

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Universidad de Buenos Aires

*Departamento de Ingeniería Mecánica*

**Tecnología Mecánica I – 67.15 TA202**

**Unidad 1:**  
**AJUSTES Y TOLERANCIAS**

---

---

---


---

---

---

---

---

 **IMPORTANCIA**

- Imposibilidad de conseguir en la práctica una medida exacta
- Intercambiabilidad
- Fabricación económica
- Tablas normalizadas de ajustes y Tolerancias

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Concepto de Tolerancia**

**TOLERANCIA**, es la **diferencia permitida** entre las cotas **máximas** y **mínimas** de una **dimensión de una pieza**:

$$T = M_{\text{máx.}} - M_{\text{mín.}}$$

Se expresa en milésimas de mm. (micrones –  $\mu\text{m.}$ )

---

---

---

---

---

---

---

---



**Elección de Tolerancia**

La elección de las tolerancias no se hace en forma *arbitraria*, sino que deben tener en cuenta la funcionalidad del conjunto (ajuste), los costos y el principio de intercambiabilidad entre las piezas del conjunto o acoplamiento así como su relación con elementos standards.

Las Tolerancias Generales, aplicadas a todas las dimensiones que no tienen tolerancias específicas, se indican en el rotulo del palno y se toma como la calidad 11 aplicada en forma bidireccional (+/-)

---

---

---

---

---

---

---

---


---

---


**TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS**

En determinadas ocasiones, p.ej. mecanismos muy precisos, la especificación de tolerancias dimensionales puede no ser suficiente para asegurar un correcto montaje y funcionamiento de los mecanismos.


**Una pieza puede ser correcta desde un punto de vista dimensional (diámetros de las secciones dentro de tolerancia) y no ser apta para el montaje.**



DEFECTO DE RECTITUD



DEFECTO DE COAXIALIDAD



DEFECTO DE PERPENDICULARIDAD

En la fabricación se producen irregularidades geométricas que pueden afectar a la forma posición y orientación de elementos constructivos de las piezas. (PROCESOS EQUIVOCADO)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**TOLERANCIAS DE FORMA, ORIENTACIÓN, POSICIÓN Y OSCILACIÓN**

Las tolerancias geométricas pueden ser:

- De **forma** limitan las desviaciones de un elemento geométrico simple a partir de su forma teórica perfecta.
- De **orientación, situación y oscilación** limitan las desviaciones relativas de orientación y/o situación entre dos o más elementos.

La especificación de una tolerancia geométrica es siempre debida a **exigencias de tipo funcional**.

Las características de las tolerancias geométricas se representan en planos por símbolos normalizados.

---

---

---

---

---

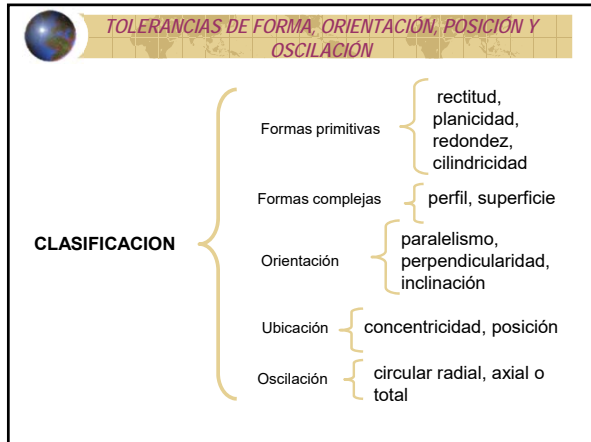
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**TOLERANCIAS DE FORMA, ORIENTACIÓN, POSICIÓN Y OSCILACIÓN**

