

CAPITULO III. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN LINEAL. MEDIDA DIRECTA

3.1 Con trazos o divisiones

3.1.1 Regla graduada

La herramienta de medición más común es la regla de acero. Se emplea cuando hay que tomar medidas rápidas y cuando no es necesario un alto grado de exactitud. Para el caso de las reglas de acero cuya unidad de medida es la pulgada, están graduadas en fracciones o decimales; las reglas métricas suelen estar graduadas en milímetros o medios milímetros. La exactitud de la medida que se toma depende de las condiciones y del uso correcto de la regla.

Las reglas de acero se fabrican en una gran variedad de tipos y tamaños, adecuados a la forma o tamaño de una sección o la longitud de la pieza.

Las reglas más utilizadas en el taller mecánico son:

- a) Regla rígida de acero templado. Generalmente tiene cuatro escalas, dos en cada lado; se fabrican en diferentes escalas; la más común es de 6 pulgadas o 150 mm

b) Regla flexible, similar a la anterior pero más estrecha y delgada, lo que permite flexionarla.

Las graduaciones de este instrumento de medición suelen estar tanto en centímetros como en pulgadas dependiendo del sistema de unidades utilizado. A su vez, las graduaciones suelen fraccionarse.

Cuando es utilizado el sistema inglés para la graduación del instrumento, las graduaciones empleadas más comúnmente son $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{16}$ y $\frac{1}{8}$ pulgadas.

Cuando es utilizado el Sistema Internacional para la graduación del instrumento, las graduaciones se realizan en milímetros, cuya fracción más pequeña es $\frac{1}{2}$ milímetro.

3.1.2 Calibradores

3.1.2.1 Calibradores vernier

La escala Vernier la inventó Petrus Nonius (1492-1577), matemático portugués por lo que se denominó nonio. El diseño actual de la escala deslizante debe su nombre al francés Pierre Vernier (1580-1637), quien lo perfeccionó.

El vernier (figura 3.1) es una escala auxiliar que se desliza a lo largo de una escala principal para permitir en éstas lecturas fraccionales exactas de la mínima división.

Para lograr lo anterior una escala vernier esta graduada en un número de divisiones iguales en la misma longitud que n-1 divisiones de la escala principal (figura 3.2); ambas escalas están marcadas en la misma dirección

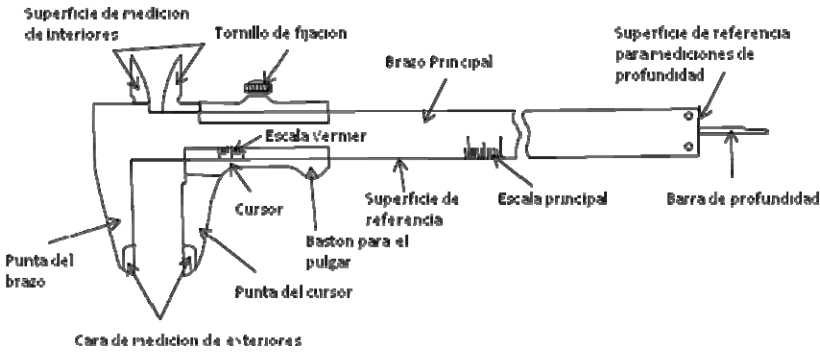


Figura 3.1 Partes principales de un Calibrador Vernier

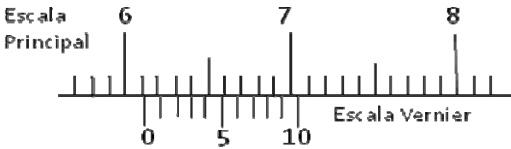


Figura 3.2 Divisiones de las escalas del Calibrador Vernier

Los calibradores Vernier, en milímetros, tienen 20 divisiones que ocupan 19 divisiones de la escala principal graduada cada 1 mm, ó 25 divisiones que ocupan 24 divisiones de la escala principal graduada cada 0.5 mm, por lo que dan legibilidad de 0.05 mm y 0.02 mm, respectivamente.

Construcción del brazo principal y cursor

Las indicaciones sobre un calibrador vernier se leen en la graduación vernier que esta alineada con una graduación principal. Sin embargo, la posición alineada puede variar según el ángulo de visión (error de paralaje). Si un calibrador es usado en un medio ambiente adverso en el que la cara graduada esta expuesta a rebabas y polvo, puede ser difícil leer las graduaciones debido a rayaduras o manchas. El movimiento del cursor también puede perder su uniformidad con el fin de superar estos problemas. Hay disponibles diferentes tipos de construcción de brazo principal y cursor.

Construcción estándar (figura 3.3)

Este es el tipo común de construcción. El borde de la cara graduada del vernier esta en contacto con la cara graduada de la escala principal, por lo que el error de paralaje es mínimo, pero la desventaja es que la cara graduada del brazo principal esta expuesta a daños por el movimiento del cursor.

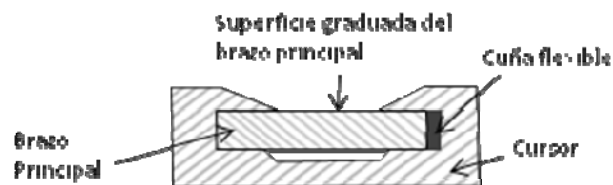


Figura 3.3 Construcción estándar del brazo principal de un Calibrador Vernier

Construcción con ranuras (figura 3.4)

La cara graduada de la escala principal tiene ranuras. Esta construcción permite un deslizamiento suave del cursor, lo que reduce la fricción entre el brazo principal y el

cursor, además, permite recolectar el polvo en el interior del cursor dentro de las ranuras.

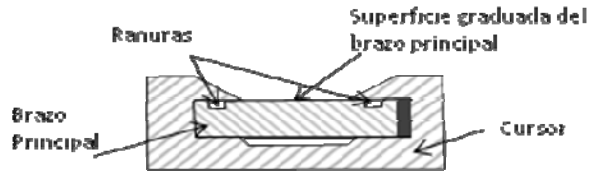


Figura 3.4 Construcción con ranuras del brazo principal de un Calibrador Vernier

Construcción rebajada (figura 3.5)

En este tipo, la superficie sobre la que está gravada la escala principal tiene un rebaje de aproximadamente 0.05 mm. En esta construcción los bordes del cursor no estarán en contacto con la superficie graduada del brazo principal, minimizándose el daño a la superficie graduada de éste.

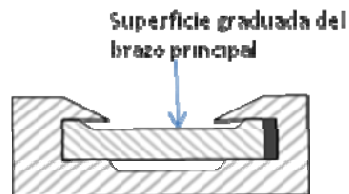


Figura 3.5 Construcción rebajada del brazo principal de un Calibrador Vernier

Construcción con ajuste al ras (figuras 3.6, 3.7)

En éste, las superficies graduadas del brazo principal y el cursor están al ras una con la otra. Las graduaciones de ambas superficies quedan frente a frente. Esta construcción elimina errores de paralaje.

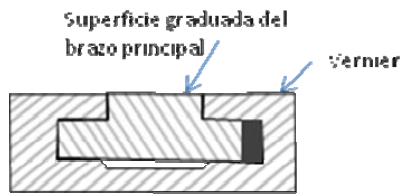


Figura 3.6

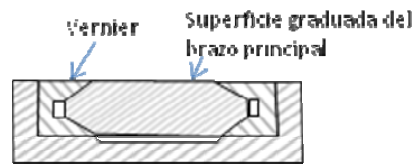


Figura 3.7

Construcción con ajuste al ras del brazo principal de un Calibrador Vernier

Calibradores con caras de medición de carburo (figuras 3.8, 3.9)

Las caras de medición de los calibradores están sujetas a desgaste, por lo que con el objeto de incrementar la resistencia a la abrasión algunos calibradores tienen insertos de carburo (de tungsteno) en las puntas de medición para exteriores e interiores. Estos calibradores son adecuados para medir piezas con superficies ásperas, fundiciones y piedras de esmeril.

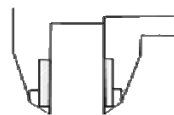


Figura 3.8

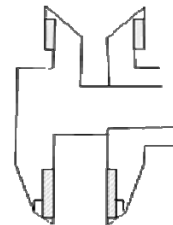


Figura 3.9

El carburo aumenta la vida de las puntas del Calibrador

Calibradores vernier con puntas desiguales (figura 3.10)

Este tipo de calibradores permite ajustar verticalmente la punta de medición sobre la cabeza del brazo principal aflojando un tornillo de fijación, lo que posibilita medir dimensiones en piezas escalonadas que no pueden medirse con calibradores estándar.

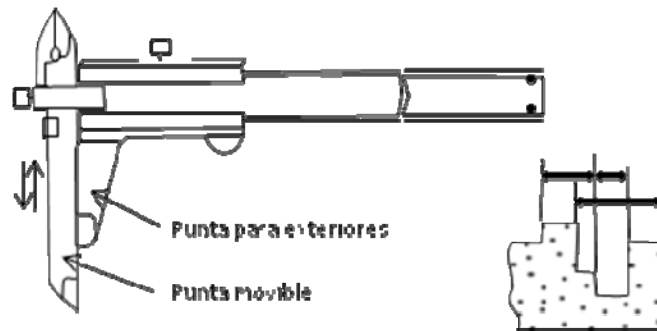


Figura 3.10 Calibrador Vernier con puntas desiguales

Calibradores con punta de medición abatible (figura 3.11)

Este tipo de calibrador tiene la punta de medición del cursor dispuesta de tal modo que puede girar $\pm 90^\circ$ alrededor del eje paralelo a la línea de medición, por tanto, puede medir piezas escalonadas y ejes con secciones descentradas que no pueden medirse con calibradores estándar.

