450
Vidrio	50



Figura 22. Representación de la Tracción

Compresión: esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a comprimirlo, disminuyendo su longitud y aumentando su sección. El módulo volumétrico caracteriza la respuesta de un objeto a cambios en una fuerza de magnitud uniforme aplicada perpendicularmente sobre toda la superficie del objeto, como se muestra en la figura 23. (Aquí se supone que el objeto está hecho de una sola sustancia.), tal distribución uniforme de fuerzas se presentan cuando un objeto está sumergido en un fluido. Un objeto sujeto a este tipo de deformación se somete un cambio en volumen. El esfuerzo volumétrico se define como la relación de la magnitud de la fuerza total F ejercida sobre una superficie al área A de la superficie. La cantidad $P=FA$ se llama presión (N/m^2). Si la presión sobre un objeto cambia en una cantidad $\Delta P = \Delta F/A$, el objeto experimenta un cambio de volumen ΔV . La deformación volumétrica es igual al cambio en volumen ΔV dividido por el volumen inicial V_i . La ecuación de la compresión volumétrica se caracteriza en términos del módulo volumétrico:

$$B \equiv \frac{\text{esfuerzo volumétrico}}{\text{deformación volumétrica}} = - \frac{\Delta F/A}{\Delta V/V_i} = - \frac{\Delta P}{\Delta V/V_i}$$

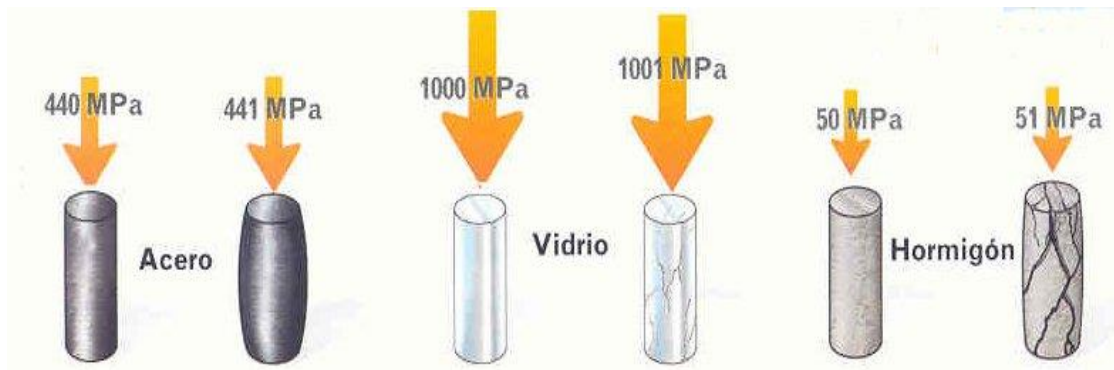


Figura 23 Representación de efecto Compresión

Flexión: esfuerzo que tiende a doblar el objeto. Las fuerzas que actúan son paralelas a las superficies que sostienen el objeto. Siempre que existe flexión también hay esfuerzo de tracción y de compresión.

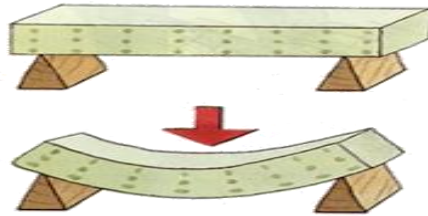


Figura 24. Efecto Flexión

Módulo de corte: elasticidad de forma

Es una deformación que se presenta cuando un objeto se somete a una fuerza paralela a una de sus caras mientras la cara opuesta se mantiene fija mediante otra fuerza (figura 25a). En este caso, el esfuerzo se llama esfuerzo de corte. Si al inicio el objeto es un bloque rectangular, un esfuerzo de corte resulta en una forma cuya sección transversal es un paralelogramo. Un libro que se empuja de costado, como se muestra en la figura 25b, es un ejemplo de un objeto sometido a un esfuerzo de corte. En una primera aproximación (para distorsiones pequeñas), con esta deformación no se presentan cambios en el volumen.

El esfuerzo de corte se define como F/A , la relación de la fuerza tangencial al área A de la cara a cortar. La deformación de corte se define como la relación $\Delta x/h$, donde Δx es la distancia horizontal que se mueve la cara cortada y h es la altura del objeto. En términos de estas cantidades, el módulo de corte es:

$$S \equiv \frac{\text{esfuerzo de corte}}{\text{deformación de corte}} = \frac{F/A}{\Delta x/h}$$

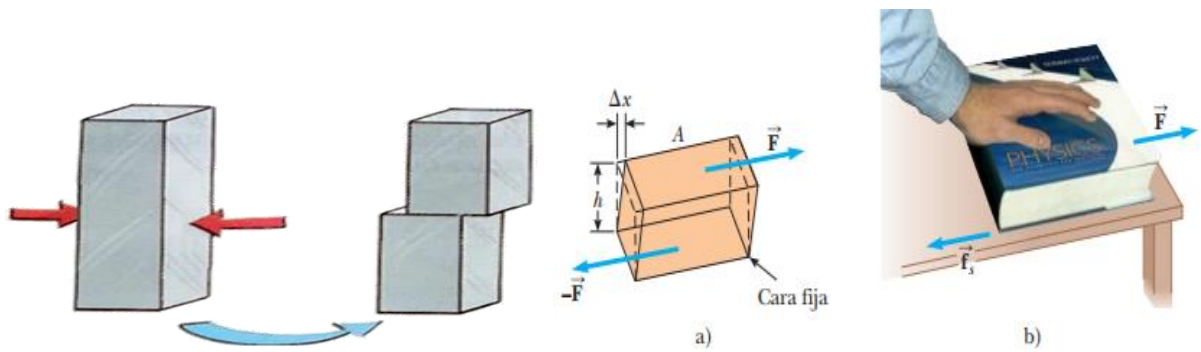


Figura 25. Efecto Cortadura

2.5 Diferencia, ventajas y desventajas de instrumentos analógicos y digitales

Es importante enfatizar que la mayoría de las ocasiones se opta por utilizar instrumentos con características digitales por lo práctico y la facilidad de su manejo, sin embargo la apariencia física de un instrumento no asegura, si en realidad es un instrumento digital por otra parte no se justifica seleccionar un instrumento con características digitales como la mejor decisión, por tal motivo es importante tomar la decisión más adecuada a la necesidad y la funcionalidad según sea el caso. Por lo que se sugiere que en primera instancia se identifique la característica análoga o digital del instrumento y enseguida se analice las ventajas y desventajas que contrae el uso del instrumento de medición.

Una **variable discreta** son aquellas cuyas observaciones se agrupan “inherentemente” en categorías, porque dicha variable solo puede tomar valores específicos que pertenecen al conjunto. Estas variables se dan de modo coherente separaciones entre valores observables sucesivos. Dicho con más rigor, se determina una variable discreta como la variable que hay entre dos valores observables (potencialmente), hay por lo menos un valor no observable (potencialmente). Como ejemplo, número finito de valores entre dos valores cualesquiera. Una variable discreta siempre es numérica. Por ejemplo, el número de quejas de los clientes o el número de fallas o defectos

Una **variable continua** puede tomar un valor fijo dentro de un intervalo determinado. Y siempre entre dos valores observables va a existir un tercer valor intermedio que también podría tomar la variable continua. Una variable continua toma valores a lo largo de un continuo, esto es, en todo un intervalo de valores. Un atributo esencial de una variable continua es que, a diferencia de una variable discreta, nunca puede ser medida con exactitud; el valor observado depende en gran medida de la precisión de los instrumentos de medición. Con una variable continua hay inevitablemente un error de medida. Como ejemplo, la estatura de una persona (1.71m, 1.719m, 1.7154m....) sólo se pueden agrupar en forma arbitraria en categorías, porque por su naturaleza pueden tomar cualquier valor a lo largo de un continuo (o de una escala numérica continua).

El Sistema binario es un sistema de numeración en el que los números se representan utilizando solamente las cifras cero y uno. Se utiliza en las computadoras, debido a que trabajan internamente con dos niveles de voltaje, lo que hace que su sistema de numeración natural sea binario, por ejemplo 1 para encendido y 0 para apagado.

Concepto análogo

Análogo se define como todas aquellas magnitudes de la señal se manifiestan mediante variables continuas. Se comenta que un parámetro es analógico cuando puede tomar todos los valores posibles que varían con el tiempo en forma continua, por ejemplo: el voltaje de una batería, la intensidad de luz, la velocidad de un vehículo.



Figura 26 Tacómetro análogo

En la vida cotidiana el tiempo se representa en forma analógica por relojes (de agujas), y en forma discreta (digital) por displays digitales. En la tecnología analógica es muy difícil almacenar, manipular, comparar, calcular y recuperar información.

Ventajas

- a) Adquisición de bajo costo
- b) En algunos casos no requieren de energía de alimentación.
- c) No requieren gran sofisticación.
- d) Presentan con facilidad las variaciones cualitativas de los parámetros para visualizar rápidamente si el valor aumenta o disminuye.
- e) Es sencillo adaptarlos a diferentes tipos de escalas no lineales.
- f) Con respecto al costo de calibración es moderado
- g) Son de uso rudo
- h) Su promedio de vida es alto
- i) Con respecto a su uso ponen de manifiesto que los operadores desarrollan habilidades de cálculo e interpretación en su manejo y evitan errores por confianza en estos.
- j) Son de gran utilidad y seguridad en áreas de trabajo donde están en contacto con el personal operativo.

Desventajas

- a) Tienen poca resolución, típicamente no proporcionan más de 3 cifras.
- b) El error de paralaje limita la exactitud a $\pm 0.5\%$ a plena escala en el mejor de los casos.
- c) Las lecturas se presentan a errores graves cuando el instrumento tiene varias escalas.

- d) Limitación en el manejo de base de datos.
- e) La rapidez de lectura es baja.
- f) No pueden emplearse como parte de un sistema de procesamiento de datos de tipo digital.

Concepto Digital

Por otra parte se dice que un parámetro es digital cuando solo puede tomar valores discretos, se usa para referirse a todos aquellos sistemas que representan, almacenan o usan información en sistema binario, casi todos los aparatos electrónicos e informáticos por ejemplo: el número de partículas emitidas por un material radioactivo en un segundo, el número de moléculas, en un volumen dado de cierto material, el número de revoluciones de un motor en un minuto, etc.



Figura 27 Multímetro digital

Los Sistemas Digitales tienen una alta importancia en la tecnología moderna, especialmente en la computación y sistemas de control automático.

Ventajas

- a) Tienen alta resolución alcanzando en algunos casos más de 9 cifras en lecturas de frecuencia y una exactitud de $\pm 0.002\%$ en mediciones de voltajes.
- b) No están sujetos al error de paralaje.
- c) Pueden eliminar la posibilidad de errores por confusión de escalas.
- d) Tienen una rapidez de lectura que puede superar las 1000 lecturas por segundo.
- e) Puede entregar información digital para procesamiento inmediato en computadora.

Desventajas

- a) El costo es elevado en la adquisición.
- a) Son complejos en su construcción.
- b) Las escalas no lineales son difíciles de introducir.
- c) En todos los casos requieren de fuente de alimentación.
- d) Son Instrumentos muy sensibles a la temperatura y condiciones ambientales.
- e) El personal que utiliza el equipo digital se confía mucho y pierde seguridad.
- f) El personal toma una actitud mecánica y repetitiva.
- g) Con respecto al proceso de calibración es más costoso que el análogo.
- h) Se deben de asegurar siempre con contar con una fuente AC/DC disponible de energía esto lo hace más costoso y si no está disponible una fuente alterna o directa lo hace prácticamente nula su función.

De las ventajas y desventajas anteriores puede observarse que para cada aplicación hay que evaluar en función de las necesidades específicas, cual tipo de instrumentos es el más adecuado, con esto se enfatiza que no siempre el

instrumento digital es el más adecuado siendo en algunos casos contraproducente el uso del mismo.

Los instrumentos digitales tienden a dar la impresión de ser muy exactos por su indicación concreta y sin ambigüedades, pero no hay que olvidar que si su calibración es deficiente, su exactitud puede ser tanta o más mala que la de un instrumento analógico.

2.6 Campo de aplicación de la metrología dimensional.

El campo de aplicación de la metrología es la ciencia que trata las mediciones, de los sistemas de unidades que están presentes en todas las áreas de la ciencia y tecnología, como también en las herramientas de medición usados para efectuar e interpretar los resultados que conllevan algo en particular, siendo la base del desarrollo mundial.

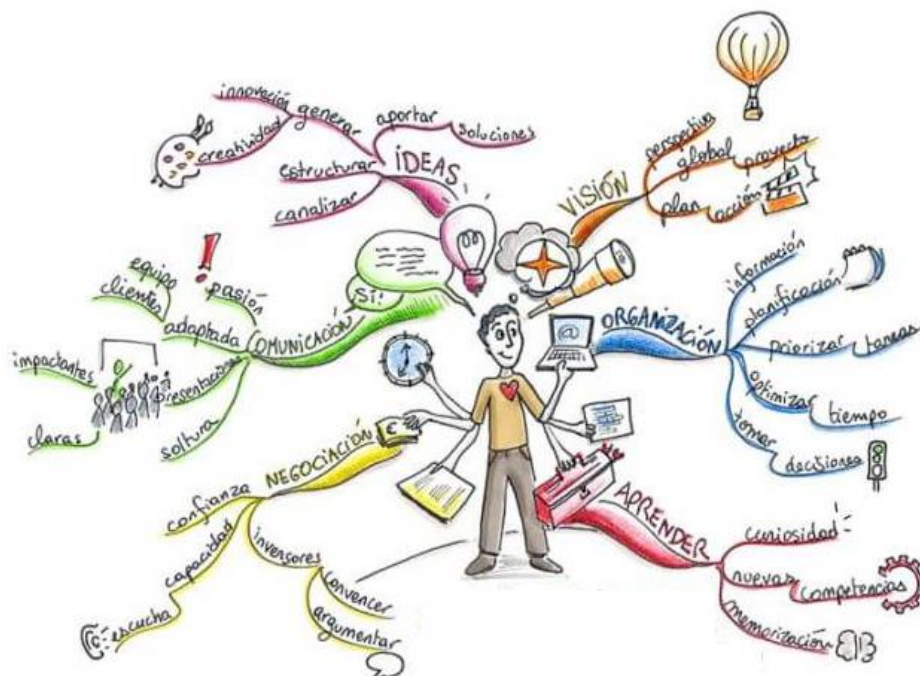


Figura 28 Campo de aplicación de la Metrología

Clasificación de la Metrología

Metrología Científica: es la encargada de materializar las unidades del Sistema Internacional de Unidades, del mantenimiento de los patrones nacionales y su trazabilidad y transferencia.

- Se ocupa de los problemas teóricos relacionados con las unidades de medidas; del problema en las propiedades metrológicas de los instrumentos de medida independientes de la magnitud pertinente.
- Se desarrolla en institutos o laboratorios oficiales de cada país, llamados Institutos Nacionales de Metrología (CENAM, CIDESI, CIATEQ), responsables de realizar y mantener los patrones nacionales de medida en cada país.
- El objeto de estudio de la Metrología Científica es el desarrollo y mantenimiento de los patrones primarios internacionales o nacionales, que permitan sostener todas las actividades metrológicas.

Metrología industrial: Es la metrología que centra sus medidas al sector industrial y de comercio. Se basa principalmente en la calibración y control de todos los equipos de medición empleadas en actividades de producción, calidad, transacciones de productos e inspección. La finalidad de este campo de la metrología, es asegurar que todas las mediciones empleadas son correctas, exactas y confiables.

Metrología legal: se encarga de establecer el cumplimiento de la legislación metrológica oficial como la conservación de las unidades de medida, los instrumentos y métodos de medición y calibración, que tienen por objeto garantizar transparencia y equidad en las transacciones comerciales y que aseguren la integridad física del consumidor de bienes y servicios.

- En la Industria se pretende la innovación tecnológica, diseño competitivo, mejora y validación de los procesos, aseguramiento de la calidad y seguridad industrial.

- En el Comercio se requiere equidad de transacciones, certificación internacional y eliminación de las barreras.
- En el entorno se anhela que se logre ahorro de la energía, mejoramiento del medio ambiente, la salud y seguridad.

Impacto de la Metrología

Los grandes avances en microelectrónica en los últimos 40 años no hubieran sido posible sin la Metrología. Este desarrollo permitió diseñar nuevos microcircuitos, los cuales se reflejan en la producción de las mejores computadoras de estos tiempos.

En el ámbito de la salud humana depende críticamente de las habilidades que se tenga al hacer un diagnóstico exacto y rápido en los cuales las mediciones confiables juegan un papel significativo; por ejemplo en la medición del colesterol en la sangre, la presión sanguínea, el rango de glucosa sanguínea, el nivel de alcohol, análisis de preoperatorios (cuantificación de hematocrito-hemoglobina-recuento de plaquetas) etcétera.

En los sistemas de navegación satelital y la correlación de la hora internacional hacen posible la localización exacta de un objeto y permite la conectividad y sincronía de los sistemas de cómputo alrededor del mundo, estos sistemas de navegación permiten a la aviación y marítima desplazarse en condiciones de muy poca visibilidad.

Sin la aplicación de la metrología el mundo sería un caos en estos tiempos. La metrología es fundamental importancia en la industria y en el comercio, en los trabajos de investigación científica y desarrollo tecnológico, no solo desde el punto de vista del consumidor, sino también para aquellas personas responsables de los procesos de manufactura. Ambos grupos deben tener confianza en la exactitud, precisión y confiabilidad de las mediciones de las cuales dependen.

Para convertir	a	Multiplicar por
<u>Longitud</u>		
pulgada	milímetro (mm)	25,4
pulgada	metro (m)	0,0254
pie (ft)	metro (m)	0,3047
yarda (yd)	metro (m)	0,9144
<u>Área</u>		
pie cuadrado (sq ft)	metro cuadrado (m ²)	0,09290
pulgada cuadrado (sq in)	milímetro cuadrado (mm ²)	645,2
pulgada cuadrada (sq in)	metro cuadrado (m ²)	0,0000006452
yarda cuadrada (sq yd)	metro cuadrado (m ²)	0,8361
<u>Volumen</u>		
pulgada cúbica (cu in)	metro cúbico (m ³)	0,00001639
pie cúbico (cu ft)	metro cúbico (m ³)	0,02832
yarda cúbica (cu yd)	metro cúbico (m ³)	0,7646
galón (gal) Canadá *	litro (l)	4,546
galón (gal) Canadá *	metro cúbico (m ³)	0,004546
galón (gal) Estados Unidos *	litro (l)	3,785
galón (gal) Estados Unidos *	metro cúbico (m ³)	0,003785
*Nota: un galón estadounidense equivale a 0,8321 de un galón canadiense		
<u>Fuerza</u>		
kilopontio (kip)	kilogramo (kgf)	453,6
kilopontio (kip)	newton (N)	4448,0
libra (pound (lb))	kilogramo (kgf)	0,4536
libra (pound (lb))	newton (N)	4,448
<u>Presión o Tensión</u>		
kilopontios/pulgada cuadrada (kips/square inch (ksi))	megapascal (MPa)	6.895
libra/pie cuadrado (Pound/square foot (psf))	kilopascal (kPa)	0,04788
libra/pulgada cuadrada (pound/square inch)(psi))	kilopascal (kps)	6,895
libra/pulgada cuadrada (pound/square inch (psi))	megapascal (MPa)	0,006895
libra/pie cuadrado (pound/square foot (psf))	kilogramo/metro cuadrado (kgf/m ²)	4,882
<u>Masa</u>		
libra (pound (avdp))	kilogramo (kg)	0,4536
tonelada (short, 2000 lb)	kilogramo (kg)	907,2
tonelada (short, 2000 lb)	tonelada (t)	0,9072

Tabla 6 Equivalencias

Para convertir	a	Multiplicar por
Grain (peso equivalente a 0,006 gramos) tonelada (t)	kilogramo (kg) kilogramo (kg)	0,000000006480 1000
<u>Masa (peso) por unidad de longitud</u>		
kilopontio/pie lineal (kip/lineal foot (klf)) libra/pie lineal (pound/linear foot (plf)) libra/pie lineal (pound/linear foot (plf))	kilogramo/metro (kg/m) kilogramo/metro (kg/m) newton/metro (N/m)	0,001488 1,488 14,593
<u>Masa por unidad de volumen (densidad)</u>		
libra/pie cúbico (pound/cubic foot (pcf))	kilogramo/metro cúbico (kg/m ³)	16,02
libra/yarda cúbica (pound/cubical yard (pcy))	kilogramo/metro cúbico (kg/m ³)	0,5933
<u>Momento flexor o torsor</u>		
libra pulgada (inca-pound (in-lb)) pie pulgada (foot pound (ft-lb)) kilopontio pie (foot kip (ft-k))	newton metro newton metro	1,356 1356
<u>Temperatura</u>		
grado Fahrenheit (degf) grado Fahrenheit (degf)	grado Celsius (°C) grado Kelvin (K)	$t_c = (t_f - 32)/1,8$ $t_k = (t_f + 459,7)/1,8$
<u>Energía</u>		
unidad térmica británica (Btu) kilowatt hora (kilowatt hour (kwh))	joule (j) joule (j)	1056 3.600.000
<u>Potencia</u>		
caballo de fuerza (horsepower (hp)) (550 ft lb / sec)	watt (w)	745,7
<u>Velocidad</u>		
milla por hora (mile/hour (mph)) milla por hora (mile/hour (mph))	kilómetro / hora (km/h) metro/segundo (m/s)	1,609 0,4470
<u>Otras unidades</u>		
Módulo de la sección (Section modulus (in³))	mm ³	16,387
Momento de inercia (moment of inertia (inch⁴))	mm ⁴	416,231

Tabla 7 Equivalencias

Para convertir	a	Multiplicar por
• Coeficiente de transferencia de calor (coefficient of heat transfer (Btu/ft ² /h/°F))	w/m ² /°C	5,678
• Módulo de elasticidad (modulus of elasticity (psi))	MPa	0,006895
• Conductividad Térmica (Thermal conductivity (Btu inch/ft ² /h/°F))	wm/m ² /°C	0,1442
• Expansión Térmica (Thermal expansion (in/in/°F))	mm/mm/°C	1.800
• Area/longitud	mm ² /m	2116,80

Tabla 8 Tabla de equivalencias

Conversión de unidades

En la práctica como parte de las aplicaciones de la Ingeniería es muy frecuente convertir unidades equivalentes del Sistema Ingles al Sistema Internacional de unidades o convertir unidades dentro del mismo sistema. Estas operaciones deben realizarse de manera muy cuidadosa, ya que si se cometen errores, estos podrían ser muy costosos o catastróficos. Por lo que se realizara algunos ejercicios. La idea es convertir 10 pulgadas a milímetros.

Datos:

Factor de Conversión es el siguiente: 1 in = 25.4 mm

Sugerencia:

1. Primero se recomienda poner la formula.

Formula las cantidades y sus unidades dimensiones de A y de B correspondientes como se muestra a continuación:

$$(10 \text{ in}) \cdot (A/B) = X \text{ mm}$$

2. Siguiente paso, poner las cantidades y sus dimensiones de A y de B correspondientes como se muestra en
 1. El valor y su unidad de A y B están presente en el **Factor de Conversión** por ejemplo **1 in = 25.4 mm**

- Donde A = se ubica como el numerador de la fracción y el valor y su unidad se obtiene del **factor conversión**. Para seleccionar la (s) cantidad (s) y unidad (s) es necesario comparar en que unidades inicialmente se tiene la magnitud con su respectiva unidad y contrariamente a la unidad se seleccionara la magnitud del factor equivalencia.
 - Donde B = se localiza como el denominador de la fracción. Una vez que se encuentra la magnitud y la unidad de A, el valor de B es la equivalencia que se encuentra en el **factor de conversión**. Para asegurarse si la magnitud y unidad es correcta se comprueba al ver que las unidades del numerado y denominador son iguales y se eliminan.
 - Donde X es el valor que se pretende encontrar.
3. Siguiendo paso será poner cada uno de los datos y unidades requeridas en el lugar que le corresponde, veamos cómo se va a realizar la siguiente operación.

Solución:

a) $(10 \text{ in}) \cdot (A/B) = X \text{ mm}$

b) $1 \text{ in} = 25.4 \text{ mm}$

c) Valor de A = 25.4 mm

d) Valor de B = 1 in

e) $X = (10 \text{ in}) (25.4 \text{ mm} / 1 \text{ in})$

f) Resultado = 254 mm, y como se observa dimensionalmente las unidades iguales se eliminan.

4. Es importante realizar esta operación dimensional con sus respectivas unidades para asegurarnos que se llevaron a cabo correctamente las operaciones.

2.7 Metrología dimensional

Generalidades

La Metrología dimensional se encarga de estudiar las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales y angulares, permea en la sociedad e influye en casi todas las actividades humanas, con especial énfasis en la ejecución de las tareas de manufactura tanto en los aspectos de eficiencia como de calidad, en el comercio, en la seguridad humana, salud pública y en el medio ambiente.

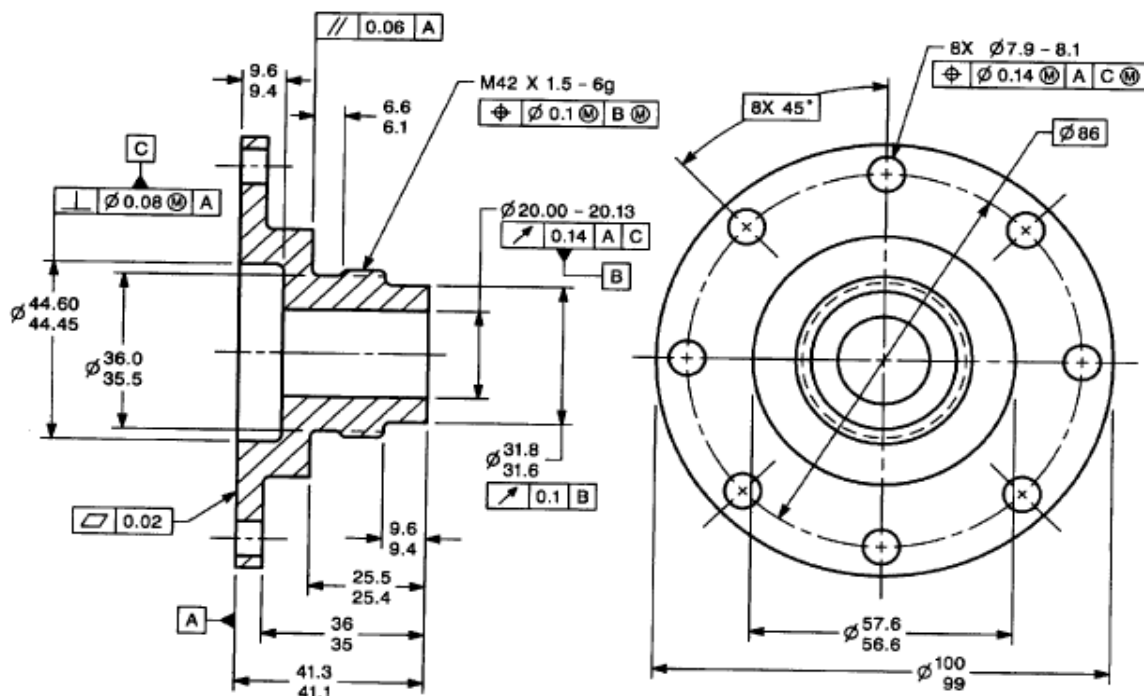


Figura 29

La inspección de una pieza como la que ilustra la figura 29, cae dentro del campo de la metrología dimensional; su objetivo es determinar si cualquier pieza fabricada con tal dibujo conforma con las especificaciones del mismo.

El concepto de medición se define como "el resultado de una comparación cuantitativa, entre un patrón predefinido y una magnitud desconocida", si el resultado va a ser significativo, dos condiciones deben reunirse en el acto de medir y estos son:

- a) Que el patrón usado para la comparación sea conocido y aceptado comúnmente.
- b) El procedimiento y los aparatos empleados para obtener la comparación, deben ser comprobables. Entre el concepto de medición anteriormente citado y otros que existen, se tienen en común la acción de comparar, por lo que con frecuencia se dice que "medir significa comparar correctamente".

Medición Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que es susceptible a ser distinguida cualitativamente y determinado cuantitativamente. De acuerdo con la norma NOM-008-SCFI-2002 (Sistema General de Unidades de Medida).

Clasificación de Instrumentos

Los instrumentos y aparatos de medición en metrología dimensional se pueden clasificar de la siguiente manera:

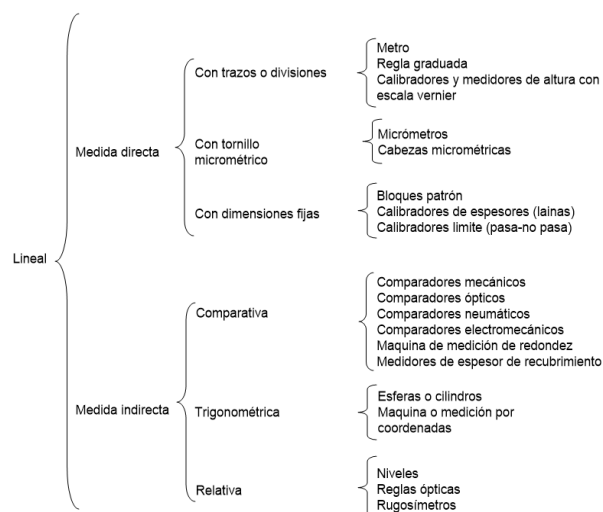


Figura 30. Clasificación lineal de los Instrumentos

Medición directa. La medida o medición directa, se obtiene con un instrumento de medida que compara la variable a medir con un patrón. Así, si deseamos medir la longitud de un objeto, se puede realizar con trazos o divisiones, metro, cinta de medición, regla graduada, calibradores, medidor de altura con vernier, medidor de profundidad con vernier, con tornillo micrométrico, todo tipo de micrómetros, cabezas micrométricas, dimensión fija, bloques patrón, calibradores de espesor (lainas), calibradores de límite (pasa – no pasa).

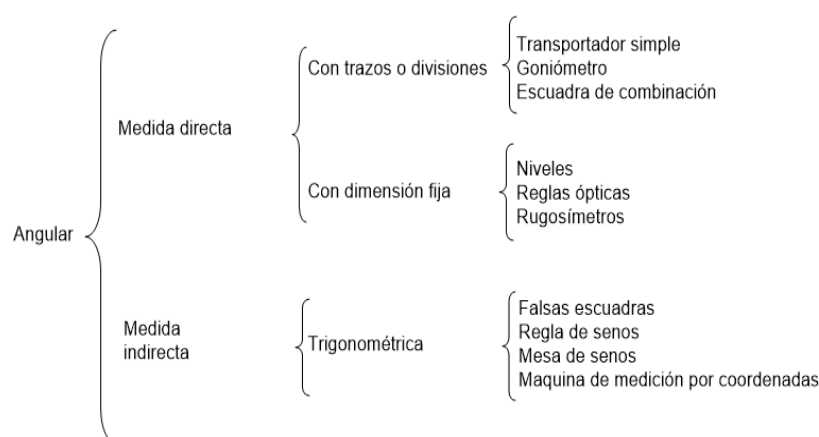


Figura 31. Clasificación angular

Medición indirecta. Medición indirecta es aquella en la que una magnitud buscada se estima midiendo una o más magnitudes diferentes, y se calcula la magnitud buscada mediante cálculo a partir de la magnitud o magnitudes directamente medidas, es comparativa ya que no siempre es posible realizar una medida directa, porque existen variables que no se pueden medir por comparación directa, es por lo tanto con patrones de la misma naturaleza, o porque el valor a medir es muy grande o muy pequeño y depende de obstáculos de otra naturaleza. Algunos ejemplos por mencionar serían los comparadores mecánicos, comparadores ópticos, comparadores neumáticos, comparadores electromecánicos, máquina de medición de redondez, medidor de espesor de recubrimiento, trigonometría, esferas o cilindros, máquina de medición por coordenadas, relativa, niveles, reglas ópticas, rugosímetros.

- **Medida indirecta.** Trigonometría, falsas escuadras, regla de senos, mesa de senos, máquina de medición por coordenadas.

Dimensiones

Todas las dimensiones, símbolos gráficos y anotaciones deberán indicarse de modo que puedan interpretar desde la parte Inferior lado derecho (direcciones principales de lectura) del dibujo.

Las dimensiones son uno de varios tipos de requisitos geométricos, que pueden usarse para definir una característica claramente y sin ambigüedades. Otros tipos de requisitos geométricos, que con mayor frecuencia son necesarios para obtener una definición inequívoca de la característica (por ejemplo, en ingeniería mecánica) son las tolerancias geométricas (forma, orientación, localización y oscilación), requisitos de textura superficial y requisitos para esquinas.

Dimensión: valor (es) numérico (s) o expresión matemática en unidades apropiadas de medición usadas para definir la forma, tamaño, orientación o localización de una parte o elemento.

Para cuando se va especificar los valores menores a un milímetro en dibujos debe tener el cero antes del punto. En caso que se utilizan las pulgadas es requisito que los valores menores de unas pulgadas no esté presente el cero antes del punto. Y finalmente para el caso de los ángulos donde sea menor a un grado deberá estar contemplado los minutos y segundos de acuerdo con la norma vigente.

Elemento: una porción física de una parte tal como una superficie, perno, agujero o ranura o su representación en dibujos, modelos o archivos de datos digitales.

Objetivos de la Acotación

En los planos de un proyecto son fundamentales las Acotaciones para poder realizar en la manufactura una excelente producción de piezas o elementos,

solamente así la empresa podrá ser competente y producir con calidad. Por lo que en un plano debe estar de manera sencilla y con su respectiva simbología normalizada, representada en cada una de las piezas a manufacturar, con sus vistas cortes o secciones y con sus medidas exactas para lograr una producción con calidad. Para lograr este fin es necesario poner de referencia la norma más actual y que rige mundialmente: (**Norma UNE 1-039-94** equivalentes a la **ISO 129-1:2004**).

Formas de Acotación

Las diferentes formas de acotación establecidas por la Norma se establecen dependiendo de la función de la pieza, de la fabricación y de la verificación.

Para la fabricación de una pieza, y teniendo en cuenta los aspectos anteriores, se deberán añadir a los planos, como veremos más adelante, las indicaciones del acabado superficial, las tolerancias de forma, de posición y de dimensión.

Clasificación de Cotas

Las cotas se clasifican en:

*** Cotas funcionales (F)**

Son aquellas que tienen una importancia fundamental en el funcionamiento de la pieza en el mecanismo, y que expresan directamente las condiciones a satisfacer. Para determinar las cotas funcionales de una pieza es preciso conocer el mecanismo al que pertenece y el lugar y la posición que ocupa, para así establecer las formas y superficies funcionales. También se deben tener en cuenta las condiciones de montaje, la resistencia mecánica, las superficies de contacto con las piezas contiguas, los movimientos de la pieza en relación con las otras y las condiciones para realizar estos movimientos. Las cotas funcionales se indican en los dibujos que a continuación se mostrarán.

Las cotas funcionales con indicación de tolerancia se consignarán sin hacer depender unas de otras, pues de no hacerlo así, o no se cumplirían u obligarían a aplicar tolerancias menores en todas las cotas funcionales.

En las figuras siguientes se pueden observar los diversos tipos de cotas, de acuerdo con la misión que deben cumplir.

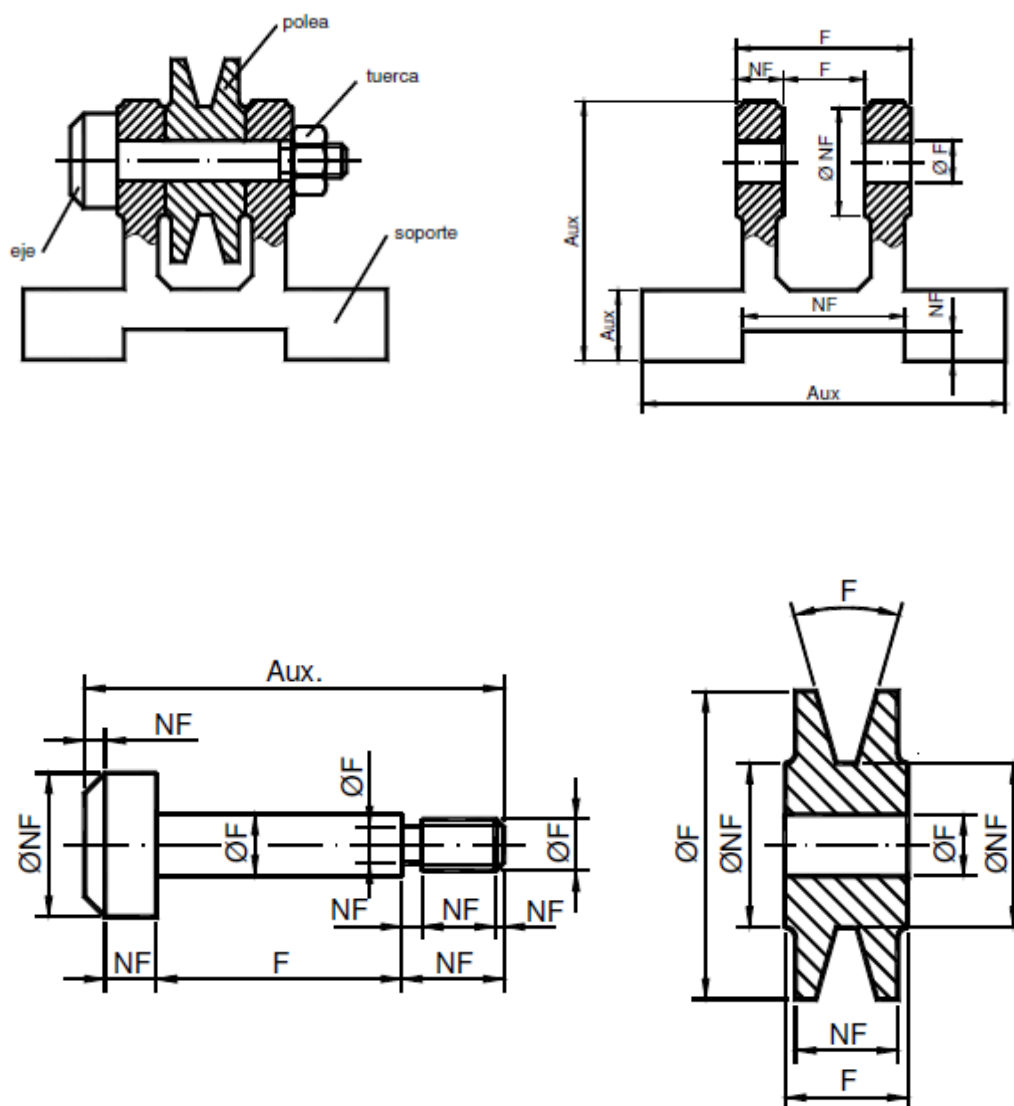


Figura 32 b, c, d, e Cotas Funcionales

Cotas no funcionales (NF)

Son las que completan la total definición de la pieza, pero no influyen para su normal funcionamiento; la profundidad de agujeros roscados, diámetros de gargantas, espesores de brazos, longitud de tuercas, etc., son algunos ejemplos (fig. 33).

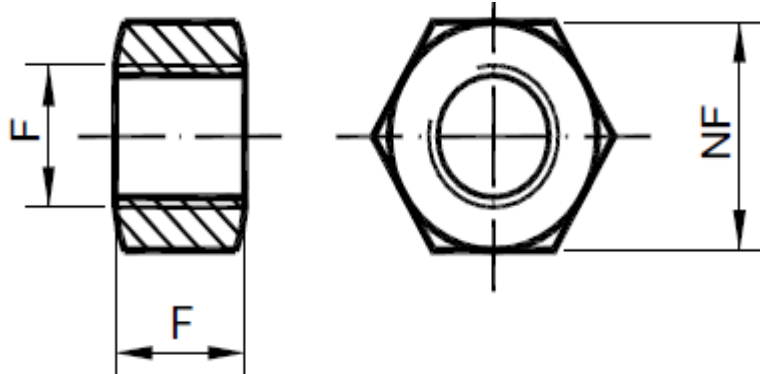


Figura 33 Cotas no funcionales

Cotas auxiliares (Aux)

Son las medidas totales exteriores e interiores de las piezas. No precisan tolerancia alguna y solo se colocan para control de las medidas, preparación de material para mecanización posterior o información de medidas máximas (fig. 32 b,c,d,e).

Cotas de montaje (M)

Son las empleadas para el acoplamiento de las diversas piezas y para fijar las condiciones máximas de grupos destinados a montaje; por ejemplo, distancias entre rodamientos, distancia entre un rodamiento y una rueda dentada, etc. Para una correcta acotación no basta con conocer todo lo anterior sino que es necesario situar los planos base de medidas.

Planos Base de Medida

Los planos base de medidas son los que se toman como superficies de referencia o de partida para el establecimiento de las cotas.

Pueden ser superficies concretas de la pieza o planos imaginarios tales como los de simetría. Los planos base deben establecerse de acuerdo con el funcionamiento. Las cotas funcionales deben referirse siempre a ellos. Existen diferentes tipos de planos o superficies base según la forma que tenga la pieza. Por ejemplo: piezas prismáticas asimétricas (figura 34), piezas simétricas simples (figura 35).

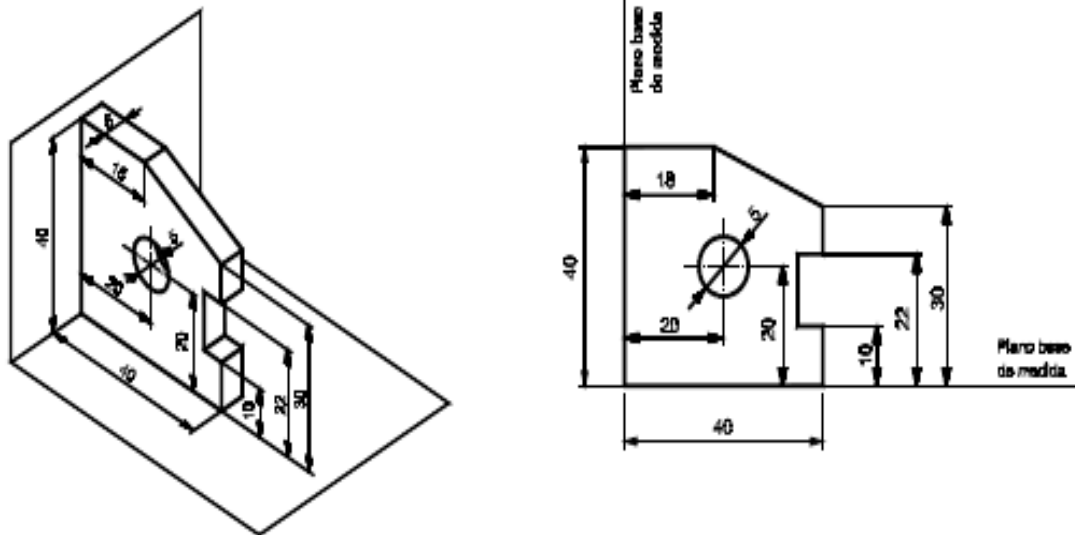


Figura 34. Piezas prismáticas

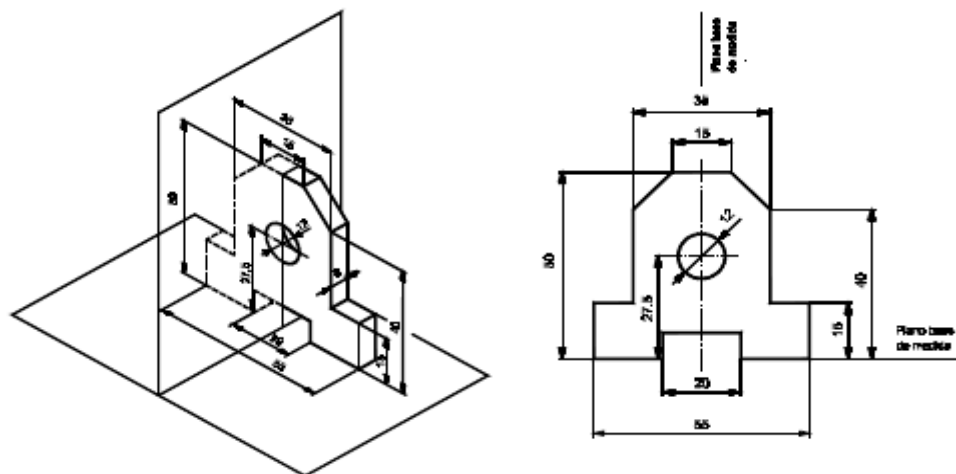


Figura 35. Piezas simétricas

Posicionamiento de las Dimensiones

Las dimensiones deben colocarse en esa vista o sección que muestre las características pertinentes más claramente (véase fig. 36).

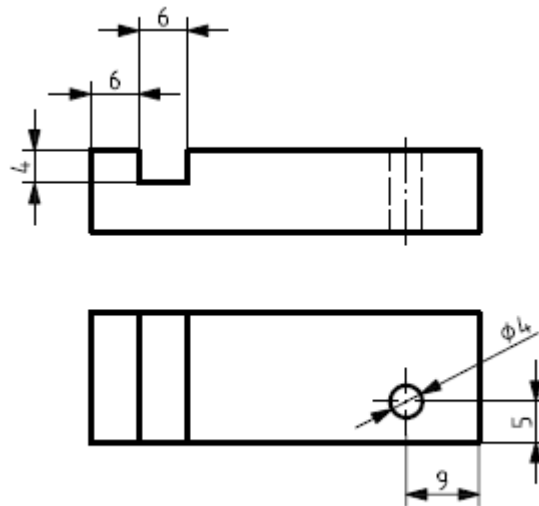


Figura 36. Dimensiones

Cuando se representan varias características u objetos en estrecha proximidad, sus dimensiones relativas deben agruparse, Juntos, por separado, para facilitar la lectura (ver Figura 37).

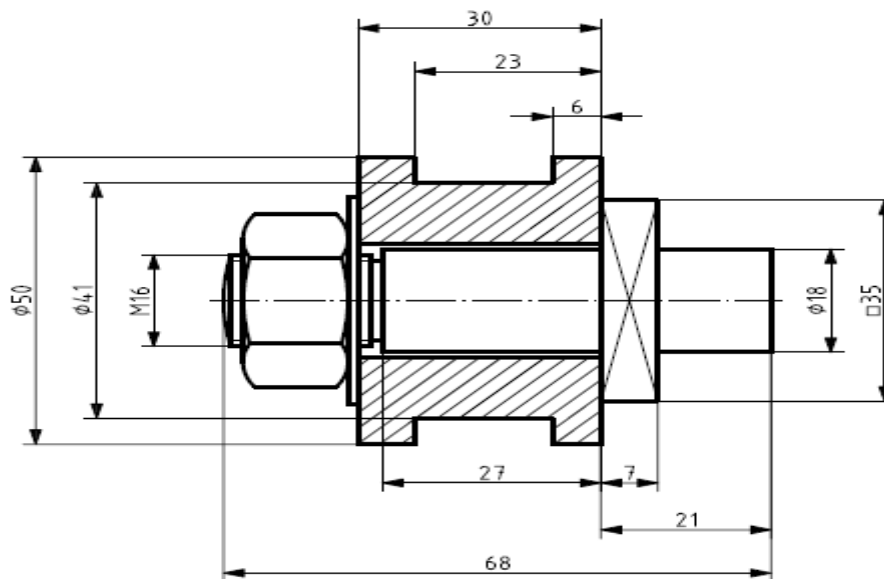


Figura 37 Agrupación de las dimensiones

Unidades dimensionales

Las dimensiones se indicarán con una sola unidad de dimensión. Cuando una variedad de unidades de dimensión son utilizadas en un solo documento,

deberán estar claramente indicados. Para dimensiones, se utilizarán unidades del Sistema Internacional de unidades (SI); Ver ISO 1000 u otras Normas Internacionales relevantes para unidades SI. Las desviaciones límite se expresarán en la misma unidad que la dimensión básica.

Normas sobre los elementos de dimensión

Los elementos de dimensionamiento son líneas de extensión, líneas de dimensión, líneas de guía, indicación de Orígenes y valores dimensionales (dimensiones básicas). Varios elementos de dimensionamiento se ilustran en Figura 38; El círculo de origen se indica en las figuras 40 y 41.

Referencias:

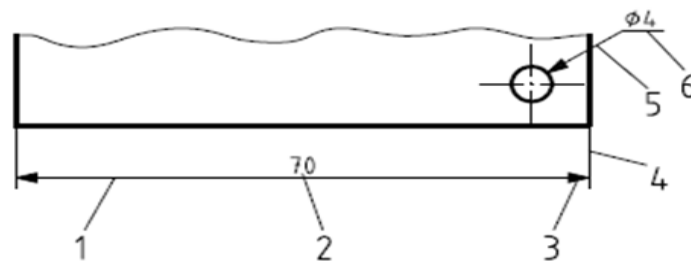


Figura 38. Elementos de dimensión

Línea de acotación (1), Valor dimensional (2), Cabeza de flecha (3), Línea de extensión (4), Línea guía (5), Línea de referencia (6).

Las líneas de cota se disponen paralelas a las dimensiones a acotar. Son de trazo fino y continuo y en su centro se disponen sobre ellas las cifras de cota.