Estos símbolos se clasifican según:

si los elementos son aislados	
SIMBOLOS DE LAS TOLERANCIAS	
TOLERANCIA	Símb
RECTITUD	—
PLANICIDAD	▭
REDONDEZ	○
CILINDRICIDAD	∩
FORMA DE UNA LINEA	∩
FORMA DE UNA SUPERFICIE	∩

si los elementos están asociados	
SIMBOLOS DE LAS TOLERANCIAS	
TOLERANCIA	Símb
PARALELISMO	//
PERPENDICULARIDAD	⊥
INCLINACION	∠
POSICION	⊕
COAXIALIDAD	⊙
SIMETRIA	≡
CIRCULAR	↻
TOTAL	↻↻

---

---

---

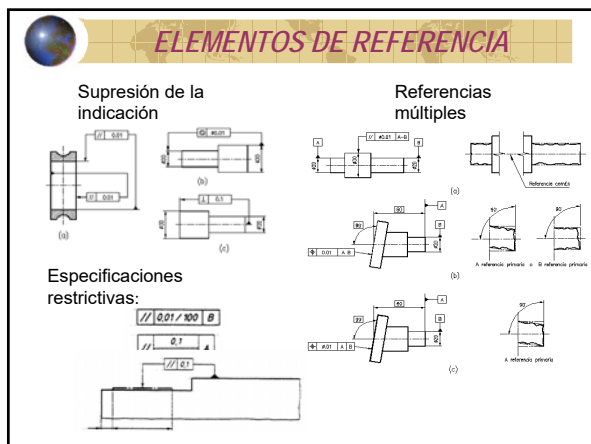
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---





---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

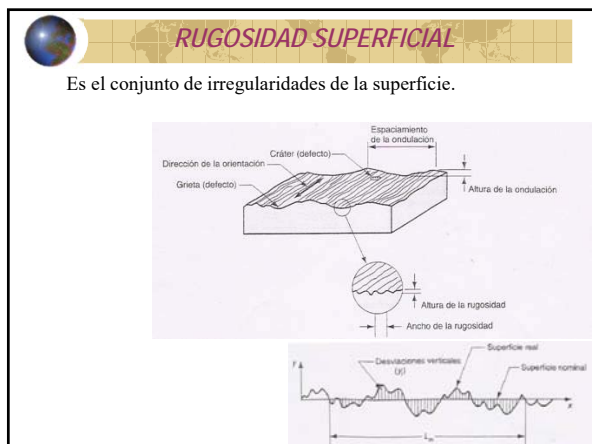
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

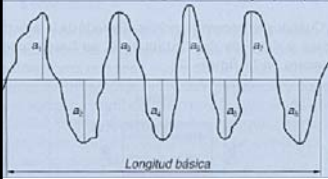
---

---

---

**RUGOSIDAD SUPERFICIAL**

Ra es el promedio aritmético de los valores absolutos de las alturas y(x) medidas a partir de la línea central.



$$R_a = \frac{|a_1| + |a_2| + \dots + |a_n|}{n}$$


---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RUGOSIDAD SUPERFICIAL**

Norma anterior

Valor de Ra

Orientación de la Rugosidad y el paso

Norma actual

Valor de Ra  
Otra inf.

SEMBLO	ORIENTACIÓN DE LA RUGOSIDAD	EJEMPLO	RUGOSIDAD
=	Paralelo a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicándose.		Rugosidad máxima Ra = 0,8 µm
⊥	Perpendicular a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicándose.		Rugosidad controlada entre Ra = 0,8 µm y Ra = 1,6 µm
×	Cruzado respecto a la línea representativa de la superficie sobre la que el símbolo va indicándose.		Rugosidad máxima Ra = 0,8 µm en la orientación
M	Multidireccional.		Rugosidad máxima Ra = 0,8 µm con paso de la rugosidad de 0,4 mm.
C	Aproximadamente circular respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicándose.		Rugosidad máxima Ra = 0,4 µm con altura de 1 mm.
R	Aproximadamente radial respecto al centro de la superficie sobre la que el símbolo va indicándose.		Rugosidad máxima Ra = 0,4 µm con altura de 1 mm y paso de la rugosidad de 0,2 mm.

