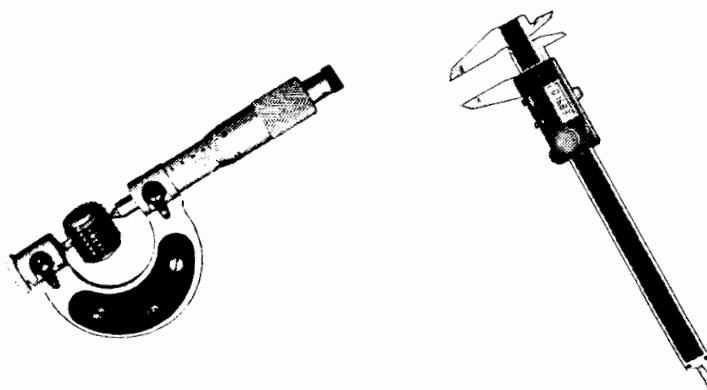




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA



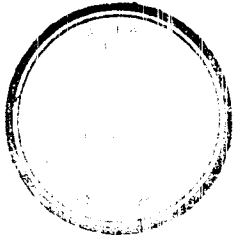
MEDICIONES MECÁNICAS

PRÁCTICAS



UDIATEM

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA EN MATERIALES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

APUNTE
154- A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



612848

G.- 612848

APUNTE
NO 154-A
1995

Contenido

INTRODUCCION



012848

PRACTICA 1

Calibrador Vernier 1.1

PRACTICA 2

Micrómetro 2.1

PRACTICA 3

Medidor de altura 3.1

PRACTICA 4

Bloques patrón 4.1

PRACTICA 5

Rugosidad 5.1

PRACTICA 6

Comparador óptico 6.1

PRACTICA 7

Máquina de medición por coordenadas 7.1

PRACTICA 8

Control estadístico de procesos 8.1

PRACTICA 9

Micrómetro láser 9.1

PRACTICA 10

Tolerancias geométricas 10.1

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las diversas herramientas empleadas en las mediciones de tipo mecánico es de primordial importancia para cualquier ingeniero y en particular para aquellos de las áreas de Ingeniería Mecánica y de Ingeniería Industrial ya que el desconocimiento de estas herramientas y de su correcto uso dará como consecuencia problemas en las diversas actividades que el Ingeniero tenga que desarrollar en la producción y en el mantenimiento de los equipos.

Conscientes de la necesidad que los futuros profesionales de la Ingeniería Mecánica y de la Ingeniería Industrial tienen respecto al buen uso y aplicación de los diversos elementos empleados para la ejecución de mediciones de tipo mecánico es por esto que la Facultad de Ingeniería creó un Laboratorio de Mediciones Mecánicas para servicio de los alumnos, profesores y proyectos de investigación. Ahora con la finalidad de mejorar y eficientar el aprendizaje de los alumnos, la *Unidad de Investigación y Asistencia Técnica en Materiales* ha implementado este cuaderno de prácticas del *Laboratorio de Mediciones Mecánicas*, el cual cubre desde los aspectos de Tolerancias hasta el uso y aplicación de equipos de medición sin contacto, como sistemas láser, sin dejar por esto de revisar tópicos tan importantes como son el empleo de calibradores y micrómetros, medición de rugosidad y el uso de las máquinas de medición por coordenadas.

Por último sirva este medio para agradecer el apoyo de *Fundación UNAM* que permitió que los pasantes Ma Fernanda Rojas Loa Pacheco, Adriana González Méndez, Claudia Suárez Barrientos y Eduardo Herrera López, becados dentro del “*Programa Fundación UNAM de Iniciación Temprana a la Investigación y a la Docencia*”, pudieran desarrollar este trabajo en conjunto con la Ing. Sara Cerrud Sánchez y el P. en Biól. Germán Álvarez Lozano.

M. en I. Armando Ortiz Prado.

*El Coordinador de la Unidad de Investigación y Asistencia Técnica en
Materiales*

PRACTICA 1

CALIBRADOR VERNIER

OBJETIVO:

Conocer el calibrador vernier, con la finalidad de que el alumno sea capaz de identificar sus partes, así como adquirir los conocimientos necesarios para ajustar a cero, realizar lecturas correctas y aplicarlo adecuadamente.

INTRODUCCION:

Se dice que la escala vernier fue inventada por Petrus Nonius, un matemático portugués. El diseño actual de la escala deslizante debe su nombre al francés Pierre Vernier quien lo desarrolló.

El calibrador vernier fue desarrollado para satisfacer la necesidad de un instrumento de lectura directa (medición directa) que pudiera tomar una medida fácilmente en una operación. El calibrador típico puede tomar tres tipos de medición: exteriores, interiores y profundidades, pero algunos adicionalmente pueden realizar medición de peldaño. (figura 1)

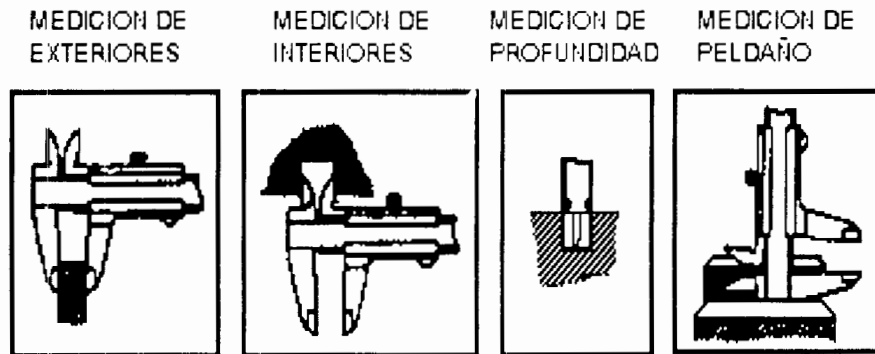


Figura 1. Posibles tipos de medición realizadas con calibrador vernier

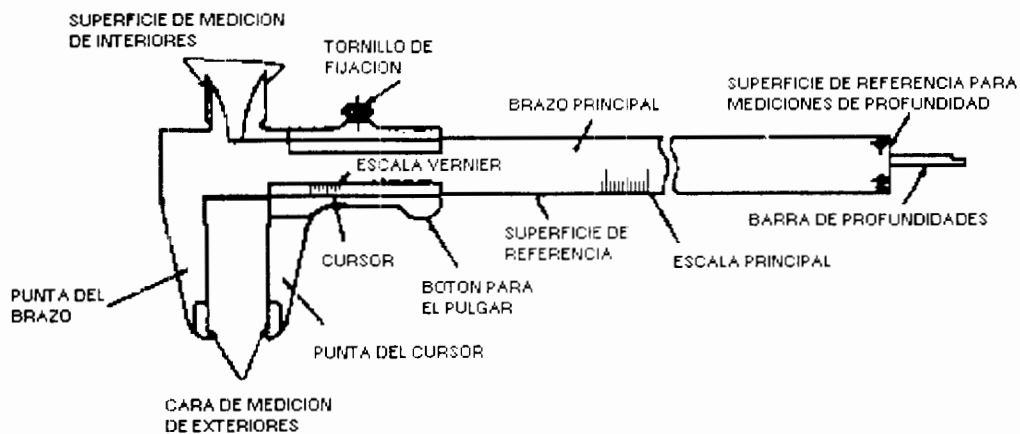


Figura 2. Nomenclatura para las partes de un calibrador vernier tipo M.

TIPOS DE ESCALA VERNIER

El vernier es una escala auxiliar que se desliza a lo largo de una escala principal para permitir lecturas fraccionales exactas de la mínima división de la escala principal.

Para lograr lo anterior una escala vernier es graduada en un número de divisiones iguales en la misma longitud que $n-1$ divisiones de la escala principal; ambas escalas están marcadas en la misma dirección. Una fracción de $1/n$ de la mínima división de la escala principal puede ser leída (figura 3).

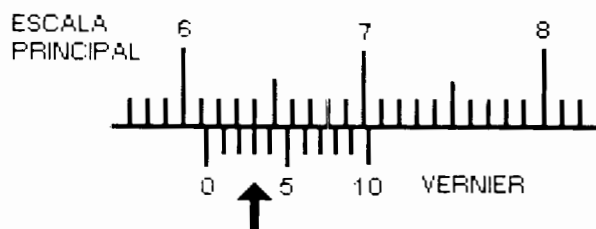


Figura 3 Escala principal y escala vernier.

Los calibradores vernier métricos tienen 20 divisiones que ocupan 19 divisiones de la escala principal graduada en incrementos de 1 mm o 25 divisiones que ocupan 24 divisiones sobre la escala principal graduada en incrementos de 0.5 mm, legibilidad de 0.05 y 0.02 mm respectivamente.

NUMERO DE ESCALAS PRINCIPALES EN CALIBRADORES VERNIER.

La escala principal es graduada sobre uno o dos lados, como se menciona en la tabla 1. El calibrador vernier tipo M normalmente tiene graduaciones únicamente en el lado inferior. El tipo CM tiene graduaciones en el lado superior e inferior para mediciones de exteriores e interiores. El tipo M diseñado para mediciones en sistema métrico e inglés tiene graduaciones en el lado superior e inferior, una escala métrica y la otra en pulgadas.

TIPO	NUMERO DE ESCALAS	UNIDAD O TIPO DE MEDICION
M	1	PULGADAS O MILIMETROS
M	2	PULGADAS Y MILIMETROS
CM	2	MEDICION DE EXTERIORES E INTERIORES

Tabla 1. Número de escalas principales en los calibradores vernier.

GRADUACIONES EN LA ESCALA PRINCIPAL Y VERNIER

La tabla 2 muestra diferentes tipos de graduaciones sobre las escalas principal y vernier. Hay cinco tipos para la escala principal y ocho tipos para la escala vernier, incluyendo los sistemas métrico e inglés.

MINIMA DIVISION ESCALA PRINCIPAL	GRADUACIONES ESCALA VERNIER	LECTURA DEL VERNIER
0.5 mm	25 divisiones en 12 mm	0.02 mm
	25 divisiones en 24.5 mm	0.02 mm
1 mm	50 divisiones en 49 mm	0.02 mm
	20 divisiones en 19 mm	0.05 mm
	20 divisiones en 39 mm	0.05 mm
1/16 pulg	8 divisiones en 7/16 pulg	1/128 pulg
1/40 pulg	25 divisiones en 1.225 pulg	1/1000 pulg
1/20 pulg	50 divisiones en 2.45 pulg	1/1000 pulg

Tabla 2 Graduaciones sobre las escalas principal y vernier.

COMO TOMAR LECTURAS.

Antes de realizar cualquier lectura con un calibrador vernier, es necesario determinar su legibilidad.

- Calibrador vernier en milímetros y pulgadas decimales.

La manera de realizar la lectura en el calibrador vernier es tomando el valor entero en milímetros y/o pulgadas decimales en la escala principal de la subdivisión que esté más próxima a la izquierda del cero de la escala vernier; y como valor decimal, según su legibilidad, tomar la división coincidente de la escala vernier con la escala principal.

En la figura 4 se muestra un ejemplo de como realizar la lectura:

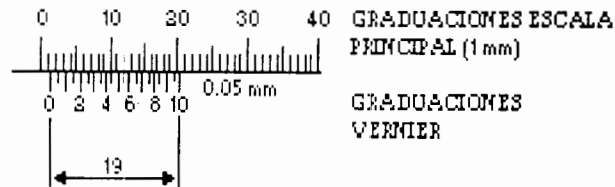


Figura 4. Ejemplo de lectura en milímetros.

$$C = S/n = 1/20 \text{ mm} = 0.05 \text{ mm}$$

donde: C = legibilidad

S = mínima graduación en la escala principal *1 mm*

n = número de divisiones en la escala vernier *20*

Como es mostrado en la figura 4, la novena graduación (próxima a la graduación numerada 4) después del índice cero sobre la escala vernier está alineada con una graduación sobre la escala principal y el índice cero del vernier es:

$$0.05 \text{ mm} * 9 = 0.45 \text{ mm}$$

la lectura total es:

$$1 \text{ mm} + 0.45 \text{ mm} = 1.45 \text{ mm}$$

- Calibrador vernier en pulgadas fraccionales.

En la figura 5 el índice cero del vernier está entre la segunda y tercera graduación después de la graduación de una pulgada sobre la escala principal. El vernier está graduado en ocho divisiones iguales que ocupan siete divisiones sobre la escala principal; por tanto, la diferencia entre una división de la escala principal y una división de la escala vernier está dada como:

$$C = S/n = 1/16 \text{ pulg.} * 1/8 = 1/128 \text{ pulg.}$$

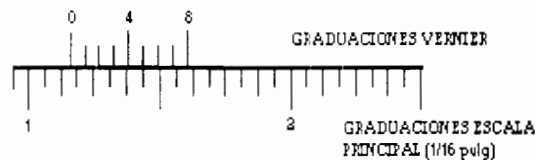


Figura 5. Ejemplo de lectura en pulgadas fraccionales.

La figura 5 muestra que la quinta graduación después del índice cero sobre la graduación vernier coincide con una graduación de la escala principal. Así la fracción es calculada como:

$$1/128 \text{ pulg.} * 5 = 5/128 \text{ pulg.}$$

La lectura total es:

$$1 \text{ pulg.} + 2/16 \text{ pulg.} + 5/128 \text{ pulg.} = 1 \frac{21}{128} \text{ pulg.}$$

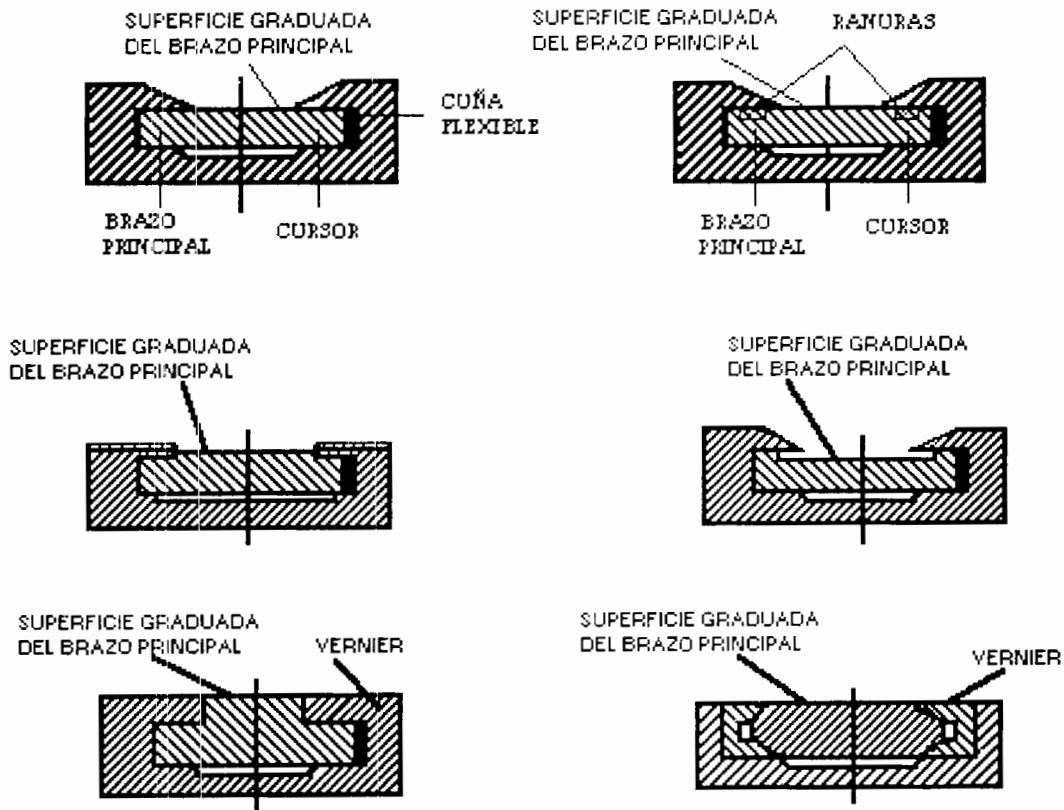
En casos de lectura en que el numerador de la fracción resulte par se simplifica como sea necesario hasta que se obtenga un valor impar en el numerador, así:

$$8/16 = 3/4 \quad \text{ó} \quad 32/64 = 1/2$$

En el caso de los calibradores con escala vernier, para realizar el ajuste a cero, es necesario limpiar las superficies de medición para exteriores, correr el cursor hasta que ambas superficies estén en contacto y verificar que el cero de la escala principal y de la escala vernier coincidan. En caso de no coincidir, el calibrador debe desecharse.

CONSTRUCCION DEL BRAZO PRINCIPAL Y CURSOR.

Las mediciones sobre el calibrador vernier son leídas, encontrando la graduación vernier que está alineada con una graduación de la escala principal. Sin embargo la posición alineada puede variar dependiendo del ángulo de visión (error de paralaje). Si un calibrador es utilizado en un medio ambiente adverso en el que la cara graduada está expuesta a rebabas y polvo, las graduaciones pueden tornarse difíciles de leer debido a rayaduras o manchas. El movimiento del cursor puede también perder su uniformidad. Con el objeto de superar estos problemas se han diseñado diferentes tipos de construcción de brazo principal y cursor, como se muestra en las figuras 6 a 11.



Figuras 6 - 11. Construcción del brazo principal y cursor.

CLASIFICACION DE LOS CALIBRADORES POR TAMAÑO Y TIPO.

Calibradores vernier tipo M.

En la figura 2 se muestra un calibrador vernier tipo M (llamado calibrador de barra con barra de profundidades). El calibrador tipo M tiene un cursor abierto y puntas para medición de interiores. Una barra de profundidades es provista para calibradores que tengan un rango de 300 mm o menos. Algunos calibradores vernier tipo M (figura 12) están diseñados para permitir medición fácil de peldaño, al tener el borde del cursor al ras con la cabeza del brazo principal cuando las puntas de medición están completamente cerradas.

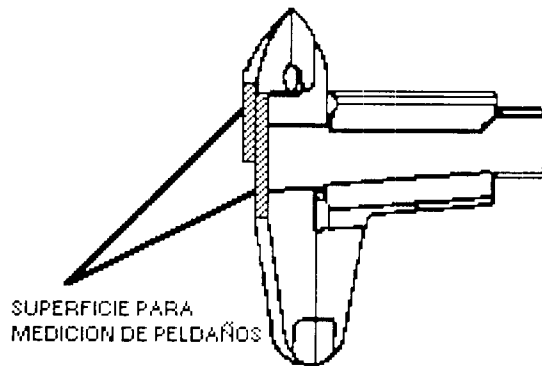


Figura 12. Calibrador vernier tipo M para medición de peldaños.