1. Flechas: deben tener una longitud = 2.5 mm
2. Cifras: deben tener una altura = 2.5 mm
3. Línea de cota: anchura = 0.25 mm
 - *Distancia mínima entre cotas 5 mm
 - *Distancia mínima entre la primera cota y la arista del cuerpo + 8mm
4. Línea auxiliar de cota: anchura = 0.25 mm
 - *Sobresale la línea límite de la línea de cota 2 mm

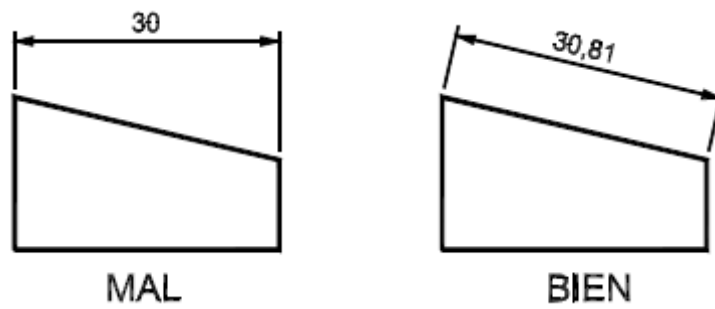


Figura 39. Ejemplos de acotación

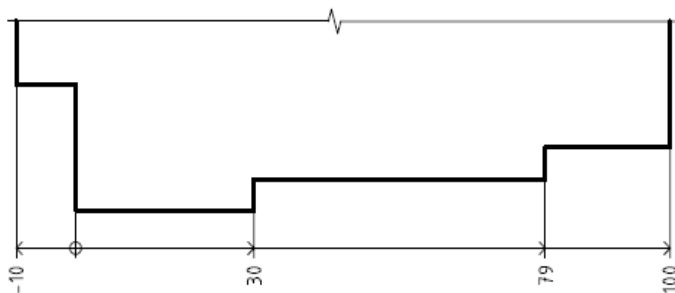


Figura 40. Ejemplo de acotación

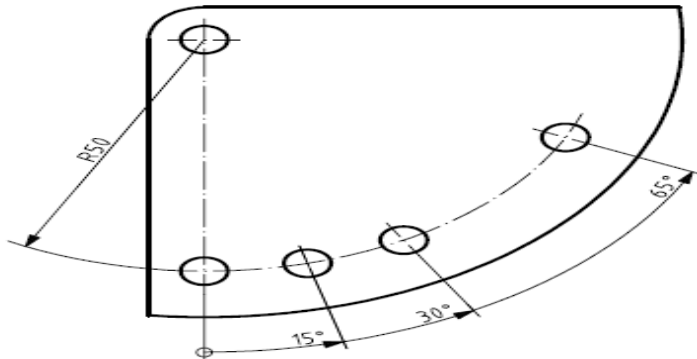


Figura 41. Acotación angular

Dimensionamiento de cadena

Mediante el dimensionamiento de las cadenas, las cadenas de una sola dimensión deben colocarse en una fila (ver Figura 42).

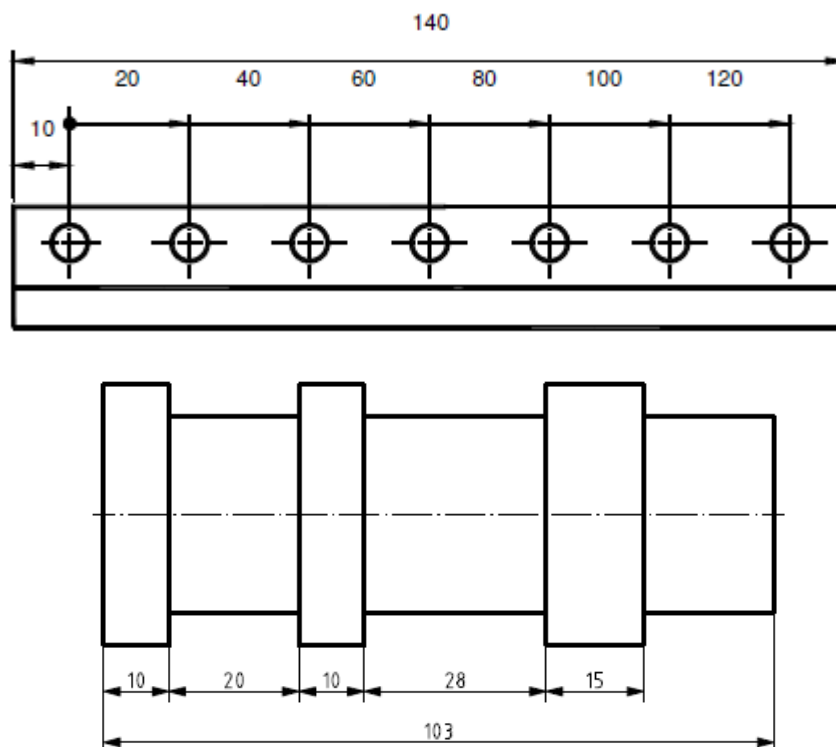


Figura 42 Dimensionamiento de cadena

Dimensionamiento de coordenadas

Las coordenadas cartesianas se definen a partir del origen por dimensiones lineales en direcciones ortogonales (ver Figuras 43). Los valores de las coordenadas deberán aparecer adyacentes a cada punto o en forma tabular. No se dibujan ni líneas de cota ni líneas de extensión.

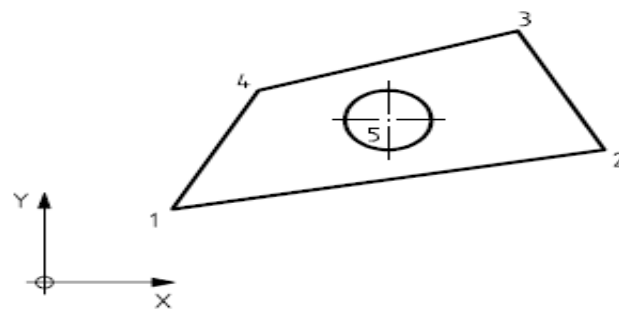
NOTA En la ingeniería de construcción, los ejes "X" y "Y" pueden utilizarse de diversas maneras para cumplir con las normas nacionales.

Además, para sistemas tridimensionales en el campo de la construcción, la altura, a menudo designada "Z", podría no tener la misma Común como los ejes "X" y "Y".

Las coordenadas polares se definen a partir del origen por un radio y un ángulo.

Siempre serán positivos, se indican en sentido contra el reloj con respecto al eje polar.

Los valores dimensionales Indicadas en las direcciones negativas tendrán signos negativos (véase ISO 6412-2).



Position	X	Y	d
1	10	10	—
2	60	20	—
3	50	40	—
4	20	30	—
5	35	25	Ø10

Figura 43. Dimensionamiento de coordenadas

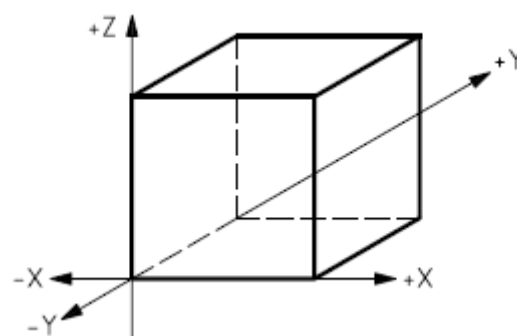


Figura 44. Dimensionamiento de coordenadas

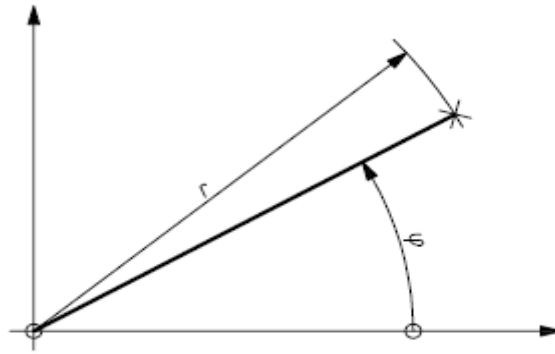


Figura 45. Dimensionamiento de coordenadas

El origen del sistema de coordenadas puede estar en la esquina de una característica o fuera del dibujo (ver Figura 46). Los valores de coordenadas pueden indicarse directamente cerca de sus coordenadas.

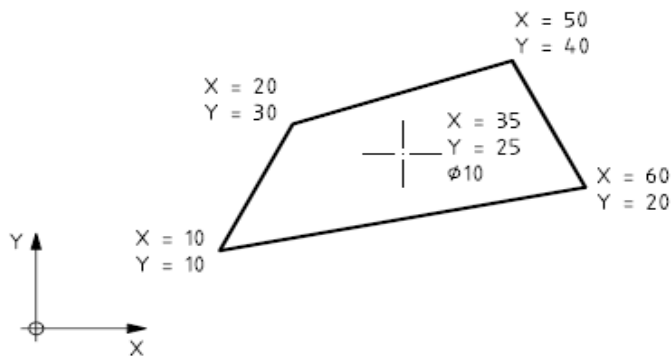


Figura 46. Dimensionamiento de coordenadas

El sistema de coordenadas principal puede tener subsistemas. Si este es el caso, el origen de los sistemas de coordenadas y las posiciones específicas dentro de los sistemas de coordenadas estarán numeradas continuamente por números arábigos. Un punto se debe utilizar como un símbolo de separación (véase la figura 47).

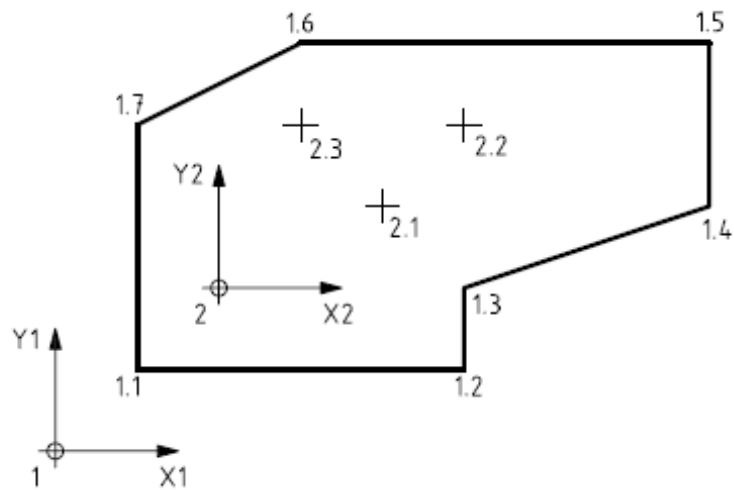


Figura 47. Dimensionamiento de coordenadas

Coordinate origin	Position	X1, X2	Y1, Y2	d_1	d_2
1	1	0	0	—	—
1	1.1	10	10	—	—
1	1.2	50	10	—	—
1	1.3	50	20	—	—
1	1.4	80	30	—	—
1	1.5	80	50	—	—
1	1.6	30	50	—	—
1	1.7	10	40	—	—
1	2	20	20	Ø10	—
2	2.1	20	10	Ø5	—
2	2.2	30	20	—	Ø10
2	2.3	10	20	Ø5	—

Tabla 9 Tabla por coordenadas

Dimensiones Combinadas

Dos o más métodos de dimensionamiento se pueden combinar en un dibujo. La figura 48 muestra un ejemplo de dimensionamiento en ejecución en combinación con dimensiones individuales.

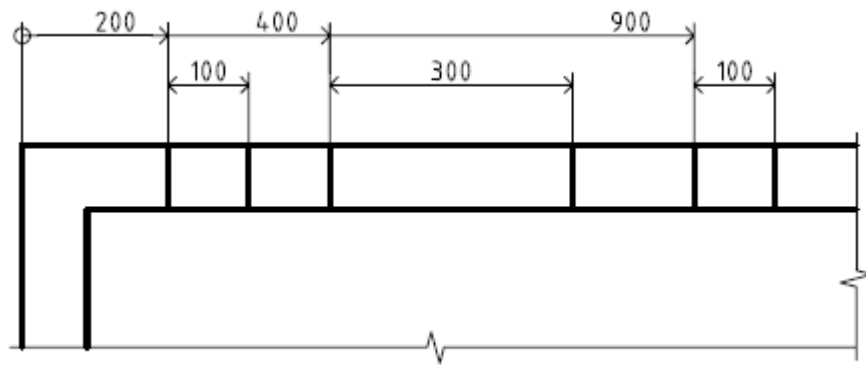


Figura 48 Dimensiones combinadas

La figura 49 muestra un ejemplo de dimensionamiento paralelo en combinación con el dimensionamiento en ejecución.

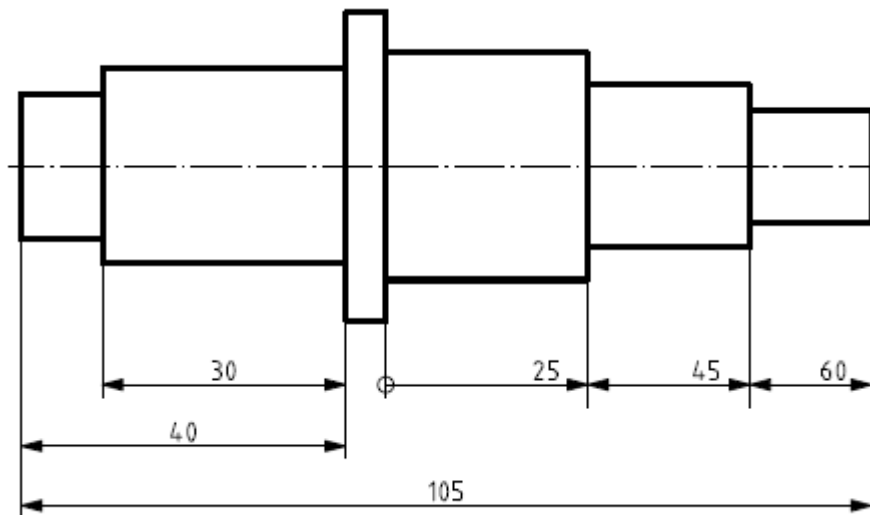


Figura 49 Dimensiones combinadas

Simbologia	Representacion
Ø50	Diámetro de 50
□50	Cuadrado de 50
R50	Radio de 50
SØ50	Esfera de un diámetro de 50
SR50	Esfera con un radio de 50

~ 50	Arco de 50
$X \leftarrow 30$	Indicador de nivel 30
<u>50</u>	Fuera de escala de 50
(50)	Dimensión auxiliar 50
T=5	Grosor de 5

Tabla 10. Ejemplos de aplicaciones graficas y simbolos mediante el uso de letras.

Las **líneas de cota** deben estar separadas de las aristas del cuerpo una distancia proporcional al tamaño del dibujo. En ningún caso esta distancia será menor de 8 mm. Entre las líneas de cota paralelas habrá una separación también proporcional al tamaño del dibujo, pero en ningún caso será inferior a 5 mm. (Ejemplo 50):

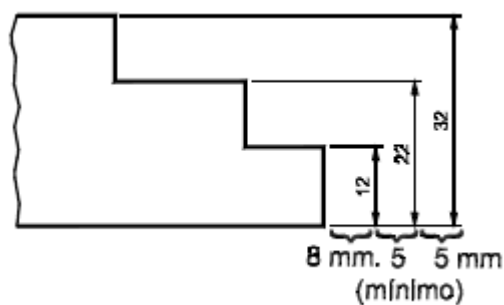


Figura 50 Líneas de cota

Las **líneas de cota paralelas** deberán tener una separación uniforme entre sí. Las **aristas y ejes** no podrán utilizarse en ningún caso como líneas de cota. En **arcos y ángulos**, las líneas de cota serán arcos concéntricos.

La acotación en grados, de ángulos correspondientes a piezas circulares, se puede realizar de las formas indicadas en la figura 51. Este es uno de los casos en que se permite la acotación en series cerradas.

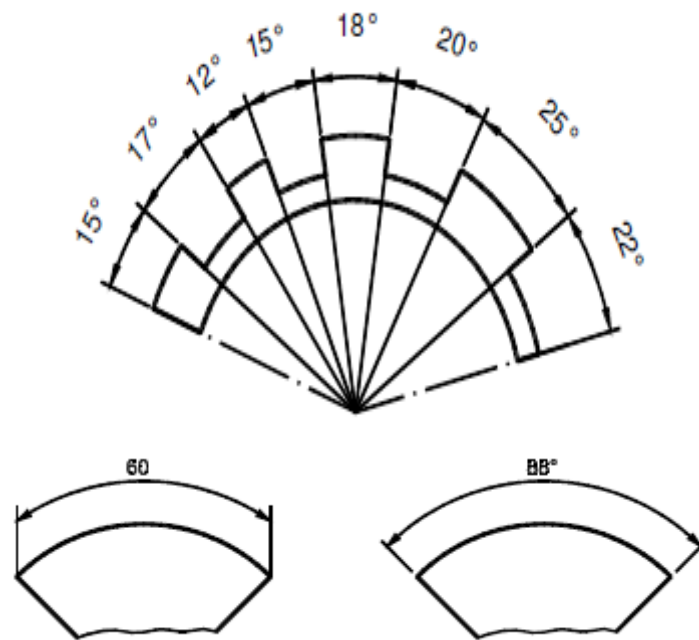


Figura 51. Acotación en grados

En la **acotación de cuerdas**, la línea de cota es paralela a la cuerda como se representa en la figura 52.

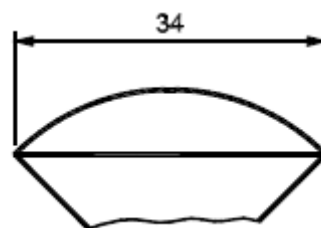


Figura 52. Acotación de cuerdas

En caso de falta de espacio, las **líneas de cota** pueden colocarse tal como se indica en la figura.

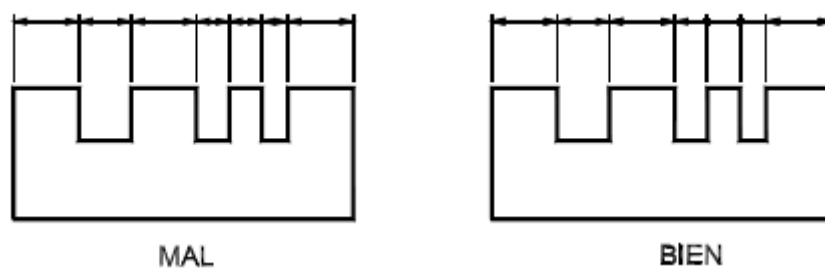


Figura 53. Línea de cota

Se procurará hasta donde sea posible que las **líneas de cota** no se corten entre sí ni con otras líneas. Tan solo se podrán cruzar las **líneas auxiliares**, ejemplo figura 54.

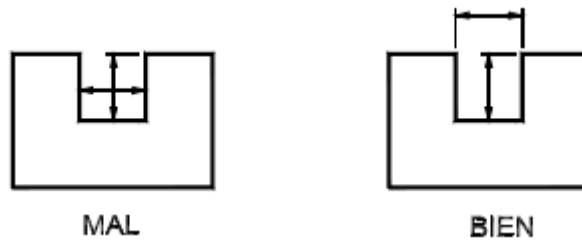


Figura 54 Líneas de cota

No podrán trazarse **líneas de cota** en prolongación de las **aristas de la pieza** figura 55.

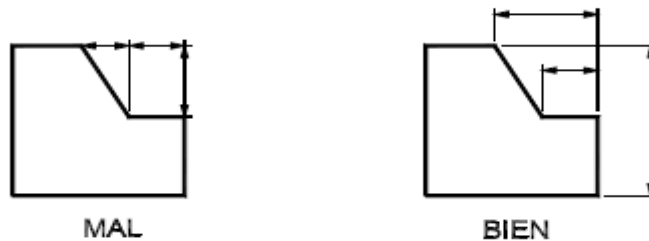


Figura 55. Líneas de cota

Para evitar los cruzamientos, las **líneas de cota** más largas irán colocadas más alejadas de la pieza que las más cortas.

Las **líneas de cota** de dimensiones relacionadas entre sí deberán disponerse **alineadas**, siempre que sea posible ver figura 56.

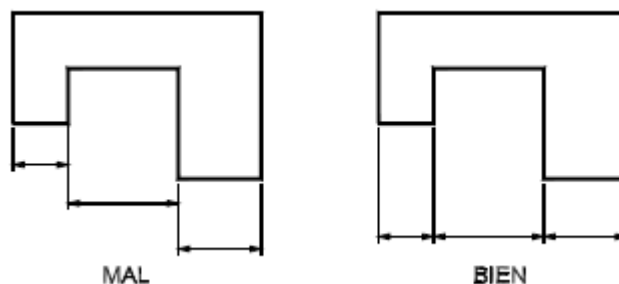


Figura 56 Línea de cota

Las **líneas auxiliares de cota** no pueden trazarse desde una vista a otra. Ver figura 57.

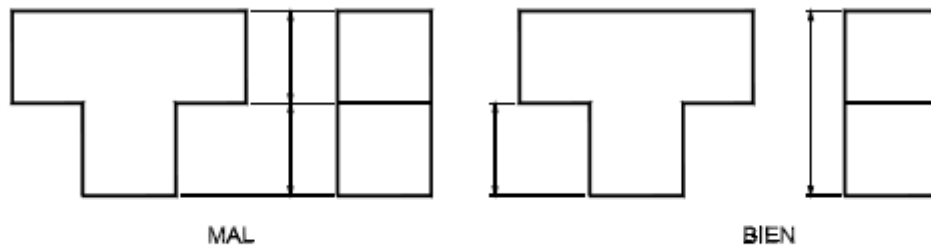


Figura 57. Línea auxiliar de cota

Normas de acotación de arcos, círculos y esferas.

Los radios se acotan con una flecha en el arco. El centro se señala con una Pequeña cruz, un círculo de radio mínimo o con el punto de intersección de ejes.

En la acotación de radios las flechas se colocan en la zona cóncava del arco pero si faltara espacio pueden dibujarse por la parte exterior. Las cifras se escribirán en una u otra posición según el espacio disponible ver figura 58.

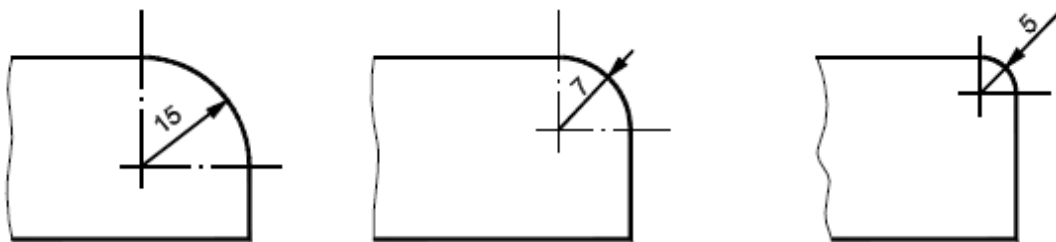


Figura 58. Acotación de arcos

Tolerancias Dimensionales y Geométricas

En el diseño de cualquier pieza o herramienta se debe considerar cierta tolerancia para su fabricación. Existen dos tipos de tolerancia; la tolerancia dimensional y la tolerancia geométrica. La primera controla las medidas o dimensiones de una pieza, no controla ni la forma, ni la posición, ni la orientación que tengan los elementos a los que se aplica la tolerancia dimensional.

En determinadas ocasiones, como por ejemplo: mecanismos muy precisos, piezas de grandes dimensiones, etc., la especificación de tolerancias dimensionales

puede no ser suficiente para asegurar un correcto montaje y funcionamiento de los mecanismos. En la figura 59 se muestran tres casos donde una de las piezas puede ser correcta desde el punto de vista dimensional (diámetros de las secciones dentro de tolerancia) y no ser apta para el montaje: en el primer caso tendríamos un defecto de rectitud, en el segundo caso tendríamos un defecto de coaxialidad, y en el tercer caso tendríamos un defecto de perpendicularidad.

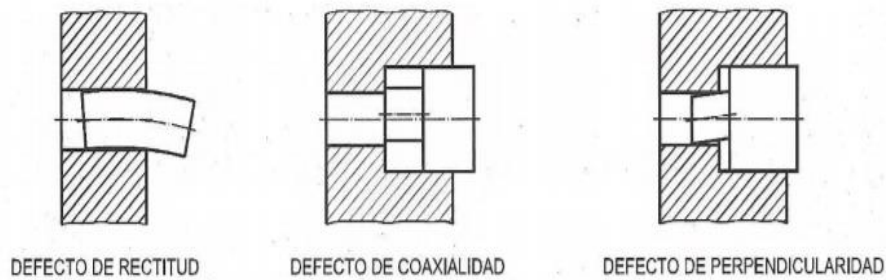


Figura 59. Defectos de geometría

En la fabricación se producen irregularidades geométricas que pueden afectar a la forma, posición y orientación de los diferentes elementos constructivos de las piezas.

Una tolerancia dimensional aplicada a una medida ejerce algún grado de control sobre desviaciones geométricas. Por ejemplo: la tolerancia dimensional tiene efecto sobre el paralelismo y la planicidad. Sin embargo, en algunas ocasiones la tolerancia de medida no limita suficientemente las desviaciones geométricas; por tanto, en estos casos se deberá especificar expresamente una tolerancia geométrica, teniendo prioridad sobre el control geométrico que ya lleva implícita la tolerancia dimensional.

La tolerancia geométrica controla la forma, posición u orientación de los elementos a los que se aplican, pero no sus dimensiones, en otras palabras podríamos definir la tolerancia geométrica de un elemento, una pieza, superficie, eje, plano de simetría, etc. como la zona de tolerancia dentro de la cual debe estar contenido dicho elemento. Dentro de la zona de tolerancia el elemento puede tener cualquier forma u orientación, salvo si se da alguna indicación más restrictiva.

Las normas ANSI Y14.5M, ISO 8015 y la española UNE 1-149 establecen el Principio de independencia: "Cada requisito dimensional o geométrico especificado sobre un dibujo debe ser respetado por sí mismo, al margen de otros que pueda haber, excepto en el caso en que esté especificada una relación particular. Por lo tanto, sin una relación particular especificada, la tolerancia geométrica se aplica sin tener en cuenta la medida del elemento, y ambos requisitos se consideran independientes".

El uso de tolerancias geométricas evita la aparición en los dibujos de observaciones tales como "superficies planas y paralelas", con la evidente dificultad de interpretación cuantitativa que conllevan; aún más, a partir de los acuerdos internacionales sobre símbolos para las tolerancias geométricas, los problemas de lenguaje están siendo superados.

Las tolerancias geométricas deberán especificarse solamente en aquellos requisitos que afecten a la funcionalidad, intercambiabilidad y posibles cuestiones relativas a la fabricación; de otra manera, los costes de fabricación y verificación sufrirán un aumento innecesario. En cualquier caso, estas tolerancias habrán de ser tan grandes como lo permitan las condiciones establecidas para satisfacer los requisitos del diseño. El uso de tolerancias geométricas permitirá, pues, un funcionamiento satisfactorio y la intercambiabilidad, aunque las piezas sean fabricadas en talleres diferentes y por distintos equipos y operarios. El "Principio de tolerancias fundamentales"; establece el principio de relación entre tolerancias dimensionales y geométricas.

- El requisito de la envolvente.
- El principio de máximo material
- El de mínimo material.

El requisito de la envolvente exige que la envolvente de forma perfecta en condición de máximo material no se sobrepase. Afecta únicamente a tolerancias de forma y establece una forma límite del elemento para unos valores determinados de las tolerancias dimensionales (los que corresponden a máximo material) de manera que esta especificación determina la forma extrema que puede tener el elemento. Sólo afecta a tolerancias de forma del elemento.

El acoplamiento de dos elementos depende de; las medidas reales de las piezas (tolerancias dimensionales) y de los errores de forma y posición de los elementos a acoplar (tolerancias geométricas).

El objetivo fundamental del Principio de máximo material, es establecer condiciones de diseño que garanticen el montaje de dos piezas, que deben acoplar entre sí, teniendo en cuenta las tolerancias dimensionales de las piezas, y determinando en función de ellas, los valores de tolerancias geométricas necesarias para garantizar el montaje de las piezas y abaratar la fabricación y el proceso de verificación. El Principio de máximo material establece unas condiciones de montaje específicas que corresponden a las más desfavorables: Condiciones de Máximo Material y errores de forma y posición máximos; para garantizar de esta forma que siempre se pueda realizar el montaje. De esta forma, si las medidas efectivas de los elementos acoplados se alejan de los límites de máximo material, la tolerancia geométrica especificada puede incrementarse sin perjudicar las condiciones de montaje.

Tipos de características Geométricas

Existen cinco tipos de características geométricas:

Tipo de Tolerancia	Características	Símbolo
Forma	Rectitud	
	Planitud	
	Circularidad	
	Cilindricidad	
Orientación	Angularidad	
	Perpendicularidad	

	Paralelismo	
Perfil	Perfil de una linea	
	Perfil de una superficie	
Control	Cabeceo Circular	
	Cabeceo Total	
Posicion	Posición	
	Concentricidad	
	Simetría	

Tabla 11. Características geométricas

- 1) **Tolerancia de Forma.** Establece la cantidad permitida que una superficie o característica puede variar de la forma deseada implícita en el dibujo.
- 2) **Tolerancia de Orientación.** Define la cantidad permitida que una superficie o característica puede variar respecto a un dato.
- 3) **Tolerancia de Perfil.** Fija la cantidad permitida que una superficie o característica puede variar de la forma deseada en el dibujo.
- 4) **Tolerancia de Control.** Determina la cantidad permitida que una superficie o característica puede variar de la forma deseada implícita en el dibujo durante una rotación completa de la pieza sobre un eje.
- 5) **Tolerancia de Posición.** Establece la cantidad permitida que una característica puede variar de la posición perfecta implícita en el dibujo con respecto a otro dato o característica.

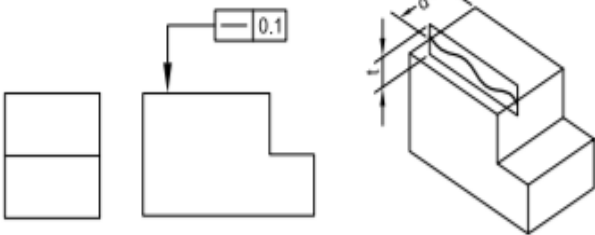
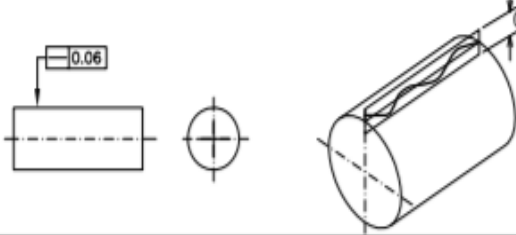
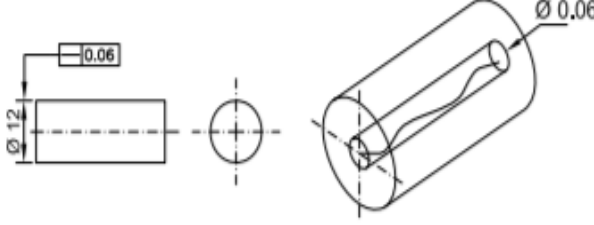
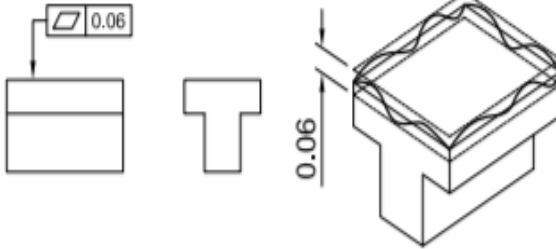
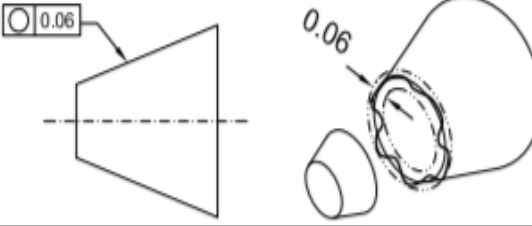
Tolerancias de Forma		
Rectitud		Una línea contenida en la superficie superior paralela al plano de proyección sobre el que se da la inclinación, debe estar contenida entre dos líneas paralelas distantes en $t=0.1$ (d es cualquier distancia).
		Cualquier generatriz del cilindro ha de estar comprendida entre dos rectas // separadas entre sí 0.06 mm
		El eje del cilindro ha de estar comprendido en una zona cilíndrica de diámetro 0.06 mm
Planicidad		La superficie debe estar comprendida entre dos planos // separados entre sí, 0.06 mm
Redondez		El contorno del cono debe estar comprendido entre dos circunferencias separadas entre sí 0.06 mm
Cilindricidad		La superficie considerada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales separados entre sí 0.07 mm.

Figura 60. Tolerancias de forma

Tolerancias de Orientación

Paralelismo		El eje superior debe estar comprendido entre dos rectas separadas entre sí 0,2 mm, // al eje inferior A.
Perpendicularidad		El eje del cilindro debe estar comprendido en una zona cilíndrica de 0.2 mm, de diámetro perpendicular a la superficie A.
Inclinación		La superficie inclinada debe estar comprendida entre dos planos // entre sí, separados 0,1 mm, e inclinados 30° respecto al plano A.

Figura 61. Tolerancia de orientación

Tolerancia de Perfil

Forma de una línea cualquiera		La línea debe estar comprendida entre dos líneas envolventes de círculos de diámetro $t=0.05$ cuyos centros están situados sobre una línea con la forma geométrica teórica.
Forma de una superficie cualquiera		La superficie debe estar comprendida entre dos superficies envolventes de esferas de diámetro $t=0.2$ cuyos centros están situados sobre una superficie con la forma geométrica correcta.

Figura 62. Tolerancia de perfil

Tolerancia de Control

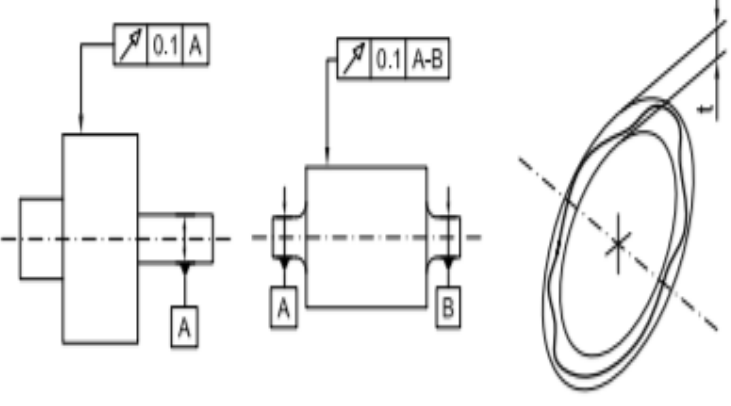
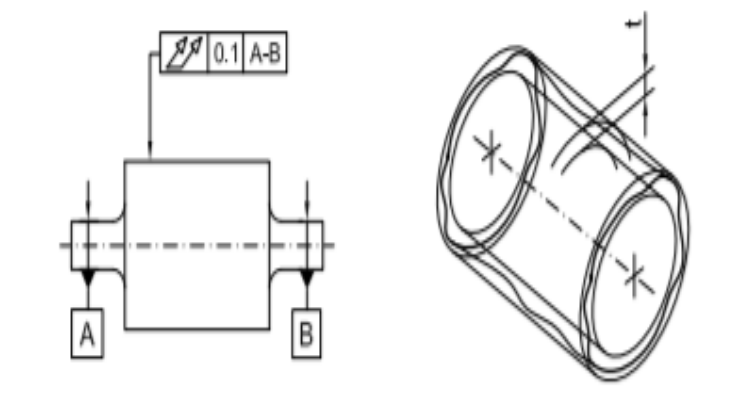
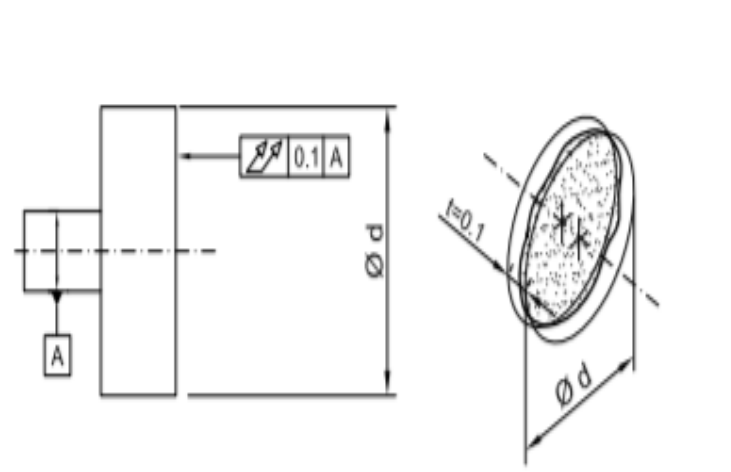
Alabeo Oscilación circular (radial)		La tolerancia de oscilación radial no debe sobrepasar más de 0,1 mm en cualquier plano de medición, durante una vuelta completa, alrededor del eje de referencia A o A-B.
Alabeo Oscilación Total (radial)		La tolerancia de oscilación total radial no debe sobrepasar más de 0,1 mm, en cualquier punto de la superficie especificada, durante varias revoluciones alrededor del eje de referencia A-B, y con movimiento axial relativo entre la pieza y el instrumento de medida.
Alabeo Oscilación Total (axial)		La superficie extraída (real) debe estar contenida entre dos planos paralelos distantes en $t=0,1$ que son perpendiculares al eje de referencia A

Figura 63. Tolerancias de control

Tolerancia de Posición

Posición		El eje de cada taladro debe estar situado dentro de un cilindro de diámetro igual a la tolerancia (0,1) estando el eje de dicho cilindro en las posiciones teóricamente exactas.
Concentricidad Coaxialidad		El eje del cilindro menor es coaxial respecto al eje de referencia (del cilindro mayor) y debe estar dentro de un cilindro de diámetro $t=0.2$ cuyo eje coincide con la referencia.

Figura 64. Tolerancia de posición

Tolerancias de Posición		
Simetría		El plano de simetría de la ranura debe estar contenido entre dos planos paralelos separados 0.2 mm y colocados simétricamente respecto al plano de simetría indicado por la referencia A

AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION	(M)	(M)
AT LEAST MATERIAL CONDITION	(L)	(L)
REGARDLESS OF FEATURE SIZE	NONE	NONE
PROJECTED TOLERANCE ZONE	(P)	(P)
TANGENT PLANE	(T)	(T) (proposed)
FREE STATE	(F)	(F)
DIAMETER	Ø	Ø
BASIC DIMENSION (theoretically exact dimension in ISO)	50	50
REFERENCE DIMENSION (auxiliary dimension in ISO)	(50)	(50)
DATUM FEATURE		or

Tabla 12. Simbología usada en las tolerancias geométricas

Desde la concepción del trabajo en serie o en cadena y desde la producción a gran escala, se ha buscado la manera de obtener una serie de piezas exactamente iguales, y con las dimensiones fijadas previamente en los planos de taller.

Debido a que la exactitud como tal es difícil de alcanzar surge “la tolerancia”, entendida ésta como los límites posibles dentro de los cuales debe encontrarse la medida que se acerca a la verdadera.

Las tolerancias se desarrollan con el fin de que pueda darse un intercambio entre las piezas, respetando los ajustes.

La Norma que regula las tolerancias estándar y desviación límite para agujeros y eje lineales y angulares es la norma más actual: **ISO286-2:2010**

Conceptos Fundamentales.

Zona de tolerancia: Es el margen de variación en las medidas de una pieza para que sea apta para el funcionamiento.

Agujero: Término utilizado para designar una medida interior de una pieza donde se aloja el eje, sea o no sea esta pieza cilíndrica (se representa con letras mayúsculas siempre). Ver la siguiente figura 65.

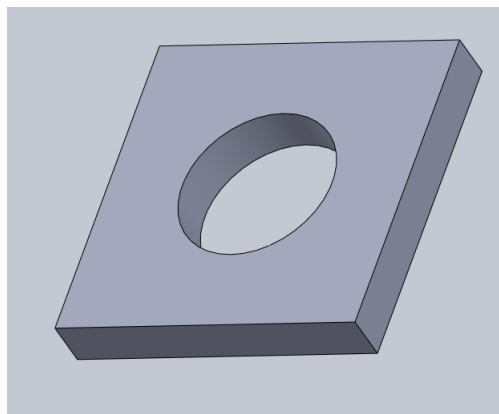


Figura 65 Agujero

Eje: Término utilizado para designar una medida exterior de una pieza que se acopla en el agujero (se representa con letras minúsculas). Figura 66.

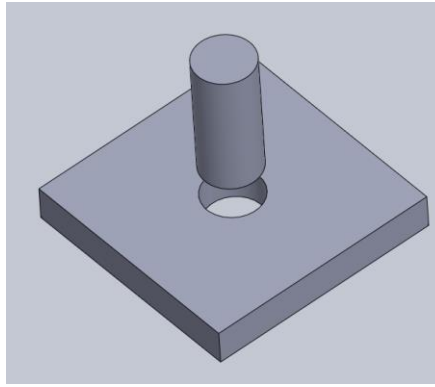


Figura 66. Acoplamiento del Eje

Medida nominal (DN o dN): Término utilizado para designar a la medida que indica la cota.

Medida real: Término utilizado para designar a la medida que realmente tiene la pieza.

Tolerancia (T o t): La cantidad total que le es permitido variar a una dimensión especificada. Término utilizado para designar a la diferencia entre la medida máxima permitida y la medida mínima permitida.

Línea “cero”: Término utilizado para designar a la línea de referencia correspondiente a la medida nominal.

Dimensiones límites: (Máxima para agujeros DM y para ejes dM; mínima para agujeros Dm y dm para ejes). Son los valores extremos que puede tomar la medida.

Desviación superior o diferencia superior (Ds o ds): La diferencia algebraica entre la medida máxima permitida y la nominal. Ver Figura 1a.

Desviación inferior o diferencia inferior (Di o di): La diferencia algebraica entre la medida mínima permitida y la nominal.

Tolerancia se define como la cantidad total que le es permitido variar a una dimensión especificada. Es el rango de la diferencia entre los límites máximo y mínimo.

Tolerancia bilateral es aquella variación permitida en ambas direcciones desde una dimensión especificada. Ejemplo 125 ± 0.05 mm.

Tolerancia unilateral es aquella en la cual la variación es permitida en una sola dirección, desde la dimensión especificada. Ejemplo $65 \pm_{0}^{0.05}$

Representación de las Tolerancias

Las tolerancias pueden representarse:

A) Con su medida nominal seguida de las desviaciones límites.

- La desviación superior siempre se coloca por encima de la inferior.
- Si la diferencia superior es igual a la inferior pero de signo contrario se escribe solamente el valor precedido de los signos más y menos. Ver Figura 67.



Figura 67 Representación de las Tolerancias

B) Con los valores máximo y mínimo.

- Si la medida está limitada en un sentido único, después de la cifra de cota se debe consignar la indicación de máximo o mínimo. Ver Figura 68.

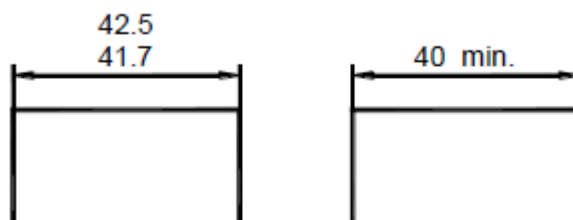


Figura 68. Representación de las tolerancias

Tolerancia mediante los símbolos ISO

- Se coloca sobre la línea de cota el símbolo ISO, ejemplo 30 H7 (ver figura 69) formado por *la medida nominal de la pieza (30 mm.)*, una letra que representa *la posición de la zona de tolerancia (H)* y un número que representa *la anchura de la zona de tolerancia*, es lo que se llama *calidad de la tolerancia (7)*.

Se puede añadir entre paréntesis, y para una mayor claridad, los valores de las tolerancias o medidas límites.

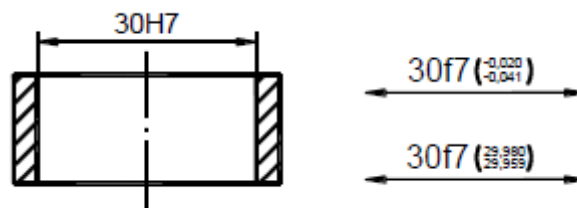
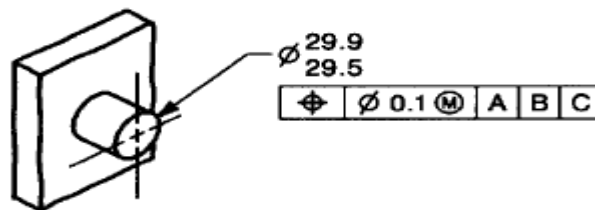


Figura 69. Representación de las tolerancias

Condición de máximo material (maximum material condition)

Condición de máximo material (MMC): la condición en la cual un elemento de tamaño contiene la máxima cantidad de material dentro de los límites establecidos de tamaño (por ejemplo mínimo diámetro de agujero, máximo diámetro de eje).

Ejemplo de MCM para un perno; es cuando el perno se encuentra en el diámetro mayor permitido por la tolerancia.



	Ø PIN	Ø TOL	V COND	R COND
MMC	29.9	0.1	30.0	29.8
	29.8	0.2		29.6
	29.7	0.3		29.4
	29.6	0.4		29.2
LMC	29.5	0.5		29.0

Ejemplo: se tiene un perno con un diametro de 50 mm y se tiene una tolerancia de ± 0.02 . Se desea conocer **MMC**?

Respuesta: $50 + \text{tolerancia } (0.02) = 50.02 \text{ mm}$

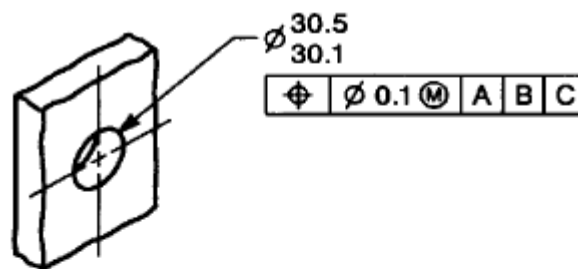
En caso de que se requiera **LMC** del perno?

Respuesta: $50 - \text{tolerancia } (0.02) = 49.98 \text{ mm}$

Condición de Minimo Material (Least Material Condition)

Condición de mínimo material (LMC): es la condición en la cual un elemento de tamaño contiene la mínima cantidad de material dentro de los límites establecidos de tamaño (por ejemplo, maximo diámetro de agujero, mínimo diámetro de eje).

Ejemplo de MCM para un agujero, es cuando el agujero es del menor tamaño posible de acuerdo a la tolerancia. Se le ha quitado la mínima cantidad de masa.



	Ø HOLE	Ø TOL	V COND	R COND
LMC	30.5	0.5	30.0	31.0
	30.4	0.4		30.8
	30.3	0.3		30.6
	30.2	0.2		30.4
MMC	30.1	0.1		30.2

Ejemplo: se tiene una placa con agujero en el centro, con un diámetro de 50 mm y se tiene una tolerancia de ± 0.02 . Se desea conocer **MMC**?

Respuesta: $50 - \text{tolerancia } (0.02) = 49.98 \text{ mm}$

En caso de que se requiera **LMC** del perno?

Respuesta: $50 + \text{tolerancia } (0.02) = 50.02 \text{ mm}$

AJUSTE. Es la cantidad de juego o interferencia resultante al ensamblar piezas. La unión del eje y del agujero se llama *acoplamiento o ajuste* y puede determinar un juego o un aprieto.

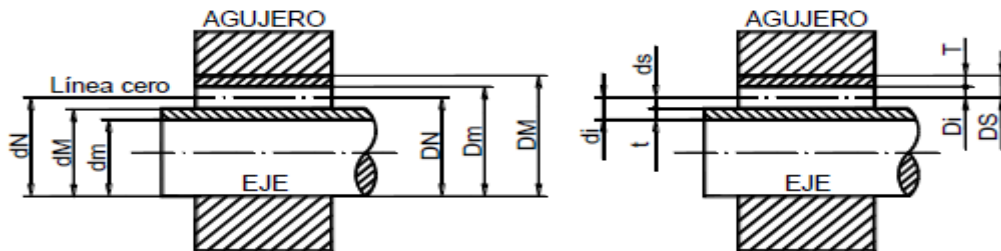


Figura 70. Ajustes

Posición de la zona de tolerancia

Según el destino de servicio de una pieza, la posición de la zona de tolerancia puede variar en relación a línea de referencia. En un eje que se ajusta a presión dentro de una pieza con una dimensión única, la zona puede estar sobre la línea de referencia. Si la zona de tolerancia se ubica por debajo de la línea de referencia el acople entre las dos piezas ajusta con juego.

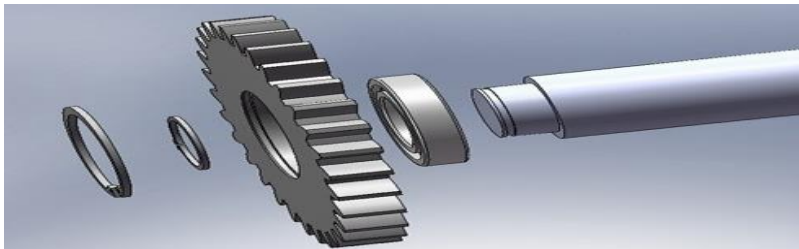


Figura 71. Engrane / Perno

La aceptación o rechazo de piezas mecánicas depende de la posibilidad de estas de ser ensambladas en diferentes máquinas ubicadas en diferentes países, lo que se le llama Intercambiabilidad. Para esto es necesario que cada pieza cumpla con normas internacionales ISO, en cuanto a su dimensión, forma y calidad superficial. Pero es imposible evitar errores durante la fabricación, debido a que el sistema de manufactura que se desarrolla en cada empresa o taller es diferente a pesar de que se haga un esfuerzo por unificar procesos. Para afrontar esto se establecieron los Sistemas de Ajustes y Tolerancias Dimensionales, con la finalidad

de determinar el máximo ajuste permitido en las piezas de manera que funcionen adecuadamente dentro de un equipo o maquinaria. Para el éxito de un diseño mecánico se debe tomar en cuenta estas directrices y plasmarlas adecuadamente en el plano.