---

---

---

---

---

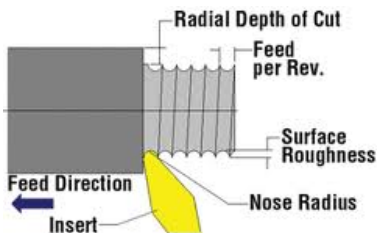
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





**RUGOSIDAD SUPERFICIAL**

ACOTACION RUGOSIDADES SUPERFICIALES

$a_1$  /  $(a_2)$  /  $a_3$

---



---



---



---



---



---



---

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR	NOTAS
1	...	...	...	...
2	...	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...
6	...	...	...	...
7	...	...	...	...
8	...	...	...	...
9	...	...	...	...
10	...	...	...	...

**CARTEL ADAPTADOR**  
 BRIDA ABERTA  
 4 1/2" 10M X 3 1/2" 10M

52185  
 21.3

---



---



---



---



---



---



---

### Concepto de Ajuste

A esta pareja de elementos se la llama eje y agujero (uno macho y otra hembra), pues encajan entre sí, con independencia de la forma geométrica que posean.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Concepto de Ajuste

Existen establecidos grados intermedios de ajustes, llamados márgenes de ajuste. En consecuencia, los ajustes se clasifican en 3 grupos:

- 1) Libre u holgado (con juego ó giro libre)
  - Juego fuerte
  - Juego ligero
  - Juego libre
  - Juego libre justo
- 2) De sujeción ó apretado (bloqueado, forzado)
  - Adherencia
  - Arrastre
  - Forzado
  - A presión
- 3) De deslizamiento (entrada suave, centrado)
  - Deslizamiento
  - Entrada suave

---

---

---

---

---

---

---

---

### Sistemas de Ajuste

---

---

---


---

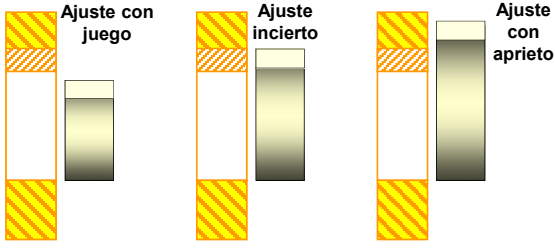
---

---

---

---

 **Concepto de Ajuste**



Se han normalizado, dos sistemas de ajustes, denominándose ellos como sigue:

- 1º Sistema de Agujero Único (Agujero Base) **H**
- 2º Sistema de Eje Único (Eje Base) **h**

---

---

---

---


---

---

---

---



 **Sistemas de Ajuste**

**Sistemas de ajuste:** Los sistemas de eje único y de agujero único tienen *una sola tolerancia* para el eje ó para el agujero, y las diferentes clases de ajustes se obtienen dando diferentes tolerancias a agujeros ó a ejes, respectivamente.

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Normas de Tolerancia**  
**Conceptos Generales**

**Calidad:** es el grado de precisión con que se desea trabajar una pieza. La calidad se refiere a la tolerancia suelta y **NO** al conjunto eje – agujero.

Calidades 1 a 4: instrumentos de medición  
Calidades 5 a 11: acoplamientos de maquinas  
Calidades 12 a 16: estampado, fusión, colado

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Calidades de Ajuste**

Según el grado de precisión con que debe estar ejecutado el ajuste, se distinguen 4 calidades de ajuste, que en las normas I.S.A. se denominan así:

- 1) **Calidad Extra - Precisa**
- 2) **Calidad Precisa ó Fina**
- 3) **Calidad Ordinaria, Mediana ó Corriente**
- 4) **Calidad Basta ó Grosera**

---

---

---

---

---

---

---

---







### Elección de Ajustes

Concretando, el camino a seguir para la elección de las tolerancias es el siguiente:

- 1º) Elegir entre los sistemas de "EJE ÚNICO" ó "AGUJERO ÚNICO".
- 2º) Elegir entre las calidades de ajuste.
- 3º) Elegir entre los diferentes tipos de ajustes.

