

5

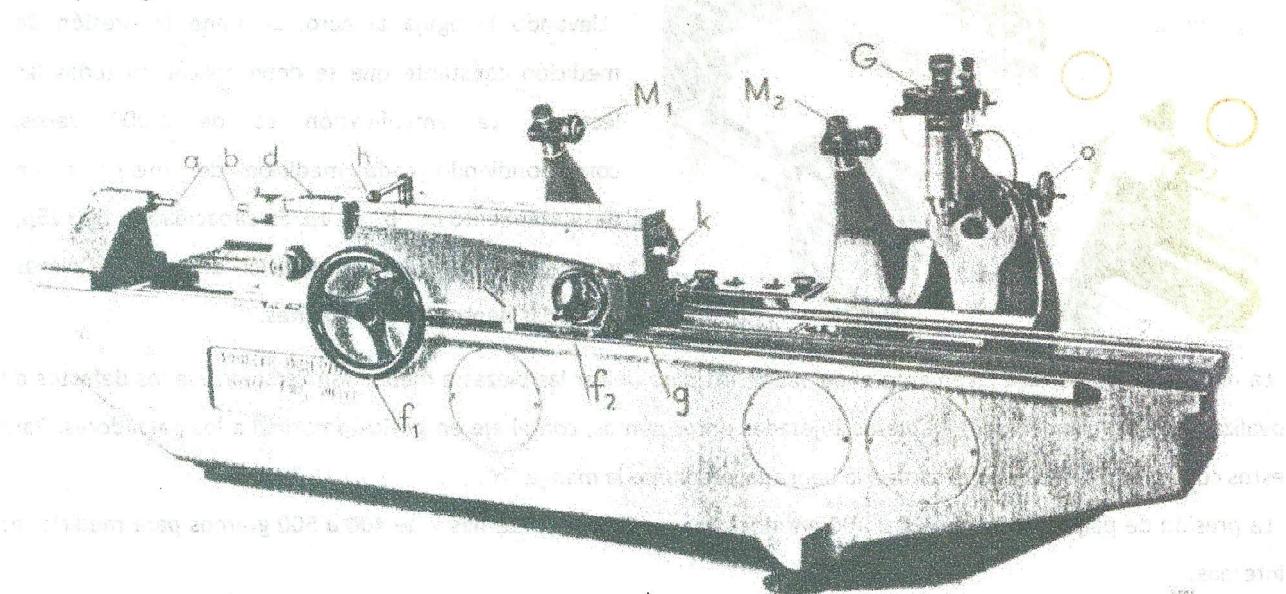
máquinas de medir

## MÁQUINAS DE MEDIR

**MÁQUINA DE MEDIR UNIVERSAL** es la máquina que sustituye a más de seis máquinas en el taller de reparación de automóviles. Es una máquina completa, el taller completo en una sola máquina que cumple con las necesidades de un taller.

Analizaremos con cierto detalle, las fabricadas por SIP en Suiza, modelos MUL-1000 y MU-214B.

**Descripción general:** Los cambios en el tipo de cambio



Se pueden realizar mediciones de longitud de hasta 1.016mm (40"); 125mm de diámetros en calibres tapones, lisos y roscados; roscas exteriores e interiores, conicidades, mediciones goniométricas, de plantillas por coordenadas, etc.

La bancada de gran solidez descansa en tres puntos de apoyo, provistos de tornillos calantes para la nivelación perfecta de las guías de la misma. El apoyo en tres puntos evita tensiones de trabajo a la torsión.

Sobre la izquierda va colocado el palpador fijo "a", en un cuerpo de fundición solidario a la bancada.

El carro móvil "c" que lleva consigo el palpador móvil "b", apoya y se desplaza sobre dos guías, la anterior en V y la posterior plana.

El avance rápido del carro móvil "c" se realiza con el volante " $f_1$ " y un sistema de piñón – cremallera longitudinal, fija ésta a la bancada.

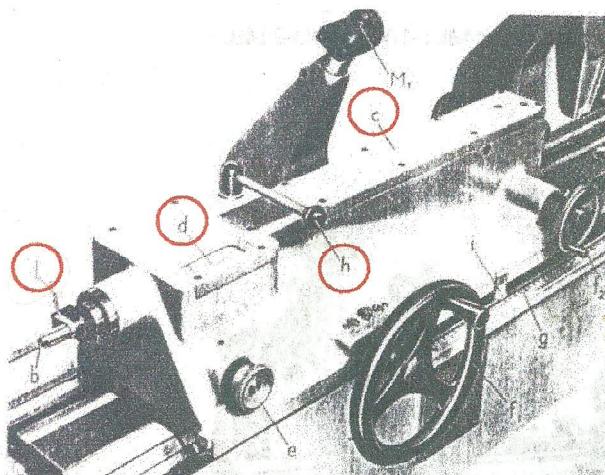
Con el volante "f<sub>2</sub>" se realizan los movimientos micrométricos.

Sobre la bancada, del lado del operador, va fijada una regla milimetrada "g", para los reglajes aproximados de medición mediante el índice "i", fijo al carro "c". En esta regla "g" se leen los milímetros enteros.

En el interior del carro va colocada la regla patrón en U, en la prolongación del eje de los palpadores (principio de ABBE). Su superficie pulida, está dividida en 508 trazos milimétricos y va dispuesta en una caja con cierre hermético para evitar la entrada de polvo.