Calibrador vernier tipo CM.

La figura 13 muestra un calibrador vernier tipo CM. Como es mostrado, tiene un cursor abierto y está diseñado en forma tal que las puntas de medición de exteriores puedan ser utilizadas para medición de interiores. Este tipo normalmente cuenta con un dispositivo de ajuste para movimiento fino del cursor. En este caso, las puntas de medición no están achaflanadas teniendo, por lo tanto, superior resistencia al desgaste y daño.

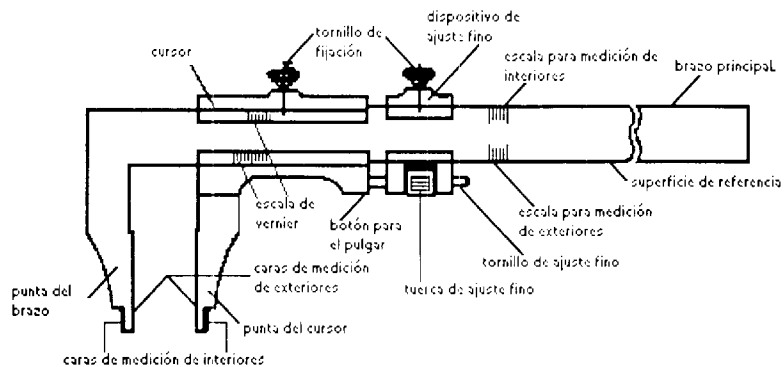


Figura 13. Calibrador vernier tipo CM.

Calibradores de carátula.

Estos calibradores, en vez de estar provistos de una escala vernier, poseen un indicador de carátula, en el cual un desplazamiento pequeño del cursor es amplificado mediante un sistema piñón-cremallera y convertido a un movimiento angular de una aguja indicadora sobre la carátula del indicador.

Debido al mecanismo del indicador basado en cremallera y piñón, el calibrador de carátula ofrece facilidad al tomar las lecturas y asegura mediciones exactas. Pero al mismo tiempo, esta característica requiere poner una atención peculiar en su manejo, que no se requiere en el uso de calibrador de vernier.

Para la lectura de la medida, se leen las unidades (mm o pulg) sobre la escala principal, y los decimales o fracciones, se leen directamente en la carátula, dependiendo del desplazamiento que se tenga por revolución.

En este caso, la carátula se encuentra dividida en graduaciones, teniendo cada división un valor determinado. Por ejemplo, en un calibrador de carátula, se pueden tener las siguientes características

Desplazamiento por revolución: 5 mm/rev

Graduaciones en la carátula: 100 divisiones alrededor de la circunferencia

Valor de cada división: 0.05 mm

Otros tipos de calibradores vernier.

Los calibradores vernier descritos anteriormente son los tipo estándar y los más ampliamente utilizados. Hay sin embargo demanda de calibradores para propósitos especiales, tales como:

- Calibradores vernier tipo M con ajuste fino.
- Calibradores con caras de medición de carburo.
- Calibradores vernier con puntas de tamaño desiguales, para medir piezas escalonadas.
- Calibradores con punta de medición abatible, de manera que gira alrededor de un eje paralelo con la línea de medición.
- Calibradores con puntas largas.
- Calibrador electrodigital.

FUERZA DE MEDICION.

Los calibradores vernier no están provistos con un mecanismo que asegure una fuerza de medición constante. Por tanto, la fuerza de medición variará cada vez que una medición es hecha (especialmente con diferentes usuarios).

El grado de suavidad del movimiento del cursor a lo largo del brazo principal afecta grandemente la fuerza de medición de un calibrador. Al efectuar la medición, la pieza es mantenida entre las puntas de medición con una cierta fuerza. Los dedos del usuario mantienen el cursor con una fuerza, Q , la cual es la suma de las fuerzas P y R , las cuales son las fuerzas ejercidas sobre la pieza por las puntas de medición y la fuerza de fricción que existe entre el cursor y el brazo principal, respectivamente.

Hay un espacio entre las superficies deslizantes del brazo principal y las del cursor en el que la cuña flexible (típicamente hecha de bronce fosforado) es instalada. Si una fuerza excesiva es aplicada a la pieza por las puntas de medición, el resorte se flexionará causando que la punta de medición del cursor gire y resulte en un error de medición. Para minimizar errores las siguientes precauciones deben ser tomadas:

1. El cursor debe moverse suavemente
2. No debe aplicarse una fuerza excesiva de medición
3. La pieza debe medirse utilizando la porción de las puntas de medición más cercana a la escala principal.

CUIDADOS Y MANTENIMIENTO

Aunque los calibradores son frecuentemente utilizados bajo condiciones ambientales hostiles, su mantenimiento tiende a ser descuidado debido a lo simple de su construcción y bajos

requerimientos de exactitud. Por lo anterior, es necesario tener reglas estandarizadas para su manejo, almacenaje, inspección periódica y mantenimiento.

PRECAUCIONES AL EFECTUAR MEDICIONES CON UN CALIBRADOR

Observe las siguientes precauciones cuando se mida con un calibrador:

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

MATERIAL A UTILIZAR.

- Calibrador vernier con escala métrica
- Calibrador vernier con escala en pulgada decimal
- Calibrador vernier con escala en pulgada fraccionaria
- Paños para limpieza que no suelten peluza
- Piezas diversas para ser medidas.

DESARROLLO

- I. No aplique excesiva fuerza al calibrador.
 - No deje caer o golpee el calibrador.
 - No use el calibrador como martillo.

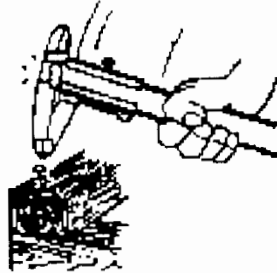


Figura 14. Uso inadecuado del calibrador.

- II. Sea cuidadoso y no dañe las puntas de medición para interiores.
 - No use las puntas como un compás o rayador.

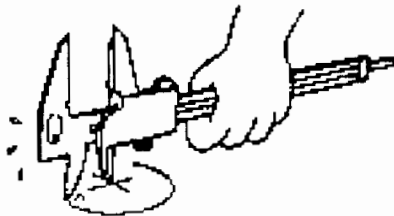


Figura 15. Uso inadecuado de las puntas del calibrador.

III. Elimine cualquier clase de polvo del calibrador antes de usar.

- Limpie totalmente las superficies deslizantes y las caras de contacto. Use solo papel o tela que no desprenda pelusa.

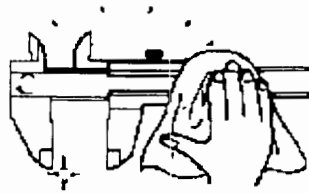


Figura 16. Limpieza con tela que no desprenda pelusa.

IV. Revise que el cursor se mueva suavemente.

- No debe sentirse flojo o con juego.
- Corrija cualquier problema encontrado ajustando los tornillos de presión y de fijación.

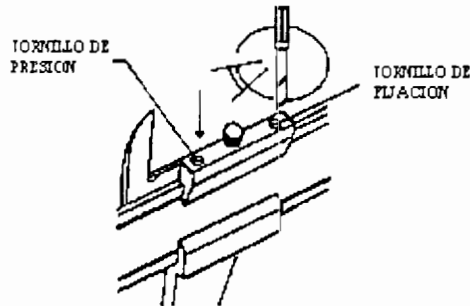


Figura 17. Tornillos de presión y de fijación del cursor.

V. Medición de exteriores.

- Mantenga y mida la pieza de trabajo en una posición tan cercana a la superficie de referencia como sea posible.
- Esté seguro de que las caras de medición exterior hacen contacto adecuado con la pieza a medir.

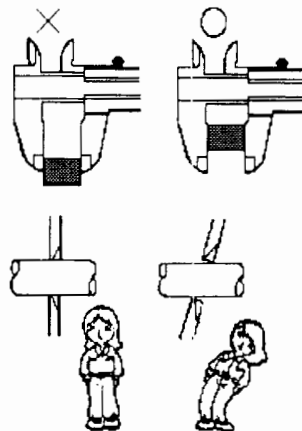


Figura 18. Colocación correcta de la pieza para medición de exteriores.

VI. Medición de interiores.

- Cuando mida un diámetro interior, lea la escala cuando el valor indicado esté en su máximo.
- Cuando mida el ancho de una ranura, lea la escala cuando el valor indicado esté en su mínimo.

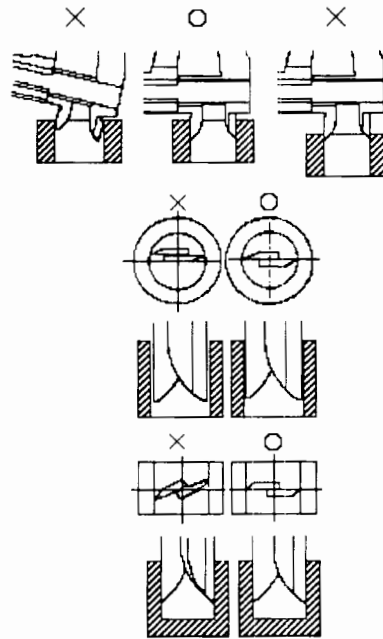


Figura 19. Colocación correcta de la pieza para medición de diámetros interiores y ranuras.

VII. Medición de profundidad:

- Tome la medición cuando la cara inferior del cuerpo principal esté en contacto uniforme con la pieza de trabajo.

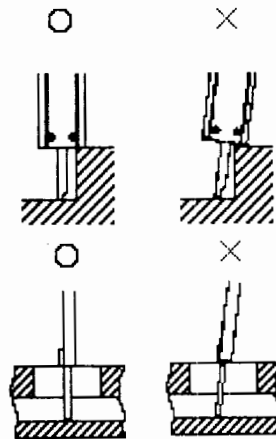


Figura 20. Colocación correcta del calibrador para medición de profundidades.

VIII. Medición de peldaño:

- Tome la medición cuando la superficie para medición de peldaño esté en contacto adecuado con la pieza a medir.

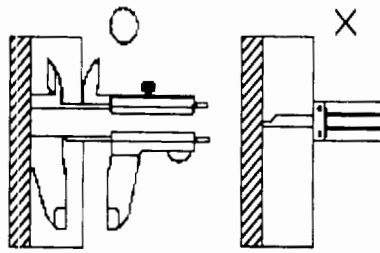


Figura 21. Medición adecuada de peldaños.

IX. Evite error de paralaje leyendo la escala directamente desde el frente.

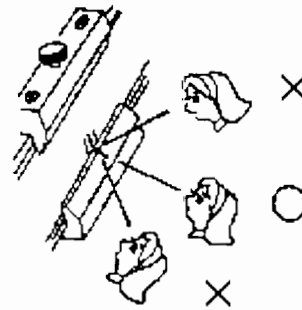


Figura 22. Posición correcta para la lectura de la escala.

X. Después de usar, limpie las manchas y huellas digitales del calibrador con un trapo suave y seco.

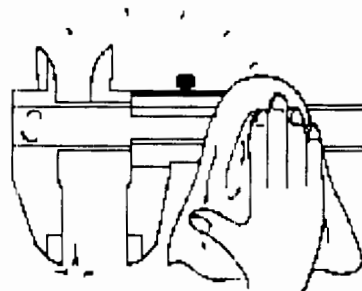


Figura 23. Limpieza del calibrador posterior al uso.

XI. Cuando el calibrador es almacenado por largos períodos o cuando necesita aceite, use un trapo empapado con aceite para prevenir la oxidación y frote ligeramente cada sección del calibrador. Esté seguro que el aceite se distribuye homogéneamente sobre las superficies.

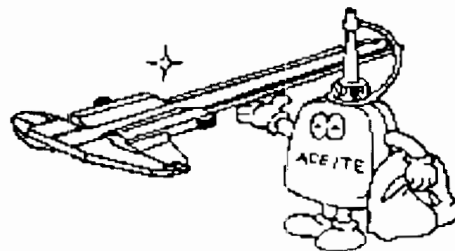


Figura 24. Frotar aceite sobre el calibrador con un trapo.

Almacenamiento.

Observe las siguientes precauciones cuando almacene calibradores:

- (1) Seleccione un lugar en el que los calibradores no estén expuestos al polvo, alta humedad o fluctuaciones extremas de temperatura.
- (2) Cuando almacene calibradores de gran tamaño, que no sean frecuentemente utilizados, aplique líquido preventivo de la oxidación al cursor y caras de medición dejando éstas algo separadas.
- (3) Al menos una vez al mes, verifique las condiciones de almacenaje y el movimiento del cursor de calibradores que son usados muy esporádicamente y por tanto mantenidos en almacenamiento.
- (4) Prevenir la entrada de vapores de productos químicos tales como ácido clorhídrico o ácido sulfúrico al lugar en que estén almacenados los calibradores.
- (5) Coloque los calibradores de modo que el brazo principal no se flexione y el vernier no sea dañado.
- (6) Mantenga un registro de calibradores, con documentación adecuada.
- (7) Los calibradores deben almacenarse en cajas de herramienta.

ERRORES DE MEDICION CON CALIBRADORES.

Los siguientes factores afectan la exactitud de medición con calibradores:

(1) Error inherente a la construcción del calibrador.

- (a) Error de ABBE.

(Ernst Abbe formalizó lo que es conocido como "principio de ABBE", el cual establece que: "Máxima exactitud puede ser obtenida únicamente cuando el eje de medición del instrumento está alineado con el eje del objeto que está siendo medido". La construcción de los calibradores no conforma con el principio de ABBE)

- (b) Error causado por flexión del brazo principal.
- (c) Desgaste de las puntas de medición.
- (d) Errores en la medición de diámetros interiores.

(2) Error de Paralaje.

Dado que las graduaciones de la escala principal y la escala vernier de un calibrador no están normalmente en el mismo plano, el paralaje puede causar errores al encontrar las graduaciones que están alineadas una con otra.

(3) Condiciones ambientales y fuerza de medición.

En este caso, la expansión térmica puede provocar errores en la medición.

BIBLIOGRAFIA.

MAQUINAS HERRAMIENTAS

Membretti Gerolamo

De. Gustavo Gili

HANDBOOK OF INDUSTRIAL METROLOGY

John W. Greve

Prentice-Hall

OPERACION DE MAQUINAS HERRAMIENTAS

Krar, Oswald, Amand

Mc Graw-Hill

PRACTICA 2

MICROMETRO

OBJETIVO

Introducir al alumno en el uso y operación del micrómetro proporcionándole los conocimientos teórico prácticos para dicho fin.

INTRODUCCION :

El micrómetro es el instrumento de medición de mayor uso cuando se necesita exactitud. Los micrómetros en pulgadas, vernier y métricos están disponibles en una gran variedad de tamaños y formas para diversas piezas de trabajo. Por lo que es uno de los instrumentos más frecuentemente utilizado en la industria metalmeccánica.

El concepto de medir un objeto utilizando una rosca de tornillo se remonta a la era de James Watt cuyo micrómetro inventado en 1772 daba lecturas de 1/100 de pulgada. Durante el siglo pasado el micrómetro fue capaz de dar lecturas de 0.001 pulgadas y su diseño básico fue completado.

Partes de un micrómetro:

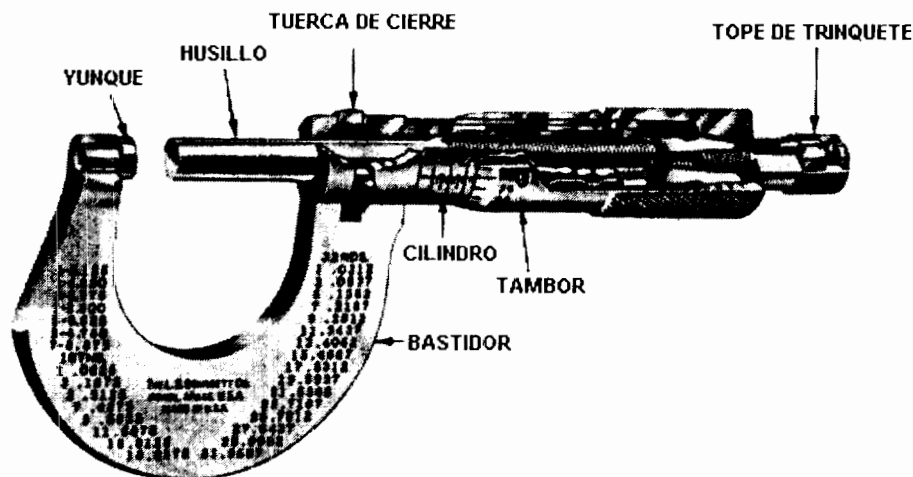


Figura 1. Partes principales del micrómetro

Yunque

Los diámetros del yunque son típicamente de 6.5 mm en micrómetros de hasta 300 mm de tamaño y de 8mm en los de mayor tamaño. El Carburo es el material más comúnmente utilizado para los topes de medición. La superficie de los topes de medición tienen un acabado con una tolerancia muy pequeña debido a que la forma de las superficies de medición afecta significativamente la exactitud de la medición.

Bastidor

Los arcos generalmente están constituidos de metal sólido pero los micrómetros grandes pueden tener arcos tubulares. Algunos micrómetros estándar de exteriores tienen una cubierta de aislante térmico para protegerlos del calor generado por las manos del operador. Desde un punto de vista funcional, los arcos de los micrómetros deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- estabilidad a largo plazo
- alta rigidez
- livianos

Freno

El freno inmoviliza el husillo contra el cilindro interior. Es utilizado para el ajuste del punto cero o cuando la lectura puede ser tomada con la pieza mantenida entre los topes de medición. En este último caso se acciona el freno y con cuidado se retira la pieza, y luego se realiza la lectura.

Ajuste de las partes roscadas

El ajuste de las partes roscadas en un micrómetro es uno de los factores más importantes para determinar la exactitud de la medición, los requerimientos básicos para el ajuste adecuado son:

- exactitud y uniformidad en el paso de la rosca
- concentricidad entre las partes roscadas y las no roscadas
- juego apropiado en roscas en las direcciones radial y axial para asegurar movimiento suave
- resistencia al desgaste

Sujeción de tambor

Existen también diversos métodos de sujeción del tambor. El más común es fijarlo al husillo utilizando un asiento cónico y mediante el tornillo de fijación del trinquete.