---

---

---

---

---

---

---

---



### Ejemplo de elección

Ambos sistemas de ajuste (Eje único y Agujero único) presentan según los casos ventajas uno sobre el otro, pero no es posible recomendarlos de una manera general. Las circunstancias que el fabricante debe tener presente para discernir sobre el sistema que le conviene adoptar, están determinadas por:

- 1º) Costo de fabricación
- 2º) Costo de las herramientas, dispositivos y calibres.
- 3º) Condiciones de montaje

---

---

---

---

---

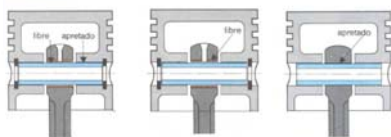
---

---

---



### Ejemplo-Perno de pistón



---

---

---


---

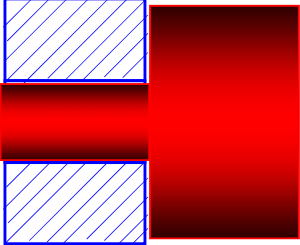
---

---

---

---

 *Ejemplo*



7

---

---

---

---

---

---

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Universidad de Buenos Aires  
*Departamento de Ingeniería Mecánica*

**Tecnología Mecánica I – 67.15/TA202**

**Unidad 1 parte 3:**  
**Elementos de medición y control**

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Elementos de medición y control**

Consideraciones para su elección

1. Adaptación a la medición a efectuar
2. Precisión y exactitud-Apreciación
3. Versatilidad
4. Costo
5. Facilidad de uso
  - a) Rapidez
  - b) Posibilidad de cometer errores

---

---

---


---

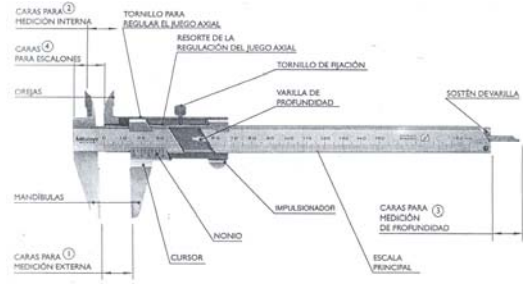
---

---

---

---

 **Calibre Mecánico Vernier**  
**Nomenclatura**



---

---

---


---

---

---

---

---

 **Calibre Mecánico Vernier**

Se pueden efectuar las siguientes mediciones:

- 1) Medición externa
- 2) Medición interna
- 3) Medición de profundidad
- 4) Medición de altura

---

---

---


---

---

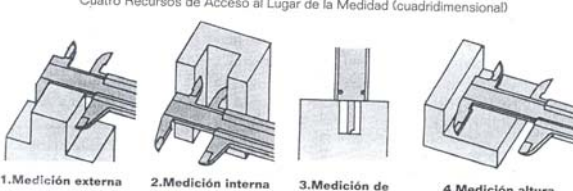
---

---

---

 **Ejemplos de Medición**

Cuatro Recursos de Acceso al Lugar de la Medida (cuadridimensional)



1. Medición externa
2. Medición interna
3. Medición de profundidad
4. Medición altura

---

---

---


---

---

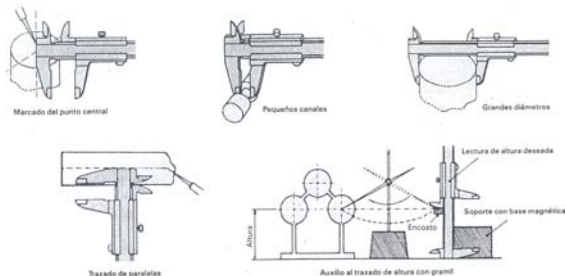
---

---

---

 **FACULTAD DE INGENIERIA**  
Universidad de Buenos Aires

**Ejemplos de Medición**



Marcado del punto central

Pequeños canales

Grandes diámetros

Lectura de altura descendida

Soporte con base magnética

Encosto

Altura

Auxilio al trazado de altura con gramil

Trazado de paralelas

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Concepto de Apreciación**

La **apreciación (A)** de un calibre mecánico vernier está definida por el resultado obtenido del **cociente** entre el valor de la **menor división grabada en la escala fija, y la cantidad de divisiones de la escala móvil.**

