



### Precauciones a tener en cuenta en el uso de estos micrómetros

1) La superficie de referencia de la base tiende a acumular polvo y rebabas

Limpie con cuidado dicha superficie para efectuar 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 provocará errores de medición.

3) Cuando se utiliza una varilla demasiado larga tenga cuidado de no ejercer una fuerza excesiva de medición pues la varilla tiende a flexionarse.

4) Al cambiar las varillas se deberá verificar el cero del instrumento

### Micrómetros Especiales –Tipo Unimaster

Se trata de un Instrumento sumamente útil y muy usado por la Industria Metalmeccánica donde se manufacturen piezas de gran tamaño y que requieran precisión en sus medidas.

Se trata de un instrumento para medir  $\varnothing$  Interiores y exteriores como así también longitudes Interiores y exteriores, con gran precisión.

Con el instrumento tal como lo entrega el fabricante podemos controlar cotas y  $\varnothing$  en el orden de los 2000 a 2250 mm, pero se comercializan por separado prolongaciones de 1000 mm, lo que permite llevar esa longitud a la que nosotros necesitemos.

El instrumento consta de un cabezal, con capacidad de medición interior de 250 mm y exterior de 225 mm. Para cambiar de una a otra modalidad de las anteriormente nombradas cuenta con un tornillo de inversión del sentido de medición.

A dicho cabezal se le colocan en sus extremos puntas para medición que pueden ser para exteriores e interiores.

El micrómetro trae un patrón con el que se calibra el cabezal de medición y luego si la medida a controlar supera la capacidad del cabezal, se le adosan al mismo las prolongaciones necesarias para llegar a la medida requerida.

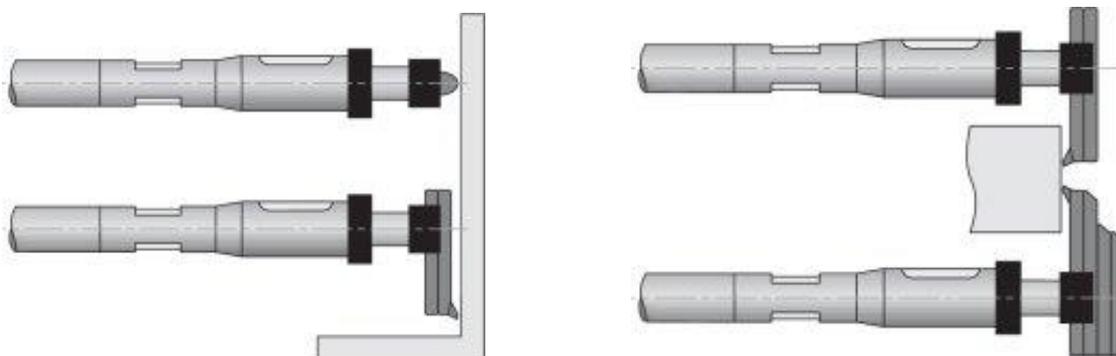
La apreciación de este instrumento es de 0,01 mm, y el cabezal tiene un palpador para la referencia de puesta a cero con el patrón, y un tornillo micrométrico con 25 mm de recorrido.

Al efectuar una medición se introduce el instrumento en el  $\varnothing$  a controlar y con el micrómetro se abre la punta móvil de cabezal, hasta lograr el cero en el palpador.

La medida sale de la suma de la lectura en el cabezal más el valor de cada una de las prolongaciones. (Se sugiere ver el video sobre este tipo de instrumento en la carpeta Catálogos)

Por ejemplo daremos la lectura de un  $\varnothing$  Interior:

1) Lectura cabezal	260,14 mm.
2) Valor 1º prolongación	600,00 mm.
3) Valor 2º prolongación	125,00 mm.
4) Valor 3º prolongación	<u>25,00 mm.</u>
Valor Medido	1010,14 mm



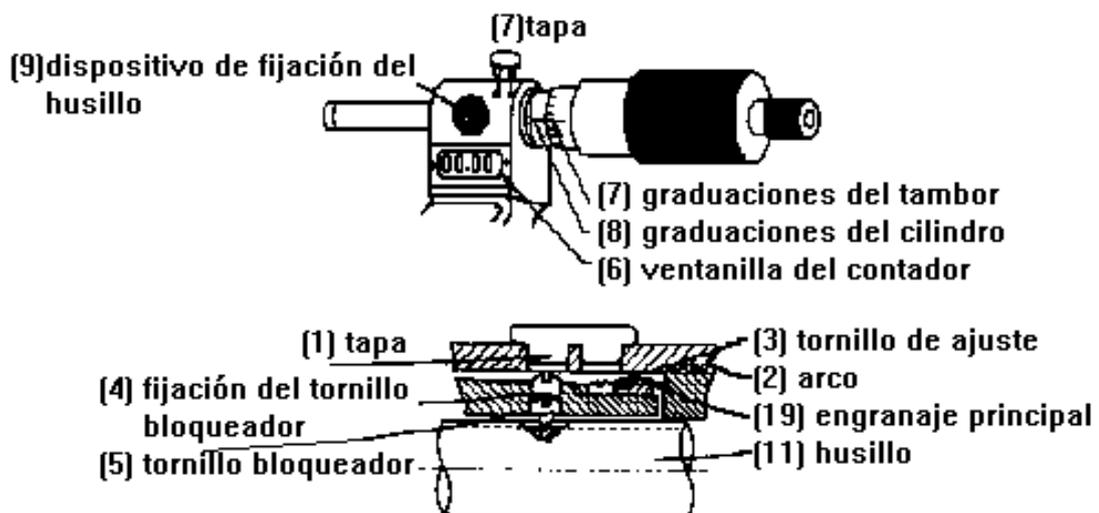
### Micrómetros Digitales

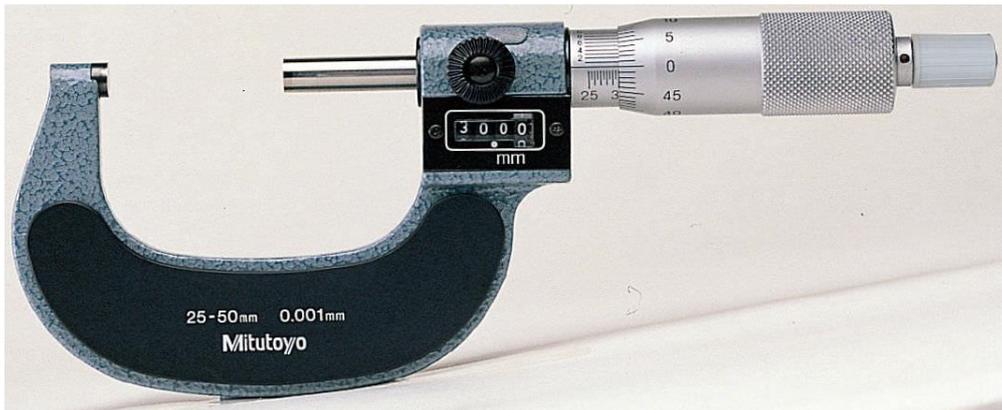
Los micrómetros con lectura digital que proporcionan lecturas directas utilizan un contador mecánico o electrónico. El tipo de contador mecánico normalmente proporciona lecturas con resolución de 0,01 mm. Los micrómetros electrónicos detectan desplazamientos del husillo con un codificador rotativo y proporcionan lecturas con resolución de 0,001 mm.

### Micrómetros digitales con contador mecánico

En la siguiente figura podemos ver el mecanismo contador de un micrómetro de exteriores. Cada anillo del contador tiene dígitos del 0 al 9 inscriptos a su alrededor. La mínima división decimal indica una unidad de 0,01 mm por lo tanto, una revolución completa del anillo contador (diez dígitos) corresponde a una longitud medida de 0,1 mm. Si el husillo del micrómetro tiene un paso de rosca de 0.5 mm (es decir una revolución del husillo corresponde a 0,5 mm de desplazamiento lineal de husillo) entonces para indicar una unidad de 0,01 mm el anillo contador para el mínimo dígito (0,001 mm) debe girar cinco revoluciones para cada vuelta del husillo. Para lograr esto el husillo y su anillo contador están conectados mediante un tren de engranajes con relación 5 a 1.

Este tipo de micrómetro tiene importantes ventajas sobre los de lectura analógica debido a la imposibilidad de cometer errores en la lectura de las divisiones del cilindro de 0,5 mm.





### Micrómetros Electrodigitales

El rápido progreso de la tecnología de los circuitos integrados y las pantallas de cristal líquido, han permitido incorporar estos componentes digitales y electrónicos 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 facilita el camino a un nuevo campo de la medición y a la Inspección Estadística.

Estos micrómetros trabajan con un codificador rotativo fotoeléctrico o del tipo de capacitancia que detecta la rotación del husillo y eléctricamente divide la señal de conteo para mostrar en pantalla una resolución de 0,001 mm. En las figuras siguientes podemos apreciar varios tipos de micrómetros con el sistema de lectura electrodigital .





### Micrómetros de Exterior Multirangos.

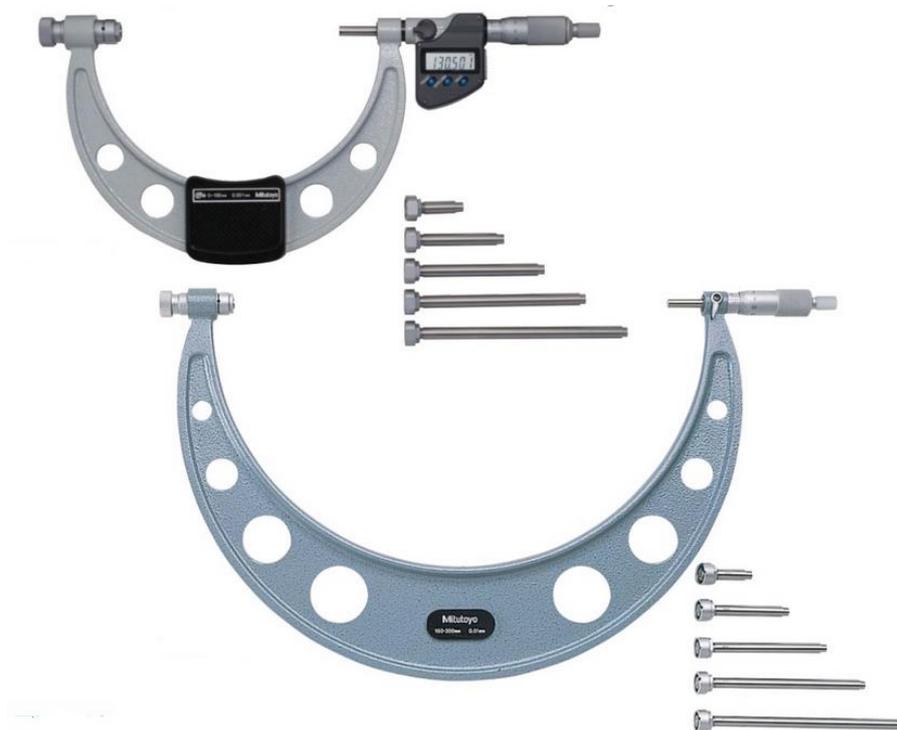
Para abaratar los costos de los micrómetros de exterior, se comercializan unos llamados **multirangos**, y están compuestos por un (1) Arco y varios topes intercambiables, con rangos de 0- 100 mm ò de 0-150 mm. De esta manera se evitaría comprar 4 micrómetros estándar (para cubrir de 0 a 100 mm) ò 6 micrómetros estándar para abarcar los 0 - 150mm. Además de los topes intercambiables la provisión incluye varios patrones, para verificar la precisión al montar cada tope.

Hay rangos también de 150-300 mm , 300-400 mm y 400-500 mm.

También se venden en modelos digitales

Una particularidad al medir con éstos instrumentos tipo analógicos, es que el cilindro siempre indicará de 0 a 25 mm en su graduación, por lo que la medición será la suma del mínimo valor de rango del tope colocado, más la medida leída en el instrumento. Ésta molestia podría ser salvada en los modelos digitales, ya que permiten variar los valores en el display al patronar el instrumento.



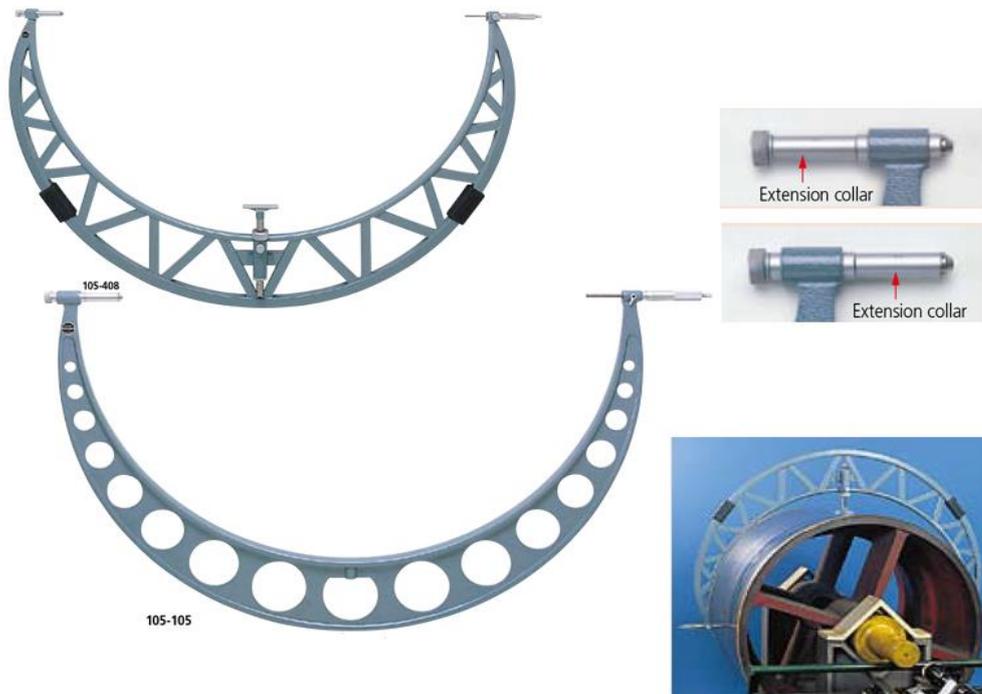


### **MICRÓMETROS DE EXTERIOR DE GRANDES DIMENSIONES**

Se usan para medir piezas de grandes dimensiones, con rangos desde 500 – 600 mm hasta de 1800 – 2000 mm por lo común, pero hay marcas que los ofrecen hasta los 3000 mm. Su Arco puede ser macizo con agujeros para aliviar su peso en rangos de 500mm a 1000mm. En Rangos de 1000m mm en adelante el arco es construido de material hueco y tiene un soporte central para evitar la flexion del Arco. Todos pintados con pintura antitérmica.

Estos instrumentos traen topes intercambiables de ( 4 x 25 mm). Pero en los rangos mayores de 1000 mm también está la opción de (4 x 50 mm). Son de tipo Multirango.

Tanto el husillo cómo los topes son de  $\varnothing$  8 mm.



Cómo se ve en la figura, para grandes rangos se necesitan dos personas para manipularlos.



Hay varios tipos de micrómetros de Exterior, fabricados especialmente para distintas aplicaciones: para medir espesores de piezas anulares, espesores de chapas, roscas, para ingresar a ranuras pequeñas, etc. En la figura se muestran uno para medir el cierre correcto de hojalatas ( por la hermeticidad) , y otro para diámetros de alambres de cobre ,dato importante para el bobinado de máquinas eléctricas.



Un micrómetro de exterior muy nuevo en el mercado, es éste de Alta Precisión ,con apreciación de 0,0001 mm , de rango sólo de 0- 25 mm. Posee un encoder que controla la precisión del instrumento y rodamientos de ultraprecisión y antifricción para la rotación del tambor y así tener un torque inferior en el sistema de fuerza constante. Tiene un accesorio postizo para agregar al arco, y para no transmitir calor al instrumento y mantener la precisión. El uso es específico para medir prótesis, agujas hipodérmicas , fibra ópticas , espesor de láminas de sondas , cathèteres de sondas de uso mèdico etc . El precio es de u\$s 1500.





### Ratchet thimble with an anti-friction bearing

---

Measurement repeatability has been improved by changing from sliding to rolling friction to dramatically reduce the torque needed to operate the constant-force device. This makes measurement even more consistent, even for operators new to this micrometer.



### ABS (absolute) rotary encoder with a resolution of 0.1 $\mu\text{m}$ and high-accuracy thread cutting technology

---

The development of a 5000-division rotary encoder has achieved the unprecedented resolution of 0.1  $\mu\text{m}$  in a hand-held micrometer.

The commercialization of this ABS (absolute) encoder has also improved its reliability. Additionally, since the spindle-thread pitch accuracy directly affects measuring accuracy, Mitutoyo has developed a series of technologies from thread cutting technology to thread evaluation technology, thereby guaranteeing the achievement of high accuracy.

### **Cuidados Generales a Tener en Cuenta Durante el uso de Micrómetros**

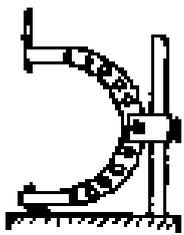
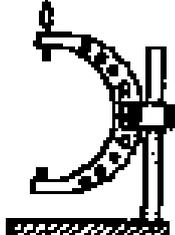
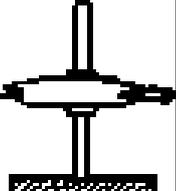
- 1) Eliminar completamente polvo y aceite de las superficies de medición, verificar la existencia de ralladuras y rebabas sobre las zonas a medir, ya que son frecuentes estos defectos en bordes de piezas, eliminarlos con limas o piedras esmeriles.
- 2) Verificar el libre giro del tambor, haciéndolo girar desde el trinquete (dispositivo de fuerza constante).
- 3) Verificar el punto cero del instrumento antes de empezar las mediciones.

4) Cuando las mediciones a efectuar sean prolongadas, verifique periódicamente el cero del micrómetro. Las mediciones deben efectuarse con el instrumento en la misma posición en que se fijó el cero, esto es particularmente importante cuando se utilizan micrómetros de gran tamaño.

5) Cuando se efectúen mediciones verificar que el micrómetro no esté sometido a cambios bruscos de temperaturas, por influencia de luz solar directa o por apoyarlo sobre zonas calientes de la máquina, pues esto ocasiona variaciones en las medidas.

6) En la siguiente tabla vemos la influencia de la posición del micrómetro en la precisión de la determinación y por lo tanto la importancia de su puesta a cero en la misma posición que luego va a ser usado, sobre todo en micrómetros de más de 300 mm.

**Error debido a cambios en la posición de medición**

	Ajuste de cero	Error y posición de medición		
(mm)				
325	0	- 5.5		- 4.5
425	0	- 2.5		- 10.5
525	0	- 5.5		- 10.0
625	0	- 11.0	0	- 5.5
725	0	- 9.5	- 9.5	- 19.0
825	0	-18.0	- 5.0	- 35.0
925	0	- 22.5	- 14.0	- 27.0
1025	0	- 26.0	- 5.0	- 40.0

**Como puede observarse el micrómetro debe ajustarse a cero en la misma posición en la que se va a hacer la medición.**

7) Nunca mida una pieza que esté en movimiento, sobre todo de giro.

8) Nunca gire el tambor con el freno puesto.

9) Jamás fuerce el giro del tambor, cuando este llega al final de su recorrido.

10) Cuando accidentalmente el micrómetro se haya caído, verifique el ajuste del cero y su buen funcionamiento antes de volver a utilizarlo.

11) Cuando efectúe mediciones de precisión, sobre todo en  $\varnothing$  de gran tamaño, deberá tener en cuenta la temperatura. Las piezas al ser mecanizadas; debido al arranque de viruta; van elevando su temperatura, esto no sucede con el micrómetro, que tiene la temperatura del ambiente en que se encuentra, en este caso debemos utilizar la corrección por dilatación térmica, que refiere la medición a temperatura de referencia (  $20^{\circ}\text{C}$  ).

12) Use el micrómetro girando solamente el tambor, nunca gire él micrómetro sujetándolo de tambor, ya que esta forma incorrecta de uso con seguridad va a dañar el instrumento.

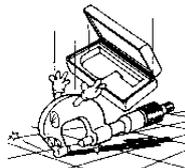
13) Cuando efectúe la lectura sobre el tambor, hágalo desde ángulos apropiados, con esto minimizará los errores de paralaje.

En las figuras que se ven a continuación se ilustran los cuidados básicos a tener en cuenta para la utilización de micrómetros.