Sujeción de cilindro

El cilindro es ajustado sobre el cilindro interior y puede girarse para el ajuste del punto cero mediante una llave de nariz.

Dispositivo de fuerza constante (tope de trinquete)

Con el objeto de minimizar la variación de las lecturas, la medición debe ser realizada bajo la misma fuerza. Para facilitar esto, se diseñó el dispositivo de fuerza constante denominado trinquete.

PRINCIPIO OPERATIVO DEL MICRÓMETRO

El micrómetro es un dispositivo que mide el desplazamiento del husillo cuando es movido mediante el giro de un tornillo, convirtiendo el movimiento giratorio del tambor en el movimiento lineal del husillo. El desplazamiento del husillo es amplificado mediante la rotación del tornillo y el diámetro del tambor. Las graduaciones alrededor de la circunferencia del tambor permiten leer un cambio pequeño en la posición del husillo.

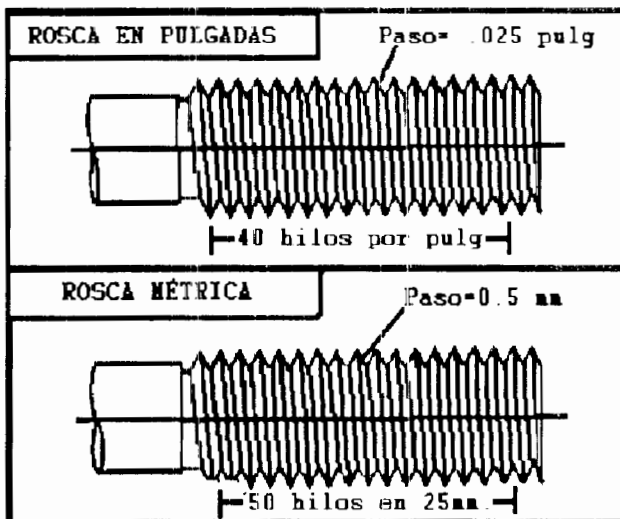


Figura 2. En la figura se muestra el principio de funcionamiento de los micrómetros

Principio del funcionamiento del micrómetro estándar en pulgadas

En el husillo del micrómetro en pulgadas, hay 40 roscas por pulgada. Por lo tanto, una revolución completa del husillo aumentará o disminuirá en $1/40$ (.025) pulg la distancia entre las caras de medición. La distancia de 1 pulg marcada en el cilindro del micrómetro está dividida en 40 divisiones iguales y cada una equivale a $1/40$ (.025) pul. Por tanto, si aparecen tres líneas en el cilindro, el micrómetro habrá abierto $3 \cdot .025$ o sea 0.075 pulg.

Cada cuarta línea en el cilindro es más larga que las otras, cada línea indica una distancia entre las caras de medición de 1.00 décimas de pulgada (.100 pulg.). El tambor tiene 25 divisiones equiespaciadas en su circunferencia y cada división representa 0.001 pulg.

Principio del funcionamiento del micrómetro métrico

El paso del tornillo en el micrómetro métrico es de 0.5 mm. Por lo tanto, una revolución completa del husillo aumentará o disminuirá la distancia entre las caras de medición en 0.50 mm. Las graduaciones en el cilindro encima de la línea índice son en milímetros completos (del cero al 25). Las graduaciones debajo de la línea de índice representan 0.50 mm, que es el paso de la rosca del micrómetro. Dado que una vuelta completa del husillo del micrómetro moverá 0.50 mm las caras de medición, se requieren dos vueltas completas para mover 1 mm el husillo.

La circunferencia del tambor está graduada en 50 divisiones iguales y cada quinta línea está numerada. Una revolución equivale a 1/50 o sea 0.01mm.

Tipos de micrómetros

1.- Micrómetros para tubos:

Este tipo está diseñado para medir espesor de pared de partes tubulares tales como cilindros y collares. Los siguientes tipos se encuentran disponibles.

- a) Tope fijo esférico (figura 3)
- b) Tope fijo y de husillo esférico (figura 4)
- c) Tope fijo tipo cilíndrico

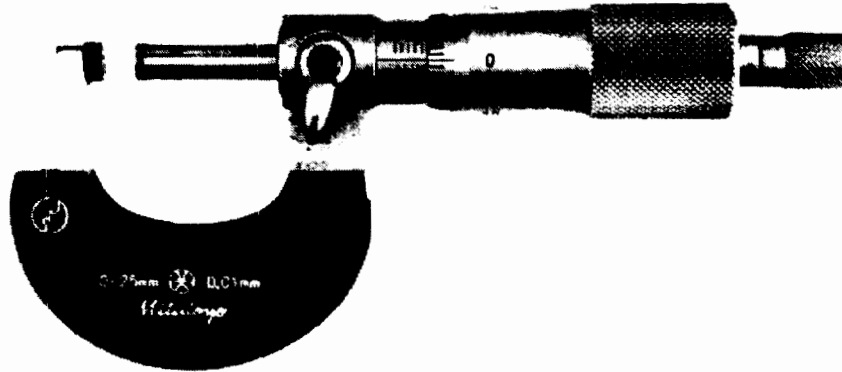


Figura 3. Micrómetro para tubos

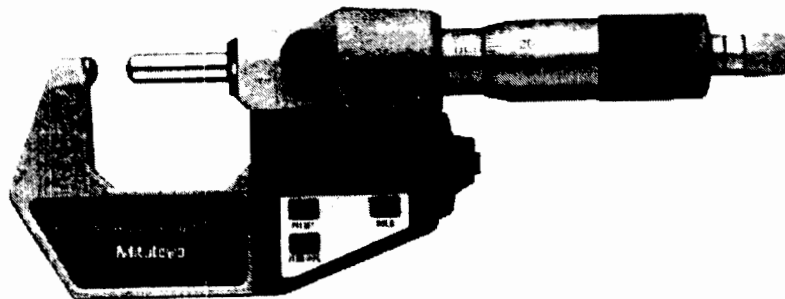


Figura 4. Micrómetro de tope fijo y husillo esférico

2.- Micrómetro para ranuras:

En este tipo ambos tienen un pequeño diámetro con el objeto de medir pernos ranurados, cuñeros, ranuras, etc

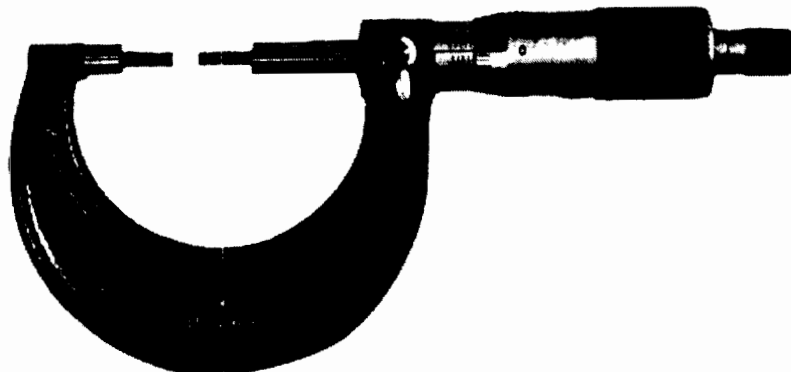


Figura 5. Micrómetro para ranuras

3.- Micrómetro de puntas:

Estos micrómetros tienen ambos toques en forma de punta. Son utilizados para medir el espesor del alma de brocas, diámetro de raíz de roscas externas, ranuras pequeñas y otras porciones difíciles de alcanzar.

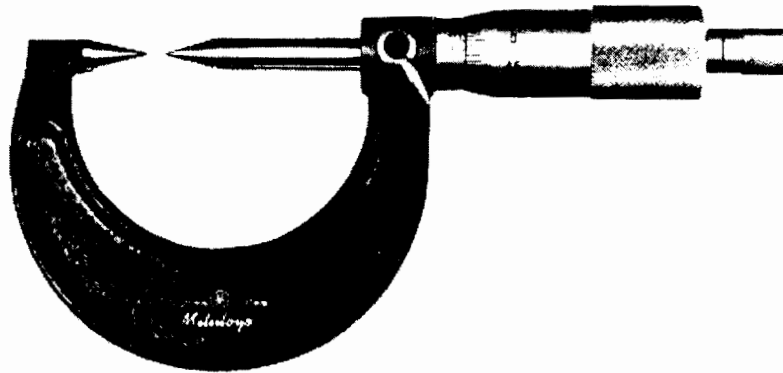


Figura 6. Micrómetro de puntas

4.- Micrómetros para ceja de latas:

Están especialmente diseñados para medir los anchos y alturas de cejas de latas.

5.- Micrómetros indicativos:

Este tipo de micrómetros tienen integrada una carátula (fig 7) el tope del arco puede moverse una pequeña distancia en la dirección axial y su desplazamiento es mostrado en el indicador. Este mecanismo permite aplicar una fuerza de medición uniforme a las piezas.

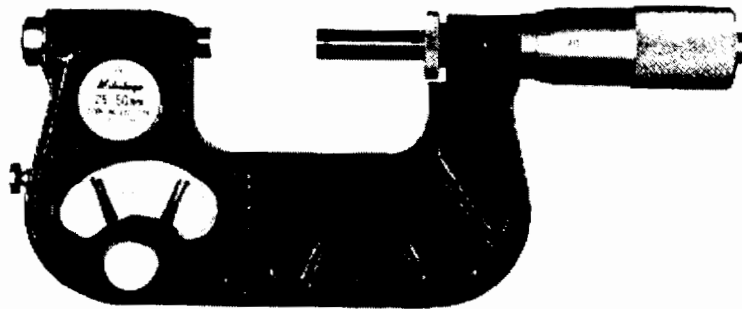


Figura 7. Micrómetro indicativo.

6.- Micrómetro con doble tambor :

Una de las características del tipo no giratorio con doble tambor es que la superficie graduada del tambor esta al ras con la superficie del cilindro en el que la línea índice y la escala vernier están grabadas. Lo cual permite lecturas libres de error de paralaje.

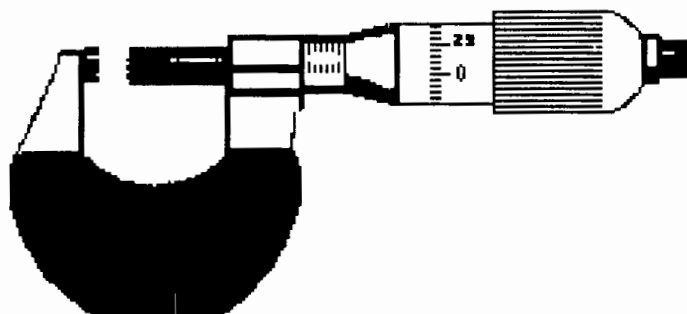


Figura 8. Micrómetro con doble tambor

7.-Micrómetro tipo discos para espesor da papel.

Este tipo es similar al micrómetro tipo discos para dientes de engrane pero utiliza un husillo no giratorio con el objeto de eliminar torsión sobre la superficies de la pieza haciéndolo adecuado para medición de papel y piezas delgadas. Los discos son utilizados para proporcionar superficies grandes de medición con el fin de evitar concentrar la fuerza de medición.

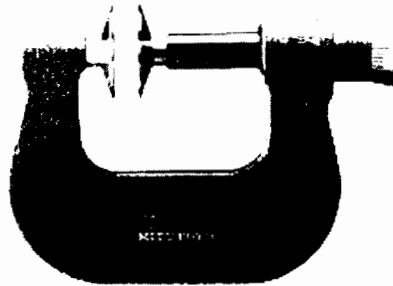


Figura 9. Micrómetro tipo discos

8.-Micrómetro para ranuras interiores

Este micrómetro es utilizado para medir anchos y posiciones de ranuras internas.

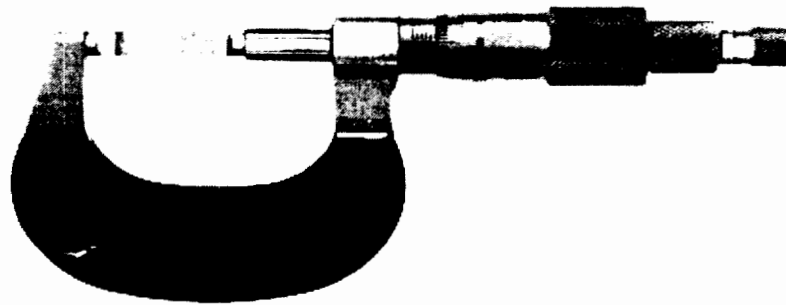


Figura 10. Micrómetro para ranuras interiores

9.- Micrómetro con topes de arco en V.

El micrómetro con topes de arco en V es utilizado para medir el diámetro de herramientas de corte (tales como machuelos, rimas, fresas, etc.) Con número impar de puntas de corte que un micrómetro normal de exteriores no podría medir. Los diámetros medidos pueden ser leídos directamente del micrómetro u obtenidos de una tabla de conversión.

Están disponibles tres tipos diferentes:

a) Tres puntas de corte.



Figura 11. Micrómetro con tres puntas de corte

b) Cinco puntas de corte

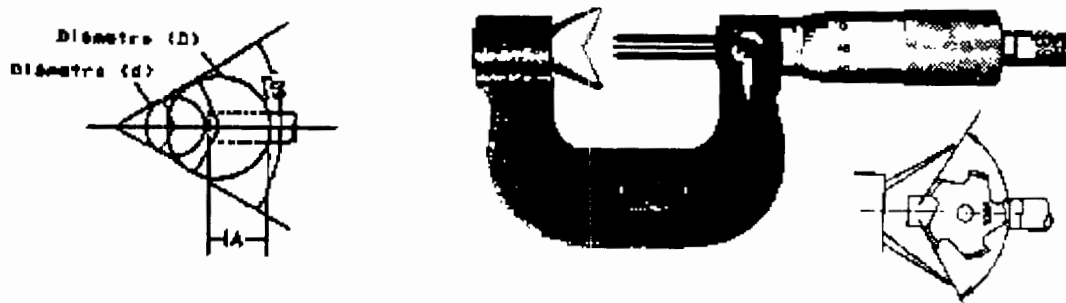


Figura 12. Micrómetro con cinco puntas de corte

c) Siete puntas de corte.

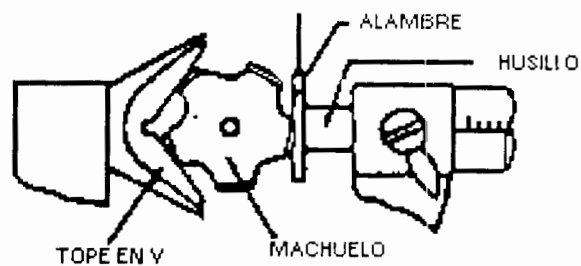


Figura 13. Micrómetro con siete puntas de corte

10.- Micrómetros para espesor de láminas:

Este tipo de micrómetros tiene un arco alargado pudiendo medir espesores de láminas en porciones alejadas del borde de la lámina.

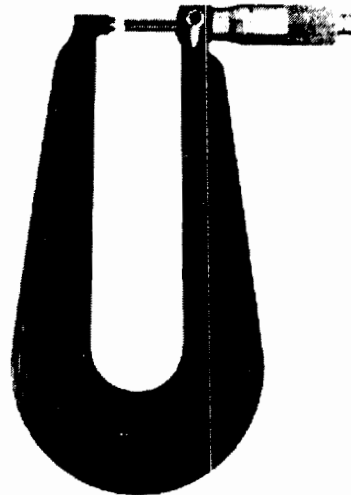


Figura 14. Micrómetro para espesor de laminas

11.- Micrómetros para dientes de engrane:

Los engranes son uno de los elementos más importantes de las máquinas por lo que la medición engranes es frecuentemente requerida para asegurar las características deseadas de una máquina. Para que los engranes ensamblados funcionen correctamente sus dientes deben engranar adecuadamente entre ellos sin cambiar la distancia entre los dos centros de rotación. Al mismo tiempo la velocidad periférica a lo largo de los círculos de paso debe ser constante. Con el

objeto de satisfacer este requerimiento, diversos elementos de los engranes deben ser inspeccionados. Los micrómetros para dientes de engrane son utilizados principalmente para la medición de longitud de la tangente de raíz, el espesor del diente y diámetro sobre esferas. Hay diferentes tipos de micrómetros para dientes de engrane que son clasificados de acuerdo a sus aplicaciones en:

- a) Tipo disco.
- b) Tipo calibrador.
- c) Tipo deslizable.
- d) Para medición sobre esferas con punta de bola.

12.-Micrómetros para dimensiones mayores a 25 mm

Para medición de dimensiones exteriores mayores a 25mm (1 pulg) se tienen dos opciones. La primera consiste en utilizar una serie de micrómetros como se muestra en la fig. 15 (de 1-2 pulg), de 2-3 pulg etcétera. La segunda consiste en utilizar un micrómetro con un rango de medición de 25 mm y arco grande con tope de medición intercambiable

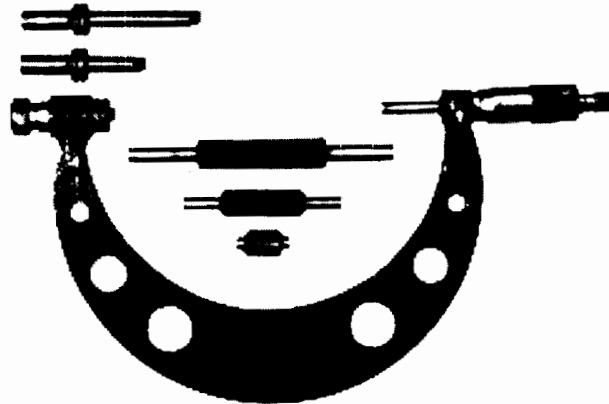


Figura 15. Micrómetro con puntas intercambiables (1-2 pulg)

En ambos casos se requieren barras de referencia para el ajuste del cero dado que los dos topes de medición no pueden entrar en contacto directo.

TIPOS ESPECIALES DE MICROMETROS.

Micrómetros de interiores

Al igual que los micrómetros de exteriores, los micrómetros de interiores están diversificados en muchos tipos para aplicación específica. Y pueden ser clasificados en los siguientes tipos.

- Tubular
- Calibrador
- Tres puntos de contacto

Micrómetros de interiores tipo tubular

Los micrómetros de interiores tipo tubular están disponibles en varios tipos:

- 1) barra simple
- 2) extensión
- 3) varilla intercambiable
- 4) punta intercambiable
- 5) medición de engranes internos

Micrómetros de interiores tipo barra simple

El tipo de barra simple es el más comúnmente utilizado de los micrómetros de interiores. Está disponible en muchos tamaños con longitudes máximas de medición desde 50 hasta 1000 mm en

incrementos de 25 mm. El recorrido del husillo es de 25 mm, la figura 16 muestra la construcción de este tipo de micrómetro.