Calibres de 10 - 20 - 50 divisiones (mm.):

$A_{10} = 1 \text{ mm.} / 10 = 0.1 \text{ mm.}$

$A_{20} = 1 \text{ mm.} / 20 = 0.05 \text{ mm.}$

$A_{50} = 1 \text{ mm.} / 50 = 0.02 \text{ mm.}$

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Principio de Medición**

La base del "invento" de este instrumento, consiste en tomar la **longitud equivalente** de **9/19/49** divisiones de la **escala fija**, y proyectarla sobre la **escala móvil**, dividiéndola en **10/20/50 partes**, de acuerdo al tipo de calibre. Al hacer esto, se obtiene:

$9 \text{ mm.} / 10 = 0.9 \text{ mm.}$   
 $19 \text{ mm.} / 20 = 0.95 \text{ mm.}$   
 $49 \text{ mm.} / 50 = 0.98 \text{ mm.}$

En cada uno de estos casos estableció una **discrepancia** entre divisiones **homólogas** de ambas escalas de 0.1-0.05-0.02 mm.

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---

 **Principio de Medición**

Con esto logró que, **independientemente** donde se encuentre el **cero** de la **escala móvil** con respecto a la **escala fija**, siempre se encontrarán **dos divisiones** (una de cada escala) que **coincidan**. Esto se debe a que esas **discrepancias** se **compensan** a cada lado del **cero** de la **escala móvil**.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Principio de Medición**

$15 \text{ mm} + 0.90 \text{ mm} = 15,90 \text{ mm}$

---

---

---

---

---

---

---

---

**Principio de Medición**

Otro ejemplo:

$30,25 \text{ mm}$

---

---

---

---

---

---

---

---

**Tipos de Calibres Vernier**

**Calibres con contactos de Metal Duro**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Tipos de Calibres Vernier**

**Calibre con Indicador a Cuadrante (con reloj) y Guías de Titánio**



- Fácil lectura
- Fabricación en acero templado de alta resistencia, con guías revestidas con capa de titanio, lo que asegura:
- Resistencia al desgaste 5 veces mayor que los convencionales
- Movimiento mucho más suave (menor coeficiente de roce o fricción)
- Gran economía con manutención y ajustes

---

---

---

---

---

---

---

---

**Tipos de Calibres Vernier**

**Calibre de Profundidad**



---

---

---

---

---

---

---

---

**Tipos de Calibres Vernier**



Con mandibulo fijo y móvil

Con mandibulo articulado

Para espesor de paredes curvas

Apuntes 0.05mm y 0.02mm

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

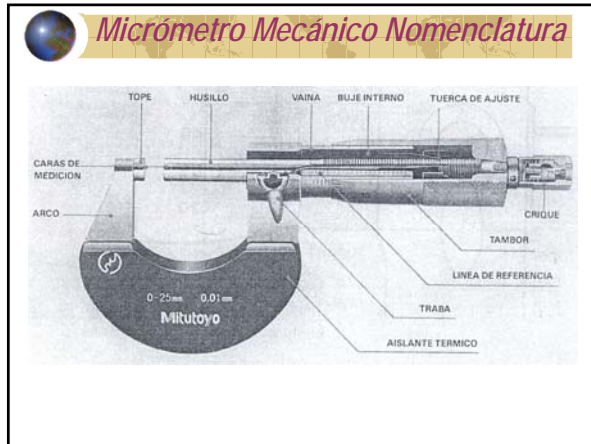
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**Principio de Medición**

Como en el caso del calibre, la *apreciación* de este instrumento se define como el resultado del cociente entre la menor división de la escala fija y el nº de divisiones de la escala móvil:

$$A_M = 0.5 \text{ mm.} / 50 = 0.01 \text{ mm.}$$


---

---

---

---

---

---

---

---

**Principio de Medición**

¿Cómo se interpreta la lectura en el calibre?