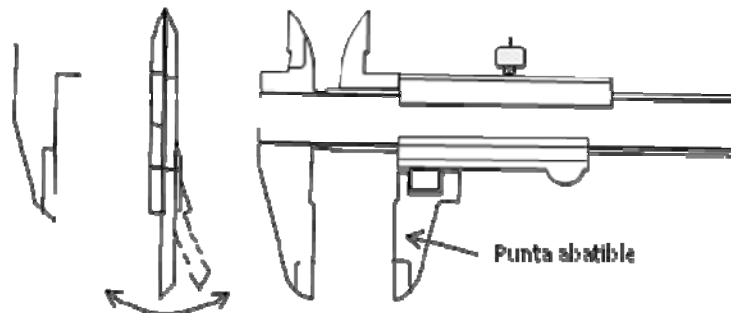


Figura 3.11

Calibradores con puntas largas (figura 3.12)

Este calibrador tiene un brazo principal y unas puntas de medición más largas que los tipos vistos anteriormente y puede medir diámetros interiores de agujeros profundos y diámetros exteriores grandes que no pueden medirse con los calibradores estándar. Las longitudes estándar de las puntas de estos calibradores son de 75 mm, para un rango de medición de 300 mm, y de 100 mm para un rango de medición de 500 mm.

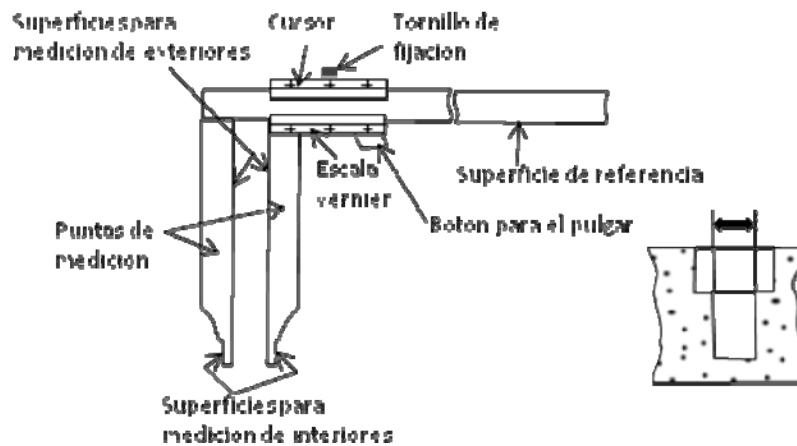


Figura 3.12 Las puntas largas del Calibrador permite medir agujeros profundos

Calibradores de carátula con fuerza constante (figura 3.13)

En la actualidad se utilizan materiales plásticos para partes maquinadas, las cuales requieren una medición dimensional exacta. Debido a que estos materiales son suaves, pueden deformarse con la fuerza de medición de los calibradores y micrómetros ordinarios, lo que provocaría mediciones inexactas. Los calibradores de carátula con fuerza constante han sido creados para medir materiales fácilmente deformables.

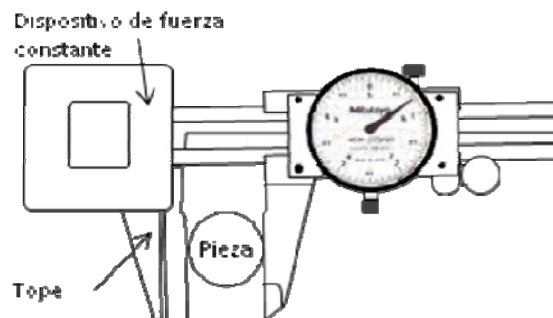


Figura 3.13 Este tipo de Calibrador permite aplicar una fuerza constante a la pieza a medir, ayudando a no deformarla durante la medición

Este calibrador está diseñado de modo que la punta de medición del brazo principal no es parte del mismo, sino que está sujeta al brazo mediante resortes paralelos que aplican una fuerza de medición constante a la pieza que se está midiendo.

La punta de medición del brazo principal está sujeta mediante un resorte de los resortes paralelos; el otro extremo de los resortes está fijado al brazo principal. Cuando la pieza toca la punta de medición ésta se desplaza un poco.

El movimiento de la punta de medición lo transmite un perno conector que está sujeto a la punta y al sector de engrane que gira al piñón. Cuando la aguja indicadora señala las líneas indicadoras sobre la carátula, una fuerza de medición constante predeterminada es aplicada a la pieza para medirla con exactitud.

Calibradores vernier con punta desigual para medir la distancia entre centros de agujeros (figura 3.14)

Este calibrador tiene puntas de medición cónicas para medir las distancias entre centros de agujeros cuyos diámetros sean iguales o diferentes, entre agujeros sobre superficies diferentes – sobre una pieza escalonada- y la distancia sobre una superficie al centro de un agujero.

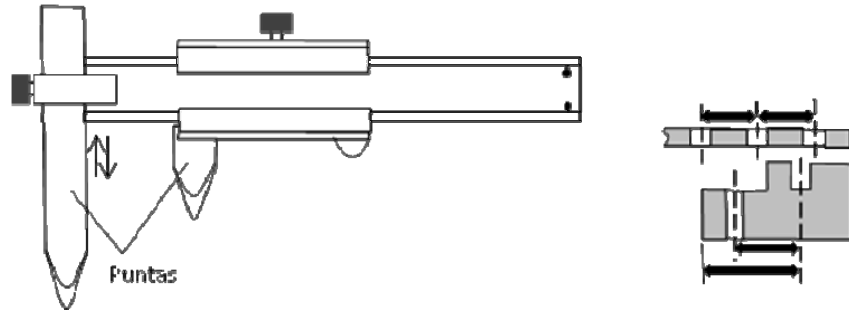


Figura 3.14 Este Calibrador es ideal para medir distancias entre centros de agujeros

Calibrador con vernier con puntas paralelas para mediciones de profundidad hasta de 32 mm (figura 3.15).

Escala vernier 0.05 mm. Rango de medición 0-150 mm.

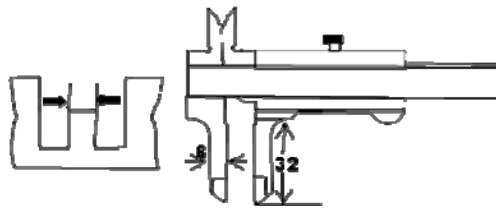


Figura 3.15

El calibrador vernier con puntas cónicas viene con barra de profundidad (figura 3.16).

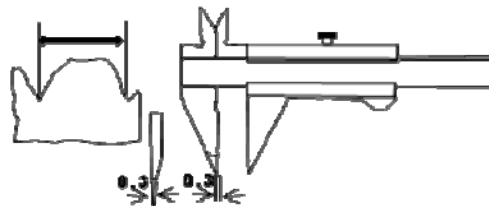


Figura 3.16

Calibrador con vernier con puntas en cuchilla para mediciones en ranuras estrechas (figura 3.17).

Cuenta con barra de profundidad y un recubrimiento de carburo de tungsteno en las barras de medición de exteriores. Su escala vernier es de 0.05 mm y tiene rango de medición de 150 mm, 200 mm y 300 mm.

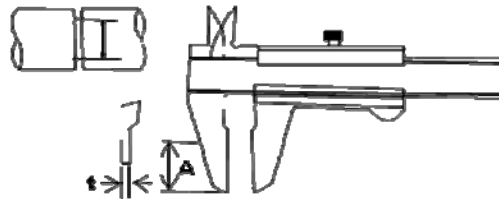


Figura 3.17

Calibrador con vernier para tubos (figura 3.18).

Viene con punta fija tipo cilindro para medición de tubería con diámetro interior mayor de 3 mm.

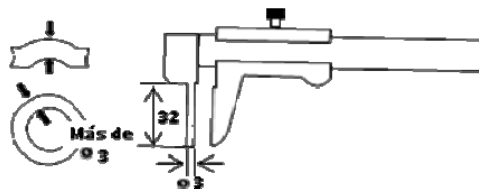


Figura 3.18

Mantenimiento de los calibradores

Con el objeto de obtener el mejor rendimiento posible de los calibradores, y asegurar su uso económico, es esencial realizar un efectivo control de mantenimiento.

Almacenamiento

Asegure tener las siguientes precauciones cuando almacene calibradores:

1. Seleccione un lugar donde los calibradores no estén expuestos a polvo, alta humedad o cambios extremos de temperatura.
2. Cuando almacene calibradores de gran tamaño que no sean utilizados con mucha frecuencia, aplique líquido antioxidante al cursor y caras de medición; procure dejar éstas algo separadas.
3. Verifique por lo menos una vez al mes las condiciones de almacenaje y el movimiento del cursor de calibradores que sean utilizados esporádicamente.
4. Evite la entrada de vapores químicos al lugar donde estén almacenados.
5. Colóquelos de modo que el brazo principal no se flexione y el vernier no resulte dañado.