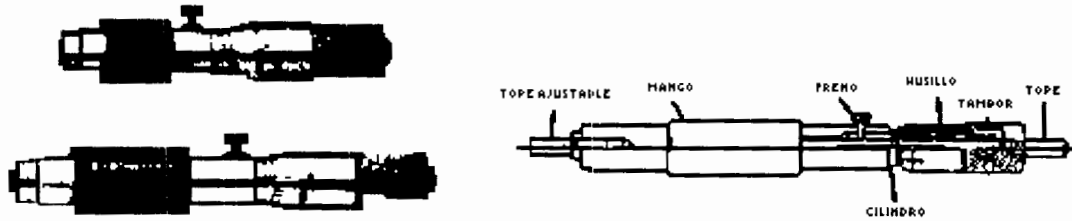


Figura 16. Micrómetro de interiores tipo barra simple

Método de medición

Se requiere de cierta experiencia para la medición de diámetros interiores con exactitud, esto es debido a la dificultad para posicionar el micrómetro adecuadamente dentro del agujero a medir. Si el micrómetro es inclinado en la dirección axial o la dirección diametral resulta un error en la medición. Adicionalmente muchos micrómetros tubulares no cuentan con dispositivo de fuerza de medición constante tal como un trinquete. Haciendo más difícil lograr mediciones exactas. La correcta posición es la clave para obtener mediciones exactas de diámetros interiores. Con el objeto de asegurar una correcta posición, mueva el extremo de la cabeza de medición de izquierda a derecha en la dirección lateral hasta que el punto más alto en el plano perpendicular al eje es encontrado. Entonces muévelo hacia adelante y hacia atrás en la dirección axial para determinar la distancia más corta.

Este procedimiento es requerido aunque el micrómetro cuente con un dispositivo de fuerza constante.

Otra técnica de medición es fijar la longitud del micrómetro a la dimensión del límite inferior de la especificación y entonces, mientras se mide, se van haciendo ajustes finos poco a poco hasta que un diámetro exacto es obtenido.

Los micrómetros tubulares para interiores toman comparativamente mucho tiempo para hacer mediciones. Entre más largo el tiempo de manejo se incrementa el efecto del calor de las manos sobre el micrómetro, lo cual puede incrementar sustancialmente su longitud resultando una lectura menor. Para minimizar los efectos térmicos, el inspector debería utilizar siempre guantes y también tratar de reducir el tiempo de medición.

Para medir en una posición profunda dentro de un agujero se recomienda utilizar un soporte. En este caso primero fije la longitud del micrómetro a la dimensión aproximada y entonces haga ajustes finos hasta que el micrómetro mida exactamente el diámetro. Medidores de agujeros con indicador de carátula son más efectivos para este tipo de medición.

Micrómetros de interiores tubulares tipo extensión

Hay dos tipos diferentes, el extensión tipo tubo y el extensión tipo barra; la máxima longitud de medición de la extensión tipo tubo va desde 100 mm hasta 5000 mm y la de extensión tipo barra va desde 50 mm hasta 1500 mm.

Micrómetro de interiores tubular tipo varilla intercambiable

Este micrómetro consiste de una cabeza micrométrica, varillas intercambiables de diferentes longitudes, y un soporte como se muestra. Una de las varillas intercambiables es montada a la cabeza micrométrica para obtener el rango deseado de medición.

Micrómetro de interiores tubular tipo punta intercambiable

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

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



Figura 17. Micrómetro de interiores tubular tipo punta intercambiable

Micrómetro tubular para medición de engranes internos

Este micrómetro es utilizado para medir los diámetros de engranes internos. Tiene la misma construcción que la del tipo barra simple para interiores pero las puntas de medición son esféricas como se muestra en la figura.

Micrómetros de interiores tipo calibrador

Estructura

La estructura del tambor y cilindro es la misma que la del micrómetro normal de exteriores. El husillo pasa a través de un tubo al cual la punta fija está montada. Este tubo tiene un cuñero dentro del cual la cuña sobre el casquillo interior es ajustada de modo que la punta fija no gire en la dirección radial, pero puede ser movida a lo largo del cilindro para ajuste. El husillo tiene dos partes, una parte roscada que gira y una parte no giratoria a la cual la punta móvil está sujeta mediante una tuerca. Cuando el tambor es girado desplaza al husillo y la punta móvil con respecto a la punta fija. La distancia entre las puntas de medición de las puntas fija y móvil es leída desde las graduaciones sobre el cilindro y el tambor. Las graduaciones están dadas en la dirección opuesta de un micrómetro normal de exteriores.

Método de medición

Se insertan los vástagos de las puntas de medición dentro del agujero y gire el tambor hasta que el trinquete gire sonando dos o tres vueltas. En este caso mueva ligeramente una punta hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la circunferencia del agujero mientras se gira el trinquete lentamente. Este ajuste es requerido para obtener el diámetro real del agujero.

Precauciones al utilizar un micrómetro de interiores tipo calibrador.

Debido a que la estructura del micrómetro de interiores tipo calibrador no satisface el principio de Abbe, grandes errores de medición resultarán cuando una fuerza de medición excesiva es aplicada. La misma fuerza de medición utilizada para fijado del punto cero debe ser aplicada cuando se realicen mediciones.

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

Micrómetros de interiores tipo tres puntos de contacto

El micrómetro de interiores del tipo tres puntos de contacto es más simple de usar debido a que alinea asimismo con el eje del agujero a través de los tres puntos (topes) de contacto igualmente espaciados. Esto permite realizar mediciones exactas fácilmente ver fig. 18



Figura 13 Micrómetro para interiores de tres puntas (intrinmik)

Micrómetro de profundidades.

Este tipo de micrómetros son usados para medir las profundidades de agujeros, ranuras y escalonamientos.

Los micrómetros de profundidades son clasificados como sigue:

- a) Tipo varilla simple.
- b) Tipo varilla intercambiable.
- c) Tipo varilla seccionada.

De los tres tipos anteriores, el de varillas intercambiables es el más ampliamente usado.

Partes principales de un micrómetro de profundidades : fig. 19.

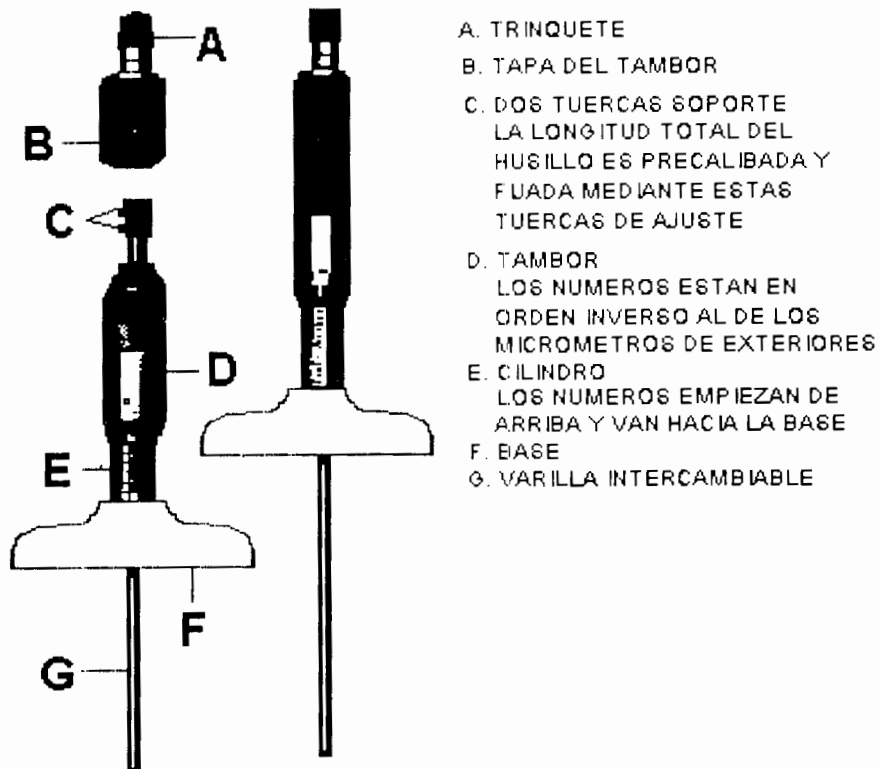


Figura 19 Micrómetro para profundidades

Precauciones de uso

- 1) La superficie de referencia de la base tiende a acumular polvo y rebabas por lo que se debe procurar mantenerla limpia para poder realizar mediciones exactas.
- 2) Aplique suficiente fuerza a la base cuando realice mediciones. Si la fuerza se excede la base puede ser levantada provocando errores de medición.
- 3) Cuando se utiliza una varilla larga, una fuerza excesiva de medición puede flexionar la varilla. También sea cuidadoso de la temperatura ambiente, dado que la expansión térmica será significativa para varillas largas.
- 4) Siempre hay que checar el punto cero cada vez que se cambie la varilla
- 5) Recordar al hacer la medición que la escala esta invertida para facilidad de lectura.

EQUIPO Y MATERIAL

Piezas para medición
Micrómetros de acuerdo a las piezas a medir
Barras patrón
Llaves para ajuste del cero

DESARROLLO

- 1) Seleccione el micrómetro que mejor se ajuste a la aplicación. Asegúrese de que el tipo, rango de medición, graduación y otras especificaciones del micrómetro son apropiadas para la aplicación.
- 2) No aplique excesiva fuerza al micrómetro.
 - no lo deje caer o de golpes
 - no gire el micrómetro violentamente.

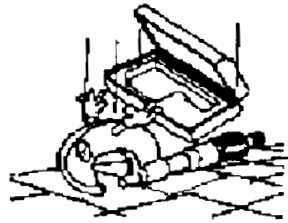


Figura 20. Ejemplo de lo que no se debe hacer con un micrómetro



Figura 21. Como evitar girar todo el bastidor

- 3) Elimine el polvo sobre el micrómetro antes de usar. Limpie todo el husillo y las caras de medición. Use solo papel o trapo libre de peluzas

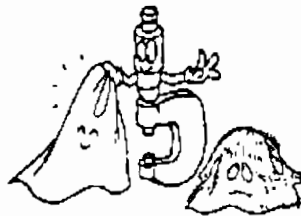


Figura 22. Se deberá limpiar con papel o trapo libre de peluzas

- 4) Deje el micrómetro y la pieza a medir en un cuarto el tiempo suficiente para estabilizar la temperatura.

-Una barra de hierro de longitud (100 mm) cambiará 0.012 mm con un cambio de temperatura de 10 grados centígrados.

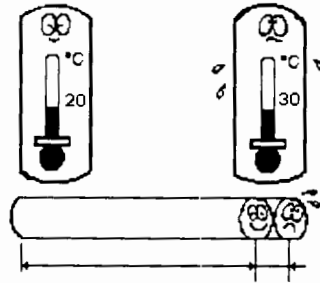


Figura 23. Es conveniente estabilizar la temperatura antes de cualquier medición

5) Antes de usar, limpie las caras del tipo fijo y del tope del husillo. Use solo papel o trapo sin peluza para limpiar las caras de medición.

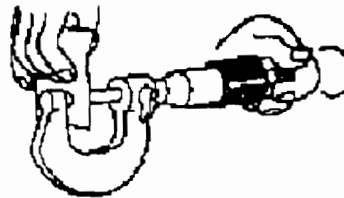


Figura 24. Ejemplo de como limpiar las caras del tope de husillo

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

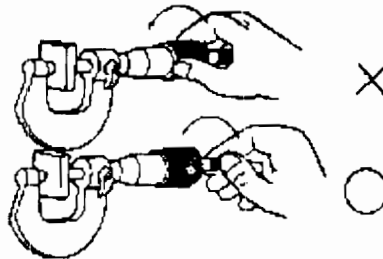


Figura 25. Manera correcta e incorrecta respectivamente de medir con un micrómetro

7) Cuando se monte el micrómetro sobre un soporte, asegúrese que el cuerpo del micrómetro se sujete al centro y no se sujete muy fuerte.

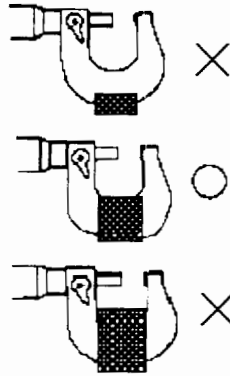


Figura 26. Manera de colocar un micrómetro en un soporte

8-Ajuste del cero

Es imperativo que antes de utilizar un micrómetro para hacer mediciones se revise que indique cero cuando esté cerrado adecuadamente.

Un ejemplo de como ajustar el cero es dado a continuación utilizando un micrómetro de exteriores con rango de 0-25 mm.

1) Se limpia frotando las caras de medición del husillo y del tope fijo con una tela limpia, libre de hilachas, o con un pedazo de gamuza.

2) Se aplica una fuerza de medición entre las caras de medición del husillo y del tope fijo, dando vueltas al trinquete, y asegurándose de que la línea cero del tambor coincida con la línea cero de referencia en el punto cero. Si las líneas no coinciden, entonces ajuste el cero de la siguiente manera:

a) Se fija el husillo

b) Se coloca la llave de ajuste en el agujero localizado detrás del cilindro y gire el cilindro de acuerdo a la desviación observada hasta que la línea de referencia del cilindro coincida con la línea cero del tambor.

Si el error está por encima de ± 0.01 mm:

a) Se fija el husillo.

b) Se afloja el trinquete con la llave de ajuste.

c) Se jala el tambor hacia el trinquete para inducir una pequeña tensión entre tambor y husillo (que los separa).

d) Se hace coincidir la línea cero del tambor con la línea de referencia del cilindro.

e) Se aprieta completamente el trinquete con la llave de ajuste.

9.-Lectura del micrómetro

Para lecturas en centésimas de milímetro primero tome la lectura del cilindro (obsérvese que cada graduación corresponde a 0.5mm) y luego la del tambor, sume las dos para obtener la lectura total.

Por ejemplo

1) Si el tambor se ha detenido en un punto más allá de la línea correspondiente a 4 mm.

2) Si hay una línea adicional (graduación de 0.5 mm) es visible entre la línea correspondiente a 4 mm y el borde del tambor.

3) La línea 49 sobre el tambor corresponde con la línea central del cilindro, así:

(1) lectura sobre el cilindro	4.0
(2) línea entre el 4 y el borde del tambor	0.5
(3) línea del tambor coincidiendo con la del cilindro	0.49
LECTURA TOTAL	4.99 mm

Para lecturas con micrómetros vernier:

1) Tome la lectura hasta centésimas de milímetro en la misma forma que en el ejemplo anterior. Cuando la línea central del cilindro queda entre dos líneas del tambor la cantidad desconocida es leída utilizando la escala vernier marcada sobre el cilindro.

2) El vernier sobre el cilindro proporciona lecturas con incrementos de 0.001 mm (1 micrometro).

3) Para leer el vernier encuentre cuál línea sobre la escala del vernier coincide con la línea sobre el tambor y tome la lectura del número indicado a la izquierda de la escala vernier, nunca tome el número del tambor.

4) Si la línea con el número 4 del vernier coincide exactamente con una del tambor indicando 0.004mm.

(1) lectura sobre el cilindro	4.0
(2) línea entre el 4 y el borde del tambor	0.5
(3) línea del tambor que ha pasado la línea del cilindro	0.49
(4) línea vernier coincidiendo con una del tambor	0.004
LECTURA TOTAL	4.994 mm

Para lecturas en milésimas de pulgada:

1) Primero tome la lectura del cilindro (observe que cada graduación corresponde a 0.025 de pulgada y luego a del tambor, sume las dos para obtener la lectura total.

Por ejemplo:

1) Si el tambor se detiene en un punto más allá del 2 sobre el cilindro indicando 0.200 de pulg.

2) Si una línea adicional es visible entre la graduación con el 2 y el borde del tambor indicando 0.025 de pulgada.

3) La línea numerada 1 sobre el tambor coincide con la línea central del husillo lo que significa 0.001 de pulg. adicional. Así:

(1) lectura sobre el cilindro	0.200
(2) línea entre el 2 y el borde del tambor	0.025
(3) línea del tambor coincidiendo a la línea central del cilindro	0.001
LECTURA TOTAL (pulg)	0.226

Para lecturas en diezmilésimas de pulgada:

1) Tome la lectura hasta milésimas de pulgada en la misma forma que en el ejemplo anterior. Cuando la línea central del cilindro queda entre dos líneas del tambor la cantidad desconocida es leída utilizando la escala vernier marcada sobre el cilindro.

2) El vernier sobre el cilindro proporciona lecturas con incrementos de 0.0001 pulgadas.

3) Para leer el vernier, encuentre cuál línea sobre la escala del vernier coincide con una línea sobre el tambor y tome la lectura del número indicado a la izquierda de la escala vernier, nunca tome el número del tambor.

4) Si la línea con el número 2 del vernier coincide exactamente con una del tambor indicando 0.0002 pulg. Así:

(1) lectura sobre el cilindro	0.200
(2) línea entre el 2 y el borde del tambor	0.025
(3) el tambor ha pasado la línea 0.001 sobre el cilindro	0.001
(4) línea vernier coincidiendo exactamente con la línea del tambor	0.0002
LECTURA TOTAL (pulg)	0.2262

Aún cuando no se cuenta con la escala vernier sobre el cilindro es conveniente estimar la lectura del tercer dígito decimal en el caso de milímetros o el cuarto dígito decimal en el caso de pulgadas imaginando la distancia entre dos líneas consecutivas del tambor dividida en diez partes.

- Si la línea cero sobre el tambor no se alinea con la línea índice del cilindro gire el cilindro hasta hacer que las dos líneas coincidan por medio de la llave.

- En caso de que el micrómetro vaya de 0 a 2" en adelante se deberá colocar la barra patrón correspondiente para el ajuste del cero

-Cuando la longitud de medición exceda 300 mm ajustar la línea cero con el micrómetro en la misma posición en la que estará cuando se esté midiendo.

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

MANTENIMIENTO Y CUIDADOS

1) Cuando se almacene el micrómetro por largos periodos de tiempo o cuando necesite lubricación, use un trapo humedecido con líquido que prevenga la oxidación embarrando ligeramente cada sección (excepto las secciones de carburo de tungsteno) del micrómetro. Esté segura de que el aceite esté repartido uniformemente sobre las diferentes partes.