La regla patrón es el elemento primordial en la precisión de las mediciones, es de acero al Níquel y con un coeficiente de dilatación de los aceros ( $11,5 \times 10^{-6}$ ); de modo que la temperatura ambiente no influye en la medición de piezas de acero o fundición siempre y cuando haya equilibrio térmico pieza-máquina-ambiente.

La regla patrón puede desplazarse levemente con respecto al carro mediante en botón moleteado "m" (parte posterior, no se visualiza en la figura) para poner a cero la máquina cuando se des corrije. Se acompaña un certificado de contraste de la regla patrón, para cada milímetro, con los errores de división de los trazos, expresados en  $0,1\mu$ .



El palpador móvil "b", con placa de metal duro y frentes plano paralelos, lapidados sobre la máquina, desplaza la aguja de un amplificador de cuadrante "d".

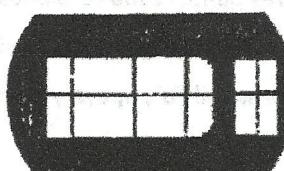
Llevando la aguja al cero, se tiene la presión de medición constante que se debe aplicar en todas las lecturas. La amplificación es de 1.000 veces, correspondiendo cada medición del mismo a un desplazamiento de "b" de  $1\mu$ . Su capacidad es de  $\pm 25\mu$ , y puede utilizarse para la medición de series de piezas toleradas dentro de estos límites.

La manivela "l" desplaza levemente el palpador "b" para ubicar las piezas a medir. Asimismo, acusa los defectos de ovalización o de cilindricidad, en piezas sujetadas entre puntas, con el eje en posición normal a los palpadores. Para estos controles, se debe fijar el carro a la bancada, mediante la manija "h".

La presión de palpación es de 325 a 400 gramos para mediciones externas y de 400 a 500 gramos para mediciones internas.

Para las mediciones internas se utilizan palpadores intercambiables especiales fijados a los palpadores de exterior; como es lógico, se invierte la tensión del resorte de presión de "b", mediante el botón "e".

Solidario a la bancada, en su parte posterior, lleva dos microscopios de lectura "M<sub>1</sub>" y "M<sub>2</sub>". El microscopio M<sub>1</sub> permite medir longitudes entre palpadores de 0 a 508mm, y el M<sub>2</sub> de 508 a 1016mm. Con un sistema reticular desplazable, muy alta precisión, se pueden realizar lecturas directas de  $0,5\mu$  y apreciar entre rayas el  $0,1\mu$ .

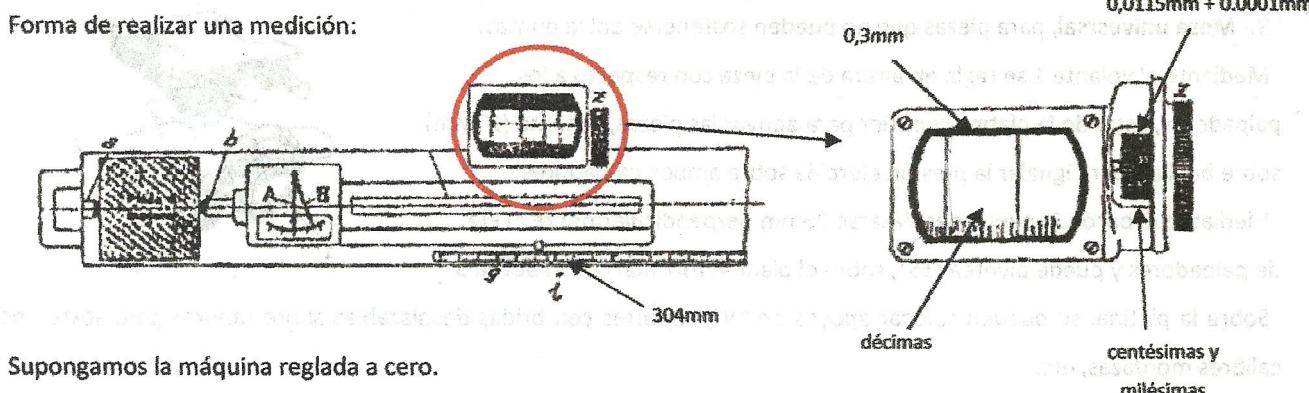


La precisión de medición para este tipo de máquinas es: (L en mm)

$$p = 0,6 + 0,0009 \cdot L \quad [\mu]$$

En la tabla adjunta se presentan los errores de medición para los diferentes rangos de medición. La precisión de medición es menor que la indicada en la ecuación, ya que se han considerado errores sistemáticos y no se han tomado en cuenta errores aleatorios. La precisión de medición es menor que la indicada en la ecuación, ya que se han considerado errores sistemáticos y no se han tomado en cuenta errores aleatorios.

Forma de realizar una medición:



Supongamos la máquina reglada a cero.

1º.- Se coloca la pieza con precaución entre los palpadores.

2º.- Se aproxima en  $f_1$  el carro "c", hasta que el palpador móvil "b" toma contacto con la pieza a medir.

3º.- Con  $f_1$  se lleva la aguja "A" a cero (presión correcta). Pequeños movimientos de la pieza nos deben asegurar que estamos palpando la distancia mínima (retorno de la aguja).

4º.- Conservando la posición de "i" sobre la regla "g", leemos los milímetros.