+            +            = 4,50 mm

---

---

---

---

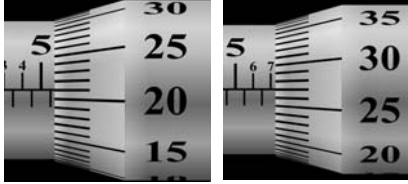
---

---

---

---

Otros ejemplos:



5,71 mm                      7,27mm

---

---

---

---

---

---

---

---

*Micrómetros para aplicaciones especiales*



Con puntas cónicas

Con tope en "V"

Con tope esférico

---

---

---

---

---

---

---

---

*Micrómetros para aplicaciones especiales*



Para medidas de longitud

Para medidas de profundidad

Con anillo de medida

---

---

---

---

---

---

---

---

**Micrómetros para aplicaciones especiales**

**Micrómetro Externo con Puntas Intercambiables**



- Con puntas intercambiables para mayor capacidad de medición
  - o Arco de hierro fundido - esmaltado
  - o Puntas en acero de especial
- Provistos con barras patrón para calibración

---

---

---

---

---

---

---

---

**Micrómetros para aplicaciones especiales**



Para aplicaciones pequeñas

Con puntas tipo salitrador

Tipo tubular

---

---

---

---

---

---

---

---

**Micrómetros para aplicaciones especiales**



---

---

---

---

---

---

---

---

**Micrómetros para aplicaciones especiales**



Para profundidad con varillas intercambiables

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Micrómetros para aplicaciones especiales**

**Micrómetro Externo Digital Coolant Prof.**



- Exactitud instrumental de 1 µm (Cap. hasta 75mm)
- Protegido contra la penetración de polvo y agua
- Modelos disponibles con salida de datos para el control estadístico de procesos y cable de conexión a prueba de agua
- Certificado de inspección individual
- Alimentación: 1 batería SR 44 (6.000 h)

IP65

---

---

---

---

---

---

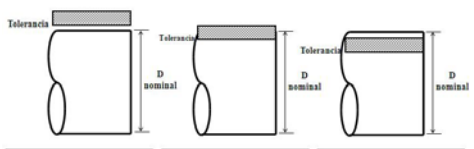
---

---

---

---

**Medición en producción en serie**



<b>D = 50</b> +25µm -5µm	<b>D = 50</b> +10µm -10µm	<b>D = 50</b> -15µm -35µm
<b>Dmax = 50.025 mm</b> <b>Dmin = 50.005 mm</b>	<b>Dmax = 50.010 mm</b> <b>Dmin = 49.990 mm</b>	<b>Dmax = 49.985 mm</b> <b>Dmin = 49.965 mm</b>

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

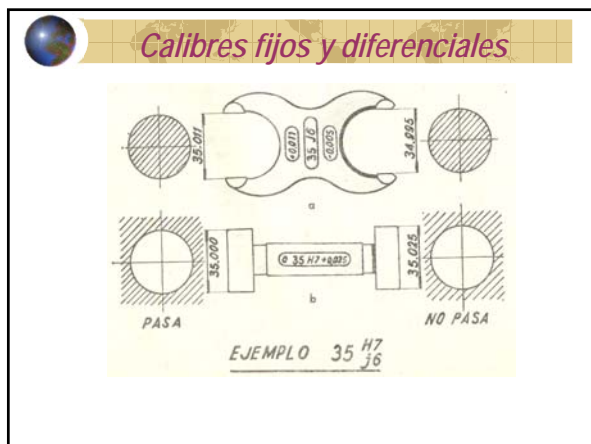
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**Bloques Calibradores**

Son bloques de acero universalmente aceptados y conocidos como "Johansson" (Jo-block), calibrados, utilizados como *unidad de medición* (medida fija ó galga). Recibe también varios nombres: de "escantillón" (para límites de tolerancia y normales), aforos, calibres fijos ó de verificación, calzas de control ó simplemente **bloques calibradores** (contra - calibres).