Precauciones durante la utilización de un calibrador

1. Antes de realizar mediciones, elimine rebabas, polvo y rayones de la pieza.
2. Cuando mida, mueva lentamente el cursor mientras presiona con suavidad el botón para el pulgar contra el brazo principal.
3. Mida la pieza utilizando la parte de las puntas de medición más cercanas al brazo principal.
4. No use una fuerza excesiva de medición cuando mida con los calibradores que emplean las mismas puntas de medición para interiores y exteriores.
5. Nunca trate de medir una pieza que esta en movimiento.
6. Después de utilizar un calibrador, límpielo y guárdelo con las puntas de medición ligeramente separadas.

3.1.2.2 Calibradores de carátula

Debido al mecanismo del indicador basado en cremallera y piñón, el calibrador de carátula (figura 3.19) ofrece lecturas fáciles pero, al mismo tiempo, esta característica requiere poner una especial atención en su manejo.

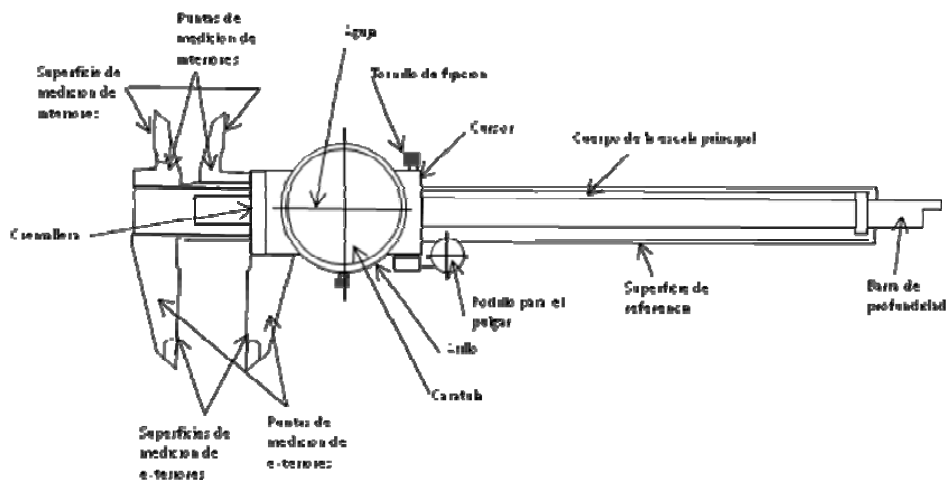


Figura 3.19 Partes principales de un Calibrador de carátula

Mantenimiento de calibradores de carátula

Limpieza

Antes y después de la medición quite el polvo y las rebabas del cursor y de las caras de medición con papel cuyas fibras no se desprendan fácilmente (las fibrillas que permanezcan adheridas pueden eliminarse con los dedos de la mano). No limpie con papel la cremallera. La fibra que desprende el papel puede dañar el movimiento del cursor o dañar el piñón si se queda adherida a la cremallera.

La cremallera puede limpiarse con aceite ligero. Cuando la cremallera esté seca póngale una gota de aceite (de preferencia del utilizado por los relojeros) en algunos puntos de la cremallera y mueva el cursor.

Después de la limpieza, verifique que la aguja esté en cero en la carátula cuando las puntas estén cerradas.

Enseguida, mueva el cursor a lo largo de toda la barra, asegurándose de que no tenga ruido ni vibración. Habrá que corregir si se encuentra algo mal.

Almacenamiento

Cuando se almacene por un largo tiempo, limpie el calibrador frotándolo como se ha mencionado antes, verifique las caras de medición, cerciórese que no haya algún defecto y póngalo a cero. Después coloque el calibrador en su estuche.

Recomendación

La norma DIN 862 considera a los calibradores de carátula como una versión del calibrador Vernier, y recomienda utilizarlos en lugar de los de Vernier cuando se tomen mediciones de hasta 0.02 mm, ya que con este último puede generarse un error en la lectura.

3.1.2.3 Calibradores electrodigitales

El calibrador electrodigital (figura 3.20) utiliza un sistema de detección de desplazamiento tipo capacitancia, y es casi del mismo tamaño y peso que el calibrador Vernier convencional del mismo rango de medición. Estos calibradores en la actualidad son utilizados extensamente debido a las ventajas que se lograron gracias al sistema digital.

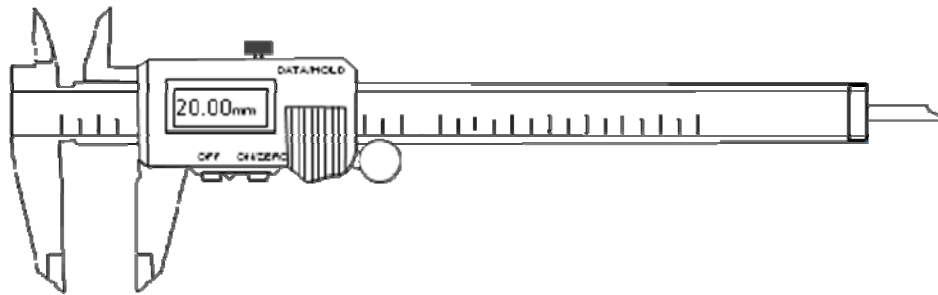


Figura 3.20

Características

Las principales características de los calibradores electrodigitales se mencionan a continuación.

Facilidad de lectura

Los valores medidos pueden verse en una pantalla de cristal líquido con cinco dígitos (resolución: 0.01 mm) y que es fácil de leer y libre de errores de lectura.

Compacto, liviano y bajo consumo de energía

El calibrador electrodigital es tan compacto y liviano como el calibrador Vernier convencional debido a la adaptación de un detector tipo capacitancia fabricado con un circuito miniaturizado, el cual no requiere cambios sustanciales en la estructura del calibrador convencional.

Función de fijado del cero

Esta función pone cero en la pantalla en cualquier posición que se desee, lo cual permite mediciones comparativas y otros tipos de medición de acuerdo con el tipo de pieza por medir.

Alta velocidad de respuesta

La velocidad de respuesta del detector es lo suficientemente alta para velocidades normales de medición.

Función de salida de datos

Los calibradores electrodigitales pueden conectarse a una unidad externa de procesamiento de datos, como una computadora personal. También puede integrarse a una red para control estadístico del proceso.

Datos de referencia:

Rango de temperatura de operación 0°C a 40°C.

Rango de temperatura de almacenamiento -10°C a 60°C.

Estructura

El calibrador electrodigital consiste de un brazo principal, un cursor, una unidad de escala de desplazamiento y una unidad de lectura.

3.1.3 Medidores de profundidad

El medidor de profundidad (figura 3.21-3.25) está diseñado para medir las profundidades de agujeros, ranuras y resagues, así como diferencias de alturas entre peldaños o planos. Consiste de un Vernier con una base y una escala principal. Sus sistemas de graduación y construcción son básicamente los mismos que los empleados en los calibradores Vernier; es ampliamente utilizado como una herramienta dedicada para la medición de profundidad y altura debido a su alta confiabilidad de medición y facilidad de operación.

Tipos y construcción

Muchos tipos de medidores de profundidad están disponibles, con o sin dispositivo de ajuste fino, tipo gancho, tipo con carátula y medidores de profundidad electrodigitales.

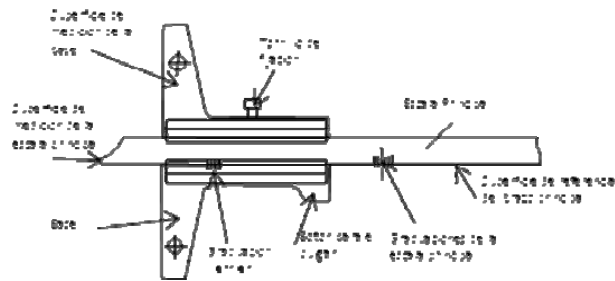


Figura 3.21 Este medidor de profundidad no tiene dispositivo de ajuste fino y proporcionan legibilidad de 0.05 mm. y tiene un rango de medición de 150-1000 mm.

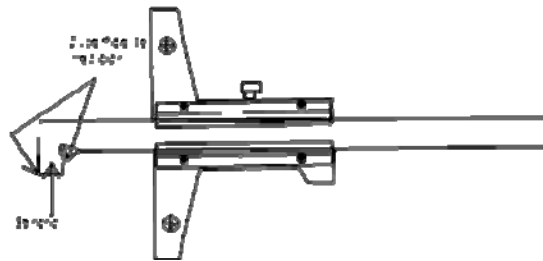


Figura 3.22 Este medidor de profundidad no tiene dispositivo de ajuste fino y proporcionan legibilidad de 0.05 mm. y tiene un rango de medición de 150-300 mm.

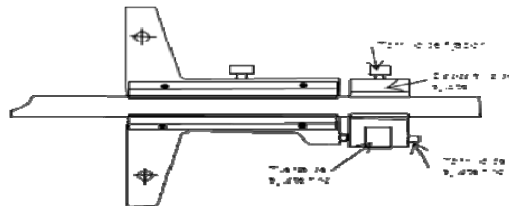


Figura 3.23 Este medidor de profundidad posee un dispositivo de ajuste fino y proporciona legibilidad de 0.02 mm. y tiene un rango de medición de 150-1000 mm.