5º.- Observando luego por el microscopio correspondiente, se verá en el campo del mismo, uno de los trazos de la regla patrón que lógicamente permanecerá inmóvil.

6º.- Girando la cabeza moleteada "z", se lleva uno de los 10 dobles trazos del retículo móvil, a centrarse exactamente con el trazo de la regla patrón.

Como el giro completo de "z" corresponde a un desplazamiento igual a la distancia entre dos dobles trazos, solamente uno de ellos podrá centrarse en la forma expuesta. El desplazamiento del retículo móvil, es simultáneo con el giro de la graduación circular de la derecha. La separación entre las dobles rayas corresponde a 0,1mm y la del retículo giratorio a 1 $\mu$ ; y como éstas llevan una raya entre medio, la lectura directa es de 0,5 $\mu$ .

Suponiendo que "i" cae en los 304mm, tenemos:

304mm en la regla exterior "g"

0,3mm en la graduación izquierda del microscopio

0,0115mm en la graduación derecha del microscopio.

0,0001mm apreciación entre rayas de esta última.

Accesorios para mediciones:

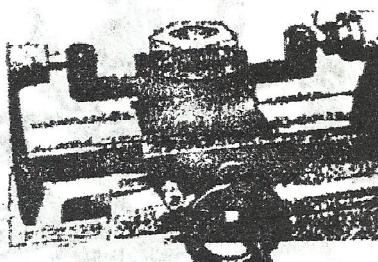
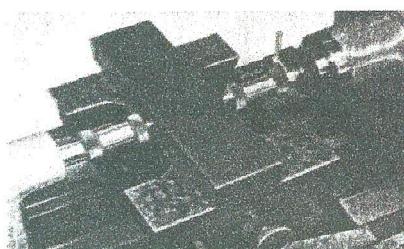
1.- **Palpadores a bolilla, para contacto puntual, usados por ejemplo, en la verificación de caras paralelas.**

Se montan en forma directa sobre los palpadores a y b.

Se montan en forma directa sobre los palpadores a y b.

2.- **Palpadores para mediciones internas**

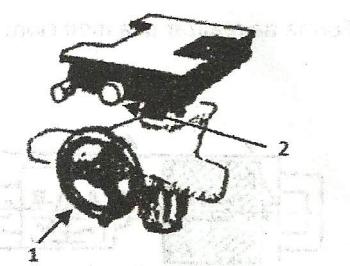
Mediante un patrón de reglaje de 40mm, se pone a punto la máquina para este tipo de mediciones.



**3.- Mesa universal**

**3.- Mesa universal**, para piezas que no pueden sostenerse entre puntas.

Mediante el volante 1 se regla en altura de la pieza con respecto a los palpadores, estando la platina superior para apoyar las piezas, flotante (10mm) sobre bolillas, para igualar la presión ejercida sobre ambos palpadores.



Mediante el botón 2, puede desplazarse 35mm perpendicularmente al eje de palpadores y puede pivotear  $\pm 5^\circ$ , sobre el plano horizontal con el botón 3.

Sobre la platina, se pueden colocar apoyos en "V", soportes con bridas desplazables sobre ranuras para sostén de calibres mordazas, etc.

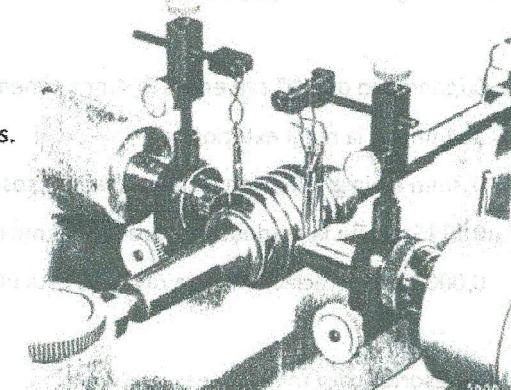
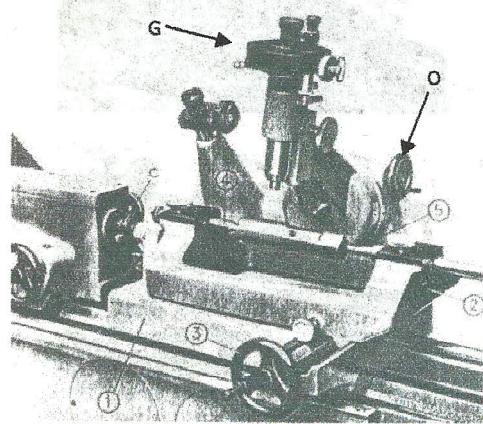
**4.- Soporte de puntas para medición de diámetros**

Para medir calibres tapones lisos y roscados, machos de roscar, calibres cónicos, etc.

**5.- Medición del diámetro medio de una rosca con alambres calibrados**

Se provee de dos palpadores alargados y dos sostenedores para los alambres.

Para medir el diámetro del núcleo se utiliza en lugar de los alambres, estos prismas triangulares que apoyan en el fondo de la rosca.

**6.- Medición de ángulos**

En la parte derecha de la máquina, lleva un sistema orientable sobre un eje horizontal, mediante el volante "O" y sobre el cual se pueden montar distintos tipos de microscopios "G". La magnitud del giro, se mide sobre un limbo graduado circular, que trabajando con un vernier fijo, permite un giro de  $\pm 10^\circ$ . Con lectura de 5 minutos de arco.