---

---

---

---

---

---

---

---

**Bloques Calibradores**

**Juego de Bloques Patrón**

- Con certificado de inspección
- Clase 0
- Cada bloque es numerado para fines de certificación

Cantidad de piezas en el juego	Composicion del juego
112	1 bloques: 1,0005mm
	9 bloques: 1,001 - 1,009mm (paso 0,001mm)
	49 bloques: 1,01 - 1,49mm (paso 0,01mm)
	49 bloques: 0,5 - 24,5mm (paso 0,5mm)
	4 bloques: 25-100 (paso 25mm)

Cód.: 516-938

---

---

---

---

---

---

---

---



### *Bloques Calibradores*

*En una de sus caras, se graba lo siguiente:*

- 1) Medida Nominal*
- 2) Temperatura a que ha sido controlada la tolerancia y que se deberá tener en cuenta cuando se mida.*
- 3) Medida máxima en milímetros*
- 4) Medida mínima en milímetros*

---

---

---

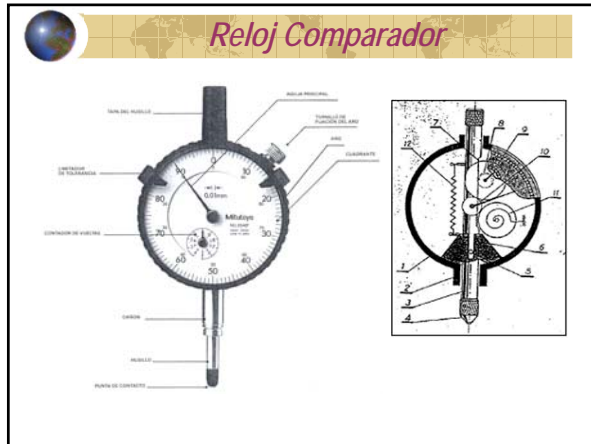
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**Tipos de Reloj Comparador**

**Comparador Digital "ABSOLUTE" ID-C**

- Funciones: cero/ABS, conecta/ desconecta, preselección de cota, tolerancia, mm/pulg., señalización de errores de conteo
- Salida de datos para Control Estadístico de Proceso
- Visor con rotación en 330°

Indicación gráfica de tolerancia

**ABSOLUTE**  
Best System Technology

The image shows a digital comparator with a large LCD screen displaying '0.000'. Below the main image are three smaller images showing graphical representations of tolerance zones: a circle, a square, and a rectangle.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de Reloj Comparador

Relojes Comparadores Digitales "ABSOLUTE" ID-N/ID-B



**ABSOLUTE** IP66

- Funciones: cero, análisis pasa/no pasa, alteración de dirección de conteo y aprender/apagar
- Su cuerpo con apenas 35 mm de ancho puede ser usado en lugares de difícil acceso
- Su resistencia a los aceites lo hace perfecto para trabajar cerca de las áreas de mecanizado y dispositivos para medición rápida
- El cuadrante puede ser girado a 180°
- El modelo ID-B posee el cuadrante perpendicular al husillo para facilitar la lectura
- Salida de datos para control estadístico de proceso