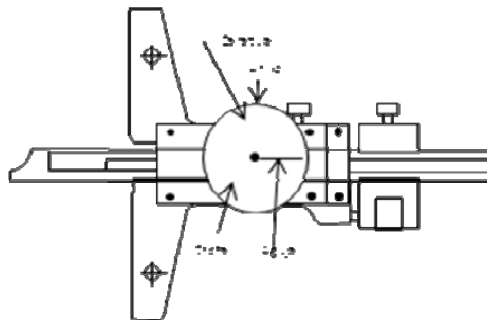


Figura 3.24 Medidor de profundidad de carátula; proporciona legibilidad de 0.05 mm. y tiene un rango de medición de 150-300 mm.

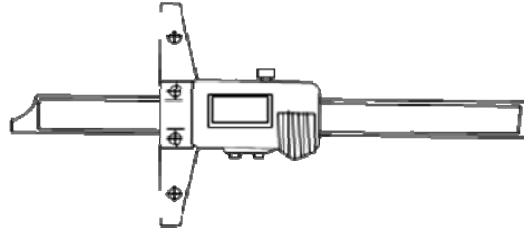


Figura 3.25 Medidor de profundidad electrodigital; proporciona resolución de 0.01 mm. y tiene un rango de medición de 150-300 mm.

Recomendación

Los medidores de profundidad están diseñados para proporcionar mediciones de profundidad más exactas que las de los calibradores, por lo tanto, es recomendable utilizarlos, siempre que sea posible, para medir profundidad.

3.1.4 Medidores de altura

El medidor de altura es un dispositivo para medir la altura de piezas o las diferencias de altura entre planos a diferentes niveles; también es utilizado como herramienta de trazo. El medidor de altura cuenta con un solo palpador (trazador) y la superficie sobre la cual descansa (generalmente una mesa de granito) actúa como plano de referencia para realizar las mediciones.

Los medidores de altura se clasifican en cuatro tipos, según su sistema de lectura:

- Con vernier
- Con carátula
- Con carátula y contador
- Electrodigital

3.1.4.1 Medidores de altura con vernier (figura 3.26)

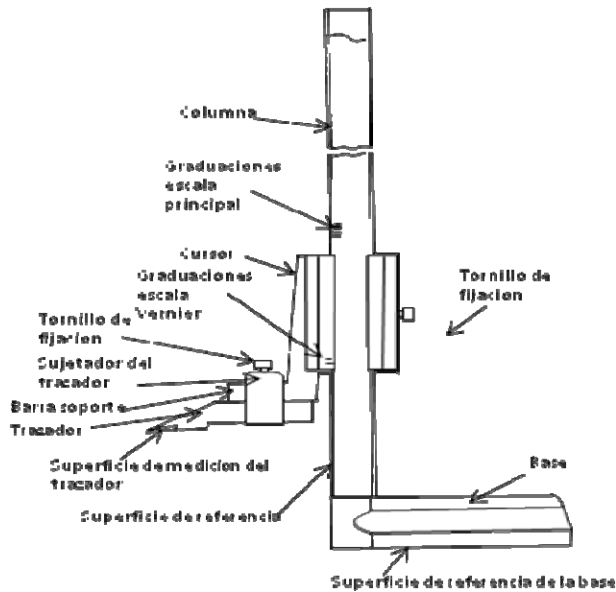


Figura 3.26 Construcción básica de un medidor de altura

Las legibilidades más comunes para los medidores de altura son 0.02 para el sistema métrico y 0.001 pulg. para el sistema inglés. Algunos medidores de altura tienen ambas graduaciones. En la tabla 3.1 se muestran algunas graduaciones con las que puede encontrarse el medidor de altura y su legibilidad.

Sistema	Graduación		Legibilidad
	Escala Principal	Escala Vernier	
Métrico	1.0 mm	50 divisiones en 49 mm	0.02 mm
	1.0 mm	20 divisiones en 19 mm	0.05 mm
	1.0 mm	20 divisiones en 39 mm	0.05 mm
Inglés	0.02 pulg.	25 divisiones en 1.225 pulg.	0.001 pulg.
	0.05 pulg.	50 divisiones en 2.45 pulg.	0.001 pulg.

Tabla 3.1 Graduaciones normales de los medidores de altura con Vernier

Precauciones al medir con medidores de altura con vernier

- Seleccione el medidor de altura que más se le ajuste a su aplicación. Asegúrese de que el tipo, rango de medición, graduación y otras especificaciones son apropiadas para la aplicación deseada.

- No aplique fuerza excesiva, no lo deje caer ni lo golpee.
- Tenga cuidado de no dañar la punta para trazar.
- Elimine cualquier suciedad o polvo antes de usarlo. Limpie todas las superficies deslizantes, la cara inferior de la base y la cara de medición del trazador.

- Verifique el movimiento del cursor; no debe sentirse suelto ni tener juego. En caso de presentarse un problema, apriete los tornillos de presión y de fijación, después aflójelos, en sentido a las manecillas del reloj, aproximadamente 30°.

- Elimine cualquier polvo que haya en la superficie de la base y en la pieza de trabajo y déjelos un periodo suficiente para estabilizar la temperatura ambiente.

- La distancia desde la columna de referencia a la punta trazadora debe ser tan corta como sea posible.

- Ajuste la línea cero de la escala tomando como referencia la superficie de apoyo.

- Evite errores de paralaje leyendo la escala directamente desde el frente.

- Durante el ajuste fino, tenga cuidado de no permitir que la base se levante.

- Después de usarlo, limpie con un trapo suave y seco cualquier suciedad o huella digital que haya.
- Cuando se almacene por largo periodos o cuando necesite aceite, use un trapo empapado de aceite anticorrosivo y cubra cada sección, excepto las partes de carburo de tungsteno, asegurando que el aceite se distribuya de manera uniforme sobre las superficies.
- Considere los siguientes puntos al almacenar un medidor de altura:
 - No lo exponga a la luz solar directa.
 - Almacénese en un ambiente ventilado, de baja humedad y libre de polvo.
 - No se coloque en el piso.
 - No apriete el tornillo de fijación del cursor.
 - Almacénese con el trazador desmontado.
 - En caso de que el trazador deba permanecer en el medidor de altura, posicónelo a una altura de 2-20 mm (0.8 y 8.9 pulg.) desde la base.

3.1.4.2 Medidor de altura con carátula

Las principales desventajas del medidor de alturas con vernier son que las lecturas requieren mucho tiempo y que involucran errores de paralaje. El medidor de altura con carátula resuelve este problema debido a que las lecturas se toman sumando las lecturas de la graduación de la escala principal y la de la carátula, la cual indica la fracción de la escala principal con una aguja.

3.1.4.3 Medidor de altura con carátula y contador (figura 3.27)

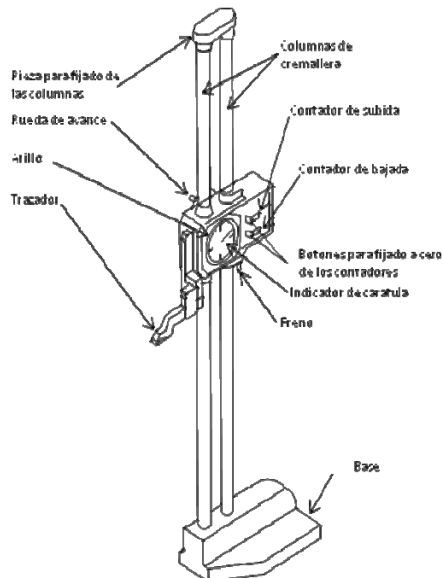


Figura 3.27 Vista externa de un medidor de altura con indicador de carátula y contador

El contador indica lecturas de 1 mm o 0.1 pulg. y las fracciones las indica la carátula; debido a que hay disponibles lecturas en dos direcciones, las de las mediciones podrían ser algo confusas cuando el cursor se mueve hacia abajo o hacia arriba cerca del punto cero. Alguna práctica utilizando piezas muestra puede ayudar a familiarizarse con tales lecturas. Es necesario tener especial cuidado para evitar errores en la lectura del último dígito del contador de una unidad cuando la aguja este cerca de la graduación "0". El último dígito se mueve continuamente cuando la aguja del indicador gira. Esto significa que el último dígito esta casi en la misma posición inmediatamente antes y después que la aguja pasa por la graduación cero, aunque las lecturas del último dígito difieren por una unidad.

Cuidados en un medidor de altura con carátula y contador

1. No aplique fuerza excesiva a la rueda de avance cuando mueva el cursor hacia abajo para poner el trazador en contacto con la superficie de referencia o superficie dato, de otra manera la superficie se levantará y provocará mediciones inexactas. Esta operación requiere alguna experiencia. Para minimizar los errores del operador, el cursor debe moverse con la rueda de avance para acercarlo a la superficie de referencia o a la superficie de la pieza por medir, y entonces la rueda debe ser movida lentamente hasta que el trazador toque la superficie.
2. La máxima velocidad que permite el contador es alrededor de 1000 rpm, lo que equivale a mover la rueda de avance a 500 rpm. Mover el cursor a mano puede exceder este límite de velocidad debido a la aceleración, por tanto, debe evitarse esta operación.
3. El mecanismo antijuego no puede eliminar completamente el juego. Con el objeto de asegurar una gran exactitud, realice la medición moviendo el cursor en la misma dirección que lo movió para ajustarlo a cero.
4. No frene el cursor cuando transporte el medidor de altura, en este caso siempre sopórtelo de la base con la mano.