## MÁQUINAS DE MEDIR POR COORDENADAS (MMC)

### Definición

La posición de un punto en el espacio está definido, en coordenadas cartesianas, por los valores relativos de los tres ejes X, Y y Z con respecto a un sistema de referencia. Usando series de puntos, es posible construir el elemento geométrico que pase por ellos o que se aproxime al máximo.

Una máquina de medir tridimensional es capaz de definir únicamente y con extrema precisión la posición de estos puntos en un espacio tridimensional, y de calcular los parámetros significativos de las figuras geométricas sobre las que han sido tomados estos puntos.

Una máquina de medida por coordenadas es pues un instrumento de medida absoluta de precisión capaz de determinar la dimensión, forma, posición y "actitud" (perpendicularidad, planaridad, etc.) de un objeto midiendo la posición de distintos puntos de su propia

### Aplicaciones

Las máquinas de medir por coordenadas (MMC) se utilizan para las siguientes aplicaciones:

- 1.- Control de la correspondencia entre un objeto físico con sus especificaciones teóricas (expresadas en un dibujo o en un modelo matemático) en términos de dimensiones, forma, posición y actitud.
- 2.- Definición de características geométricas dimensionales (dimensiones, forma, posición y actitud) de un objeto, por ejemplo un molde cuyas características teóricas son desconocidas.

### Estructura

#### Dimensiones:

La longitud de los ejes, por lo general cartesianos determinan el Volumen Útil de Trabajo (VUT) de la estructura mecánica. Las dimensiones pueden variar desde  $1 \text{ dm}^3$  hasta varias decenas de  $\text{m}^3$ .

### Arquitectura

La arquitectura lo es en relación a las dimensiones de la estructura mecánica y, en general, es posible afirmar que un tipo determinado de arquitectura tiende a encontrar el mejor compromiso entre:

- a) dinámica del sistema
- b) precisión
- c) facilidad de acceso a la pieza a medir



Arquitecturas disponibles:

(SISTEMA) ZAGAMBOGOOD NOZ EICEM SO-GAMUUDAM



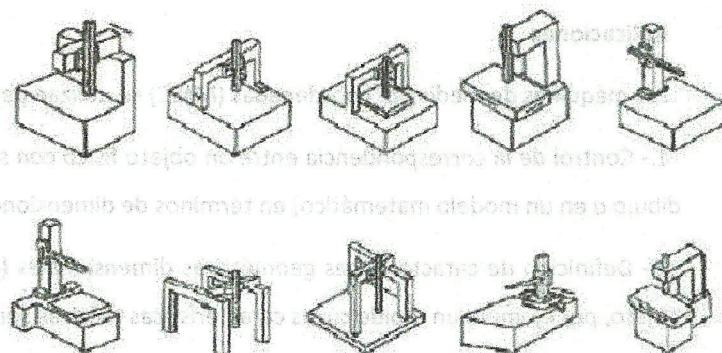
de brazo horizontal



de puente



de pilares



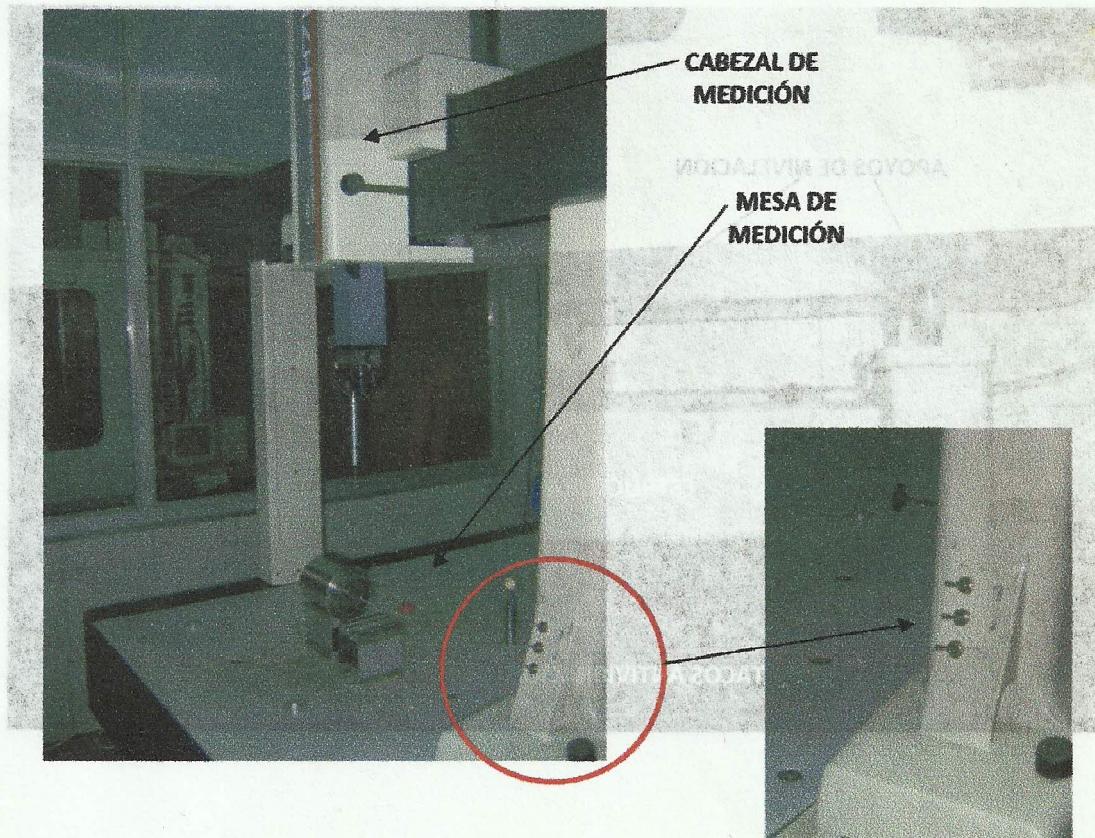
Formas constructivas

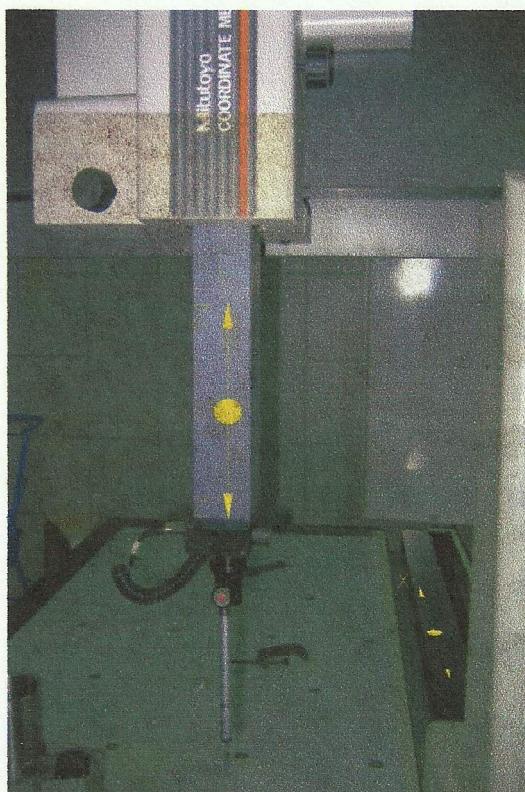
Características del sistema (VUT): Ciclo T en milímetros: Es la medida más corta que se mide en el sistema.

Arquitectura	VUT mínimo ( $m^3$ )	VUT máximo ( $m^3$ )
Puente	0.3	8
Pilares	6	100
Brazo horizontal	0.3	100

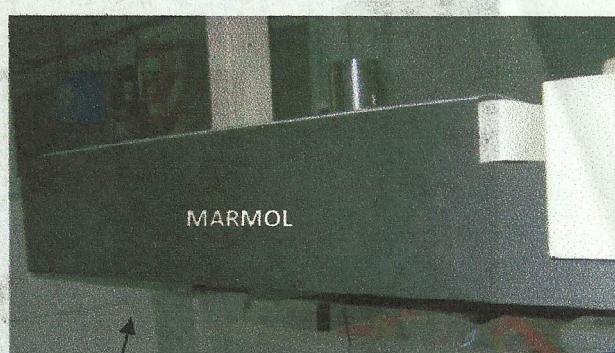
Margen de volúmenes útiles de trabajo según arquitectura

## Descripción de una MMC





MOVIMIENTO DE LOS CARROS  
EN LOS EJES X - Y - Z



## Precisión

Al referirnos a máquinas de medir por coordenadas, la primera idea que aparece es precisamente la precisión. Pero antes es preciso especificar la unidad en que se expresará. En realidad, el término precisión es inexacto: los valores que declaran los fabricantes indican precisamente lo contrario. Establezcamos que el parámetro significativo que juzga la precisión de una MMC es la **Incertidumbre de Medición**.

La incertidumbre de medición (IM) es el error máximo que puede cometer una MMC durante la medición de una longitud conocida y de la manera establecida por un estándar internacional. Los estándares ampliamente reconocidos en la actualidad para la certificación de la IM de una MMC son:

- La VDI, para Europa y sus áreas de influencia
- La B89, para los Estados Unidos y sus áreas de influencia
- La JIS, para algunas áreas de Asia

La IM es el parámetro más significativo, pues contiene todos los posibles componentes de error:

- Errores geométricos de la estructura mecánica
- Errores de los sensores
- Etc.

Por lo general, la IM se expresa en términos de  $+/- 2$ , obtenida según la siguiente fórmula:

$$a + b L/1.000 \text{ (en } \mu\text{m)}$$

- $a$  ( $\mu\text{m}$ ) es la constante de error declarada por el fabricante para una MMC determinada
- $b$  ( $\mu\text{m}$ ) es la variable de error en función de la longitud del bloque patrón, declarada por el fabricante para una MMC determinada
- $L$  (mm) es la longitud del bloque patrón

La incertidumbre de medida está estrechamente relacionada con las condiciones térmicas del entorno. Por tanto, el fabricante está obligado a especificar bajo qué condiciones de operación ha obtenido la IM declarada, por ejemplo de la siguiente manera:

- Temperatura ambiente en el lugar de la instalación:  $+20^\circ\text{C}$
- Gradiente térmico espacial:  $1^\circ\text{C/m}$
- Tiempo máximo de gradiente térmico:  $0.5^\circ\text{C/h}$  y  $2^\circ\text{C/24h}$

## Dinámica

Entendemos por dinámica las características de aceleración y velocidad de posicionamiento de una MMC. Por supuesto, no sólo están relacionadas con la estructura mecánica sino también, de manera fundamental, con el control. Las prestaciones dinámicas se ven observando la estructura mecánica durante su operación. La velocidad y la aceleración son importantes en relación con la Frecuencia de Muestreo que la MMC puede alcanzar: cuanto mayores sean estos valores, mayor será el número de piezas que podrán ser medidas por unidad de tiempo.