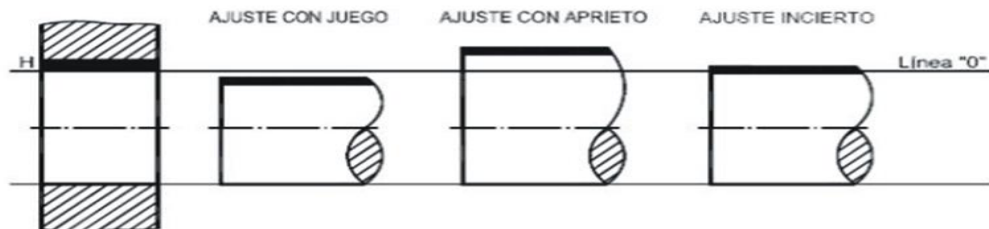


Figura 72. Clasificación de ajustes

Clasificación de Ajustes

- ✓ **Ajuste con juego** se presenta cuando el acomplamiento entre ambas piezas siempre presenta holgura.

Juego (J): Es la diferencia entre las medidas del agujero y del eje, antes del montaje, cuando esta es positiva. Ver Figura 73. $J = (De - de) > 0$

Juego máximo (JM): Es la diferencia entre el diámetro máximo del agujero y el diámetro mínimo del eje. $JM = (DM - dm)$.

Juego mínimo (Jm): Es la diferencia entre el diámetro mínimo del agujero y el diámetro máximo del eje. $Jm = (Dm - dM)$.

Juego Máximo

Otra propuesta para determinar el Juego máximo es mediante el uso de la Condición de Mínimo Material (LMC) y se obtiene de la siguiente forma: primero se determina LMC del perno y del agujero y enseguida se procede a realizar una simple resta como se muestra en la siguiente formula.

$$\text{Juego Maximo} = (\text{LMC del agujero}) - (\text{LMC del perno})$$

Juego Mínimo

El juego mínimo se obtiene mediante la determinación de la condición maximo de material (MMC) para el perno como para el agujero, una vez ya determinado cada concepto se procede a realizar la siguiente operación:

$$\text{Juego Mínimo} = (\text{MMC del agujero}) - (\text{MMC del perno})$$

Tolerancia del juego (TJ): Es la diferencia entre los juegos máximo y mínimo, es decir, la suma de las tolerancias del agujero y del eje. $TJ = (JM - Jm) = (T + t)$.

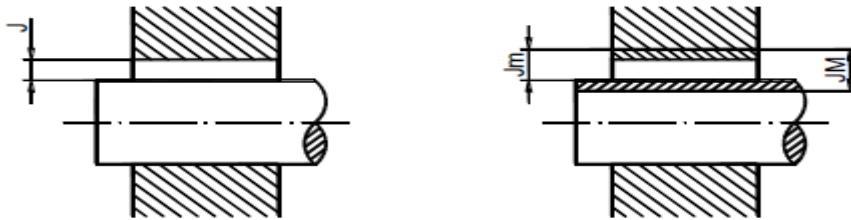


Figura 73. Ajuste con juego

- ✓ **Ajuste indeterminado** se presenta cuando el acoplamiento depende de las dimensiones que tome el eje y el agujero, dentro de sus tolerancias respectivas, se denomina *ajuste indeterminado*. Figura 74.

Ajuste indeterminado (I): La diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje puede ser positiva o negativa según el montaje. $I = De - de$.

En el ajuste indeterminado se da la posibilidad de juego máximo y de aprieto mínimo. $JM = DM - dm$ y $AM = dM - Dm$.

Tolerancia de ajuste indeterminado: Es la suma del juego máximo y del aprieto máximo, es equivalente a la suma de las tolerancias del eje y del agujero.

$$TI = JM + AM = T + t.$$

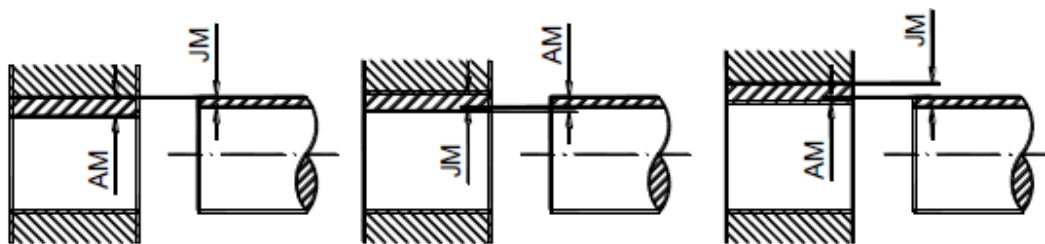


Figura 74. Ajuste Indeterminado

- ✓ **Ajuste con interferencia, forzado o por contracción.**

Se le llama ajuste con interferencia cuando la diferencia entre las medidas del eje y del agujero es positiva; es decir, el diámetro del eje es mas grande que el

diámetro del agujero, por lo que este tipo de ajuste siempre presenta aprieto. $A = (de - De) > 0$

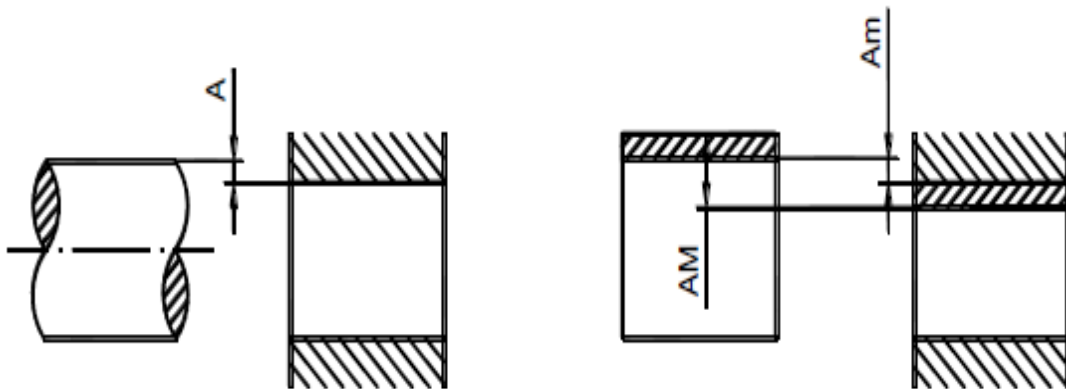


Figura 75. Ajuste Forzado

Ejercicios: ¿determinación los tipos de ajustes a través del cálculo de MMC y LMC del perno y del agujero?

Caso 1, se tiene un perno con un diámetro de 50 mm ± 0.01 y un agujero de un diámetro de 50.01mm ± 0.02 .

❖ Perno:

$$\text{MMC} = 50 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{LMC} = 50 \text{ mm} - 0.01 \text{ mm} = 49.99 \text{ mm}$$

❖ Agujero

$$\text{MMC} = 50.01 \text{ mm} - 0 \text{ mm} = 50.01 \text{ mm}$$

$$\text{LMC} = 50.01 \text{ mm} + 0.02 \text{ mm} = 50.03 \text{ mm}$$

$$\text{Juego Máximo} = (\text{LMC Elemento Interno (agujero)}) - (\text{LMC Elemento Externo (perno)}) = 50.03 \text{ mm} - 49.99 \text{ mm} = 0.04$$

$$\text{Juego Mínimo} = (\text{MMC Elemento interno (agujero)}) - (\text{MMC Elemento externo (perno)}) = 50.01 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 0.01 \text{ mm}$$

Se concluye que tiene un ajuste con “Juego” por los valores positivos.

Caso 2, se tiene un perno con un diámetro de 75mm ± 0.01 y un agujero de un diámetro de 75mm ± 0.02

❖ Perno:

$$\text{MMC} = 75 \text{ mm} + 0.01 \text{ mm} = 75.01 \text{ mm}$$

$$\text{LMC} = 75 \text{ mm} - 0.01 \text{ mm} = 74.99 \text{ mm}$$

❖ Agujero

$$\text{MMC} = 75 \text{ mm} - 0.02 \text{ mm} = 74.98 \text{ mm}$$

$$\text{LMC} = 75 \text{ mm} + 0.02 \text{ mm} = 75.02 \text{ mm}$$

$$\text{Juego Máximo} = (\text{LMC Elemento Interno (agujero)}) - (\text{LMC Elemento Externo (perno)}) = 75.02 \text{ mm} - 74.99 \text{ mm} = 0.03$$

$$\text{Juego Mínimo} = (\text{MMC Elemento interno (agujero)}) - (\text{MMC Elemento externo (perno)}) = 74.98 \text{ mm} - 75.01 \text{ mm} = -0.03 \text{ mm}$$

Se concluye que tiene un ajuste “Indeterminado” por obtener un signo negativo en el juego mínimo.

Caso 3, se tiene un perno con un diámetro de $60 \text{ mm} \pm 0^{0.01}$ y un agujero de un diámetro de $59.99 \text{ mm} \pm 0.02^0$

❖ Perno:

$$\text{MMC} = 60 \text{ mm} + 0.01 \text{ mm} = 60.01 \text{ mm}$$

$$\text{LMC} = 60 \text{ mm} - 0 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

❖ Agujero

$$\text{MMC} = 59.99 \text{ mm} - 0.02 \text{ mm} = 59.97 \text{ mm}$$

$$\text{LMC} = 59.99 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 59.99 \text{ mm}$$

$$\text{Juego Máximo} = (\text{LMC Elemento Interno (agujero)}) - (\text{LMC Elemento Externo (perno)}) = 59.99 \text{ mm} - 60 \text{ mm} = -0.01$$

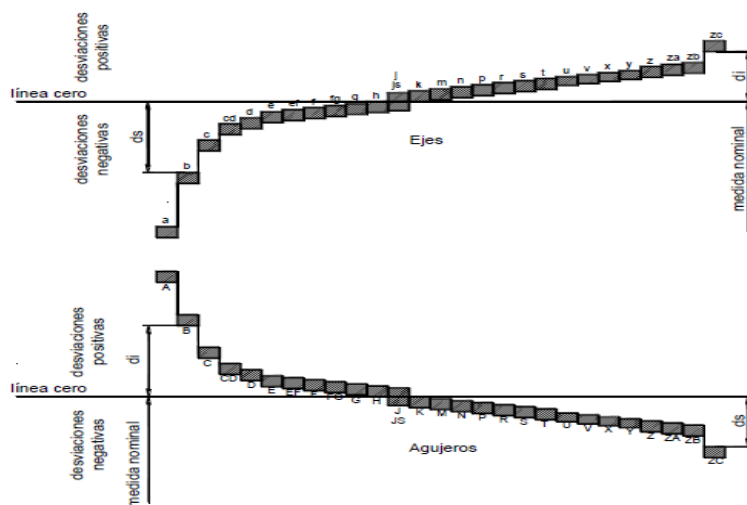
$$\text{Juego Mínimo} = (\text{MMC Elemento interno (agujero)}) - (\text{MMC Elemento externo (perno)}) = 59.97 \text{ mm} - 60.01 \text{ mm} = -0.04 \text{ mm}$$

Se concluye que tiene un ajuste “Interferencia” ya que se obtuvo en ambos juegos máximo y mínimo signos negativos.

POSICIÓN DE LA ZONA DE TOLERANCIA

La tolerancia puede estar por encima o por debajo de la línea de referencia y muy alejada o próxima a ella, es necesario, por lo tanto, saber dónde se encuentra la zona de tolerancia, lo cual se consigue determinando la situación de una de las diferencias respecto a la línea cero.

Tanto para ejes como para agujeros, se han establecido (28) posiciones de la zona de tolerancia, fijadas por la diferencia de referencia. Dichas posiciones se nombran con letras minúsculas para los ejes y con letras mayúsculas para los agujeros.



En los ejes:

Las posiciones **a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g** vienen fijadas por su diferencia superior, que es negativa y van disminuyendo por ese orden en valor absoluto hasta la posición **h** en que es cero.

En la posición **h** la diferencia superior es cero y la inferior es negativa e igual en valor absoluto a la tolerancia. Se empleará como base en el sistema de eje único.

En las posiciones **j** y **js**, solamente la zona de tolerancia de la posición **j** atraviesa la línea de referencia; **js** es el indicativo de la posición especial del eje, que hace que la tolerancia esté centrada respecto a la línea cero; $ds = - di = T/2$.

*En las posiciones **k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc**, la zona de tolerancia está por encima de la línea cero, siendo su diferencia fundamental la diferencia inferior -di-.*

En los agujeros:

*Las posiciones **A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG y G**, se fijan por su diferencia superior, que es positiva, y se encuentran por encima de la línea cero.*

*En la posición **H**, la diferencia inferior es cero y la superior igual a la tolerancia.*

*En la posición **J y Js**, la tolerancia está centrada respecto a la línea cero.*

*En las posiciones **K, M y N**, las tolerancias están por encima o por debajo de la línea cero, según sus calidades.*

*Las posiciones **P, R, S, T, U, V, X, Z, ZA, ZB y ZC**, se determinan por la diferencia inferior que siempre es negativa.*

*Las posiciones **cd, ef, fg y CD, EF y FG**, previstas hasta la dimensión nominal de 10 mm., son empleadas para satisfacer las exigencias de la pequeña mecánica y relojería.*

*Las posiciones **za, zb, zc, y ZA, ZB y ZC** son empleadas para grandes interferencias.*

Los valores que en cada caso han de tomar dichas diferencias dependen del diámetro de que se trate y de la calidad. Por ello, para las aplicaciones prácticas conviene consultar las tablas correspondientes en las normas o manuales sobre ajustes y tolerancias. Aquí, solamente se dan más adelante los valores que se utilizan más frecuentemente.

Para la elección del ajuste:

Dado que para cada grupo de diámetros nominales se puede escoger un número elevado de zonas de tolerancia y de grados de calidad, se recomienda utilizar algunas zonas de tolerancia, llamadas zonas preferentes. La norma UNE-EN 20286-1:1996 restringe dichas zonas a las reflejadas en la Tabla 9.

						g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	
					f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	
				e7	f7		h7	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
			d8	e8	f8		h8									
			d9	e9			h9									
			d10													
a11	b11	c11					h11									

						G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	
					F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	
				E8	F8		H8	JS8	K8	M8	N8	P8	R8	S8		
			D9	E9	F9		H9									
			D10	E10			H10									
A11	B11	C11					H11									

Tabla 13.

A la hora de la elección, se aconseja:

- Elegir las tolerancias máximas compatibles para el correcto funcionamiento.
- Por ser más fácil y por lo tanto económico trabajar en superficies exteriores que interiores se elegirá un ajuste preferentemente en el sistema “agujero base”. Hay excepciones que indican lo contrario, como cuando la pieza eje está normalizada, o cuando la pieza eje es un árbol en que ajustan distintas piezas agujeros.
- Como norma de general aplicación, al eje se le asigna una calidad inmediatamente inferior a la dada en el agujero.

Calidad de Tolerancia

Una forma efectiva de conocer si una pieza es de precisión o no, puede ser considerar el campo de aplicación de dicha pieza. Así cuanto mayor sea *la exactitud* o el rigor de trabajo de esa pieza, mayor será *la calidad exigida* para la misma y menor será la tolerancia permitida.

Los conceptos básicos de este sistema son:

- Temperatura de referencia: la temperatura de medición adoptada de 20°C.
- Unidades de medida: la unidad de medida en el sistema ISO es el milímetro (mm) y la unidad de tolerancia es la micra (μ).

- Unidad de tolerancia: la unidad de tolerancia se calcula así:

$$i = 0.45 \sqrt[3]{(D + 0.001.03) (D)} \quad D = \sqrt{D_{\max} \cdot D_{\min}}$$

Donde -i- se expresa en micras y D en mm.

-D- es la media geométrica de los valores extremos de cada uno de los grupos de diámetros.

Pueden distinguirse distintos campos de aplicación como queda establecido en la Tabla 14.

Formulas para calidades de IT01 a IT0:

$$IT01 = 0.3 + 0.008 \cdot D$$

$$IT0 = 0.5 + 0.012 \cdot D$$

$$\checkmark IT01 = 0.3 + 0.008 \cdot D = 0.3 + 0.008 \cdot 38.73 = 0.61 \approx 0.60 \mu m$$

$$\checkmark IT0 = 0.5 + 0.012 \cdot D = 0.5 + 0.012 \cdot 38.73 = 0.96 \approx 1 \mu m$$

Formulas para calidades de IT1 a IT4:

$$ITn = (1.6)^{n-1} \cdot (0.8 + 0.020 \cdot D)$$

$$\checkmark IT1 = (1.6)^0 \cdot (0.8 + 0.02 \cdot 38.73) = 0.8 + 0.02 \cdot 38.73 = 1.57 \approx 1.5 \mu m$$

$$\checkmark IT2 \approx 2.5 \mu m$$

$$\checkmark IT3 \approx 4 \mu m$$

$$\checkmark IT4 \approx 7 \mu m$$

D= Media geométrica de los valores extremos de cada grupo (de diámetros nominales ($D^1 < d < D^2$) en mm), donde el valor que se selecciona que se selecciona para $D = \sqrt{(30 \cdot 50)} = 38.73 \text{ mm}$

Formula general para calidades de (IT05 a IT16):

ITn = Tolerancia de calidad "n" expresada en micras (μm).

$$ITn = K \cdot (0.45 \sqrt[3]{(D + 0.001 \cdot D)})$$

K (Tolerancia) = factor multiplicador, adimensional

Calidad	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
Tolerancia	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i

Tabla 14

Ejemplo: Calcular las tolerancias de un eje de 40 mm de diámetro correspondientes a las calidades 6, 7, 8 y 9

Donde $D = \sqrt[3]{(30 \cdot 50)} = 38.73 \text{ mm}$

- ✓ $IT6 = (0.45 \cdot \sqrt[3]{(38.73 + 0.001 \cdot 38.73)}) \cdot 10 = 15.61 \approx 16 \mu$
- ✓ $IT7 = (0.45 \cdot \sqrt[3]{(38.73 + 0.001 \cdot 38.73)}) \cdot 16 = 24.98 \approx 25 \mu$
- ✓ $IT8 = (0.45 \cdot \sqrt[3]{(38.73 + 0.001 \cdot 38.73)}) \cdot 25 = 39.03 \approx 39 \mu$
- ✓ $IT9 = (0.45 \cdot \sqrt[3]{(38.73 + 0.001 \cdot 38.73)}) \cdot 40 = 62.45 \approx 62 \mu$

Serie de tolerancias fundamentales ISO

Medidas Nominales (mm)	IT																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
más de 1 hasta 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	---	---
más de 3 hasta 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	---	---
más de 6 hasta 10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	---
más de 10 hasta 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
más de 18 hasta 30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
más de 30 hasta 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
más de 50 hasta 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
más de 80 hasta 120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
más de 120 hasta 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
más de 180 hasta 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
más de 250 hasta 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
más de 315 hasta 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
más de 400 hasta 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

Tabla 15. Calidad de Tolerancias

Sistemas ISO de Ajustes para agujeros y pernos

Para poder reducir y simplificar la enorme variedad de ajustes posibles se han desarrollado una serie de técnicas para colocar los ajustes, el sistema de agujero base, el sistema de eje único y el sistema mixto.

a) Sistema de agujero base o agujero único

El sistema consiste en elegir un agujero cuya diferencia inferior es nula; es decir, la zona de tolerancia está en la posición H. Los diferentes ajustes se obtienen con ejes en posición variable en función del tipo de ajuste. Ver Figura 76.

Es muy utilizado para material ferroviario, motores de aviación y maquinaria en general, así como máquinas-herramientas, automoción y construcción naval. Cuando la pieza está normalizada, hay que considerarla como pieza-base y se ajustará la otra.

Se obtendrá “*juego*” con ejes en las posiciones: **a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h.**

Se obtendrá “*aprieto*” con ejes en las posiciones: **p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc.**

Será el ajuste “*indeterminado*” con ejes en las posiciones: **j, k, m, n.**

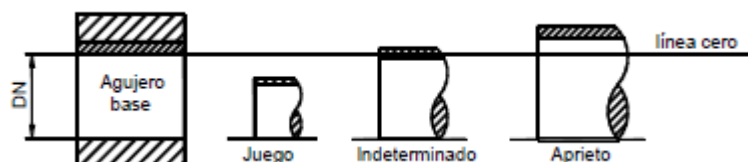


Figura 76.

b) Sistema de eje único o eje base

El sistema ISO elige un eje cuya diferencia superior es nula, es decir, la zona de tolerancia se encuentra en la posición **h**. Los agujeros serán mayores o menores para lograr juegos o aprietos. Ver figura 77.

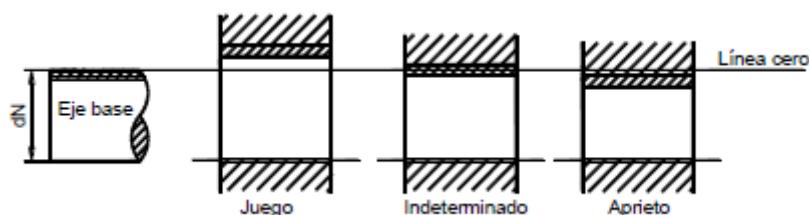


Figura 77

Se utiliza generalmente para maquinaria textil o agrícola.

Se obtienen *acoplamientos* “móviles” o con “juego” con agujeros en las posiciones: **A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, C, H.**

El acoplamiento “fijo” o con “aprieto” con agujeros en las posiciones: ***P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC***, produce siempre “interferencia”.

El ajuste será “indeterminado” con agujeros en las posiciones: ***J, K, M, N***.

c) **Sistema mixto.**

El sistema mixto se da en aquellos casos en los que el agujero y el eje no ocupen respectivamente las posiciones ***H*** o ***h***. Sólo se emplea si no es posible la utilización de los anteriores.

Al ajustar los rodamientos de bolas y rodillos, se considera *eje-base* al aro exterior y *agujero-base* al aro interior. Para determinar los ajustes apropiados es conveniente consultar las normas del fabricante.

Ajustes Recomendados

Son numerosos los tipos de ajustes que se pueden formar; no obstante, la práctica recomienda diferentes combinaciones que cubren la mayoría de las necesidades.

Existen una serie de ajustes recomendados por la norma ISO 286-2:2010 que son los más utilizados ver la Tabla 15, se indican: el tipo de sistema, características, aplicaciones y acabado superficial en cada uno de los casos recomendados.

AJUSTES RECOMENDADOS							
SISTEMA				CARACTERISTICAS	EJEMPLOS DE APLICACION	CALIDAD SUPERFICIAL	
AGUJERO BASE		EJE BASE					
H7	s6	h6	S7	Prensado. Montaje a presión	Coronas de bronce, casquillos, ruedas	N5 N6 N7 N8	
H7	r6	h6	R7	Prensado ligero. Necesita seguro	Engranajes, acoplamientos		
H7	n6	h6	N7	Forzado duro. Seguro de giro	Casquillos especiales, manguitos		
H7	k6	h6	K7	Forzado medio. Seguro de giro	Rodamientos, discos		
H7	j6	h6	J7	Forzado ligero. Seguro de giro	Rodamientos, elementos desmontables		
H7	h6	h6	H7	Deslizante con lubricación	Ejes de lira		
H7	g6	h6	G7	Giratorio sin juego apreciable	Bridas, émbolos de freno		
H7	f7	h6	F8	Giratorio con poco juego	Bielas, cojinetes, cajas de engranajes		
H8	h9	h9	H11	Deslizante con lubricación	Ajustes deslizables con poca precisión	N9	
H8	e8	h9	E9	Giratorio con gran juego	Cojinetes, elementos de motores		
H8	d9	h9	D10	Giratorio con mucho juego	Soportes múltiples		
H11	h11	h11	H11	Deslizante con lubricación	Elementos de máquinas agrícolas	N10 N11	
H11	d9	h11	D10	Giratorio sin juego apreciable	Organos móviles		
H11	e11	h11	E11	Giratorio con gran juego	Cojinetes de máquinas agrícolas y domésticas		
H11	a11	h11	A11	Giratorio con mucho juego	Avellanados, grandes piezas		

Tabla 16

Cuando los signos en ambos casos son positivos tendremos juego máximo y mínimo, y cuando son negativos tendremos interferencia máxima y mínima. Cuando uno es positivo y el otro negativo tiene un ajuste indeterminado.-

La siguiente tabla muestra los ajustes más comúnmente utilizados en el sistema ISO.-

AJUSTE PRINCIPALES			H6	H7	H8	H9	H11
Juego Grande	Ensamblados cuyo funcionamiento requiere juego amplio por dilataciones, mala alineación, cojinetes grandes, etc.	c				9	11
		d				9	11
Juego Mediano	Piezas que giran o se deslizan con una buena lubricación	e		7	8	9	
Juego Pequeño	Piezas con guía y movimientos de pequeña amplitud	f	6	6-7	7		
Ajuste Exacto		g	5	6			
		h	5	6	7	8	
Aprieto Pequeño	El ensamble se puede hacer a mano, la unión no puede transmitir esfuerzos.	Ensamble a mano	j	5	6		
			k	5			
Aprieto Mediano	Se puede montar y desmontar	Ensamble a mano con maceta	m		6		
			p		6		
Aprieto Grande	Imposible desmontar sin deterioro. La unión puede transmitir esfuerzos	Ensamble a Prensa	s			7	
		Ensamble a Prensa o por dilatación	u			7	
			x			7	

Cuando se expresa una tolerancia, se escribe en primer término la dimensión nominal en milímetros, seguida de la expresión representativa del agujero y luego la del eje, en la forma siguiente: 150 H6/m6 - ⁺²⁵0 / ⁺⁴⁰0,15.-

Tolerancias generales dimensionales

Toda pieza debe tener asegurada una calidad mínima de fabricación, que irá en función de las necesidades del diseño y del funcionamiento. Se aplicarán a las piezas las tolerancias generales dimensionales cuando no lleven indicación específica de tolerancia.

Las tolerancias generales son reguladas por la norma ISO 286-2:2010

Se utilizan para medidas de longitud exteriores o interiores, distancias entre centro de agujeros, medidas angulares y en piezas de cualquier material que deban ser tratadas con mecanizado general.

Las tolerancias generales para dimensiones lineales y angulares se clasifican según cuatro categorías de acabado: fino, medio, grosero y muy grosero.

Las tolerancias generales para dimensiones lineales sin aristas matadas se representan en la Tabla 17, para dimensiones con aristas matadas en la Tabla 18 y para dimensiones angulares en la Tabla 19.

Tablas recopiladas de la Norma

Clase de la tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (mm.).							
Designación	Descripción	0.51 ¹ hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fin	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	
m	media	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	grosera	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
v	muy grosera		±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

Tabla 17

Clase de la tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (mm.).		
Designación	Descripción	más de 0.5 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6
f	fin	±0.2	±0.5	±1
m	media			
c	grosera	±0.4	±1	±2
v	muy grosera			

Tabla 18

Clase de la tolerancia		Desviaciones admisibles en función de la longitud del lado menor del ángulo considerado (en mm.).				
Designación	Descripción	Hasta 10	Más de 10 Hasta 50	más de 50 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400
f	fin	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°5'
m	media					
c	grosera	±1°30'	±1°	±0°30'	±0°15'	±0°10'
v	muy grosera	±3°	±2°	±1°	±0°30'	±0°20'

Tabla 19

La indicación de estas tolerancias se realiza en el cuadro de rotulación de cada plano de fabricación de la pieza. Se colocará la indicación “ISO **2768**” seguida de la letra **f**, **m**, **c** ó **v**, de acuerdo con lo especificado en las tablas, por ejemplo ISO 2768 m, tolerancia general de calidad media.

Nominal size mm		f								fg ^a							
Above	Up to and including	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	-6 -8	-6 -9	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-6 -31	-6 -46	-4 -6	-4 -7	-4 -8	-4 -10	-4 -14	-4 -18	-4 -29	-4 -44
3	6	-10 -12,5	-10 -14	-10 -15	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-10 -40	-10 -58	-6 -8,5	-6 -10	-6 -11	-6 -14	-6 -18	-6 -24	-6 -36	-6 -54
6	10	-13 -15,5	-13 -17	-13 -19	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-13 -49	-13 -71	-8 -10,5	-8 -12	-8 -14	-8 -17	-8 -23	-8 -30	-8 -44	-8 -66
10	18	-16 -19	-16 -21	-16 -24	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-16 -59	-16 -86								
18	30	-20 -24	-20 -26	-20 -29	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-20 -72	-20 -104								
30	50	-25 -29	-25 -32	-25 -36	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-25 -87	-25 -125								
50	80		-30 -38	-30 -43	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-30 -104									
80	120		-36 -46	-36 -51	-36 -58	-36 -71	-36 -90	-36 -123									
120	180		-43 -55	-43 -61	-43 -68	-43 -83	-43 -106	-43 -143									
180	250		-50 -64	-50 -70	-50 -79	-50 -96	-50 -122	-50 -165									
250	315		-56 -72	-56 -79	-56 -88	-56 -108	-56 -137	-56 -186									
315	400		-62 -80	-62 -87	-62 -98	-62 -119	-62 -151	-62 -202									
400	500		-68 -88	-68 -95	-68 -108	-68 -131	-68 -165	-68 -223									
500	630				-76 -120	-76 -146	-76 -186	-76 -251									
630	800				-80 -130	-80 -160	-80 -205	-80 -280									
800	1 000				-86 -142	-86 -176	-86 -226	-86 -316									
1 000	1 250				-96 -164	-96 -203	-96 -263	-96 -358									
1 250	1 600				-110 -188	-110 -235	-110 -305	-110 -420									
1 600	2 000				-120 -212	-120 -270	-120 -350	-120 -490									
2 000	2 500				-130 -240	-130 -305	-130 -410	-130 -570									
2 500	3 150				-145 -280	-145 -355	-145 -475	-145 -685									

^a The intermediate fundamental deviation fg is provided primarily for fine mechanisms and horology. If tolerance classes involving this fundamental deviation in other nominal sizes are required, they may be calculated in accordance with ISO 286-1.

Tabla 20 Ajustes para perno con tolerancia f y fg

En la figura 78 se muestra una pieza con dimensión nominal de 70 y una tolerancia f7 se designa en el plano de la siguiente forma 70f7. La letra " f " indica por ser minúscula que se trata de un eje. El número " 7 " indica que se ha seleccionado una calidad de tolerancia 7, si nos fijamos en la tabla 20 apreciamos que el ancho de esta calidad de tolerancia es de 30 micras.

Luego en la tabla ISO 286-2:2010 para perno con el código f7 ubicamos la medida nominal en la primera columna en la celda que indica dimensiones nominales entre 65 y 80, cruzamos con la columna f7 y se aprecia que el valor de la desviación máxima es de - 30 micras y la desviación mínima de -60 micras. Al restar estos valores de la medida nominal tenemos una dimensión máxima permitida de 69.97 y una dimensión mínima permitida de 69.94 tal como se muestra en la figura 78.

De esto se deduce que si esta pieza acopla con un agujero de diámetro nominal de 70 ajustará siempre con juego.

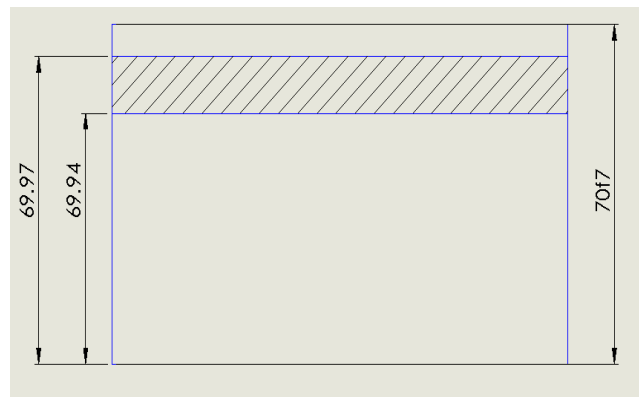


Figura 78

Sistema Eje o Perno

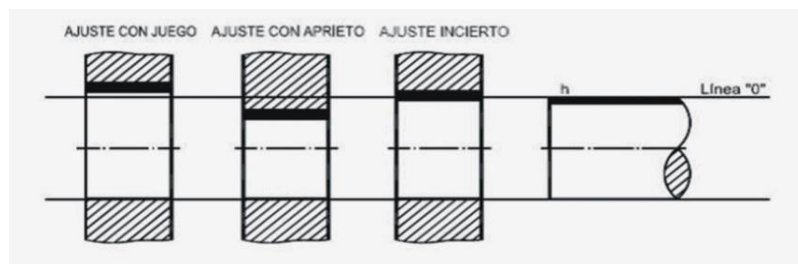


Figura 79. Sistema de ajuste del eje o perno

De la misma forma la posición de la zona de tolerancia para un agujero puede tomar diferentes ubicaciones según se defina su destino de servicio. Cuando acopla con un eje de medida única la pieza podría ajustar con juego si la zona de

tolerancia se ubica por encima de la línea de referencia del eje, y con aprieto cuando se ubica bajo la línea de referencia.

En la figura 80 se presenta la normalización de cada posición de la zona de tolerancia de agujeros en relación a un eje de medida única.

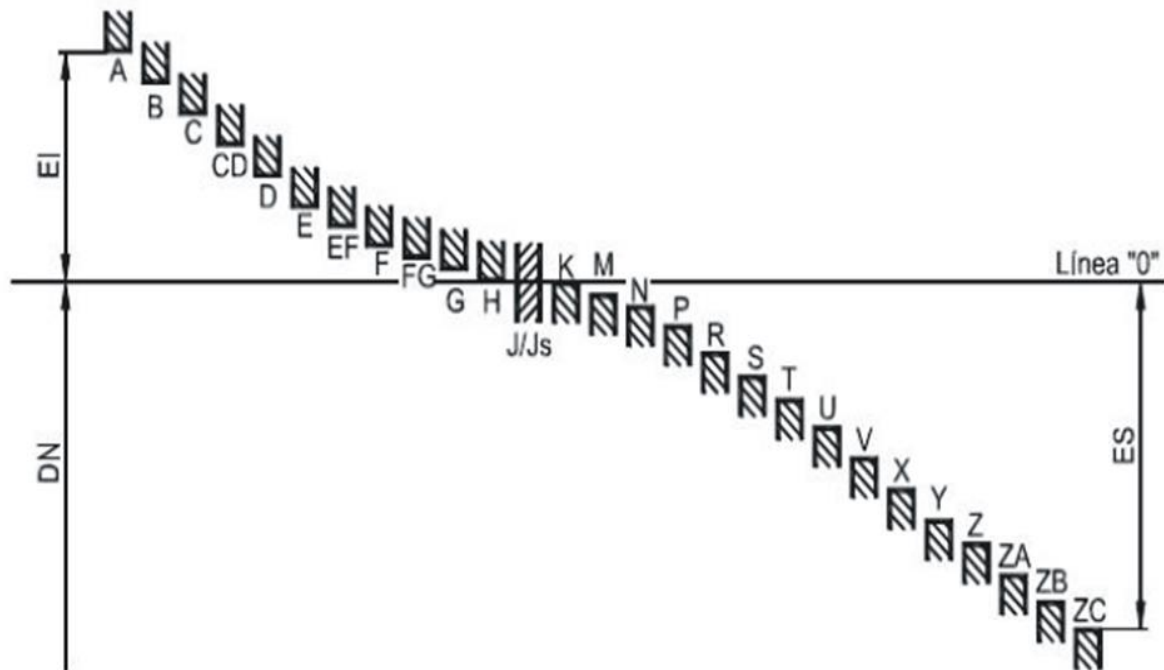


Figura 80 Sistema eje único

En la figura 81 se aprecia una pieza con un agujero de medida nominal 40 y con una tolerancia E9 dibujada mediante la franja negra. La letra " E " indica según la figura que se ubica sobre la línea de referencia por lo que la pieza siempre tendrá dimensiones mayores de 40 y por ser mayúscula indica que se trata de un agujero. El numero 9 expresa la amplitud o calidad de la zona de tolerancia. En la tabla 21 ubicamos el valor de la medida nominal 40 en la primera columna en la celda de 30 a 40 luego la cruzamos con la columna E9 y se aprecia una desviación superior de 112 micras y una desviación inferior de 50 micras. Sumando estos valores a la medida nominal de 40 se tiene la medida máxima permitida de 40,112 y mínima permitida de 40,050. Se deduce entonces que si esta pieza acopla con un eje de medida nominal 40 siempre ajustará con juego de acuerdo con la figura 81.

Nominal size mm		CD ^a					D								E					
Above	Up to and including	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10
—	3	+40 +34	+44 +34	+48 +34	+59 +34	+74 +34	+26 +20	+30 +20	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+80 +20	+120 +20	+160 +20	+18 +14	+20 +14	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14
3	6	+54 +46	+58 +46	+64 +46	+76 +46	+94 +46	+38 +30	+42 +30	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+105 +30	+150 +30	+210 +30	+25 +20	+28 +20	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+68 +20
6	10	+65 +56	+71 +56	+78 +56	+92 +56	+114 +56	+49 +40	+55 +40	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+130 +40	+190 +40	+260 +40	+31 +25	+34 +25	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+83 +25
10	18						+61 +50	+68 +50	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+160 +50	+230 +50	+320 +50	+40 +32	+43 +32	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+102 +32
18	30						+78 +65	+86 +65	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+195 +65	+275 +65	+395 +65	+49 +40	+53 +40	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+124 +40
30	50						+96 +80	+105 +80	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+240 +80	+330 +80	+470 +80	+61 +50	+66 +50	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+150 +50
50	80						+119 +100	+130 +100	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+290 +100	+400 +100	+560 +100	+73 +60	+79 +60	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+180 +60
80	120						+142 +120	+155 +120	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+340 +120	+470 +120	+660 +120	+87 +72	+94 +72	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+212 +72
120	180						+170 +145	+185 +145	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+395 +145	+545 +145	+775 +145	+103 +85	+110 +85	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+245 +85
180	250						+199 +170	+216 +170	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+460 +170	+630 +170	+890 +170	+120 +100	+129 +100	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+285 +100
250	315						+222 +190	+242 +190	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+710 +190	+1 000 +190	+133 +110	+142 +110	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+320 +110
315	400						+246 +210	+267 +210	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+570 +210	+780 +210	+1 100 +210	+150 +125	+161 +125	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+355 +125
400	500						+270 +230	+293 +230	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+630 +230	+860 +230	+1 200 +230	+162 +135	+175 +135	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+385 +135
500	630						+304 +260	+330 +260	+370 +260	+435 +260	+540 +260	+700 +260	+960 +260	+1 360 +260		+189 +145	+215 +145	+255 +145	+320 +145	+425 +145
630	800						+340 +290	+370 +290	+415 +290	+490 +290	+610 +290	+790 +290	+1 090 +290	+1 540 +290		+210 +160	+240 +160	+285 +160	+360 +160	+480 +160
800	1 000						+376 +320	+410 +320	+460 +320	+550 +320	+680 +320	+880 +320	+1 220 +320	+1 720 +320		+226 +170	+260 +170	+310 +170	+400 +170	+530 +170
1 000	1 250						+416 +350	+455 +350	+515 +350	+610 +350	+770 +350	+1 010 +350	+1 400 +350	+2 000 +350		+261 +195	+300 +195	+360 +195	+455 +195	+615 +195
1 250	1 600						+468 +390	+515 +390	+585 +390	+700 +390	+890 +390	+1 170 +390	+1 640 +390	+2 340 +390		+298 +220	+345 +220	+415 +220	+530 +220	+720 +220
1 600	2 000						+522 +430	+580 +430	+660 +430	+800 +430	+1 030 +430	+1 350 +430	+1 930 +430	+2 730 +430		+332 +240	+390 +240	+470 +240	+610 +240	+840 +240
2 000	2 500						+590 +480	+655 +480	+760 +480	+920 +480	+1 180 +480	+1 580 +480	+2 230 +480	+3 280 +480		+370 +260	+435 +260	+540 +260	+700 +260	+960 +260
2 500	3 150						+655 +520	+730 +520	+850 +520	+1 060 +520	+1 380 +520	+1 870 +520	+2 620 +520	+3 820 +520		+425 +290	+500 +290	+620 +290	+830 +290	+1 150 +290

^a The intermediate fundamental deviation CD is provided primarily for fine mechanisms and horology. If tolerance classes involving this fundamental deviation in other nominal sizes are required, they may be calculated in accordance with ISO 286-1.

Tabla 21

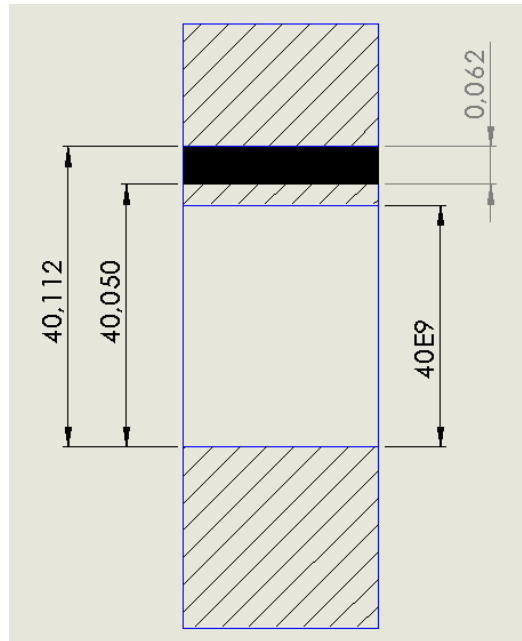
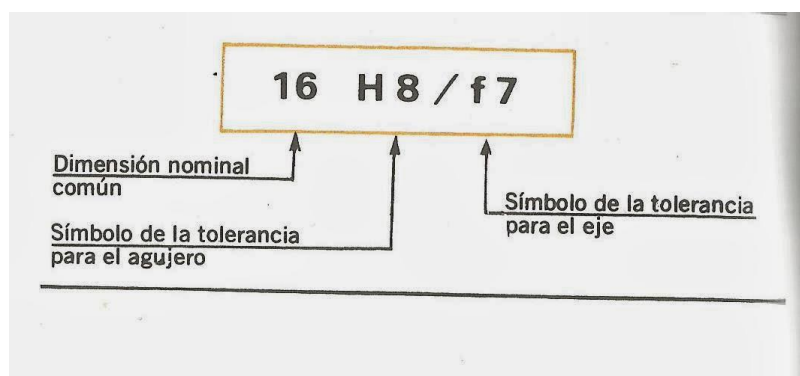


Figura 81

Ajustes

Se entiende por ajuste el ensamble de dos piezas con la misma dimensión nominal y su respectiva tolerancia dimensional definida según el destino de servicio de ambas piezas. Como se comentó anteriormente las piezas pueden acoplar con juego o con aprieto. En el cuadro se aprecia cómo se designa en un plano el ajuste entre dos piezas.



Para determinar las dimensiones del agujero con letras mayúsculas y del eje con letras minúsculas. A continuación vamos a las tabla 22 e identificamos en la primera columna de medidas nominales en milímetros la celda de 14 a 18, de allí

cruzamos primero con la columna H8 y se aprecia el valor de las diferencias para el agujero de +27 micras como diferencia superior y 0 como inferior. Al sumar estas diferencias a la dimensión nominal nos queda una medida máxima aceptable de 16,027mm y una mínima de 16,00mm.

Para obtener la tolerancia del Perno ver la tabla 20, cruzamos con la columna f7 vemos las diferencias de -16 y -34 micras para el eje, por lo que al restar a la dimensión nominal tenemos una medida máxima de 15.984mm y una medida mínima de 15.966mm.

Otras dimensiones a tomar en cuenta en un ajuste entre dos piezas es el valor del aprieto y del juego. En la siguiente figura se representan dichas medidas. Se aprecia que el agujero tiene una medida nominal de 50 y una tolerancia H7 y el eje posee la medida nominal 50 y tolerancia s6 por lo que el ajuste se debe designar en el plano 50 H7/s6. Consultando las tablas de desviaciones de tolerancias se determina que la desviación máxima del eje es de +25 micras y la mínima es de 0 micras.

Nominal size		H																	
mm		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 ^a	15 ^a	16 ^a	17 ^a	18 ^a
Above	Up to and including	Deviations																	
		µm										mm							
—	3 ^a	+0,8 0	+1,2 0	+2 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+63 0	+0,1 0	+0,14 0	+0,25 0	+0,4 0	+0,6 0		
3	6	+1 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+0,12 0	+0,18 0	+0,3 0	+0,48 0	+0,75 0	+1,2 0	+1,8 0
6	10	+1 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+0,15 0	+0,22 0	+0,36 0	+0,58 0	+0,9 0	+1,5 0	+2,2 0
10	18	+1,2 0	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+0,18 0	+0,27 0	+0,43 0	+0,7 0	+1,1 0	+1,8 0	+2,7 0
18	30	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+0,21 0	+0,33 0	+0,52 0	+0,84 0	+1,3 0	+2,1 0	+3,3 0
30	50	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+0,25 0	+0,39 0	+0,62 0	+1 0	+1,6 0	+2,5 0	+3,9 0
50	80	+2 0	+3 0	+5 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+0,3 0	+0,46 0	+0,74 0	+1,2 0	+1,9 0	+3 0	+4,6 0
80	120	+2,5 0	+4 0	+6 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+0,35 0	+0,54 0	+0,87 0	+1,4 0	+2,2 0	+3,5 0	+5,4 0
120	180	+3,5 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+0,4 0	+0,63 0	+1 0	+1,6 0	+2,5 0	+4 0	+6,3 0
180	250	+4,5 0	+7 0	+10 0	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+0,46 0	+0,72 0	+1,15 0	+1,85 0	+2,9 0	+4,6 0	+7,2 0
250	315	+6 0	+8 0	+12 0	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+0,52 0	+0,81 0	+1,3 0	+2,1 0	+3,2 0	+5,2 0	+8,1 0
315	400	+7 0	+9 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+0,57 0	+0,89 0	+1,4 0	+2,3 0	+3,6 0	+5,7 0	+8,9 0
400	500	+8 0	+10 0	+15 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+0,63 0	+0,97 0	+1,55 0	+2,5 0	+4 0	+6,3 0	+9,7 0
500	630	+9 0	+11 0	+16 0	+22 0	+32 0	+44 0	+70 0	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+0,7 0	+1,1 0	+1,75 0	+2,8 0	+4,4 0	+7 0	+11 0
630	800	+10 0	+13 0	+18 0	+25 0	+36 0	+50 0	+80 0	+125 0	+200 0	+320 0	+500 0	+0,8 0	+1,25 0	+2 0	+3,2 0	+5 0	+8 0	+12,5 0
800	1 000	+11 0	+15 0	+21 0	+28 0	+40 0	+56 0	+90 0	+140 0	+230 0	+360 0	+560 0	+0,9 0	+1,4 0	+2,3 0	+3,6 0	+5,6 0	+9 0	+14 0
1 000	1 250	+13 0	+18 0	+24 0	+33 0	+47 0	+66 0	+105 0	+165 0	+260 0	+420 0	+660 0	+1,05 0	+1,65 0	+2,6 0	+4,2 0	+6,6 0	+10,5 0	+16,5 0
1 250	1 600	+15 0	+21 0	+29 0	+39 0	+55 0	+78 0	+125 0	+195 0	+310 0	+500 0	+780 0	+1,25 0	+1,95 0	+3,1 0	+5 0	+7,8 0	+12,5 0	+19,5 0
1 600	2 000	+18 0	+25 0	+35 0	+46 0	+65 0	+92 0	+150 0	+230 0	+370 0	+600 0	+920 0	+1,5 0	+2,3 0	+3,7 0	+6 0	+9,2 0	+15 0	+23 0
2 000	2 500	+22 0	+30 0	+41 0	+55 0	+78 0	+110 0	+175 0	+280 0	+440 0	+700 0	+1 100 0	+1,75 0	+2,8 0	+4,4 0	+7 0	+11 0	+17,5 0	+28 0
2 500	3 150	+25 0	+36 0	+50 0	+68 0	+96 0	+135 0	+210 0	+330 0	+540 0	+860 0	+1 350 0	+2,1 0	+3,3 0	+5,4 0	+8,6 0	+13,5 0	+21 0	+33 0
^a Tolerance grades IT14 to IT18 (incl.) shall not be used for nominal sizes less than or equal to 1 mm.																			