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de Reloj Comparador



Medidores de espesor a aguja y digital

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tipos de Reloj Comparador



Medidor de profundidad a cuadrante

---

---

---

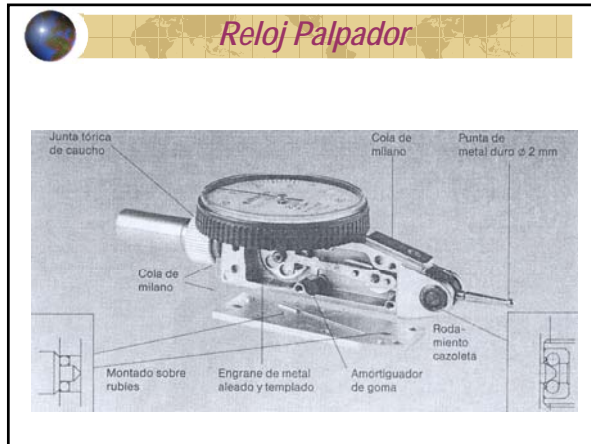
---

---

---

---

---



---

---

---

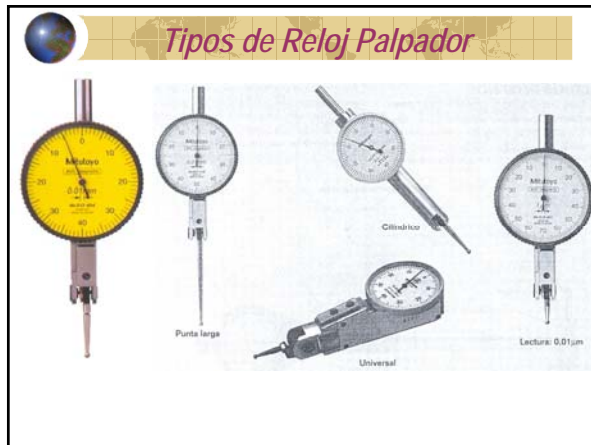
---

---

---

---

---



---

---

---

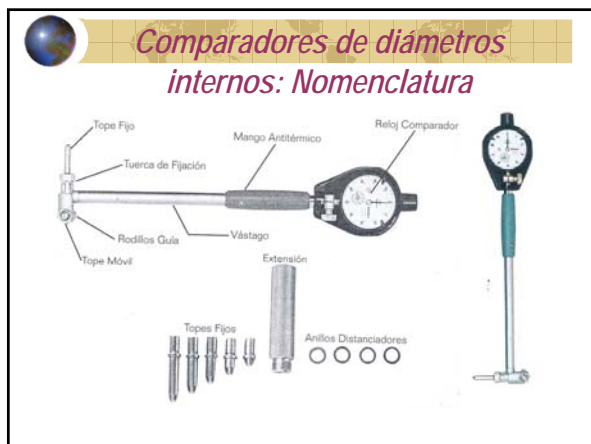
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**Sistemas de medición tridimensional**

**Centro de Medición Universal**



QM-Measure es un sistema flexible de alta performance bajo costo y principalmente de fácil operación. Fue desarrollado utilizando el Método de Elementos Finitos (FEM) para minimizar la deformación durante el proceso de medición e incremento en la exactitud. El diseño exclusivo permite carga y descarga de piezas con extrema facilidad.

- Uso de escala de vidrio de alta exactitud
- Visor LCD monocromático, alfanumérico para medición y cálculo (QM-Data)
- Pantallas con diseño interactivo para orientación de medición (representando planos, alturas, diámetros, ejes, etc.)
- Análisis general de tolerancias
- Sistema de compensación térmica (opcional)

Modelo	Rango de medición (mm) X:Y:Z	Exactitud Volumétrica*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Sistemas de medición tridimensional**

**CARB-Strato** Exactitud y flexibilidad para medición automatiz



- Tridimensional de gran porte capaz de realizar inspecciones con gran exactitud, utilizando los más diversos tipos de sensores - láser óptico, scanning, toque - en un único sistema reduce el tiempo total de inspección y los costos operacionales. Desarrollo con tecnología de última generación
- Robustez y flexibilidad para trabajar con grandes piezas; también ofrece diversos recursos que facilitan la operación e interpretación de los resultados

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Consideraciones finales**

1. Uso del instrumento más adecuado
2. Condiciones de medición
3. Limpieza de la medición
4. Uso adecuado
5. Mantenimiento y almacenamiento
6. Certificación

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---