## Aceleración

Es el parámetro más importante cuando se considera la productividad de una MMC. Mediante estructuras con una óptima relación masa/rigidez y un control adecuado se han alcanzado aceleraciones de hasta 3 m/seg<sup>2</sup>. También hay que subrayar que la aceleración es el parámetro más importante de cara a la reducción de los tiempos de ciclo de medición.

## Programas aplicativos

Los programas aplicativos de una máquina de medir se generan a partir de la medición con técnicas predefinidas para cualquier tipo de pieza, y una evaluación en tiempo real de los resultados. A continuación analizaremos las tecnologías actualmente disponibles en los siguientes campos de actividad.

### Técnicas de programación de pieza:

#### A) Programación de pieza en línea

El operador, mediante el empleo de programas de medición básicos, el dibujo de la pieza, la pieza física y la MMC, genera una a una las instrucciones del ciclo de inspección. En la mayor parte de los casos, especialmente cuando la pieza es compleja, es un proceso largo y tedioso.

Durante la fase de programación de pieza, la máquina de medición no puede inspeccionar otras pieza, lo que resulta un fuerte inconveniente para las máquinas instaladas en la línea de proceso. El inicio de la programación de pieza está siempre sujeto a la disponibilidad física de la pieza.

#### B) Programación de la pieza fuera de línea

La programación fuera de línea permite la preparación de un programa de inspección previamente a la producción propiamente dicha de la pieza, y no exige de la MMC tareas adicionales a la que tiene adjudicada institucionalmente: medir.

La mayor parte de proveedores de programas de CAD/CAM ofrecen aplicaciones CAM orientadas a metrología. Estos programas, al emplear una descripción matemática de la pieza (CAD) y los instrumentos de emulación de la MMC (orientados a CAM) permiten la definición y la simulación en pantalla de un completo programa de inspección.

#### C) Programación automática fuera de línea

Las dos técnicas de programación de pieza descritas anteriormente tienen distintas ventajas e inconvenientes. En ningún caso, incluso cuando el programa de medición es generado a nivel de CAD/CAM o de MMC el resultado final, en términos de tiempos de ciclo está considerablemente influenciado por el "factor humano", por la eficiencia de las estrategias de inspección adoptadas, etc. La programación automática fuera de línea permite: Generar el programa de medición en entorno CAD/CAM y eliminar completamente las variables relacionadas con las habilidades y experiencia del operador.

## Sensorialidad

### El palpador

Como ya se ha indicado, la toma de las coordenadas de la superficie de la pieza a medir se efectúa mediante dispositivos muy sofisticados, denominados palpadores. Dichos palpadores se encuentran estrechamente conectados al Modo Exploración, que puede ser de dos tipos:

**Punto a punto:** El palpador entra en contacto con la pieza a medir y, sin detenerse, genera una señal que permite la adquisición de las coordenadas del punto allí donde el palpador ha "tocado" la pieza. Este tipo de palpador es el más empleado.

**Continuo:** En este modo, el palpador se mantiene en contacto con la pieza a medir, tomando puntos a alta frecuencia de acuerdo con leyes de adquisición determinadas. Los palpadores más precisos forman parte de esta categoría.

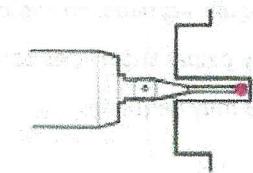
Independientemente de la categoría, existen dos tipos de palpadores:

**Táctiles:** en ellos, tanto en modo punto a punto como en modo continuo, el palpador entra en contacto con la pieza para permitir la adquisición de datos.

**Sensores de no contacto:** Se trata de sondas que permiten la adquisición de datos sin necesidad de entrar en contacto físico con la pieza a medir.

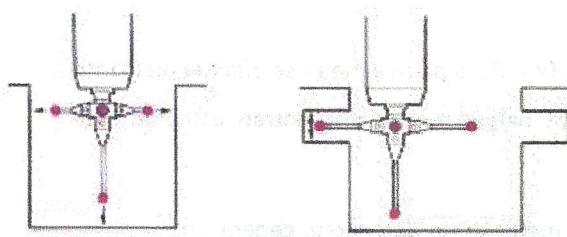
## Sensores

### Palpador de bola de rubí



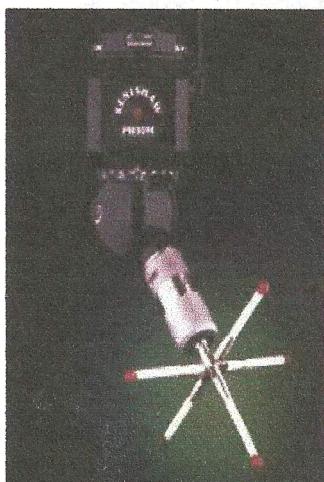
Son adecuados para la mayoría de aplicaciones de palpado. Cuentan con bolas de rubí industrial de alta esfericidad. El rubí es un material de extremada dureza que reduce considerablemente el desgaste de las bolas del palpador. También es de baja densidad, por lo que se reduce al mínimo la masa de la punta y se evitan disparos accidentales de la sonda producidos por el movimiento o la vibración de la máquina. Las bolas de rubí se montan sobre distintos materiales, como acero inoxidable antimagnético, cerámica y carbono para mantener la rigidez en todo el alcance del palpador.