Tabla 22

Nominal size mm		f								fg ^a							
Above	Up to and including	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	-6 -8	-6 -9	-6 -10	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-6 -31	-6 -46	-4 -6	-4 -7	-4 -8	-4 -10	-4 -14	-4 -18	-4 -29	-4 -44
3	6	-10 -12,5	-10 -14	-10 -15	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-10 -40	-10 -58	-6 -8,5	-6 -10	-6 -11	-6 -14	-6 -18	-6 -24	-6 -36	-6 -54
6	10	-13 -15,5	-13 -17	-13 -19	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-13 -49	-13 -71	-8 -10,5	-8 -12	-8 -14	-8 -17	-8 -23	-8 -30	-8 -44	-8 -66
10	18	-16 -19	-16 -21	-16 -24	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-16 -59	-16 -86								
18	30	-20 -24	-20 -26	-20 -29	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-20 -72	-20 -104								
30	50	-25 -29	-25 -32	-25 -36	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-25 -87	-25 -125								
50	80		-30 -38	-30 -43	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-30 -104									
80	120		-36 -46	-36 -51	-36 -58	-36 -71	-36 -90	-36 -123									
120	180		-43 -55	-43 -61	-43 -68	-43 -83	-43 -106	-43 -143									
180	250		-50 -64	-50 -70	-50 -79	-50 -96	-50 -122	-50 -165									
250	315		-56 -72	-56 -79	-56 -88	-56 -108	-56 -137	-56 -186									
315	400		-62 -80	-62 -87	-62 -98	-62 -119	-62 -151	-62 -202									
400	500		-68 -88	-68 -95	-68 -108	-68 -131	-68 -165	-68 -223									
500	630				-76 -120	-76 -146	-76 -186	-76 -251									
630	800				-80 -130	-80 -160	-80 -205	-80 -280									
800	1 000				-86 -142	-86 -176	-86 -226	-86 -316									
1 000	1 250				-96 -164	-96 -203	-96 -263	-96 -358									
1 250	1 600				-110 -188	-110 -235	-110 -305	-110 -420									
1 600	2 000				-120 -212	-120 -270	-120 -350	-120 -490									
2 000	2 500				-130 -240	-130 -305	-130 -410	-130 -570									
2 500	3 150				-145 -280	-145 -355	-145 -475	-145 -685									

^a The intermediate fundamental deviation fg is provided primarily for fine mechanisms and horology. If tolerance classes involving this fundamental deviation in other nominal sizes are required, they may be calculated in accordance with ISO 286-1.

Tabla 20

Nominal size mm		s							
Above	Up to and including	3	4	5	6	7	8	9	10
—	3	+16 +14	+17 +14	+18 +14	+20 +14	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+54 +14
3	6	+21,5 +19	+23 +19	+24 +19	+27 +19	+31 +19	+37 +19	+49 +19	+67 +19
6	10	+25,5 +23	+27 +23	+29 +23	+32 +23	+38 +23	+45 +23	+59 +23	+81 +23
10	18	+31 +28	+33 +28	+36 +28	+39 +28	+46 +28	+55 +28	+71 +28	+98 +28
18	30	+39 +35	+41 +35	+44 +35	+48 +35	+56 +35	+68 +35	+87 +35	+119 +35
30	50	+47 +43	+50 +43	+54 +43	+59 +43	+68 +43	+82 +43	+105 +43	+143 +43
50	65		+61 +53	+66 +53	+72 +53	+83 +53	+99 +53	+127 +53	
65	80		+67 +59	+72 +59	+78 +59	+89 +59	+105 +59	+133 +59	
80	100		+81 +71	+86 +71	+93 +71	+106 +71	+125 +71	+158 +71	
100	120		+89 +79	+94 +79	+101 +79	+114 +79	+133 +79	+166 +79	
120	140		+104 +92	+110 +92	+117 +92	+132 +92	+155 +92	+192 +92	
140	160		+112 +100	+118 +100	+125 +100	+140 +100	+163 +100	+200 +100	
160	180		+120 +108	+126 +108	+133 +108	+148 +108	+171 +108	+208 +108	
180	200		+136 +122	+142 +122	+151 +122	+168 +122	+194 +122	+237 +122	
200	225		+144 +130	+150 +130	+159 +130	+176 +130	+202 +130	+245 +130	
225	250		+154 +140	+160 +140	+169 +140	+186 +140	+212 +140	+255 +140	
250	280		+174 +158	+181 +158	+190 +158	+210 +158	+239 +158	+288 +158	
280	315		+186 +170	+193 +170	+202 +170	+222 +170	+251 +170	+300 +170	
315	355		+208 +190	+215 +190	+226 +190	+247 +190	+279 +190	+330 +190	
355	400		+226 +208	+233 +208	+244 +208	+265 +208	+297 +208	+348 +208	
400	450		+252 +232	+259 +232	+272 +232	+295 +232	+329 +232	+387 +232	
450	500		+272 +252	+279 +252	+292 +252	+315 +252	+349 +252	+407 +252	

Tabla 23.

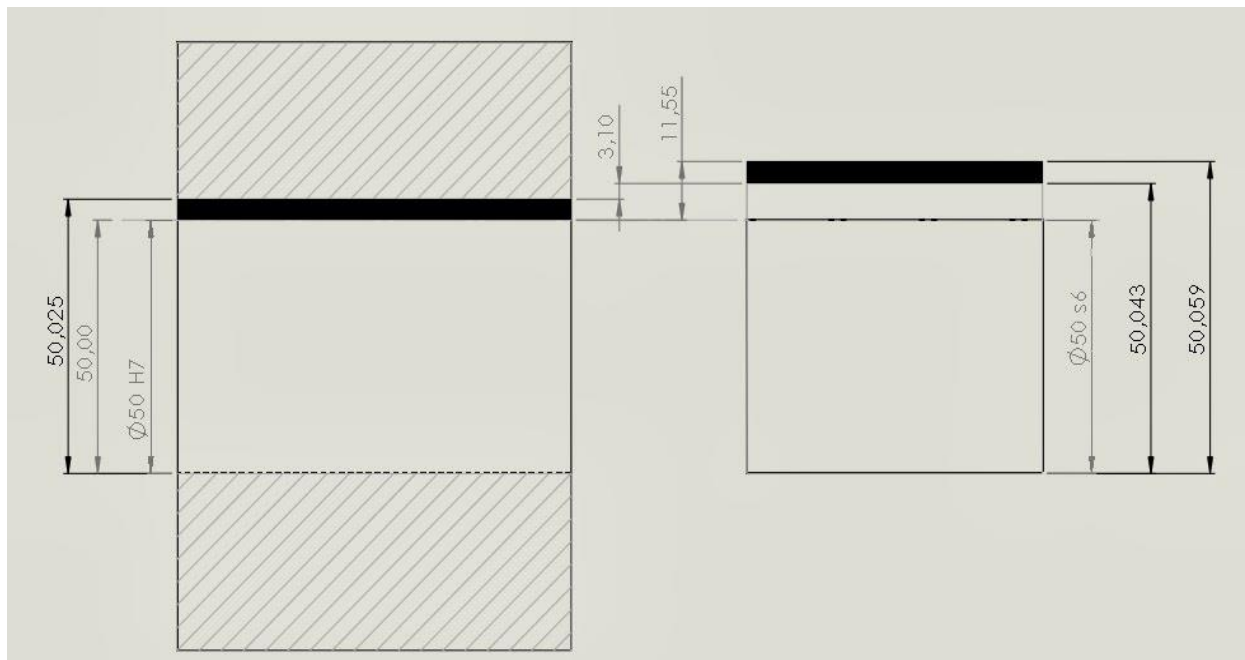


Figura 82

El agujero según las tablas tiene una desviación máxima +25 micras y una mínima de 0 micras. En base a esto se observa que la dimensión máxima aceptable del eje es 50,059 y la mínima es 50,043 y para el agujero la dimensión mínima aceptable es de 50,00 y la máxima de 50,025. En base a estas dimensiones se deduce que si se fabrican las piezas dentro de estos valores siempre el eje será mayor que el agujero por lo que debe ensamblarse a presión y se denomina en este caso un ajuste de APRIETO.

Cuando el eje se fabrica con la medida máxima permitida y el agujero con la medida mínima se da la condición de APRIETO MÁXIMO que puede calcularse mediante la diferencia de estas dos medidas tal como se aprecia en la figura anterior con un valor de 0,059. Cuando el eje tiene la medida mínima permitida (50,025) y el agujero la medida máxima permitida (50,043), se cumple la condición de APRIETO MÍNIMO con un valor calculado mediante la diferencia de estas dos medidas de 0,018mm.

Estos valores de aprieto es importante determinarlos porque de ellos depende la capacidad del ajuste de transmitir torque entre los componentes del ensamble.

En la siguiente figura se aprecian las dimensiones de un ensamble de dos piezas en condiciones de Juego.

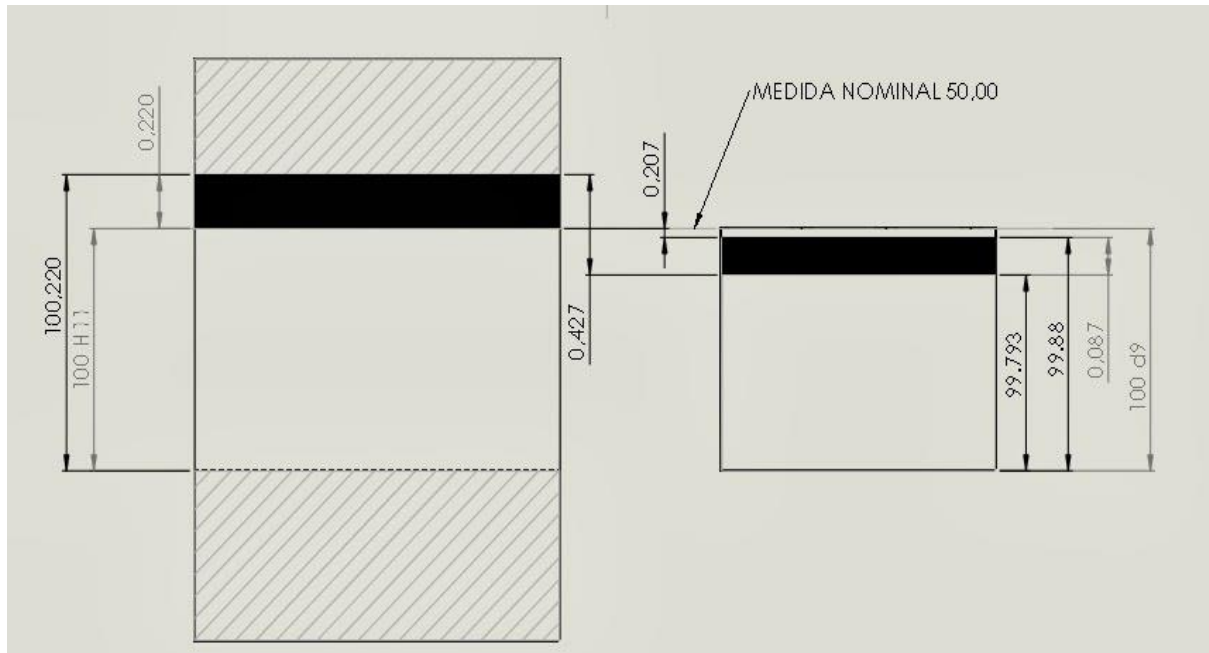


Figura 83.

Estas piezas ensamblan mediante un ajuste 100 H11/d9 mediante el uso de las tablas se determinan las siguientes dimensiones.

- Desviaciones del **eje**: superior: -120 micras, inferior -207 micras.
 - Desviaciones del **agujero**: superior +220micras, inferior 0 micras.
- Medidas aceptables del agujero: máxima 100.220; mínima: 100.
 Medidas aceptables del eje: máxima 99.88; mínima 99,793.
 Juego máximo: Max agujero- Min eje = 0,427
 juego mínimo: Mín del agujero - Máx del eje = 0,207.

El juego máximo y el juego mínimo es importante determinarlo al momento del diseño por ejemplo en los casos que el sistema requiere de lubricación. Dependiendo del tipo de lubricante y la función de la pieza se selecciona las dimensiones del juego. Una condición necesaria para que se cumplan las

tolerancias dimensionales es la calidad superficial, motivo por el cual se asocia a cada tipo de tolerancia un tipo de calidad superficial determinada. En el siguiente cuadro se presenta una selección de tolerancias asociadas a determinadas calidades superficiales.

EJE BASE						
TIPO	EJE	AGUJERO	CLASE	CARACTERISTICAS	APLICACIONES	ACABADO
Fino	h6	S7/R7	Prensado	Montaje a prensa , necesita seguro de giro para pares muy fuertes, gran adherencia sobre hierro fundido	Casquillos y coronas de bronce, acoplamiento de piñones y engranajes en ejes no desmontables, no utilizar sobre piezas de paredes finas	N6/N7
		N7	Forzado duro	Montaje a martillo, de empleo cuando se requieren posicionamientos precisos con interferencia	Casquillos de bronce, manguitos en cubos, fijes para posicionado, casquillos guías de broca	N6/N7
		K7	Forzado medio	Montaje a martillo, posicionado de precisión con un compromiso entre juego e interferencia	Rodamientos de bolas, discos de levas, poleas y volantes, manivelas	N6/N7
		J7	Forzado ligero	Montaje ligero	Rodamientos de bolas, piezas de maquinas desmontables con frecuencia	N6/N7
		H7	Deslizante con lubricación	Proporciona un acoplamiento ajustado para la situación de piezas estacionarias con montaje y desmontaje libre	Engranajes, piezas importantes de maquinas herramientas, ejes de lira	
		G7	Giratorio	Juego pequeño, no para girar con velocidad, pero si para giros libres y deslizamiento con posicionado preciso	Embolos, bridas, anillos de rodamientos	N6/N7
		F8	Holgado	Juego mediano, para giros con velocidad en máquinas de precisión y para posicionamiento preciso con velocidades moderadas y presiones de apoyos de ejes	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas, cajas de cambio	N6/N7
Medio	h9	H9	Deslizante		Poleas fijas, manivelas y acoplamiento deslizantes sobre el eje, ejes de contrapuntos	N7/N8
		E9	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas ventiladores	N7/N8
		D10	Holgado	Juego amplio, no de uso cuando es esencial la precisión pero bueno para grandes variaciones de temperaturas con gran velocidad de giro y presión de apoyo de los ejes	Soportes de ejes, poleas locas	N7/N8
Basto	h11	H11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola	N9/N10
		D10	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas, manivelas desmontables	N9/N10
		E11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasadores, ejes.	N9/N10
		A11	Muy holgado	Ajustes muy amplios para tolerancias de miembros externos	Locomotoras, cojinetes de cajas de freno, alojamientos de cabezas de tornillos	N9/N10

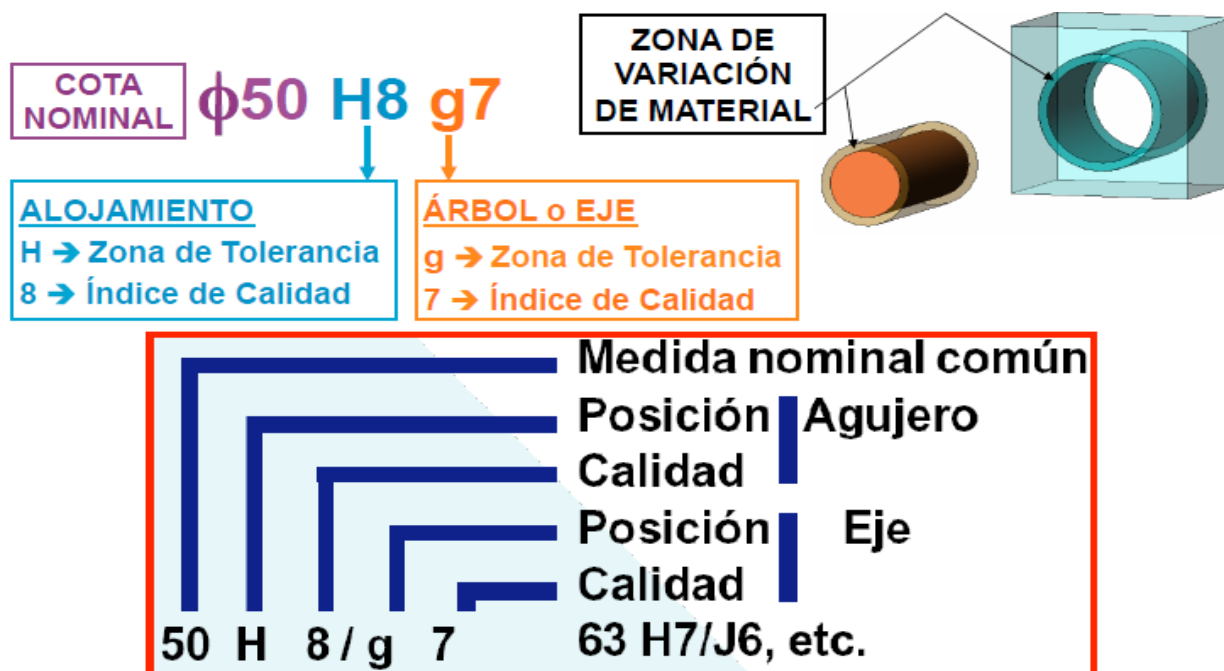
Tabla 24.

En los cuadros podemos visualizar bien su contenido en ellos podemos apreciar el tipo de ajuste, aplicación, características de montaje, aplicaciones y el tipo de superficie a exigir para cada ajuste.

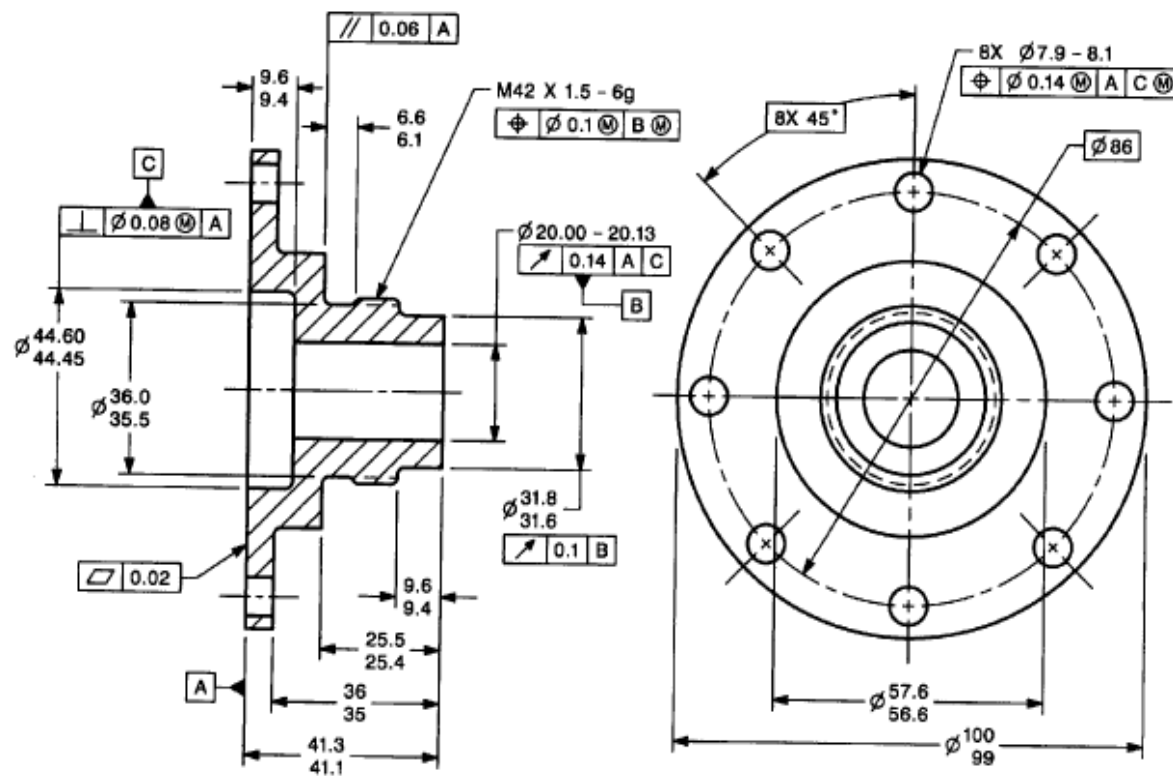
AGUJERO BASE						
TIPO	AGUJERO	EJE	CLASE	CARACTERISTICAS	APLICACIONES	ACABADO
Fino	H7	s6/r6	Prensado	Montaje a prensa, necesita seguro de giro para pares muy fuertes, gran adherencia sobre hierro fundido	Casquillos y coronas de bronce, acoplamiento de piñones y engranajes en ejes no desmontables, no utilizar sobre piezas de paredes finas	N6/N7
		n6	Forzado duro	Montaje a martillo, de empleo cuando se requieren posicionamientos precisos con interferencia	Casquillos de bronce, manguitos en cubos, fijas para posicionado, casquillos guías de broca	N6/N7
		k6	Forzado medio	Montaje a martillo, posicionado de precisión con un compromiso entre juego e interferencia	Rodamientos de bolas, discos de levas, poleas y volantes, manivelas	N6/N7
		j6	Forzado ligero	Montaje ligero	Rodamientos de bolas, piezas de maquinas desmontables con frecuencia	N6/N7
		h6	Deslizante con lubricación	Proporciona un acoplamiento ajustado para la situación de piezas estacionarias con montaje y desmontaje libre	Engranajes, piezas importantes de maquinas herramientas, ejes de lira	
		g6	Giratorio	Juego pequeño, no para girar con velocidad, pero si para giros libres y deslizamiento con posicionado preciso	Embolos, bridas, anillos de rodamientos	N6/N7
		f7	Holgado	Juego mediano, para giros con velocidad en máquinas de precisión y para posicionamiento preciso con velocidades moderadas y presiones de apoyos de ejes	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas, cajas de cambio	N6/N7
Medio	H8	h9	Deslizante		Poleas fijas, manivelas y acoplamiento deslizante sobre el eje, ejes de contrapuntos	N7/N8
		e8	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas ventiladores	N7/N8
		d9	Holgado	Juego amplio, no de uso cuando es esencial la precisión pero bueno para grandes variaciones de temperaturas con gran velocidad de giro y presión de apoyo de los ejes	Soportes de ejes, poleas locas	N7/N8
Basto	H11	h11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola	N9/N10
		d9	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas, manivelas desmontables	N9/N10
		e11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasadores, ejes	N9/N10
		a11	Muy holgado	Ajustes muy amplios para tolerancias de miembros externos	Locomotoras, cojinetes de cajas de freno, alojamientos de cabezas de tornillos	N9/N10

Tabla 25.

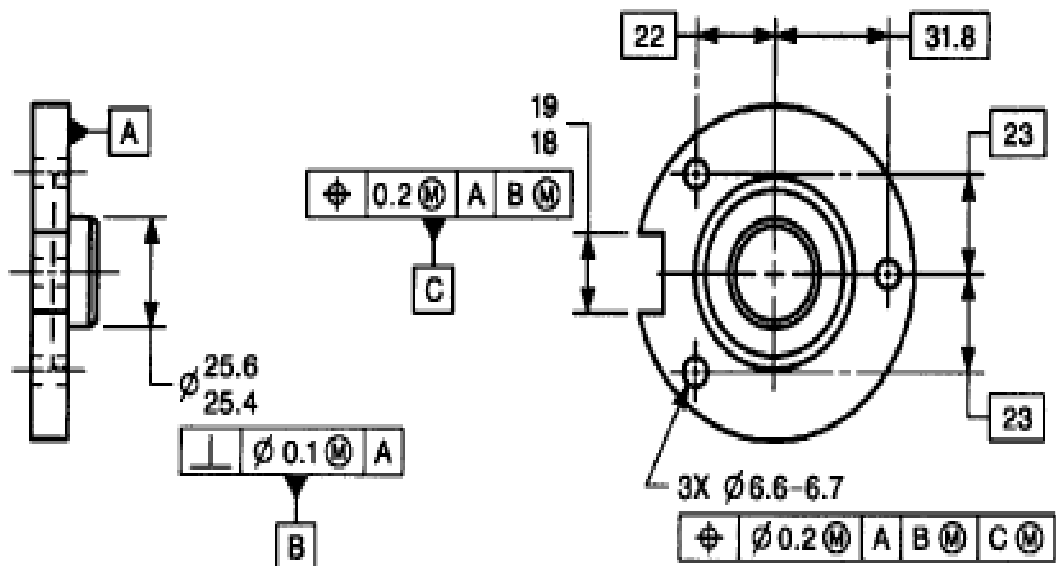
Resolver el siguiente ejercicio.



Interpretación del plano



Ejercicio 2.1



Ejercicio 2.2

Interpretación del plano



2.8 Tipos de errores

El error se define como el resultado de una medición menos un valor verdadero del mensurando.

- Desviación se define como un valor menos su valor de referencia.
- Error Relativo es el error de medición dividido entre un valor verdadero del mensurando.
- Error aleatorio es el resultado de una medición menos la medida de un número infinito de mediciones del mismo mensurando, efectuadas estas en condiciones de repetibilidad.

Notas

1 El error aleatorio es igual al error menos el error sistemático.

2 Como sólo se puede hacer un número finito de mediciones, sólo es posible determinar una estimación del error aleatorio.

- Error Sistemático es el resultado de un número de mediciones del mismo mensurando, efectuadas bajo condiciones de repetibilidad, menos un valor verdadero del mensurando.
- Corrección es un valor agregado algebraicamente al resultado no corregido de una medición, para compensar un error sistemático.

Incertidumbre de medición parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente, ser atribuidos al mensurando.

Nota:

El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar (o un múltiplo de ésta), o la mitad de un intervalo de nivel de confianza determinado.

Se entiende que el resultado de la medición es la mejor estimación del valor del mensurando, y que todos los componentes de la incertidumbre, incluyendo aquellos que provienen de efectos aleatorios y a la falta de conocimiento completo de las correcciones aplicadas por los efectos sistemáticos, tales que los componentes

asociados a las correcciones y a los patrones de referencia, contribuyen a la dispersión.

La norma NMX-Z-055-IMNC define la incertidumbre como parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores, que razonablemente pudiera ser atribuida al mesurando.

Clasificación de los errores de medición (sistemáticos y aleatorios)

Los Errores sistemáticos permanecen constantes, en valor absoluto y signo, al medir una magnitud en las “mismas” condiciones de método, mismo operador y laboratorio. Pueden determinarse por un contraste frecuente del instrumento y un estudio crítico del método experimental, y luego eliminarse, corrigiendo el resultado de la medida, sumando (o restando) al valor leído el error de signo negativo o positivo respectivamente.

La determinación del **error sistemático** está afectada por la incertidumbre propia del método utilizado, teniendo por ello una componente aleatoria.

Se deben a imperfecciones del aparato de medida y a veces al principio mismo de medición. Por ejemplo una regla graduada con divisiones muy separadas daría sistemáticamente una medida de baja precisión o un defecto de cero.

Errores aleatorios: varían de forma imprevisible, en valor absoluto y signo, al efectuar un gran número de mediciones de una magnitud constante en condiciones prácticamente “idénticas” (laboratorio, método y operador). Se deben generalmente al diseño y deficiencias de fabricación del instrumento y a la común fluctuación sensorial del operador (agudeza visual, tacto, pulso). Al contrario que los sistemáticos, no son constantes en magnitud ni en signo. Son puramente aleatorios y por ello no pueden eliminarse, pero si reducirse aumentando el número de observaciones.

Origen de los errores

Clasificación de errores en cuanto a su origen o causa raíz del problema; puede hacerse una clasificación general de estos en: errores causados por el instrumento de medición, causados por el operador, el método de medición, por el medio ambiente en la que se realiza la medición.

- Los errores causados por el instrumento, pueden deberse a la baja calidad de su manufactura que pueden ser por deformaciones, falta de linealidad, imperfecciones mecánicas, falta de paralelismo, por no tener los equipos de calibración al día o simplemente por una inconsistencia en el sistema de gestión de calidad.

Es importante contemplar las tolerancias establecidos en la norma o información técnica del fabricante contra la comparación de los rangos de aceptación por calibración del instrumento de medición. Debe de tener un sistema consistente en los periodos de calibración, criterios de aceptación y rechazo, responsabilidades para la calibración de los instrumentos y contar con un control de la certificación de cada uno de los instrumentos que utiliza en la medición.

- Error del operador, se debe a la falta de habilidad en la interpretación de escalas analógicas, falta de agudeza visual, descuido, cansancio y alteraciones emocionales. Para reducir este tipo de errores se requiere adiestrar al operador y proporcionarle la herramienta más adecuada a las necesidades propias de la actividad.

Otro tipo de error son debido al método o procedimiento con que se efectúa la medición, el principal es la falta de un método definido y documentado. En esta parte es importante no asumir cada uno de los pasos ya que provoca que no exista un orden y podrían omitir algún concepto importante en el proceso de las mediciones.

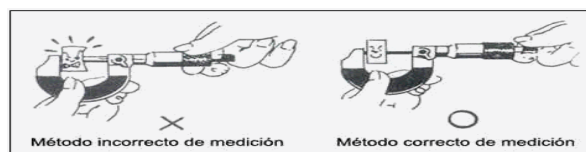


Figura 84.

- Error por el uso de instrumentos no calibrados, instrumentos que presenten alguna anomalía en su uso, calibración ya vencida. Se debe evitar las mediciones hasta que sean calibrados con su debida autorización. También se debe tener cuidado con instrumentos que tengan etiqueta de calibración dudosa.
- Error por la fuerza ejercida al efectuar mediciones, esta acción puede provocar deformaciones en la pieza por medir, el instrumento o ambos, por lo tanto es un factor importante que se debe considerar para elegir adecuadamente el instrumento de medición para cualquier aplicación particular. Por ejemplo en vez de utilizar un micrómetro con trinquete o tambor de fricción puede requerirse uno de baja fuerza de medición.

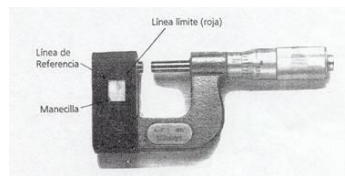


Figura 85.

- Error por instrumento inadecuado se puede evitar antes de realizar cualquier medición, es necesario determinar cuál es el instrumento de medición más adecuado para la aplicación de que se trate. Además de la fuerza de medición, deben tenerse presente otros factores tales como: cantidad de piezas por medir, tipo de medición, complejidad de la pieza a medir, tamaño de la pieza y exactitud deseada.
- Error por puntos de apoyo figura 86, especialmente en los instrumentos de gran longitud, la manera como se apoya el instrumento provoca errores de lectura. En estos casos debe utilizarse puntos de apoyo especiales, como los puntos Airy o los puntos Bessel.

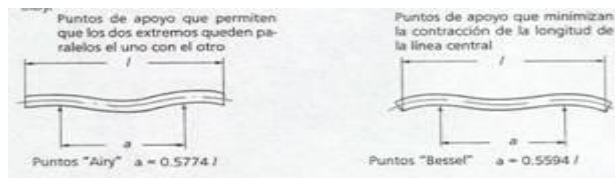


Figura 86.

- Errores por el método de sujeción del instrumento, puede causar errores como lo muestra en la figura 87. El indicador de caratula está sujeto a una distancia muy grande del soporte y al hacer la medición la fuerza ejercida provoca una desviación del brazo.

La mayor parte del error se debe a la deflexión del brazo, no del soporte, para minimizarlo se debe colocar el eje de medición lo más cerca posible al eje del soporte.

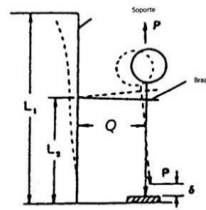


Figura 87.

- Error por distorsión figura 88, se presenta por la inexactitud que causa la distorsión de un instrumento, puede evitarse manteniendo en mente la ley de Abbe: la máxima exactitud de medición es obtenida si el eje de medición es el mismo del eje del instrumento.

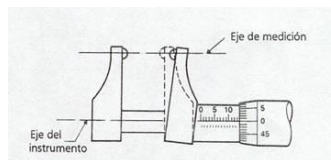


Figura 88.

- Error de paralaje figura 89, este ocurre debido a la observación incorrecta del operador con respecto a la escala graduada del instrumento de medición, la cual se presenta antes o después de un plano de 90 grados.

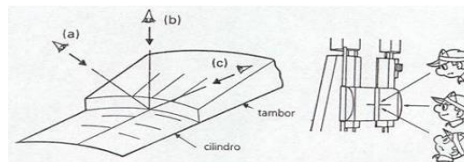


Figura 89.

El error de paralaje es más común de lo que se cree. Se evitaría este defecto si se realiza la medición perpendicularmente al plano.

- Error de posición este error lo provoca la colocación incorrecta de las caras de medición de los instrumentos, con respecto de las piezas por medir, como se muestra en la figura 90.



Figura 90.

- Error por desgaste, se presenta como cualquier otro objeto, son susceptibles de desgaste natural o provocado por el mal uso. En el caso concreto de los instrumentos de medición, el desgaste puede provocar una serie de errores durante su utilización, por ejemplo: deformaciones de sus partes, juego entre sus ensambles, falta de paralelismo o planitud entre las caras de medición.
- Error por condiciones ambientales se hacen presente entre las que se destacan la temperatura, la humedad, el polvo y las vibraciones e interferencias (ruido) electromagnéticas extrañas.

Por la existencia de la humedad se forman óxidos en las superficies de los instrumentos. Esto habría una variación y causaría errores de medición.

La existencia de polvo o mugre se presenta con frecuencia en la mayoría de las mediciones, para evitar se recomienda utilizar filtros de aire que limitaran la cantidad y el tamaño de las partículas y desempeñar actividades de medición en lugares de trabajo controlados.

Temperatura es uno de factores que influyen sobre todos los materiales ya sea para dilatarse o contraerse longitudinalmente. Estas variaciones provocan errores en la medición y para evitar se debe tomar las mediciones a una determinada temperatura estándar de 20 grados centígrados y debe estar controlado el área de trabajo.

Confiabilidad de las mediciones

Por lo general los conceptos exactitud, precisión para describir la confiabilidad de las mediciones en la mayoría de las personas los utilizan como si fueran sinónimos, lo cual es incorrecto.

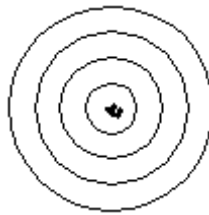
Exactitud

La exactitud es un concepto cualitativo y se refiere a cuánto se acercan las mediciones de un sistema de medición al valor real. Para evaluar la exactitud, utilice un estudio de la linealidad y el sesgo del sistema de medición.

Precisión

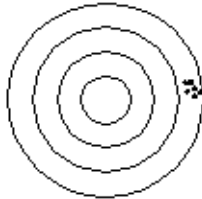
La precisión se refiere a qué tan cerca están las mediciones entre ellas. Para evaluar la precisión, utilice un estudio de la linealidad y del sesgo del sistema de medición.

Un sistema de medición puede tener cualquier combinación de exactitud y precisión. Por ejemplo, un sistema de medición que mide las tabletas de un medicamento es preciso pero no exacto si mide las mismas tabletas de 200 mg como 205.54 mg, 205.43 mg y 205.03 mg. Las mediciones del sistema de medición están cerca unas de otras y, por lo tanto, son precisas. Pero no están tan cerca del valor real (200 mg) y, por lo tanto, no son exactas.



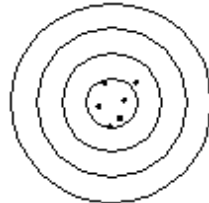
Exacto y preciso

Las mediciones están cerca del valor verdadero y cerca unas de otras.



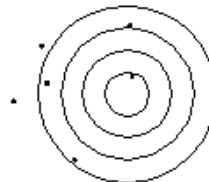
Preciso pero no exacto

Las mediciones están cerca unas de otras pero no del valor verdadero.



Exacto pero no preciso

Las mediciones están cerca al valor verdadero pero no están cerca unas de otras.



Ni exacto ni preciso

Las mediciones no están cerca del valor verdadero ni cerca unas de otras.

La exactitud de un sistema de medición tiene tres componentes: sesgo, linealidad y estabilidad. La precisión de un sistema de medición tiene dos componentes: repetibilidad y reproducibilidad. Estos componentes se pueden analizar detalladamente con diferentes estudios de sistemas de medición.

Resolución: se define como la magnitud del error de apreciación del instrumento.

Estabilidad: es el cambio en las mediciones a través del tiempo o deriva.

Con el propósito de evitar confusiones a futuro se definen los siguientes conceptos, repetibilidad y reproducibilidad, que nos describirán de una mejor forma en concepto Confiabilidad de las mediciones.

Repetibilidad y reproducibilidad son los dos componentes de precisión en un sistema de medición. Para evaluar la repetibilidad y reproducibilidad, se utilizan en el Estudio R&R del sistema de medición.

Repetibilidad

Se define como la capacidad de un operador para repetir de manera uniforme la misma medición sucesiva del mismo mesurando, utilizando el mismo sistema de medición, bajo las mismas condiciones de repetibilidad:

- El mismo procedimiento de medición.
- El mismo observador.
- El mismo instrumento de medición utilizado en iguales condiciones.
- La misma ubicación.
- La repetición efectuada en un lapso breve de tiempo.

Por ejemplo un determinado operador 1, mide una pieza con un sistema de medición A 20 veces y luego mide la misma pieza con el sistema de

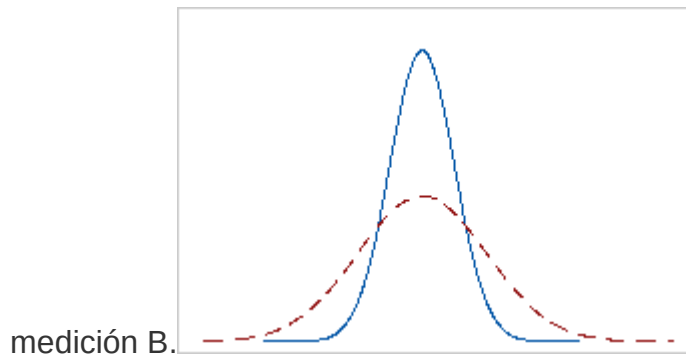


Figura 91

La línea continua representa las mediciones con el sistema de medición A. La línea punteada representa las mediciones con el sistema de medición B. El sistema de medición A tiene menos variaciones, por lo tanto es más repetible que el sistema de medición B. Como se observa la repetibilidad se expresa de forma cuantitativa con la ayuda de las características de la dispersión de los resultados de acuerdo con la referencia figura 91.

Reproducibilidad

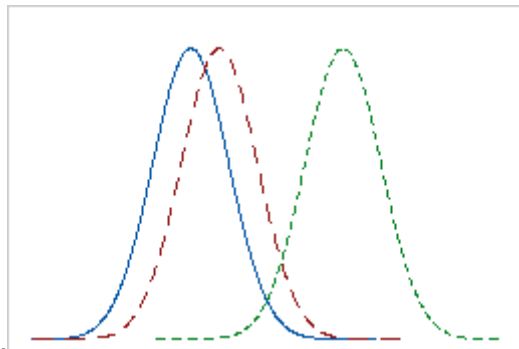
Capacidad de un sistema de medición, utilizado por varios operadores, para reproducir de manera uniforme la misma medición del mismo mesurando, bajo las condiciones de medición que cambian. Donde pueden incluir:

- 1) Una declaración válida de reproducibilidad requiere que se especifique la condición que cambia.
- 2) Las condiciones que cambian pueden incluir: principio de medición, método de medición, observador, instrumento de medición, patrón de referencia, lugar, condiciones de uso, tiempo.
- 3) La reproducibilidad puede ser expresada cuantitativamente en términos de dispersión característica de los resultados.
- 4) Se entiende que los resultados usualmente son resultados corregidos.

Tradicionalmente en los estudios r&r se le conoce como la variabilidad entre las condiciones.



Por ejemplo los operadores 1, 2 y 3 miden 20 veces la misma pieza con



el mismo sistema de medición.

Las tres líneas representan las mediciones del operador 1, 2 y 3. La variación en las mediciones promedio entre los Evaluadores 1 y 2 es mucho menor que la variación entre los Evaluadores 1 y 3. Por lo tanto, la reproducibilidad del sistema de medición es demasiado baja.

El conjunto de todas las componentes genera la incertidumbre de la medición, las componentes de mayor incidencia suelen ser la repetibilidad y la reproducibilidad. De allí la importancia de medir adecuadamente estas fuentes de error.

Aplicación de los estudios R&R

En metrología las aplicaciones de los estudios de repetibilidad y reproducibilidad encuentran aplicación en los procesos de evaluación, validación y análisis de las mediciones, estas aplicaciones son entre otras:

- Evaluación de ensayos de aptitud.

- Validación de métodos de calibración.
- Análisis de comparaciones inter-laboratorio.
- Evaluación de la incertidumbre de medición.
- Evaluación de cartas de control.
- Conocer la variabilidad de mediciones e instrumentos.
- Evaluación de la deriva (estabilidad) de instrumentos.

Métodos para la determinación de gauge R&R

Los métodos aceptables para la determinación de estudios de repetibilidad y reproducibilidad se basan en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya sea en forma de rango estadístico (máximo - mínimo) o su representación como varianzas o desviaciones estándar, estos métodos son:

1) Rango

Este método permite una rápida aproximación a la variabilidad de las mediciones, no descompone la variabilidad en repetibilidad y reproducibilidad, su aplicación típica es como el método rápido para verificar si la relación $r \& r$ no ha cambiado.

MSA nos dice que es capaz de detectar sistemas de medición no aceptables el 80 % de las veces con una muestra de solo 5 mediciones y el 90 % de las veces con una muestra de apenas 10 mediciones.

2) Promedio y Rango

Este método permite una estimación tanto de repetibilidad como reproducibilidad, sin embargo, no permite conocer su interacción, esta interacción entre la repetibilidad y la reproducibilidad o entre el instrumento y el operador puede conocerse en caso de que exista con el método de ANOVA.

3) ANOVA (análisis de varianza)

Las ventajas de la técnica de ANOVA comparada con el método de Promedio y Rango son:

- Es posible manejar cualquier arreglo o estructura experimental.
- Es posible estimar las varianzas más exactamente.
- Se obtiene mayor información de los datos experimentales.
- Permite conocer la interacción entre la repetibilidad y la reproducibilidad.

Las desventajas son que su computación numérica es más compleja, desventaja que sin embargo puede ser resuelta mediante el uso de herramientas de análisis de datos, como las que proporciona el programa de hoja de cálculo de Excel.

El método de ANOVA viene desarrollado en la mayoría de los libros y referencias de estadística y análisis de datos, sin embargo aplicado a las mediciones encontraremos un mejor desarrollo de la misma en las normas: ASTM E 691, ISO 5725, en la guía ISO para evaluación de incertidumbres también conocida como GUM y en MSA.

Existen diferentes métodos para medir la repetibilidad y reproducibilidad. Se pretende describir el que recomienda de la norma QS 9000.

Para calcular repetibilidad y reproducibilidad de una serie de mediciones para una determinada característica específica de una pieza, se repite la operación varias veces donde la muestra por lo general es de 10 piezas y que se pudiera manejar por uno a tres juegos (trials) y se observa la variabilidad de los datos obtenidos. Se utilizan como mínimo dos operadores. Cada operador mide cada pieza por lo menos dos veces siempre con el mismo equipo. Cada ronda de mediciones que un mismo operador realiza sobre todas las piezas se llama prueba.

Para implementar un procedimiento es importante que definan cada uno de los eventos en que las partes están involucradas y definan propiamente cada paso y como llevarlo a cabo.

Procedimiento para realizar un estudio R&R

- 1) Calibrar el equipo o asegurarse que ha sido calibrado.
- 2) Realizar la primera ronda de mediciones con el primer operador. El orden en que mide las distintas piezas debe ser aleatorio.
- 3) Repetir el paso anterior con el siguiente operador.
- 4) Continuar hasta que todos los operadores hayan medido todas las piezas una vez.
- 5) Repetir los pasos 2 a 4 para el numero establecido de pruebas.
- 6) Realizar los cálculos correspondientes para determinar los estadísticos o valores resumen del estudio R&R. Dichos valores son:
 - VE: Repetibilidad o Variación del equipo (EV por sus siglas en ingles).
 - VO: Reproducibilidad o Variación del Operador (AV por sus siglas en ingles).
 - R&R: Repetibilidad y Reproducibilidad.
 - VP: Variación entre las Piezas (PV por sus siglas en ingles).
 - VT: Variación Total (TV por sus siglas en ingles).
 - σ_{VE} , σ_{VO} , $\sigma_{R\&R}$, σ_{VP} , σ_{VT} , que son los estimadores de los respectivos desvíos.
 - Porcentaje de tolerancia o de variación total.
- 7) Análisis de resultados e implementación de acciones de seguimiento si fuera necesario.
- 8) Diseño para recoger la información.

Fila	Opera- dor	Prueba	Pieza										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	A	1											
2		2											
3		3											
4		Prom.											$\bar{X}_A =$
5		Rango											$\bar{R}_A =$
6	B	1											
7		2											
8		3											
9		Prom.											$\bar{X}_B =$
10		Rango											$\bar{R}_B =$
11	C	1											
12		2											
13		3											
14		Prom.											$\bar{X}_C =$
15		Rango											$\bar{R}_C =$
16	Prom Pieza: $\bar{X}_p$												$R_p =$
17	$R = (\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C) / \# \text{ de operadores} =$												$R =$
18	$R_{X_{\text{operador}}} = \text{Máx } \bar{X}_{\text{operador}} - \text{mín } \bar{X}_{\text{operador}} =$												$R_{X_{\text{op}}} =$
19	$LCS_R = R D_4 =$												$LCS_R =$
20	$LCI_R = R D_3 =$												$LCI_R =$

Tabla 26.

- D_3 y D_4 son los coeficientes usados en los gráficos de control estadístico de rangos.
- Si el número de pruebas es 2, $D_4 = 3.27$, si el número de pruebas es 3: $D_4 = 2.58$
- Si el número de pruebas es menor a 7: $D_3 = 0$

Definición de las características a calcular

- Repetibilidad (VE): se define como la longitud del intervalo sobre el que se encuentra el 99% central de los datos (siempre que los datos tengan una distribución normal).

Del mismo modo que el 99.7% central de los datos se encuentran sobre 6σ , podemos comprobar que el 99% central de los datos están sobre 5.15σ .

Entonces:

$$VE = 5.15 \sigma = 5.15 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R} K_1$$

$$VE = \bar{R} \times K_1$$

- Reproducibilidad (VO): la variabilidad presente entre los operadores se manifiesta a través de lo que llamamos con $R_{X_{operador}}$, el rango de los promedios de los distintos operadores, pero este rango también incluye variabilidad debida a la variación de los promedios muestrales que calculamos con las mediciones hechas por cada operador.

$R_{X_{operador}}$ = variabilidad entre los operadores + variabilidad del promedio

Variabilidad entre los operadores = $R_{X_{operador}}$ – variabilidad del promedio

Esta misma situación se refleja en el cálculo de:

$$VO = \sqrt{(R_{X_{op}} - K_1)^2 - VE^2} / nr$$

Donde **n** es el número de piezas y **r** el número de pruebas

El factor K_2 se calcula de modo semejante al K_1 , pero usando los factores d_2^* que son los d_2 corregidos para estimar σ cuando contamos solo con un rango en lugar de un promedio de rangos.

- Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R): se calcula usando la ley de propagación de la incertidumbre.

$$R\&R = \sqrt{VE^2 + VO^2}$$

- Variación entre las piezas (VP): se determina multiplicando el rango de los promedios de cada pieza (Rp) por una constante K₃, que es la misma constante K₂ pero para tamaños de muestras mayores.

$$VP = R_p \times K_3$$

- Variación Total (VT o s₁): se calcula como:

$$VT = \sqrt{(R\&R)^2 + (VP)^2}$$

Si el proceso tiene variación conocida y su valor corresponde a 6 σ, puede calcularse como:

$$VT = 5.15 \text{ variación del proceso} / 6$$

En este último caso la variación entre las piezas se puede obtener como diferencia:

$$VP = \sqrt{VT^2 - (R\&R)^2}$$

Los cálculos pueden efectuarse en la siguiente planilla:

Medidas			% de la Variación del Proceso
Repetibilidad (VE) $VE = R \times K_1$	Prue- bas	K_1	$\%VE = 100 (VE / VT)$ = = ... %
	2	4.56	
	3	3.05	
Reproducibilidad (VO) $VO = \sqrt{(R_{Xop} K_2)^2 - VE^2 / nr}$			$\%VO = 100 (VO / VT)$ = = ... %
n = número de piezas	Operadores	2	3
r = número de pruebas	K_2	3.65	2.70
Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) $R\&R = \sqrt{VE^2 + VO^2}$			$\%R\&R = 100 (R\&R / VT)$ = = ... %
Variación entre las Partes (VP) $VP = Rp \times K_3$	Partes	K_3	
	2	3.65	
	3	2.70	
	4	2.30	
	5	2.08	
	6	1.93	
	7	1.82	
	8	1.74	
Variación Total (VT) $TV = \sqrt{(R\&R)^2 + (VP)^2}$			$\%VP = 100 (VP / VT)$ = = ... %
	9	1.67	
	10	1.62	

Tabla 27.

Las conclusiones luego de un estudio de repetibilidad y reproducibilidad de un equipo de medición usando cualquiera de los dos enfoques mencionados antes (% de la variación total o % de la tolerancia) son:

- Menos del 10%, el equipo está en muy buenas condiciones
- Entre el 10% y el 30%, equipo condicionalmente aceptable
- Más del 30%, equipo inaceptable.