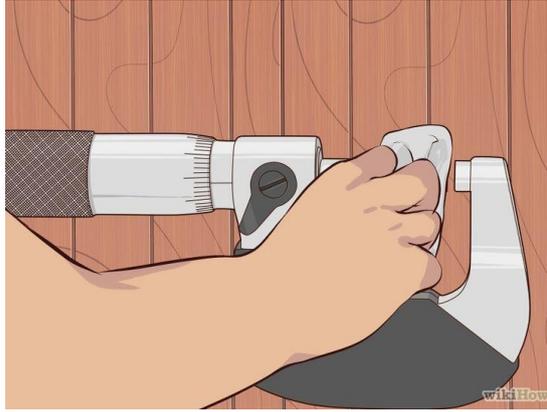
1. Seleccione el micrómetro que mejor se ajuste a la aplicación. Asegúrese que el tipo, rango de medición, graduación y otras especificaciones son las apropiadas para la aplicación.



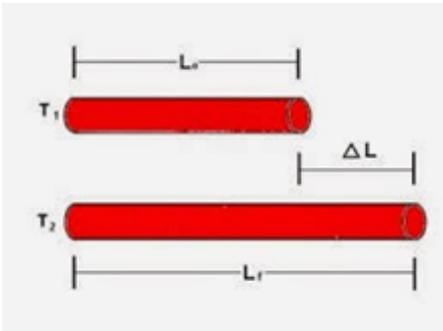
2. No aplique excesiva fuerza al micrómetro. No lo deje caer y evite que reciba golpes. No gire el micrómetro violentamente.



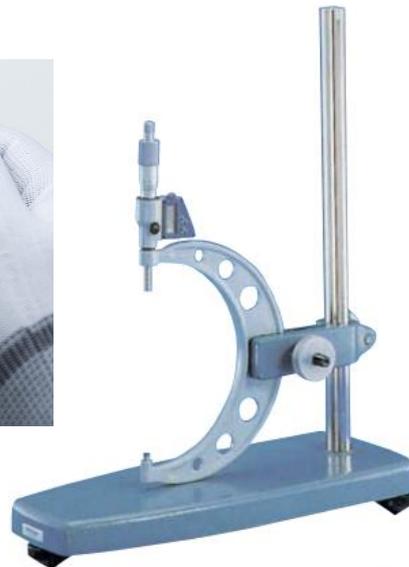
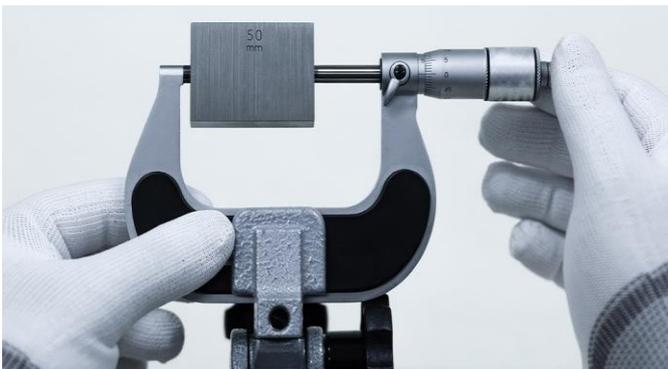
3. Elimine el polvo que haya sobre el micrómetro antes de usarlo. Limpie todo el husillo y las caras de medición. Use solamente papel o trapo libre de pelusas.



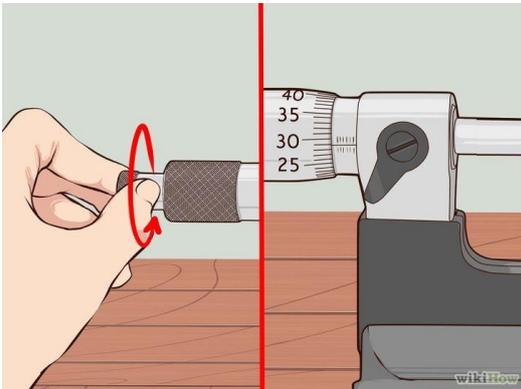
4. Deje el micrómetro y la pieza para medir en un cuarto el tiempo suficiente para estabilizar la temperatura. Una barra de hierro de longitud 1000mm cambiará 0.012 mm (12 micrones) con un cambio de temperatura de 1° C.



5. Ajuste las líneas de cero. Haga que se junten las caras de medición usando solo la perilla con trinquete o el tambor de fricción. Lea las graduaciones del tambor directamente desde el frente ( donde los números 10 y 40 aparecen del mismo tamaño ). Si la línea cero sobre el tambor no se alinea con la línea índice del cilindro hasta hacer que las dos líneas coincidan. Cuando la longitud de medición exceda 300 mm, ajuste la línea cero con el micrómetro en la misma posición en que estará cuando se esté midiendo.



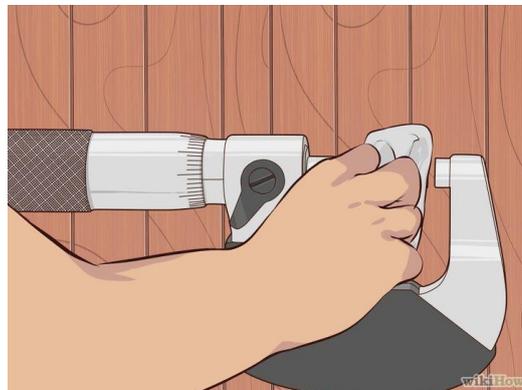
6. Siempre use el trinquete o el tambor de fricción cuando mida.



7. Cuando monte el micrómetro sobre un soporte, asegúrese de que el cuerpo del micrómetro esté sujeto al centro y que la sujeción no haya sido muy fuerte.



8. Después de usar el micrómetro limpie la grasa y las huellas digitales que tenga con un trapo suave y seco



9. Cuando se almacene un micrómetro por largos periodos o necesite lubricación, use un trapo humedecido con un líquido que prevenga la oxidación para untar cada componente del micrómetro. Asegúrese que el aceite esté repartido uniformemente sobre las diferentes partes.



11. Cuando se almacenen micrómetros se deberán tener en cuenta los puntos siguientes:

No exponga el micrómetro a la luz solar directa. Almacene el micrómetro 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 1.0 mm. No bloquee el movimiento del husillo con el freno. Guarde el micrómetro en su estuche.



## UNIDAD 6

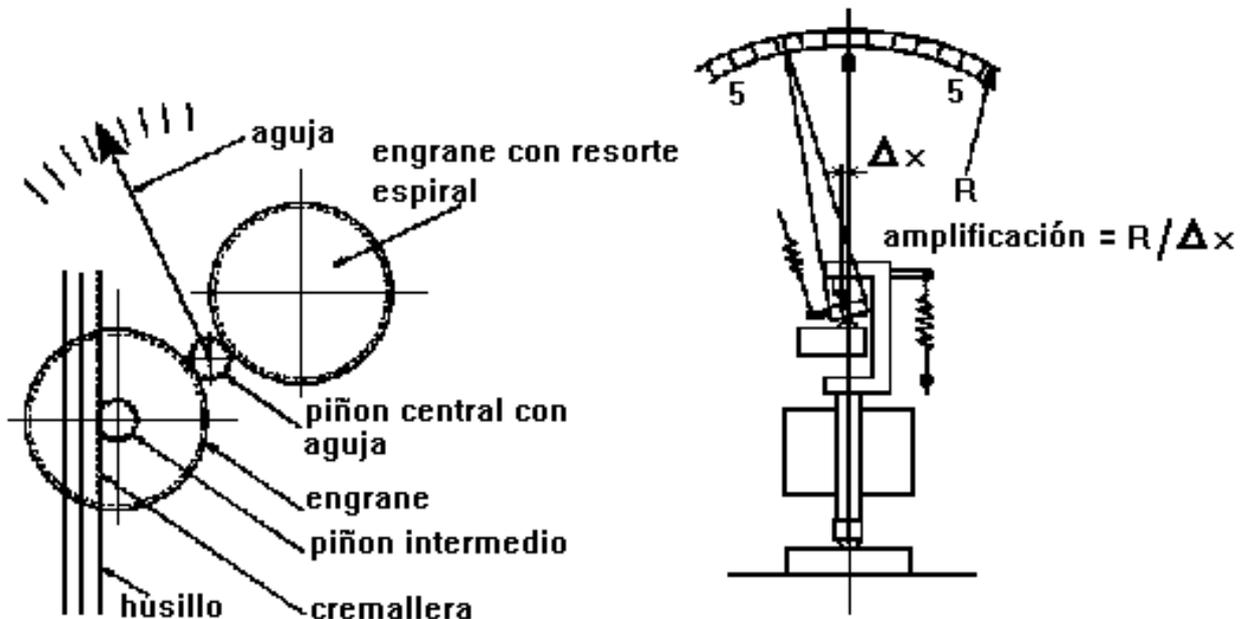
### Tema 6 A Comparadores o Indicadores de cuadrante

#### Introducción

Los comparadores o indicadores de cuadrante son instrumentos muy utilizados para realizar mediciones; en ellos, un pequeño desplazamiento del eje o husillo es amplificado por un tren de engranajes para mover en forma angular una aguja indicadora sobre la carátula del

*Metrología Dimensional - UNIDAD 5 y 6 - Producción - Ing Oscar Castro - Ingeniería en Mecatrónica*

comparador; la aguja girará desde una hasta varias docenas de veces, depende del tipo de comparador. Es fácil leer el desplazamiento amplificado en la carátula, lo cual hace que este instrumento sea útil para mediciones diversas.



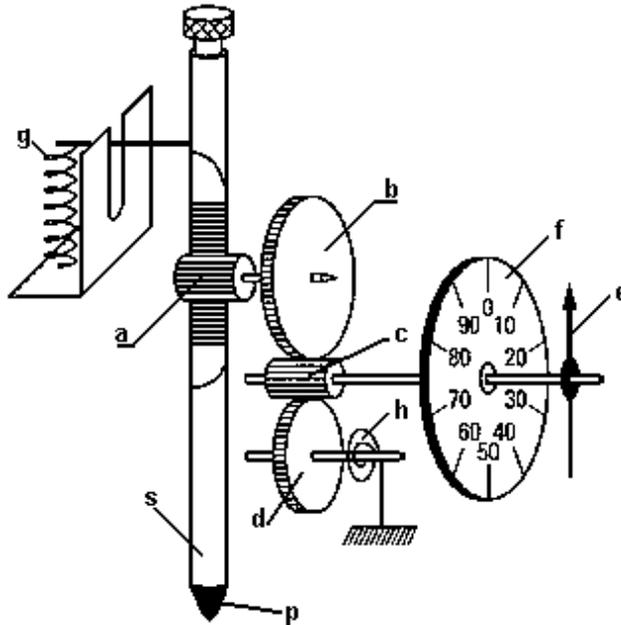
En los primeros comparadores utilizados por la Industria como instrumental de medición desde principios del siglo XIX, la amplificación del desplazamiento se logró mediante una palanca. El mínimetro de Hirth, fabricado en 1907, fue el primer comparador cuyas partes fueron semejantes a las que conforman los actuales comparadores. Este instrumento tenía una estructura simple e incluía únicamente una palanca y solo una etapa de amplificación, tal como se indica en la figura anterior.

### **Construcción básica de los comparadores o indicadores de cuadrante**

En el siguiente esquema se ilustra el mecanismo de un comparador o indicador de cuadrante con resolución de 0,01mm, como así también un diagrama del modo de funcionamiento.

El movimiento lineal del husillo (s), el cual tiene una punta de contacto (p) en su extremo, es transmitido a un piñón (a) concéntrico con un engranaje (b) por medio de una cremallera hecha sobre el husillo (s), lo que lo amplifica y transmite al engranaje concéntrico (c) con la aguja (e) para mostrar finalmente el desplazamiento en el cuadrante (f).

*En esta estructura existen juegos en el ensamble entre el piñón intermedio y la cremallera, así como entre el engranaje y el piñón central, con el objeto de eliminar este juego, el piñón central (c) esta ensamblado con otro engranaje (d) con el cual se mantiene en contacto debido a la precarga dada por el resorte espiral (h).*



### Comparadores Centesimales

Estos comparadores tal como lo indica su nombre tienen una apreciación de 0,01 mm. Esto se logra con un mecanismo de amplificación donde una vuelta completa de la aguja corresponde a 1 mm de avance del husillo y un cuadrante con 100 divisiones iguales.

$$\text{Aprec.} = \frac{1 \text{ mm}}{100 \text{ divisiones}} = 0,01 \text{ mm.}$$

Estos comparadores tienen un indicador donde podemos leer los milímetros de desplazamiento (Aguja Cuentavueltas). Vienen en versiones de 10 mm de recorrido del husillo, pero también encontramos versiones de 30, 50 y 100 mm de recorrido.

### Comparadores Milesimales

La apreciación en este caso es de 0,001 mm. Esto se logra con un mecanismo de amplificación donde una vuelta completa de la aguja corresponde a 0,1 mm de avance del husillo y tiene un cuadrante con 100 divisiones iguales.

$$\text{Aprec.} = \frac{0,1 \text{ mm}}{100 \text{ divisiones}} = 0,001 \text{ mm.}$$

El rango de medición de estos comparadores es de 0,5 - 1 y 5 mm.

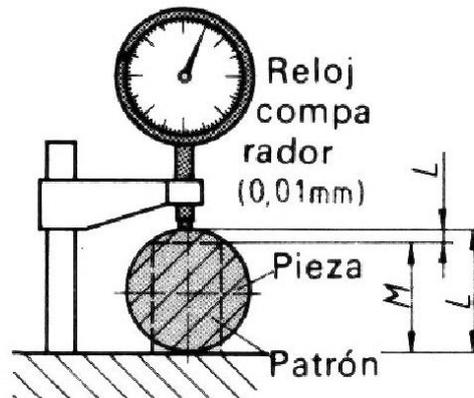
### Uso de los Comparadores

Como se puede observar estos instrumentos solos se pueden usar con la ayuda de algún dispositivo que permita sujetarlos firmemente y alinearlos en la dirección en que se realizará la medición.

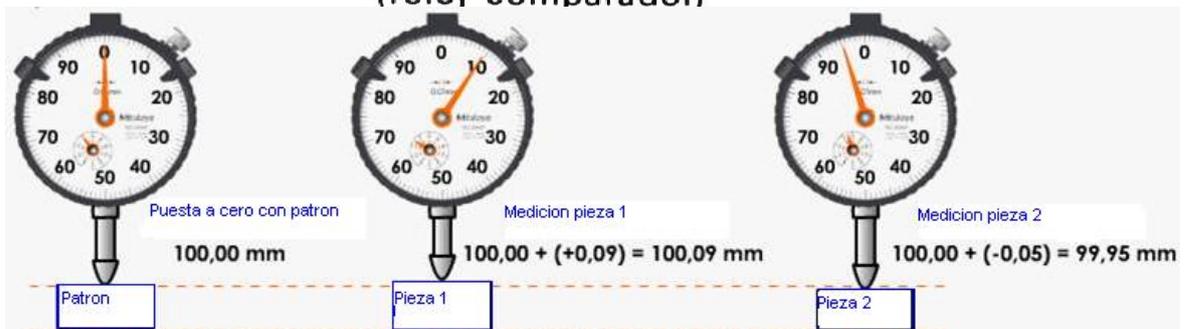
En las figuras siguientes vemos usar un comparador puesto en una base con una mesa de referencia, con un bloque patrón (galga), apoyado en la mesa de referencia, calibramos el

*Metrología Dimensional - UNIDAD 5 y 6 - Producción - Ing Oscar Castro - Ingeniería en Mecatrónica*

comparador a cero (0) y luego sacamos la galga y vamos insertando las piezas que queremos verificar, en el comparador leeremos las diferencias de medidas que las piezas tengan.

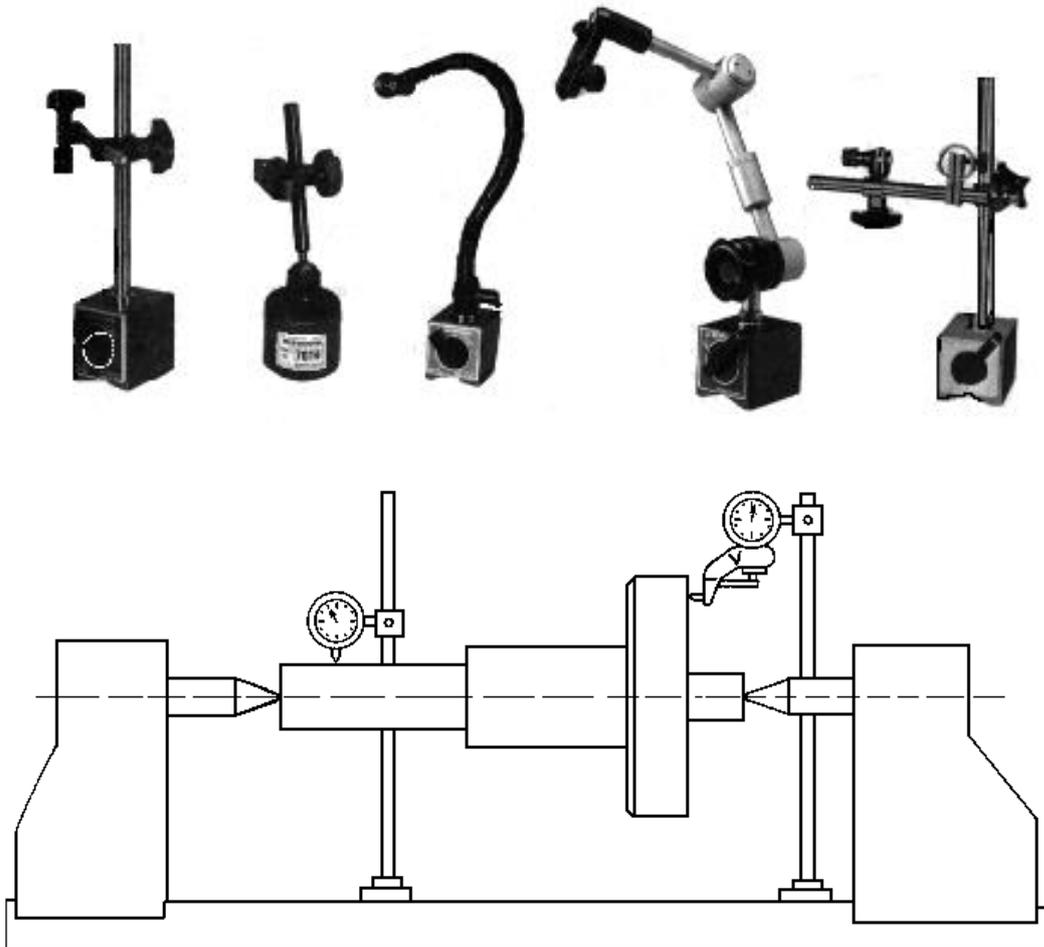


### Medición por diferencia (reloj comparador)



En las figuras siguientes pueden verse distintos tipos de soportes con base magnética, de gran utilidad para una variedad de aplicaciones en trabajos de maquinados o de mantenimiento, como por ejemplo, centrados, alineados, etc. También vemos un ejemplo de un eje montado

entre centros al que se le está verificando con un comparador la concentricidad y con el otro el alabeo o cabeceo circular.



### **Comparadores Electrodigitales**

En contraste con los comparadores convencionales que muestran los valores medidos mediante el giro mecánico de una aguja, los electrodigitales lo hacen por medios eléctricos y los valores medidos pueden verse en una pantalla digital.

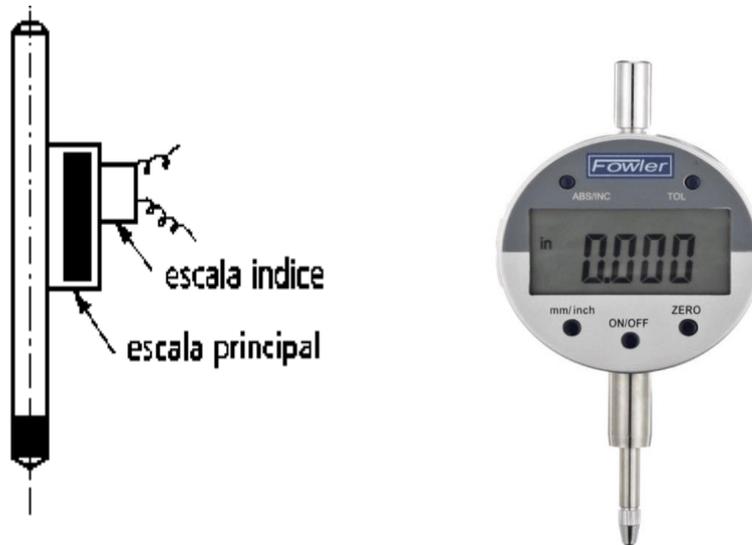
Los beneficios de la digitalización incluyen la adición de nuevas funciones, se evitan errores de lectura y permite la salida de datos, hacia sistemas de procesamiento para análisis Estadísticos e impresión.