2) Los siguientes puntos deberán ser tenidos en mente cuando se almacenen micrómetros.

-No se exponga el micrómetro a la luz directa del sol.

-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 mm a 1.0 mm (0.004-0.040 pulg).

-No bloquee el movimiento del husillo con el freno.

-Guarde el micrómetro en su estuche.

BIBLIOGRAFIA:

MAQUINAS HERRAMIENTAS

Membretti Gerolamo

De Gustavo Gil, S. A.

HANDBOOK OF INDUSTRIAL METROLOGY

John W. Greve

Prentice-Hall

OPERACION DE MAQUINAS HERRAMIENTAS

Krar, Oswald, Amand

Mc Graw-Hill

PRACTICA 3

MEDIDOR DE ALTURA

OBJETIVO

En esta práctica, se pretende que el alumno conozca los medidores de altura con escala vernier, se familiarice con su uso y principio así como que intuya la relación que existe entre estos instrumentos y los calibradores vernier.

INTRODUCCION

El medidor de altura, como su nombre lo indica es un dispositivo para medición de alturas de piezas a diferentes niveles; es también utilizado como herramienta de trazo. El medidor de altura fue desarrollado combinando una escala principal con una vernier para mediciones rápidas y exactas. Cuenta con un sólo palpador (trazador) y la superficie sobre la cual descansa (generalmente una mesa de granito), actúa como plano de referencia para realizar las mediciones.

En la actualidad los medidores de altura son clasificados en los siguientes cuatro tipos, dependiendo del sistema de lectura:

- Con Vernier
- Con Carátula
- Con Carátula y con contador
- Electrodigital

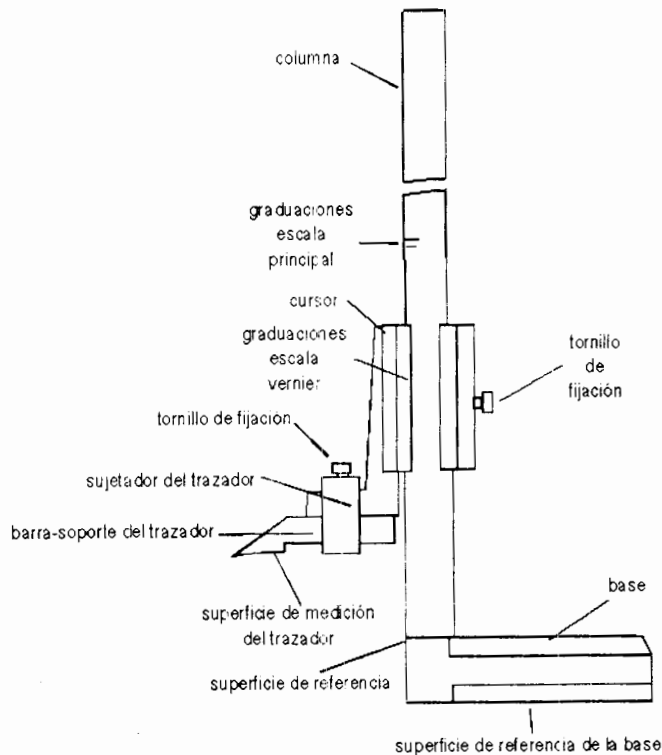


Figura 1. Partes de un medidor de alturas

Medidores De Altura Con Vernier

En la figura 1 se muestra la construcción básica del medidor de alturas con vernier. En la figura 2 se ilustra el mecanismo de ajuste fino.

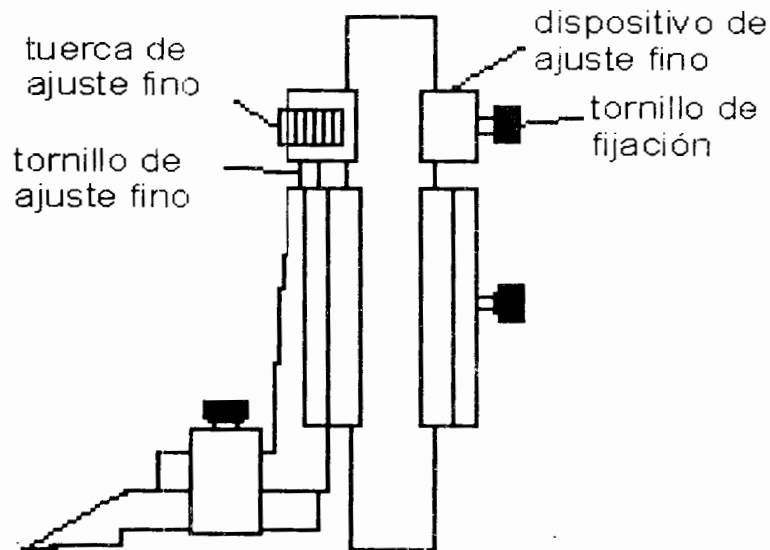


Figura 2. Mecanismo de ajuste fino

Las más graduaciones vernier comunes de los medidores de altura son 0.02 para el sistema métrico (SI) y .001" para el sistema inglés. Algunos tienen ambas graduaciones.

DESARROLLO

Ajuste a Cero.

Para realizar el ajuste a cero de estos instrumentos, es necesario:

- 1.- Llevar el trazador hasta que toque con la superficie que se tiene como referencia.
- 2.- Verificar que el cero de la escala principal y de la escala vernier coincidan, si no es así, se mueve el tornillo de la regleta principal hasta que ambos ceros coincidan.

Lectura.

Como se puede observar, el medidor de alturas se puede considerar como un vernier vertical, en el que una de las puntas de medición equivale al trazador y la otra a la superficie de referencia.

Para realizar la medición:

- 1.- Se aflojan los tornillos de fijación de la escala vernier y del dispositivo de ajuste fino
- 2.- Se lleva el trazador hasta que la punta del éste quede a menos de 1 mm de distancia de la superficie de referencia.
- 3.- Se aprieta el tornillo de fijación del dispositivo de ajuste fino.
- 4.- Con la tuerca de ajuste fino, se lleva la punta del trazador hasta el contacto con la superficie de la altura a medir y se aprieta el tornillo de fijación de la escala vernier.
- 5.- Finalmente, procedemos a realizar la lectura como ya se estudió para los calibradores vernier.

Cuidados y Mantenimiento.

Para lecturas exactas y precisas, es recomendable seguir los cuidados que a continuación se mencionan.

- 1.- Seleccionar el medidor de alturas que mejor se ajuste a su aplicación.

- 2.- Esté seguro que el tipo, rango de medición, graduación y otras especificaciones del medidor de alturas sean las apropiadas para la aplicación deseada.
- 3.- No aplique fuerza excesiva al medidor de alturas, ya que se debe de tener cuidado de no dañar la punta para trazar.

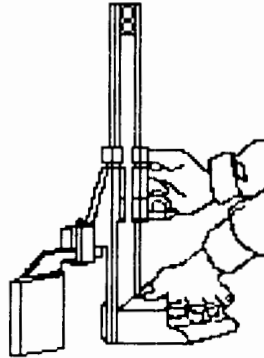


Figura 3. Forma correcta de sujetar un medidor de alturas

- 4.- No dejarlo caer ni golpearlo.
- 5.- Elimine cualquier suciedad o polvo antes de usar su medidor de alturas, limpiando todas las superficies deslizantes, la cara inferior de la base y la cara de medición del trazador, y déjese un tiempo lo suficientemente largo para estabilizar la temperatura ambiente.
- 6.- Revisar el movimiento del cursor. No debe de sentirse suelto o tener juego. Corrija cualquier problema encontrado, ajustando el tornillo de presión y el tornillo de fijación.
 - Apretar el tornillo de presión y de fijación, entonces aflojar en sentido contrario a las manecillas del reloj aproximadamente 30 grados.
 - Revisar otra vez el movimiento del cursor.
 - Repetir el procedimiento anterior mientras se ajusta la posición angular de los tornillos hasta que se obtenga un movimiento adecuado del cursor.
- 7.- Ajuste a cero.
- 8.- Evite errores de paralaje, leyendo la escala directamente desde el frente.

Algunas recomendaciones para el buen mantenimiento del medidor de alturas son:

- 1.- Después de usar limpiar cualquier suciedad o huella digital dejadas en el medidor de alturas con un trapo suave y seco.
- 2.- Cuando se almacene el medidor de altura por largos períodos de tiempo o cuando necesite aceite, use un trapo empapado de aceite preventivo a la corrosión y cubra cada sección excepto las partes de carburo de tungsteno (punta del trazador). Asegurarse que el aceite sea distribuido uniformemente sobre las superficies.
- 3.- El medidor de alturas debe de guardarse inmediatamente después de ser empleado, ya que si se deja sobre la superficie de granito por largos períodos de tiempo, dado que la superficie de su base tiene un excelente acabado superficial, se puede crear vacío y pegarse a la superficie de granito.

BIBLIOGRAFIA

TECNOLOGIA DEL INSTRUMENTAL DE CONTROL

Blanco, A.J.
Ed. Trillas
México, 1983

INSTRUMENTOS DE MEDICION Y CONTROL

Alberto Rodríguez
Ed. Continental
México, 1966

PRACTICA 4

BLOQUES PATRON

OBJETIVO:

Que el alumno conozca el manejo y las aplicaciones de los bloques patrón, así como su importancia dentro del campo de la metrología dimensional.

INTRODUCCION:

HISTORIA

A principios del siglo XVIII Christopher Polhem, un científico sueco, hizo una barra con diferentes espesores en su superficie para introducir una nueva tecnología en la industria del hierro.

Posteriormente, en el año de 1890, un fabricante sueco de armas llamado Hjalmer Ellstrom diseñó un bloque patrón con dos superficies paralelas para inspeccionar los rifles que fabricaba. En el año de 1910, Carl Edward Johansson encontró que cualquier longitud deseada podía ser obtenida combinando un conjunto de pequeños bloques patrón con distintos tamaños. Basado en esta idea, hizo un juego de bloques patrón de 111 piezas, y mediante la combinación de varias de ellas podía formar cualquier longitud dentro del rango de 2 mm a 202 mm en incrementos de $1\mu\text{m}$ (200,000 combinaciones). Estas piezas tienen una sección transversal rectangular y son llamados Bloques patrón rectangulares (tipo Johansson). En 1918 el mayor William E. Hoke del entonces National Bureau of Standards de los Estados Unidos (hoy NIST) diseñó un bloque patrón con una sección transversal cuadrada y un agujero en el centro. Este tipo de bloque patrón es ampliamente utilizado en los Estados Unidos debido a su facilidad de manejo, y se denominan bloques patrón cuadrados (tipo Hoke).



Figura 1. Bloque patrón tipo Hoke, en el cual se observa su agujero central.

REQUERIMIENTOS PARA LOS BLOQUES PATRON

Los bloques patrón deben de cumplir con los siguientes requerimientos, para su uso adecuado:

- Exactitud dimensional y geométrica: longitud, paralelismo y planitud.
- Capacidad de adherencia con otros bloques: buen acabado superficial.
- Estabilidad dimensional a través del tiempo.
- Duros y resistentes al desgaste.
- Coeficiente de expansión térmica cercano al de los metales comunes.
- Resistencia a la corrosión.
- La dimensión deseada debe ser obtenida con el mínimo número de bloques patrón.

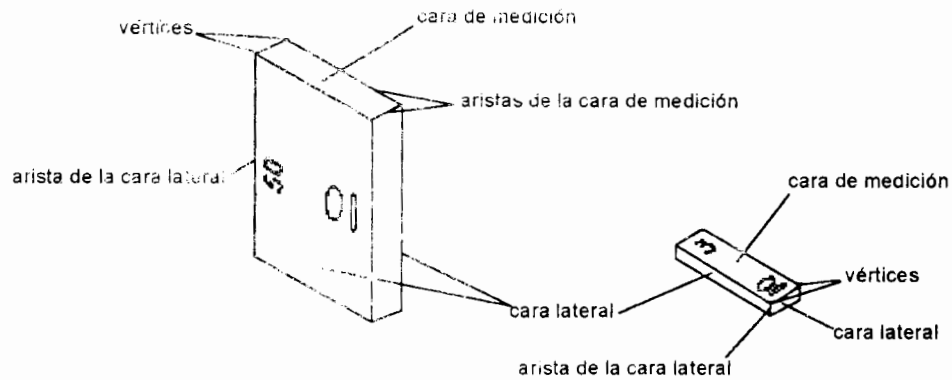


Figura 2. En la figura se muestran las distintas partes de un bloque patrón.

EXACTITUD DE LOS BLOQUES PATRON

Los bloques patrón son clasificados en términos de exactitud, según se muestra en la tabla 1, en la cual también se encuentran guías para seleccionar el grado adecuado para satisfacer diferentes aplicaciones.

CLASIFICACIÓN	USO	GRADO			
		JIS ISO	DIN	FED. SPEC	ANSI
REFERENCIA	Investigación tecnológica y científica. Calibración de bloques patrón	00		0.5	
CALIBRACIÓN	Calibración de instrumentos de medición. Calibración de bloques patrón	0	00	1	0.5
INSPECCIÓN	Inspección de partes maquinadas, herramientas, etc. Calibración de instrumentos de medición	1	2	2	3
TALLER	Fabricación de dispositivos de inspección de instrumentos de medición. Montaje de herramientas de corte	2	1	3	2

Tabla 1. Clasificación de los bloques patrón.

Las especificaciones de exactitud en la longitud para los bloques patrón, están dadas en la tabla 2 de acuerdo con las normas JIS, DIN e ISO. La tabla 3 proporciona los valores para los bloques patrón en pulgadas de acuerdo con las normas Fed. Spec. y ANSI.

LONGITUD NOMINAL (mm)	GRADO			
	00	0	1	2
de 5 a 10	+/- 0.06	+/- 0.12	+/- 0.20	+/- 0.45
más de 10 a 25	0.07	0.14	0.30	0.60
más de 25 a 50	0.10	0.20	0.40	0.80
más de 50 a 75	0.12	0.25	0.50	1.00
más de 75 a 100	0.14	0.30	0.60	1.20
más de 100 a 150	0.20	0.40	0.80	1.60
más de 150 a 200	0.25	0.50	1.00	2.00
más de 200 a 250	0.30	0.60	1.20	2.40
más de 250 a 300	0.35	0.70	1.40	2.80
más de 300 a 400	0.45	0.90	1.80	3.60
más de 400 a 500	0.50	1.10	2.20	4.40
más de 500 a 600	0.60	1.30	2.60	5.00
más de 600 a 700	0.70	1.50	3.00	6.00
más de 700 a 800	0.80	1.70	3.40	6.50
más de 800 a 900	0.90	1.90	3.80	7.50
más de 900 a 1000	1.00	2.00	4.20	8.00

Tabla 2. Especificaciones de exactitud en mm para los bloques patrón. Valores en μm

LONGITUD NOMINAL (mm)	GRADO							
	0.5 (antes AAA)		1 (antes AA)		2 (antes A+)		3 (compromiso entre los anteriores A y B)	
1 ó menos	+1	-1	+2	-2	+4	-2	+8	-4
2 ó menos	+2	-2	+4	-4	+8	-2	+16	-8
3 ó menos	+3	-3	+5	-5	+10	-5	+20	-10
4 ó menos	+4	-4	+6	-6	+12	-6	+24	-12
5 ó menos	---	---	+7	-7	+14	-7	+28	-14
6 ó menos	---	---	+8	-8	+16	-8	+32	-16
7 ó menos	---	---	+9	-9	+18	-9	+36	-18
8 ó menos	---	---	+10	-10	+20	-10	+40	-20
10 ó menos	---	---	+12	-12	+28	-12	+48	-24
12 ó menos	---	---	+14	-14	+28	-14	+56	-28
16 ó menos	---	---	+18	-18	+30	-18	+72	-36
20 ó menos	---	---	+20	-20	+40	-20	+80	-40

Tabla 3 Especificaciones de exactitud en pulgadas para los bloques patrón. Valores en $\mu\text{pulg.}$

Existen dos métodos de medición de bloques patrón: el de medición absoluta y el de medición comparativa. El primero mide directamente el tamaño de un bloque patrón utilizando la longitud de onda de la luz, la cual es el patrón práctico de longitud mediante equipos denominados interferómetros. En el método de medición por comparación, el tamaño de un bloque patrón es medido al compararlo con un bloque patrón de referencia y de longitud conocida (medida con interferómetro). Para mediciones comparativas puede utilizarse un instrumento de medición

analógico con graduaciones de $0.2 \mu\text{m}/\text{división}$ o un instrumento de medición digital con una resolución de $0.01 \mu\text{m}$.

El punto de medición de un bloque patrón rectangular es el centro de su superficie de medición, ya que la longitud del bloque es definida como la dimensión central. Los bloques patrón cuadrados tienen un agujero en el centro y su punto de medición es a un lado del agujero.

Es necesario que los bloques patrón de los grados 00 y 0.5 sean medidos mediante interferometría y deseable que todos tengan certificado de inspección de longitud.

TRAZABILIDAD DE LOS BLOQUES PATRON

Trazabilidad, es un sistema en el cual el bloque patrón de referencia para un patrón o instrumento de medición (como producto final) puede ser calibrado mediante patrones de mayor exactitud secuencialmente hasta el patrón nacional de la máxima exactitud. Los fabricantes de los bloques patrón y las organizaciones de inspección poseen interferómetros y cuentan con sus propios sistemas de control de la exactitud, mediante la inspección de bloques con una lámpara que pueda emitir luz de una longitud de onda conocida. Sin embargo, mediciones utilizando interferencia de luz, necesitan técnicas sofisticadas tales como compensación de error por desviación de la longitud de onda.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

Cualquier medición contendrá inevitablemente un grado de incertidumbre con respecto a su exactitud. En otras palabras, siempre habrá un cierto rango de distribución de error cuando se mida el mismo objeto repetidamente. Esto puede ser atribuido a muchos factores incluyendo las características del instrumento de medición, las condiciones del medio ambiente, los patrones de referencia y el mismo error humano.

En la medición por comparación de bloques patrón la incertidumbre está generalmente dentro del rango de $\pm 0.05 \mu\text{m}$ a $\pm 0.07 \mu\text{m}$.

Las tolerancias de paralelismo y planitud para las superficies de medición de los bloques patrón, se encuentran tabulados en las normas correspondientes.

Convencionalmente para comprobar el paralelismo se toman otras cuatro medidas de longitud en los puntos indicados en la figura 4, determinándose la diferencia P entre la longitud mayor ($L1$) y la longitud menor ($L2$) debiendo estar dentro de los límites especificados.