Ejercicio 2.5 Gauge r&r

A	1	25.28528	27.22061	24.99342	29.16911	22.63855	25.6739	28.12872	22.68787	27.53857	27.68782
	2	24.31495	26.37725	26.3198	29.74385	22.39796	24.58783	29.29632	22.98798	25.17354	27.41722
	3	23.97024	27.50793	25.25713	29.5507	23.05307	26.38582	28.85852	22.90914	25.0981	26.36275
B	1	24.27946	26.48592	24.31123	29.4141	22.47857	24.97388	28.55522	22.96266	26.16176	26.95807
	2	24.65389	26.15787	25.14677	29.73045	23.55268	25.13682	27.52637	21.17951	25.66206	26.63757
	3	24.68164	25.76139	24.29668	29.77138	23.47555	25.58957	28.97177	21.33152	26.56964	26.7966
C	1	25.55924	26.48999	25.2298	31.75898	25.05512	28.24447	30.12612	23.51331	27.14053	28.03287
	2	24.50371	27.09395	25.18376	29.35019	22.72413	27.10264	27.50515	22.8021	25.37897	26.91818
	3	27.73767	25.65715	24.15545	28.43752	25.85228	28.75924	29.99969	24.04934	27.25467	29.09439

Ejercicio 2.6 Gauge r&r:

A	1	3.29	2.44	4.34	3.47	2.20
A	2	3.41	2.32	4.17	3.50	2.08
A	3	3.64	2.42	4.27	3.64	2.16

B	1	3.08	2.53	4.19	3.01	2.44
B	2	3.25	1.78	3.94	4.03	1.80
B	3	3.07	2.32	4.34	3.20	1.72

C	1	3.04	1.62	3.88	3.14	1.54
C	2	2.89	1.87	4.09	3.20	1.93
C	3	2.85	2.04	3.67	3.11	1.55

Fila	Opera- dor	Prueba	Pieza										Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	A	1											
2		2											
3		3											
4		Prom.											$\bar{X}_A =$
5		Rango											$\bar{R}_A =$
6	B	1											
7		2											
8		3											
9		Prom.											$\bar{X}_B =$
10		Rango											$\bar{R}_B =$
11	C	1											
12		2											
13		3											
14		Prom.											$\bar{X}_C =$
15		Rango											$\bar{R}_C =$
16	Prom Pieza: $\bar{X}_P$												$R_p =$
17	$\bar{R} = (\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C) / \# \text{ de operadores} =$												$\bar{R} =$
18	$R_{X_{\text{operador}}} = \text{Máx } \bar{X}_{\text{operador}} - \text{mín } \bar{X}_{\text{operador}} =$												$R_{X_{\text{op}}} =$
19	$LCS_R = R D_4 =$												$LCS_R =$
20	$LCL_R = R D_3 =$												$LCL_R =$

D_3 y D_4 son los coeficientes usados en los gráficos de control estadístico de rangos.

Si el número de pruebas es 2, $D_4 = 3.27$, si el número de pruebas es 3: $D_4 = 2.58$

Si el número de pruebas es menor a 7: $D_3 = 0$

Tabla 26.

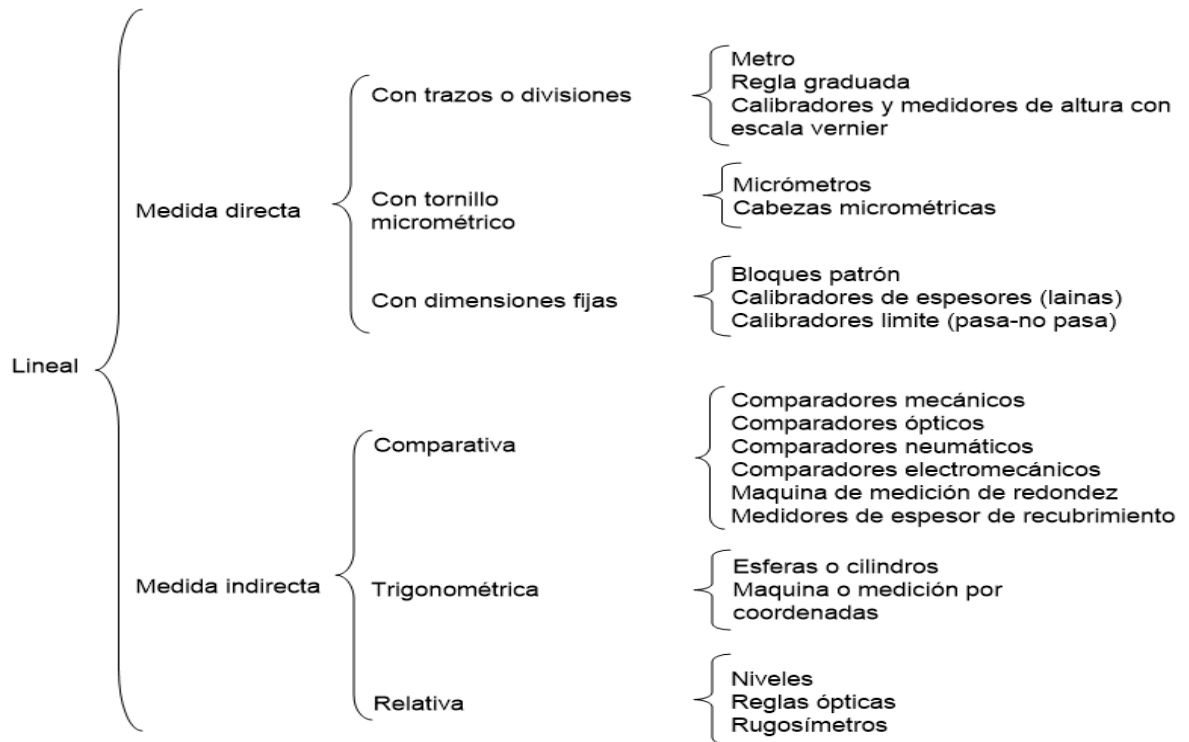
Medidas			% de la Variación del Proceso
Repetibilidad (VE) = $VE = R \times K_1$ = =	Prue- bas	K₁	$\%VE = 100 (VE / VT)$ = = ... %
	2	4.56	
	3	3.05	
Reproducibilidad (VO) $VO = \sqrt{(R_{\text{top}} K_2)^2 - VE^2 / nr}$ = = n = número de piezas r = número de pruebas			$\%VO = 100 (VO / VT)$ = = ... %
Operadores		2	3
K₂		3.65	2.70
Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) $R\&R = \sqrt{VE^2 + VO^2}$ = =			$\%R\&R = 100 (R\&R / VT)$ = = ... %
Variación entre las Partes (VP) $VP = R_p \times K_3$ = =	Partes	K₃	
	2	3.65	
	3	2.70	
	4	2.30	
	5	2.08	
	6	1.93	
	7	1.82	
	8	1.74	
Variación Total (VT) $TV = \sqrt{(R\&R)^2 + (VP)^2}$ = =	9	1.67	
	10	1.62	

Tabla 27.

2.9 Instrumentos de medición directa

Debido a la gama tan amplia de instrumentos de medición que hay en el mercado, su clasificación se hace de la siguiente manera:

- **Por el tipo de medición que realizan**



Instrumentos de medición directa

En este grupo, que tienen los instrumentos capaces de darnos lecturas directas sobre una escala graduada, de una manera directa e inmediata sin necesidad de ajustar o a otro valor cualquiera a los equipos de medición. Como ejemplo podemos mencionar: Regla de acero. Se usan como mecanismo de medición lineal y la longitud se lee directamente. Están graduadas en pulgadas o milímetros, e inclusive existen en ambas unidades, milímetros a un lado y pulgadas en el otro extremo. Estas reglas suelen tener un número al final del extremos e indica las divisiones que

tiene cada pulgada, usualmente cuartos, octavos, dieciseisavos, treintaidosavos y sesentaicuatroavos.

Otro caso es el calibrador universal. Es un instrumento de precisión usado para medir pequeñas longitudes (décimas de milímetros), de diámetros externos, internos y profundidades, en una sola operación. Fue elaborado para satisfacer la necesidad de un instrumento de lectura directa que pudiera brindar una medida fácilmente, en una sola operación. El calibrador típico puede tomar 3 tipos de mediciones: exteriores, interiores y profundidades.

Finalmente entre otras herramientas de medición se tiene el vernier, tornillo micrométrico, medidores de alturas, bloques patrón, calibradores de espesor y aquellos que funcionan con el mismo principio, etc.

- **Por el sistema de funcionamiento con que trabajan:**

Ópticos

Por el sistema neumáticos

Eléctricos

Electrónicos

Mixtos

- **Por sus características:**

Tipo de medición que realizan

Funcionamiento

Sistema de graduación

Legibilidad

Capacidad o rango de medición

Precision

- **Clasificación por medición Analógica**

Se dice que un sistema es analógico es cuando las magnitudes de la señal se representan mediante variables continuas, esto es análogas a las magnitudes que dan lugar a la generación de esta señal. Un sistema analógico contiene dispositivos que manipulan cantidades físicas representadas en forma analógica. En un sistema de este tipo, las cantidades varían sobre un intervalo continuo de valores. Así, una magnitud analógica es aquella que toma valores continuos.

La mayoría de las cosas que se pueden medir cuantitativamente aparecen en la naturaleza en forma analógica. Un ejemplo de ello es la temperatura: a lo largo de un día la temperatura no varía entre, por ejemplo, 20 °C o 25 °C de forma instantánea, sino que alcanza todos los infinitos valores que entre ese intervalo. Otros ejemplos de magnitudes analógicas son el tiempo, la presión, la distancia, el sonido.

Una señal analógica es un voltaje o corriente que varía suave y continuamente. Una onda senoidal es una señal analógica de una sola frecuencia. Los voltajes de la voz y del video son señales analógicas que varían de acuerdo con el sonido o variaciones de la luz que corresponden a la información que se está transmitiendo.

- **Clasificación por medición digital**

Una magnitud digital es aquella que toma un conjunto de valores discretos. Las señales digitales, en contraste con las señales analógicas, no varían en forma continua, sino que cambian en pasos o en incrementos discretos. La mayoría de las señales digitales utilizan códigos binarios o de dos estados.

Instrumentos de medición analógica y digital

Ejemplos de varios instrumentos de medición análogos entre los que se encuentran:



Vernier con divisiones



Vernier de caratula



Multímetro



Dinamómetro



Regla con divisiones lineales-angulares



Calibrador análogo para medir uniformidad y alturas



Calibrador Análogo Go No-Go



Bloque patrón

Ejemplos de instrumentos digitales:



Vernier



Micrómetro



Multimetro



Balanza



Termometro



Calibrador de altura



Regla



Calibrador de altura



Calibrador de altura



Dinamómetro

Vernier

El vernier es un instrumento de medición directa, que se usa ampliamente debido a su versatilidad de aplicación de aquel es posible utilizarlo para medir exteriores, interiores y profundidades dentro de su capacidad lectura y la legibilidad del mismo.

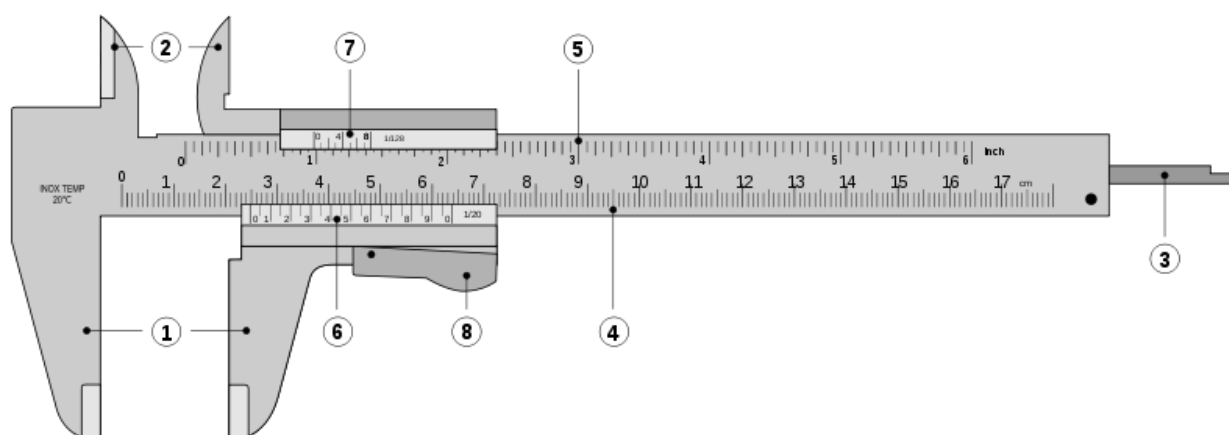
Está compuesto por una regla fija que es donde están graduadas las escalas de medición ya sea en milímetros, en pulgadas o mixtas. En ésta están también formando el mismo cuerpo las puntas para medir diámetros interiores o ancho de acanaladuras, sobre esta regla fija desliza la regla móvil que lleva consigo la graduación correspondiente del vernier o vernieres 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.

Simultáneamente al mover la regla móvil se desplaza la varilla que sirve para medir profundidades.

Las partes del instrumento están graduadas en milímetros y pulgadas:

- Regla fija: La regla mide exteriormente e interior con valores enteros en algunos casos con decimales.
- Regla móvil: para medir exteriormente e interior desde décimas hasta diezmilésimas de unidad.
- Impulsor: Apoyo del dedo pulgar para desplazar el cursor.
- Tornillo de fijación o freno: Fija la medida obtenida actuando sobre la lámina de ajuste.
- Nonio o regla móvil: Escala que otorga la precisión del instrumento según su cantidad de divisiones.
- Reglilla o barra de profundidad: Está unida al cursor y sirve para tomar medidas de profundidad.

Partes de que se compone el calibrador Vernier



#	Descripción
1	Palpadores externos
2	Palpadores internos
3	Barra de profundidad
4	Regla graduada fija (cm o mm)
5	Regla graduada fija (pulgadas)
6	Regla móvil o Nonio (mm)
7	Regla móvil o Nonio (pulgadas)
8	Botón para el pulgar

Tabla 28.

Estos instrumentos son fabricados de acero inoxidable tratados térmicamente, la superficie de medición o palpadores son ratificados incurridos para lograr mayor seguridad en la medición.

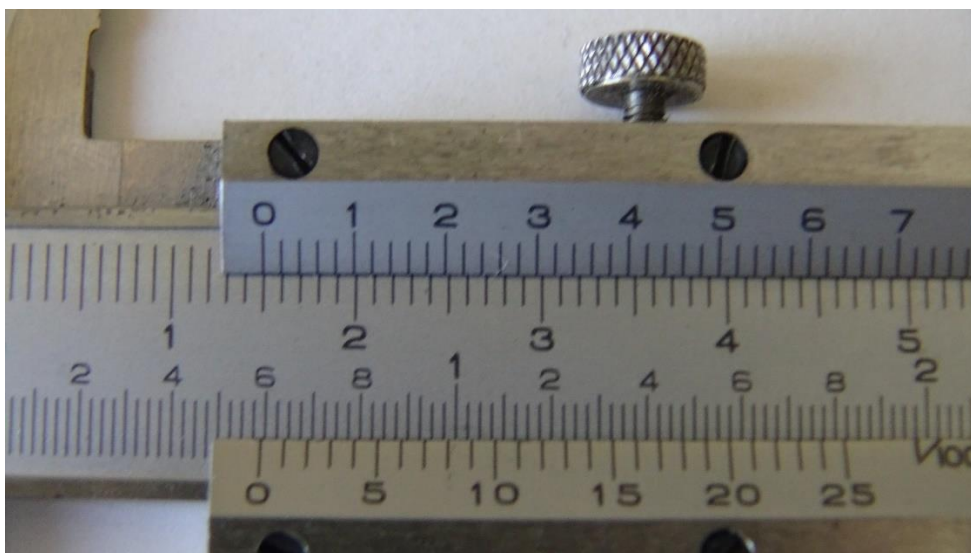
Interpretación del vernier análogo por divisiones en pulgadas

Es muy importante definir antes de realizar una medición, que una pulgada (1") está compuesta de 10 divisiones y cada división nos representa un décimo de

pulgada (0.1"). Y un décimo de pulgada (0.1") está compuesto de 4 divisiones por lo tanto el valor de una división nos representa 0.025 de pulgada. Como se observa el total de divisiones que tiene un entero de pulgada son 40 divisiones entonces si realizamos una simple operación nos daremos cuenta que: si dividimos una pulgada entre 40 divisiones ($1''/40 \text{ divisiones} = 0.025''$), por lo cual el valor de una división que está representada en la escala fija del vernier, será del orden de 0.025 pulgadas.

Para determinar la medición es necesario observar la abertura que tienen los palpadores, con esto se pretende localizar el cero de la regla fija y donde se encuentra el cero de la regla móvil.

Para el caso en particular de las pulgadas como veremos en la siguiente fotografía.

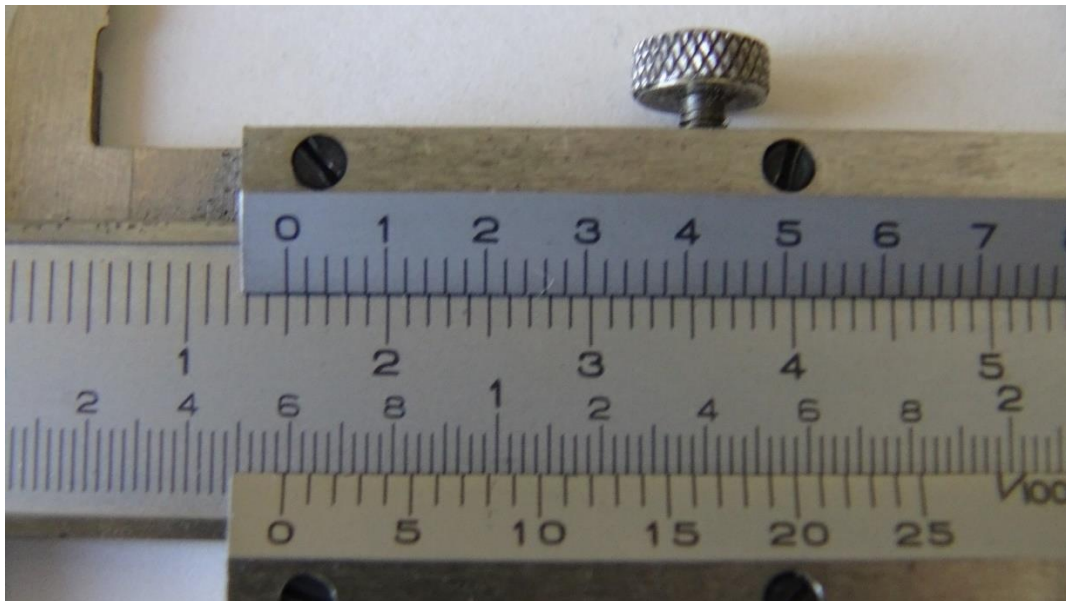


Ejercicio VAD-1

El primer valor que se obtiene será el de la escala fija. Y se observa que una vez al abrir el palpador móvil paso hasta al decimal 0.5" más 3 divisiones + un incremento no definido aún, como recordaremos el valor unitario de cada división de la escala fija es de 0.025" esto nos arroja un valor de $0.025 \times 3 = 0.075''$. Aclaro nunca paso al decimal 0.6", mas sin embargo al observar después de la tercera división existe un incremento que se debe encontrar para sumarlo. Para encontrar el valor del incremento será cuantificado mediante el apoyo de la regla móvil.

Para determinar el incremento de la escala móvil o nonio es muy importante fijar la atención en la graduación que tiene la escala fija, en este lugar es donde está el secreto de la graduación. Recordemos que una división de la escala fija representa 0.025 pulgadas. Esta magnitud es lo que representa la escala móvil completa o nonio, como observaran la escala está dividida en 25 divisiones = 0.025 pulgadas.

Para encontrar el valor unitario de la escala móvil o nonio se procede a realizar la siguiente operación se tiene 25 divisiones en la escala móvil y el valor como ya se había mencionado es de 0.025 pulgadas se procede a realizar la siguiente división $0.025''/25$ divisiones esto nos dará el valor que corresponde a una división de la escala móvil y se obtiene 0.001 pulgadas. Existe otra manera para confirmar este resultado y es mediante la observación, al final de la escala móvil se encontrara un valor fraccionario del orden siguiente $1/1000$ in., es muy importante que se localiza el valor de acuerdo al sistema de unidades que se desea interpretar. El resultado de esta fracción nos representara el valor de una división de la escala móvil y como resultado nos dará 0.001 pulgadas.



Ejercicio VAD-1

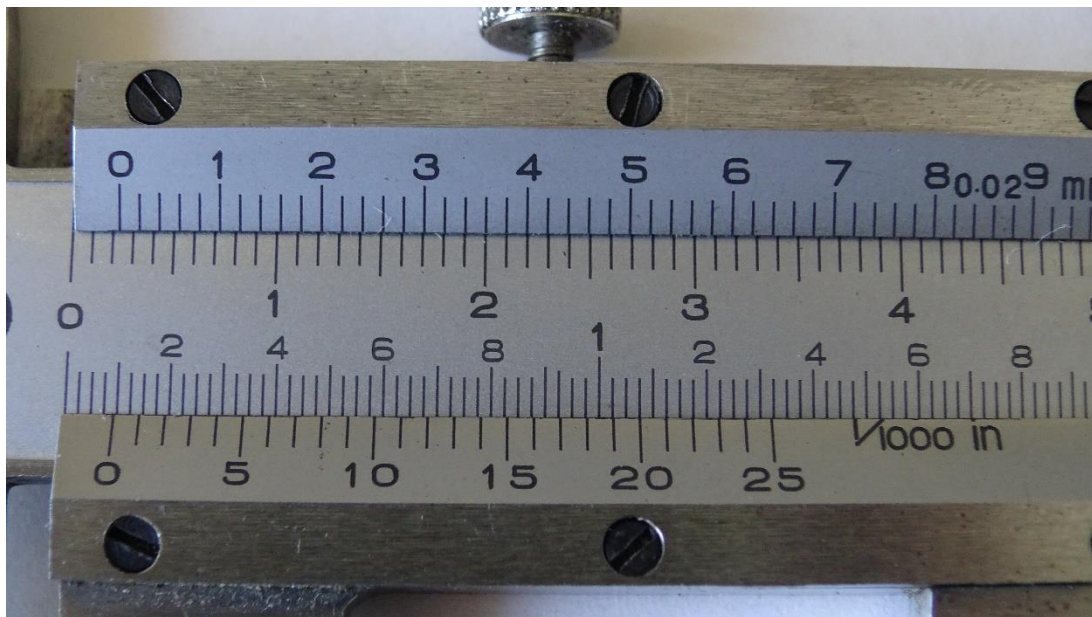
Como verán el incremento que falta encontrar lo determinara la regla móvil de la siguiente manera. Primero ante todo se debe observar el cero de la escala móvil donde se ubica y con sumo cuidado después del cero encuentre la primera división de la escala móvil que coincida con otra división de la escala fija. Aclaro después del

cero la primera que coincida se tomara el valor correspondiente de la escala móvil. Para este caso en particular se observa que la división que coincide es la división 18 de la escala móvil. Como recordaremos el valor de cada división de la escala móvil es de 0.001" por lo que multiplicaremos por 18 y se obtendrá el incremento de 0.018in. Para finalizar con el resultado de la medición se realizara la siguiente suma: $0.5" + 0.075 + 0.018 = \mathbf{0.593 \text{ pulgadas.}}$

Interpretación del vernier análogo por divisiones en milímetros (S.I.)

Para la interpretación de la medición del vernier por divisiones análogo se procede de igual manera como se resolvió para el sistema ingles en pulgadas pero en esta ocasiones estaremos observando la escala de los milímetros.

Para esto es necesario ver el siguiente ejercicio:



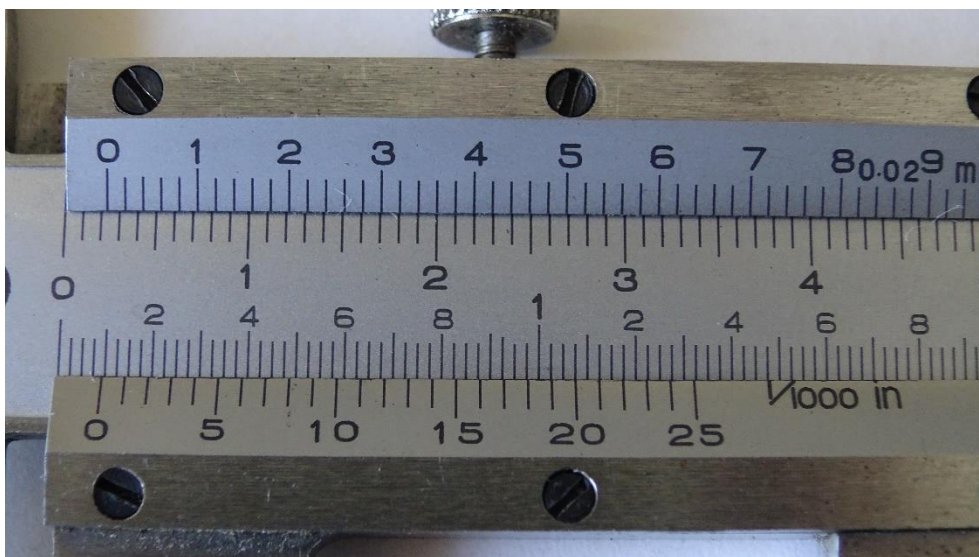
Ejercicio VAD-2

Para este caso en particular se determina que en la escala fija cada división representa 1 milímetro. Aclaro que el valor que está representado como 1, 2, 3, 4 y alcanza a observarse el 5 estas magnitudes están representados en centímetros por

lo cual debemos convertirlos en milímetro y es cuestión de agregar un cero así que el 1cm = 10 mm y consecutivamente con los valores mencionados.

Una vez hecho esta aclaración pasamos a interpretar el valor de la escala móvil. Para esto recordemos lo que se mencionó con anterioridad, el valor total de la escala móvil nos representa una división de la escala fija esto a su vez tiene un valor de 1 milímetro de magnitud. Una vez definido este concepto se observa que la escala móvil está dividida en 10 divisiones y cada división nos representa 0.1 milímetro y por cada 0.1 milímetro tenemos 5 subdivisiones. Entonces cada subdivisión debe valer $(0.1 \text{ mm} / 5) = 0.020 \text{ milímetros}$. Una vez realizado la interpretación de las dos escalas procederemos a obtener el resultado de la medición.

1. Debemos observar donde se encuentra el cero de la escala móvil.



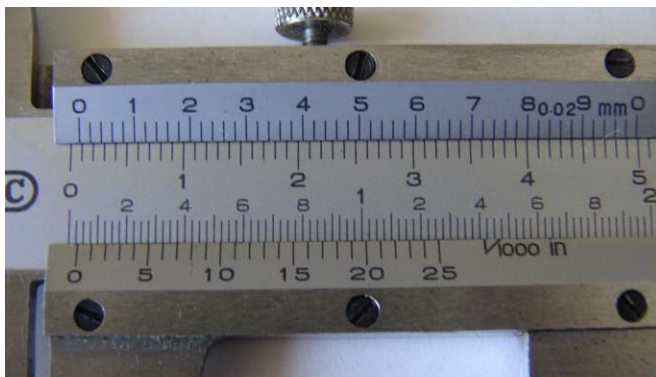
Ejercicio VAD-2

2. Como se observa el cero de la escala móvil cruzo la segunda división de la escala fija más un pequeño incremento por el momento tenemos un valor de 2 milímetros más el incremento.
3. Para obtener el valor del incremento debemos observar la escala móvil la cual definirá este valor. De la siguiente manera, se debe tomar la siguiente consideración: después del cero de la escala móvil se debe localizar la

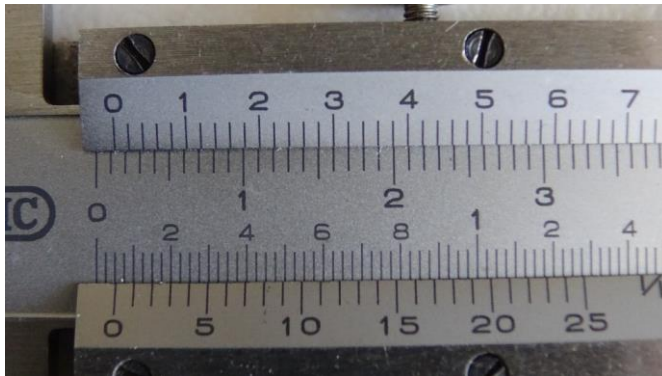
primera división que coincida con alguna división de la escala fija. Para este caso en particular se tiene el 3 más 2 divisiones. Para interpretarlos recordemos que la escala móvil son decimales por lo que tenemos 0.3 milímetros más el incremento de las 2 divisiones. Cada división tiene un valor de $0.020 \text{ milímetro} \times 2 = 0.040 \text{ milímetros}$.

4. Finalmente la sumatoria nos arroja: $2.0 \text{ mm} + 0.3 \text{ mm} + 0.040 \text{ mm} = \mathbf{2.34 \text{ milímetros}}$.

Ejercicios para practicar en ambas escalas



Ejercicio VAD-3



Ejercicio VAD-4

Interpretación del Vernier análogo de caratula

Calibrador de caratula

Los calibradores de carátula de la figura VAC, se utilizan en muchos tipos de trabajos de servicio. Son particularmente útiles para determinar el descentramiento

en ejes y rotores. El descentramiento es la variación de movimiento de lado a lado cuando se hace girar un componente.



Figura VAC

Los calibradores de carátula normalmente tienen dos escalas separadas. La aguja puede moverse numerosas veces alrededor de la escala exterior. Una vuelta completa puede representar 0.1" o 1 mm. La pequeña escala interior indica el número de veces que la aguja exterior se ha movido alrededor de su escala. De esta manera el dial calibre puede leer movimientos de hasta 2 pulgadas o 1 centímetro.

Los calibradores de carátula pueden medir con una precisión de 0.001" o 0.01 mm. El tipo de calibrador de carátula que usted use está determinado por la cantidad de movimiento que usted piensa que tendrá el componente que usted está midiendo. Los calibradores de carátula deben montarse de modo que no haya movimiento entre el calibre de dial y el componente que debe medirse. La mayoría de los juegos de calibradores de carátula contienen varios accesorios y brazos de soporte para montarlos al componente. Hay otros accesorios disponibles. Estos accesorios permiten que el calibrador de carátula sea configurado específicamente para la tarea de medición. Cuando monte un calibrador de carátula, mantenga los brazos de soporte lo más corto posible. Asegúrese que todos los accesorios estén ajustados para prevenir movimiento innecesario entre el calibrador y el componente. Asegúrese que la aguja del calibrador de carátula este a 90 grados con la cara del componente a medir. Siempre lea el dial de frente o en línea recta. Una lectura de costado puede darle considerable error de "Paralaje". Error de paralaje es un error visual causado por mirar el marcador de la medición a un ángulo incorrecto. La cara

exterior del calibrador de carátula puede moverse de modo que el cero este posicionado sobre la manecilla.

Interpretación de una lectura del vernier de Caratula en pulgadas

Para esto iniciaremos la explicación con un ejemplo práctico en el cual de desea medir el diámetro exterior de una moneda.



Ejercicio VAC-1

Pasos a seguir:

1. Lo primero es observar que el instrumento cumpla con la regla de certificación, la cual consiste en abrir y cerrar el vernier de caratula varias veces antes de iniciar la medición y que nos aseguremos que el instrumento al cerrarlo de cero en la lectura.
2. Una vez completado la anterior actividad se procede a seleccionar el sistema de medición que para este caso se realizara en pulgadas ya que el instrumento así está dispuesto.
3. Debemos observar la regla fija pero sobre todo el último valor que nos arroja. Para este caso particular debemos ser muy analíticos por lo siguiente después del cero se observa que la graduación está dispuesta de 10 en 10 unidades lo que nos arroja que una pulgada está representada por 10 divisiones en la regla fija y por deducción lógica cada división nos representa 0.1 pulgadas por segmento.
4. Realizar el primer calculo que nos arroja la regla fija hasta donde tope el palpador de la regla móvil, para este caso nos arroja una cantidad de: **casi 15 divisiones** y como se determinó en el paso 3 el valor de cada división es de

0.1, entonces se procederá a realizar una simple multiplicación por las 15 divisiones que están presentes en la regla fija (0.1 pulgada) X (15 divisiones) esto nos arroja = 1.5 pulgadas.

Como se menciona que son casi 15 divisiones es muy importante asegurarse que en verdad son 15 divisiones porque de no hacerlo podríamos caer en el error de una mala interpretación por parte del operador.

5. Para asegurar que son 15 divisiones se procede a ver la aguja de la caratula del vernier, específicamente hacia donde está marcando. Como se observa a continuación en la fotografía:



Ejercicio VAC-1

En realidad nunca llego al cero. Lo que se deduce que no son 15 divisiones, en realidad son 14 más un incremento que está determinado por la aguja de la caratula.

6. Una vez asegurado el primer valor se deduce que son (14 divisiones) X (0.1 pulgadas) esto nos arroja un valor de 1.4 pulgadas más lo que nos arroje la caratula.
7. Para conocer el valor de una vuelta de la caratula lo define la regla fija, de la siguiente manera. El valor de una división de la regla fija determinara el valor de una vuelta completa de la caratula del vernier, dando por resultado que es 0.1 pulgadas.

Es importante hacer este juicio si en verdad hubieran sido 15 divisiones en la caratula debió de haber realizado 15 vueltas más sin embargo no fue así solamente llego a 14 y estuvo cerca por acercarse a las 15.

Es importante observar el valor unitario que se encuentra en el centro de la caratula ya que este valor se requiere para realizar la siguiente operación de lo que marca la caratula: la aguja marca el número 98 que será multiplicado

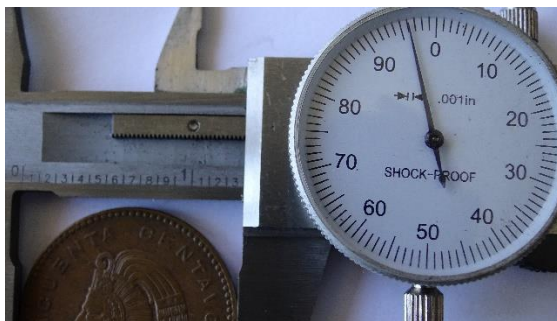
por el valor unitario 0.001 in = 0.001 pulgadas nos arroja un valor parcial de 0.098 pulgadas.

8. Finalmente se obtiene la medición completa de la siguiente manera:

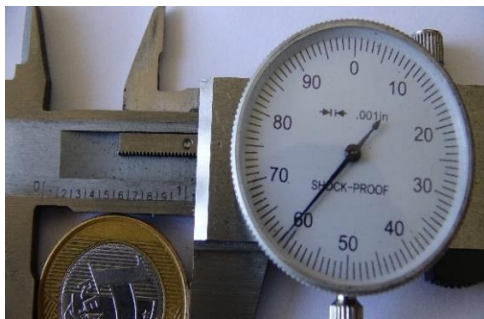
1.4 pulgadas + 0.098 pulgadas = **Resultado final = 1.498 pulgadas.**

Conclusión: siempre debemos de estar muy atentos a lo que marque la caratula el antes y después del cero. Moraleja: como dice el refrán del plato a la boca se caer la sopa, en cualquier momento se puede incurrir en el error de cálculo.

Ejercicios a realizar:



Ejercicio VAC-2



Ejercicio VAC-3

Para la Interpretación de la lectura del vernier de Caratula en milímetros

- Se recomienda seguir los mismos 8 pasos que se llevaron a cabo con el sistema inglés (in).
- Las consideraciones que debemos tomar serian que el valor de la regla fija, cada segmento nos representa un entero o 1 milímetro y es una vuelta completa de la caratula.

- Por otra parte debemos observar que en el centro de la caratula debe tener un valor unitario de 0.01 milímetro. Si multiplicamos las 100 divisiones que contiene una vuelta la caratula nos debe arrojar un valor de 1.0 milímetro X vuelta.

Interpretación del vernier de caratula en milímetros

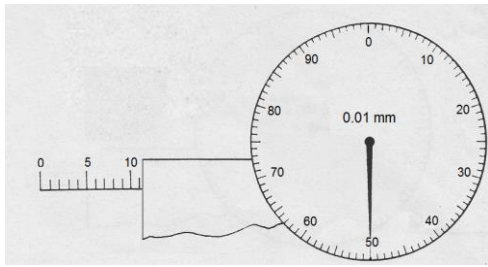


Figura VAC-4

Valor de la escala principal = 11 mm

Valor de la caratula 50 divisiones X 0.01 mm = 0.50 mm

Lectura total 11.50 mm

Ejercicios a realizar:

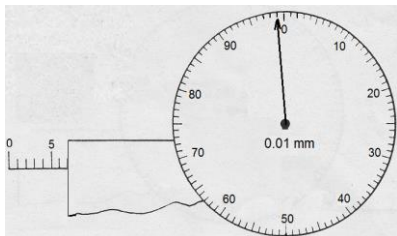


Figura VAC-5

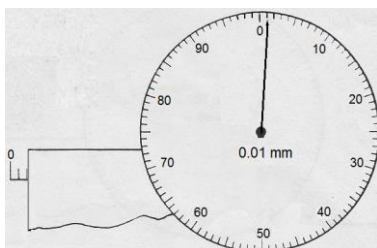


Figura VAC-6

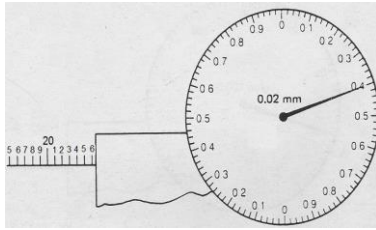


Figura VAC-7

Vernier digital

Se clasifican en dos tipos: Con un codificador rotatorio para detectar el desplazamiento. Con detector de desplazamiento tipo capacitancia y cuenta con una sola columna de sección rectangular. Estos calibradores utilizan un sistema de defección de desplazamiento de tipo capacitancia, tienen el mismo tamaño, peso y alcance de medición que los calibradores estándar, son de fácil lectura y operación, los valores son leídos en una pantalla de cristal líquido (LCD), con cinco dígitos y cuentan con una resolución de 0,01 mm, que es fácil de leer y libre de errores de lectura.



Figura 92.

El vernier digital figura 92, cuenta con una serie de botones para su encendido y apagado del equipo una vez terminada la medición. También posee un botón para ajustar a cero previo a realizar la medición y finalmente cuenta con otra opción que consiste en manejar la medición en milímetros, pulgadas y fracciones.

Tornillo micrométrico

El principio de operación es bastante simple, un tornillo que al ser girado dentro de una tuerca avanza o retrocede según el sentido de giro. Si estas dos partes son montadas en un lado de un arco y un tope en el otro, es medir partes introducidas entre el tope y el tornillo. Para tomar lecturas, un cilindro sobre el que se graba una línea de referencia y graduaciones que corresponden a un giro de 360° del tornillo (husillo), es fijado también al arco, cubriendo el tornillo y la tuerca, sobre el cilindro gira un tambor sujetado mediante un pequeño tornillo al husillo. El borde del tambor, permite leer los giros completos (avance de 0,5mm) y sobre el perímetro del tambor se graban 50 graduaciones uniformemente distribuidas que representan 0,01mm de avance del husillo cada una.

Con el paso del tiempo se agregaron el freno o aislante térmico en el arco, mecanismo (trinquete) para controlar la fuerza de medición, posibilidad de ajustar el cero y tuerca de ajuste para el juego entre tornillo y tuerca.



Figura 93A.

Posteriormente surgieron los micrómetros digitales con contador y los digitales electrónicos estos últimos aunque siguen utilizando el principio básico descrito antes, incorporan codificadores rotatorios o lineales para poder detectar el desplazamiento del husillo y mostrarlo en una pantalla con resolución de 0,001mm.



Figura 93B.

Algunas aplicaciones de micrómetros para propósito especial se muestran en la figura 94.

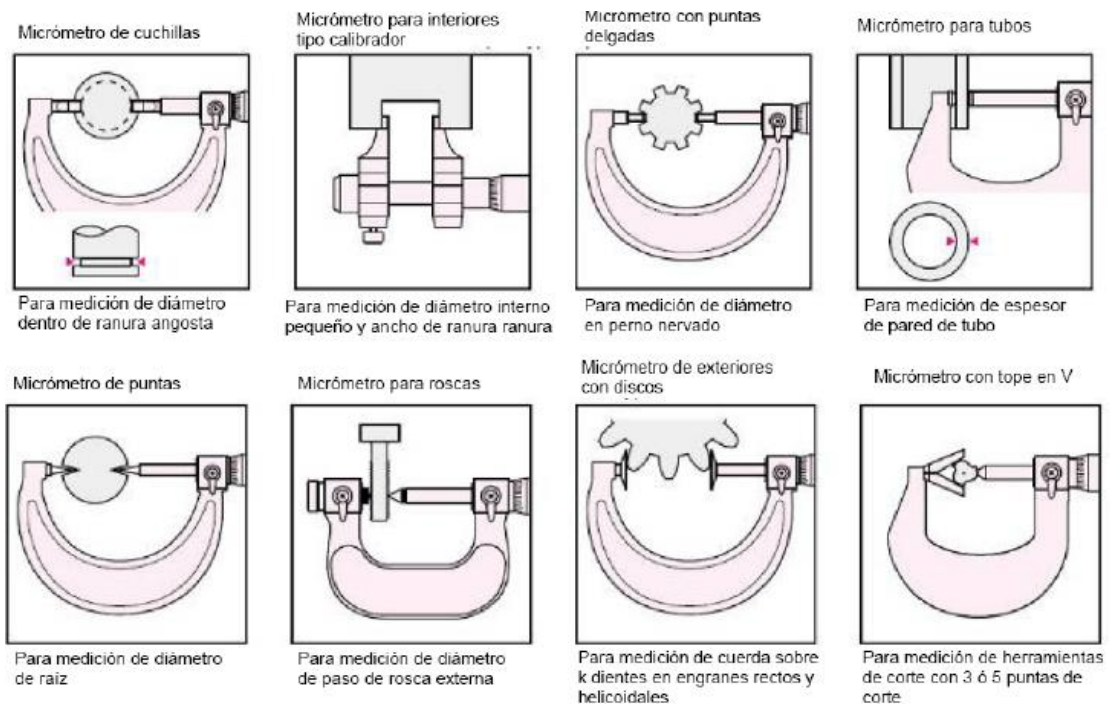


Figura 94.

Para la obtención de la medida con un micrómetro, es necesario saber la escala, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Para hacer el mejor uso de un micrómetro es conveniente conocer sus partes. El micrómetro consiste en un bastidor que sostiene al tope o el yunque y al husillo o eje.

Es importante conocer las especificaciones como trabaja el micrómetro por general se encuentran a la mitad del bastidor e indica su valor de máxima abertura y el valor unitario mínimo de una división. Por ejemplo si se manejan las pulgadas por lo general se verá la medida de la abertura 0 – 1” esto representa que solamente se podrán realizar medición hasta una pulgada también se encontrara la siguiente especificación 0.0001”, la cual nos representa una diez milésima de pulgada nos representa la exactitud.

Para el manejo S.I. se podrá encontrar las siguientes especificaciones 0 – 25 mm; 0.001 mm. Esto nos representa que el micrómetro solo podrá medir grosores hasta 25 milímetros y tiene una exactitud hasta 0.001 unas milésimas de milímetro.

El yunque y el eje hacen contacto con la pieza de trabajo durante la medición. Del otro lado del bastidor está el manguito o tambor fijo o cilindro, que contiene las graduaciones para el sistema ingles que dividen una pulgada en 40 divisiones. Cada división nos representa una vuelta o una revolución del tambor y equivale a una cantidad de 0.025 pulgadas. Esta cantidad está representada en el tambor móvil con 25 divisiones, para conocer el valor de cada división se propone una simple división $0.025'' / 25 \text{ divisiones} =$ nos representa el valor de una división = 0.001 una milésima de pulgada

Y para el sistema Internacional de unidades se maneja de la siguiente manera: en la posición horizontal del manguito o tambor fijo o cilindro se encontrara 25 divisiones cada una nos representa 1 milímetro el total nos representa 25 milímetros y en la parte inferior de la horizontal del tambor fijo cada división representa 0.50 milímetros. De tal manera que una vuelta completa del tambor móvil nos representa 50 divisiones para conocer el valor de cada división se propone una simple división $0.50 \text{ mm} / 50 \text{ divisiones} =$ nos representa el valor de una división = 0.01 una centésima de milímetro.

Para leer la escala de las diez milésimas de pulgada y las milésimas de milímetro hay que encontrar las dos líneas de las escalas de milésimas de pulgada con la escala a lado izquierdo (escala diez milésimas) y centésimas de milímetro

que están alineadas o bien que son las más próximas a quedar alineadas con la escala izquierda (escala milésimas)

Lectura de un micrómetro en pulgadas:



Ejercicio MAIN-1

Graduación del manguito = 8 líneas de 0.025 = 0.2 pulgadas

Graduación del tambor móvil = 5 líneas de 0.001 = 0.05 pulgadas

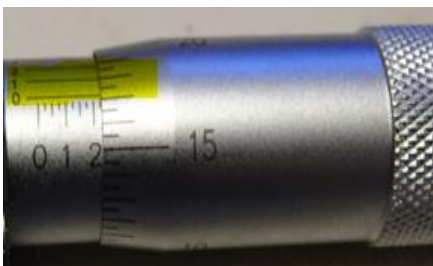
Graduación Diez milésimas = 1 línea de 0.0001 = 0.0001 pulgadas

Lectura total 0.2501 pulgadas

Ejercicios prácticos

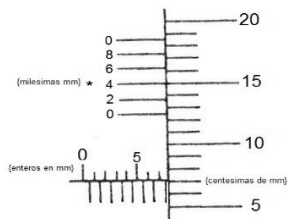


Ejercicio MAIN-2



Ejercicio MAIN-3

Lectura del micrómetro en milímetros



Ejercicio MAMM-1

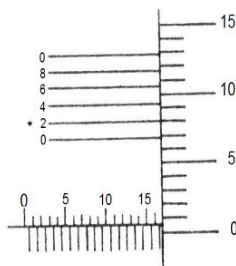
Graduación del manguito = $7 \frac{1}{2}$ líneas de 1 = 7.5 mm

Graduación del tambor móvil = 7 líneas de 0.01 = 0.07 mm

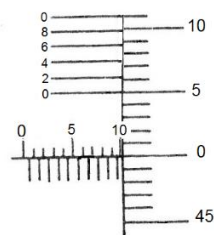
Graduación milésimas (*) = 4 línea de 0.001 = 0.004 mm

Lectura total 7.574 mm

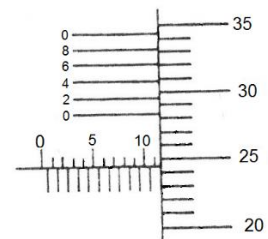
Ejercicios prácticos en mm:



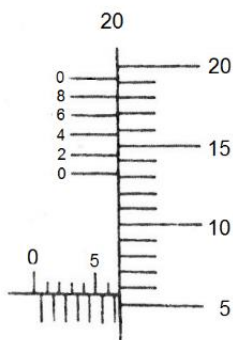
Ejercicio MAMM-2



Ejercicio MAMM-3



Ejercicio MAMM-4



Ejercicio MAMM-5

Comparadores de caratula

Los comparadores de caratula, son aparatos de medición indirecta (medición diferencial), que permiten efectuar la medida de una longitud por comparación después de calibrarse con un patrón que sirva de referencia (galgas patrón). Este instrumento no entrega valores de mediciones, sino que entrega variaciones de mediciones (de ahí su nombre). Su exactitud está relacionada con el tipo de medidas que se desea comparar, existiendo con resoluciones de 0.01 y .001 mm.

Estos aparatos, bajo diversas formas son muy utilizados en los talleres y en las salas de metrología, dada la robustez y simplicidad de empleo en la mayor parte de ellos

El comprador de caratula es el aparato más empleado en los talleres de fabricación que además de usarse para efectuar una medida, también se les emplea para la verificación del ovalamiento, excentricidad y formas geométricas.



Figura de comparadores digitales CD-1
caratula CC-1



Figura comparador de

Las partes que constituyen a un comparador se muestran en la figuras CC-2 / CC-3

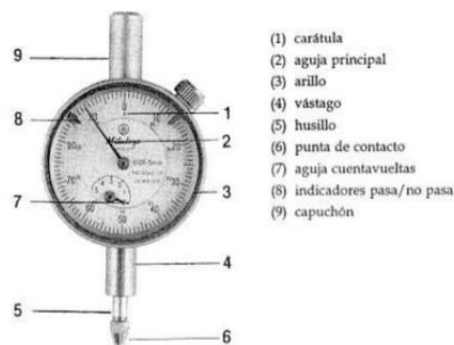


Figura CC-2



Figura CC-3

Su construcción es similar a un reloj, figura CC-4, consta de una barra central en la que está ubicado el palpador en un extremo y en el otro posee una cremallera que está conectada a un tren de engranes que amplifican el movimiento, finalmente este movimiento se transmite a una aguja que se desplaza en un dial graduado. El comparador no es un instrumento independiente, para hacer mediciones se requiere de un plano de referencia y de un aditamento sujetador del comparador.



Figura CC-4

Método de operación

Para realizar la medición con el comparador se procede como sigue:

- 1) Coloque el comparador en el soporte
- 2) Limpie la pieza sometida a verificación
- 3) Coloque la pieza según la verificación a efectuar
- 4) Si la verificación se va a hacer por comparación, colocar la pieza sobre un mármol o placa rectificada
- 5) Para verificar excentricidad, colocar la pieza entre puntos
- 6) Ajuste comparador mediante bloques o galgas patrón, si se va a verificar una magnitud por comparación, usando un plano, ajuste el cero del cuadrante en coincidencia con la aguja.
- 7) Sustituya al patrón de medida con la pieza a verificar, la indicación de la aguja en el cuadrante será ahora la correspondiente al desplazamiento del palpador, o sea la diferencia entre la medida de patrón y la de la pieza.