La construcción básica de estos comparadores (puede verse en la figura siguiente) cuenta con un codificador lineal interconstruido que lee eléctricamente el desplazamiento de la escala principal.

Esta estructura elimina por completo el sistema mecánico de amplificación del desplazamiento con lo cual se logran mediciones con un amplio rango de exactitud, que los comparadores convencionales jamás han logrado.

Existen comparadores electrodigitales con el sistema del tipo fotoeléctrico y el de capacitancia.

Este tipo de comparadores tiene el mismo sistema de fijación que los convencionales, por lo que pueden usarse los mismos accesorios para su montaje.



### Palpadores o Indicadores de Cuadrante Tipo Palanca

Mientras que los comparadores normales miden por medio del desplazamiento lineal de husillo, los de palanca lo hacen mediante el movimiento circular de una palanca que tiene una punta de contacto en su extremo.

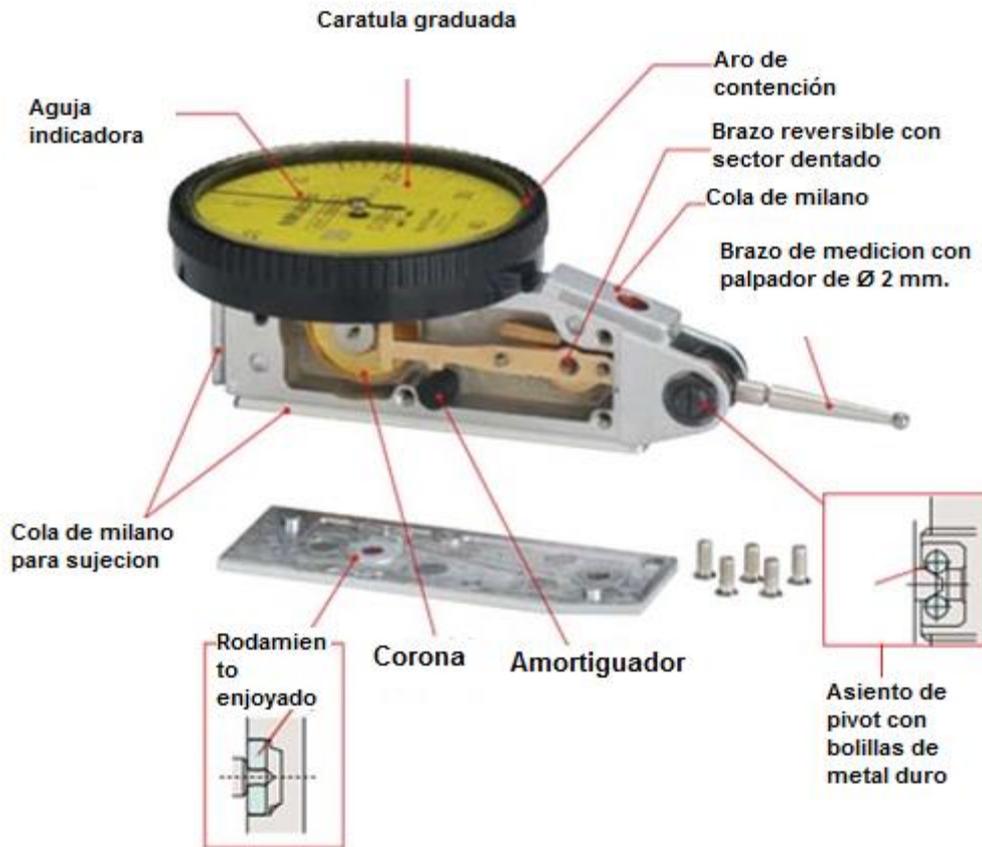
Dado que la fricción presente es mínima, puede medir con una baja fuerza de palpado y tiene una alta sensibilidad de medición.

Sin embargo como la punta de medición describe un arco, este instrumento es afectado por un error de coseno. Para minimizar este error el eje de la punta de medición debe colocarse lo más paralelo posible a la superficie a controlar.

### Estructura Básica de estos Instrumentos

Estos palpadores vienen en dos versiones, uno llamado comúnmente universal y otro con palanca inversora. El primero de ellos puede medir moviendo la punta de contacto en ambas direcciones (arriba-abajo).





### Tipos de Palpadores

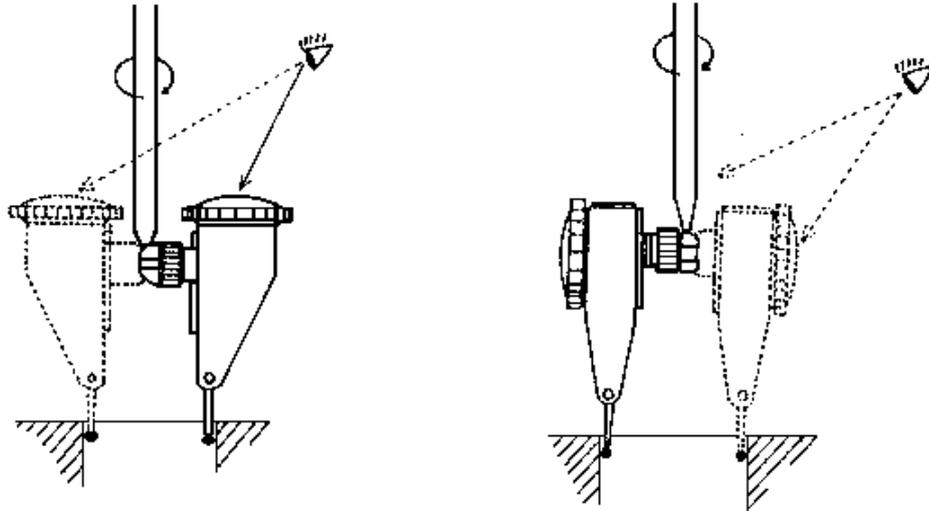
Hay tres tipos principales de palpadores que se adecuan a diversas operaciones de medición: horizontal, vertical y paralelo, con apreciaciones de 0,01, 0,002 y 0,001 mm. A cada uno de estos se les puede adaptar distintos largos de puntas.



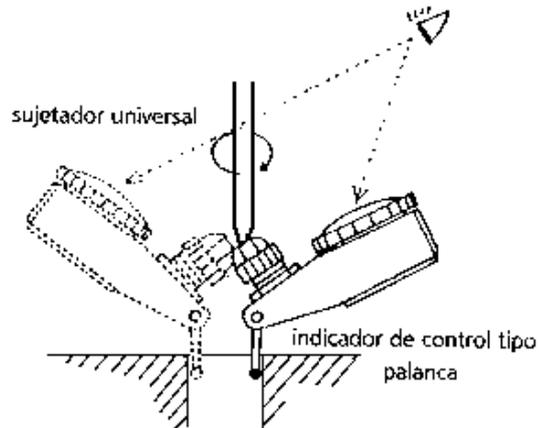
En las siguientes figuras podemos ver un ejemplo de uso de este instrumento centrando un agujero en una alesadora:

En el primer caso usamos el palpador vertical, con el cual tenemos visual del indicador durante los 360° de giro.

En el segundo caso usamos el palpador horizontal, podemos observar que al girar perdemos la visual del indicador durante una porción importante del giro.



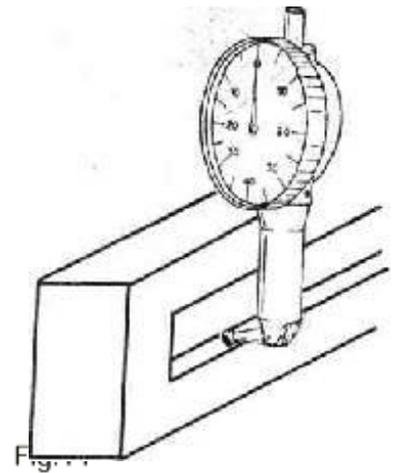
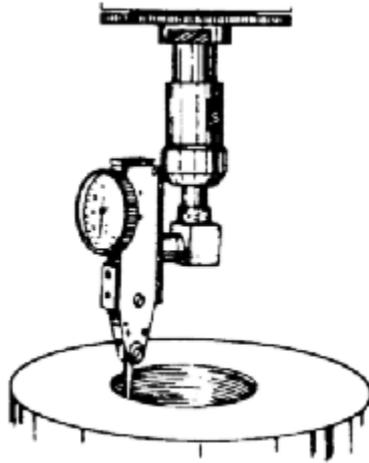
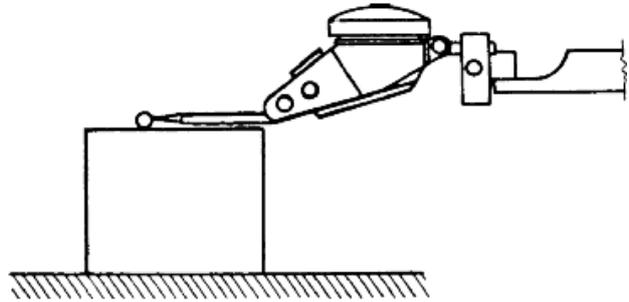
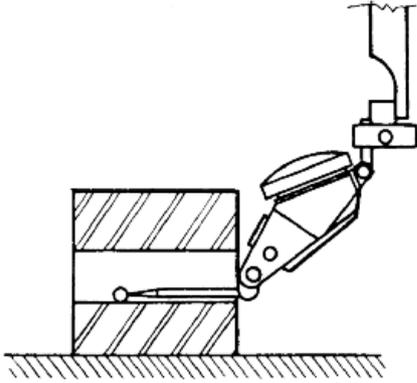
En el tercer ejemplo usamos también el palpador horizontal, pero ahora tomado correctamente y vemos que tenemos visión del indicador los 360° de giro.



Versión digital de un palpador



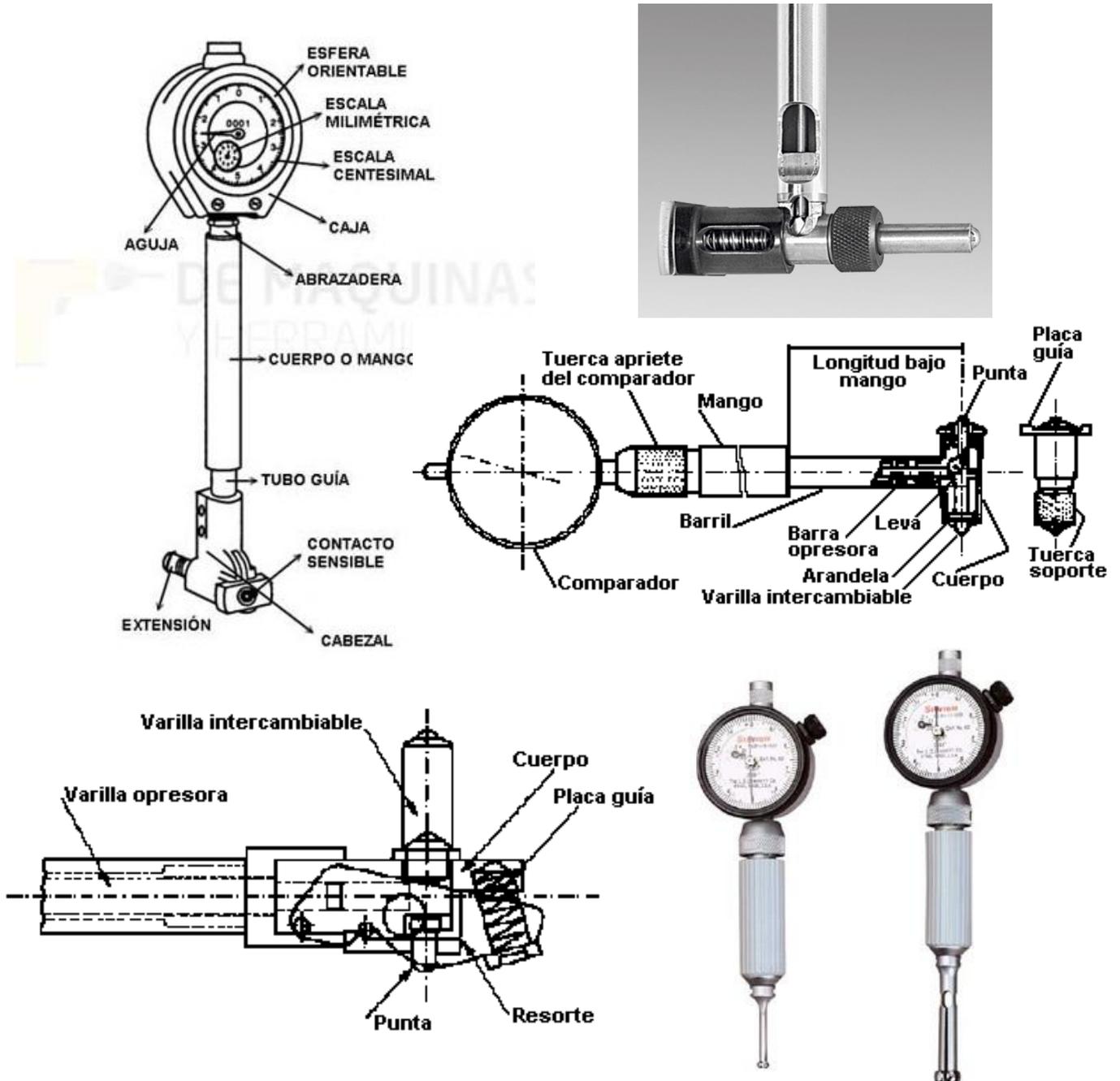
Ejemplo de uso de Palpadores



S  
M

### 6B - Alesámetros o Medidores de Agujeros con Indicador de Cuadrante

Este es un instrumento para la medición de  $\varnothing$  de agujeros utilizando para ello el instrumento propiamente dicho con el auxilio de un comparador. Es un instrumento de lectura indirecta, puesto que requiere de una calibración antes de ser usado. Es de muy fácil manejo y muy útil para medir agujeros de una misma dimensión específica. Algunos alesámetros pueden medir  $\varnothing$  de agujeros profundos con la ayuda de una barra de extensión. En la siguiente fig. vemos un alesámetro con los nombres de sus componentes.



Este instrumento viene en distintos rangos de medición; 6 a 10 - 10 a 18,5 - 18 a 35 - 35 a 60 - 50 a 100 - 100 a 160 - 160 a 250 - 250 a 400 mm

**Uso del Alesámetro**

Daremos un ejemplo de uso de este instrumento para medir un  $\varnothing$  de 25 mm:

- 1) Elegimos el alesámetro que cubra dicho rango, 18 a 35 mm.
- 2) Seleccionamos la varilla intercambiable que corresponda a los 25 mm (Este instrumento tiene seis varillas intercambiables para los distintos rangos entre 18 y 35 mm ).
- 3) Con micrómetro o con un patrón de 25 mm, calibramos el cero del alesámetro en el comparador.
- 4) Luego introducimos el alesámetro en la pieza a medir y leemos en el comparador la diferencia en + o en - con respecto al cero de calibración.

A continuación daremos un ejemplo de como se llega a la lectura de la medida real en el caso de que la aguja del comparador se encuentre tres divisiones (0,03 mm) antes del cero y otro en el que la aguja esta cinco divisiones (0,05 mm) después del cero.

Primer caso:

Medida de calibración	25,00 mm.
Lectura en comparador	+ 0,03 mm.
Valor $\varnothing$ del agujero	25,03 mm.



Segundo caso:

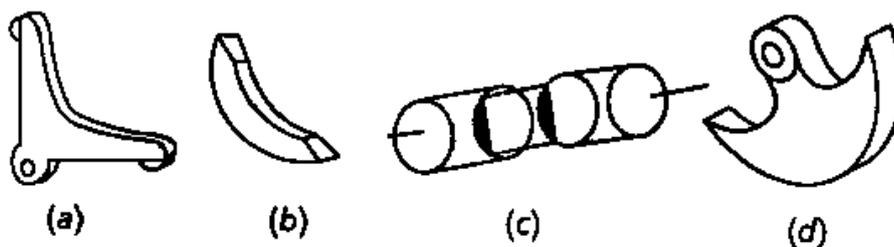
Medida de calibración	25,00 mm.
Lectura en comparador	- 0,05 mm
Valor $\varnothing$ del agujero	24,95 mm.



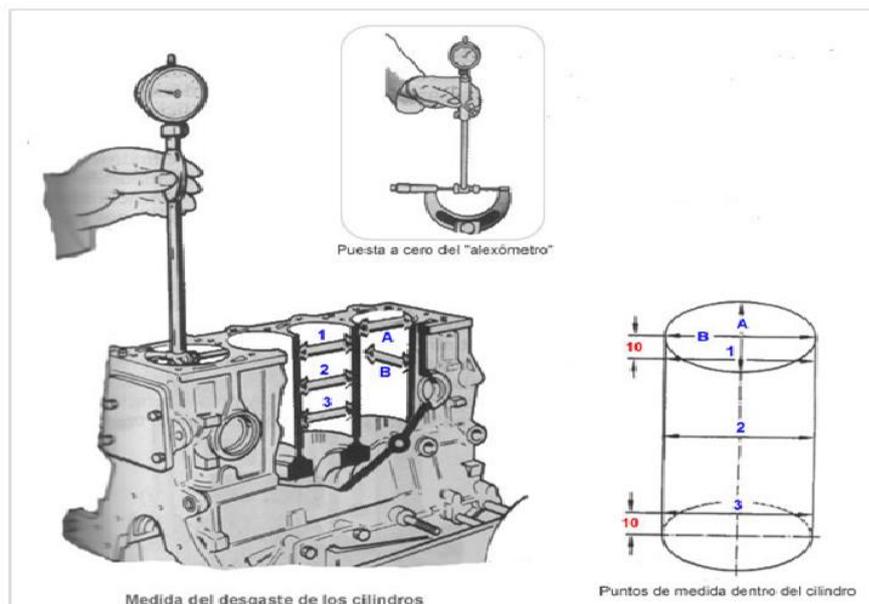
Al introducir el alesámetro en el agujero lo haremos con un cierto ángulo y luego moveremos el instrumento en la dirección de la flecha, veremos que la aguja del comparador gira en el sentido horario hacia el punto mínimo (punto de inflexión), después de pasar este punto la aguja girará en sentido antihorario. El punto donde la aguja cambió de sentido de giro es el valor de medición de este  $\varnothing$ .



El funcionamiento interno del alesámetro es el siguiente: al ejercer una presión sobre la varilla intercambiable hay un desplazamiento de la punta, esta transmite el movimiento a la barra opresora a través de una leva (a,b,d) o de un plano inclinado con una bolilla de acero (c). Luego la barra opresora desplaza el husillo del comparador y la aguja del mismo gira en la escala graduada; en centésimas o en milésimas de acuerdo a la necesidad; donde efectuaremos la lectura.



A continuación veremos un ejemplo de medición en los cilindros de un motor, y la forma de analizar los valores obtenidos con el alesámetro.



Una vez realizadas las mediciones podremos apreciar con los valores obtenidos los puntos (1, 2, 3) si el cilindro está cónico, y comparando los datos obtenidos en las mediciones realizadas en los sentidos A y B, podemos saber si el cilindro está ovalado.

**Alesámetros para Agujeros Pequeños**

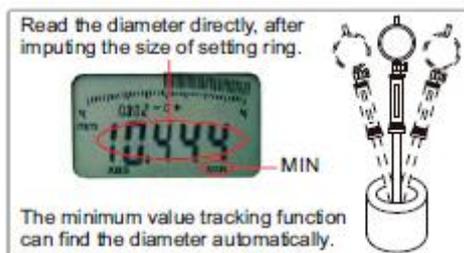
Estos alesámetros utilizan un sistema de cono para convertir el desplazamiento de la punta de contacto en la dirección perpendicular tal como se ve en la figura.



Los rangos de medición (debido al sistema que utiliza) en estos instrumentos son muy pequeños: 0,95 a 1,55 - 1,5 a 4,0 - 3,7 a 7,3 - 7,0 a 10,0 - 10 a 18 mm.