3.1.4.4 Medidor de altura electrodigital

Los medidores de altura electrodigitales se clasifican en dos tipos; uno de éstos utiliza un codificador rotatorio para detectar el desplazamiento y tiene doble columna (figura 3.28), el otro utiliza el detector de desplazamiento tipo capacitancia y cuenta con una sola columna de sección rectangular (figura 3.29).

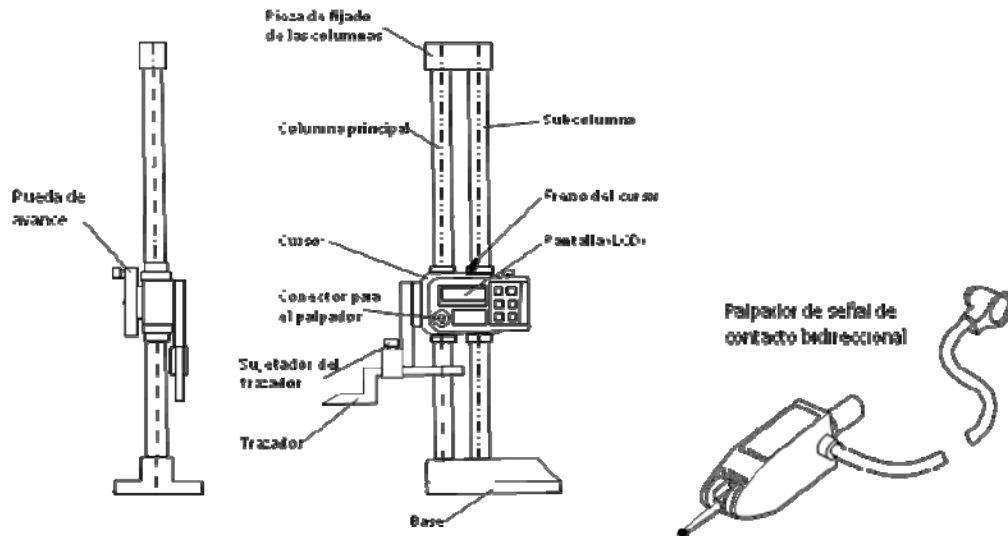


Figura 3.28 Medidor de altura electrodigital con codificador rotatorio para detectar el desplazamiento. Resolución de 0.01 mm

El palpador de señal de contacto bidireccional esta diseñado especialmente para este tipo de medidor de altura.

Características de los medidores de altura electrodigitales con codificador rotatorio

1. Pueden obtenerse lecturas libres de errores debido a que los valores medidos se muestran digitalmente en la pantalla.
2. Puede medir y trazar con una resolución de 0.01 mm.

Características de los medidores de altura electrodigitales con detector de desplazamiento tipo capacitancia

1. La columna tiene una construcción robusta con una gran sección rectangular.
2. El detector tipo capacitancia es muy compacto y muy durable porque es un sistema de detección sin contacto.
3. La alta velocidad de respuesta permite que el cursor se mueva rápidamente, lo que proporciona mayor eficiencia en la medición.
4. Las graduaciones sobre la columna permiten leer rápidamente una dimensión aproximada.
5. Tiene un circuito de bajo consumo de energía, la cual proporciona una batería tipo botón. Adicionalmente, una función de apagado automático minimiza el gasto de energía cuando no están en uso.
6. Conectando un microprocesador o multiplexor al conector de salida de datos, pueden imprimirse las mediciones, realizarse análisis estadísticos e histogramas y generarse gráficas de control.

Cuidados requeridos al utilizar medidores de altura

Como con otros tipos de instrumentos de medición, la verificación del punto cero es esencial al utilizar medidores de altura, ya sea del tipo vernier, carátula o electrodigital, especialmente si el punto cero puede moverse.

Para verificar el punto cero primero baje el cursor hasta que la cara de medición del trazador toque suavemente la superficie de referencia, entonces fije el cursor en esta posición con el tornillo de fijación. Cuando haya contacto, no presione con fuerza excesiva el trazador sobre la superficie de referencia.

En los medidores de altura con vernier, y con el trazador tocando la superficie de referencia, utilice la lente de aumento para verificar que las líneas de cero de las escalas principal y vernier coincidan; si no es así, ajuste la escala principal con la tuerza de ajuste que esta en la parte superior de la columna. En los medidores de altura con carátula gire el arillo hasta que la aguja esté alineada con la graduación cero sobre la carátula.

Diferentes procedimientos para verificar el punto cero o fijarlo son utilizados en los medidores de altura electrodigitales. Cuando no se utiliza el palpador de señal de contacto, simplemente presione el botón para fijado del cero. Cuando se utiliza el palpador de señal de contacto, el fijado de cero se completa presionando el botón del cero y llevando el palpador al contacto con la superficie dato.

Los golpes disminuyen la exactitud de la medición, manéjelos con cuidado.

Limpie la superficie sobre la cual se desliza el medidor de altura, porque el polvo, aceite o sudor pueden causar que dicho instrumento se atasque, lo que afectaría la exactitud y la eficiencia de la medición. Utilice guantes cuando haga mediciones, ya que el sudor afecta mucho la suavidad del deslizamiento.

3.2 Con tornillo micrométrico

3.2.1 Micrómetro

El **micrómetro** (figura 3.30) también llamado **Tornillo de Palmer**, es un dispositivo que mide el desplazamiento del husillo cuando éste es movido mediante el giro de un tornillo, lo que convierte el movimiento giratorio del tambor en el movimiento lineal del husillo.

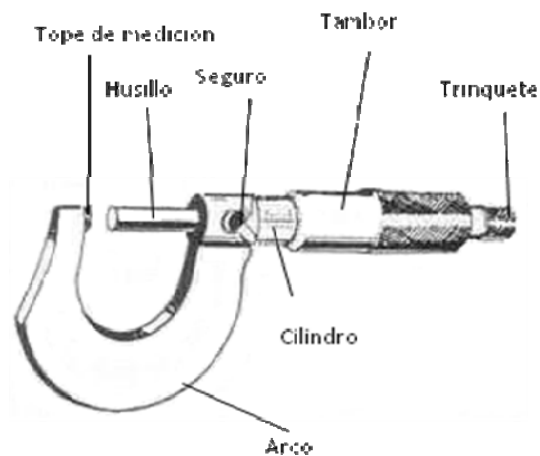


Figura 3.30 Componentes de un micrómetro para exteriores

Micrómetros para aplicaciones especiales

Micrómetros para tubos

Este tipo de micrómetros está diseñado para medir el espesor de pared de partes tubulares, tales como cilindros y colares. Los hay de tres tipos:

1. Tope tipo esférico

2. Tope fijo y del husillo esférico
 3. Tope fijo tipo cilíndrico
- Tope fijo esférico (figura 3.31)

La superficie esférica permite medir el espesor de la pared de tubos y otras paredes cilíndricas. Las medidas se toman poniendo en contacto la superficie esférica con la superficie interna de un tubo y el tope del husillo con la superficie externa.

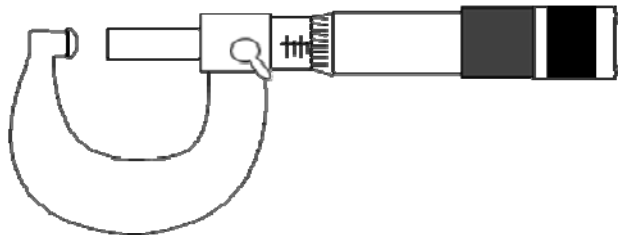


Figura 3.31

- Tope fijo y del husillo esféricos (figura 3.32)

Este tipo es útil para medir el espesor de pared de tubos de forma especial con una superficie exterior no circular, lo que el husillo con tope plano no podría medir con exactitud.

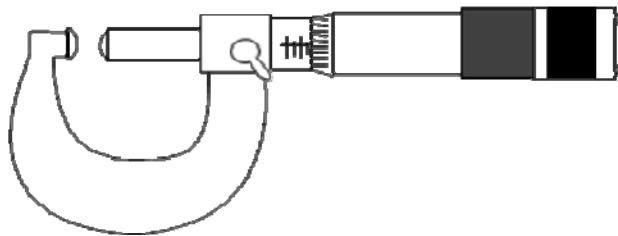


Figura 3.32

- Tope fijo tipo cilíndrico (figura 3.33)

Este tipo de micrómetro es utilizado para medir el espesor de pared de tubos con pequeño diámetro interior, la forma del tope del husillo puede ser plana o esférica. Requiere cuidado especial durante la medición porque el tope largo y delgado esta sujeto a flexión o deformación cuando se aplica una fuerza de medición excesiva. Para evitar este problema la fuerza de medición en el trinquete es menor que la del micrómetro estándar de exteriores.