Figura CC-5

Interpretación del comparador de caratula:

1. Primero debemos observar hacia dónde va el giro del comparador, si es en el sentido de las manecillas del reloj por lo general el color de la escala es negro y si fuera en sentido contrario del giro de las manecillas del reloj por norma se utiliza el color rojo. Para este caso vamos a partir que va en el sentido de las manecillas del reloj (color de la escala negro).
2. Se debe observar cuanto abarca el comparador de caratula y este dato se obtiene en el centro de la caratula, para este caso es de 1 pulgada y también indica el valor unitario de cada división para este caso en particular es de 0.001 pulgada. Lo que significa que si multiplicamos este valor 0.001 pulgadas X las 100 divisiones nos dará el valor de = 0.1", una décima de pulgada.
3. Debemos observar que cerca del centro se ubica otro marcador del máximo de vueltas que puede dar, para este caso será de 10 vueltas lo que nos representara = 1.0 pulgadas.
4. El resultado del ejercicio Figura CC-5 es de:

Resultado del cuenta vueltas	= 0.7 pulgadas
Resultado de la caratula 98 divisiones X 0.001 pulgadas	= <u>0.098 pulgadas</u>
Resultado final de la medición	0.798
pulgadas	

Bloques patrón

Los bloques patrón figura BP-1, y los calibradores fijos son herramientas para calibración de precisión que tienen dimensiones preestablecidas o prefijadas. Estas herramientas se usan para efectuar operaciones de calibración de precisión y para calibrar otras herramientas de medición.



Figura BP-1

CLASIFICACIÓN

Por el grado de precisión con que están hechos los patrones, se clasifican en:

- 1) Patrón prototipo internacional
- 2) Patrón primario
- 3) Patrón secundario
- 4) Patrón de taller

Por la forma de materializar la longitud que representan, los patrones pueden ser:

- 1) Patrones de trazos
- 2) Patrones de caras paralelas
- 3) Patrones de extremos esféricos
- 4) Patrones cilíndricos

DESCRIPCIÓN

El patrón prototipo internacional y los patrones primarios son patrones de trazos de longitud nominal de un metro a 0°C y están contruidos de platino iridiado, con un contenido de 10% de iridio. Una serie de treinta y un patrón con estas características fueron contruidas, y cuya longitud a 0°C era la más próxima al metro de los archivos de junio de 1799, fue escogido como prototipo internacional.

Patrón primario

De los 30 patrones restantes (refiriendo nos al inciso anterior), cada uno de los cuales no difería del prototipo en más de 0.003 milímetros, fueron repartidos entre los países adheridos a la convención del metro y les sirven de patrones primarios oficiales.

Patrón secundario

Los patrones secundarios son contruidos a partir del patrón primario nacional, para las necesidades de las oficinas oficiales de metrología y para las fábricas de aparatos de precisión, utilizando que entonces como patrón para operaciones de contraste o calibrado.

Patrón de taller

Los patrones de taller son aquellos que se utilizan para el contraste o comprobación de los instrumentos de medición empleados para las fabricaciones mecánicas. Estos son del tipo de topes o superficies de referencia (que se verá a continuación), y una de sus dimensiones materializa la cota nominal grabada sobre ellos, con una aproximación variable según el tipo y la propia cota nominal, pero en general es del orden de una mica. Sus formas son diversas y algunas son similares a la de los instrumentos de medida y comprobación utilizados en el taller, pero suelen diferenciales en estos últimos por su grado de precisión y por el uso que de ellos se hace ya que según hemos indicado, solo se emplean para la comprobación de los instrumentos de medida y nunca para la medición o comprobación directa de piezas. Los patrones de taller se contruyen de aceros especiales templados, en general son aceros al cromo. Los tipos de acero varían según el fabricante, pero en cualquier caso el patrón debe tener una dureza del orden de 60 a 64 rockwell para que presente una buena resistencia al desgaste, así

como una buena estabilidad estructural para evitar las variaciones de cota debidas a los cambios de estructura.

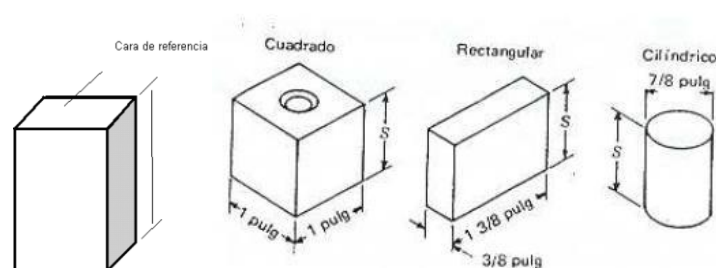
Patrones de trazos

Los patrones de trazos se caracterizan, en que su longitud queda determinada por la distancia entre los trazos sobre una superficie plana, como ejemplo tenemos el caso de metro patrón.

Patrones de caras paralelas

Los patrones de caras paralelas o de superficies planas son también conocidas con el nombre de galgas patrón o galgas Johansson y su longitud queda determinada por la distancia entre dos superficies rigurosamente planas y paralelas. Fueron perfeccionadas por el ingeniero sueco de ese mismo nombre. Estos patrones están constituidos por pequeños bloques paralelepípedos como se muestra en la figura, son de acero templado y estabilizado de gran dureza. Todas las caras de estos bloques están finalmente rectificadas y dos de ellas tienen un acabado superficial extrafino, sino perfectamente plana y paralelas, distando entre si no longitud nominal grabada sobre el patrón a la temperatura de referencia de 20°C.

Los bloques patrón figura BP-2, se hacen de diferentes materiales, en tres formas básicas: cuadrada, rectangular y cilíndrica. Por lo general están hechos de acero para herramienta endurecido y estabilizado, acero inoxidable o carburo de tungsteno.



Figuras BP-2. Formas básicas de los bloques patrón

La particularidad de estos patrones, es la de que se pueden agrupar por superposición (hasta 5 máximos) de modo que la longitud del grupo formado, será dentro de los límites de precisión requeridos para su empleo como patrón. La galgas

patrón se presentan y utilizan como juegos o colecciones de un número determinado de galgas de dimensiones escalonadas de tal forma, que, combinando un número reducido de ellas pueda formarse cualquier medida comprendida entre sus límites de empleo, siendo la diferencia entre las combinaciones más próximas de 0.01; 0.005 o 0.001mm según la composición del juego del que se disponga. Para formar una medida determinada se comienza por la galga que nos da la tercera cifra decimal, después se añaden los que den la segunda y la 1a cifras decimal así sucesivamente por un ejemplo si tratamos de formar la medida de 37.425mm; con el juego de 33 galgas, se tiene: 1.005, 1.02, 1.4, 4 y 30 que aplicadas darían la dimensión buscada.

Precauciones para el manejo de las galgas patrón figuras BP-3. Debido a que las galgas patrón tienen un precio de adquisición elevado y además porque sirven de base a toda la fabricación. De la que, como patrones garantizan la calidad en cuanto a precisión dimensional, es indispensable tratarlas adecuadamente para que conserve sus características con las



Figuras BP-3

Cuales fueron fabricadas a continuación se indican algunas recomendaciones a seguir para la conservación de las galgas.

- 1.- Evitar dejar la galgas en atmosfera humana, hacina o con polvo abrasivo.
- 2.- No utilizan las galgas con las manos sucias o húmedas.
- 3.- Antes de utilizar, limpiar las cuidadosamente con una gamuza, sin utilizar disolventes para desengrasar las, tales como la gasolina, etc.

4.- Después de limpiarlas debe quedar una ligerísima película lubricante que, como se ha dicho, facilita la adherencia evitando el agarrotamiento.

5.- Limpiar cuidadosamente las piezas a verificar, que tengan que estar en contacto con las galgas.

6.- No forzar nunca una combinación de galgas al hacer contacto con alojamientos a verificar (boca de calibre por ejemplo). La cota precisa ha de estimarse por tratamiento sin esfuerzo.

7.- Evitar choques, caídas y cualquier otro maltrato.

8.- Las mediciones deben hacerse a la temperatura de referencia ($20^{\circ}\text{C}+1$).

9.- Después de su uso limpiar cuidadosamente las galgas con una gamuza, de manera que no tienen huellas de los dedos.

10.- Engrasarlas cuidadosamente y perfectamente con un lubricante neutro. Existe en el mercado grasas especiales para galgas patrón y calibre, si no se dispone de ellas debe utilizarse vaselina neutra perfectamente pura, en este caso conviene limpiarlas cada 8 días y volver a engrasarlas.

11.- Para formar una combinación de galgas, estas se une por sus caras de medición haciendo las deslizar con un movimiento de vaivén, como se indica en la figura 3.2. Y con ligera presión para que no quede aire entre ella y la adherencia sea perfecta.

Calibradores pasa no-pasa

Los calibradores de pasa no-pasa figura CPNP-1, están diseñados para verificar las dimensiones de una parte en sus límites de tamaño superior e inferior como se muestra en la siguiente figura CPNP-1,



Figura CPNP-1

El extremo pasa del calibrador esta hecho al tamaño más pequeño permisible del agujero. El elemento no-pasa esta hecho al tamaño más grande permisible del

agujero. Si el agujero está dentro de la tolerancia, el calibrador Pasa debe encajar en el agujero, pero el calibrador No-Pasa debe ser demasiado grande para encajar. Los calibradores para dimensiones exteriores usan el mismo principio y la única diferencia está en que las funciones Pasa y No-Pasa están invertidas. Para dimensiones exteriores, el calibrador Pasa está hecho para el tamaño mayor de la dimensión y el calibrador No-Pasa está hecho para el tamaño menor.

Los calibradores tapón están disponibles en tres estilos básicos: cilíndricos, de cuerda y cónicos figuras CPNP-2.



Figuras CPNP-2

Los calibradores tapones cilíndricos se emplean para verificar el tamaño y la forma de agujeros redondos. En muchos casos los calibradores están identificados mediante un sistema de colores, tales como rojo (No-Pasa) y verde (Pasa), o bien mediante un surco cortado en la manera en el extremo de No-Pasa. En muchos de los calibradores tapón, en el extremo de Pasa es normalmente más largo que el extremo de No-Pasa.

Los calibradores cónicos se usan para verificar el tamaño y la forma de agujeros cónicos. Primero se aplica al calibrador una tinta o compuesto de azul de Prusia y se inserta en el agujero cónico. Al quitarlo, si el azulado muestra una distribución uniforme a lo largo de toda su longitud del agujero cónico, la conicidad esta correcta. Si se ha movido un exceso de azul hacia cualquiera de sus extremos, el cono está demasiado inclinado o le falta inclinación.

El calibrador tapón también sirve para verificar el diámetro del agujero cónico.

Calibrador de alturas

Los medidores de alturas han sido ampliamente utilizados en la industria durante muchos años, el original con escala vernier puede encontrarse en la

actualidad con diversas variantes, ya sea utilizando una carátula en vez de la escala vernier, modelo generalmente limitado en la altura máxima, el medidor de alturas con caratula figura CAA-1 y contador, y el medidor de alturas digital electrónico figura CAD-1.



Figura CAA-1



Figura CAD-1

Los medidores de alturas normalmente se utilizan sobre una superficie plana de referencia hecha de granito, sobre la que se establece el cero de las mediciones realizadas con los medidores de alturas. Para asegurar mediciones exactas las mesas de granito deben tener una planitud adecuada para las tolerancias de las piezas a medir, que debe ser calibrada periódicamente.

El uso de medidores de altura:

1. Asegúrese de que la base esté libre de rebabas que pudieran afectar adversamente la estabilidad del trazado y medición.
2. Mantenga limpios el mecanismo del cursor y la cara de referencia de la escala principal. Polvo acumulado puede causar deslizamiento pobre.
3. Apriete el tornillo de sujeción del cursor para prevenir que el cursor se mueva durante el trazado.
4. El borde del trazador puede moverse hasta 0,01mm cuando el tornillo de sujeción del cursor es apretado. Verifique el movimiento usando un indicador de carátula de tipo palanca.
5. El paralelismo entre el sujetador del trazador, cara de medición del trazador, y superficie de referencia de la base es 0,01mm o menos. Evite mover el trazador hacia delante o hacia atrás durante la medición dado que el movimiento puede causar errores.

6. Use la alimentación fina para asegurar ajuste exacto en la posición final.
7. Esté consciente del posible error de paralaje en instrumentos con escala vernier y siempre lea las escalas desde la dirección normal.

Los medidores de alturas digitales electrónicos han evolucionado para convertirse en los denominados sistemas de medición vertical que permiten mediciones de diámetros de agujeros con gran facilidad así como la determinación de alturas máximas y mínimas o la diferencia entre ellas, también se pueden realizar con facilidad la medición de anchos de ranuras o salientes, hacer cálculos estadísticos y determinar si los elementos medidos están dentro o fuera de los límites de tamaño especificados.

2.10 Rugosidad

El constante progreso en el área industrial exige métodos cada vez más eficientes para la obtención de productos cada vez más sofisticados. El diseño de nuevos mecanismos exige una perfección creciente y las tolerancias de fabricación se hacen cada día menores, tanto que las formas anteriormente aceptadas debido a su método de obtención a través de máquinas-herramientas, ya no podrán ser más aplicadas sin previa verificación de su geometría y textura superficial. Superficies reales, por más perfectas que sean, presentan particularidades que son una marca del método empleado para su obtención, por ejemplo: torneado, fresado, rectificado, bruñido, lapidado, etc. Las superficies así producidas se presentan como conjunto de irregularidades, espaciamiento regular o irregular y que tienden a formar un patrón o textura característica en su extensión. En esta textura superficial se distinguen dos componentes distintos: rugosidad y ondulación. La rugosidad o textura primaria, está formada por surcos o marcas dejadas por los agentes que atacan la superficie en el proceso de mecanizado (herramienta, partículas abrasivas, acción química, etc.) y se encuentra superpuesta al perfil de ondulación. Los espacios entre crestas varían entre 4 y 50 veces la profundidad de la depresión. La ondulación o textura secundaria es el conjunto de irregularidades repetidas en ondas de paso mucho mayor que la amplitud y que pueden ocurrir por diferencia en

los movimientos de la máquina-herramienta, deformación por tratamiento térmico, tensiones residuales de forja o fundición, etc. Los espaciamentos entre las ondas (compresiones de ondulación) pueden ser de 100 a 1000 veces su amplitud.

- 1- Extensión de rugosidad.
- 2- Extensión de ondulación.
- 3- Orientación de los surcos.
- 4- Amplitud de ondulación.
- 5- Amplitud de rugosidad (Altura pico-valle).

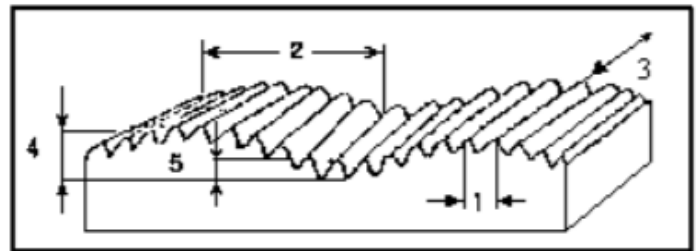


Figura R-1

Como se observa en la Figura R-1, una superficie presenta errores de diferentes magnitudes y su definición es posible a través de medios o técnicas también diferentes, por eso, para facilitar su estudio, se dividen en dos grandes grupos: errores macro geométricos y errores micro geométricos.

El tema del acabado superficial incluye las irregularidades micro geométricas conocidas como ondulación y rugosidad. Ambas se generan durante el proceso de fabricación; la ondulación resulta de la flexión de la pieza durante el maquinado, la falta de homogeneidad del material, liberación de esfuerzos residuales, deformaciones por tratamientos térmicos, vibraciones, entre otros. La rugosidad (que es la huella digital de una pieza) son irregularidades provocadas por la herramienta de corte o elemento utilizado en su proceso de producción, corte, arranque y fatiga superficial.

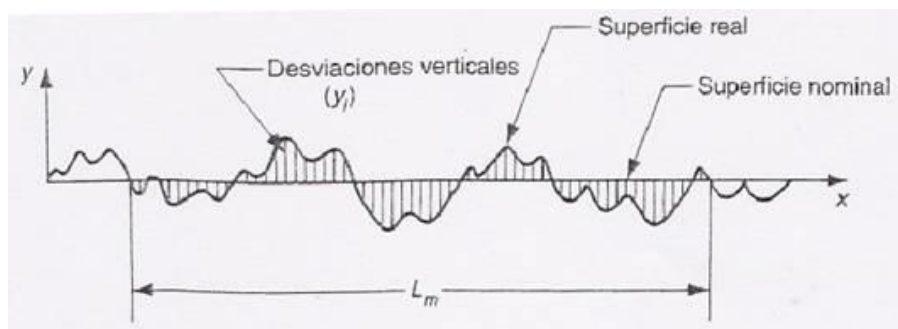


Figura R-1.1

Verificación de la mesa.

Las superficies planas para medición conocidas generalmente como mesas de granito son usadas frecuentemente como superficie de referencia para hacer mediciones sobre ellas, por ejemplo, con medidores de alturas. Para tal propósito la superficie de referencia debe ser lo suficientemente plana para proporcionar una superficie de referencia confiable. El uso de estas mesas por periodos prolongados de tiempo puede ocasionar desgaste de la superficie haciéndolas inadecuadas para lograr la exactitud deseada en las mediciones realizadas sobre ellas.

Una mesa de asegurar la planitud de la superficie de referencia es calibrándola periódicamente, esto puede realizarse utilizando niveles electrónicos, uno de ellos es utilizado para hacer mediciones a lo largo de ocho líneas sobre la superficie de la mesa, el otro es colocado en una posición fija en un arreglo diferencial con el primero para compensar errores originados por ejemplo, por vibraciones en el lugar en el que está instalada la mesa. Las lecturas en diferentes posiciones de cada una de las líneas son mostradas en una pantalla y transmitidas a una PC para que en un software apropiado haga los cálculos requeridos para determinar cuánto está fuera de planitud la mesa calibrada.



Figura R-2.

Rugosímetros

Los rugosímetros sirven para determinar con rapidez la rugosidad de las superficies. Los rugosímetros muestran la profundidad de la rugosidad media R_z y el valor de rugosidad medio R_a en μm . Los rugosímetros facilitan la rápida determinación de la superficie de un componente, por otro lado la realización de la medición de la rugosidad es muy sencilla. Los rugosímetros entran en contacto con la superficie en cuestión de segundos y muestran la rugosidad directamente en R_a o en R_z . Nuestros rugosímetros se entregan en maletines donde se incluyen placas de control, protectores para los palpadores, acumuladores y cargadores. Las siguientes normas se ocupan del control de la rugosidad: DIN 4762, DIN 4768, DIN 4771, DIN 4775, el alcance de la rugosidad de superficies lo encontrará en DIN 4766-1.

Una gráfica es obtenida mostrando las irregularidades de la superficie, la incertidumbre de la medición es estimada, y un informe de calibración es elaborado. Si la planitud de la mesa está dentro de los límites especificados para el grado original de la mesa esta puede seguir siendo utilizada sin problema, caso contrario puede ser destinada a un uso que requiera menos exactitud.

Una pieza perfecta es una abstracción matemática la cual adicionalmente a las irregularidades micro geométricas contiene irregularidades macro geométricas que son errores de forma asociados con la variación de tamaño de la pieza, paralelismo entre superficies, planitud, conicidad, redondez y cilindridad.

No basta con saber que existen irregularidades en una superficie sino que tales irregularidades se le debe poner un número y con esta finalidad se han definido diferentes parámetros que caracterizan una superficie, los parámetros se designan:

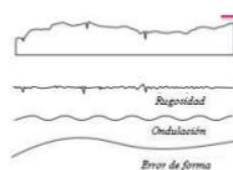
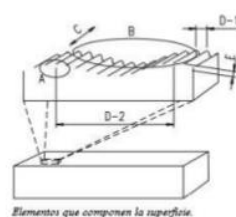
R para Rugosidad

W para Ondulación

P para el Perfil Primario

Y dentro de estos se subdividen en parámetros de amplitud, de espaciamiento y los parámetros híbridos que son una combinación de los dos anteriores.

IRREGULARIDADES SUPERFICIALES



Perfil Efectivo:
Es la imagen aproximada de un perfil real. Esta imagen se puede obtener por medio de un rugosímetro.

Perfil de Rugosidad:
Se filtran las ondulaciones del perfil efectivo.

- A: Rugosidad
- B: Ondulación
- C: Orientación de las irregularidades
- D1: Paso de la rugosidad (distancia media entre crestas)
- D2: Paso de la ondulación.
- E: Altura de la rugosidad.

Para cumplir con las mediciones se utiliza un equipo de medición, llamado Perfilómetro Figura R-3.

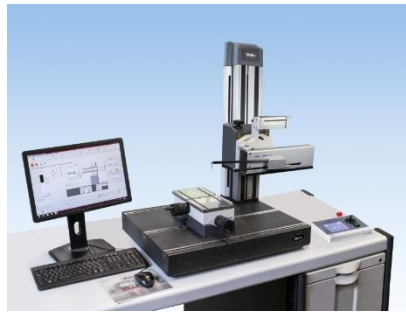


Figura R-3

Sistemas que existen para medir la rugosidad

Generalmente el Perfilómetro cuenta con un palpador inductivo y unidad de recorrido de 120 mm (eje x), columna motorizada con alcance de 450 mm (eje z) y las siguientes resoluciones en función del alcance de medición del palpador inductivo:

Rugosímetro

El rugosímetros figura R-4 sirven para determinar con rapidez la rugosidad de las superficies. Muestran la profundidad de la rugosidad media Rz y el valor de rugosidad medio Ra en μm . Los rugosímetros facilitan la rápida determinación de la superficie de un componente, por otro lado la realización de la medición de la rugosidad es muy sencilla. Los rugosímetros entran en contacto con la superficie en cuestión de segundos y muestran la rugosidad directamente en Ra o en Rz. Nuestros rugosímetros se entregan en maletines donde se incluyen placas de control, protectores para los palpadores, acumuladores y cargadores. Las siguientes normas se ocupan del control de la rugosidad: DIN 4762, DIN 4768, DIN 4771, DIN 4775, el alcance de la rugosidad de superficies lo encontrará en DIN 4766-1.



Figura R-4

Ra: valor de rugosidad medio en μm es el valor medio aritmético de los valores absolutos de las distancias y del perfil de rugosidad de la línea media dentro del tramo de medición. El valor de rugosidad medio es equiparable a la altura de un rectángulo cuya longitud es igual al tramo total l_m y que tiene la misma superficie que la superficie situada entre el perfil de rugosidad y la línea media.

Rz: la profundidad de la rugosidad media en μm es la media aritmética de las profundidades de rugosidad por separado de cinco diferentes tramos de medición colindantes.

Elementos del signo del estado de la superficie

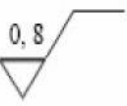
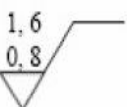
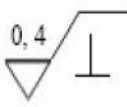
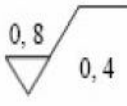
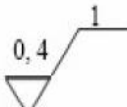
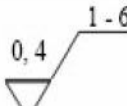
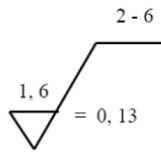
SÍMBOLO	ORIENTACIÓN DE LA RUGOSIDAD	EJEMPLO	RUGOSIDAD	PERSPECTIVA ESQUEMÁTICA
=	Paralela a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad máxima $R_a = 0,8 \mu\text{m}$.	
⊥	Perpendicular a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad comprendida entre $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ y $R_a = 1,6 \mu\text{m}$.	
X	Cruzado respecto a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad máxima $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ en la orientación.	
M	Multidireccional.		Rugosidad máxima $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ con paso de la rugosidad de $0,4 \text{ mm}$.	
C	Aproximadamente circular respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad máxima $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ con altura de 1 mm .	
R	Aproximadamente radial respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicado.		Rugosidad máxima $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ con altura de 1 mm y paso de la ondulación de 6 mm .	

Tabla 29.



Por ejemplo:

1,6 es el valor Ra de la rugosidad en μm .

2 es el valor de la altura de la ondulación (no necesario).

6 es el valor del paso de la ondulación en mm (no necesario).

= es la orientación de la rugosidad (en este caso paralela a la línea).

0,13 es el paso de la rugosidad en μm (no necesario).

Procesos de mecanizado y valores de CUT-OFF admisibles

Proceso de acabado	Rango de valores de Ra esperados		Valores de cut-off admisibles		
	μm	μinch	0,25 μm 0,01 μin	0,8 μm 0,03 μin	2,5 μm 0,1 μin
Superacabado	0,025 - 0,20	1 - 0	x	x	
Lapidado	0,025 - 0,40	1 - 16	x	x	
Pulimento	0,025 - 0,40	1 - 16		x	X
Pulido (liso)	0,10 - 0,40	4 - 16		x	X
Bruñido	0,10 - 0,80	4 - 32	x	x	
Esmerilado	0,10 - 1,6	4 - 64	x	x	X
Perforado con Diamante	0,20 - 0,40	8 - 16	x	x	
Torneado con Diamante	0,20 - 0,40	8 - 16	x	x	
Torneado	0,40 - 6,30	16 - 250		x	X
Perforado con Mecha	0,40 - 6,30	16 - 250		x	X
Trefilado	0,80 - 3,20	32 - 125		x	X
Mandrilado	0,80 - 3,20	32 - 125		x	x
Fresado	0,80 - 6,30	32 - 250		x	x
Electroerosión	1,60 - 6,30	64 - 250		x	x
Modelado por Prensa	1,60 - 12,50	64 - 500	x	x	
Aplanamiento	1,60 - 12,50	64 - 500		x	x
Electrodeposición	0,80 - 0,80	8 - 32			x
Fresado químico	1,60 - 6,30	63 - 250	x	x	
Laser	1,60 - 6,30	63 - 250		x	
Aserrado	1,60 - 25,0	63 - 1000		x	x
Extrusión	0,80 - 3,20	32 - 125		x	
Fundición a presión	0,80 - 1,60	32 - 63		x	
Forjado	3,20 - 13,0	32 - 63		x	
Laminación en Caliente	13,0 - 25,0	500 - 1000		x	x
Fundido con molde de arena	13,0 - 25,0	500 - 1000		x	x

Tabla 30.

Capítulo III

Normalización

3.1 Metrología óptica e instrumentación básica

Introducción a la óptica

La óptica es parte de la física que estudia los fenómenos relacionados con la propagación de la radiación electromagnética en un rango determinado del espectro de frecuencias, denominado rango de frecuencias. Este rango descrito en la escala equivalente de longitudes de onda, incluye tres franjas (espectros): el ultravioleta desde (10 nm hasta 390 nm), el visible desde (390 nm hasta 760 nm) y el infrarrojo desde (760 nm hasta 1mm).

Dentro del espectro **visible**, conjunto de frecuencias a las que es sensible el sistema visual humano, se denominan colores a ciertas subfranjas en particular:



Figura O-1

Se denomina **espectro electromagnético** a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Referido a un objeto se denomina *espectro* electromagnético o simplemente *espectro* a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia. Dicha radiación sirve para identificar la sustancia de manera análoga a una huella dactilar. Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios que, además de permitir ver el espectro, permiten realizar medidas sobre el mismo, como son la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación.

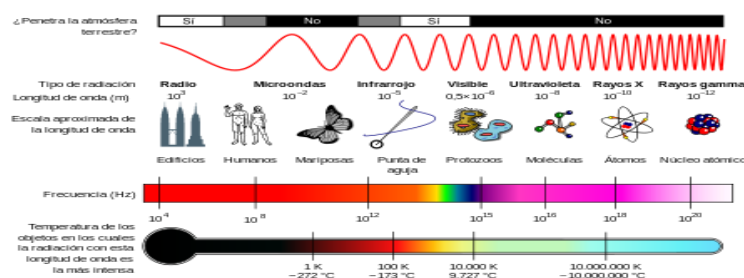


Figura O-2. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos cósmicos, rayos gamma y los rayos X, pasando por la radiación ultravioleta, la luz visible y la radiación infrarroja, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio. Se cree que el límite para la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck mientras que el límite máximo sería el tamaño del Universo (véase Cosmología física) aunque formalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo.

Para su estudio, el espectro electromagnético se divide en segmentos o bandas, aunque esta división es inexacta. Existen ondas que tienen una frecuencia, pero varios usos, por lo que algunas frecuencias pueden quedar en ocasiones incluidas en dos rangos.

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	$< 10 \times 10^{-12} \text{m}$	$> 30,0 \times 10^{18} \text{Hz}$	$> 20 \cdot 10^{-15} \text{ J}$
Rayos X	$< 10 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 30,0 \times 10^{15} \text{Hz}$	$> 20 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
Ultravioleta extremo	$< 200 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 1,5 \times 10^{15} \text{Hz}$	$> 993 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Ultravioleta cercano	$< 380 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 7,89 \times 10^{14} \text{Hz}$	$> 523 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Espectro Visible	$< 780 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 384 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 255 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo cercano	$< 2,5 \times 10^{-6} \text{m}$	$> 120 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 79 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo medio	$< 50 \times 10^{-6} \text{m}$	$> 6,00 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 4 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo lejano/submilimétrico	$< 1 \times 10^{-3} \text{m}$	$> 300 \times 10^9 \text{Hz}$	$> 200 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
Microondas	$< 10^{-2} \text{m}$	$> 3 \times 10^8 \text{Hz}^{\text{n. 1}}$	$> 2 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
Ultra Alta Frecuencia - Radio	$< 1 \text{ m}$	$> 300 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 19.8 \cdot 10^{-26} \text{ J}$
Muy Alta Frecuencia - Radio	$< 10 \text{ m}$	$> 30 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 19.8 \cdot 10^{-28} \text{ J}$
Onda Corta - Radio	$< 180 \text{ m}$	$> 1,7 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 11.22 \cdot 10^{-28} \text{ J}$

Onda Media - Radio	$< 650 \text{ m}$	$> 650 \times 10^3 \text{ Hz}$	$> 42.9 \cdot 10^{-29} \text{ J}$
Onda Larga - Radio	$< 10 \times 10^3 \text{ m}$	$> 30 \times 10^3 \text{ Hz}$	$> 19.8 \cdot 10^{-30} \text{ J}$
Muy Baja Frecuencia - Radio	$> 10 \times 10^3 \text{ m}$	$< 30 \times 10^3 \text{ Hz}$	$< 19.8 \cdot 10^{-30} \text{ J}$

Tabla 31.

Las ondas infrarrojas están en el rango de 0,7 a 100 micrómetros. La radiación infrarroja se asocia generalmente con el calor. Ellas son producidas por cuerpos que generan calor, aunque a veces pueden ser generadas por algunos diodos emisores de luz y algunos láseres.

La luz y el sonido son las dos fuentes más importantes que nos suministran información acerca del mundo en que vivimos; de estas dos fuentes, la luz proporciona la mayor variedad de información. El ojo humano puede detectar los cambio de tamaño, el brillo y color de un objeto. Por estas razones el estudio de la luz y la visión son de gran importancia ya que de esta manera tenemos una idea del medio que nos rodea, mediante el sentido de la vista. Las fuentes de este tipo de luz pueden ser el sol, foco, lámpara eléctrica, leds, etcétera.

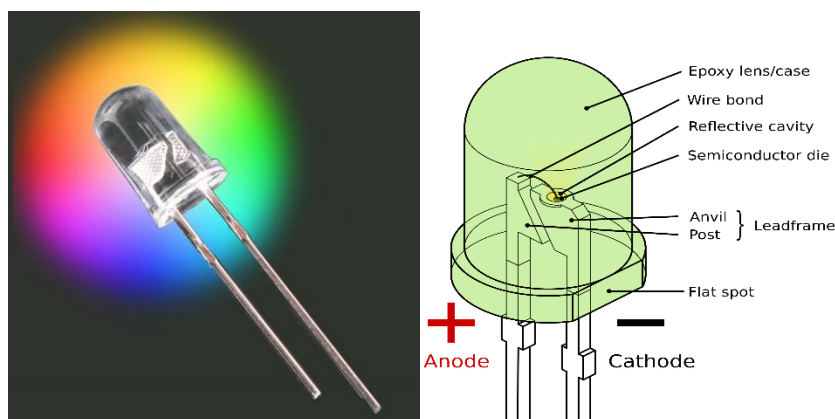


Figura O-3. Fuente de luz mediante la aplicación de los Leds.

Las señales son usadas para algunos sistemas especiales de comunicaciones, como en astronomía para detectar estrellas y otros cuerpos en los que se usan detectores de calor para descubrir cuerpos móviles en la oscuridad. También se usan en los mandos a distancia de los televisores y otros aparatos, en los que un transmisor de estas ondas envía una señal codificada al receptor del televisor. En últimas fechas se ha estado implementando conexiones de área local LAN por

medio de dispositivos que trabajan con infrarrojos, pero debido a los nuevos estándares de comunicación estas conexiones han perdido su versatilidad.

Espectro Visible

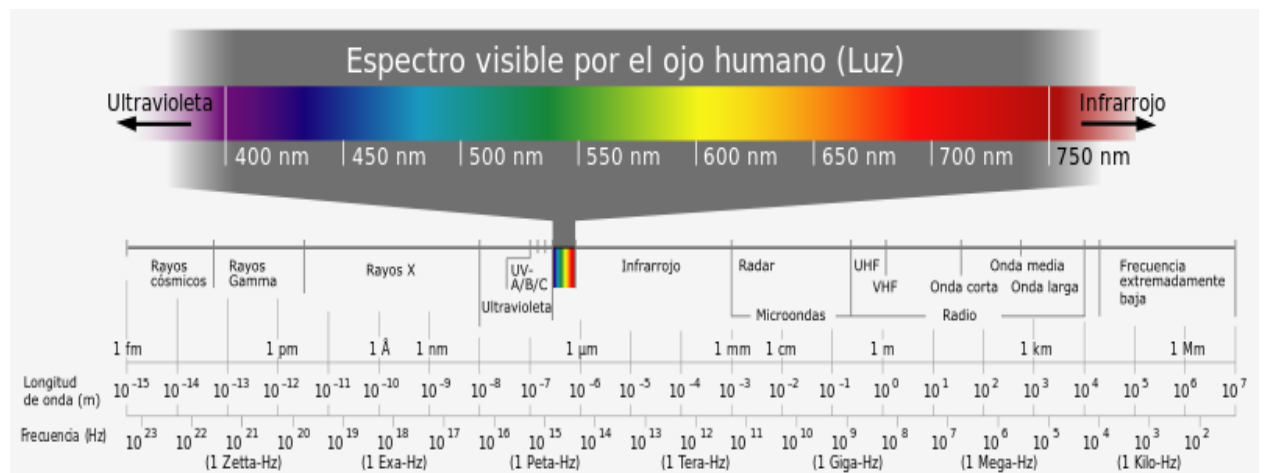
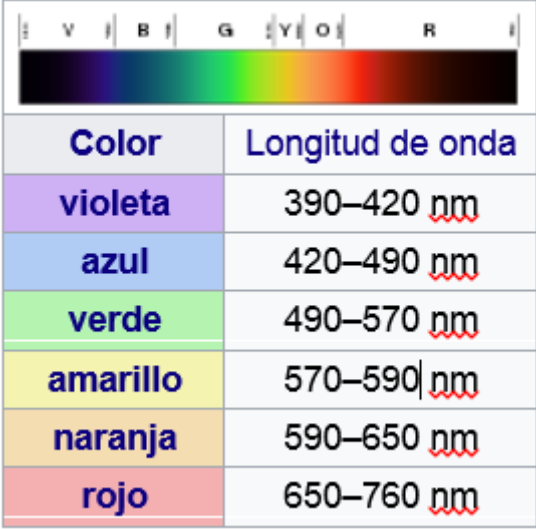


Figura O-4. Espectro Electromagnético

Por encima de la frecuencia de las radiaciones infrarrojas se encuentra lo que comúnmente es llamado luz, un tipo especial de radiación electromagnética que tiene una longitud de onda en el intervalo de 0,4 a 0,8 micrómetros. Este es el rango en el que el sol y las estrellas similares emiten la mayor parte de su radiación. Probablemente, no es una coincidencia que el ojo humano sea sensible a las longitudes de onda que emite el sol con más fuerza. Las unidades usuales para expresar las longitudes de onda son el Angstrom y el nanómetro. La luz que vemos con nuestros ojos es realmente una parte muy pequeña del espectro electromagnético. La radiación electromagnética con una longitud de onda entre 380 nm y 760 nm (790-400 terahercios) es detectada por el ojo humano y se percibe como luz visible. Otras longitudes de onda, especialmente en el infrarrojo cercano (más de 760 nm) y ultravioleta (menor de 380 nm) también se refiere a veces como la luz, aun cuando la visibilidad a los seres humanos no es relevante. Si la radiación tiene una frecuencia en la región visible del espectro electromagnético se refleja en un objeto, por ejemplo, un tazón de fruta, y luego golpea los ojos, esto da lugar a la percepción visual de la escena. Nuestro sistema visual del cerebro procesa la multitud de frecuencias que se reflejan en diferentes tonos y matices, y a través de

este, no del todo entendido fenómeno psicofísico, la mayoría de la gente percibe un tazón de fruta; Un arco iris muestra la óptica (visible) del espectro electromagnético. En la mayoría de las longitudes de onda, sin embargo, la radiación electromagnética no es visible directamente, aunque existe tecnología capaz de manipular y visualizar una amplia gama de longitudes de onda. La luz puede usarse para diferentes tipos de comunicaciones. Las ondas electromagnéticas pueden modularse y transmitirse a través de fibras ópticas, lo cual resulta en una menor atenuación de la señal con respecto a la transmisión por el espacio libre.



Color	Longitud de onda
violeta	390–420 nm
azul	420–490 nm
verde	490–570 nm
amarillo	570–590 nm
naranja	590–650 nm
rojo	650–760 nm

Figura O-5. Longitud de onda de cada color

Radiación ultravioleta

La luz ultravioleta cubre el intervalo de 4 a 400 nm. El Sol es una importante fuente emisora de rayos en esta frecuencia, los cuales causan cáncer de piel a exposiciones prolongadas. Este tipo de onda no se usa en las telecomunicaciones, sus aplicaciones son principalmente en el campo de la medicina.

Rayos X

La denominación rayos X designa a una radiación electromagnética, invisible, capaz de atravesar cuerpos opacos y de impresionar las películas fotográficas. La longitud de onda está entre 10 a 0,01 nanómetros, correspondiendo a frecuencias en el rango de 30 a 30 000 PHz (de 50 a 5000 veces la frecuencia de la luz visible).

Rayos gamma

La radiación gamma es un tipo de radiación electromagnética producida generalmente por elementos radiactivos o procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón. Este tipo de radiación de tal magnitud también es producida en fenómenos astrofísicos de gran violencia.

Debido a las altas energías que poseen, los rayos gamma constituyen un tipo de radiación ionizante capaz de penetrar en la materia más profundamente que la radiación alfa o beta. Dada su alta energía pueden causar grave daño al núcleo de las células, por lo que son usados para esterilizar equipos médicos y alimentos.

Efecto doppler

Cuando se analiza el espectro electromagnético de la luz de una estrella o galaxia, se puede apreciar en este un corrimiento al rojo o un corrimiento al azul es decir los colores visibles se desplazan hacia un extremo u otro del espectro visible. Esto ocurre gracias al efecto Doppler, llamado así por el físico austríaco Christian Andreas Doppler, es el aparente cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador. Doppler propuso este efecto en 1842 en su tratado *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einige andere Gestirne des Himmels* (Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros).

En el caso del espectro visible de la radiación electromagnética, si el objeto se aleja, su luz se desplaza a longitudes de onda más largas, desplazándose hacia el rojo. Si el objeto se acerca, su luz presenta una longitud de onda más corta, desplazándose hacia el azul. Esta desviación hacia el rojo o el azul es muy leve incluso para velocidades elevadas, como las velocidades relativas entre estrellas o entre galaxias, y el ojo humano no puede captarlo, solamente medirlo indirectamente utilizando instrumentos de precisión como espectrómetros. Si el objeto emisor se moviera a fracciones significativas de la velocidad de la luz, sí sería apreciable de forma directa la variación de longitud de onda.

El primer corrimiento al rojo Doppler fue descrito en 1848 por el físico francés Hippolyte Fizeau, que indicó que el desplazamiento en líneas espectrales visto en las estrellas era debido al efecto Doppler. En 1868, el

astrónomo británico William Huggins fue el primero en determinar la velocidad de una estrella alejándose de la Tierra mediante este método.⁵

La abundancia de corrimiento al rojo en el universo ha permitido crear la teoría de la expansión del universo. El corrimiento al azul del espectro, se observa en la Galaxia de Andrómeda lo que indica que se acerca y en algunos brazos de galaxias lo que permite descubrir su giro.

Antecedentes históricos

El estudio de los fenómenos luminosos ha ido de la mano del progreso de la humanidad,

En este apartado se mostraran por orden cronológico, los hechos más relevantes de este avance científico.

Herón de Alejandría y Tolomeo estudian la reflexión en espejos curvos y la refracción, sin un análisis cuantitativo, hacia el siglo II a.c.

Euclides publica las leyes de la reflexión hacia el siglo III a.c.

Sobre el siglo XI, el científico árabe Alhazen publica su *obra de nombre "Óptica"*, considerado de referencia hasta el siglo XVII.

Snell (NL, 1591-1626) publica en 1621 la ley de la refracción.

Descartes (FR, 1596-1650) descubre en 1626 la misma ley independientemente.

Fermat (FR, 1601-1665) enuncia en 1657 el principio de tiempo mínimo para el camino óptico.

Newton (UK, 1642-1727) presenta su teoría de emisión, basada en corpúsculos.

Hooke (UK, 1635-1703) observa fenómenos de interferencia en 1665

Grimaldi (IT, 1618-1663) experimenta la difracción en 1665.

Christian Huygens (NL, 1629-1695) enuncia la teoría ondulatoria en 1690; donde indicaba que la luz es de naturaleza ondulatoria emitidos por cuerpos luminosos, forma continua en todas sus direcciones.

Isaac Newton publica la teoría Corpuscular, en 1704 su óptica y asienta el modelo corpuscular de la luz sobre las ideas de Descartes. Supone que la luz está formada por corpúsculos materiales que son lanzados a gran velocidad por los cuerpos emisores de luz.

Young (UK, 1773-1829) estudia el fenómeno de las interferencias en 1802.

Malus (FR, 1775-1812) descubre la polarización en 1808.

Fresnel (FR, 1788-1827) sugiere que la luz es un fenómeno ondulatorio.

Maxwell (SCO, 1831-1879) desarrolla la teoría electromagnética de la luz en 1873.

Hertz (DE, 1857-1894) experimenta con ondas electromagnéticas de alta frecuencia.

Einstein (DE-CH-USA, 1879-1955) propone la existencia de corpúsculos de luz, o fotones, en 1905.

Compton (USA, 1892-1962) estudia experimentalmente la difusión de fotones por electrones en 1923.

Hacia 1924, de Broglie introduce las bases de la dualidad onda corpúsculo y sienta los cimientos de la Mecánica Ondulatoria. De esta forma se daba explicación a los estados estacionarios de los electrones en los átomos postulados por Bohr (DK, 1885-1962). El estudio completo de la estructura atómica y de la interacción de las ondas electromagnéticas con la materia se debe fundamentalmente a Heisenberg, Schrödinger, Dirac y Feynman.

Naturaleza de la luz.

La teoría electromagnética es satisfactoria para explicar todos los fenómenos relacionados con la propagación de la luz, pero es incapaz de explicar los fenómenos de emisión y absorción, así como la interacción entre la materia y la radiación.

La luz en un medio homogéneo se propaga en línea recta y a velocidad constante. En el aire o vacío la luz viaja a 300 000km/seg, es una onda electromagnética, esto significa que es una combinación de una onda eléctrica y una onda magnética (y una onda electromagnética viaja a la velocidad de la luz).

Usos:

Es muy importante controlar la luz, ya que los usos que se le da a la óptica son tan variados, como:

- Lentes de contacto
- Fotocopiadoras
- Microscopios y lupas
- Proyectores
- Reproductores de cd
- Rayos X
- Laser (Luz Amplificada por Efecto de Radiación Estimulada)

3.2 Óptica geométrica

La óptica geométrica estudia todos aquellos fenómenos luminosos, para cuya explicación se desprecia el carácter ondulatorio de la luz y se adopta que esta se propaga en forma rectilínea a través de un medio, como un rayo luminoso. Se entiende por luz no solo la radiación electromagnética visible, sino también la infrarroja y la ultravioleta.

Se basa su estudio en tres leyes fundamentales: La ley de propagación rectilínea de la luz, la ley de la reflexión y la ley de refracción.

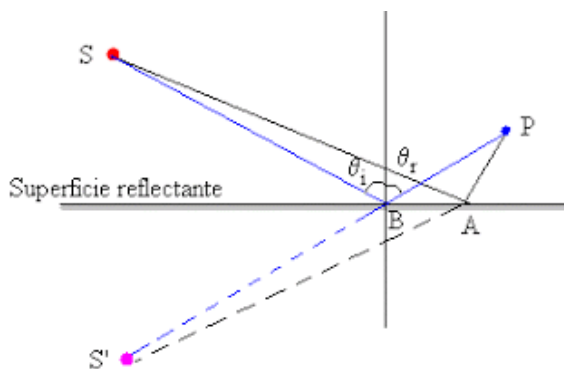
Cuerpos luminosos se definen todos aquellos cuerpos que emiten luz propia sin haberla recibido de otros. Por ejemplo: El sol, bombilla eléctrica, luciérnaga etcétera.

Cuerpos iluminados son aquellos cuerpos que no emiten luz propia pero que en su defecto reflejan la luz que reciben. Por ejemplo: La luna, superficies, etcétera.

Principio de Fermat

El principio dice “un rayo de luz al viajar de un punto a otro, siempre lo hará por el camino que tome menos tiempo”.

Demostración geométrica:



Supongamos un rayo de luz que parte del punto S, luego se refleja en un espejo plano reflectante en el punto B y finalmente llega al punto P. La distancia recorrida por el rayo de luz es $SB + BP$. Según el principio de Fermat este es el camino que toma menos tiempo. Si consideramos además que la velocidad de propagación de la luz es la misma en todo el recorrido, el trayecto seguido por la luz es también el más corto.

Para demostrar esto vamos a trazar otra trayectoria en que el rayo se refleje en un punto A.

1. Se dibuja un punto imaginario S' ; detrás del espejo y a la misma distancia del espejo que el punto S.
2. La trayectoria $SB + BP$ es igual al trazo $S'P$.
3. De acuerdo a esto, la trayectoria $SA + AP$ es igual a la trayectoria $S'A + AP$.
4. Si observamos el triángulo $S'AP$, vemos que el lado $S'P$ necesariamente tiene que ser menor que la suma de los otros dos lados $S'A + AP$. Por lo tanto la trayectoria que pasa por el punto B es más corta que la trayectoria que pasa por el punto A.

Para la línea SBP, el ángulo de incidencia θ_i (que forma el rayo incidente, con la normal a la superficie reflectante) es igual al ángulo de reflexión θ_r (que forma el rayo reflejado con dicha normal).

En un medio homogéneo e isótropo la trayectoria de la luz es rectilínea y su velocidad es constante.

El espacio que recorre la luz en los distintos medios depende de su velocidad de propagación y de su índice de refracción.

Siendo t el tiempo que tarda la luz en ir desde un punto A a otro punto B, separados de una distancia r en un medio, se cumple que: $r = vt$

Reflexión de la luz es un fenómeno óptico de gran importancia ya que implica la absorción y reemisión de la luz por medio de complejas vibraciones electrónicas en los átomos del medio reflejante; sin embargo, el fenómeno se describe con facilidad mediante rayos. La respuesta está en que la luz incide en los objetos y al rebotar en ellos, llega a nuestros ojos, de esta manera podemos notar su presencia. A este fenómeno que consiste en el cambio de dirección que experimenta los rayos luminosos al incidir en las superficies como se aprecia en la figura O-6.



Figura O-6

La calidad de Reflexión de las superficies depende del tipo y color del material figura O-7. Las superficies blancas reflejan la mayoría de la radiación luminosa y casi no la absorbe; en cambio las superficies de color negro absorben la mayoría de la radiación y casi no reflejan la luz.

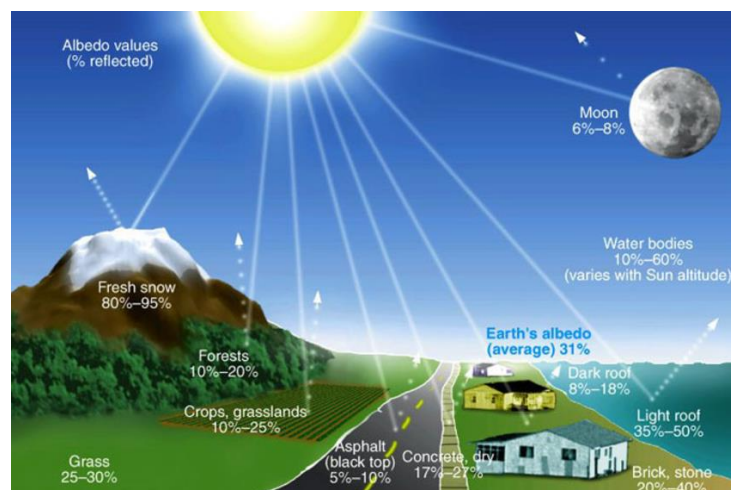


Figura O-7. Tipos de materiales con su porcentaje de reflexión

Como se observa el pavimento depositado en las carreteras (figura O-7), entre más oscuro se encuentren los materiales absorberán más la radiación luminosa y por ende reflejaran porcentajes muy bajos, por lo que estará más caliente este tipo de materiales. En cambio los materiales más claros o blancos reflejan porcentajes altos de la radiación y casi no la absorben por lo que los seres humanos estarán más confortables.

El índice de refracción: es la relación que existe entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un determinado medio. Donde $n = c/v$. Un índice de refracción pequeño indica una velocidad grande.