**Alesámetros para medición rápida usando Comparadores Digitales.**

Un instrumento particular, dentro de los alesámetros es estos modelos digitales que permiten medir con más rapidez que los analógicos, al tener un comparador especial que detecta el punto mínimo de medida al realizar el arco de medición. O sea que “congela” en el display la medida mínima que se obtiene al moverlo (en el instrumento analógico es el punto de inflexión de la aguja). Baja muchísimo los tiempos de operación, tanto al patronar el instrumento cómo cuando se mide, ya que se puede agregar el valor patronado en la pantalla y nos dará al medir directamente el valor final, restando o sumando la diferencia encontrada al sacar el instrumento del objeto de medición. Además al ser digital el instrumento de por sí, tengo una medición rápida y sin error de paralaje.





### Calibración de Alesámetros

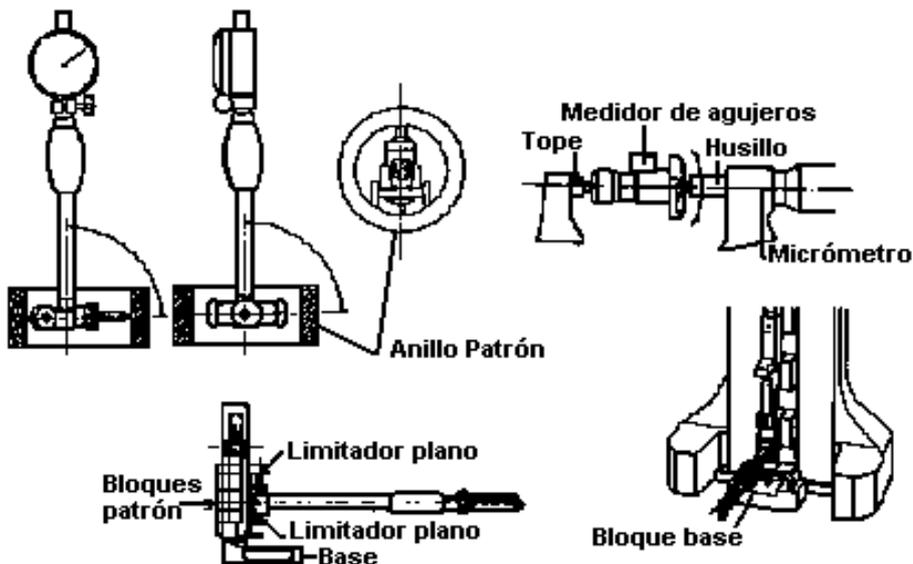
En las figuras siguientes se ven cuatro formas distintas de calibración del cero de este instrumento:

Con anillo patrón.

Con micrómetro.

Con galgas patrones y accesorios de caras planas y paralelas.

Con micrómetro patrón de altura.



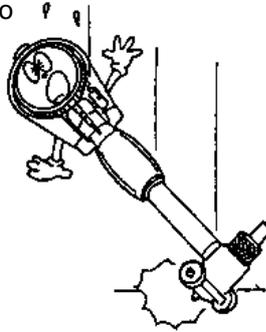
### Recomendaciones para el Uso de los Alesámetros

1. Seleccione el medidor de agujeros que mejor se adapte a su aplicación.

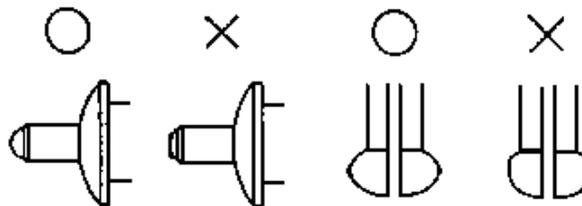
Asegúrese que el tipo, rango de medición, longitud de tubo y otras especificaciones del alesámetro sean apropiados para su aplicación.



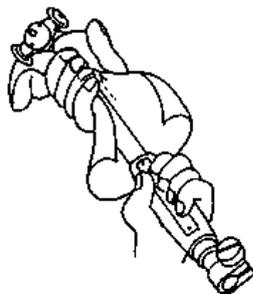
2. No tire ni golpee el alesámetro



3. Reemplace las puntas de medición desgastadas.



4. Elimine el polvo y suciedad del alesámetro antes de usarlo.



5. Ajuste el punto cero (punto neutral) del alesámetro, incrementos de 0,5 mm aproximadamente, al centro del rango de medición del alesámetro.

Ejemplo:

Rango de medición de diámetro : 42,3 - 42,8 mm.

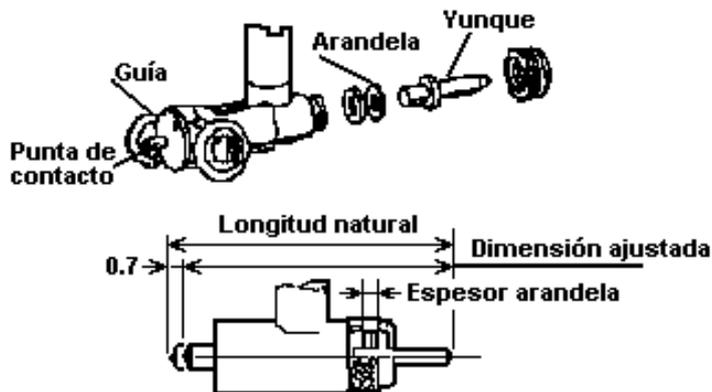
Rango del alesámetro : 35 - 60 mm.

Comparador de apreciación : 0,01 mm.

Ajuste del punto cero : 42,5 mm.

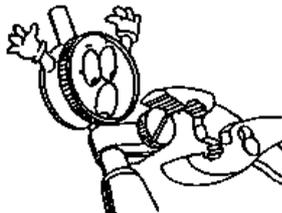
Tamaño nominal de la punta : 40 mm.

Espesor de la arandela : 2 mm + 0,5 mm.



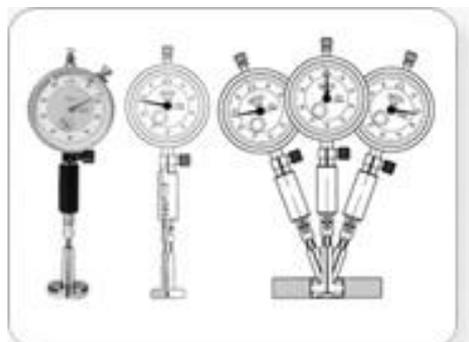
6. Monte y asegure adecuadamente el comparador. Ajuste la profundidad del comparador mientras observa la posición de la aguja indicadora.

Asegure en forma adecuada el indicador, pero no apriete excesivamente.

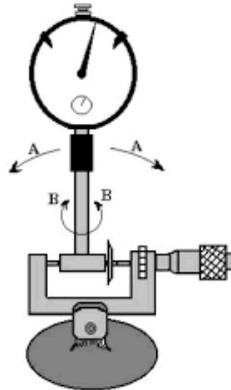


Ajuste a cero el comparador por medio de uno de los siguientes métodos:

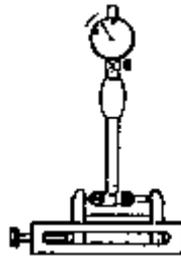
A : Utilizando un anillo patrón.



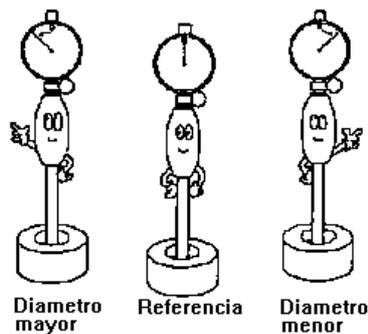
B : Utilizando un micrómetro.



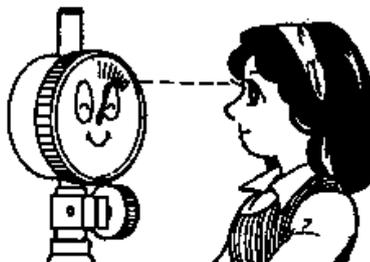
C : Utilizando bloques Patrón y accesorios para estos.



8. Note la relación entre las direcciones del desplazamiento de la punta de contacto y la rotación de la aguja indicadora. Rotación en sentido horario de la aguja, desde el punto cero, indica que la dimensión es menor que el valor fijado. La rotación en sentido antihorario de la aguja, desde el punto cero, indica que la dimensión medida es mayor que el valor fijado.



9. Evite errores de paralaje leyendo la carátula directamente desde el frente



10. Después de usar el alesámetro elimine el polvo y huellas digitales tanto del mismo como del comparador, con un paño suave y seco.

11. Cuando almacene el alesámetro por largos períodos o cuando éste necesite aceite, use un paño saturado con aceite antioxidante; frote suavemente todo el aparato. Asegúrese que el aceite se distribuya uniformemente sobre toda la superficie.

12. Cuando se almacenen Alesámetros con sus respectivos comparadores se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

El ambiente será de baja humedad y bien ventilado

El ambiente estará libre de polvo.

No coloque el alesámetro directamente sobre el piso.

El comparador debe estar desmontado.

Guarde el alesámetro en su respectivo estuche.

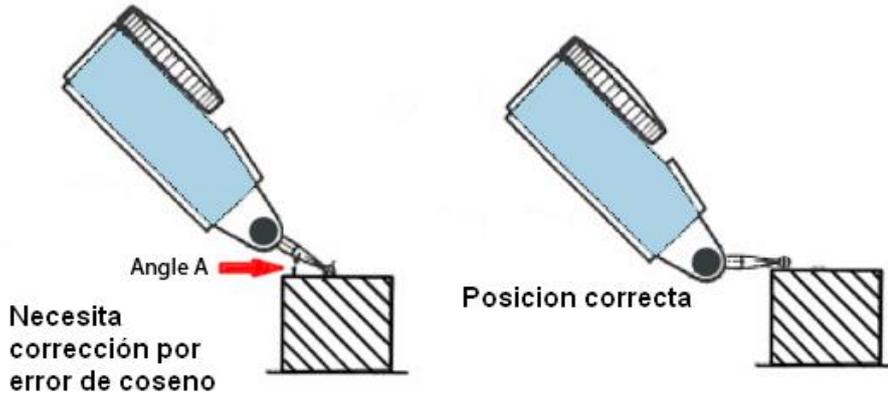


### **Error de coseno en el Uso de Comparadores y Palpadores**

En las siguientes figuras veremos la posición correcta que deben adoptar durante el uso los comparadores y palpadores, para evitar el error de coseno. En el caso de los comparadores el husillo debe ser perpendicular en ambas direcciones a la superficie a controlar.

En el caso de los palpadores la aguja, que en la punta tiene la esfera de palpado, debe estar lo más paralela posible a la superficie a controlar.

En la figura siguiente vemos como al incrementar el ángulo de la punta cambia la zona de palpado de la esfera, por tanto la medición que hagamos en estas condiciones nos dará lecturas incorrectas.

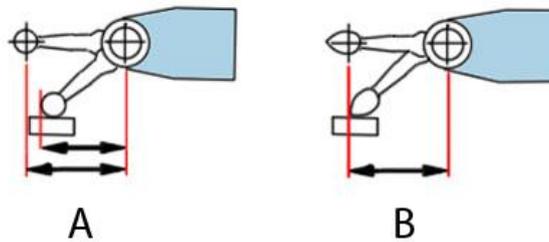


Este error tiene mucha importancia en el momento de efectuar controles de perpendicularidad, paralelismo, planitud, concentricidad, etc., pues estas condiciones geométricas suelen tener valores de tolerancia muy pequeños y si por ejemplo el ángulo  $\theta$  es igual a  $30^\circ$  estamos cometiendo un error de aproximadamente 0,01 mm.

Ejemplo			
	Angulo de inclinación $\theta$		
	$0^\circ$	$10^\circ$	$30^\circ$
Lectura del indicador X	0.05mm	0.05mm	0.05mm
Coef. de corrección $\cos \theta$	1.000	0.985	0.866
Valor corregido $X \cos \theta$	0.05mm	0.049 mm	0.043 mm
Error $X(1 - \cos \theta)$	0.00mm	0.001 mm	0.007 mm

	Angulo de inclinación $\theta$		
	$0^\circ$	$10^\circ$	$30^\circ$
Lectura del indicador X	0.050 mm (.002")	0.050 mm (.002")	0.050 mm (.002")
Coefficiente de corrección $\cos \theta$	1.000	0.985	0.866
Valor corregido $X \cos \theta$	0.050 mm (.002")	0.049 mm (.00196")	0.043 mm (.0017")
Error $X(1 - \cos \theta)$	0.000 mm (0")	0.001 mm (.00004")	0.007 mm (.0003")

Existen palpadores donde para evitar este error se le ha dado a la punta de palpado una forma especial (de una gota de agua, ver figura).



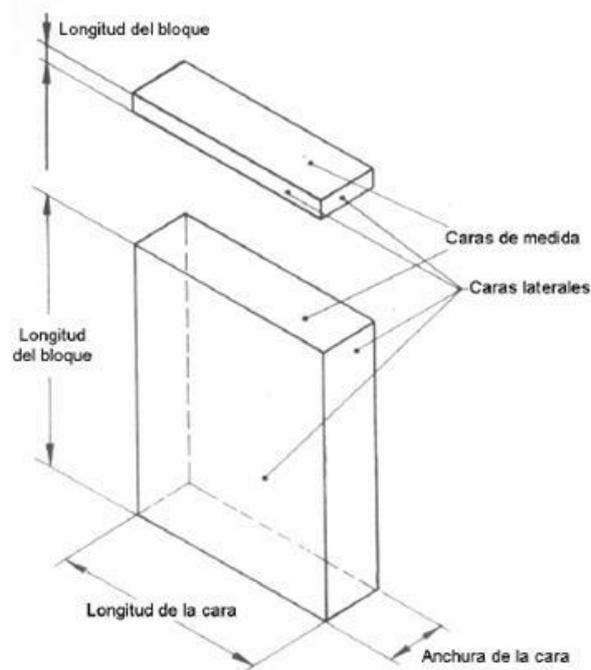
Si usamos este instrumento en combinación con un calibre de altura para tomar diferencias de niveles en una pieza, no tendremos los problemas antes citados, puesto que el palpador no será utilizado para efectuar lecturas, sino como referencia del cero de medición y las lecturas se harán en el vernier del calibre de altura.

### **6D - Bloques Patrones o Galgas**

Tanto en el siglo XVIII como en el XIX existieron distintos tipos de bloques escalonados usados como patrones.

Pero fue el sueco Johansson en 1910 el que descubrió que podía lograrse cualquier longitud, combinando un conjunto de pequeños bloques patrones de distintos tamaños; basado en este principio construyó un juego de bloques patrones compuesto de 111 piezas con el cual se podía formar cualquier longitud dentro de 2 a 202 mm en incrementos de 0,001 mm (20000 combinaciones).

Estas piezas tienen una sección transversal rectangular y se denominan bloques patrones o galgas patrones tipo Johansson. En la figura siguiente podemos ver un dibujo de las mismas.



En EEUU se diseñó en 1918 (W.Hoke) un bloque patrón de sección transversal cuadrada con un agujero en el centro.

Este tipo de bloques patrones es ampliamente difundido en este país, debido a su facilidad de manejo y se los denomina bloques patrones cuadrados tipo Hoke, los mismos se pueden apreciar en los siguientes dibujos.



### Exactitud de los Bloques Patrones

Las galgas se clasifican en términos de exactitud. En la tabla siguiente (número 1) vemos la clasificación del grado, según las distintas Normas Internacionales y su uso según la clasificación.

En la tabla número 2 podemos apreciar las especificaciones de exactitud (tolerancia de fabricación) de longitud de los bloques patrones según el valor de su longitud y grado.

TABLA Nº 1

Clasificación	Uso	Grado			
		JIS-ISO DIN		FED.SPEC. ANSI	
Referencia	Invest. tecnológica y técnica. Calibración de bloques patrón.	00		0.5	
Calibración	Calibración de instrumentos de medición. Calibración de bloques patrones	0	00	1	0.5
Inspección	Inspección de partes, máquinas herramientas, etc. Calibración de instrumentos de medición.	1	2	2	3
Taller	Fabricación de dispositivos. Inspección de instrumentos de medición. Montaje de hts de corte.	2	1	3	2

TABLA Nº 2

Longitud Nominal (mm)	unidad $\mu\text{m}$			
	Grado			
	00	0	1	2
De 0.5a10	+/- 0.06	+/- 0.12	+/- 0.20	+/- 0.45
Más de 10a25	0.07	0.14	0.30	0.60
Más de 25a50	0.10	0.20	0.40	0.80
Más de 50a75	0.12	0.25	0.50	1.00
Más de 75a100	0.14	0.30	0.60	1.20
Más de 100a150	0.20	0.40	0.80	1.60
Más de 150a200	0.25	0.50	1.00	2.00
Más de 200a250	0.30	0.60	1.20	2.40
Más de 250a300	0.35	0.70	1.40	2.80
Más de 300a400	0.45	0.90	1.80	3.60
Más de 400a500	0.50	1.10	2.20	4.40
Más de 500a600	0.60	1.30	2.60	5.00
Más de 600a700	0.70	1.50	3.00	6.00
Más de 700a800	0.80	1.70	3.40	6.50
Más de 800a900	0.90	1.90	3.80	7.50
Más de 900a1000	1.00	2.00	4.20	8.00

**Nota:** El de 0.5 mm está incluido en la división mostrada.

Estas galgas se fabrican de 3 tipos de materiales : Acero aleado , Carburo de Tungsteno (WIDIA) y de Cerámica. Los más económicos son los de acero aleado y los más caros los de carburo de tungsteno. Los de cerámica son livianos, frágiles y de color blanco, con muy bajo desgaste por uso, no se oxidan y resisten la corrosión. Los de carburo de tungsteno , son frágiles y los más duros y por lo tanto los que menos se desgastan , más pesados , no se oxidan y resisten muy bien la corrosión . Estos de WIDIA pueden ser de color negro o acerado brillante.



Según la tabla número 1 que indica la aplicación de estos bloques debemos tener en cuenta los siguientes términos.

**Trazabilidad:** Es la “propiedad del resultado de una medición por la que se puede vincular dicho valor con patrones adecuados, generalmente internacionales o nacionales, a lo largo de una cadena ininterrumpida de comparaciones”. 1 A esta cadena de comparaciones se la llama “cadena de trazabilidad”

**Patrón de medida Nacional:** patrón reconocido por una decisión oficial a nivel nacional, para servir en un país, como base para fijar el valor de todos los otros patrones de la misma magnitud.

**Patrón de medida internacional:** patrón reconocido por un acuerdo internacional, para servir de base para fijar el valor de todos los otros patrones de la misma magnitud.

La cadena de trazabilidad debe estar documentada por medio de certificados de calibración, a medida que subimos en la jerarquía de la cadena, los laboratorios que realizan las calibraciones deben ser acreditados por el OAA (Organismo Argentino de Acreditación).

1 Definición extraída de la norma IRAM IACC ISO E 10012-1 : 96

### **Medición de los Bloques Patrones**

Existen dos métodos de medición de Bloques Patrones, medición absoluta y medición comparativa.

El método de medición absoluta, mide directamente el tamaño del bloque patrón utilizando la longitud de onda de la luz, la cual es el patrón práctico de longitud mediante equipos denominados Interferómetros y son usados comúnmente para medición de bloques patrones grado 00.

En el otro método; el comparativo; la longitud del bloque se mide comparándolo con un bloque patrón de referencia (grado 00 Master de Laboratorio). El instrumento usado para la comparación puede ser un instrumento de medición analógico con graduación de 0,2 micrones (2 dies milésimas de milímetro), o un instrumento digital con una apreciación de 0,01 micrones (1 cien milésima de milímetro).

### **Procedimiento de Adherencia de los Bloques Patrones**

La adherencia de estos bloques se basa fundamentalmente en la calidad de terminación de las caras de estos, la misma se efectúa por medio de rectificado y lapeado. Es necesario lograr un alto grado de planitud y acabado superficial, por ejemplo para bloques grado 00 y 0 no deben exceder de 0,06 micrones y para grados 1 y 2, 0,08 micrones máximo.

Existen diferentes maneras de obtener una medida específica adhiriendo varios bloques patrones.

Cuando se adhiera bloques patrones se deberán tener muy en cuenta las siguientes recomendaciones:

- 1) Utilice el mínimo número de bloques patrones para formar la medida deseada.
- 2) Seleccione bloques patrones gruesos, siempre que sea posible.
- 3) Seleccionar los bloques empezando siempre con uno que tenga el mínimo dígito significativo requerido y entonces seleccione secuencialmente los dígitos más significativos (ver ejemplo más abajo).
- 4) Evite utilizar bloques patrones de 5 mm y sus múltiplos, siempre que sea posible (Esta recomendación es de base estadística y se debe al estudio de los errores en las medidas de las galgas fabricadas; donde se encontró que las que son múltiplos de 5 presentan mayor error y a la vez los usuarios las prefieren al armar su pila de galgas )

Veremos a continuación un ejemplo de formación de una pila de bloque patrones de 42,023 mm.