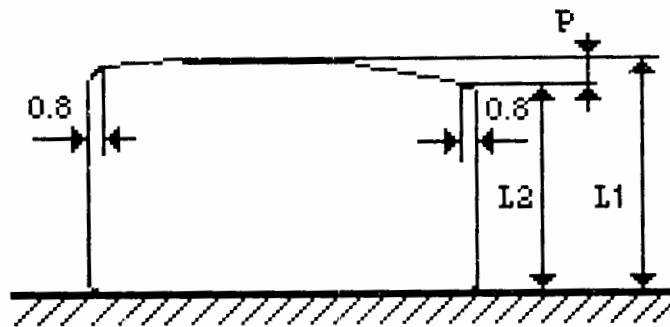


Figura 4. Comprobación del paralelismo en los bloques patrón

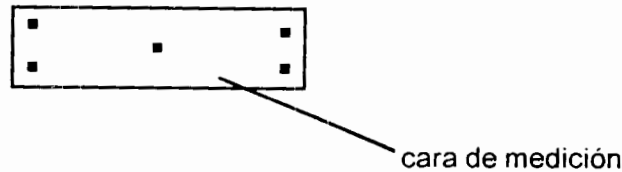


Figura 5. Las marcas (■) indican los puntos de medición.

La planitud de las caras de medición de los bloques patrón puede determinarse mediante interferometría, aunque un método práctico consiste en la utilización de planos ópticos, como se muestra en la figura 6.

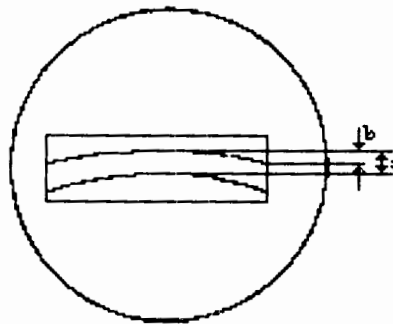


Figura 6. Método de utilización de planos ópticos para determinar planitud de los bloques patrón.

Después de limpiar la superficie e inspeccionar, el plano óptico se coloca sobre la cara de medición y se ejerce una ligera presión en un extremo para que el plano óptico quede ligeramente inclinado apareciendo entonces franjas de interferencia. La curvatura de las franjas es utilizada para determinar el valor de planitud de la superficie inspeccionada.

La planitud P está dada por la siguiente fórmula:

$$P = \lambda \cdot b / 2a$$

en donde: λ : longitud de onda de la luz utilizada.

Se recomienda utilizar luz monocromática para realizar la inspección de la planitud. Cuando se hace con luz blanca se utilizan como referencia las franjas de color rojo por ser las que mejor se definen. En estas condiciones, una franja de interferencia llega hasta la siguiente franja roja y $a=b$, es decir, una franja es igual a $0.32 \mu\text{m}$.

Acabado superficial de las caras de medición

Luego del tratamiento térmico, las caras de medición de los bloques patrón son acabadas mediante rectificado y lapeado, con el fin de mejorar las características de adherencia con otros bloques patrón y la resistencia al desgaste. Un alto grado de planitud y acabado superficial es requerido. Por ejemplo, JIS estipula que la rugosidad superficial no debe exceder $0.06 \mu\text{m} R_{\text{máx}}$ para los grados 00 y 0, y $0.08 \mu\text{m} R_{\text{máx}}$ para los grados 1 y 2 de bloques patrón. La Norma Federal especifica $0.7 \mu\text{pulg} R_a$ para los grados 2 y 3.

Tratamiento estabilizador para bloques patrón

Uno de los más importantes requerimientos para un bloque patrón es que después de haber sido acabado a un alto grado de exactitud debe mantener sus dimensiones originales durante un largo período de tiempo.

La composición del acero después del tratamiento térmico es como sigue:

1. Martensita
2. Austenita residual
3. Carburos no solubles

Los bloques patrón requieren una mayor resistencia al desgaste que otros patrones de referencia, así como un alto grado de dureza. La norma JIS especifica una dureza mínima de 800 HV, mientras que la norma Federal especifica un valor mínimo de 62 HRC. La adición de Ti, Cr y W mejoran la resistencia al desgaste, ya que estos elementos formando carburos, pueden incrementar la dureza hasta 1000 HV.

Coefficiente de expansión térmica

Dado que los bloques patrón son utilizados como referencia en medición por comparación en la industria metalmeccánica, el coeficiente de expansión térmica debe ser tan cercano al del acero como sea posible

ADHERENCIA

Una de las más importantes características de los bloques patrón es que cualquier dimensión requerida puede ser obtenida al adherirlos unos con otros. El principio de adherencia es definido por ISO como una fuerza intermolecular. La fuerza de adherencia varía dependiendo del líquido utilizado, aunque la grasa y la vaselina es lo más frecuentemente empleado para éste propósito.

El error de adherencia es normalmente menor a $0.01 \mu\text{m}$ pero se presentan casos en los que rayaduras sobre las caras de medición producen efectos detrimentales. Dado que para obtener la dimensión requerida hay muchas combinaciones posibles de bloques patrón, cuando se requiera de gran exactitud, el método recomendado es tomar el valor promedio de las mediciones realizadas utilizando dos o tres diferentes combinaciones de bloques patrón.

Procedimiento de adherencia entre dos bloques patrón

Existen diferentes maneras de construir un tamaño requerido adhiriendo varios bloques patrón. Los siguientes puntos deben ser observados cuando se realiza la operación de adherencia de bloques patrón:

- A) Utilice el menor número de bloques patrón para formar la medida deseada.
- B) Seleccione bloques gruesos siempre que sea posible.
- C) Seleccione bloques patrón empezando con uno que tenga el mínimo dígito significativo requerido y entonces seleccione secuencialmente a dígitos más significativos.

Métodos y observaciones sobre la adherencia

1. Los bloques patrón deben manejarse sobre una placa de madera blanda o una tela. Hay que asegurarse de no golpear uno con otro y nunca dejarlos caer.
2. Limpiar el aceite de los mismos con un trapo limpio aplicando gasolina blanca y cuidando no rayar las caras.
3. Asegurarse de que no haya raspaduras, rebabas y óxido sobre la cara de medición y periferia. Esto dificulta la adherencia de las caras, y para verificarlo se puede utilizar el plano óptico.
4. Aplicar una muy pequeña cantidad de aceite de baja viscosidad a la cara de medición y distribuirla uniformemente sobre la superficie.
5. Aplicar una muy pequeña cantidad de aceite de baja viscosidad a la cara de medición y distribuirla uniformemente sobre la superficie.
6. Cuando se adhieran bloques gruesos, hay que colocar los dos bloques patrón en ángulo recto uno con otro y girarlos 90 grados mientras se presionan ligeramente. Si la condición de las caras de contacto es perfecta, los bloques patrón pueden adherirse adecuadamente. Cuando se desee adherir un bloque delgado a uno grueso, se coloca un extremo del bloque delgado sobre un extremo del bloque grueso de modo que queden paralelos uno con otro. Posteriormente, se desliza cuidadosamente un bloque sobre el otro mientras se aplica una pequeña presión y los dos bloques se mantendrán juntos como si se mantuvieran mediante vacío.

7. Si una anomalía se siente en una unión, hay que inspeccionar las caras de medición.
8. Si hay moho u óxido en la cara de medición, hay que quitarlo con la piedra de Arkansas con mucho cuidado, de modo que la superficie de la cara no se dañe.
9. Si el bloque patrón se cae y su cara se raspa, la raspadura debe ser corregida.
10. Si el bloque está ya desgastado por su uso, hay que colocar los bloques patrón de protección al desgaste en ambas caras del bloque patrón.
11. Cuando dos bloques patrón delgados van a ser unidos, hay que unir un bloque delgado a uno grueso y luego unir el otro bloque patrón delgado, y una vez que estén ajustados, se retira el bloque grueso, evitando así que los dos bloques delgados no se flexionen.
12. Los bloques patrón deben ser unidos y ajustados con rapidez. Si los bloques patrón son mantenidos en la mano por algunos pocos minutos, hay que ponerlos en la mesa para que de esa manera se estabilice a la temperatura del cuarto.

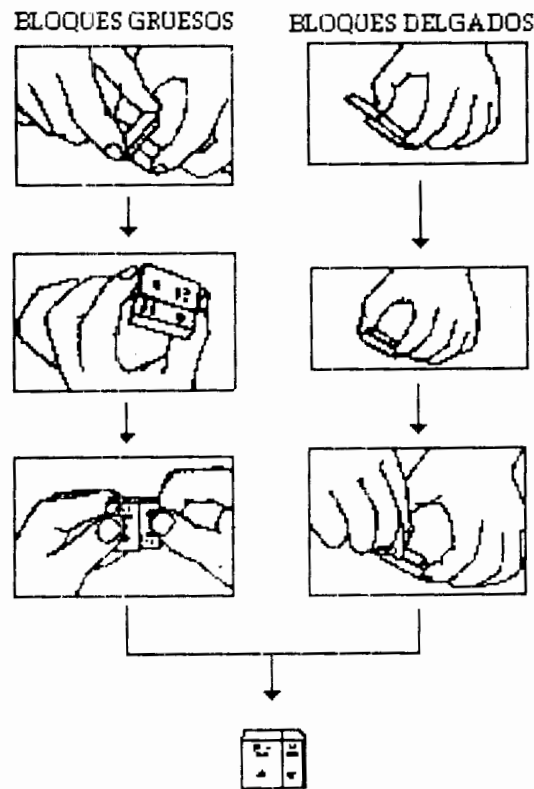


Figura 7. Método para la adherencia de dos bloques patrón.

CUIDADOS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA DESPUES DE SU USO

1. Cuando se terminen de usar los bloques patrón, hay que separarlos y limpiar sus caras. Después es necesario inspeccionarlos y ponerles aceite contra el enmohecimiento. Posteriormente deben ser cubiertos con papel anti enmohecimiento volátil para su almacenamiento.
2. Si el bloque patrón no es usado durante un período largo, debe ser guardado en un cuarto libre de la acción de la luz solar y de la humedad.
3. A un bloque patrón que no es frecuentemente usado, se le debe comprobar su enmohecimiento tres veces al año, retirando totalmente el aceite.

Factores que influyen en las condiciones dimensionales del bloque patrón

1. Cambios de temperatura.
2. Deformación del bloque patrón debida a su propio peso:
 - a) Cuando el bloque patrón es soportado horizontalmente.
 - b) Cuando el bloque patrón es soportado verticalmente.
3. Deformación elástica debida a fuerzas externas.

Ventajas y desventajas de los bloques patrón cuadrados en comparación con los bloques patrón rectangulares

Ventajas

El área de las caras de medición es casi el doble de la de los tipo rectangular, por lo que:

1. La adherencia es fácil y no se requiere tanta experiencia.
2. Los bloques patrón son frecuentemente utilizados en posición vertical sobre una mesa de granito, por lo que en estas aplicaciones la estabilidad de los bloques patrón cuadrados incrementa la eficiencia del trabajo.
3. Cuando se desean mediciones con exactitud en las que el uso de mesas y reglas de senos se hacen necesarias, los bloques patrón cuadrados simplifican el procedimiento de colocación.
4. Cuando se utilizan bloques patrón como referencia para medir diámetros interiores y exteriores con una máquina de medición, las caras de medición deben de ser colocadas paralelas al eje del agujero o cilindro. La gran área de 24*24 mm facilita esos ajustes de paralelismo y hace posible la colocación exacta.
5. La vida en servicio es mayor debido a la mayor área de medición.

El hecho de que los bloques cuadrados tengan un agujero en la cara de medición para ser unidos mediante un perno, trae las siguientes ventajas:

1. Los bloques patrón son fácilmente unidos sin problemas que dificulten su adherencia.
2. Uniendo los bloques patrón con un perno se previene su separación accidental durante la medición.
3. Bloques patrón con inferior capacidad de adherencia debido a rayaduras u otras huellas, pueden aún ser unidos usando un perno.
4. Manteniendo unidos los bloques patrón, cualquier dimensión para un propósito específico puede ser fácilmente lograda.

DESVENTAJAS

1. Lleva mayor tiempo estabilizar térmicamente los bloques debido a su mayor masa.
2. Debido a su tamaño mayor, es difícil utilizarlos en un espacio pequeño.

La industria mexicana ha utilizado preferentemente los bloques patrón de forma rectangular.

INSPECCION PERIODICA

El tamaño de un bloque patrón esta sujeto a cambios diminutos debido al desgaste durante su uso. Cambios dimensionales pueden tomar lugar a través del tiempo aún si permanecen adecuadamente almacenados sin uso.

APLICACIÓN	INTERVALO INFORMATIVO	GRADO
REFERENCIA	1-2 años	00
CALIBRACIÓN	2 años	00 ó 0
INSPECCIÓN	2 años	0 ó 1
TALLER	0.5-1 año	1 ó 2

Tabla 5. Referencia para la inspección periódica.

Para el intervalo de tiempo entre inspecciones periódicas se da como referencia la siguiente tabla, dando consideraciones a factores tales como el grado del bloque y la frecuencia de uso. Es necesario revisar también que en los bloques no haya rebabas o daño en las caras de medición.

ACCESORIOS DE LOS BLOQUES PATRON

Existen algunas herramientas auxiliares que son necesarias para realizar mediciones con los bloques patrón. Entre ellas, se tienen las siguientes:

1. Limitador semicilíndrico: usado para medición de interiores y exteriores.
2. Limitador plano tipo A: usado para medir interiores y exteriores.
3. Limitador plano tipo B: usado para medir exteriores.
4. Punta para trazar.
5. Punta para centrar: usada como centro para trazar círculos.
6. Punta de control: utilizada para medir.
7. Regla de tres cantos: para inspeccionar planitud.
8. Base para soportes.
9. Soportes.

En la unión y ajuste de los accesorios y de los bloques patrón, la dimensión total de la combinación debe ser la deseada y ellos deben ser ajustados en el soporte.

USOS DE LOS BLOQUES PATRON

Los usos de los bloques patrón pueden agruparse de la forma siguiente:

- a) Mediciones y trazos diversos (mayor versatilidad cuando se utilizan en combinación con los accesorios).
- b) Puesta a cero de una variedad de instrumentos de medición.
- c) Calibración bajo normas de algunos instrumentos de medición.

BLOQUES PATRON DE CERAMICA

Los recientes avances tecnológicos en el campo de los materiales, han hecho posible la fabricación de bloques patrón con cerámica basada en óxido de circonio, la cual ha mostrado ser superior a otras cerámicas previamente utilizadas.

La cerámica utilizada para este fin es una cerámica industrial, la cual no es frágil ni fácilmente de fisurarse.

Dado que la resistencia a la corrosión de los bloques patrón de cerámica es superior a la de los bloques de acero y carburo, bajo condiciones ordinarias no es necesario seguir medidas estrictas de cuidado y prevención de la corrosión.

Por otro lado, el coeficiente de expansión térmica de la cerámica es muy cercano al del acero, razón por la cual, los bloques patrón de cerámica pueden ser utilizados para medir partes de acero sin que se pueda caer en errores provocados por el coeficiente de expansión térmica.

Además, a diferencia de los bloques patrón de acero, los cambios dimensionales de los bloques patrón de cerámica son muy ligeros.

Otros tipos de cerámica están encontrando aplicación en la fabricación de accesorios tales como escuadras de sujeción y paralelas, así como en las máquinas de medición por coordenadas.

DESARROLLO

Dado que una de las aplicaciones más importantes de los bloques patrón es la calibración de instrumentos bajo normas, se calibrará un micrómetro de rango 0-1 pulgada.

a) Antes de realizar la calibración se debe de hacer una inspección general del instrumento a calibrar, en este caso, del micrómetro.

b) Se debe realizar la limpieza a fondo de las superficies de medición de los bloques patrón y de las caras de los topes del micrómetro.

c) Ajustar a cero el micrómetro.

d) Realizar las medidas establecidas previamente por las normas, dentro del rango del micrómetro. En este caso deben de ir 0-1 pulgadas, y serán obtenidas mediante la combinación correcta de los bloques patrón.

e) Anotar la lectura del micrómetro y la medida de los bloques patrón medidos, para conocer el error de medición del micrómetro.

f) Verificar si el error del micrómetro se encuentra dentro de normas.

g) Medir la planitud de las caras del micrómetro colocando el plano óptico entre las caras de medición del micrómetro y ajustando con el trinquete hasta que quede firme. Luego se dirige el plano hacia la luz y se ilustran las franjas rojas que se observan, las cuales serán posteriormente comparadas con las plantillas. Finalmente, anotar la desviación en micrómetros y verificar si se encuentra dentro de normas.

h) Medir el paralelismo colocando el plano óptico entre las caras de medición del micrómetro y apretando con el trinquete hasta que quede bien ajustado, para observar si hay juego con el plano óptico. En caso de que no lo haya, las caras se encuentran paralelas.

CUIDADOS Y MANTENIMIENTOS DE LOS BLOQUES PATRON

Para el cuidado de los bloques patrón, se utilizan los siguientes elementos:

1. Papel:

Utilizado para eliminar aceite (preventivo de la oxidación), marcas, polvo, etc. Anteriormente se utilizaba tela de algodón pero actualmente se vende un material libre de pelusa, como lo es el papel para limpieza de lentes.

2. Solvente

Utilizado para remover el aceite (preventivo de la oxidación). Solventes altamente volátiles tal como el freón son recomendados. La bencina A también es efectiva, pero debe ser manejada con cuidado debido a su toxicidad.

3. Pera de aire con brocha.

Utilizada para eliminar mediante aire el polvo de las caras de medición. Una pera de aire con brocha para lentes fotográficos es muy adecuada para este propósito. La punta de la brocha debe ser lavada periódicamente con detergente neutro.

4. Tenazas.

Utilizadas cuando se limpian bloques patrón de tamaño pequeño, dado que se dificulta manejarlos cuando son sostenidos directamente con la mano.

5. Guantes de algodón.

Utilizados cuando se manejan bloques patrón de tamaño grande. El uso de guantes es un medio efectivo de prevenir la oxidación y minimizar la expansión térmica.