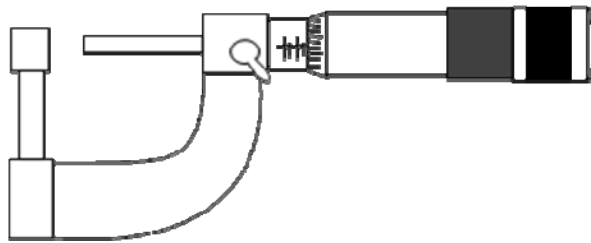


Figura 3.33

Micrómetros para ranuras (figura 3.34)

En este micrómetro ambos topes tienen un pequeño diámetro con el objeto de medir pernos ranurados, cuñeros, ranuras, etcétera, que los micrómetros estándar no podrían medir. El tamaño estándar de la porción de medición es de 3 mm de diámetro y 10 mm de longitud. Las especificaciones son básicamente las mismas que las de los micrómetros estándar de exteriores.

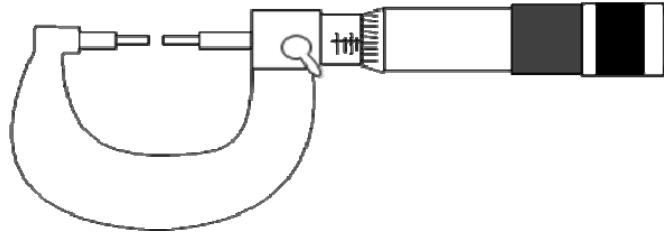


Figura 3.34

Micrómetros de puntas (figura 3.35)

Estos micrómetros tienen ambos topes en forma de punta. Se utiliza para medir el espesor del alma de brocas, el diámetro de raíz de roscas externas, ranuras pequeñas y otras porciones difíciles de alcanzar. El ángulo de las puntas puede ser 15, 30, 45 ó 60°. Las puntas de medición normalmente tienen un radio de curvatura de 0.3 mm, ya que ambas puntas pueden no tocarse; un bloque patrón se utiliza para ajustar el punto cero. Con el objeto de proteger las puntas, la fuerza de medición en el trinquete es menor que la del micrómetro estándar de exteriores.

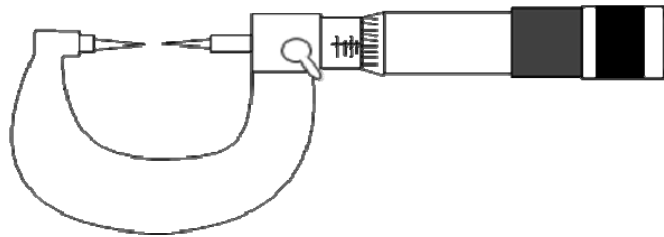


Figura 3.35

Micrómetros para ceja de latas (figura 3.36)

Este micrómetro es especialmente diseñado para medir los anchos y alturas de cejas de latas.



Figura 3.36

Micrómetros indicativos_(figura 3.37)

Este micrómetro cuenta con un indicador de carátula. El tope del arco puede moverse una pequeña distancia en dirección axial y su desplazamiento lo muestra el indicador. Este mecanismo permite aplicar una fuerza uniforme a las piezas.



Figura 3.37

Micrómetro de exteriores con husillo no giratorio

En este micrómetro el husillo no gira cuando es desplazado. Este micrómetro es adecuado para medir superficies con recubrimiento, piezas frágiles y características de partes que requieren posición angular específica de la cara de medición del husillo.

Micrómetros con topes del arco en V (figura 3.38, 3.39)

Este micrómetro es útil para medir el diámetro de herramientas de corte que cuenten con un número impar de puntas de corte que un micrómetro normal de exteriores no podría medir.



Figura 3.38



Figura 3.39

Micrómetros para espesor de láminas (figura 3.40)

Este tipo de micrómetro tiene un arco alargado capaz de medir espesores de láminas en porciones alejadas del borde de éstas. La profundidad del arco va de 100 a 600 mm, otras de sus partes son iguales al micrómetro normal. Hay micrómetros de este tipo que esta provisto de una carátula para facilitar la lectura.



Figura 3.40

Micrómetros para dientes de engrane

Los micrómetros para dientes de engrane se utilizan principalmente para la medición de la longitud de la tangente de raíz, el espesor del diente y el diámetro sobre esferas. Hay diferentes tipos de micrómetros que se clasifican de acuerdo con sus aplicaciones como sigue:

- Tipo disco (figura 3.41)



Figura 3.41

- Tipo calibrador (figura 3.42)

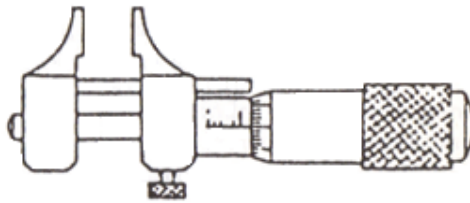


Figura 3.42

- Tipo deslizable (figura 3.43)

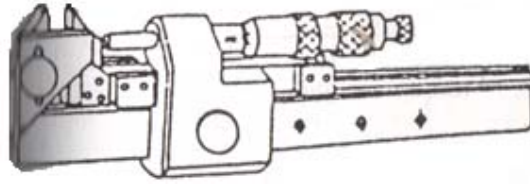


Figura 3.43

- Para medición sobre esferas con punta de bola (figura 3.44)



Figura 3.44

3.2.1.2 Micrómetro para interiores

Al igual que los micrómetros de exteriores, los micrómetros de interiores están diversificados en muchos tipos para aplicaciones específicas, y pueden clasificarse en tres tipos:

- Tubular
- Calibrador
- Tres puntos de contacto

Micrómetros de interiores tipo tubular

Los micrómetros de este tipo están disponibles en varios tipos:

- A. Barra simple
- B. Extensión
- C. Varilla intercambiable
- D. Punta intercambiable
- E. Medición de engranes internos

A. Micrómetro de interiores tipo barra simple (figura 3.45)

Este tipo es el más utilizado de los micrómetros de interiores. Esta disponible en muchos tamaños, con longitudes máximas de medición desde 50 hasta 100 mm, en incremento de 25 mm. El recorrido del husillo es de 25 mm.

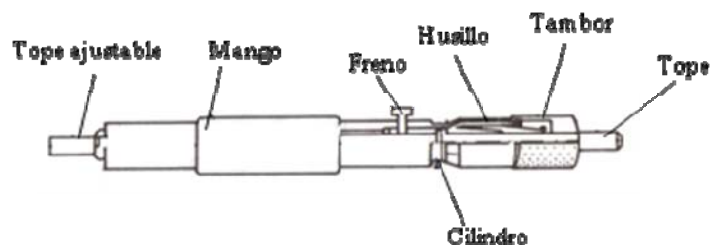


Figura 3.45

B. Micrómetro de interiores tubulares tipo extensión (figura 3.46)

Hay dos tipos diferentes: el extensión tipo tubo y el extensión tipo barra. La máxima longitud de medición del primero va desde 100 hasta 5000 mm y la del segundo va desde 50 hasta 1500 mm.

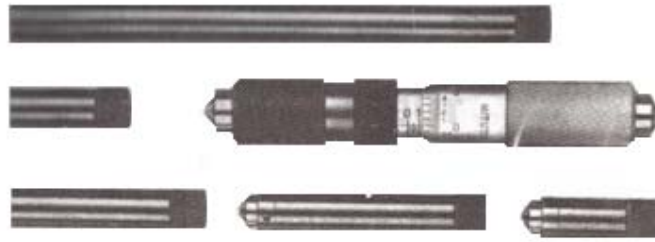


Figura 3.46 Tipo barra

A continuación se muestra que presenta la comparación entre los micrómetros con extensión tubular y barra (tabla 3.2).

Característica	Tipo de extensión tubular		Extensión tipo barra	
	Tubo		Barra	
Estructura		Cada tubo de extensión esta acabado con una tolerancia cerrada en ambos extremos. Una longitud específica se obtiene adicionando tubos de extensión.	Barra	La barra esta acabada con una tolerancia cerrada e incorporada dentro de un tubo. Una longitud específica se obtiene adicionando barras de extensión.
Peso	Ligero	A causa de la estructura hueca	Pesado	A causa de que la barra sólida está incorporada dentro de un tubo.
Flexión	Pequeña	A causa del peso ligero	Grande	A causa del gran peso
Efecto térmico	Significativo	El calor es transmitido desde las manos porque el tubo se sostiene directamente por éstas.	Insignificante	Menos sujeto a efectos térmicos, debido a que la barra sirve como longitud de referencia, ya que esta dentro de un tubo que es sostenido con las manos
Durabilidad	Menos durable	La exactitud de la medición resulta afectada porque los extremos del tubo no están cubiertos y están sujetos a contaminación y daño	Durable	Dado que la barra esta incorporada dentro de un tubo, no está sujeta a daño porque la conexión se hace mediante una superficie plana contra una superficie esférica. El

				punto de contacto esta relativamente libre de la contaminación.
Exactitud		Debido a que los extremos del tubo son roscados y atornillados, la longitud total puede cambiar dependiendo del torque utilizado para apretarlos, aunque la flexión de los tubos es pequeña.		Las barras son conectadas mediante un resorte independiente de la conexión de los tubos externos, de modo que el torque que se utilice no afecta la longitud. La exactitud la afecta la flexión cuando se utiliza una barra larga.
Evaluación global	Con peso ligero y facilidad de medición. Es necesario cuidado especial, ya que los extremos están sujetos a daño y la exactitud resulta afectada por el torque utilizado para conectar los tubos. Este tipo es adecuado para usarlo en un laboratorio de inspección, donde el medio ambiente este controlado.		Debido a su gran peso son menos fáciles de manejar que los tipos tubo. Dado que la barra y el tubo de conexión son independientes, la exactitud no resulta muy afectada por el polvo o manejo descuidado, lo que lo hace adecuado para usarlo en áreas productivas	

Tabla 3.2 comparación entre los micrómetros con extensión tubular y barra

C. Micrómetros de interiores tubular tipo varilla intercambiable (figura 3.47)

Este micrómetro consiste de una cabeza micrométrica, varillas intercambiables de diferentes longitudes y un soporte.