Primera opción:

1º bloque seleccionado	1,003 mm.
2º bloque seleccionado	1,02 mm.
3º bloque seleccionado	<u>40,00 mm.</u>
	42,023 mm.

Segunda opción:

1º bloque seleccionado	1,001 mm.
2º bloque seleccionado	1,002 mm.
3º bloque seleccionado	1,02 mm.
4º bloque seleccionado	13,00 mm.
5º bloque seleccionado	<u>26,00 mm.</u>
	42,023 mm.

Si bien en la primera opción tenemos un múltiplo de 5 (40 mm) es indudable que la elegiremos sobre la segunda, donde intervienen 5 bloques contra 3 de la primera.

Los juegos de galgas traen por lo general 2 bloques de 1 o 2 mm cada uno construidos en metal duro, dichos bloques van colocados en los extremos de la pila de galgas, y se llaman bloque protectores. Con los mismos logramos proteger los bloques intermedios que no son construidos en metal duro.

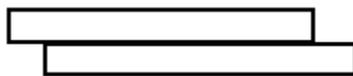
A continuación veremos un ejemplo de formación de una medida; 35,283 mm; donde intervienen los bloques protectores.

1º bloque (metal duro)	2,000 mm.
2º bloque (metal duro)	2,000 mm.
3º bloque	1,003 mm.
4º bloque	1,28 mm.
5º bloque	6,00 mm.
6º bloque	<u>23,00 mm.</u>
	35,283 mm.

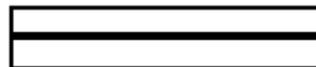
### **Métodos y observaciones sobre la adherencia**

- 1) Los bloques deben manipularse sobre superficies blandas, madera, tela o plástico. Nunca golpee los bloques entre ellos y menos dejarlos caer al suelo.
- 2) Limpiar el aceite protector con gasa industrial limpia y embebida en éter de petróleo, cuidando no rayar las caras del bloque.
- 3) Antes de unirlos verifique que las caras estén libres de polvo.
- 4) Cuando adhiera bloques patrones gruesos, coloque los mismos en ángulo recto uno con otro (ver figura) y gírelos 90° mientras ejerce una ligera presión.

Cuando adhiera tanto un bloque grueso con uno delgado o dos delgados enfrente a los mismos en forma paralela y en el extremo de uno de ellos, luego deslícelo ejerciendo una ligera presión, teniendo siempre en cuenta que no queden perfectamente enfrentados sino que sobresalga levemente sobre el otro, esto facilita luego de su uso el despegado de los bloques.



**Pegado Correcto**



**Pegado Incorrecto**



5) Si hay moho u óxido en la superficie de una galga quítelo cuidadosamente con una piedra de arkansas o una de diabasa, de modo que la superficie de la cara no se raye.

6) Los bloques protectores de metal duro deben ser adheridos a los bloques comunes siempre con la misma cara, ya que la otra (la opuesta) puede con el uso sufrir deterioros o ralladuras.

7) Los bloques deben manipularse con rapidez, ya que si se mantienen en la mano por un tiempo prolongado sufren deformaciones por temperatura y se deberá dejarlos estabilizar la misma antes de usarlos

### Cuidados Especiales y Mantenimiento de Galgas Patrones

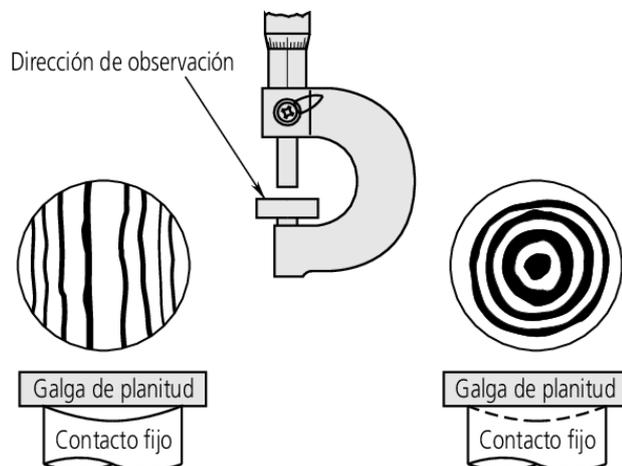
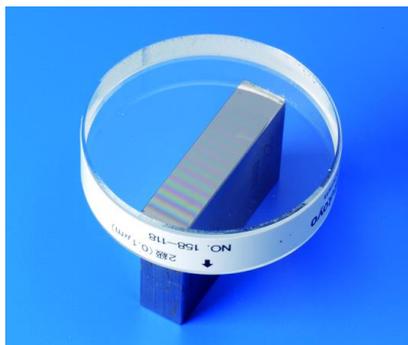
En lo que respecta a cuidados especiales los hemos ido desarrollando a lo largo de estos apuntes.

Luego de ser utilizados los bloques patrones deben ser cuidadosamente lavados con éter de petróleo utilizando para ello gasa industrial limpia.

Los bloques más pequeños deben ser manipulados con pinzas especiales de madera, luego deben ser secados con papel para limpiar lentes y a continuación protegidas con un buen aceite antioxidante o vaselina sólida y luego guardados en su estuche correspondiente.

Es aconsejable que el manipuleo de los bloques patrones lo hagamos protegiendo nuestras manos con guantes de algodón, con ello lograremos evitar oxidación, debido a la transpiración de nuestras manos.

Para medir la planitud de las caras de las galgas se usan los lentes de planitud (Optical Flats) , que consiste en cristales cilíndricos que se apoyan sobre una superficie a medir, se ilumina con una luz coherente ( monocromática) y se observan las líneas sobre la superficie . Deben seguir un patrón para ser aceptadas en planitud. Con los mismos elementos se mide la planitud de los topos de micrómetros de exterior.



### Accesorios para bloque patrones

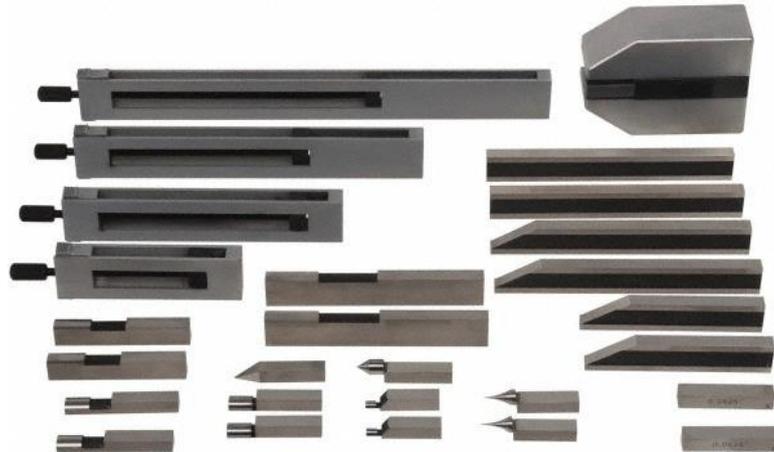
Existen una serie de accesorios para ser usados en combinación con los bloques patrones y de esta forma poder efectuar distintas mediciones.

Estos son:

*Metrología Dimensional - UNIDAD 5 y 6 - Producmática - Ing Oscar Castro - Ingeniería en Mecatrónica*

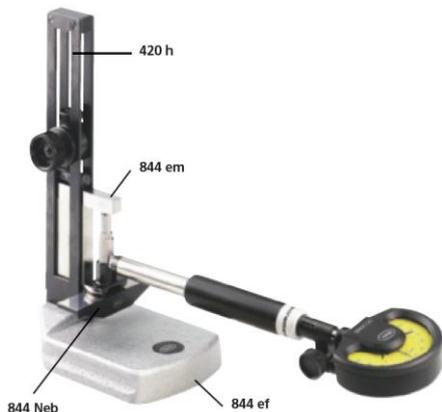
- 1) Puntas semicilíndricas, para el control de  $\varnothing$  interiores.
- 2) Puntas planas, para el control de ranuras y puesta a cero de alesámetros.
- 3) Puntas de trazar, que en combinación con la base y los soportes se usan para el trazado de piezas sobre el mármol.
- 4) Soportes, donde se colocan las puntas semicilíndricas y planas.
- 5) Base para soportes.

Todos estos accesorios pueden verse en las siguientes figuras.

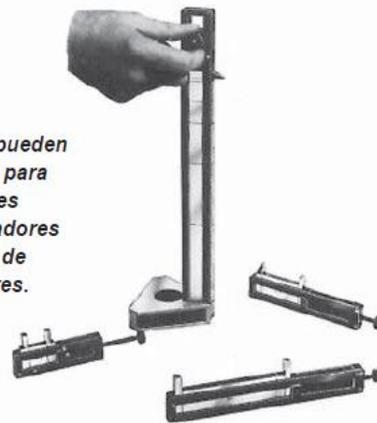


**Ejemplos del Uso de los Accesorios para Galgas Patrón**

También veremos figuras con ejemplos de sus usos



*Usando estos accesorios, los bloques patrón pueden ser combinados para crear calibradores de altura, calibradores de boca, puntas de trazar y trazadores.*



Existen galgas de ángulo ( que se pegan para obtener un ángulo determinado) y cilíndricas ,ambas también se comercializan en juegos.

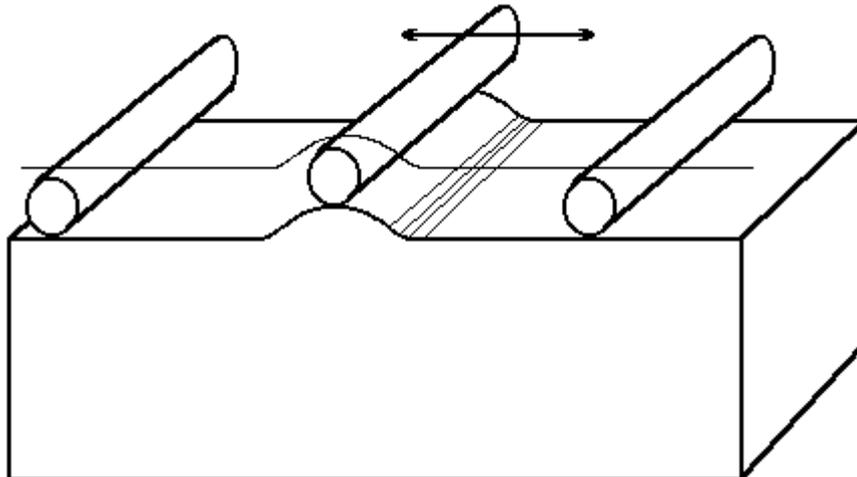
**Mármoles para Trazado o Plano de Referencia para Trazado**

La importancia de contar con una superficie plana, es que contamos con una base que nos asegura la estabilidad de los objetos colocados sobre ella.

Los egipcios utilizaban un método para ver la planitud de las piedras usadas en las pirámides, que consistía en tres barras cilíndricas del mismo  $\varnothing$  y de la misma longitud.

Dos de las barras se colocaban en los extremos de la piedra y sobre estas se tensaba una cuerda; luego la tercera barra se desplazaba entre la piedra y la cuerda detectando puntos altos y bajos que eran retrabajados.

Ver figura:



El esfuerzo humano para producir superficies de referencias más planas se confronta con la creación del mejor método para usarse en un material que tenga las propiedades para conservar la planitud producida.

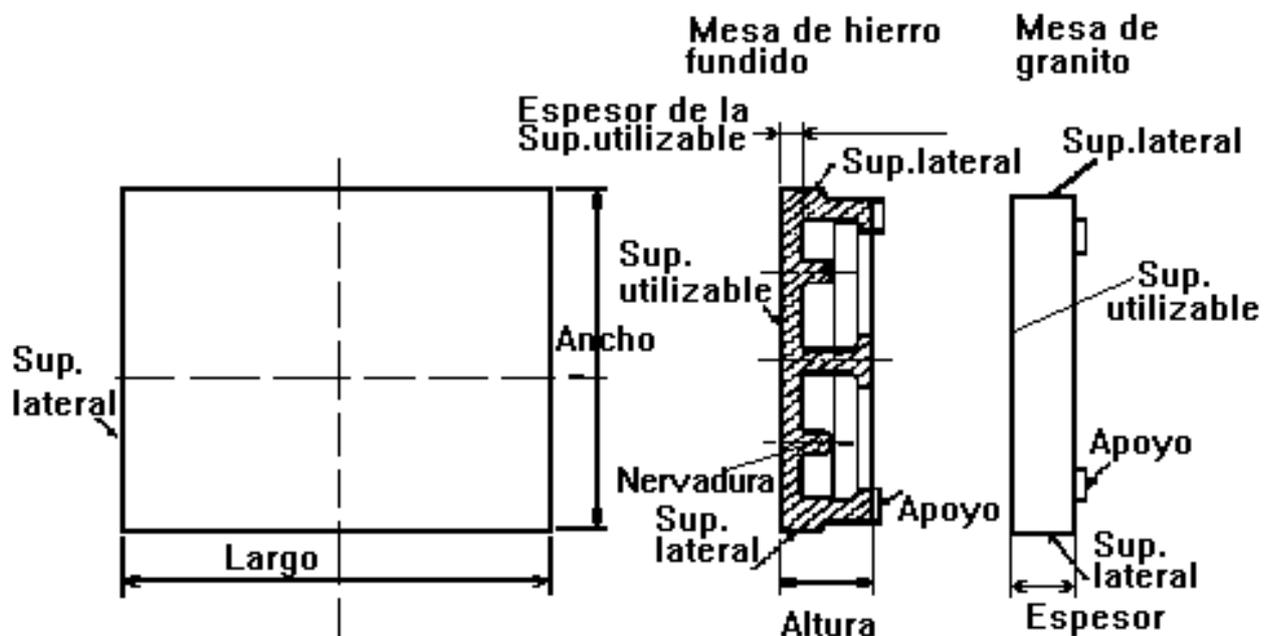
Una gran cantidad de instrumentos, de medición, así como de piezas que se deseen verificar, requieren de una superficie de referencia cuyas características le otorgan confiabilidad al proceso de medición.

Los instrumentos que con mayor frecuencia requieren de un plano de referencia son: Calibre de altura, Micrómetro de altura, Comparador electrónico, Bloques patrón, Bases de comparadores, Reglas y Mesas de seno, etc.

Además de estos instrumentos hay máquinas que requieren para su funcionamiento de estos planos de referencia, tales como la Máquina de Medir por Coordenadas y rugosímetros.

Básicamente existen dos tipos de planos de referencia los de Hierro Fundido y los de Granito.

En las figuras siguientes podemos ver esquemas de los mismos.



## Comparación de las características de los planos de referencia de granito con respecto a los de fundición

### Dureza

El granito negro (Diabasa) es dos veces más duro que el hierro fundido, por lo tanto presenta mayor resistencia al desgaste.

### Estabilidad dimensional

El granito es una piedra natural, por lo tanto estabilizada a través de millones de años, lo que garantiza que sus dimensiones no variarán con el paso del tiempo. No sucede lo mismo con las mesas de hierro fundido que son propensas al cambio dimensional debido a las tensiones residuales.

### Coefficiente de conductividad térmica

Dicho coeficiente en el granito es 45 veces menor que la del hierro fundido.

### Daños por golpes

Si al granito lo afecta un golpe, jamás quedan rebabas sobre la superficie, lo cual hace que se mantenga sin bordes salientes que alteren el plano donde se efectúan las mediciones o dañen a los instrumentos.

### Corrosión

El granito es resistente a la corrosión incluso la que provoca el ácido sulfúrico, no sucede lo mismo con las mesas de hierro fundido que requieren un mantenimiento constante.

### Textura superficial

Las mesas de granito son sometidas a un proceso de pulido, microlapeado, mediante una técnica donde se utiliza polvo de diamante, lo que permite obtener una superficie de textura fina que jamás podrá lograrse en una mesa de fundición por ningún método de rectificado.

Esta terminación en las mesas de granito facilita el desplazamiento de los instrumentos sobre ella, además su superficie es opaca y no produce deslumbramiento.

### Instalación de las Mesas de Granito

Deben ser montadas sobre soportes hechos especialmente (como el de figura que sigue a continuación), el mismo consta de tres tornillos para facilitar la nivelación. Tiene además otros dos tornillos, los que una vez nivelado el mármol deben arrimarse sin que varíe la nivelación, pero que eviten el movimiento cuando se monten piezas sobre él.





### **Cuidados de las mesas de trazado de granito**

- 1) Utilice toda la superficie de la mesa de trazado, de modo que su desgaste sea parejo.
- 2) Mueva con cuidado las piezas que este midiendo como así también los instrumentos.
- 3) Evite sobre todo golpear los bordes.
- 4) Limpie la superficie (con detergente y agua) antes y después de usarla.
- 5) Coloque sobre la superficie solamente los elementos que va a usar para efectuar el trabajo.

### **Accesorios para Usar en la Mesa de Trazado**

#### **Cubos**

Estos accesorios forman una referencia plana, perpendicular y paralela para el trabajo que se efectúa en la superficie de una mesa. Se consiguen solos o de a pares y se fabrican tanto en fundición de hierro como en granito.

#### **Escuadras para soporte de piezas**

Estos elementos proveen una manera conveniente y práctica de sujetar y soportar trabajo en posición vertical, su excelente acabado, planitud y exactitud las hace compatibles para usarse en las mesas de granito. Las escuadras de granito cuentan con insertos roscados para hacer posible la sujeción de piezas. Estas escuadras también se fabrican en fundición de hierro.

#### **Paralelas**

Son útiles para elevar piezas o dispositivos de la superficie de la mesa de trazado, se consiguen de a pares y se fabrican en fundición de hierro o en granito.

### Prismas en V

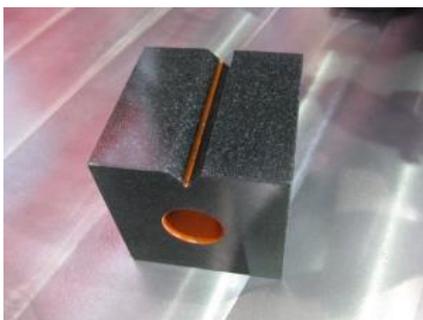
Son usados para soportar piezas cilíndricas durante la fabricación y o inspección. Se consiguen en forma individual o de a pares y se comercializan en fundición de hierro y en granito.

### Reglas

Son usadas en la nivelación de bancadas en máquinas herramientas, en el control de rectitud de mesas de trazado, en el control de concavidad y convexidad en piezas, etc. Vienen en longitudes de 1000, 2000 y 3000 mm.

Se fabrican en granito y en fundición de hierro.

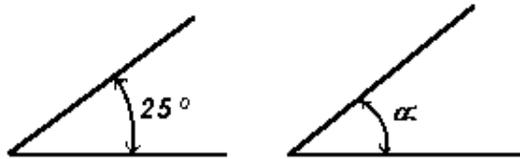
En las siguientes figuras veremos a estos elementos.



Observando las figuras se ve que hay distintos tipos de granito (rosado , gris y negro ), todos son muy ricos en cuarzo. En realidad, la normas internacionales sobre superficies de referencia, piden que soporte una carga mínima de 50 Lb/ pulg 2. Hay granito que soporta 100 Lb/pulg2. El color no influye mucho en piedras de resistencia mínima , pero el granito de 100 Lb/pulg2 es negro.

### Medidores Angulares

Dos rectas que se cruzan en un punto forman un ángulo que por lo general se indica con letras griegas y en dibujos de Ingeniería directamente con el valor numérico.



La unidad de medición angular en el SI, es el radian, pero permite usar la unidad llamada grado, la cual es más comúnmente usada en la Industria.

El símbolo del grado es una pequeña circunferencia ( $^{\circ}$ ) a continuación del valor numérico por Ej.  $25^{\circ}$  (veinticinco grados).

Para expresar partes de un grado puede utilizarse la forma decimal o la sexagesimal. En este ultimo caso se utiliza una comilla ( ' ) para expresar los minutos y dos comillas ( '' ) para los segundos, así diez grados quince minutos treinta segundos se expresa :  $10^{\circ} 15' 30''$ .

Los ángulos expresados en forma decimal, también pueden expresarse en forma sexagesimal. Por ejemplo  $20,25^{\circ}$  en decimal serían  $20^{\circ}15'$  en sexagesimal.