6. Aceite preventivo de la oxidación.

Existen diferentes tipos de aceite recomendado por el fabricante dado que algunos tipos de aceite preventivo de la oxidación causan decoloración. El aceite preventivo de la oxidación es algunas veces utilizado como aceite para la adherencia, sin embargo algunos tipos de este aceite contienen lubricante sólido, lo cual es inadecuado para la adherencia. El aceite tipo pasta (grasa) es utilizado para prevenir la oxidación durante períodos de almacenamiento medio y largos. El papel volátil inhibidor de la corrosión-oxidación (papel VCI) pierde fácilmente sus ingredientes activos por evaporación, por lo que es peligroso confiar demasiado en su capacidad de protección.

7. Plano óptico.

Utilizado para inspeccionar la superficie de medición de los bloques patrón. Con dicho plano, se buscan pequeñas protuberancias y se mide la planitud de la cara de medición. Un plano óptico de diámetro aproximado de 60 mm es deseable.

8. Piedra de Arkansas.

Utilizada para remover rebabas de la cara de medición. El mejor tipo es la piedra dura natural de Arkansas. La superficie de la piedra debe estar acabada por lapeado (con polvo de lapeado WA no. 3000) y antes de su uso, el exceso de material de lapeado debe ser removido de la superficie, quedando únicamente las microcavidades superficiales llenas con el material restante.

BIBLIOGRAFIA

Manual de Metrología Dimensional II. Mitutoyo de México, S.A. de C.V.

PRACTICA 5

RUGOSIDAD

OBJETIVO

Dar a conocer al alumno la importancia que tiene la medición de la rugosidad y los métodos que existen para ello.

INTRODUCCION

La medición de la rugosidad forma parte de lo que conocemos como metrología superficial (que se ocupa de medir las características de acabado de las piezas y no sus dimensiones). Es un parámetro muy importante para medir la calidad de fabricación de cualquier producto que requiera tener características específicas en su superficie.

En épocas antiguas la rugosidad se medía con parámetros muy subjetivos como eran el tacto con las manos del operador o con su lengua. Lo cual no proporcionaba un criterio universal al respecto y el control sobre esta característica era muy deficiente. De aquí surge la necesidad de crear ese parámetro o criterio universal para poder establecer normas de calidad y no crear problemas entre proveedores y compradores.

Nosotros llamamos rugosidad a las irregularidades menores o microgeométricas que existen en una superficie y que a simple vista no las podemos observar, pero si obtuviéramos un perfil de nuestra pieza y lo observáramos al microscopio nos daríamos cuenta de que no está perfectamente acabada ya que tiene algunos orificios y grietas que pueden ocasionar el mal funcionamiento de nuestra pieza o producto.

Actualmente el desarrollo en la industria electrónica durante el último cuarto de siglo ha hecho posible contar con instrumentos denominados rugosímetros que son fáciles de operar, portátiles, de bajo costo, inmunes a las condiciones ambientales, adversas del taller y salida rápida de datos incluyendo posibilidades de registro e impresión de los datos obtenidos.

DESARROLLO

Método de Medición

El método de medición de la rugosidad más popular en la actualidad es el basado en un palpador de diamante con un radio en la punta de 2, 5 ó 10 micras que recorre una pequeña longitud sobre la superficie analizada, denominada longitud de muestreo. Los valores normalizados para esta longitud de muestreo son 0.085, 0.25, 0.8, 2.5, 8 y 25 mm.

Este método es muy confiable ya que el acabado de las piezas normal y generalmente es el mismo o tiene una característica general en toda la pieza.

En la práctica se utiliza la longitud de evaluación que puede ser una, tres o cinco veces la longitud de muestreo siendo este último valor el más común. La longitud de recorrido será un poco mayor que la de evaluación ya que estando el palpador en reposo se requiere recorrer una pequeña longitud antes de alcanzar la velocidad normal de recorrido y después, un recorrido adicional para que el palpador regrese a su estado inicial de reposo.

Una vez hecho el recorrido los datos aparecen en la pantalla del rugosímetro y se pueden registrar en un procesador especial para manipularlos

Existen dos tipos de curvas importantes cuando se evalúa la rugosidad por el método del perfil: la curva P y la curva R.

LA CURVA P es un perfil resultante de la intersección de una superficie mediante un plano perpendicular a la superficie. A menos que se especifique otra cosa, la intersección debe ser en la dirección en la cual el perfil representa el máximo valor de la rugosidad de la superficie. Generalmente es en la dirección perpendicular a las marcas del maquinado sobre la superficie.

LA CURVA R es un perfil obtenido de la curva P removiendo los componentes de ondulación de baja frecuencia cuyas longitudes de onda son mayores que un límite especificado de la longitud de onda llamado valor de cut-off (frecuencia de respuesta del amplificador).

Nota: entendemos por ondulación a la irregularidad superficial que puede resultar de factores tales como flexión de la pieza durante el maquinado, falta de homogeneidad del material, liberación de esfuerzos residuales, deformaciones por tratamiento térmico, vibraciones, etc. .

-Parámetros a medir

a) **Ra.** Que es la media aritmética de los valores absolutos de los alejamientos del perfil desde la línea central de la gráfica dentro de la longitud de evaluación.

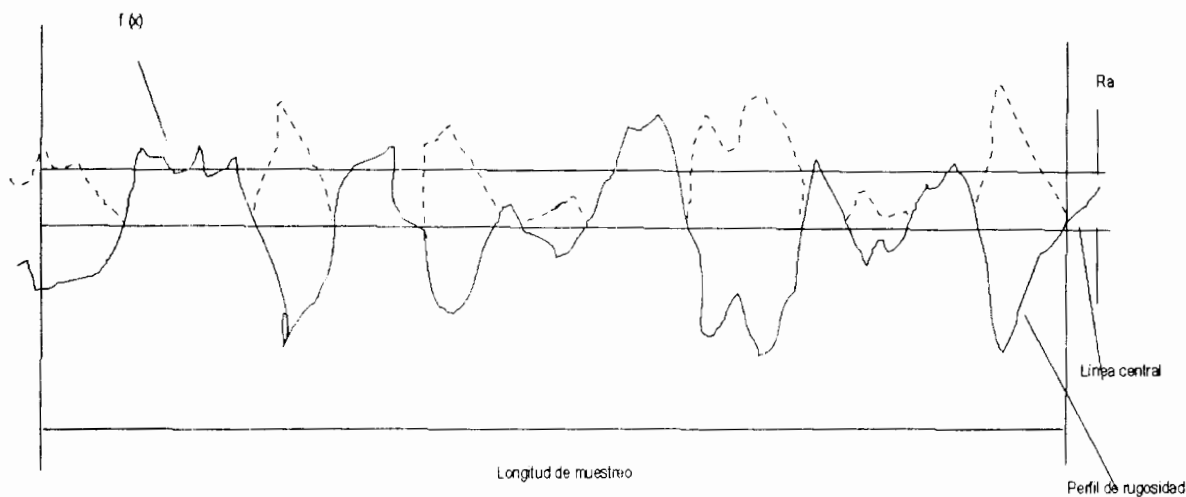


Figura 1. Rugosidad promedio Ra

Este parámetro es el único definido en las normas de Estados Unidos, Canadá, Países Bajos y Suiza; también está definido particularmente en las normas de todos los países industrializados incluyendo las normas internacionales ISO, por lo tanto, es el más utilizado. Sin embargo todas estas últimas normas definen alguno o algunos parámetros adicionales.

b) **Rz.** Que es el promedio de las alturas de pico a valle en un perfil de rugosidad y se obtiene haciendo el promedio de las distancias entre los cinco picos más altos y los cinco valles más profundos.

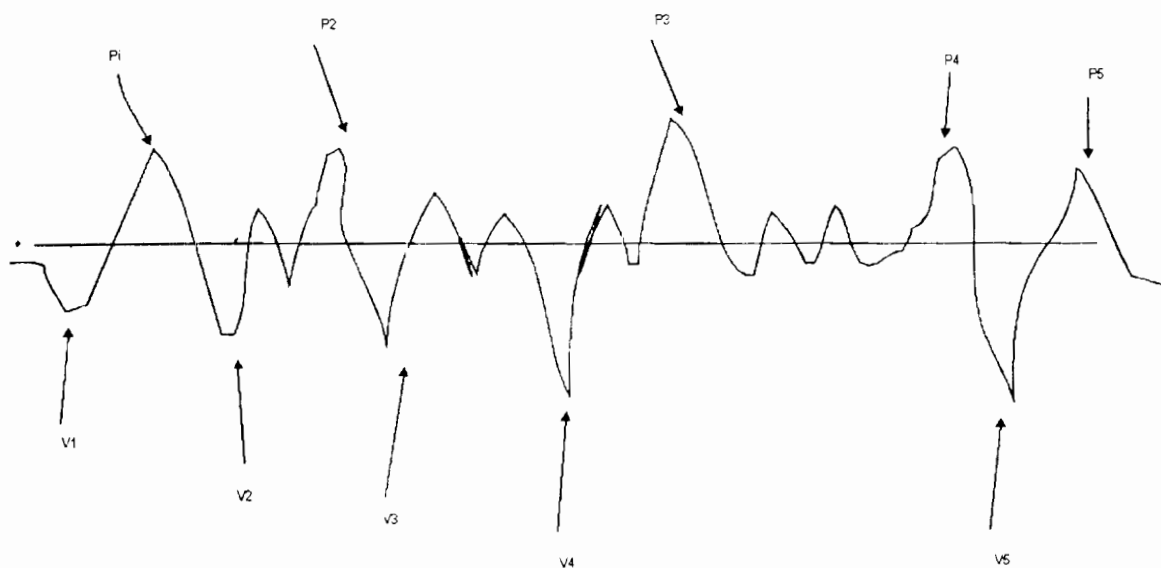


Figura 2. Rugosidad promedio Rz

c) R_y . Que es la distancia entre pico más alto y el valle más bajo de un perfil de rugosidad, también se le llama $R_{m\acute{a}x}$.

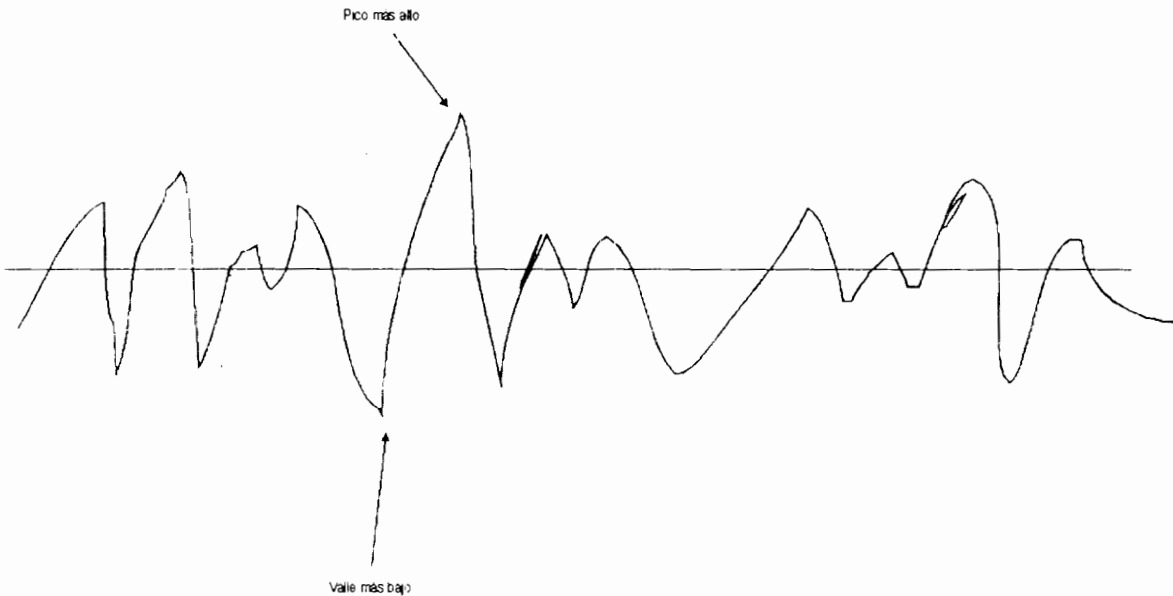


Figura 3. Rugosidad máxima R_y

El ajuste a cero lo da directamente el rugosímetro y lo único que habría que hacer al respecto es calibrarlo (pero eso se manda hacer con el fabricante debido a que es un aparato muy delicado). Cuenta con un patrón para que evaluemos si sigue calibrado o no.

Para realizar una medición es necesario seguir los pasos que a continuación se mencionan:

- 1.-Antes de realizar cualquier medición debe limpiarse perfectamente la superficie del objeto al cual vamos a medir.
- 2.-Colocar el rugosímetro sobre una superficie plana (en este caso se utilizará la mesa de granito).
- 3.-Colocar el procesador de datos en una mesa aparte de nuestra superficie plana.
- 4.-Conectar el rugosímetro al procesador de datos.
- 5.-Colocar cuidadosamente el palpador del rugosímetro.
- 6.-Colocar la pieza a medir paralela a la dirección en que se colocó el palpador.
- 7.-Encender el rugosímetro e indicar el o los parámetros que se medirán así como la longitud de la superficie de evaluación.
- 8.-Realizar la medición e imprimir los resultados en el procesador de datos.
- 9.-Repita cinco veces la medición.

Cuidados y Mantenimiento

Un rugosímetro debe mantenerse siempre en su estuche y no se debe golpear, el palpador debe manejarse con cuidado y por último colocar las piezas y aditamentos con cuidado para no estropearlos.

Es importante mantenerlo bien calibrado o por lo menos revisar periódicamente si está en buenas condiciones para efectuar las mediciones.

Su calibración puede ser llevada a cabo únicamente por los fabricantes, no es recomendable desarmarlo.

BIBLIOGRAFIA

TECNOLOGIA DEL INSTRUMENTAL DE CONTROL

Blanco, A.J.
Ed. Trillas
México, 1983

MEDICIONES EN INGENIERIA

COLLET, Charles Vincent
Barcelona 1976

PRACTICA 6

COMPARADOR OPTICO

OBJETIVO

Que el alumno:

- aprenda a identificar las partes principales de un comparador óptico,
- conozca las distintas configuraciones de estos equipos
- aprenda y practique la manera de realizar las mediciones mediante este aparato de medición.

INTRODUCCION

El equipo de medición por comparación más comúnmente utilizado en diversas industrias es el comparador óptico también conocido como proyector de perfiles ya que proporciona un excelente medio de medición de piezas pequeñas a través de la visualización de su imagen ampliada sobre una pantalla translúcida.

Como otros equipos los comparadores ópticos se han desarrollado continuamente desde que apareció el primero en 1915 hasta nuestros días.

Los comparadores ópticos se clasifican por el tipo de iluminación que emplean siendo estos: horizontal, vertical ascendente y vertical descendente.

La figura 2 muestra uno de iluminación vertical.

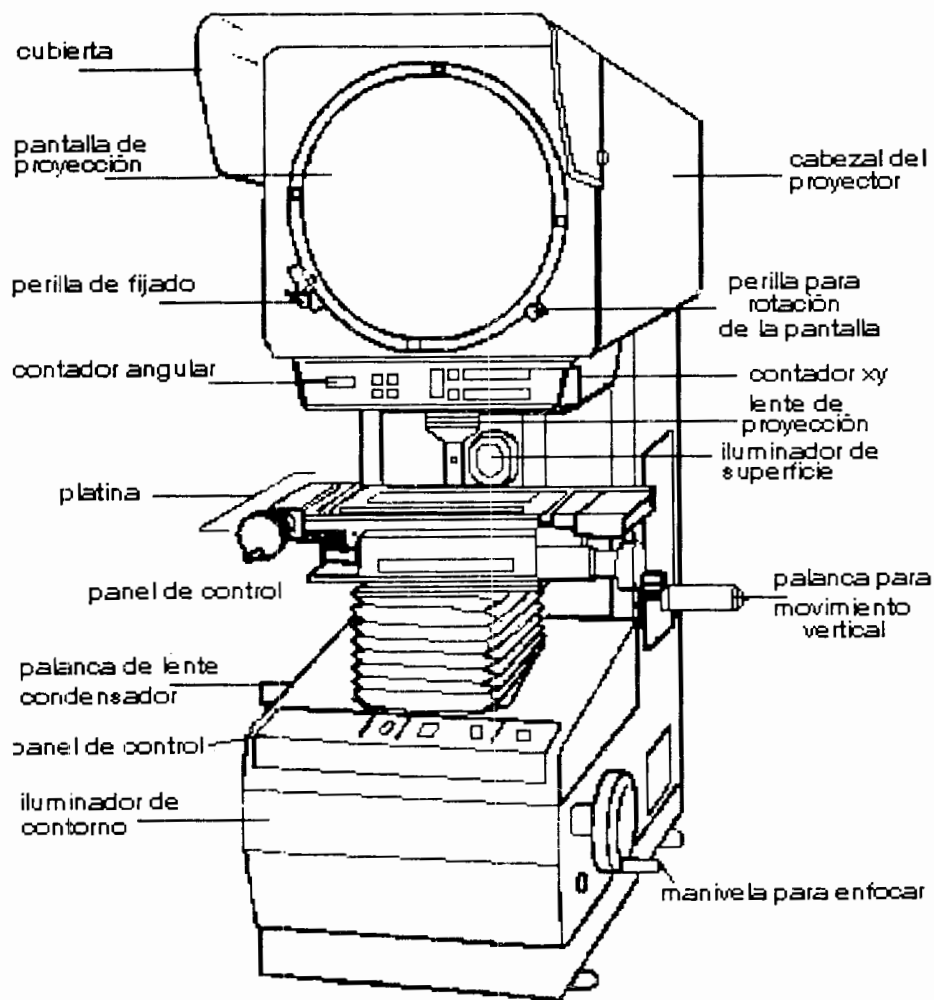


Figura 1. Partes de un comparador óptico

En los comparadores ópticos de iluminación vertical se requiere que la luz pase a través de la platina y por tanto esta en su parte central lleva un vidrio grueso cosa que no ocurre en los de iluminación horizontal.

Para facilitar el posicionamiento adecuado de piezas las platinas cuentan con ranuras en las que pueden introducirse dispositivos de sujeción o posicionamiento de piezas.