Una de las varillas intercambiables se monta en la cabeza micrométrica para obtener el rango deseado de medición.

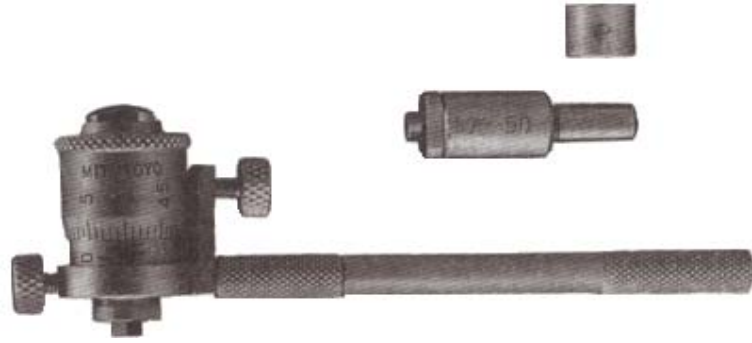


Figura 3.47

D. Micrómetro de interiores tubular tipo punta intercambiable (figura 3.48)

Este micrómetro tiene la misma construcción que la del tipo barra simple pero las cabezas de medición tienen un agujero donde pueden montarse varios tipos de puntas para medición de roscas internas, ranuras, etcétera.

El ajuste del punto cero de un micrómetro de exteriores para roscas puede hacerse poniendo las dos puntas de medición en contacto o utilizando un perno patrón roscado. Para micrómetros de interiores que miden roscas internas, el ajuste del punto cero debe realizarse contra un micrómetro de interiores para roscas calibrado adecuadamente o un anillo patrón roscado.



Figura 3.48

E. Micrómetro tubular para medición de engranes internos (figura 3.49)

Este micrómetro se utiliza para medir los diámetros de engranes internos. Tiene la misma construcción que la del tipo barra simple para interiores, pero las puntas de medición son esféricas.

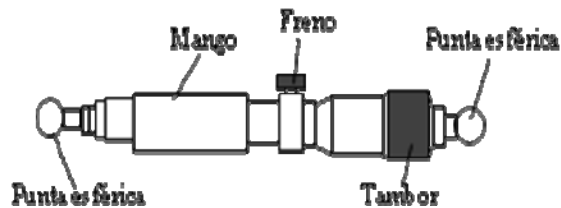


Figura 3.49

Micrómetro de interiores tipo calibrador (figura 3.50)

La estructura del tambor y cilindro es la misma que la del micrómetro normal de exteriores.

Debido a que la estructura del micrómetro de interiores tipo calibrador no satisface el principio de Abbe, ocurrirán grandes errores de medición si se aplica una fuerza de medición excesiva. La misma fuerza de medición utilizada para fijar el punto cero debe aplicarse cuando se realicen mediciones.

Para fijar el punto cero utilice bloques patrón, con sus accesorios, o un anillo patrón de dimensión conocida. Un método más simple, pero de menos confiabilidad, es utilizar un micrómetro de exteriores y medir la distancia entre los bloques de medición.



Figura 3.50

Micrómetro de interiores tipo tres puntos de contacto (figura 3.51)

Los micrómetros antes descritos miden diámetro interiores con sólo dos puntos de contacto. Este método requiere una considerable experiencia porque el micrómetro debe estar exactamente alineado con la línea diametral del agujero que este siendo medido.

El uso del micrómetro de interiores del tipo tres puntos de contacto es más simple debido a que se alinea a sí mismo con el eje del agujero a través de los tres puntos (topes) de contacto, los cuales están igualmente espaciados. Esto permite realizar mediciones exactas fácilmente, sin que sea necesaria alguna habilidad especial.



Figura 3.51

3.2.1.3 Micrómetros de profundidades

Los micrómetros de profundidad son útiles para medir las profundidades de agujeros, ranuras y escalonamientos.

Este tipo de micrómetros se clasifican de la siguiente manera:

- A. Tipo varilla simple
- B. Tipo varilla intercambiable
- C. Tipo varilla seccionada

De estos tres tipos, el de varilla intercambiable es el que más se utiliza.

A. Micrómetro de profundidad tipo varilla simple (figura 3.52)

Este micrómetro consiste de una cabeza micrométrica, un husillo y una base. La construcción del cilindro y el tambor es la misma que la del micrómetro normal de exteriores, pero las graduaciones están dadas en la dirección inversa. El rango de medición típico es de 25 mm.

La superficie externa del husillo sirve como cara de medición. La base esta hecha de acero endurecido. Debido a que la superficie inferior de la base se utiliza como

superficie de referencia, esta lapeada con exactitud a un alto grado de planitud (aproximadamente $1.5 \mu\text{m}$).



Figura 3.52

B. Micrómetro de profundidades tipo varilla intercambiable (figura 3.53)

Este micrómetro utiliza un husillo hueco sin superficie de medición. En su lugar, una varilla intercambiable que pasa a través del husillo y la base tiene una superficie de medición finamente lapeada en un extremo. El otro extremo de la varilla está sujeto al husillo. El método de fijación depende del fabricante.

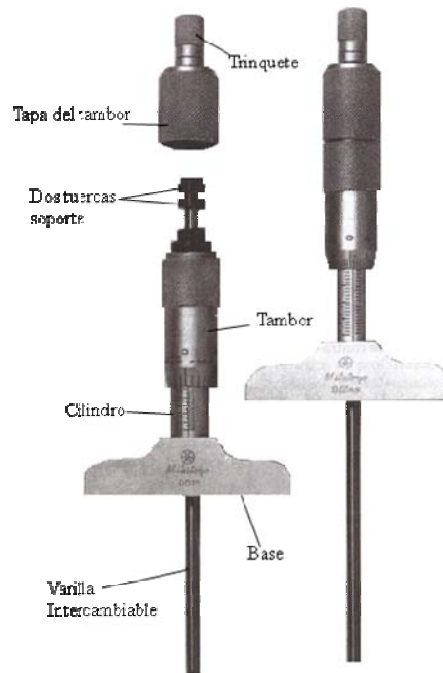


Figura 3.53

Precauciones de uso

1. La superficie de referencia de la base tiende a acumular polvo y rebabas. Siempre mantenga limpia la superficie para asegurar mediciones exactas.
2. Aplique fuerza suficiente a la base cuando realice mediciones. Si la fuerza es insuficiente, la base puede levantarse debido a la fuerza de medición aplicada al husillo, lo cual provoca errores de medición.
3. Cuando utilice una varilla larga, la aplicación de una fuerza excesiva de medición puede flexionarla. También sea cuidadoso de la temperatura ambiente, dado que la expansión térmica será significativa para varillas largas.
4. Verifique el punto cero cada vez que cambie la varilla.

C. Micrómetro de profundidades tipo varilla seccionada

Este tipo de micrómetro está diseñado para superar las desventajas del tipo de varilla simple (su limitado rango de medición) y del tipo de varilla intercambiable (el cual requiere varias longitudes de varillas). El tipo de varilla seccionada permite seleccionar la longitud efectiva de la varilla con una varilla larga que tiene ranuras V alrededor de su circunferencia a intervalos de 25 mm a lo largo del eje.

El husillo de este tipo de micrómetro hueco tiene un retén en un extremo para fijar la varilla a una de las ranuras y así fijar la longitud efectiva de la varilla. El rango de medición estándar de este tipo es 0 a 300 mm.

3.2.1.4 Micrómetros digitales

Un instrumento de medición capaz de proporcionar valores digitales elimina la necesidad de que el inspector emita un juicio al leer la escala, disminuyendo errores de medición.

Los micrómetros con lectura digital que proporciona lecturas directas utilizan un contador mecánico o electrónico. El tipo de contador mecánico normalmente proporciona lecturas con resolución de 0.01 mm. Los micrómetros electrónicos detectan el desplazamiento del husillo con un codificador rotatorio y proporcionan lecturas con resolución de 0.001 mm.

Ventajas de los micrómetros de lectura digital

La ventaja obvia de estos micrómetros es la facilidad con que se leen.

Una de las precauciones indispensables en la lectura de un micrómetro con contador mecánico es evitar el error de lectura de un dígito cuando el próximo dígito mínimo está cercano a cambiar de 0 a 9.

3.2.1.5 Micrómetros electrodigitales

El rápido progreso de la tecnología de circuitos integrados y la creación de dispositivos de pantallas tales como las de cristal líquido, han permitido incorporar habilidades digitales y electrónicas a los micrómetros.