Un índice de refracción del aire es aproximadamente igual en el vacío.

Valores de índices de refracción (IOR)

Publicado por Noke el 12 de julio de 2012 en Blender 3D Recursos y Tutoriales, Nuevo en Blender?, Tips & Tricks, Tutoriales



Los valores más comunes son los de:

Material	Indices de refracción
Vacío	1
Aire (*)	1,0002926
Agua	1,3330
Acetaldehído	1,35
Hielo	1,309
1-butanol (a 20 °C)	1,399

Glicerina	1,473
Heptanol (a 25 °C)	1,423
Solución de azúcar	1,38 (30%); 1,52 (80%)
Benceno (a 20 °C)	1,501
Metanol (a 20 °C)	1,329
Cuarzo	1,544
Vidrio (corriente)	1,52 (1,450 predeterminado en BLENDER)
Disulfuro de carbono	1,6295
Cloruro de sodio	1,544
Diamante	2,42

(*) en condiciones normales de presión y temperatura (1 bar y 0 °C)

Tabla 32.

Reflexión

La primera ley de la reflexión dice que el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie del cuerpo reflectora están contenidas en un plano común que es perpendicular a la superficie del cuerpo.

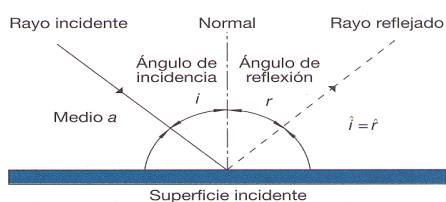


Figura O-8

La segunda ley de la reflexión dice que la magnitud del ángulo de reflexión es igual a la magnitud del ángulo de incidencia. Fue sustentado por el árabe Al Hasen.

El ángulo de incidencia ($\hat{i}$) y de reflexión ($\hat{r}$) son iguales

Tipos de reflexion

- Reflexión regular es aquella que experimentan los rayos luminosos sobre superficies pulidas o lisas como el espejo plano. En este caso, si se emiten rayos incidentes paralelos entre si figura O-9; los rayos reflejados siguen siendo paralelos entre sí.

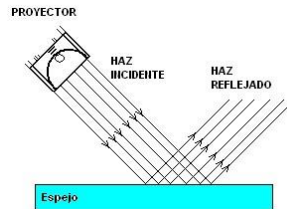


Figura O-9. Reflexion regular

- Reflexión irregular o difusa. En este caso si se emiten rayos incidentes paralelos entre sí; los rayos reflejados ya no son paralelos entre sí. Por lo que el plano rugoso refleja la luz en todas las direcciones de acuerdo con la figura 10.

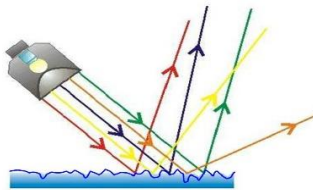
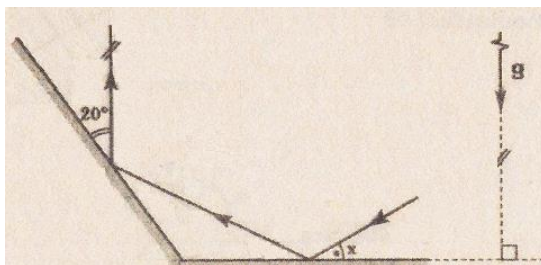
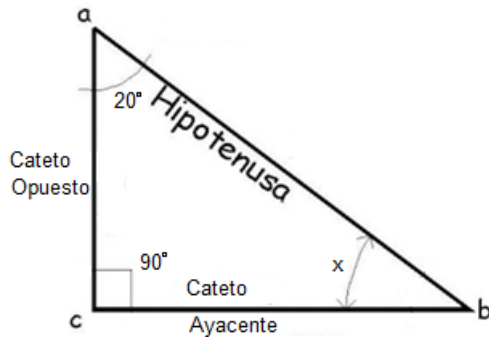
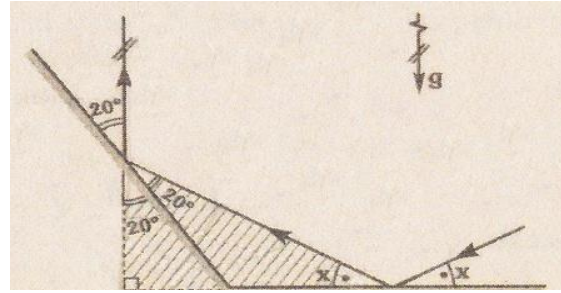


Figura O-10

Ejemplo 3.2-1. Al incidir un rayo luminoso sobre un espejo, dicho rayo es reflejado hacia otro espejo plano. Determine "x".



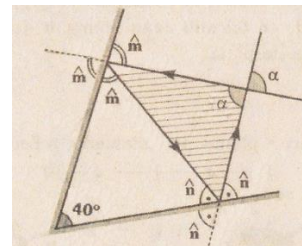
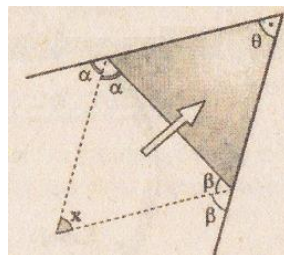
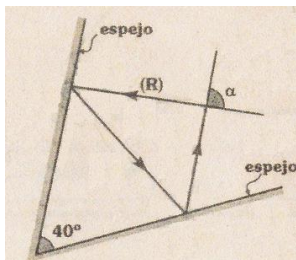
Solución:



La solución: $X + (20 + 20) = 90$

$$X = 50^\circ$$

Ejemplo 3.2-2. Determine la medida del ángulo “ α ”; si el rayo luminoso que se muestra, se refleja en dos espejos planos que forman un ángulo de 40° .



Solución: $40^\circ = 90^\circ - \alpha/2$: donde $\alpha = 100^\circ$

Espejos son todas aquellas superficies plana, esféricas, parabólicas que estén perfectamente reflectantes.

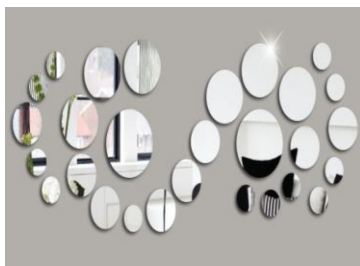
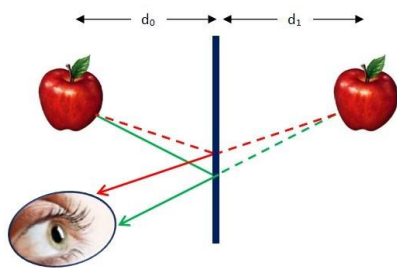


Figura O-11 Tipos de espejos

Los espejos son los instrumentos ópticos más antiguos que se conocen, hace 4,000 años los egipcios pulían los metales para reflejar sus caras; sin embargo, no fue hasta 1857 cuando Jean Foucault desarrollo un método para recubrir vidrio con una capa de plata, lograron las imágenes más brillantes que se utilizan en la actualidad.

Espejos planos son todas aquellas superficies planas reflectoras en donde ocurre la reflexión.



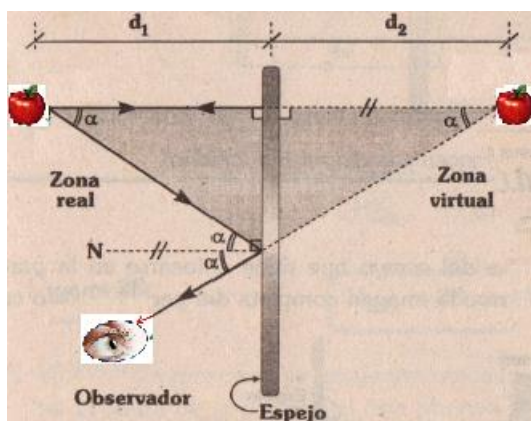
Todo espejo divide al espacio que lo rodea en dos regiones o zonas, denominadas zona real o aquella que esta frente al espejo siendo la ubicación del observador y zona virtual o aquella que esta detrás del espejo.

Figura O-12

En un espejo plano, el objeto y su respectiva imagen, son siempre simétricos respecto al espejo de acuerdo con la figura 12..

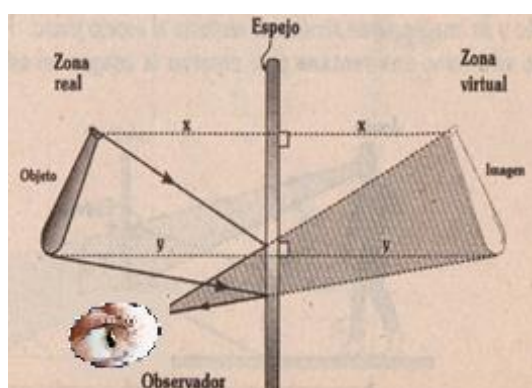
Formación de imágenes en un espejo plano

1. Para formar la imagen de un objeto puntual frente a un espejo plano, debemos interceptar las prolongaciones de los rayos reflejados provenientes del objeto.



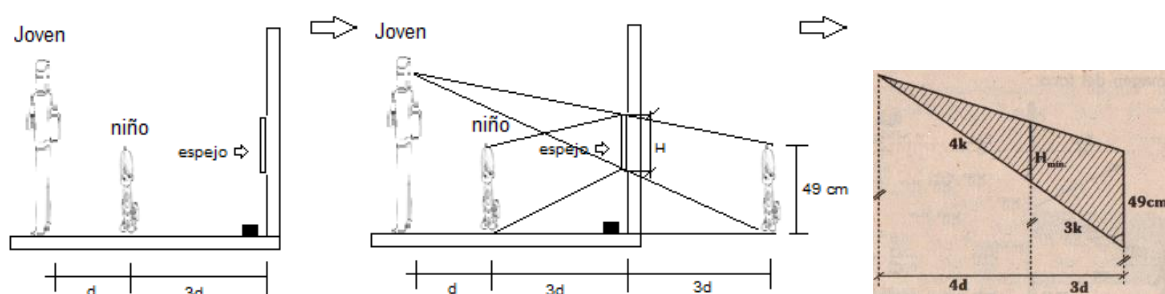
De la imagen plana muestra un triángulo isósceles en la parte sombreada, dando se una igualdad en la distancia $d_1 = d_2$

2. Para un objeto no puntual su imagen, se determina la imagen de cada punto perteneciente al objeto.



En un espejo plano, el objeto y su respectiva imagen, son siempre simétricos respecto al objeto “El objeto y su imagen son del mismo tamaño”.

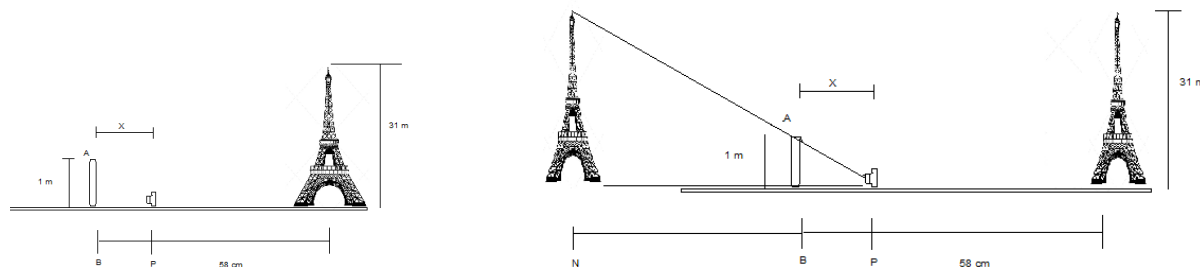
Ejemplo 3.2-3. Determine la altura mínima del espejo que debe colocarse en la

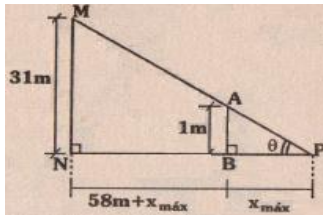


pared, para que el joven observe la imagen del niño cuya altura es 49 cm.

Por semejanza de triángulos: $4k / H = 7k / 49 \text{ cm}$; **$H = 28 \text{ cm}$**

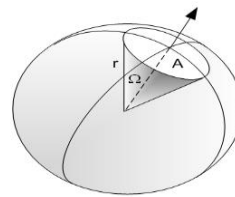
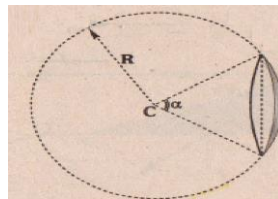
Ejemplo 3.2-4. ¿Determine la distancia máxima de la cámara que debe situarse el espejo para fotografiar toda la torre? Se tiene una cámara fotográfica situada en “P”, delante de un espejo plano “AB” de 1 metro d altura. Si se requiere fotografiar la torre de 31 metros de alto.





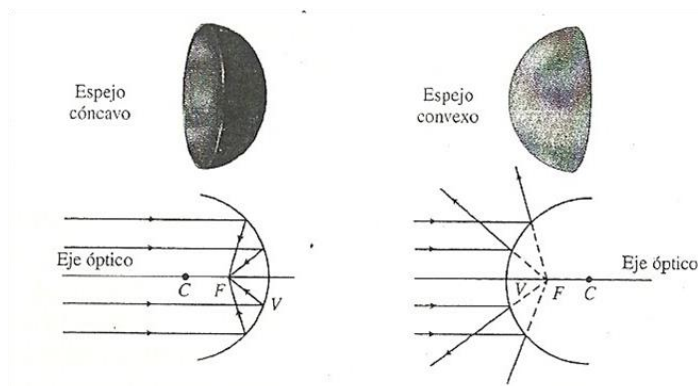
Solucion: $\tan \theta = 1\text{ m} / X = 31\text{ m} / 58\text{ m} + 2 X$;
 $X = 2\text{ m}$

Espejos esféricos



Los espejos esféricos son casquetes esféricos cuya superficie interna o externa es reflectante. Para tener buenas imágenes debe cumplir con la siguiente condición que el ángulo sea muy pequeño α Menor o igual a 20° .

Según la superficies reflectoras, los espejos esféricos pueden ser cóncavos o convexos. Si la cara interna del casquete es reflectora el espejo es cóncavo,



C: Centro de curvatura
 R: Radio de curvatura
 O: Centro del espejo
 F: Foco
 f: Distancia focal
 Eje: Eje principal o eje óptico

asimismo, si la cara externa del casquete es reflectora se le llama convexo.

Figura O-13

Espejo cóncavo o convergente, dispositivo óptico que se caracteriza porque los rayos paralelos que inciden en su cara reflectora se reflejan convergiendo o intersectándose en un punto llamado foco (F).

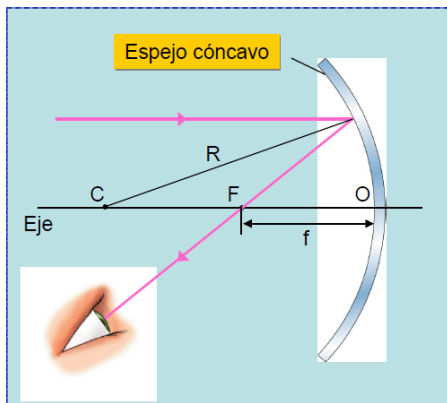


Figura O-14

Espejo convexo o divergente, dispositivo óptico que se caracteriza porque los rayos paralelos que inciden en su parte reflectora se refleja divergiendo, es decir, se alejan entre sí. Las prolongaciones de los rayos reflejados se cortan en un punto llamado foco (F).

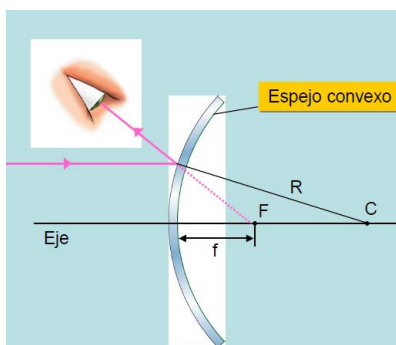


Figura O-15

3.3 Óptica física

Existen fenómenos relacionados con la luz como patrones de interferencia en una burbuja de jabón donde no puede explicarse a través de rayos, pues esta técnica ignora la naturaleza ondulatoria de la luz. Otros fenómenos similares incluyen la difracción y la polarización.

La óptica física u óptica ondulatoria toma en cuenta el movimiento y las características ondulatorias de la luz. La teoría ondulatoria de la luz conduce a explicaciones satisfactorias de los fenómenos que no pueden analizarse con rayos.

Difraccion de la luz

La difracción es la cualidad del movimiento de las ondas que les permite, aun cuando se propagan en línea recta, sortear obstáculos, doblar esquinas o difundirse a través de una rendija.

Ejemplo

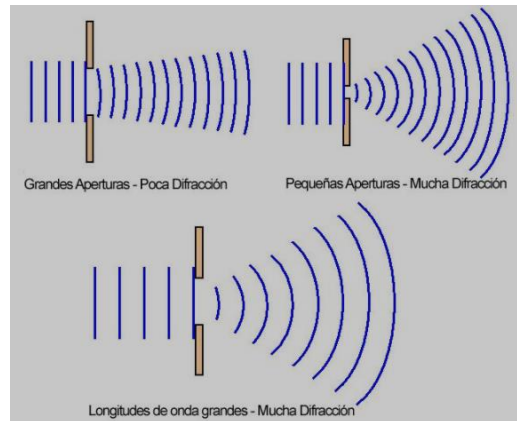


Figura O-16

El principio de Huygens predice que cuando una onda plana choca contra un obstáculo con una abertura y los frentes de onda se irrumpen parcialmente, éstos se “doblan hacia atrás”. En consecuencia, los frentes de onda se vuelven curvados o semicirculares. Es la difracción. Hay que tener en cuenta que es preciso que el tamaño de la abertura sea comparable al de la longitud de onda. En la siguiente imagen se muestra un dibujo que representa el fenómeno de la difracción:

En física, la difracción es un fenómeno característico de las ondas que se basa en la desviación de estas al encontrar un obstáculo o al atravesar una rendija. La difracción ocurre en todo tipo de ondas desde sonoras, ondas de la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz visible y las ondas de radio. También sucede cuando un grupo de ondas de tamaño finito se propaga: por ejemplo, por causa de la difracción, el haz colimado de ondas de luz de un láser debe finalmente divergir en un rayo más amplio a una cierta distancia del emisor.

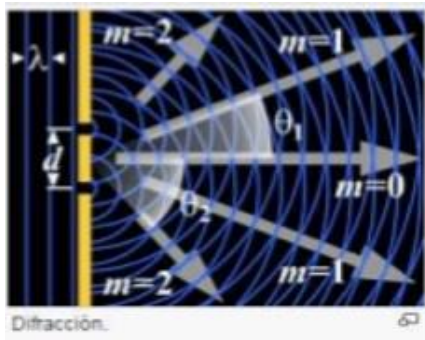


Figura O-17

Es la desviación o perturbación de las ondas luminosas por un obstáculo opaco o por una pequeña rendija. Ejemplo

Para los siguientes casos se presentan las ondas luminosas donde se desvían en cuanto pasan por la ranura o rendija; por lo tanto en estos casos se presenta el fenómeno de difracción.

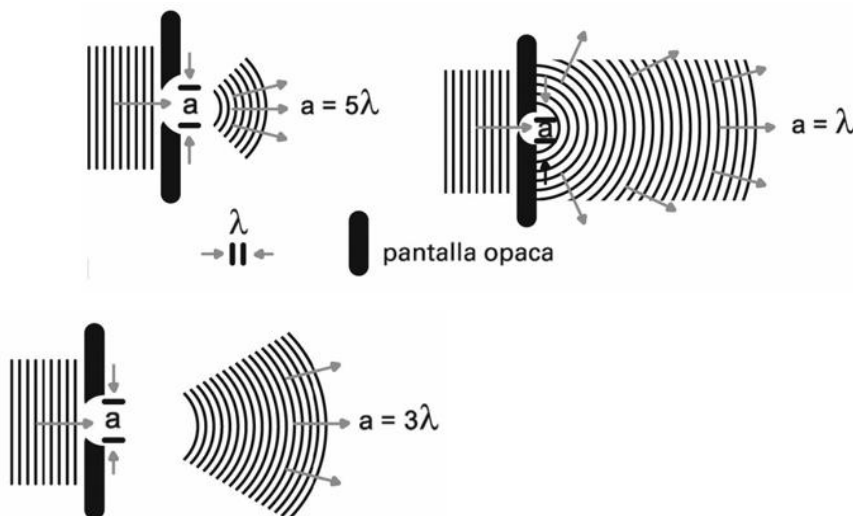


Figura O-18

Interferencia de la luz

Este fenómeno se presenta en el momento en que dos o más ondas luminosas se superponen, que bajo determinadas condiciones en una pantalla se intercalan franjas brillantes y oscuras.

Para observar este fenómeno de las ondas de luz, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- La emisión de las fuentes deben ser constantes.
- Las fuentes deberán ser monocromáticas a una sola magnitud de onda.

La demostración de la interferencia más sencilla es la explicada por Thomas Young. Para este caso la luz generada es pasada por dos rendijas. Las ondas transmitidas que pasan por las rendijas y se presentan en una pantalla donde se superponen produciéndose regiones de franjas brillantes (regiones de máximos) y mínimos de intensidad mediante franjas oscuras

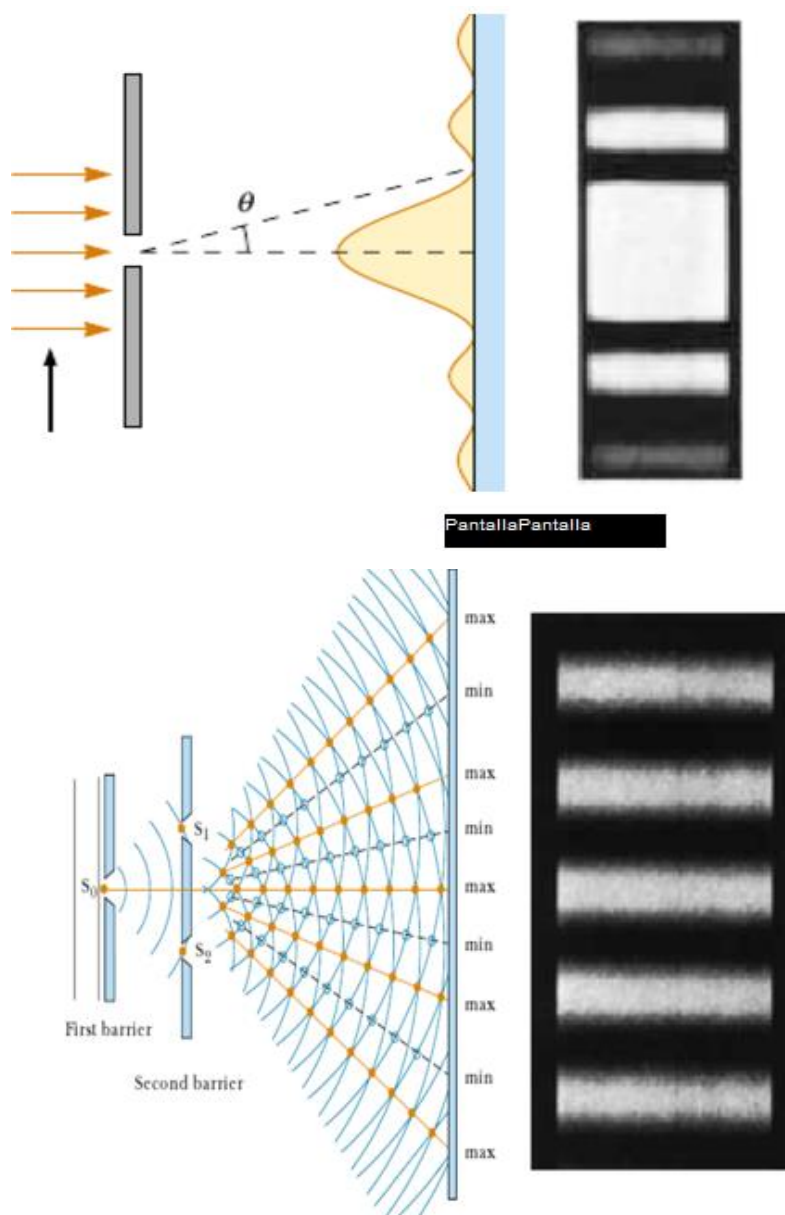


Figura O-19

Las rendijas angostas actúan como fuente de ondas coherentes, las cuales producen un patrón de interferencia en la pantalla.



Figura O-20

Interferencia en una película de aceite con agua

Una película delgada de aceite sobre agua presenta interferencia como se observa la variación de los colores. Si la luz no tendría un compartimiento ondulatorio, no se daría la difracción y la interferencia de la luz.

Refracción

La **refracción de la luz** es el cambio de dirección de los rayos de luz que ocurre tras pasar estos de un medio a otro en el que la luz se propaga con distinta velocidad. Se rige por dos principios o **leyes de la refracción**:

- El rayo incidente, el refractado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano. Esta ley también es una consecuencia inmediata del principio de Fermat.

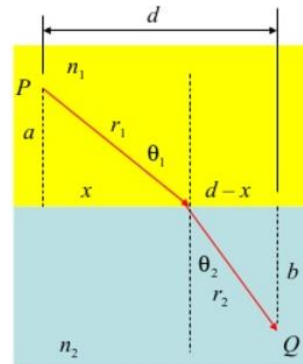
Ley de refracción y principio de Fermat

El tiempo que toma el rayo es

$$t = \frac{r_1}{v_1} + \frac{r_2}{v_2} = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c/n_1} + \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{c/n_2}$$

Derivando e igualando a cero.

$$\begin{aligned} \frac{dt}{dx} &= \frac{n_1}{c} \frac{d\sqrt{a^2 + x^2}}{dx} + \frac{n_2}{c} \frac{d\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{dx} \\ &= \frac{n_1 x}{c(a^2 + x^2)^{1/2}} - \frac{n_2 (d-x)}{c[b^2 + (d-x)^2]^{1/2}} \end{aligned}$$



Lo cual se puede escribir como

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

- La ley de Snell de la refracción, que marca la relación entre el ángulo de incidencia $\hat{i}$, el de refracción $\hat{r}$, y los índices de refracción absolutos de la luz en los medios 1 y 2, n_1 y n_2 , según:

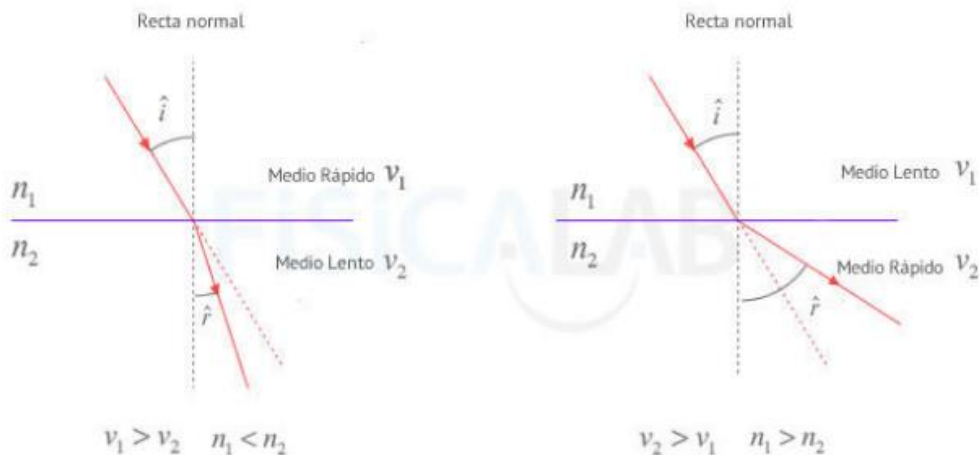


Figura O-21

$$\frac{\sin(\hat{i})}{\sin(\hat{r})} = \frac{n_2}{n_1}$$

La refracción de la luz ocurre cuando esta pasa de un medio transparente con un determinado índice de refracción a otro, también transparente, con uno distinto.

Observa, en la imagen de la izquierda, que cuando la velocidad de propagación en el nuevo medio es menor, y por tanto es mayor el índice de refracción, el rayo se acerca a la normal. En la imagen de la derecha vemos el caso contrario, en el que el rayo se aleja de la normal.

Refracción

- La refracción se origina en el cambio de velocidad de propagación de la onda.
- Un ejemplo de este fenómeno se ve cuando se sumerge un lápiz en un vaso con agua: el lápiz parece quebrado.
- Los espejismos son producidos por un caso extremo de refracción, denominado reflexión total.



Figura O-22

Polarización

La Polarización es aquel fenómeno de las ondas transversales como las electromagnéticas (O.E.M.), las cuales se pueden obtener a través del uso de materiales como láminas polarizadas y algunos cristales de calcita y cuarzo. Por lo general el rayo emitido por cualquier fuente tiene al vector del campo eléctrico “E”, oscilando arbitrariamente en cualquier dirección y la luz no está polarizada. La luz estará polarizada linealmente cuando el vector del campo magnético oscila siempre en una dirección y se propaga en un mismo plano como se muestra en la figura O-23.

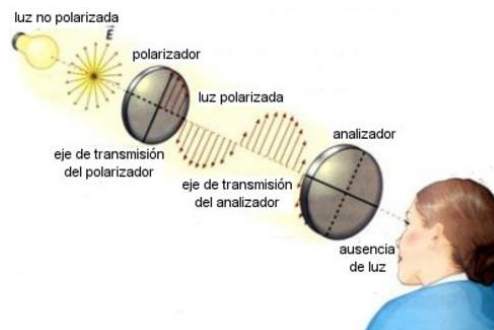


Figura O-23

La polarización tiene una propiedad única para presentarse en los movimientos ondulatorios de vibración transversal, que consiste en la vibración del campo eléctrico y del magnético en una dirección preferente sobre las demás figura O-24.

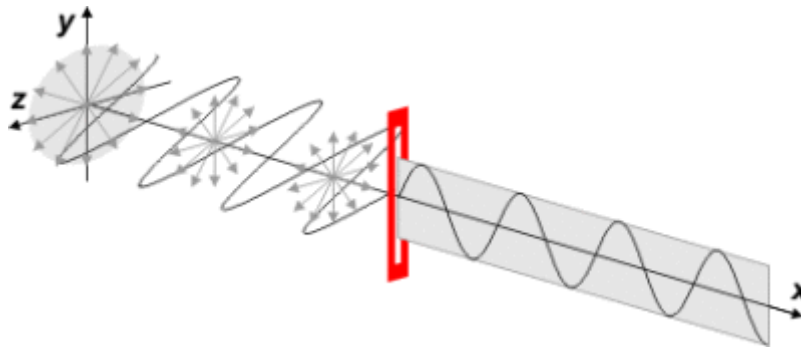


Figura O-24

El estado de polarización de la luz se puede detectar por medio de polarizadores o analizadores y de retardadores de fase. También es posible detectar el estado de polarización a simple vista.

En condiciones muy especiales el ojo humano y los insectos son capaces de detectar la luz polarizada. Por ejemplo los ojos de las abejas y de algunos insectos son muy sensibles a la luz polarizada, su sensibilidad es tan alta, que se pueden orientar durante el vuelo mediante la observación de la luz polarizada del cielo.

usos de los polarizadores y de la luz polarizada

- En una escena normal en exteriores se observan muchas reflexiones espectaculares en dieléctricos, tales como pinturas, agua, madera, concreto, etc. Como el sol y el cielo están arriba, las reflexiones en su mayoría son sobre superficies horizontales. Por lo tanto, la mayor parte de los brillos indeseados consisten en luz parcialmente polarizada en forma lineal, con un plano de vibración horizontal.
- Estos brillos se pueden eliminar fácilmente usando anteojos con polarizadores cuyos ejes estén orientados en forma vertical.
- En fotografía también son muy útiles los polarizadores con el fin de eliminar reflexiones indeseables, o para incrementar el contraste.

- La eliminación de reflejos sobre el metal, especialmente con ángulos entre 30° y 40°.
- La eliminación de reflejos sobre superficies no metálicas como agua y cristal, especialmente con ángulos entre 30° y 40°.
- La eliminación de luz del cielo sin nubes, tornando el azul del cielo a un tono más oscuro, con lo que las nubes blancas se realzan frente al azul del cielo. Este efecto varía en intensidad en función del ángulo respecto al sol.
- El realce del colorido de las plantas al filtrar los reflejos azulados del cielo.

3.4 Diferencia, ventajas y desventajas de instrumentos analógicos y digitales ópticos.

Instrumentos analógicos ópticos

En la vida cotidiana el tiempo se representa en forma analógica por relojes (de agujas), y en forma discreta (digital) por displays digitales. En la tecnología analógica es muy difícil almacenar, manipular, comparar, calcular y recuperar información.

Ventajas

- k) Adquisición de bajo costo
- l) En algunos casos no requieren de energía de alimentación.
- m) No requieren gran sofisticación.
- n) Presentan con facilidad las variaciones cualitativas de los parámetros para visualizar rápidamente si el valor aumenta o disminuye.
- o) Es sencillo adaptarlos a diferentes tipos de escalas no lineales.
- p) Con respecto al costo de calibración es moderado
- q) Son de uso rudo y son muy apreciados de acuerdo con la funcionalidad del área.

- r) Su promedio de vida es alto
- s) Con respecto a su uso ponen de manifiesto que los operadores desarrollan habilidades de cálculo e interpretación en su manejo y tratan de evitar la monotonía y errores por confianza en estos.
- t) Son de gran utilidad y seguridad en áreas de trabajo donde están en contacto con el personal operativo.

Desventajas

- g) Tienen poca resolución para algunos casos, típicamente no proporcionan más de 4 cifras.
- h) El error de paralaje limita la exactitud a $\pm 0.5\%$ a plena escala en el mejor de los casos.
- i) Las lecturas con varias escalas se presentan a errores graves para el usuario que no utiliza con frecuencia el uso del instrumento de medición.
- j) Limitación en el manejo de base de datos ya que para algunas actividades se requiere estudios de estadística y se requiere una rapidez y precisión del manejo de estos.
- k) La rapidez de lectura es baja e incompleta para una toma de decisión.
- l) No pueden emplearse como parte de un sistema de procesamiento de datos de tipo digital.

Instrumentos digitales ópticos

Los Sistemas Digitales tienen una alta importancia en la tecnología moderna, especialmente en la computación y sistemas de control automático.

Ventajas

- a) Tienen alta resolución alcanzando en algunos casos más de 9 cifras en lecturas de frecuencia y una exactitud de $\pm 0.002\%$ en mediciones de voltajes.

- b) No están sujetos al error de paralaje.
- c) Pueden eliminar la posibilidad de errores por confusión de escalas.
- d) Tienen una rapidez de lectura que puede superar las 1000 lecturas por segundo.
- e) Puede entregar información digital para procesamiento inmediato en computadora.

Desventajas

- b) El costo es elevado en la adquisición.
- c) Las escalas no lineales son difíciles de introducir.
- d) En todos los casos requieren de fuente de alimentación.
- e) Son Instrumentos muy sensibles a la temperatura y condiciones ambientales.
- f) El personal que utiliza el equipo digital se confía mucho y pierde la seguridad en el manejo de la información.
- g) El personal toma una actitud mecánica y repetitiva.
- h) Con respecto al proceso de calibración es más costoso que el análogo.
- i) Se deben de asegurar siempre con contar con una fuente AC/DC disponible de energía esto lo hace más costoso y si no está disponible una fuente alterna o directa lo hace prácticamente nula su función.

De las ventajas y desventajas anteriores puede observarse que para cada aplicación hay que evaluar en función de las necesidades específicas del área donde se pretende utilizar, otros aspectos que tomar en cuenta es tipo de instrumentos que se requiere, con esto se enfatiza que no siempre el instrumento digital es el más adecuado siendo en algunos casos contraproducente el uso del mismo.

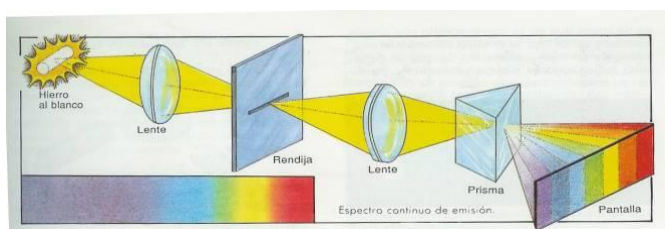
Los instrumentos digitales tienden a dar la impresión de ser muy exactos por su indicación concreta y sin ambigüedades, pero no hay que olvidar que si su calibración es deficiente, su exactitud puede ser tanta o más mala que la de un instrumento analógico.

3.5 Instrumentos ópticos.

Espejo: Dispositivo óptico, generalmente de vidrio, con una superficie lisa y pulida, que forma imágenes mediante la reflexión de los rayos de luz. Además de su uso habitual en el hogar, los espejos se emplean en aparatos científicos; por ejemplo, son componentes importantes de los microscopios y los telescopios.



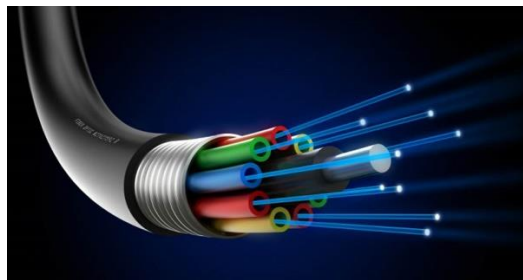
Prisma (Óptica): Bloque de vidrio u otro material transparente que tiene la misma sección transversal (generalmente un triángulo) en toda su longitud. Los dos tipos de prisma más frecuentes tienen secciones transversales triangulares con ángulos de 60° o de 45°. Los prismas tienen diversos efectos sobre la luz que pasa a través de ellos.



Cuando se dirige un rayo de luz hacia un prisma, sus componentes de distintos colores son refractados (desviados) en diferente medida al pasar a través de cada superficie, con lo que se produce una banda coloreada de luz denominada espectro. Este fenómeno se conoce como dispersión cromática, y se debe al hecho de que los diferentes colores de la luz tienen distintas longitudes de onda, y son más o menos

frenados al pasar a través del vidrio: la luz roja es la que resulta menos frenada, y la violeta la que más.

Fibra Óptica: Fibra o varilla de vidrio u otro material transparente con un índice de refracción alto que se emplea para transmitir luz. Cuando la luz entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas incluso aunque la fibra esté curvada. El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento. La aplicación más sencilla de las fibras ópticas es la transmisión de luz a lugares que serían difíciles de iluminar de otro modo.



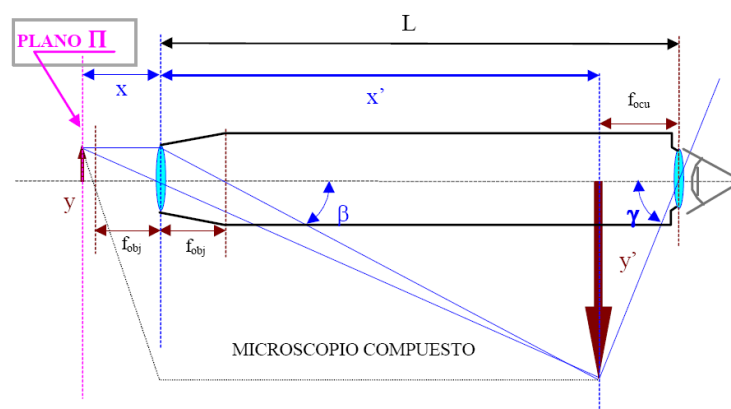
También pueden emplearse para transmitir imágenes, cada punto de la imagen proyectada sobre un extremo del haz se reproduce en el otro extremo, con lo que se reconstruye la imagen, que puede ser observada a través de una lupa. La transmisión de imágenes se utiliza mucho en instrumentos médicos para examinar el interior del cuerpo humano y para efectuar cirugía con láser, en sistemas de reproducción mediante facsímil y fotocomposición, en gráficos de ordenador o computadora y en muchas otras aplicaciones. Las fibras ópticas también se emplean en una amplia variedad de sensores, que van desde termómetros hasta giroscopios. Su potencial de aplicación en este campo casi no tiene límites, porque la luz transmitida a través de las fibras es sensible a numerosos cambios ambientales, entre ellos la presión, las ondas de sonido y la deformación, además del calor y el movimiento.

Las fibras pueden resultar especialmente útiles cuando los efectos eléctricos podrían hacer que un cable convencional resultara inútil, impreciso o incluso peligroso. También se han desarrollado fibras que transmiten rayos láser de alta potencia para cortar y taladrar materiales. La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica.

Microscopio: Cualquiera de los distintos tipos de instrumentos que se utilizan para obtener una imagen aumentada de objetos minúsculos o detalles muy pequeños de los mismos. El tipo de microscopio más utilizado es el microscopio óptico, que se sirve de la luz visible para crear una imagen aumentada del objeto.

El microscopio óptico más simple es la lente convexa doble con una distancia focal corta. Estas lentes pueden aumentar un objeto hasta 15 veces. Por lo general, se utilizan microscopios compuestos, que disponen de varias lentes con las que se consiguen aumentos mayores. Algunos microscopios ópticos pueden aumentar un objeto por encima de las 2000 veces.

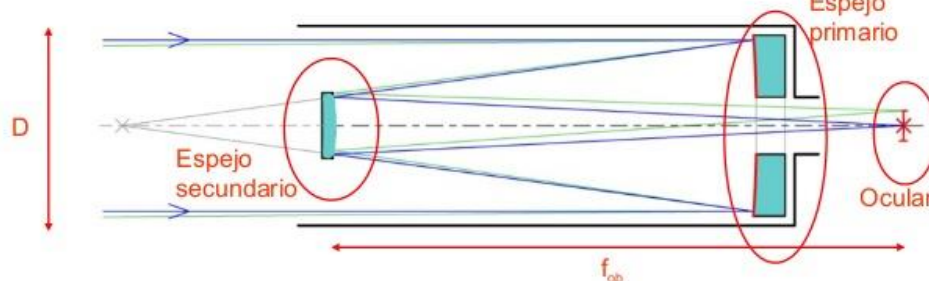
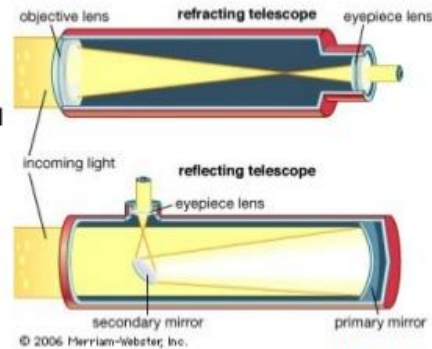
El microscopio compuesto consiste en dos sistemas de lentes, el objetivo y el ocular, montados en extremos opuestos de un tubo cerrado. El objetivo está compuesto de varias lentes que crean una imagen real aumentada del objeto examinado. Las lentes de los microscopios están dispuestas de forma que el objetivo se encuentre en el punto focal del ocular. Cuando se mira a través del ocular se ve una imagen virtual aumentada de la imagen real. El aumento total del microscopio depende de las distancias focales de los dos sistemas de lentes.



Telescopio: Es un instrumento óptico empleado para observar objetos muy grandes que se encuentran a muy lejanas distancias como por ejemplo estrellas, cometas, planetas, entre otros.

Telescopios ópticos e infrarrojos

- Básicamente existen dos tipos de telescopios: **refractores** y **reflectores**.
- En los telescopios refractores el principal elemento óptico es una **lente**.
- En los reflectores se trata de un **espejo**.
- Existe una categoría de telescopios mixtos que reciben el nombre de telescopios **catadióptricos**.



Cristal: Porción homogénea de materia con una estructura atómica ordenada y definida y con forma externa limitada por superficies planas y uniformes simétricamente dispuestas. Los cristales se producen cuando un líquido forma lentamente un sólido; esta formación puede resultar de la congelación de un líquido, el depósito de materia disuelta o la condensación directa de un gas en un sólido. Los ángulos entre las caras correspondientes de dos cristales de la misma sustancia son siempre idénticos, con independencia del tamaño o de la diferencia de forma superficial.

Interferómetro: Instrumento que emplea la interferencia de ondas de luz para la medida ultra precisa de longitudes de onda de la luz misma, de distancias pequeñas y de determinados fenómenos ópticos. Existen muchos tipos de interferómetros, pero en todos ellos hay dos haces de luz que recorren dos trayectorias ópticas distintas determinadas por un sistema de espejos y placas que finalmente se unen para formar franjas de interferencia. Para medir la longitud de onda de una luz monocromática se utiliza un interferómetro dispuesto de tal forma que un espejo situado en la trayectoria de uno de los haces de luz puede desplazarse una

distancia pequeña que puede medirse con precisión y varía así la trayectoria óptica del haz. Cuando se desplaza el espejo una distancia igual a la mitad de la longitud de onda de la luz, se produce un ciclo completo de cambios en las franjas de interferencia. La longitud de onda se calcula midiendo el número de ciclos que tienen lugar cuando se mueve el espejo una distancia determinada.

Red De Difracción: Dispositivo óptico empleado para separar las distintas longitudes de onda (colores) que contiene un haz de luz. El dispositivo suele estar formado por una superficie reflectante sobre la que se han trazado miles de surcos paralelos muy finos.

Espectroheliógrafo: Elemento importante del equipo utilizado en astronomía para fotografiar las protuberancias del Sol, como la fotosfera (la capa interior de gases calientes más cercana a la superficie del Sol) y la cromosfera (la capa exterior más fría). El espectroheliógrafo, junto con un telescopio, fotografía el Sol en luz monocromática (con una única longitud de onda).

5.3 Mediciones con óptica física.

La flexibilidad es el tema clave en la tecnología de multisensores. La flexibilidad en el mundo de la metrología significa tener la libertad de elegir entre medición por contacto y medición óptica, con sólo un sistema de medición. Por lo tanto, un único sistema es suficiente para la medición por contacto y la medición óptica de todas las características de inspección en una pieza de trabajo.

Para la medición de materiales sensibles al tacto, la solución ideal son los sistemas de medición óptica. Estos sistemas miden de forma no destructiva y con precisión. Gracias al versátil rango de sistemas de medición ópticos disponemos de la solución correcta para cada tarea de medición.

Fotometría.

Se conoce por fotometría a la parte de la Física que estudia las medidas de las magnitudes que están asociadas a la luz, de la misma forma que Radiometría es la parte de la Física que estudia las medidas de las magnitudes que están asociadas con la energía radiante.

Una magnitud fotométrica es una magnitud radiométrica ponderada teniendo en cuenta la sensación visual que provoca en el ojo.

La unidad fundamental de fotometría del Sistema Internacional es la Candela.

A continuación en la siguiente tabla se resumen todas las magnitudes, tanto radiométricas como fotométricas, indicando las unidades en las que se miden, así como las relaciones entre ellas.

FOTOMETRIA				RADIOMETRIA		
NOMBRE	SIMBOLO	UNIDAD	FORMULA	NOMBRE	SIMBOLO	UNIDAD
Energía luminosa	Q_v	Talbot		Energía radiante	Q_e	julios
Potencia luminosa	P_v	Lumen	dQ_v/dt	Potencia radiante	P_e	watios
Intensidad luminosa	I_v	Candela	$dP_v/d\bullet$	Intensidad radiante	I_e	wat/st
Luminancia	L_v	Nit	dI_v/dS_{ip}	Radiancia	L_e	wat/m ² .st
Iluminación	E_v	Lux	dP_v/dS_r	Irradiación	E_e	wat/est.
Exitancia luminosa	M_v	lum/m ²	dP_v/dS_e	Exitancia radiante	M_e	wat/m ²
Densidad espectral	$D_v(\bullet)$	D/nm	$dD/d\bullet$	Densidad espectral	$D_e(\bullet)$	D/nm
Rendimiento luminoso	$\bullet_L$	lum/w	P_v/P_e			
Curva patrón de luminosidad	$V(\bullet)$		Máximo para $\bullet = 555 \text{ nm}$			

Tabla 33.

Comparador óptico

Un comparador óptico o proyector de perfiles es un aparato que permite medir piezas pequeñas en unidades de milímetros o pulgadas, con una pantalla traslúcida. Al proyectar la pieza se produce una amplificación de la misma, esto permite una mejor medición y revisión.

Su principio de funcionamiento es la aplicación de los principios de la óptica. Lo que se hace es proyectar la sombra amplificada de una pieza sobre la pantalla

traslúcida, posteriormente se toman las medidas basándose en el principio y el final de la sombra proyectada.

Una de las ventajas de este aparato es que se puede hacer la medición directamente en la pantalla traslúcida o a través de comparaciones con referencias estándar. La medición se lleva a cabo en 2D sobre la sombra.

Es importante señalar que los resultados de la medición, en un método como este, pueden variar dependiendo del ángulo de visión o de la posición del observador al momento de proyectar la sombra, es decir, la medición puede variar según la perspectiva. Para evitar este inconveniente es recomendable utilizar lentes telecéntricos que ayuden a eliminar la variación de las medidas por la perspectiva.

Aplicaciones del comparador óptico

Por lo regular, los comparadores ópticos se utilizan en áreas de control de calidad, en talleres de torno e incluso en áreas de ensamblado, como se explica a continuación:

Comparadores ópticos en control de calidad

En las áreas de control de calidad es necesario contar con comparadores ópticos para llevar a cabo una adecuada revisión de los detalles de productos que contengan piezas pequeñas que no se pueden medir fácilmente o que no se pueden inspeccionar a simple vista.

Esto es fundamental ya que si se tiene, por ejemplo, una pequeña pieza mal ajustada en una máquina, esta se podría zafar estropeando la máquina por completo.