Para efectuar la conversión se multiplica la parte decimal  $25 \times 60' = 15$  de aquí sale que  $20,25^{\circ} = 20^{\circ}15'$ .

### Goniómetros

Son elementos para medir ángulos con exactitud, cuenta con dos barras que se pueden colocar en el ángulo deseado. El goniómetro consiste de un círculo graduado en grados, y numerado cuatro veces de  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ , y un disco que gira concéntricamente sobre el círculo. Sobre este disco existe una escala, denominada goniométrica (similar a la escala de los calibres pie de rey) con graduaciones de 60 a 0 y 0 a 60 (ver figura).

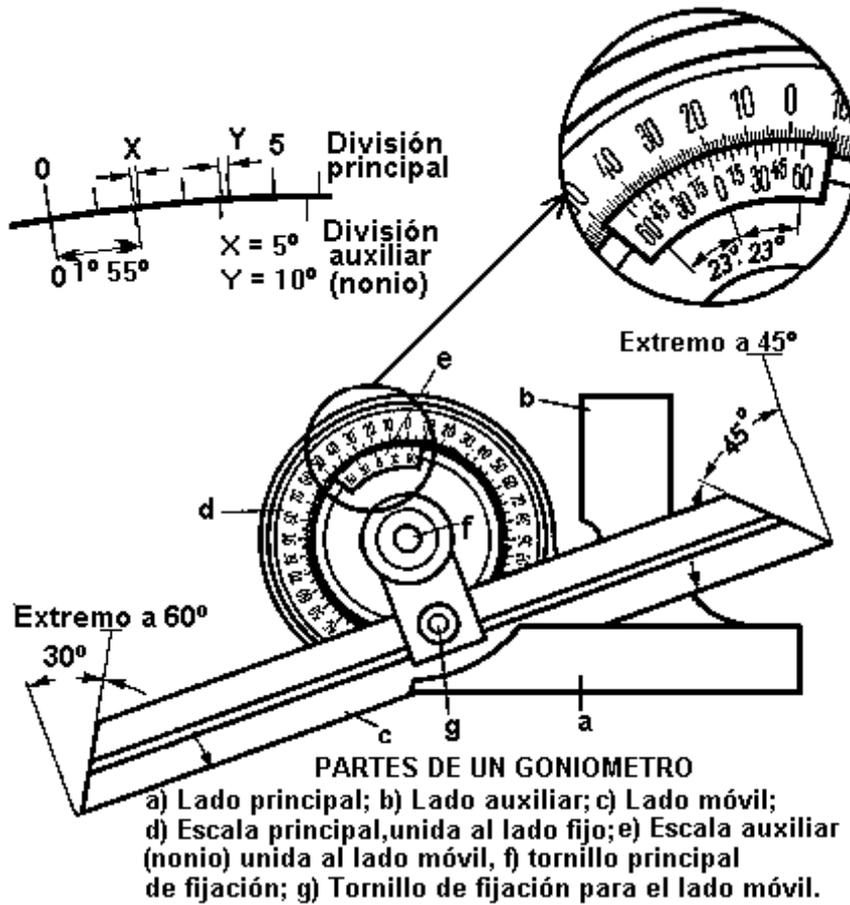
Cada división de la figura corresponde a 5 minutos ( $5'$ , Apreciación).

La apreciación sale de dividir el menor valor del círculo graduado  $1^{\circ}$  (60 minutos) por la cantidad de divisiones de la escala goniométrica de 0 a 60, que son 12 divisiones.

$$\text{Apreciación} = \frac{60'}{12} = 5'$$

12 div.

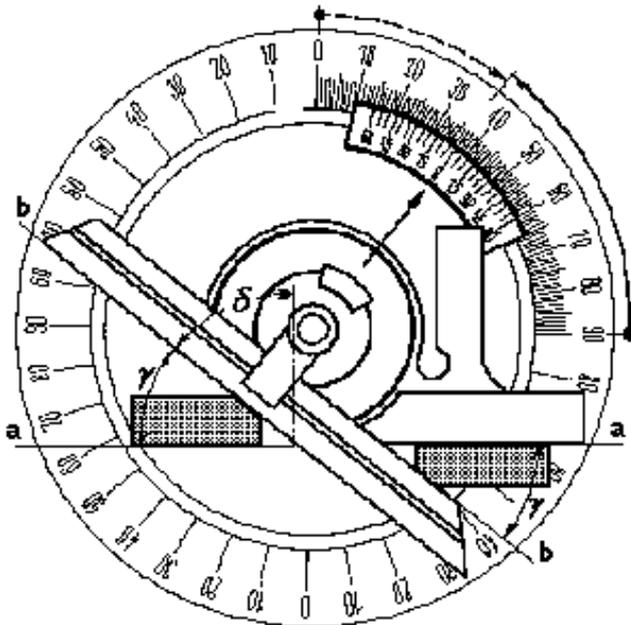
En las siguientes figuras vemos un goniómetro y el círculo graduado con la escala goniométrica



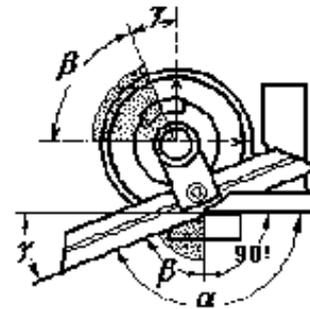
Es importante tener en cuenta que el goniómetro mide los ángulos entre sus propias partes, por lo que la exactitud de la medición dependerá de la precisión del contacto de las superficies del ángulo con las partes del goniómetro.



Sentidos de lecturas en el goniómetro: a) Sentido de lectura hacia la derecha : valor leído  $37^{\circ} 20'$  ; b) sentido de lectura hacia la izquierda : valor leído  $22^{\circ} 40'$ .



Colocación de Goniómetro y posición de partida al medir. a) Canto de aplicación del lado fijo; b) canto de aplicación del lado móvil. lectura  $\gamma$ : posición de partida  $0^{\circ}$ , hacia la derecha  $\gamma = 37^{\circ} 20'$ . Lectura  $\delta$ : posición partida  $90^{\circ}$  hacia la izquierda,  $\delta = 52^{\circ} 40'$  (contando a partir de  $90^{\circ}$ ).



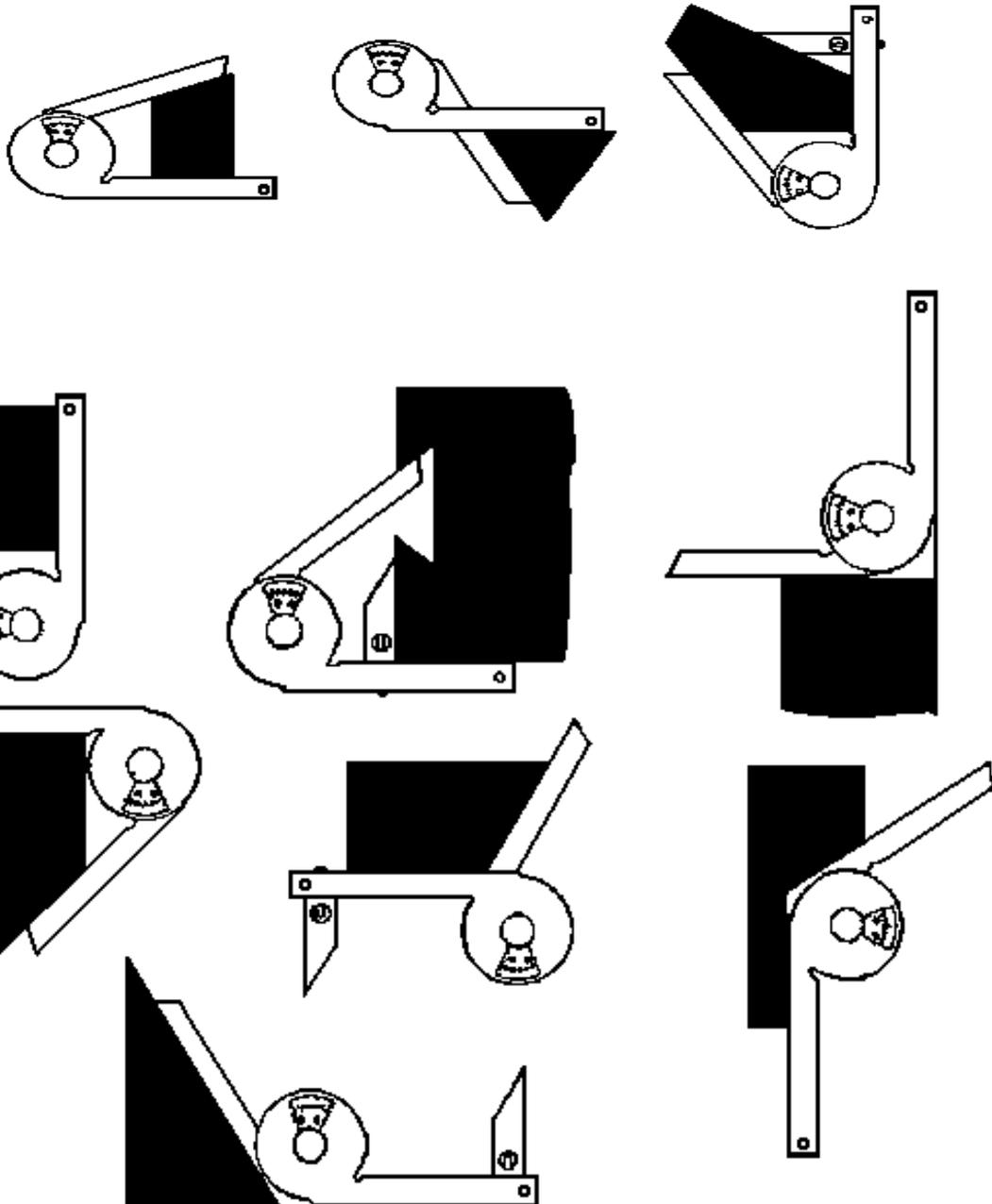
Cuando se trata de la lectura de ángulos obtusos ( $\alpha$ ) la posición de partida es siempre  $90^{\circ}$ , porque se descomponen en un ángulo recto y uno agudo ( $\beta$ ). Lectura  $\beta$  posición de partida  $90^{\circ}$ , hacia la derecha;  $\beta = 67^{\circ} 20'$ .  $\alpha = 90^{\circ} + \beta = 90^{\circ} + 67^{\circ} 20' = 157^{\circ} 20'$ . Lectura  $\gamma$  = posición de partida  $0^{\circ}$ , hacia la izquierda;  $\gamma = 22^{\circ} 40'$ .  $\alpha = 180^{\circ} - \gamma = 180^{\circ} - 22^{\circ} 40' = 157^{\circ} 20'$ .

Existen versiones de Goniómetros electrodigitales.

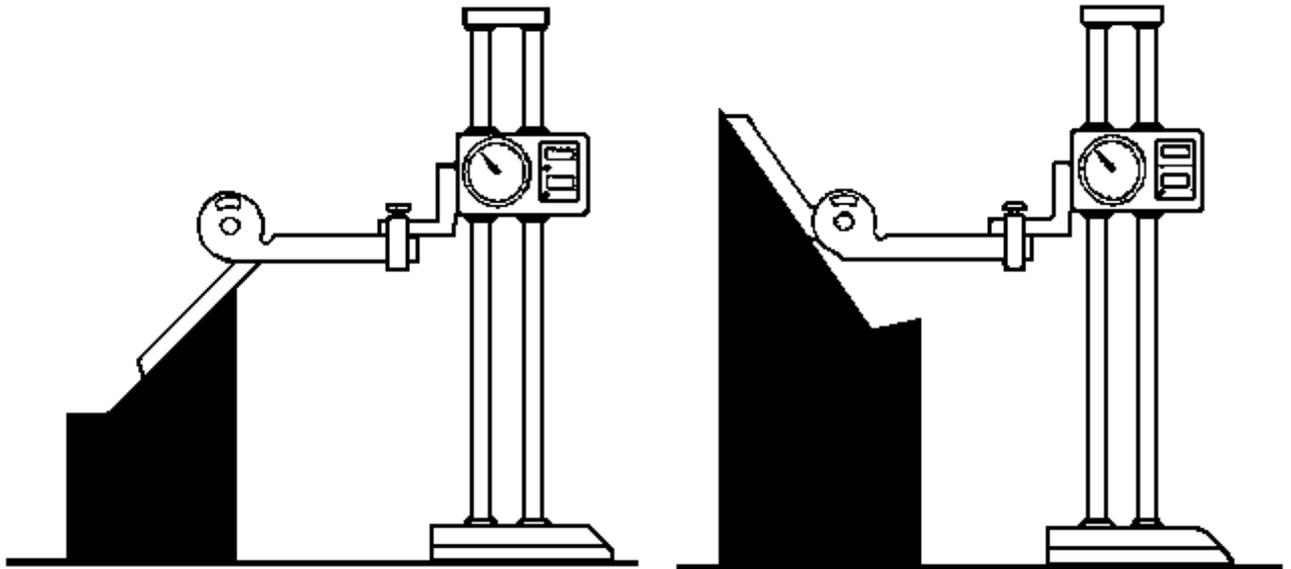


**Ejemplos del uso de los goniómetros**

Vemos a continuación una serie de ejemplos del uso del goniómetro.



En el ejemplo siguiente vemos el uso del goniómetro montado sobre un calibre de altura.



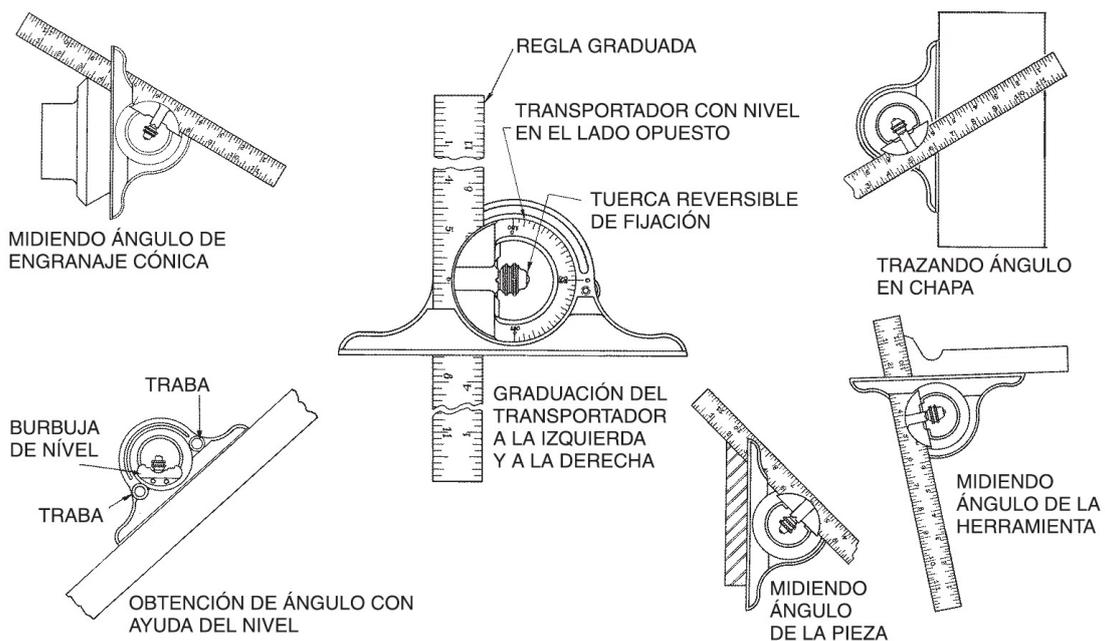
### Escuadra Universal

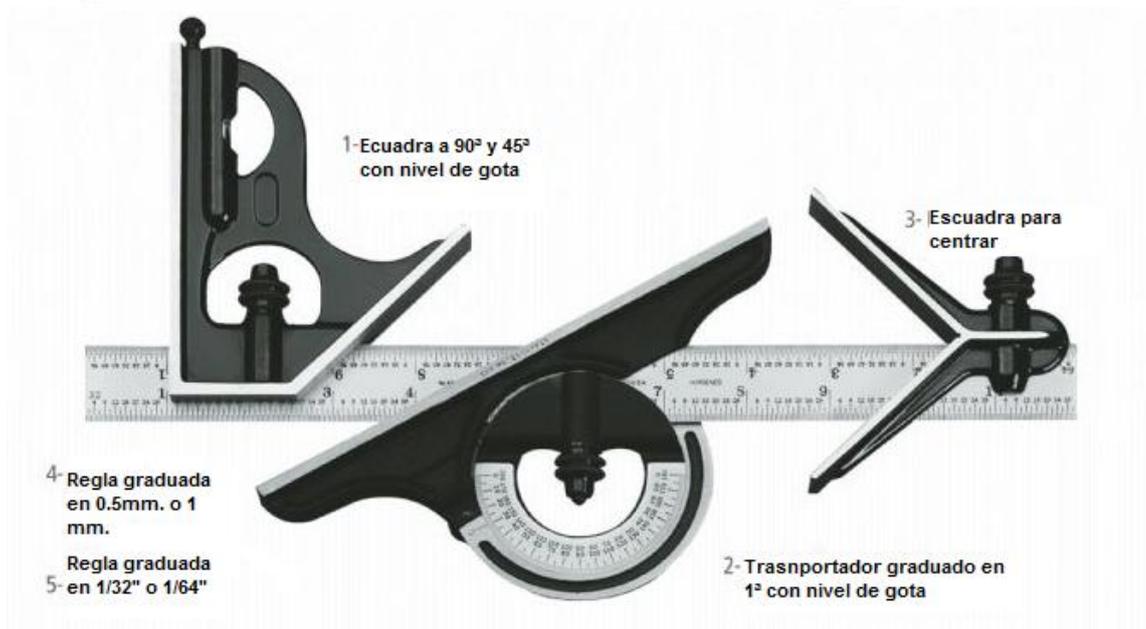
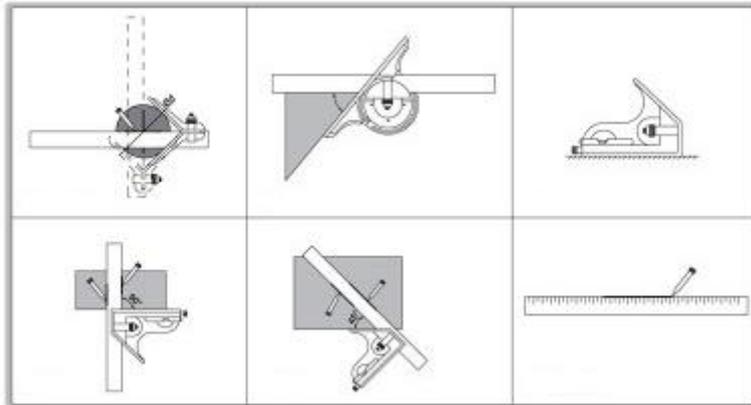
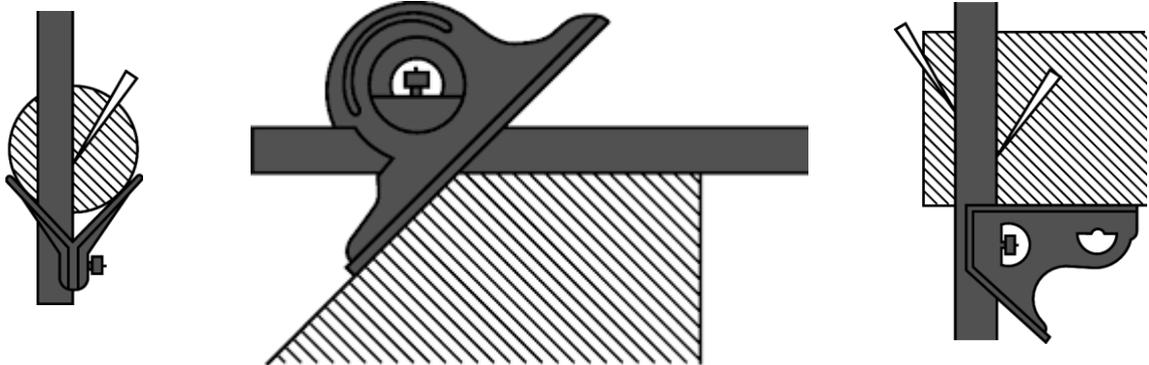
Este es un instrumento que combina una regla metálica y dos piezas adicionales denominadas blocs de centros o escuadra de centrar y en el otro extremo una escuadra.

Este tipo de instrumento es muy útil en el taller para efectuar trazados, el goniómetro tiene una apreciación de  $1^\circ$  (un grado).

### Ejemplos de su Uso

En el siguiente dibujo vemos una escuadra universal como así también ejemplos de su uso.