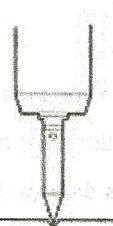
**Palpadores en estrella**

**Los palpadores en estrella sirven para inspeccionar diversas formas sólidas que tienen ranuras, agujeros o bordes rectos.**

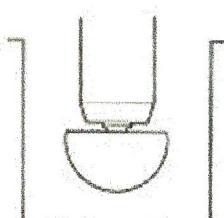
El uso de palpadores en estrella para inspeccionar puntos extremos de superficies internas, como las paredes o las ranuras de un agujero, evita desplazar la sonda gracias a sus funciones de exploración con varias puntas.



**Por cada punta del palpador en estrella es preciso especificar el plano de referencia del mismo modo que en un palpador de una sola bola.**

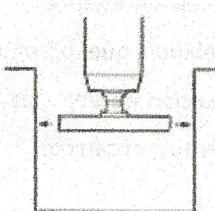
**Palpadores de aguja**

No deben emplearse para el palpado convencional XY. Los palpadores de aguja están diseñados para inspeccionar formas roscadas, puntos específicos y líneas trazadas (a precisión inferior). El uso de un palpador de aguja acabado en radio permite indicar el plano de referencia de forma más precisa y palpar superficies con más precisión, así como inspeccionar la ubicación de agujeros muy pequeños.

**Palpadores de bolas huecas de cerámica**

Estos palpadores son idóneos para sondear superficies profundas y agujeros en las direcciones X, Y y Z, indicando el plano de referencia sólo en una bola. El palpado con este tipo de bolas de gran diámetro puede compensar los efectos de las superficies muy desiguales.

### Palpadores de disco



Estas 'diminutas secciones' de la esfera grande se utilizan normalmente para inspeccionar muescas y estrías en diámetros internos.

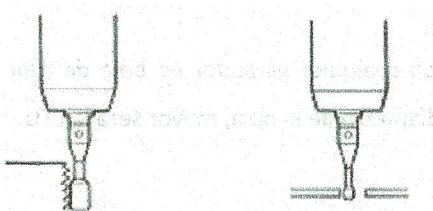
El palpado con el 'borde esférico' de un disco equivale, de hecho, a un palpado sobre el ecuador de una bola de palpador grande. Sin embargo, solamente se dispone de una pequeña sección de la superficie de la bola para el contacto, por lo tanto, los discos más finos requieren una alineación angular más precisa que garantice un contacto correcto con la característica que se va a palpar.

En un disco sencillo, sólo es necesario indicar el plano de referencia de un diámetro (normalmente en un anillo patrón), pero se limita el palpado efectivo a las direcciones X e Y únicamente.

Si añade una 'semiesfera', podrá indicar el plano de referencia y palpar en la dirección Z, siempre que el centro de la 'semiesfera' sobrepase el diámetro de la sonda.

Puede indicar el plano de referencia de la 'semiesfera' en una esfera o en una galga de deslizamiento. Para posicionar la 'semiesfera' a medida de la aplicación, puede girar y bloquear el disco sobre su eje central. El disco puede tener también un centro roscado M2 que permite fijar un palpador en el centro, que proporcione la flexibilidad adicional para palpar el fondo de diámetros internos profundos (en los que el acceso del disco podría ser limitado).

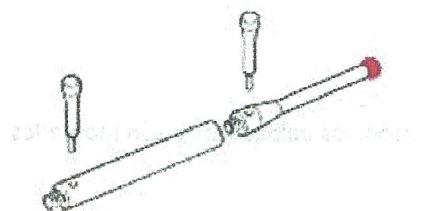
### Palpadores cilíndricos



Los palpadores cilíndricos se utilizan para palpar agujeros en materiales cortados en láminas, además, es posible inspeccionar diversas superficies roscadas y los centros de sus agujeros.

Mediante el palpador cilíndrico terminado en bola es posible indicar el plano de referencia completo y palpar en las direcciones X, Y y Z, permitiendo, de este modo, realizar una inspección de la superficie.

### Extensiones de palpadores



Las extensiones de palpador proporcionan una penetración de sonda adicional alejando el palpador de la sonda. No obstante, el uso de extensiones de palpador puede disminuir la precisión al perder rigidez.

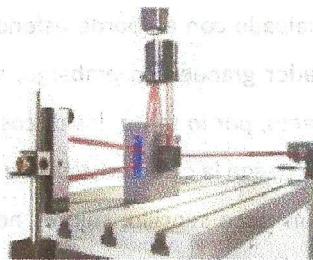
Algunas extensiones tienen un dispositivo de retroalimentación que indica si el palpador ha golpeado la pieza o no.



### Sistemas de palpación de "no contacto"

El sistema de palpador óptico usa una luz laser y puede ser colocado en máquinas manuales o automáticas.

En metrología dimensional, este tipo de sensorialidad puede adquirir gran importancia, debido a que: permite la medición de superficies blandas, puede reducir los ciclos de medición mediante una medición de una sola vez (*single shot*) o bien una adquisición continua de alta velocidad y no está sometida a rozamientos mecánicos.