Comparadores ópticos en talleres de torno

Los talleres de torno se enfocan en la fabricación de piezas metálicas que funcionan por revolución. Entre las piezas que se fabrican en los talleres de torno están los tornillos, tuercas y demás otras que pueden llegar a ser demasiado pequeñas para ser medidas.

Para que se pueda medir con exactitud estas piezas se utiliza el comparador óptico. Así se garantiza que las piezas cumplan con los estándares requeridos.

Comparadores ópticas en áreas de ensamblado

Aunque no es muy común su uso en estas áreas, los comparadores ópticos ayudan a medir y comparar piezas como tornillos y tuercas involucradas en el proceso de ensamble.



3.6 Instrumentos Mecánicos

Los instrumentos de medición mecánica se utilizan para la realización práctica de mediciones de magnitudes mecánicas, hay una gran variedad de instrumentos que se usa para comparar, ya que toda tarea mecánica lleva consigo la necesidad de tomar medidas de las piezas y trabajos que se están realizando, con precisión y exactitud, de expresar correctamente los resultados de las medidas y cálculos.

Micrómetro

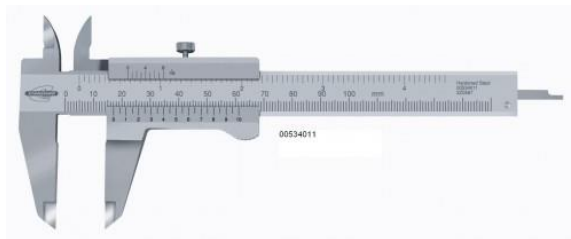
Su funcionamiento se basa en un tornillo micrométrico que sirve para valorar el tamaño de un objeto con gran precisión, en un rango del orden de centésimas, milésimas, diez milésimas de milímetro o de pulgada.



Para proceder con la medición posee dos extremos que son aproximados mutuamente merced a un tornillo de rosca fina que dispone en su contorno de una escala grabada, la cual puede incorporar un nonio. La longitud máxima mensurable con el micrómetro de exteriores es de 25 mm normalmente, si bien también los hay de 0 a 30, siendo por tanto preciso disponer de un aparato para cada rango de tamaños a medir: 0-25 mm, 25-50 mm, 50-75 mm, etc.

Vernier

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. Es el



instrumento de medida lineal que más se utiliza en el taller. Por medio del Vernier se pueden controlar medidas de longitud interna, externa y de profundidad. Pueden venir en apreciaciones de 1/20, 1/50 y 1/100 mm y 1/128 pulgadas, es decir, las graduaciones al igual que la regla graduada vienen en los dos sistemas de unidades en la parte frontal

Durómetro



El durómetro es un dispositivo de medición para determinar la dureza de un material. Existen distintos tipos de durómetros de acuerdo a las diversas familias de materiales, habiendo posibilidad de medir dureza tanto a un caucho como a un acero. Se aplica una fuerza normalizada sobre un elemento penetrador, también normalizado, que produce una huella sobre el material. En función del grado de profundidad o tamaño de la huella, obtendremos la dureza.

Indicadores de carátula



Los indicadores de caratula son instrumentos ampliamente utilizados para realizar mediciones. Son instrumentos que han sido diseñados principalmente para la comparación o verificación de piezas en cuanto a su dimensión y/o forma geométrica (excentricidad, conicidad, etc.). Sus unidades pueden ser en pulgadas o milímetros.

Palpadores



Consta de una punta esférica o un rodillo que sobresale ligeramente de un vástago hueco y es empujado contra la boquilla del vástago por un muelle elástico o por aire comprimido.

Se utiliza frecuentemente en combinación con un sensor de posición o desplazamiento, como un potenciómetro, un sensor de efecto Hall o un transformador diferencial de variación lineal.

Tensiómetro es aquel equipo actuado mediante fuerza mecánica para ejercer tracción o compresión. Dependiendo de la dirección ejercida, este cuenta con celdas de carga que envían una señal eléctrica y un software de adquisición de datos que convierte esta señal en valores numéricos, los cuales se podrán leer comúnmente en unidades de fuerza tales como Newton (N) o Libras-fuerza (Lbf).



Goniómetro

Es un instrumento de medición que se utiliza para medir ángulos. Consta de un círculo graduado de 180° o 360° , el cual lleva incorporado un dial giratorio sobre su eje de simetría, para poder medir cualquier valor angular. El dial giratorio lleva incorporado un nonio para medidas de precisión.



Lainas



Estos medidores consisten en láminas delgadas que tienen marcado su espesor en milímetros o pulgadas y que son utilizadas para medir pequeñas aberturas o ranuras.

El método de medición consiste en introducir una lámina dentro de la abertura, si entra fácilmente se prueba con la mayor siguiente disponible.



Cinta métrica



Es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También con ella se pueden medir líneas y superficies curvas. Las unidades que maneja son el metro (centímetros, y los pies (pulgadas).

Calibres angulares

Estos patrones consisten en una serie de láminas marcadas en mm con los correspondientes radios cóncavos y convexos, formados en diversas partes de la lámina. La



Inspección se realiza determinando que patrón se ajusta mejor al borde redondeado de una pieza; generalmente los radios van de 1 a 25 mm en pasos de 0.5 mm.

Clasificación de los Instrumentos de Medida

Los instrumentos que se utilizan para realizar las mediciones se pueden clasificar en tres grupos:

- **MEDIDORES:**

Son los aparatos encargados de comparar la dimensión que se desea medir con la unidad de medida. A este grupo pertenecen las reglas, los flexómetros, los calibres, etc.

- **COMPARADORES:**

Se utilizan fundamentalmente para comparar dimensiones.

- **VERIFICADORES:**

No se utilizan para la realización de medidas, sino para comprobar si una dimensión se encuentra o no dentro de ciertos límites

3.7 Medidores de presión

Los medidores de presión son instrumentos de precisión fabricados para medir la presión sanguínea, la presión de líquidos y gases en tuberías o tanques de almacenamiento y la presión atmosférica, a grandes rasgos, teniendo para cada uso diversos equipos disponibles de acuerdo a las necesidades. Dependiendo de las aplicaciones de los medidores de presión, son las unidades disponibles para sus

resultados, además de que algunos reciben nombres diferentes dependiendo también del tipo de presión que van a medir.

Manómetros

Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.



La presión suele medirse en atmósferas (kilogramo fuerza x centímetro cuadrado); en el sistema internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newtons por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional. En el sistema inglés se acostumbra utilizar los psi (libra x pulgada cuadrada).

Manómetro de tubo de bourdon

Este medidor de presión tiene una amplia variedad de aplicaciones para



realizar mediciones de presión estática; es barato, consistente y se fabrica en diámetros de 2 pulgadas (50 mm) en caratula y tienen una exactitud de hasta 0.1% de la lectura a escala plena; con frecuencia se emplea en el laboratorio como un patrón secundario de

presión.

Tubo de pitot



Se utiliza para calcular la presión total, también denominada presión de estancamiento, presión remanente o presión de remanso (suma de la presión estática y de la presión dinámica). Se utiliza mucho para medir la velocidad del viento en aparatos aéreos y para cuantificar las velocidades de aire y gases en aplicaciones industriales.

Para medir la velocidad, los tubos de Pitot deben conectarse a un manómetro, tal como el Armfield H12-8 o H12-9. Cuando se utiliza con el H12-9, el rango es de 0 - 5,2m/s. Cuando se utiliza con el H12-8, el rango es de 0 - 19,8m/s.

Medidor de turbulencia



Este medidor consiste de un rotor con alabes, semejante a una turbina, que se instala en el centro de la tubería y gira con una velocidad angular que es directamente proporcional al flujo. Para medir la velocidad de la turbina, sin generar ninguna fuerza resistente sobre el aspa que produzca error se utilizan principalmente convertidores electromagnéticos.

El rotor lleva incorporado un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina induce una corriente alterna en la bobina captadora exterior. Con el uso de ambos convertidores la velocidad del flujo será proporcional a la frecuencia generada que es del orden de los 250 a 1200 ciclos por segundo para velocidades máximas,

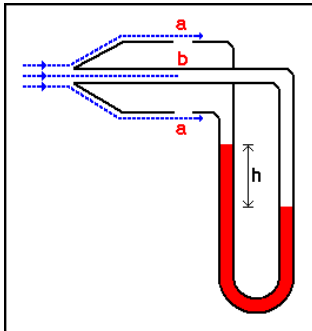
Medidor de velocidad a hélice



Se utiliza para medir y registrar velocidades puntuales muy bajas en agua y otros fluidos conductivos, utiliza el cambio de impedancia de un

impulsor giratorio de múltiples álabes para indicar la velocidad de rotación causada por el flujo del fluido. El pequeño diámetro del cabezal sensor permite utilizar el medidor en conductos y canales de reducidas dimensiones, con capacidad de medir velocidades de fluidos muy bajas, de hasta 25mm/seg.

Tubos de Pitot



Se utiliza para calcular la presión total en milímetros o pulgadas, también denominada presión de estancamiento, presión remanente o presión de remanso.

Se utiliza mucho para medir la velocidad del viento en aparatos aéreos y para cuantificar las velocidades de aire y gases en aplicaciones industriales.

Sistema con sondas para la medición de olas

Un instrumento sencillo y robusto para la medición y grabación de olas de agua



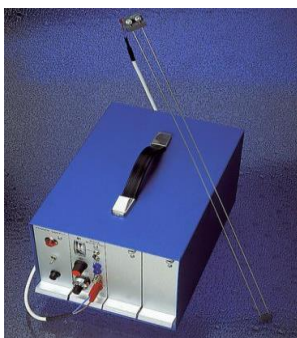
en modelos hidráulicos y tanques de buques, que funciona según el principio de medir la conductividad eléctrica entre dos alambres paralelos.

La razón por la que el método PUV está limitado a cierto periodo mínimo es la dramática atenuación que sufren las señales objeto de medida (presión y velocidad orbital), las cuales son función de la profundidad del fondeo y la frecuencia del oleaje (periodo).

Prof	Frecuencia de corte	Periodo de corte
------	---------------------	------------------

(m)	(s-1)	(s)
5	0,7	1,45
10	0,45	2,2
20	0,32	3,1
30	0,26	3,85
40	0,23	4,35
50	0,20	5,0
60	0,18	5,5

Sistema de medición de ondas



Instrumento para la medición y el registro de las olas del agua en modelos hidráulicos y tanques de barcos, los cuales se basan en el principio de la medida de la conductividad eléctrica entre dos cables paralelos.

Manómetro metálico



En la industria se emplean casi exclusivamente los manómetros metálicos o aneroides, que son barómetros modificados de tal forma que dentro de la caja actúa la presión desconocida que se desea medir y afuera actúa la presión atmosférica.

Cabe destacar principalmente que los manómetros nos indican la presión que se ejerce en libras por pulgada cuadrada en un momento determinado es decir PSI (Pound per square inches) - Libras por pulgada cuadrada.

Baumanómetro



Es un aparato médico que se utiliza para medir la presión sanguínea, que significa medir la fuerza que ejerce la sangre sobre las paredes de las arterias, de esa manera se puede identificar alguna anomalía en la presión sanguínea o en el corazón, por lo que se recomienda tener uno en casa. La presión arterial normal es cuando el primer número (presión arterial sistólica) está por debajo de 120 la mayoría de las veces, y el segundo número (presión arterial diastólica) está por debajo de 80 la mayoría de las veces (ese escribe como 120/80 mmHg).

Calibradores de llantas (manómetro)



Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases en unidades psi y kg/ cm².

3.8 Medidores de torsión

Los medidores de torsión, se utilizan para medir la torsión de un objeto cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

La torsión se caracteriza geométricamente porque cualquier curva paralela al eje de la pieza deja de estar contenida en el plano formado inicialmente por las dos curvas. En lugar de eso una curva paralela al eje se retuerce alrededor de é

Torquímetro

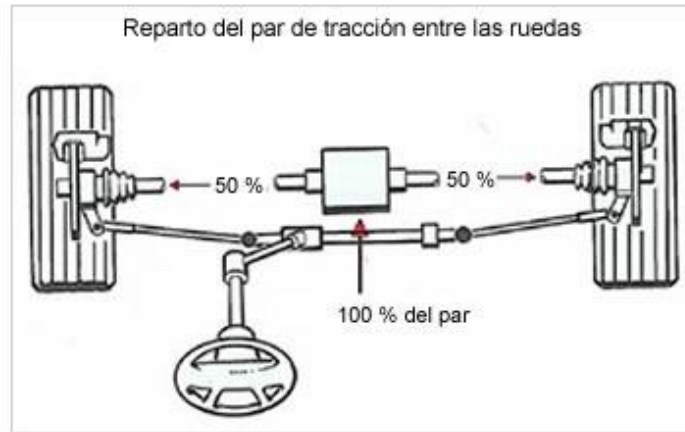


Es una herramienta de precisión, la cual es empleada para aplicar una tensión determinada en los tornillos, tuercas, bulones, etc. Son útiles en aplicaciones donde los accesorios de sujeción, como las tuercas y/o tornillos, deben tener una tensión específica. Es común su empleo en equipos para manejo de líquidos y gases a baja presión, motores de combustión interna, aire acondicionado, puentes y estructuras de gran tamaño, tubería industrial, ensamble de electrodomésticos, equipos eléctricos y electrónicos, entre otros. Sus unidades de medición Newton *metro o Libra*pie.

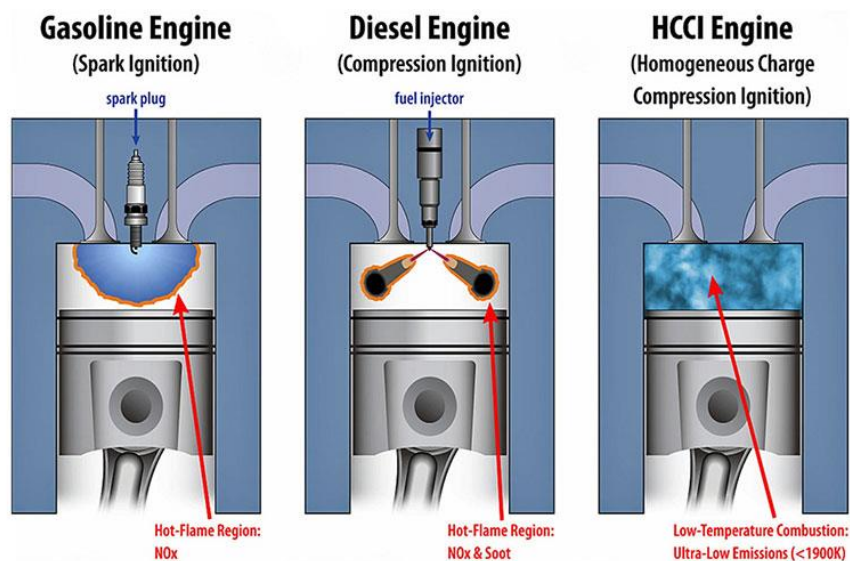
3.9 Medidores de esfuerzos mecánicos

Los esfuerzos mecánicos se dividen en 5 y todos se suelen encontrar en combinaciones cuando una pieza está sometida a un solo esfuerzo.

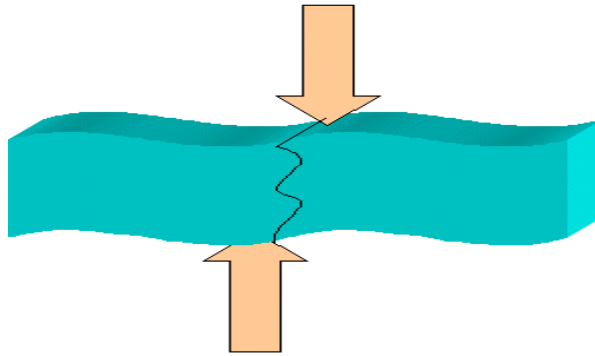
Tracción: esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo, aumentando su longitud y disminuyendo su sección.



Compresión: esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a comprimirlo, disminuyendo su longitud y aumentando su sección.

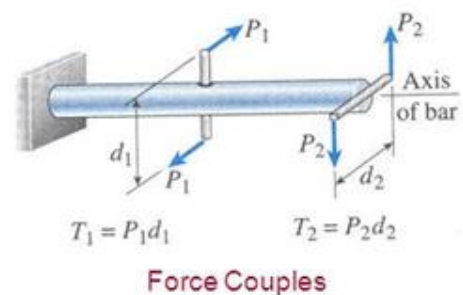
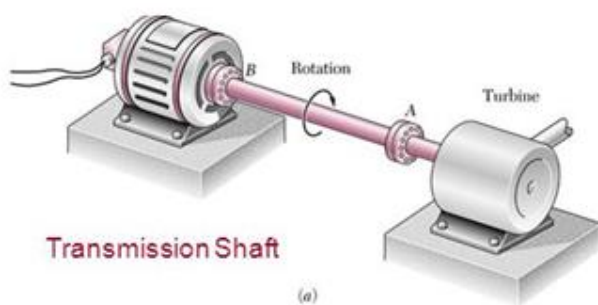


Flexión: esfuerzo que tiende a doblar el objeto. Las fuerzas que actúan son paralelas a las superficies que sostienen el objeto. Siempre que existe flexión también hay esfuerzo de tracción y de compresión.



Cortadura: esfuerzo que tiende a cortar el objeto por la aplicación de dos fuerzas en sentidos contrarios y no alineados. Se encuentra en uniones como: tornillos, remaches y soldaduras.

Torsión: esfuerzo que tiende a retorcer un objeto por aplicación de un momento sobre el eje longitudinal.



Dinamómetro

Es un instrumento utilizado para medir fuerzas o para pesar objetos. El dinamómetro tradicional, inventado por Isaac



Newton, basa su funcionamiento en el estiramiento de un resorte que sigue la ley de elasticidad de Hooke en el rango de medición. Al igual que una báscula con muelle elástico, es una balanza de resorte, pero no debe confundirse con una balanza de platillos (instrumento utilizado para comparar masas).



Estos instrumentos constan de un muelle, generalmente contenido en un cilindro que a su vez puede estar introducido en otro cilindro. El dispositivo tiene dos ganchos o anillas, uno en cada extremo. Los dinamómetros llevan marcada una escala en el cilindro hueco que rodea el muelle. Al colgar pesos o ejercer una fuerza sobre el gancho exterior, el cursor de ese extremo se mueve sobre la escala exterior, indicando el valor de la fuerza.

La escala en la que se hacen mediciones en los dinamómetros se llaman unidades de fuerza denominada Newton (fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de 1 metro por segundo al cuadrado a un objeto de 1 Kg. Masa).

3.10 Medidores de dureza

Los medidores de dureza sirven para determinar la dureza superficial. Existen para medir metal, plástico, goma, tejidos, etc. Los medidores de dureza muestran la dureza en Rockwell B, Rockwell C, Vickers HV, Brinell HB, Shore, HS, Leeb HL o en una unidad de dureza DIN ISO. Estos medidores de dureza son especialmente apreciados en los ámbitos de producción, de control de calidad y de servicio técnico gracias a su movilidad.

Durómetro



Es un aparato que mide la dureza de los materiales, existiendo varios procedimientos para efectuar esta medición. Se aplica

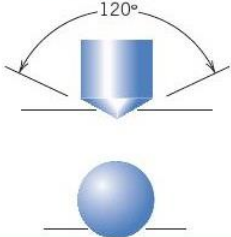
una fuerza normalizada sobre un elemento penetrador, también normalizado, que produce una huella sobre el material. En función del grado de profundidad o tamaño de la huella, obtendremos la dureza.

Dentro de cada uno de estos procedimientos, hay diversas combinaciones de cargas y penetradores, que se utilizarán dependiendo de la muestra a ensayar.

Durómetro Rockwell

El durómetro de profundidad diferencial Rockwell fue inventado por los hermanos Hugh y Stanley Rockwell, en el año 1914, en EEUU. Ambos trabajaban en la fábrica de rodamientos New Departure Manufacturing Co, que se convertiría más tarde en una empresa del grupo General Motors. La razón por la cual se desarrolló este dispositivo fue para medir los efectos del tratamiento térmico en los caminos de rodadura de rodamientos rígidos de bolas.

Las escalas utilizadas con esta técnica son variadas acorde a las distintas combinaciones de penetradores y cargas que se usen, pudiendo ensayar cualquier metal o aleación, tanto dura como blanda. Hay dos clases de penetradores, los de bolas esféricas de acero endurecido con diámetros normalizados y los cónicos de diamante. El método de medición de dureza consiste en aplicar primero una carga inicial pequeña, lo que aumenta la exactitud de la medida, y después una carga mayor. Basándose en la magnitud de las cargas mayores y menores, existen dos tipos de ensayos: Rockwell y Rockwell superficial. En la siguiente tabla se especifican las cargas utilizadas para ambos ensayos:

Ensayo	Penetrador	Forma del penetrador		Carga
		Vista lateral	Vista superior	
Rockwell y Rockwell superficial	{ Cono de diamante Esferas de acero de $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ pulgadas de diámetro }			60 kg } Rockwell
				100 kg }
				150 kg }
				15 kg } Rockwell superficial
				30 kg }
				45 kg }

Tipos de penetradores y cargas en ensayos Rockwell y Rockwell superficial

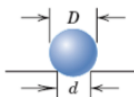
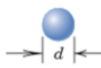
La **escala de dureza Rockwell** está representada por una letra del alfabeto (A, B, C, D, E, F, G, H y K). Para Rockwell superficial se designa por un número que representa la carga mayor aplicada y una letra que puede ser N, T o W. El número de dureza Rockwell se indica con el sufijo HR y la identificación de la escala. Por ejemplo, 80 HRB representa una dureza Rockwell de 80 en la escala B.

Los equipos modernos para la medida de dureza Rockwell están automatizados y hasta permiten la variación del tiempo de aplicación de la carga. Sin embargo, los equipos mecánicos siguen siendo utilizados ampliamente en la industria.

Durómetro Brinell

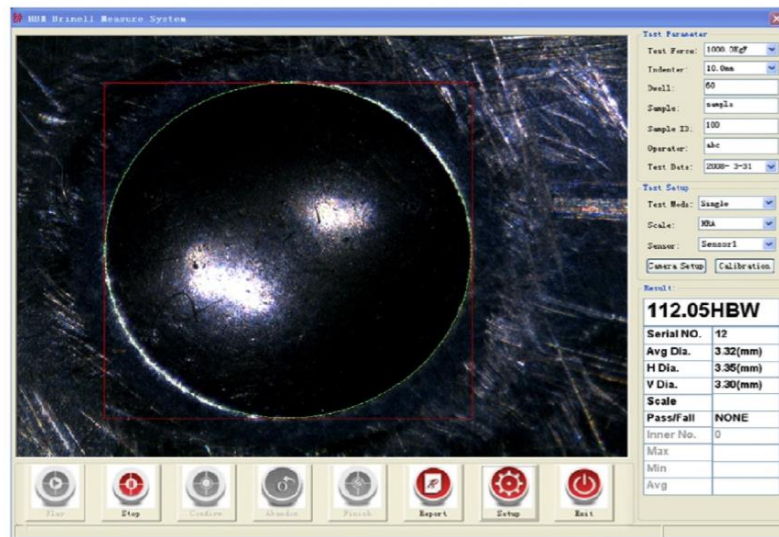
Este método de medición de dureza fue propuesto en 1900 por el ingeniero sueco Johan Brinell y fue uno de los primeros ensayos de dureza que existió en el mundo.

En los ensayos de dureza Brinell, al igual que en los Rockwell, se fuerza un penetrador duro esférico en la superficie del material a ensayar. El penetrador es una bola de acero endurecido o de carburo de tungsteno de 10 mm de diámetro. Las cargas normalizadas están definidas entre 500 y 3000 kg, incrementándose de a 500 kg. Durante el ensayo, la carga se mantiene constante durante un tiempo que va de entre 10 a 30 segundos. El número de dureza Brinell se denota HB (HBW si el penetrador es de carburo de tungsteno) y es función de la magnitud de la carga y del diámetro de la huella resultante. Este diámetro se mide con un microscopio y se convierte a un número HB específico usando la siguiente fórmula:

Ensayo	Penetrador	Forma del penetrador		Carga	Fórmula para el número de dureza
		Vista lateral	Vista superior		
Brinell	Esfera de acero endurecido o carburo de tungsteno, 10mm de diámetro			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$

Dimensiones del penetrador Brinell y fórmula para calcular el número de dureza HB

Existen técnicas semiautomáticas para medir dureza Brinell que emplean un scanner óptico anexo a una cámara digital montada en una probeta flexible. Esto permite posicionar la cámara sobre la indentación. La información de la cámara es enviada a una computadora para analizar la impronta, definir su tamaño y calcular el número HB. Para usar esta tecnología, la superficie de acabado de la muestra debe ser más cuidada que la que se usa en mediciones manuales.



Cálculo del número de dureza HB a través del registro de una cámara digital

Durómetro Vickers

Este sistema fue desarrollado en 1921 por Robert Smith y George Sandland en la empresa Vickers Ltd. En el ensayo Vickers el penetrador está compuesto por un diamante piramidal muy pequeño. El principio fundamental es observar la habilidad que tiene el material indentado de resistir la deformación plástica. Las cargas aplicadas van de 1 a 1000 g, por lo cual este ensayo es considerado de micro dureza. La marca resultante se observa al microscopio y se mide, esta medida es convertida a un número de dureza que se identifica con HV (Número Pirámide Vickers) o DPH (Número Pirámide de Diamante Vickers). Es necesario que la superficie de la muestra haya sido preparada con desbaste y pulida.

Ensayo	Penetrador	Forma del penetrador		Carga	Fórmula para el número de dureza
		Vista lateral	Vista superior		
Microdureza Vickers	Pirámide de diamante			P	$HV = 1.854P/d_1^2$

Dimensiones del penetrador Vickers y número de dureza HV

Los durómetros Vickers actuales constan, además del aparato penetrador automático, de analizadores de imagen con computadora y su respectivo programa. Este último controla funciones importantes del sistema que incluyen la localización de la indentación, el espacio, cálculo de los valores de dureza y gráficos de la información obtenida.

3.11 Instrumentos de medición por coordenadas X,Y,Z (CMM)

Introducción

En la década de 1940, la Comisión de Energía Atómica reconoció potenciales para las ideas de dispositivos como un CMM. El desarrollo continuó junto con avances en tecnología informática. La CMM fue introducida por primera vez comercialmente en 1959 por Ferranti en Inglaterra. Durante los primeros quince años, CMM no gozó de mucha popularidad. También se produjo una era en la que la industria de la máquina -con el sector automovilístico en la cima- cambió su estilo de producción, de la producción en masa a la pequeña producción de una variedad de modelos para satisfacer las necesidades de los clientes. A medida que los ensamblajes se automatizaban, cada vez más partes de la máquina requerían inspecciones de investigación en lugar de las inspecciones de muestreo convencionales para asegurar la calidad. La reducción de la mano de obra y la racionalización de las inspecciones, así como la mayor precisión, se hizo necesaria. Por esta razón, combinadas con el desarrollo de sistemas de control de menor tamaño y de mayor rendimiento (especialmente computadoras personales basadas en microprocesadores), escalas de referencia de mayor precisión y sondas de señal táctil (desarrolladas en Inglaterra), las demandas de CMM aumentaron dramáticamente.

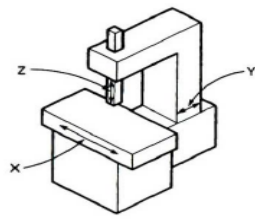
Roles y Ventajas del CMM

El CMM ha tomado un papel principal en muchas industrias tales como aeroespacial, automotor, electrónica, cuidado médico, plásticos, y semiconductor. Ser capaz de obtener y evaluar con rapidez y precisión datos dimensionales separa el CMM de otros dispositivos. Las siguientes condiciones son muy adecuadas para el uso de CMM:

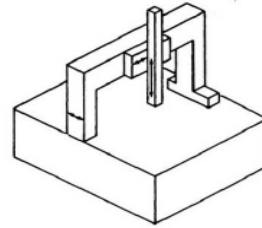
1. Tramos cortos (la longitud de los tramos no puede justificar los útiles de inspección de la producción).
2. Múltiples características para inspeccionar las tolerancias (geométricas y dimensionales).
3. Flexibilidad deseada (recorridos cortos y medidas múltiples).
4. El coste unitario alto (el re trabajo o la chatarra es costoso).
5. Interrupción de la producción (si debe inspeccionar / pasar una parte compleja antes de producir la siguiente parte).

Descripción del sistema de Medición por coordenadas

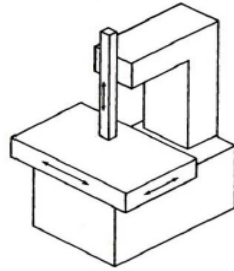
La unidad básica tiene tres ejes perpendiculares - X, Y y Z, y cada eje está equipado con una escala de precisión, un dispositivo de medida o un transductor que registra continuamente el desplazamiento de cada uno a una referencia fija. El carro del tercer eje tiene una sonda unida a él, y cuando la sonda toca una superficie, lee el desplazamiento de los tres ejes. El espacio en el que se puede trabajar, o la distancia de recorrido en los tres ejes, se conoce como el sobre de trabajo. Si el tamaño de la pieza excede el tamaño del sobre de trabajo, sólo se pueden medir las características que caen dentro del sobre de trabajo. Aunque el estándar ANSI / ASME B89.1.12M reconoce 10 configuraciones diferentes de CMM, hay realmente cinco diferentes tipos básicos. Éstos se representan abajo en las siguientes figuras.



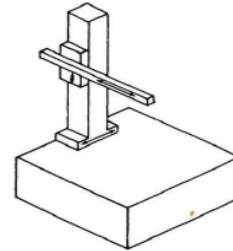
1. Tipo de mesa móvil
Brazo Cantilever



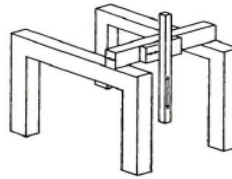
2. Tipo de puente
móvil



3. Tipo de Columna



4. Tipo de brazo
Horizontal



5. Tipo Gantry

Figuras de las configuraciones de los sistemas de medición por coordenadas

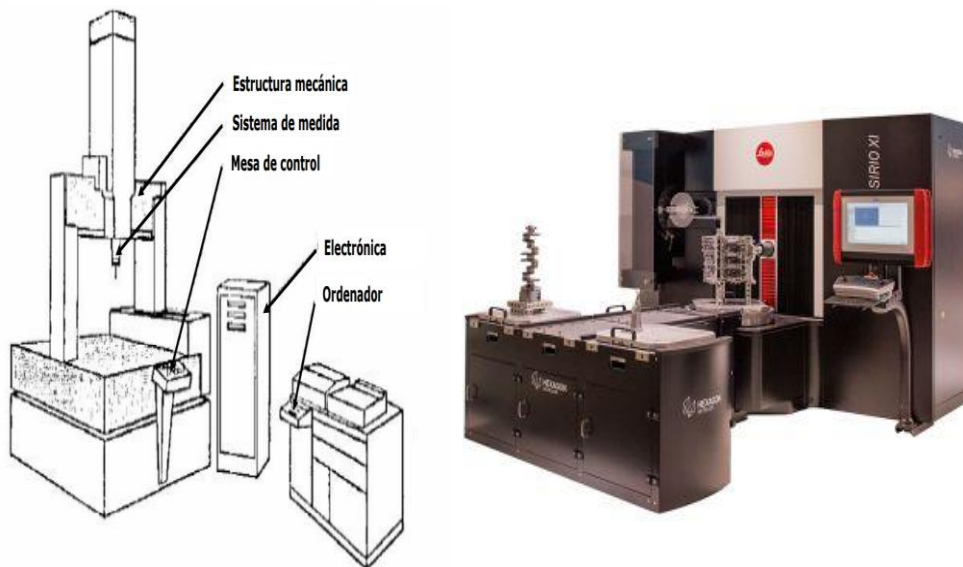
Principio de funcionamiento de los instrumentos de medición por coordenadas

La medición de los patrones se efectúa mediante la ejecución del programa de control numérico (CNC) para su automatización:

- Menor influencia del operador en el resultado final de la medición.
- Mejora en la repetibilidad y reproducibilidad.

El control numérico puede ser complementado con el sistema CAD. Y la automatización del proceso incrementara el número de parámetros de medida.

- Mejora continua en el manejo de la base de datos estadísticos.
- Reducción de los costos por la capacidad de eficiencia del equipo.



Sistema de Medición por Coordenadas (CMM)

Para un tipo de **Cantilever**, una sonda vertical se mueve en el eje Z, que está unido a un brazo en voladizo que se mueve en el eje Y. Este brazo también se mueve en el eje X, o la mesa puede tener desplazamiento independiente del eje X. Uno tiene fácil acceso al área de trabajo, y permite un sobre de trabajo bastante grande sin usar demasiado espacio de piso. El tipo de **Puente CMM** es probablemente el más popular. Es similar al tipo de voladizo debido al soporte del eje Y. La construcción del puente añade rigidez a la máquina, pero ambos extremos del eje Y deben seguir la misma velocidad. Cargar la máquina puede ser difícil a veces porque hay dos patas que tocan la base. La máquina del tipo de **Columna** es como un barrenador de plantilla, y similar al tipo en voladizo de la mesa móvil. Es muy rígido y preciso. El eje Z está conectado al brazo y la mesa se mueve independientemente en los ejes X e Y. La máquina de tipo **Brazo Horizontal** también se denomina máquina de disposición. La sonda se lleva a lo largo del brazo móvil del eje Y. El brazo del eje Y se mueve hacia arriba y hacia abajo en una

columna para el desplazamiento del eje Z, y la columna puede moverse a lo largo del borde de la mesa de trabajo en la dirección X. Tiene un área de trabajo muy grande, sin obstáculos, lo que lo hace ideal para piezas muy grandes. Para la máquina de tipo **Pórtico o Gantry**, el soporte de la pieza de trabajo es independiente de los ejes X e Y, que están sobrecargados y soportados por cuatro columnas verticales que se elevan desde el suelo. Uno puede caminar a lo largo de una pieza de trabajo con la sonda, que es útil para piezas muy grandes.

Algunas CMM están incluso equipadas con mesas giratorias o husillos de palpación (para rotación). Estas características son más por conveniencia, ya que uno puede producir los mismos datos si están equipados con computadora o microprocesador, pero pueden acelerar la inspección a veces.

Hay cuatro modos básicos de operación:

1. Manual
2. Asistencia manual por ordenador
3. Asistencia motorizada asistida por ordenador
4. Controlado por computadora

El término ordenador puede significar ordenador, microprocesador o controlador programable. Para el modo manual, el operador CMM mueve una sonda de flotación libre en los tres ejes y establece el contacto con la pieza que se está evaluando. En el modo manual asistido por ordenador, una pantalla digital electrónica hace ajustes cero, cambia signos, convierte entre pulgada-decimal pulgada - sistemas SI (métrica), e imprime datos. El modo motorizado asistido por ordenador cuenta con un joystick para accionar los ejes de la máquina. El operador manipula el joystick para poner la sonda en contacto con la pieza de trabajo. El modo controlado por ordenador directo (DCC) es totalmente programable. Los datos de elaboración asistida por ordenador (CAD) "enseñan" a la CMM dónde encontrar y hacen que el sensor de sonda contacte con la parte y recopile datos. Un operador carga la pieza de trabajo y luego permite que la máquina funcione automáticamente. La metodología es similar a una máquina herramienta de control numérico por computadora (CNC). Los tres componentes principales son los comandos de

movimiento (direcciona la sonda a los puntos de recolección de datos), de medida (compara la distancia recorrida con un eje estándar) y de formato (traduce los datos para la visualización o impresión).

También hay disponibles CMM de brazo portátil cuando la pieza de trabajo no se puede mover a una máquina. Consisten en un brazo de medición articulado con cojinetes precisos y transductores giratorios en cada junta. La base del brazo tiene una placa de montaje para su fijación a una superficie fija o un trípode especial. Estos no son tan precisos como las máquinas fijas, pero pueden ser necesarios y ventajosos sobre otros medios.

Exactitud y repetibilidad CMM en unidades más pequeñas son generalmente exactas dentro de 0,0004 "y repetibles hasta dentro de 0,0001". Estas cifras se degradan algo cuando el tamaño de la unidad aumenta. Para obtener mejores resultados, se recomienda mantener una unidad en un ambiente controlado por temperatura y humedad. Esto reduce la cantidad de expansión térmica que puede ocurrir en las piezas de la máquina y las piezas de trabajo. Las mesas de trabajo del granito se utilizan generalmente pues son conductores pobres del calor. Muchas máquinas incorporan materiales estructurales con bajos coeficientes de expansión como Invar - un compuesto de níquel-hierro. También se incorporan transductores que miden el crecimiento de un eje debido al cambio de temperatura sobre una base continua, y los algoritmos matemáticos internos pueden compensar el crecimiento.

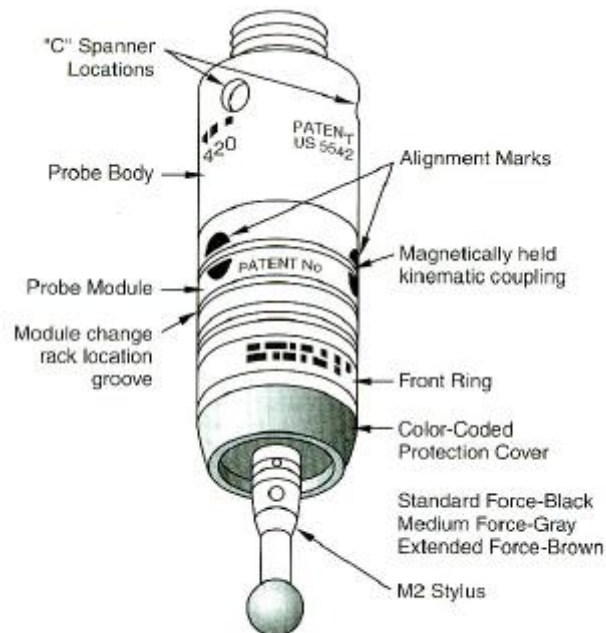
Cuando se toman medidas. Para obtener los mejores resultados, a menudo se recomienda amortiguar las vibraciones. La medición periódica de un objeto "maestro" conocido se utiliza para detectar variaciones y fallas del sistema.

La precisión de algunos CMM se mejora mediante el uso de la compensación de errores de geometría de software. Este paquete interpola automáticamente la posición de la sonda a lo largo de su sobre de medición. Cada eje se corrige para los errores de tono, guiñada, error de escala, rectitud y cuadratura con respecto a otros ejes.

Sondas de pieza

La sonda es el elemento sensor que hace contacto y hace que se tomen lecturas. Es el corazón de la unidad CMM. Hay dos categorías generales de sonda - contacto y sin contacto. CMM temprano tenía un miembro sólido que hizo el

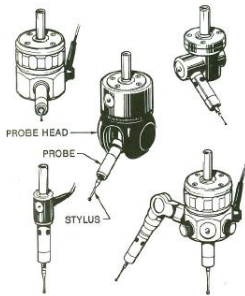
contacto - mucho al igual que otros instrumentos de medición como los calibradores del vernier y del micrómetro. Las sondas de contacto de hoy en día pueden ser de tipo gatillo o analógico. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una sonda de contacto.



La sonda de contacto por gatillo funciona con un sensor para indicar una diferencia en la resistencia de contacto - la sonda se ha desviado y, por lo tanto, se ha hecho contacto. La bola en la punta de la sonda tiene una dimensión precisa para conocer el punto de contacto en la dirección X, Y o Z. La computadora registra el punto de contacto en el espacio de coordenadas, y el contacto es generalmente acompañado por un LED y un tono audible para el operador. Para materiales delicados, flexibles o blandos, existen sondas de alta sensibilidad y baja fuerza de disparo, las cuales requieren menos fuerza para desviar la sonda e indicar contacto hecho. Las sondas más simples son sensibles y activan sólo en los ejes X e Y, y se denominan sondas de cuatro vías. Si también hay capacidad para una respuesta de disparo unidireccional en el eje Z, se denomina sonda de cinco vías, y si en sentido positivo o negativo del eje Z, se trata de una sonda de seis vías.

La cabeza de la sonda está montada en el extremo de uno de los ejes móviles del CMM. La sonda real está conectada a la cabeza de la sonda, y hay varios tipos de extensiones disponibles para alcanzar áreas de acceso difíciles de una parte. El estilote está unido a la sonda, y es el dispositivo de contacto. Estas partes se

muestran a continuación. La punta de la aguja más común es una bola de rubí para la vida de gran desgaste, pero otros consejos - e incluso grupos de múltiples consejos están disponibles.



Sondas



Contactos (punta de la aguja)

La mayoría de los software para CMM hoy en día son menú-driven y muy fácil de usar. Subrutinas, o pasos de programa automáticos, para varios tipos de tipos de inspección están contenidos en una biblioteca para fácil recuperación. El operador utiliza el menú para crear programas diseñados para moverse a una ubicación, medir una característica, almacenar resultados (para impresión posterior) y pasar a la siguiente. Sirve para reducir la fatiga del operador para tareas repetitivas. Las conversiones pueden realizarse entre sistemas de coordenadas cartesianas, polares y en algunos casos incluso esféricos. Los sistemas se pueden configurar para calcular la diferencia entre condiciones reales y nominales (ideales) y marcar cualquier condición fuera de especificación. La geometría almacenada y los cálculos internos permiten que la sonda mínima toque para obtener una medición. Por ejemplo, sólo se necesitan tres toques para definir y medir un círculo, cuatro para una esfera y cinco para un cilindro.



CMM real es el Helmel Checkmaster

Uso del CMM

Se trata de un CMM de sobremesa de tipo puente móvil, con un área de medición de 12 "x 12" x 10 "(X - Y - Z). Esta unidad es una máquina de modo manual, pero se puede comprar como una unidad DCC. La resolución de medición anunciada es 0,00002 ", la precisión lineal es 0.00018" + 0.000006 "/ pulgada, y tiene una repetibilidad de 0.00016" en modo manual. La máquina puede aceptar la línea completa de sondas de contacto Renishaw disponibles y puede aceptar una sonda de vídeo como opción. La unidad está equipada con una mesa de trabajo de granito, cerraduras y ajustes finos de juego cero en todos los ejes, computadora con un sistema operativo Windows, software Geomet CMM y una esfera de calibración (maestro). Dado que la máquina básica está en modo manual, el operador mueve el cabezal y los ejes de la sonda. Cuando se utiliza un cabezal de sonda diferente, puede pesar de forma diferente a la anterior cabeza utilizada. Hay un ajuste de contrapeso para el eje Z (vertical) de modo que la barra de sonda no se mueva por sí misma en cualquier posición. En la parte posterior de la torre, un mando se ajustará para menos contrapeso (signo '-' o anti horario) o más contrapeso (signo '+' o en el sentido de las agujas del reloj). Hay cerraduras y ajustes finos para cada eje de modo que el ajuste fino se puede utilizar para mover un eje y para tomar una lectura fina. Las cerraduras nunca deben ser demasiado apretadas. Se deben seguir ciertos procedimientos de mantenimiento preventivo:

- Cada uno de los tres ejes tiene una escala y cabezal de encóder para determinar su posición durante el desplazamiento. Uno sólo tiene que frotar ligeramente la escala en una dirección con una bola de algodón desnaturalizado alcohol-empapado para limpiarlo. Esto generalmente debe hacerse sólo dos veces al año. La cabeza del codificador no debe limpiarse, excepto por un técnico de servicio capacitado. Mantener la báscula limpia mantendrá el codificador limpio. Aunque las escalas del eje X y Y están expuestas, la escala del eje Z está cubierta. Retire la cubierta de la torre. Para ello, primero retire las perillas de ajuste fino y bloqueo. No pellizque los cables ni las superficies rayadas al reemplazar la cubierta.

- Hay superficies de tierra situadas en el puente, la barra de la pierna y la barra de la sonda. Deben mantenerse libres de óxido y escombros, y deben ser limpiados al

menos una vez al mes. Para limpiar, se debe usar alcohol desnaturalizado y un paño sin pelusa para preparar la superficie, y luego seguir con una aplicación de una fina capa de aceite ligero (no grasa) - de nuevo con un paño que no suelte pelusa.

- La barra de la sonda debe limpiarse y lubricarse diariamente (al menos cada día usado) de la misma manera que las superficies del suelo para prevenir la oxidación. Esto se debe a la manipulación frecuente.

- Dado que el granito es un material poroso, limpie el aceite de las piezas que se van a inspeccionar primero. El aceite puede manchar. No coloque objetos extraños en la placa y retire las piezas inspeccionadas una vez. El óxido puede formarse y mancharse si se deja en el plato. Las manchas se pueden reducir usando una cantidad ligera de alcohol desnaturalizado y una almohadilla de limpieza de grado medio (sin frotar demasiado). Utilice sólo una cantidad ligera de limpiador de placas de superficie especial y un paño que no suelte pelusa para limpiar la placa y deje que se seque completamente antes de colocar las piezas en la mesa de nuevo.

- La placa de granito debe mantenerse nivelada para obtener los mejores resultados. Se recomienda usar un nivel de burbuja de 0.005 "/pie y ajustar los mandos en la parte inferior de las patas de la mesa; Verifique la condición periódicamente.

Este CMM se suministra con una sonda Renishaw TP-ES. Para cambiar o quitar la cabeza, utilice una llave inglesa métrica de tamaño adecuado para aflojar el tornillo de fijación del accesorio, desenchufe el cable de la cabeza de la sonda y tire de la sonda de la toma. Cualquier cabeza debe tener los datos introducidos en la sección de configuración de PCM de Geomet antes de usarlos (ver abajo).

Esta unidad se suministra con el software Geomet CMM en el ordenador adjunto, que tiene una versión de Windows como sistema operativo. Al entrar en el programa Geomet, se encontrará con una pantalla principal desde la que se accede a todas las demás funciones. El manual real debe ser estudiado más completamente antes de proceder con cualquier inspección. A continuación se muestra sólo un breve resumen.

Se pueden iniciar nuevos archivos de inspección, guardar archivos, recuperar archivos antiguos, crear cabeceras de informes e imprimir o exportar datos en el menú desplegable Archivo.

Dominar (calificar) un lápiz de bola y entrar en los datos de la esfera de calificación se puede realizar en el menú desplegable Calificar. Esto le dice al sistema qué tamaño de bola está en la punta del lápiz óptico, etc. para que las mediciones sean compensadas y, por lo tanto, precisas. La esfera de referencia que se suministra con el CMM se enrosca en uno de los orificios roscados de la mesa de granito. Hay instrucciones en el manual para usar varios tipos de puntas de lápiz e incluso de sondas de video - como se discutió anteriormente en la sección de la sonda.

Cuando se coloca una pieza a inspeccionar en la mesa de granito CMM, se puede colocar en cualquier orientación. Las referencias de referencia deben ser elegidas antes de que pueda comenzar una inspección precisa. Generalmente, se usaría el dibujo de la pieza para ver qué superficies se van a elegir como referencias de referencia para dimensiones y características. El menú desplegable del menú PCS (o sistema de coordenadas parcial) permite establecer superficies de referencia en la parte antes de tomar otras mediciones.

La medida desplegable recorrerá al usuario a través de una rutina para medir diversos tipos de características tales como líneas, círculos, planos, cilindros, etc. Algunas de estas técnicas básicas se discutieron anteriormente en la sección "Software, Programas y Modos de Operación"

El desplegable Construir le permitirá tomar las características previamente medidas y realizar operaciones para determinar las relaciones entre las características.

El desplegable Tolerancias permite comprobar las tolerancias geométricas de la forma para las características de las piezas (por ejemplo, la circularidad de un agujero, el paralelismo, la planitud, etc.), o permite agregar tolerancias bilaterales a ciertas características.

Los desplegables Modificar y Sistema permiten modificaciones logísticas como deshacer, insertar, eliminar, precisión de lugar decimal, etc.

Hay teclas de acceso directo para dirigir una a varias funciones sin utilizar el sistema de menús, y son utilizadas por el operador experimentado. La pantalla

principal también proporciona la posición actual de la sonda en los ejes X, Y y Z, y permite que los medios cambien la precisión de la lectura y la puesta a cero.

Bibliografía

1. Carlos González González, Ramón Zeleny Vázquez. Metrología: Mc Graw Hill.
2. Adolfo Escamilla Esquivel, Metrología y sus aplicaciones: Editorial Patria.
3. Edward G. Hoffman, Instrumentos básicos de medición: Editorial Limusa.
4. Daniel Malacara, Óptica básica: Ediciones científicas universitarias.
5. Kurt Gieck, Manual de fórmulas técnicas: Editorial Alfaomega.
6. Diario Oficial de la Federación, Nom-001-SEDE-2012
7. Marco Antonio Salvador, Física Optica:Editorial Cuzcan
8. Larry B. Barrentine, Concepts for R&R Studies: QASQ / Quality Press
9. Roberto Galicia Sánchez, Noé García Lira, Metrología Geométrica Dimensional: AGT Editor, S.A.
10. Geometrical Product, specifications (GPS)-ISO code system for tolerances on linear sizes, BS EN ISO 286-2:2010 (part 2: tables of standard tolerance classes and limit deviations for holes and shafts).
11. Manual del Centro Metrológico de México, Tolerancias Geométricas GD&T Dimensionado y Tolerado: Instituto de Metrología CMM.
12. Ley federal sobre metrología y normalización. DOF 30-04-2004.
13. Sistema general de unidades de medida. Nom-008-scfi-2002
14. Secretaria de Economía México, <http://economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas>
15. Centro Nacional de Metrología (CENAM)
16. Norma BS ISO 286-2:2010
17. Normas ANSI Y14.5M, ISO 8015
18. Norma NMX-Z-055-IMNC