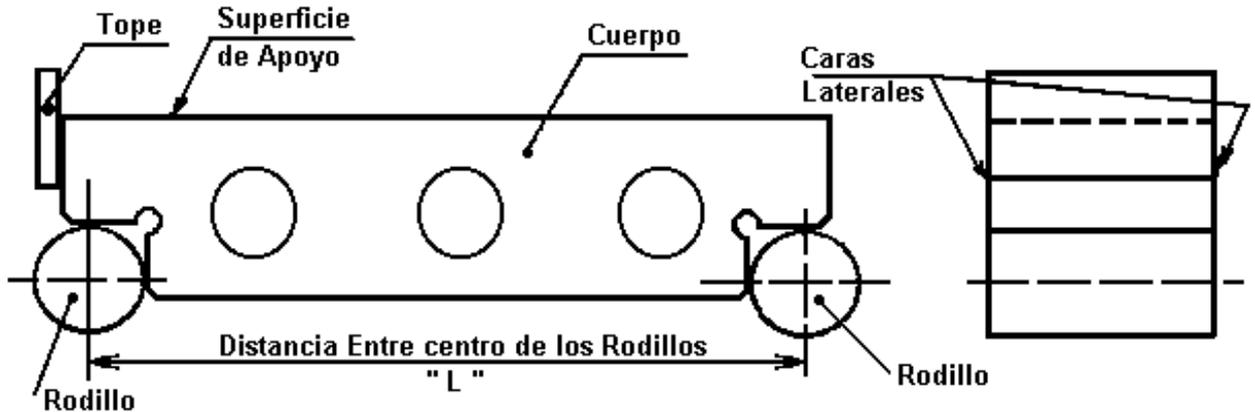




**Reglas y Mesas de Senos**

La regla de senos consiste de un cuerpo con una superficie de apoyo (cara superior), sobre la que se coloca la pieza para inspeccionar y otra superficie inferior con dos rodillos, con una distancia entre centros perfectamente conocida (generalmente 100 a 200 mm), que deben estar paralelos entre sí y con la superficie de medición.

*Ver figura a continuación:*

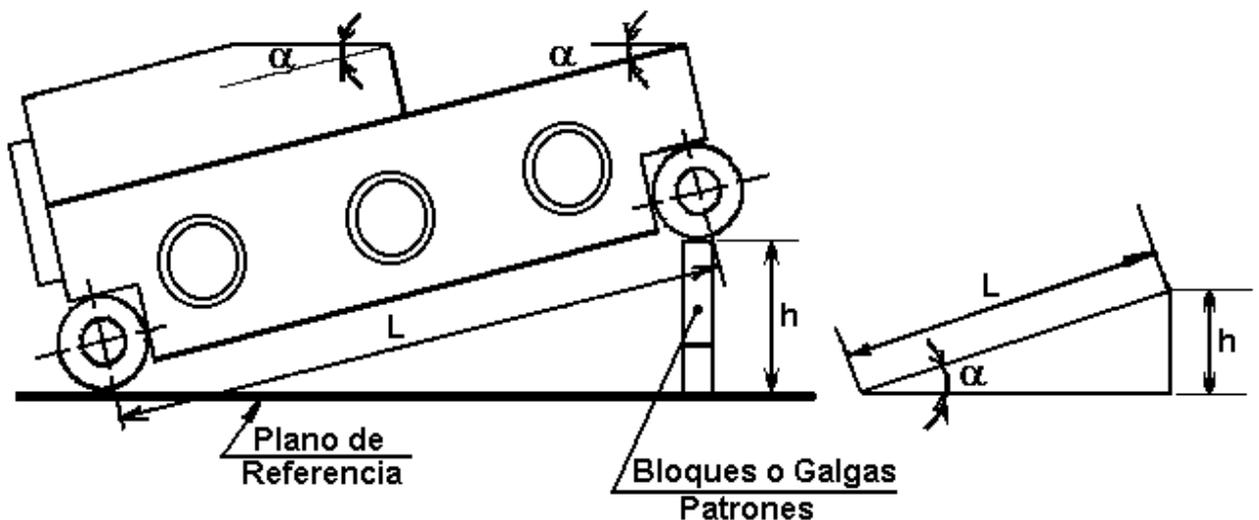


Para realizar mediciones se requiere colocar la regla de senos en un mármol o plano de referencia con los rodillos apoyados sobre el mismo.

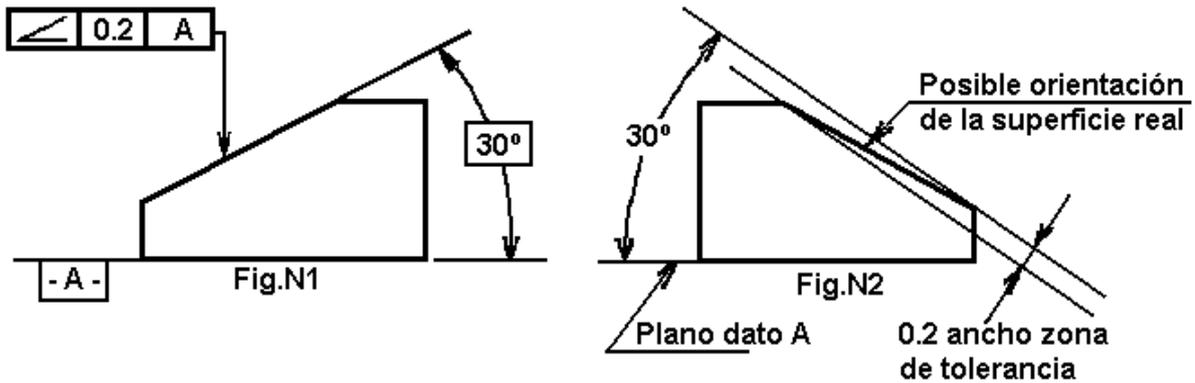
A continuación se calcula la altura de bloques o galgas patrón de la medida conveniente, para lograr el ángulo, y se colocan bajo uno de los rodillos, logrando de esta manera que la superficie de apoyo se incline el ángulo que necesitamos.

El resultado de este arreglo conduce al triángulo rectángulo que se muestra en la figura, del cual se deduce que la altura " h " necesaria de bloques patrón para colocar una regla de senos, con una distancia entre centros de rodillos " L " a un ángulo deseado "  $\alpha$  " está dada por:

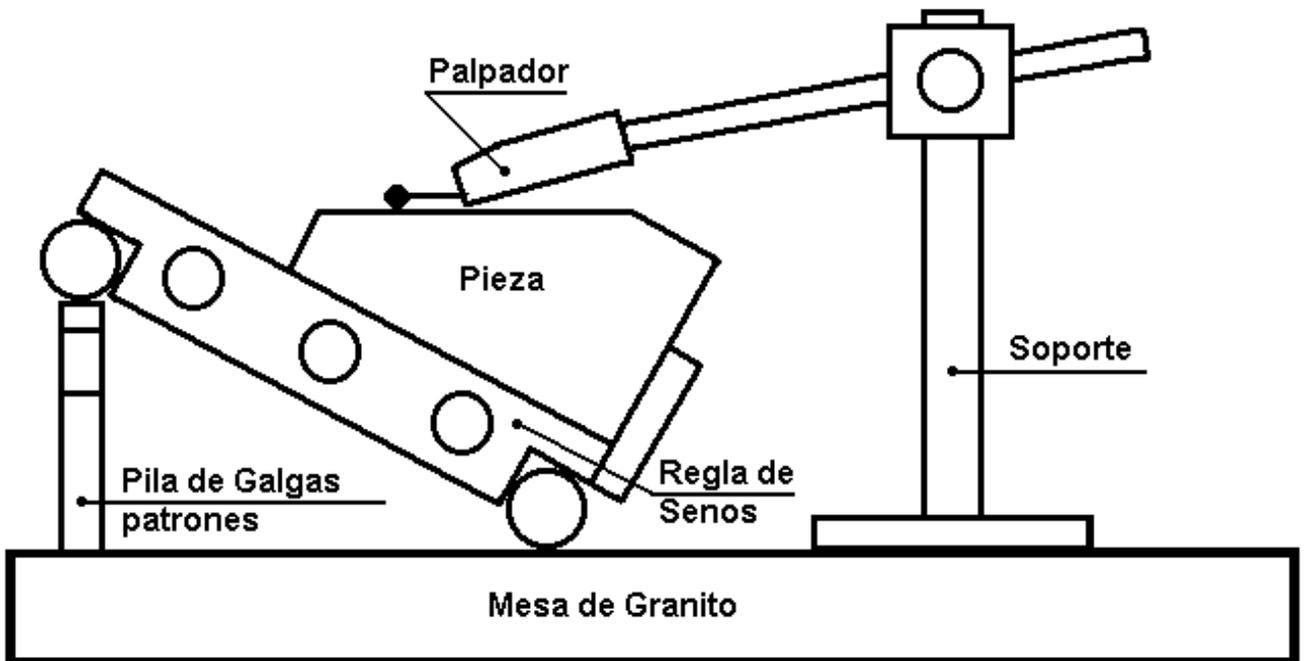
$$h = L \cdot \text{Sen } \alpha$$



Veremos más adelante un ejemplo de medición de una pieza con dimensiones, tal como se ve en la Fig.N1. En la misma la superficie debe encontrarse entre dos planos paralelos, separados 0.2, inclinados a 30° con respecto al plano dato A. Adicionalmente la superficie debe encontrarse dentro de los límites de tamaño especificados.



En la figura que se ilustra a continuación se muestra la forma correcta de montar la pieza con su plano dato "A" sobre la cara de apoyo de la regla de senos y desplazando un palpador sobre la cara a controlar, el error máximo leído en el no debe exceder la tolerancia de angularidad especificada de 0.2 mm.



## **LASER TRACKERS**

*Utilizados principalmente por la industria aeronáutica y automotriz, los láser trackers son equipos que se emplean para la verificación de piezas de gran tamaño, tanto en su forma como en su posición.*

*Estos instrumentos de medición poseen una exactitud declarada de hasta 0,2 mm en 50 metros.*

*Además de la industria aeroespacial y energética (fabricación de torres eólicas), los sectores que utilizan este tipo de equipamiento son el metalmecánico, automotriz y empresas de servicios de medición.*

*Los propietarios de láser trackers de Argentina, tienen a su alcance un sistema de verificación de este tipo de equipos (contrastación con un equipo de mayor precisión), con el respaldo que brinda el INTI como Laboratorio Nacional de Metrología de Argentina.*

### **Qué es un dispositivo láser tracker?**

*Los **láser tracker** son instrumentos que miden con precisión objetos de grandes dimensiones, determinando la posición espacial de **retroreflectores (\*)** en contacto con dichos objetos. La precisión de los láser tracker es del orden de 0.025 mm en una distancia de varios metros. Algunos ejemplos de aplicación de láser tracker son la alineación de las alas de un avión durante el montaje, o la alineación y nivelación de maquinaria industrial. Para tomar medidas es necesario instalar el equipo sobre un trípode o soporte estable con visión directa a los puntos que se quieren medir.*

### **¿Cómo funciona un láser tracker?**

*Las lecturas directas obtenidas por el láser tracker son el **ángulo vertical (cenital)**, el **ángulo horizontal (azimutal)** y la **distancia** al centro geométrico del equipo. Los ángulos se capturan con encóders*

*de precisión en cada uno de los dos ejes móviles del equipo. Tienen una resolución superior a 0.1» (segundo de arco), lo que equivale a más de 12.960.000 impulsos por vuelta.*



Para medir **distancias**, los láser tracker utilizan dos tecnologías: **ADM** (Absolute Distance Measurement) y/o **IFM** (Interferometer). Con la tecnología ADM la distancia se calcula midiendo el tiempo que el haz láser tarda en volver al receptor una vez se ha reflejado. Para el cálculo de dicha distancia el equipo hace las compensaciones necesarias teniendo en cuenta la temperatura del aire, el porcentaje de humedad del aire, y la presión atmosférica. Todos estos factores modifican la velocidad de la luz y el láser tracker dispone de una estación meteorológica para medirlos e incluirlos en los cálculos del ADM.

La tecnología IFM tiene en cuenta el desfase (medido en longitud de onda) del haz laser que llega reflejado al equipo. Los equipos con esta tecnología tienen que inicializar el interferómetro a una distancia conocida, y necesitan que el haz no se interrumpa durante la medición. De ocurrir una interrupción, es necesario inicializar de nuevo el IFM para poder medir.

Hay modelos de láser tracker que reúnen ambas tecnologías, ADM e IFM. De esta forma evitan la inicialización del distanciómetro, gracias al ADM, y pueden hacer mediciones en modo continuo gracias al IFM.

Una vez capturadas las **coordenadas esféricas** (dos ángulos y una distancia), los valores pueden convertirse a **coordenadas cartesianas** en el espacio (X, Y, Z) mediante una transformación matemática, para poder ser importados y tratados por ejemplo en un programa CAD.

**(\*) Retroreflector:** es un dispositivo o superficie que refleja el haz láser de vuelta a su fuente con mínima dispersión. Esto es: cambia el sentido del haz láser exactamente 180°. Los reflectores empleados con láser trackers suelen ser los SMR (Spherically Mounted Reflector). Son esferas metálicas (tipo bola de rodamiento con medidas de 1.5», 7/8» o 1/2») con una geometría muy exacta, y alojan tres espejos ensamblados perpendicularmente que convergen con mucha precisión en el centro geométrico de la esfera.



Reflectores RRR (Red Ring Reflector) de Leica de 1,5» y 0,5» de diámetro. El centro óptico (vértice donde convergen los espejos) está situado con una precisión de  $\pm 0.003$  mm respecto al centro de la esfera.

## LASER Trackers Portátiles

*La medición de piezas grandes, moldes, ensamblajes y máquinas solía ser un proceso difícil y que requería mucho tiempo, y a menudo tenía que realizarse en un área de inspección especial. Laser Trackers portátiles hacen que la medición presencial sea fácil y rápida, reduciendo los tiempos de los ciclos de inspección hasta en 75%. Miden coordenadas 3D mediante el seguimiento de un objetivo que el usuario mueve de un punto a otro del objeto que está midiéndose. En segundos, estas mediciones pueden compararse con los datos CAD nominales para que los equipos puedan realizar ajustes informados o seguir adelante con confianza. Con éstos Laser Trackers portátiles, están logrando un palpado más preciso, que ayuda a acelerar las inspecciones y a reducir el número de movimientos del dispositivo. Los usuarios pueden palpar más puntos más allá de la línea de visión y sin cambios de herramientas, lo que resulta en una mejora de la productividad del 20% en comparación con los palpadores de menor precisión.*









### **BRAZOS CMM**

*Como su nombre lo indica es una maquina de medir CMM (coordinate measuring machine ) portátil . Formado por un brazo articulado y referenciado a un punto maestro en su base . Despues se dan otros puntos de referencia secundarios en la pieza ó parte.*

*Utiliza un palpador (probe) , que da una señal lumínica y sonora al hacer contacto con las partes de la pieza a medir. Se puede controlar la pieza respecto a un diseño dado , con sus tolerancias de medida , y la maquina con el software indicarfa cuando se han traspasado los límites de medida.*

*Se pueden Scannear piezas ( cómo muestra la figura siguiente) ,utilizando cámaras en lugar de sensores, recurriendo a la Ingeniería Inversa y obtener archivos CAD de diseño de la pieza, por nube de puntos . O verificar también un modelo ó prototipo.*

*Comúnmente no se robotizan. sino que lo utiliza un operador.*

*Metrología Dimensional - UNIDAD 5 y 6 - Producmática - Ing Oscar Castro - Ingeniería en Mecatrónica*



*Con el Brazo se pueden medir piezas con distinta precisión ( desde 0,02 mm), dependiendo del tamaño del brazo y su calidad ;en laboratorio ó en taller, como muestran las figuras siguientes.*



*Metrología Dimensional - UNIDAD 5 y 6 - Producma'tica - Ing Oscar Castro - Ingeniería en Mecatrónica*



### **MAQUINAS DE MEDIR ,C.M.M (Coordinate Measuring Machine)**

*Una máquina de medición por coordenadas, también conocida como CMM, es un equipo que mide las geometrías de objetos físicos. CMM que utilizan un sistema de palpado para detectar puntos discretos en la superficie de los objetos.*

*La primera CMM hizo su aparición a principios de los años 60. Desarrollada originalmente por Ferranti Company en Escocia en los años 50, esta CMM de 2 ejes utilizaba un dispositivo de rastreo 3D con una lectura digital simple que mostraba las posiciones XYZ. Ferranti utilizó su CMM para medir componentes de precisión para sus productos militares. Los modelos de tres ejes se desarrollaron a finales de los 60.*

*Las CMM se utilizan con mayor frecuencia para probar una pieza o montaje para determinar si respeta o no la intención del diseño original. Las CMM se integran dentro de los flujos de trabajo de aseguramiento de la calidad o de control de calidad para verificar las dimensiones de los componentes fabricados para prevenir o resolver problemas de calidad.*

*Las CMM tienen sus movimientos lineales ( X, Y y Z), sobre “colchones” de aire comprimido . para evitar el desgaste en las*

guías con el tiempo y mantener la precisión . Dicha precisión es de una milésima de milímetro y algunas de una diez milésima de mm . Se utilizan siempre a temperatura de referencia ( 20 ° C) y en recintos confinados( lejos de vibraciones etc).

Vienen de movimiento manual (menos comunes) y las con C.N.C. (Control Numérico Computarizado) que siguen un programa de medición realizado previamente.

Las ventajas de utilizar CMM sobre las inspecciones manuales o los controles realizados con instrumentos de metrología convencionales, como los micrómetros y los medidores de altura, son: precisión, velocidad y reducción del error humano.

### **TIPOS DE CMM**



Cómo se vé en la imagen pueden medir , utiizando sensores o palpadores ( probes) . O se puede hacer Ingeniería Inversa, utilizando cámaras y obtener archivos de diseño de CAD.