Estas características avanzadas han eliminado errores humanos en la lectura y posibilitan que los micrómetros sean integrados a sistemas de procesamiento de datos, lo que allana el camino a un nuevo campo de la medición y la inspección.

Los micrómetros electrodigitales pueden mostrar en pantalla una resolución de 0.001 mm. En la actualidad este sistema electrónico lo utilizan prácticamente todos los tipos de micrómetros, incluso los de uso especial.

Cuidados generales requeridos al utilizar micrómetros

1. Elimine completamente polvo y aceite de las superficies de medición, determine si existen ralladuras o rebabas sobre las superficies de medición; utilice una piedra de aceite de grano (por ejemplo, piedra de Arkanzas o Cerastone).

2. Verifique que el tambor gire suavemente, que éste no se pegue al cilindro cuando gire, que el trinquete gire suavemente y que el freno sea efectivo.

3. Ajuste el punto cero

4. Cuando haga mediciones verifique el punto cero periódicamente para confirmar que no haya discrepancia. Las mediciones deben realizarse en las mismas condiciones que existieron cuando se fijó el punto cero para la medición.

5. Cuando haga mediciones asegúrese de que el micrómetro no esté sujeto a cambios bruscos de temperatura, luz solar directa, calor radiante o corriente de aire que puedan ocasionar una variación significativa en la temperatura.

6. Cuando se mida una pieza que esté montada sobre una máquina, el micrómetro deberá ser cuidadosamente orientada, sobre todo cuando la longitud de medición excede 300 mm.

7. Cuando se esté midiendo una pieza esférica o cilíndrica, en la cual la superficie de la pieza hace contacto sobre las superficies de medición del micrómetro en un punto o línea, debe tenerse especial cuidado para: a) prevenir “juego del husillo” debido a juego excesivo entre éste y su guía en el extremo del cilindro interior; b) aplicar una fuerza de medición apropiada, y c) asegurarse de que las superficies de medición estén planas y paralelas.

8. Minimice errores de paralaje observando desde el ángulo correcto. Vea la línea índice del cilindro directamente arriba desde el frente.

9. Nunca mida una pieza cuando esté en movimiento.
10. Alimente el husillo girando únicamente el tambor, nunca gire el micrómetro sujetándolo del tambor.
11. No intente girar el tambor cuando este puesto el freno.
12. Cuando el micrómetro se haya caído o golpeado, verifique el ajuste del cero y su buen funcionamiento antes de volver a utilizarlo.
13. Después de haber utilizado el micrómetro, limpie la grasa y las huellas digitales que tenga con un trapo suave y seco.
14. Cuando se almacene el micrómetro por largos periodos o necesite lubricación, use un trapo humedecido con líquido que prevenga la oxidación para aplicar en cada sección (excepto la sección de carburo de tungsteno).
15. Cuando el micrómetro sea almacenado que sea en un ambiente bien ventilado, de baja humedad. Guarde el micrómetro en un ambiente libre de polvo. No coloque el micrómetro directamente en el piso. Deje las caras de medición separadas entre 0.1 a 1.00 mm (0.004" – 0.040"). No bloquee el movimiento del husillo con el freno. Guarde el micrómetro en su estuche.

3.3 Con dimensión fija

3.3.1 Bloques patrón

El bloque patrón (figura 3.54) tiene dos superficies paralelas con la cuales se realizan las mediciones. Combinando varios bloques patrón se pueden obtener diferentes longitudes de comparación.

Los hay de dos tipos: el bloque patrón rectangular (tipo Johansson) y el bloque patrón cuadrado (tipo Hoke).

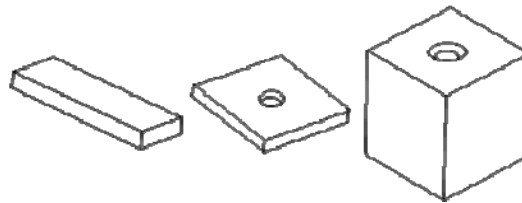


Figura 3.54

Requerimientos para los bloques patrón

1. Exactitud dimensional y geométrica
2. Capacidad de adherencia con otros bloques.
3. Estabilidad dimensional a través del tiempo
4. Duros y resistentes al desgaste
5. Coeficiente de dilatación térmica cercano al del acero.
6. Resistencia a la corrosión.

Herramientas y cuidados necesarios de los bloques patrón

- Papel

El papel se utiliza para eliminar aceite antioxidante, marcas, polvo, etc. Antes se utilizaba tela de algodón; ahora, material libre de pelusa como el papel para limpiar lentes.

- Solvente

Es útil para remover el aceite antioxidante, grasa, etc. Los solventes altamente volátiles son recomendables.

- Pera de aire con brocha

Ésta se utiliza para eliminar el polvo acumulado en las caras de medición. La brocha debe lavarse periódicamente con detergente neutro.

- Tenazas

Estos implementos son útiles cuando se limpian bloques patrón de tamaño pequeño, puesto que se dificulta la limpieza cuando se los sostiene directamente con la mano.

- Guantes de algodón

Se emplean para manejar bloques patrón de tamaño grande. Los guantes son un medio efectivo para prevenir la oxidación y minimizar la expansión térmica.

- Aceite antioxidante

Es utilizado para la protección de los bloques patrón.

- Plano óptico

Es útil para detectar pequeñas protuberancias y medir la planitud de la cara de medición. Es deseable contar con uno cuyo diámetro sea de 60 mm.

- Piedra de Arkanzas

Es utilizado para remover rebabas de la cara de medición. La superficie de la cara debe estar acabada por lapeado. Antes de usarla, el exceso de material de lapeado debe removerse de la superficie para que sólo queden las microcavidades superficiales llenas con el material restante.

Las rebabas y su eliminación

Los bloques patrón están hechos de material cuya dureza es superior a 800 Vickers; sin embargo, pueden rayarse o marcarse fácilmente por el manejo rudo (en especial cuando dos bloques se golpean entre sí). Un bloque utilizado sin eliminar las rebabas y marcas tal vez dañe otros bloques patrón cuando se utilicen juntos. Un plano óptico se utiliza para detectar rebabas sobre las caras de medición. Es necesario asegurarse, antes de la inspección, que las superficies del plano óptico y del bloque patrón estén bien limpias. Cuidadosamente, ponga el plano óptico en contacto con las caras de medición del bloque patrón y aparecerán franjas de interferencia, luego presione ligeramente el plano óptico contra la cara de medición. La desaparición de las franjas de interferencia indica que no hay alguna rebaba presente.

Si las franjas de interferencia permanecen parcialmente, mueva el plano óptico y cambie ligeramente su posición hacia un lado y el otro. Si después de esto las franjas aparecen en la misma localización sobre la cara de medición, significa que hay una rebaba sobre la superficie del bloque patrón, pero si las franjas aparecen donde mismo, sobre el plano óptico, esto indica que hay una rebaba sobre este último.

Las rebabas o protuberancias sobre una cara de medición deben eliminarse; con una piedra de Arkansas limpie las superficies de la cara de medición y utilice solventes para asegurarse de que cualquier material extraño ha sido completamente eliminado. Entonces coloque el bloque patrón sobre la piedra de Arkansas y deslícelo con suavidad hacia delante y hacia atrás mientras presiona ligeramente contra la piedra. Después de 10 o 20 movimientos inspeccione la cara de medición con un plano óptico para

cerciorarse de que la rebaba haya sido removida. Repita el procedimiento hasta que la rebaba haya sido completamente eliminada.

Existe un límite de tamaño de rebaba que una piedra de Arkansas puede remover utilizando este método, por lo que tal vez sea mejor reemplazar el bloque por uno nuevo si la rebaba es demasiado grande.

Puesto que los bloques patrón se flexionan fácilmente, utilice un trozo de hule como soporte para presionar el bloque patrón contra la piedra.

Cuidados que deben tenerse después de usarlos

1. Cuando se terminen de usar los bloques patrón hay que separarlos y limpiar sus caras. Después es necesario inspeccionarlos y ponerles aceite antioxidante; en seguida deben cubrirse con papel volátil inhibidor de la oxidación y almacenarlos.
2. Si el bloque patrón no va usarse durante un periodo largo, debe guardarse en un cuarto libre de la acción de la luz solar y la humedad.
3. Aún cuando un bloque patrón que no se le use con frecuencia debe comprobársele la oxidación tres veces por año.

3.3.2 Calibradores de espesor o laines (figura 3.55)

Estos medidores consisten en láminas delgadas que tienen marcado su espesor y que son utilizadas para medir pequeñas aberturas o ranuras. El método de medición consiste en introducir una laina dentro de la abertura, si entra fácilmente se prueba con la mayor siguiente disponible, si no entra vuelve a utilizarse la anterior.



Figura 3.55

Los juegos de laines se mantienen juntos mediante un tornillo que atraviesa un agujero que en un extremo. Debe tenerse cuidado de no forzar las laines ni introducirlas en ranuras que tengan rebabas o superficies ásperas porque esto las dañaría.

Existen juegos con diversas cantidades de laines y pasos de 0.01 mm (0.001 pulg.) es posible combinar las laines para obtener medidas diferentes. Los espesores van de 0.03 a 0.2 mm (0.0015 a 0.25 pulg.).

La longitud de las lanas puede variar y ser del mismo espesor en toda su longitud o tener una pendiente en un extremo.