Palpador óptico

Palpador láser

### Elección de palpadores para inspección

En la mayoría de las aplicaciones de palpado, para maximizar la precisión le recomendamos que:

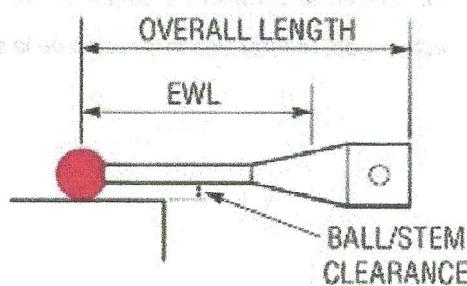
#### UTILICE PALPADORES CORTOS Y RESISTENTES

Cuento más se dobla o desvía un palpador, menor es la precisión. Se recomienda el palpador con la longitud mínima de palpador para su aplicación y, siempre que sea posible, se recomienda el uso de un palpador de una sola pieza. Por lo tanto, se deben evitar inspecciones con un palpador de longitud excesiva o combinaciones de extensiones.

#### UTILICE EL MAYOR DIÁMETRO POSIBLE DE BOLA DE PALPADOR

Así, se asegura el máximo espacio de la bola y la barra al mismo tiempo que proporciona una Longitud de trabajo útil (LTU) mayor sin perder rigidez. Mediante el uso de bolas de rubí de mayor tamaño, se reduce también el efecto de acabado de la superficie del componente que se está inspeccionando.

La Longitud de trabajo útil (LTU) es la penetración que se puede obtener con cualquier palpador de bola de rubí antes de que su barra toque el dispositivo. Normalmente, cuanto mayor sea el diámetro de la bola, mayor será la LTU.



La LTU también puede verse afectada por las tolerancias de montaje. Por esta razón, los palpadores están montados de acuerdo con normas exactas en condiciones controladas.

El tipo de palpador para inspección depende de la aplicación de palpado y el tipo de sonda utilizado. Utilice un palpador con el mismo diámetro que la herramienta de corte de acabado empleada para fabricar la pieza.

### Consideraciones de aplicación

Si es posible, utilice un palpador terminado en bola. Si la pieza que va a explorar tiene muescas que pueden atrapar la bola, utilice un palpador de caras paralelas.

En una aplicación de perfiles en la que la altura del perfil no es una constante Z, utilice un palpador de caras paralelas.

### Consideraciones de la sonda

La fuerza del palpador aplicada desde la sonda de exploración debe tener un máximo de 50 gramos en las sondas SP600/SPSM (Cyclone) y de 1.000 gramos en la gama de sondas SP2.

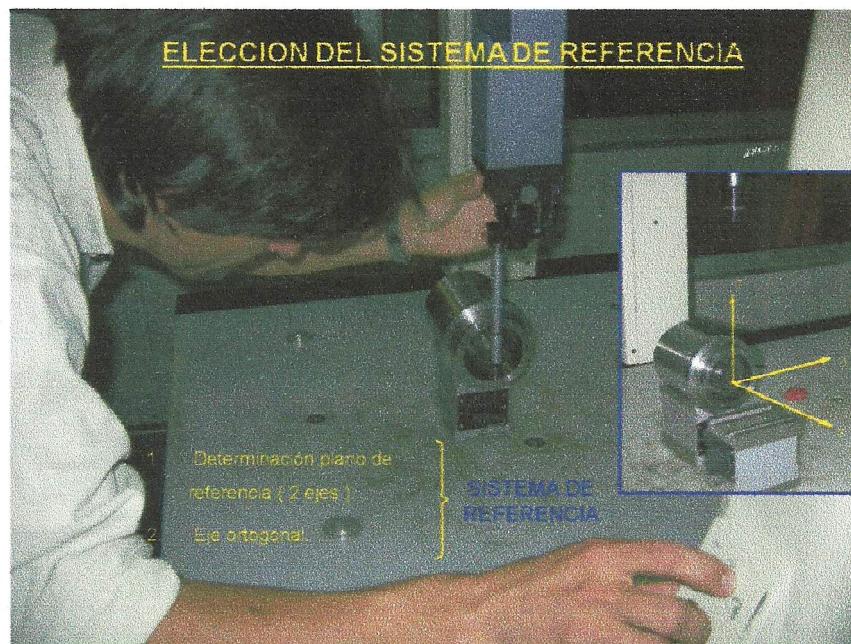
El peso del palpador en las sondas SP600/SPSM (Cyclone) no debe superar los 20 gramos.

### Medición

Antes de realizar una medición, se debe calibrar la MMC con una esfera de cerámica de 20mm de diámetro patrón provista con la máquina:



Luego se procede a la elección de un sistema de referencia:



**Justificación de costos en la compra de una MMC****Planteo de las ventajas económicas:**

Algunas de las principales ventajas económicas que se obtienen con la adquisición de una máquina de medir son:

- Ahorro directo de mano de obra
- Reducción de costo en herramiental de control:

**Eliminación de herramientas permanentes****Menores costos de mantenimiento de herramiental**

- Tiempo de inactividad:

De mano de obra directa o personal

De máquinas

- Ahorro en el programa de capacitación:

Del operador

De reemplazantes

Personal de refuerzo

- Pronóstico de reducción de descartes