Los probes de medición pueden ser de estrella ( star probe) o rotativos motorizados. Los de estrella son los más antiguos y más lentos en el control. miden por puntos sobre la pieza. Los rotativos motorizados se mueven en 5 ejes, hacen contacto en líneas, círculos y más puntos de planos con mucha rapidez. Como la maquinas son CNC en su mayoría, pueden cambiar de probes automáticamente a través de lo que indique el programa, por lo que tienen un almacén de probes ( palpadores) , distintos en largos tipos. Estos probes tienen en su extremo una bolilla de zafiro

*industrial.*

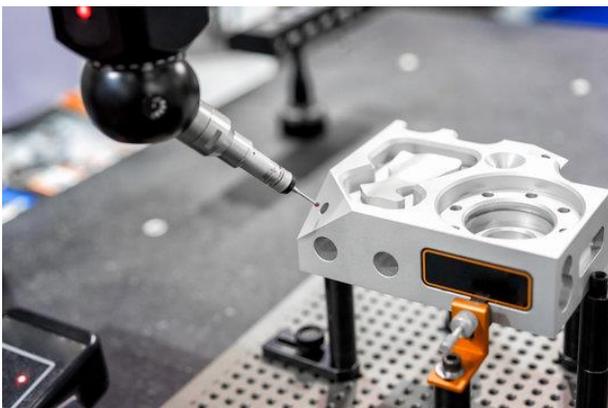
*Además, estas puntas se referencian en patrones esféricos o de paso ( Step Gauge, que son una serie de galgas iguales y distanciadas a la misma distancia) sobre la mesa de base de la maquina (que es de mármol de diabasa).*

**STAR PROBES**



**PROBES MOTORIZADOS**





*PATRONES ( Step Gauge y esférico)*



## CABEZAL DE CÁMARA SCANNER



## ALMACEN DE PALPADORES ( PROBES)



*Hay varios tipos diferentes de CMM. Por lo general, las CMM se clasifican en función de sus estructuras. Cada estructura tiene sus ventajas y desventajas. Echemos un vistazo a los diferentes tipos de CMM con más detalles.*

## **CMM de puente**

*Las CMM de puente cuentan con un sistema de palpado que se mueve a lo largo de tres ejes: X, Y y Z; estos ejes son ortogonales entre sí en un sistema de coordenadas cartesianas. Cada eje tiene un sensor que monitorea la posición de la sonda (en micrómetros) mientras se mueve a lo largo de un objeto y detecta puntos en la superficie del objeto. Estos puntos forman lo que se llama una malla hermética, que «ilustra» el área de superficie que le interesa a los usuarios inspeccionar. Las CMM de puente se pueden dividir en dos subtipos de CMM: CMM de mesa móvil y CMM de puente móvil.*

### **Ventajas de las CMM de puente**

- *Uno de los tipos de CMM más precisos*
- *Ideal para medir piezas mecanizadas con altas tolerancias*
- *Perfecta para componentes de tamaño pequeño a mediano*
- *Habilitada para mediciones de sensores múltiples, como el sondeo y el escaneado*

### **Desventajas de las CMM de puente**

- *Pueden ser costosas*
- *Tienen un volumen de medición fijo*
- *Falta de portabilidad; necesita llevar la pieza al sistema o usar maquinaria para moverla*
- *Es sensible a las vibraciones y debe usarse en un laboratorio de metrología*
- *Requiere montajes rígidos para cada pieza inspeccionada*

- *Compleja de operar y necesita trabajadores calificados para programar el dispositivo*



### **CMM de pórtico**

*Las CMM de pórtico son similares a las CMM de puente; sin embargo, suelen ser mucho más grandes. Debido a que están diseñadas para eliminar la necesidad de levantar una pieza sobre una mesa y ofrecen niveles de precisión similares a las CMM de puente, las CMM de pórtico se utilizan regularmente para piezas muy pesadas o grandes. Las CMM de pórtico deben montarse sobre una base sólida, directamente en el piso.*

### **Ventajas de las CMM de pórtico**

- *Alta precisión*
- *Gran volumen de medición, que facilita las inspecciones de piezas grandes/pesadas*
- *Más fácil de cargar y descargar componentes que una CMM de puente*

### **Desventajas de las CMM de pórtico**

- *Pueden ser costosas*

- *Tienen un volumen de medición fijo*
- *Falta de portabilidad; debe llevar la pieza al sistema o realizar un montaje/desmontaje significativo para mover la CMM*
- *Ocupa mucho espacio en el suelo*
- *Es sensible a las vibraciones y debe usarse en un laboratorio de metrología*
- *Requiere montajes rígidos para cada pieza inspeccionada*
- *Compleja de operar y necesita trabajadores calificados para programar el dispositivo*



### **CMM en voladizo**

*Una CMM en voladizo se diferencia de una CMM de puente en la que el cabezal de medición solo está unido a un lado de una base rígida. Las CMM en voladizo brindan acceso abierto a los técnicos de inspección en los tres lados para facilitar la operación*

### **Ventajas de las CMM de voladizo**

- *Alta precisión*
- *Adecuada para piezas más pequeñas*

- *El acceso a tres lados facilita la carga y descarga manual o automática de componentes*

### **Desventajas de las CMM de voladizo**

- *Pueden ser costosas*
- *Tienen un volumen de medición fijo*
- *Falta de portabilidad; necesita llevar la pieza al sistema*
- *Es sensible a las vibraciones y debe usarse en un laboratorio de metrología*
- *Requiere montajes rígidos para cada pieza inspeccionada*
- *Compleja de operar y necesita trabajadores calificados para programar el dispositivo*

### **CMM de brazo horizontal**

*Las CMM de brazo horizontal, como su nombre lo indica, tienen sondas montadas horizontalmente a diferencia de las sondas montadas verticalmente como otras CMM. Están diseñadas para medir objetos largos y delgados que no podrían inspeccionarse con CMM verticales, como láminas de metal. Las CMM de brazo horizontal también se utilizan a menudo para inspeccionar geometrías que son difíciles de alcanzar. Hay dos tipos de CMM de brazo horizontal: montadas en placa y montadas en pista.*

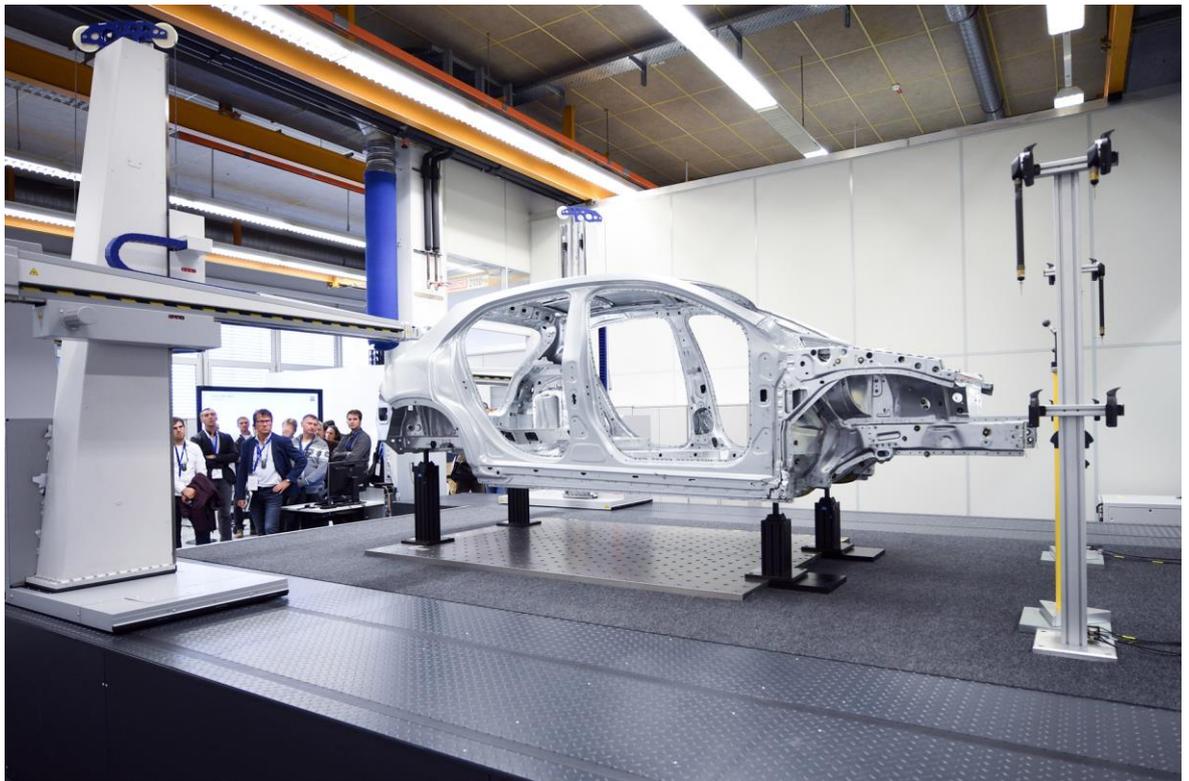
### **Ventajas de las CMM de brazo horizontal**

- *Volumen de medición grande (piezas grandes y delgadas)*
- *Buena opción para piezas que requieren tolerancias bajas*
- *No requiere un sistema de cimentación significativo*
- *Instalación rápida y sencilla*
- *Espacio más pequeño*
- *Requiere menos altura de techo que otros tipos de CMM*
- *Económica*

### **Desventajas de las CMM de brazo horizontal**

- *Menos precisa que otras CMM*
- *Tienen un volumen de medición fijo*
- *Falta de portabilidad; necesita llevar la pieza al sistema*

- *Es sensible a las vibraciones y debe usarse en un laboratorio de metrología*
- *Requiere montajes rígidos para cada pieza inspeccionada*
- *Compleja de operar y necesita trabajadores calificados para programar el dispositivo*



### ***CMM de brazo de medición portátil***

*Las CMM de brazo de medición portátil son máquinas de medición por coordenadas que pueden tomar medidas de piezas directamente en los talleres, lo que permite obtener resultados rápidos y análisis en tiempo real. A diferencia de los inspectores que llevan los componentes a un laboratorio para medirlos, los técnicos utilizan un brazo articulado, con un sistema de seis o siete ejes, para medir los componentes donde sea necesario; esto es particularmente útil para analizar piezas mientras aún están integradas en sus accesorios o montajes. Brazos de medición portátiles.*

### **Ventajas de las CMM de brazo de medición**

- *Portátil y ligero: puede llevar la CMM a la pieza*
- *Volumen de medición extensible (avance a saltos)*
- *Habilitada para mediciones de sensores múltiples, como el sondeo y el escaneado*
- *Relativamente barata*
- *Fácil de operar (sin programación)*

### **Desventajas de las CMM de brazo de medición**

- *Menos precisa que otros tipos de CMM*
- *Sensible a las vibraciones ambientales*
- *Requiere montajes rígidos*

### **CMM óptica**

*Las CMM ópticas son dispositivos portátiles sin contacto. Estas CMM utilizan un sistema sin brazos con métodos de triangulación óptica para escanear y adquirir mediciones 3D de objetos. Gracias a la sofisticada tecnología de procesamiento de imágenes, las CMM ópticas son ultrarrápidas y garantizan una precisión de grado de metrología. Los escáneres ópticos CMM son especialmente propicios para la fabricación de la industria 4.0.*

*Si bien las CMM ópticas tienen un nivel de precisión ligeramente inferior, son precisas para una amplia gama de aplicaciones. De hecho, las CMM ópticas se utilizan junto con las CMM tradicionales para liberar los cuellos de botella de la producción. Por lo tanto, las piezas que requieren un nivel crítico de precisión se inspeccionan con una CMM convencional. Todos los demás componentes se pueden evaluar utilizando una CMM óptica más rentable, que proporciona una precisión satisfactoria, pero también portabilidad, flexibilidad y velocidad.*

### **Ventajas de las CMM ópticas**

- *Portátil y ligero: puede llevar la CMM a la pieza*
- *Volumen de medición extensible (avance a saltos)*

- *Habilitada para mediciones de sensores múltiples, como el sondeo y el escaneado*
- *Tiempos de adquisición muy rápidos*
- *Relativamente barata*
- *Fácil de operar (sin programación)*
- *No requiere de montajes rígidos*

### **Desventajas de las CMM ópticas**

- *Un poco menos precisas que las CMM convencionales, según la aplicación.*



### **Velocidad de las CMM ( es importante ?)**

*Los fabricantes de hoy están bajo más presión para aumentar el rendimiento, ofrecer programas de entrega justo a tiempo y acelerar su tiempo de comercialización, todo mientras reducen significativamente los costes al mínimo. Cuando ocurren cuellos de botella en la CMM, los procedimientos de inspección extienden los tiempos de ciclo y, en última instancia, aumentan los costes de calidad sin valor agregado. Por lo tanto, la velocidad y la eficiencia de la CMM son críticas.*

*Como se mencionó anteriormente, los bloqueos en la CMM a menudo son causados por el gran volumen de trabajo que debe realizar un número limitado de metrólogos calificados. Los tiempos de programación de la CMM también alargan significativamente las inspecciones, ya que la CMM debe configurarse para cada tipo de componente o submontaje que se va a evaluar.*

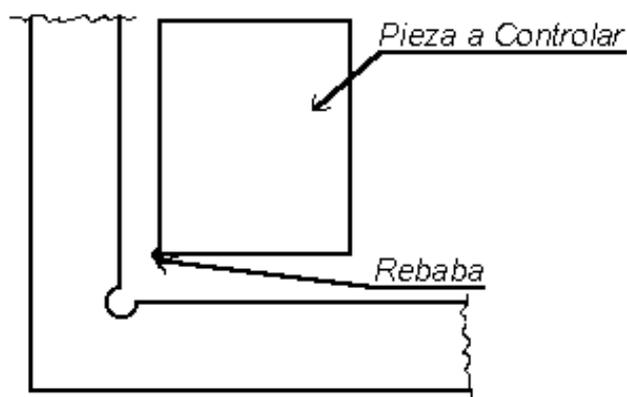
*Las CMM convencionales que están equipadas con sondas de CMM son lentas y no adecuadas para medir de manera eficiente formas complejas. Otras CMM, que tienen sensores de CMM, tienden a acelerar los procesos de inspección; sin embargo, aún deben ser operadas por expertos.*

*Por lo tanto, los fabricantes buscan cada vez más tecnologías de inspección, como las CMM ópticas innovadoras, que puedan seguir el ritmo vertiginoso requerido en entornos de producción exigentes y estrictos estándares de control y aseguramiento de la calidad.*

## **Escuadras**

Cuando el ángulo a medir es de  $90^\circ$ , es útil emplear escuadras de acero endurecido que constan de dos piezas permanentemente fijas y rectificadas con exactitud a  $90^\circ$ , tanto en el exterior como en el interior.

Una pequeña muesca o radio en el interior de la escuadra, justo en la unión de las dos piezas que la componen, permite que al verificar bordes una rebaba o deformidad de la pieza, no interfiera con la medición, tal como se ve en el dibujo siguiente.

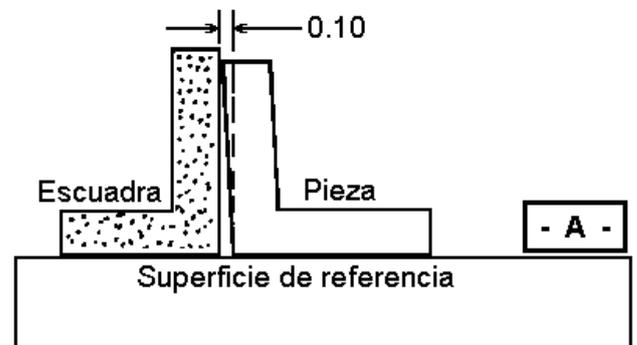
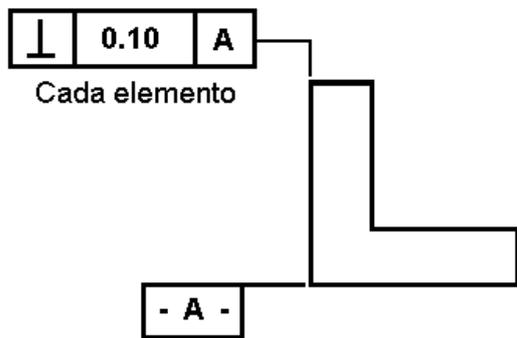


En las siguientes figuras podemos ver distintos tipos de construcción y tamaños de escuadras, las más usadas son escuadras planas, escuadras con solapa o sombrero y escuadras biseladas.



Aunque el termino perpendicular implica verificar si los elementos inspeccionados están o no a  $90^\circ$ , es más conveniente medir la cantidad lineal fuera de perpendicularidad; por ejemplo, un valor determinado en una distancia específica. En la siguiente figura vemos una indicación típica de perpendicularidad en el dibujo de una pieza, el significado se muestra en la segunda figura, la pieza se apoya colocando la cara de referencia "A" en un mármol y sobre la cara a controlar se apoya la escuadra que también a tomado como referencia el mármol de trabajo, luego se verifica si hay luz entre la escuadra y la pieza y se toma el valor de la misma con sondas.

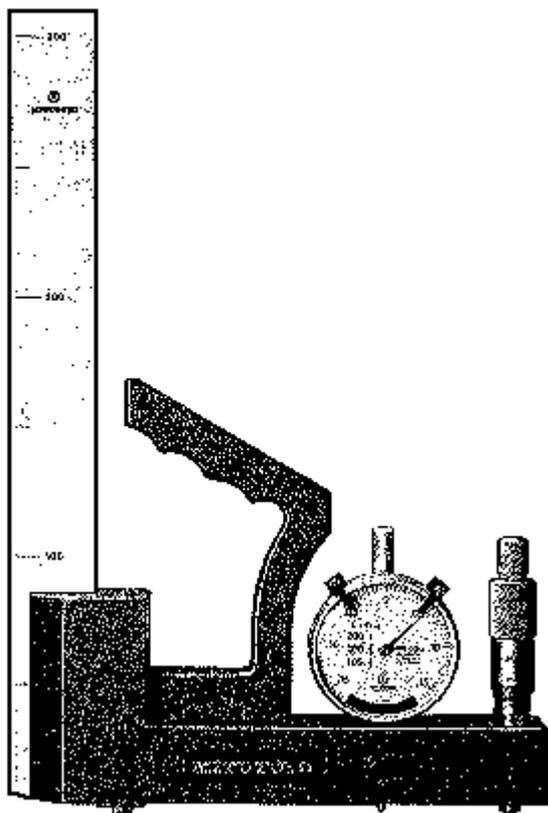
Para que la pieza sea aceptada esa luz no tiene que superar los 0,1 mm. Este método de control está limitado pues el mínimo espesor de las sondas es de 0,02 mm.



### Dispositivo o Columna Escuadra con Palpador

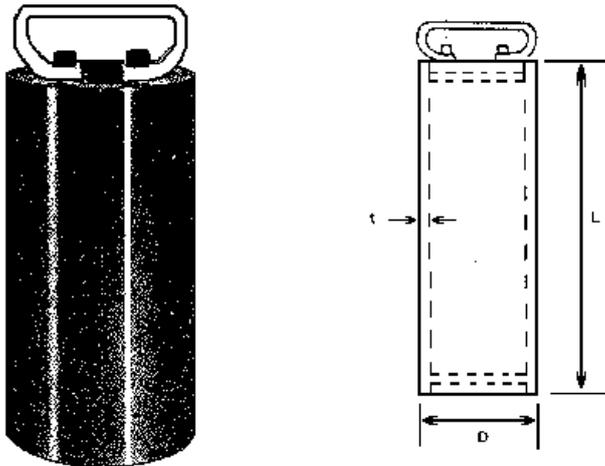
Existen otros tipos de escuadras a las cuales puede adosársele un comparador que a su vez se desplaza en la superficie a controlar.

Este dispositivo o escuadra tiene una precisión de construcción de 3  $\mu\text{m}$  en 150 mm.



## Cilindro Perpendicularidad

de



También pueden hacerse mediciones comparativas contra un patrón de perpendicularidad, comúnmente llamado cilindro de perpendicularidad o escuadra cilíndrica, su tolerancia de  $\perp$  es de  $3 \mu\text{m}$  (3 micrones) cada 250 mm, este elemento es muy usado en los laboratorios de metrología para el control de escuadras, el mismo se ve en la figura siguiente.

### Niveles de Precisión

#### Nivel de Gota de Precisión

Los niveles de gota o burbuja son los instrumentos más comúnmente utilizados para inspeccionar la posición horizontal de superficies y evaluar la dirección y magnitud de desviaciones menores a esa condición nominal. Se usan para nivelar maquinas herramientas( tornos , fresadoras, alesadoras , etc) , maquinas industriales sueltas ó en línea , alineación de ejes motrices en maquinas etc . En la siguiente figura vemos dos modelos de niveles de precisión, el plano y el nivel escuadra.



La sensibilidad de un nivel depende de la curvatura del tubo de vidrio.

En los niveles de precisión los tubos son rectos y su interior ha sido esmerilado al radio deseado.

De acuerdo a la norma la sensibilidad de un nivel significa la inclinación necesaria para desplazar la burbuja dentro del tubo una marca de la escala. Esta inclinación puede expresarse mediante una altura relativa a un metro del lado de la base o mediante ángulos en segundos.

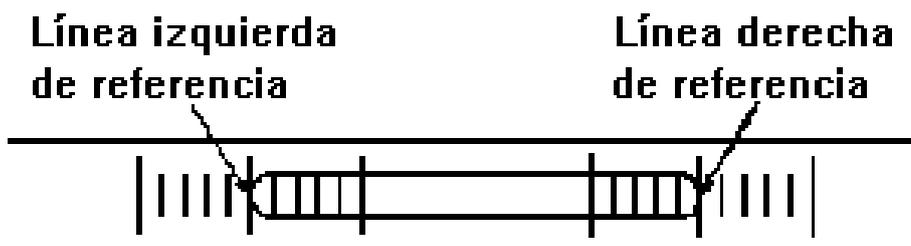
Los niveles los podemos clasificar en clase 1, 2 y 3 de acuerdo a la sensibilidad de la burbuja, mientras que los grados A y B los determinan la estructura y característica de la burbuja.

**Clases de Niveles**

En la tabla siguiente podemos observar la sensibilidad para cada clase de niveles.

JIS		
Clase	Sensibilidad	Grado
Clase 1	$\frac{0.02 \text{ mm}}{1 \text{ m}} (= 4 \text{ s})$	Grado A Grado B
Clase 2	$\frac{0.05 \text{ mm}}{1 \text{ m}} (=10\text{s})$	
Clase 3	$\frac{0.1 \text{ mm}}{1 \text{ m}} (= 20 \text{ s})$	

Periódicamente los niveles deben ser verificados, para hacerlo gire el nivel 180° con respecto a la primera posición, y la burbuja no debe cambiar de posición. En la figura siguiente vemos en detalle las marcas sobre las burbujas que comúnmente traen los niveles.



Existen Niveles laser, pero la máxima sensibilidad que tienen es de 0,1 a 0,3 mm /mtr. Pero con gran alcance en longitud (de 20 ó 30 mtrs). Hay que revisar las condiciones ambientales en las que se usa.



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**