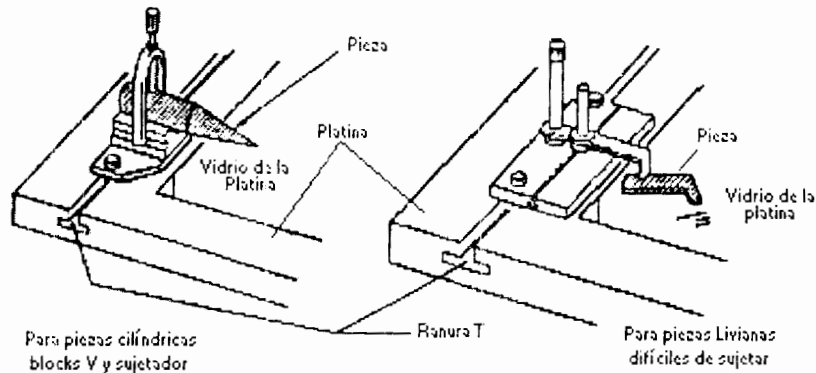


Figura 2. Comparador óptico de iluminación vertical

Los comparadores ópticos son muy utilizados ya que para mediciones de ciertos perfiles resulta frecuentemente útil usar plantillas transparentes que se colocan sobre la pantalla reduciendo la labor de medición a una simple comparación de la imagen con las líneas de las plantillas. Algunas geometrías comunes son líneas radiales, círculos concéntricos, líneas horizontales, roscas métricas, engranes entre otros.

Hojas de material adecuado en blanco están disponibles para la elaboración de plantillas especiales de acuerdo a las necesidades particulares que se tengan que resolver, un ejemplo se muestra en la figura 5, colocando la plantilla sobre la pantalla se determina si es posible acomodar la imagen dentro de la zona de tolerancia establecida.

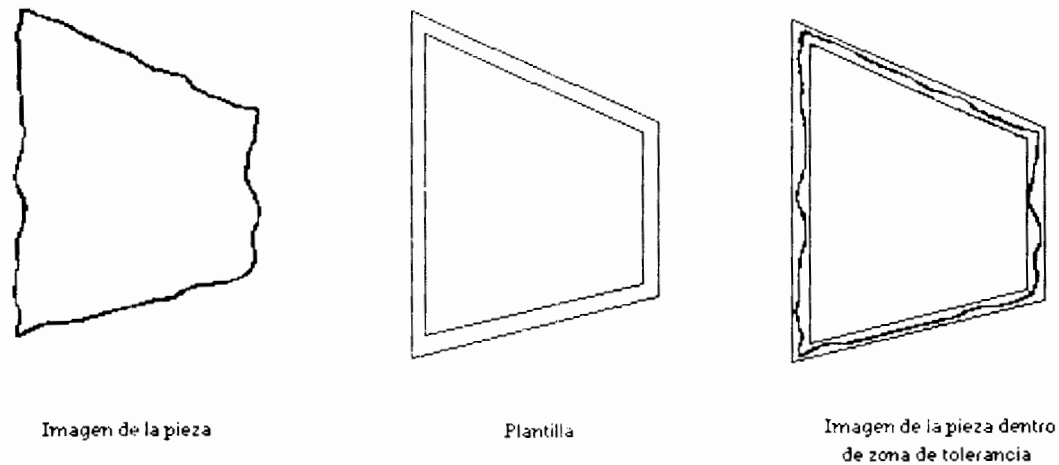


Figura 3 Uso de plantillas para el comparador óptico

DESARROLLO

Antes de proceder a cualquier medición es conveniente verificar que la pantalla que puede girar continuamente en cualquier dirección este fijada en posición de referencia . Ver fig. 4.

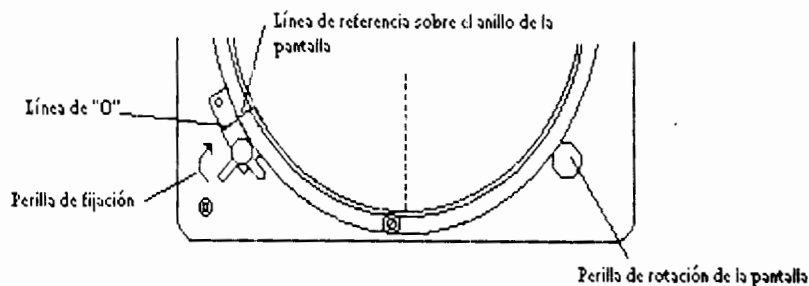


Figura 4. Pantalla en posición de referencia

Para realizar las mediciones:

- 1.- La lente de proyección a utilizar debe seleccionarse en base al tamaño de la pieza y el tamaño de pantalla, mayor amplificación requerirá una pantalla mayor. Los valores comunes de amplificación son 5, 10, 20, 50 y 100x valores que vienen marcados sobre los lentes de proyección para su fácil identificación.
- 2.- Localice sobre la pantalla dos líneas que son perpendiculares entre si. Estas líneas son las que servirán como referencia para efectuar mediciones.
- 3.- Una vez enfocada la imagen se procede a alinear algún lado de la pieza con alguna de las líneas antes mencionadas auxiliándose del desplazamiento que es posible lograr en dos direcciones mutuamente perpendiculares de la platina denominándolas eje x y eje y.
El movimiento de la platina es controlado mediante manivelas o cabezas micrométricas.
- 4.- Una vez alineada la pieza como en la figura 5.
- 5.- Tome la lectura en la posición inicial.
- 6.- Mueva entonces hasta que el otro borde de la pieza esta alineado con la misma línea de referencia como se ve en la figura y lea entonces el ancho de la pieza en la pantalla de la cabeza micrométrica.
- 7.- Tome la lectura en la posición final.
- 8.- Encuentre la diferencia entre las dos lecturas para determinar el ancho de la pieza. En este tipo de cabezas la lectura se toma en la misma forma que la de un micrómetro convencional.

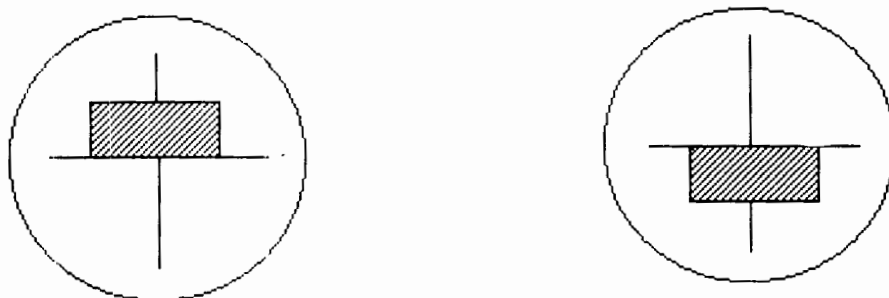


Figura 5. Modo de alinear y realizar la medición de una pieza

Para determinar la longitud de la pieza se procederá de la misma forma utilizando esta vez la línea de referencia vertical y la otra cabeza micrométrica o manivela.

En los comparadores ópticos de iluminación horizontal se cuenta con una cabeza micrométrica o manivela por lo que es necesario utilizar un indicador de carátula o electrónico convenientemente colocado para efectuar mediciones en la otra dirección

Al utilizar cabezas micrométricas se tiene limitación de desplazamiento máximo de 50 mm razón por la cual para medir piezas se requieran un desplazamiento mayor al permitido por la

platina será necesario insertar un bloque patrón de una dimensión adecuada entre el tope del husillo de la cabeza micrométrica y el correspondiente tope de la platina

Para mediciones con la pantalla goniométrica:

- 1.- Cerciérese de que está ajustada a cero.
- 2.- Utilice el movimiento de la platina de modo que quede alineado uno de los bordes de la pieza con una de las líneas de referencia de la pantalla.
- 3.- Mueva la platina en la dirección x como es mostrado en la figura 6
- 4.- Gire la pantalla para alinear el otro borde del ángulo con la misma línea de referencia utilizada en el paso anterior.



Figura 6. Medición con la escala goniométrica

- 5.- Tome la lectura sobre la pantalla goniométrica si no está la pantalla ajustada a cero será necesario tomar la lectura inicial y la final siendo el ángulo medido la diferencia entre estas dos lecturas. Es importante determinar en que dirección giramos la pantalla goniométrica.

Cuidados y mantenimiento

- Se recomienda no tocar la parte óptica ya que se podría descalibrar el aparato.
- Mantener siempre limpia la pantalla, en caso de estar sucia limpiarla con una franela húmeda.
- Para verificar si esta realizando la ampliación adecuada se requieren dos reglas de cristal una diez veces mayor que la otra, se coloca la pequeña en la platina y se verifica que cada línea de la escala proyectada en la pantalla coincida con cada línea de la escala de la regla mayor.

BIBLIOGRAFIA

TECNOLOGIA DEL INSTRUMENTAL DE CONTROL

Blanco, A.J.
Ed. Trillas
México, 1983

INSTRUMENTOS DE MEDICION Y CONTROL

Alberto Rodríguez
Ed. Continental
México, 1966

PRACTICA 7

MAQUINA DE MEDICION POR COORDENADAS

OBJETIVO:

Conocer el manejo de la máquina de medición por coordenadas (MMC).

INTRODUCCION:

El rápido desarrollo y expansión de las industrias ha engendrado la necesidad de una mejora en la funcionalidad, mayor eficiencia y más versatilidad en los sistemas de medición. Debido a esos desarrollos tecnológicos y demandas industriales, las Máquinas de Medición por Coordenadas (MMC) son ahora usadas extensivamente en la industria como un instrumento de medición poderoso y versátil. Es un instrumento indispensable usado en las secciones de control de calidad que persiguen un aumento de la eficiencia y de la exactitud en las mediciones dimensionales, geométricas y de contornos.

La MMC, es un aparato muy versátil y completo, ya que también recibe el nombre de Máquina de Medición Universal, por su gran capacidad y rapidez de medición, esto quiere decir que la máquina puede realizar los trabajos de medición más sofisticados en un tiempo muy reducido y sus ventajas son: de que una persona puede realizar un trabajo de medición con menos tiempo del que lo harían varias personas con herramientas convencionales.

La MMC puede sustituir cualquier herramienta de medición convencional, puede hacer las veces de un comparador óptico, de un microscopio de taller, de un medidor de alturas, etc.

Otro uso de la MMC de gran importancia es la capacidad que tiene la máquina para ser conectada a una PC y por medio de programas de diseño elaborar los planos de piezas irregulares (Reingeniería).

Perfil de las máquinas de medición por coordenadas

La Máquina de Medición por Coordenadas (MMC) puede ser definida como "una máquina que emplea tres componentes móviles que se trasladan a lo largo de guías con recorridos mutuamente perpendiculares para medir una pieza por la determinación de las coordenadas X, Y y Z de los puntos en la pieza, con un palpador de contacto o sin contacto y sistemas de medición del desplazamiento (escalas), que se encuentran en cada uno de los tres ejes mutuamente perpendiculares". Como las mediciones están representadas en el

sistema tridimensional de coordenadas, la MMC puede efectuar muchos tipos diferentes de mediciones tales como dimensional, posicional, desviaciones geométricas y mediciones de contorno.

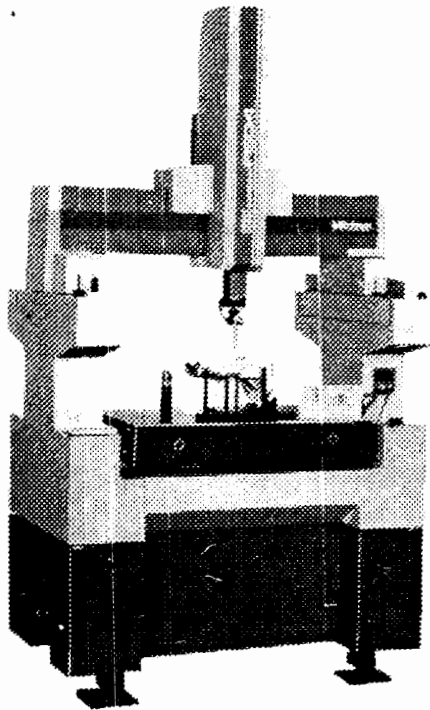


Figura .1 MMC

Clasificación por estructura

Diferentes estructuras de MMC están disponibles para satisfacer diferentes requerimientos de maniobrabilidad, rango de medición y exactitud. Las características de cada tipo son descritas a continuación.

1.-Tipo de Puente Movable

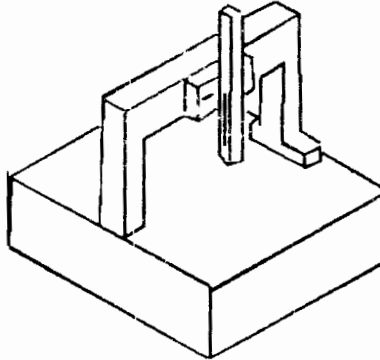


Figura 2. Tipo puente movable

El eje Z se mueve en dirección vertical. El carro que guía el eje se mueve en la dirección del eje X a lo largo de la viga horizontal que es perpendicular al eje Z y que está soportada en ambos extremos por dos columnas. La viga y las columnas forman un "puente" que se mueve en la dirección del eje Y a lo largo de dos guías que están en un plano horizontal y perpendicular los ejes X y Z (los ejes X y Y pueden estar invertidos dependiendo del fabricante).

Características

El tipo de puente móvil es la estructura más popular de las MMC. Como la viga es sostenida en sus dos extremos, la flexión de ella es mínima dando mayor exactitud que el tipo voladizo (cantilever). Moviéndolo a uno de los extremos de la MMC se hace un espacio muy amplio que facilita mucho la carga/descarga de las piezas de trabajo, ya que no existen obstáculos en la mesa de medición. Además tiene la ventaja de que esta serie de MMC con diferentes rangos de medición pueden ser fabricadas sin cambio del diseño, únicamente extendiendo la mesa de medición en su dirección longitudinal (eje Y).

Sin embargo, el peso del puente tiene una inercia grande lo que hace que mover el palpador manualmente sea un poco difícil. Otra desventaja es que cuando se usa MMC con un rango de medición grande en la dirección longitudinal, el operador debe pararse a un lado de la máquina durante la medición y las columnas le restan maniobrabilidad. Para hacer frente a esos problemas, las máquinas grandes usan el mando por motor en cada eje para el movimiento por control remoto.

2.-Tipo Puente-Mesa

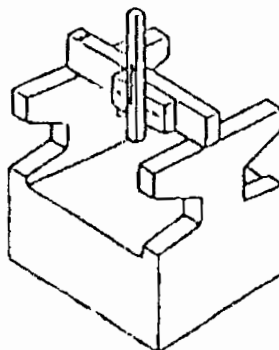


Figura 3. Tipo puente mesa

El eje Z se mueve en dirección vertical. El carro que guía el eje se mueve en la dirección del eje X a lo largo de la viga que es perpendicular al eje Z. La viga se mueve en la dirección del eje Y a lo largo de dos guías que están en un plano horizontal. Las guías están colocadas sobre las bases en el extremo superior de dos columnas que están fijas a la base de la máquina.

Características

En este tipo, así como en el tipo de puente móvil la viga es sostenida en ambos extremos, de tal manera que la flexión de la misma es mínima, proporcionando una exactitud mayor que la de tipo voladizo (cantilever), como solo la viga es movida en la dirección menor que la del puente completo, la operación manual es más fácil que la del tipo puente móvil.

3.-Tipo Puente-Piso (Puente Pórtico)

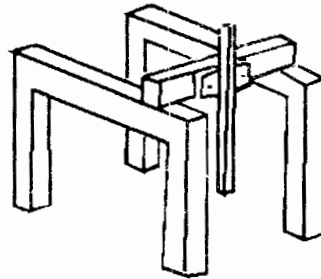


Figura4. Tipo puente piso

Esta estructura es la misma que la del tipo puente móvil, con excepción de que está directamente en el piso con un asentamiento firme, proporcionando una rigidez mucho mayor que el de puente sobre columnas. Esta estructura es empleada en MMC comparativamente grandes (los ejes X-Y pueden estar invertidos dependiendo del fabricante).

Características

Este tipo generalmente tiene un rango de medición grande y el operador trabaja en el espacio dentro de la estructura del puente. Como los miembros móviles son pesados, cada eje es movido por un motor. En algunos tipos extra-anchos, un mando dual (es decir, un sistema de mando en cada lado de la viga) es usado con el objeto de prevenir un movimiento irregular o brusco de la viga, que pueda afectar la exactitud de la medición. Sin embargo, la cimentación, por fuerte que sea, sufre cambios con el tiempo. Las columnas soporte deben ser inspeccionadas periódicamente, para ver si están movidas y ajustarlas de ser necesario.

4.-Tipo Puente Fijo

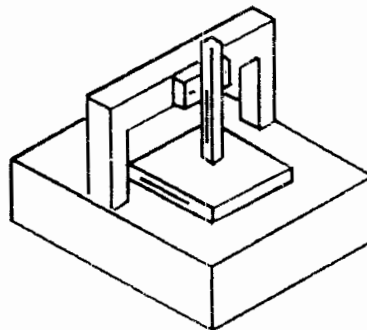


Figura 5. MMC puente fijo

El eje Z se mueve en la dirección vertical. El carro que guía el eje se mueve en la dirección del eje X a lo largo de la viga horizontal que es perpendicular al eje Z y soportado en ambos extremos por dos columnas. Las dos columnas que soportan la viga están fijas en la base de la máquina. La mesa de medición se mueve en la dirección del eje Y, a lo largo de una guía que está en el plano horizontal y perpendicular a los ejes X y Z.

Características

Al contrario de los tipos mencionados anteriormente, el tipo de puente fijo no tiene movimiento en el puente y su viga. Esto permite que la viga sea diseñada para una rigidez máxima para proporcionar una alta exactitud. Por esta razón las MMC de alta exactitud emplean la estructura de puente fijo. Cada eje es movido por un motor para asegurar exactitud en el desplazamiento y también porque la operación manual es difícil, ya que tanto el palpador como la pieza de trabajo deben ser movidos para la medición.

4.-MMC Manual

En la MMC de tipo manual, el operador mueve el palpador a lo largo de los ejes X, Y y Z con la mano.

Para asegurar la exactitud de la medición, los siguientes puntos deben ser tenidos en mente cuando se use una MMC manual

a) Cuando un palpador rígido tal como un palpador con punta de bola, o un palpador cilíndrico sea usado, asegúrese de aplicar una fuerza de medición mínima y uniforme.

b) Cuando tome mediciones sosteniendo el palpador, una aceleración excesiva puede ocasionar que los miembros estructurales y axial de la MMC se flexionen resultando en errores en la medición. Para evitar este problema cuando use un palpador de señal de contacto, baje la velocidad del husillo cuando el palpador esté cerca del punto de contacto. Cuando esté lo suficientemente cerca (unos 2 mm) del punto, sostenga el palpador con ambas manos y lentamente traiga la punta del palpador al contacto con la pieza de tal forma que una fuerza de medición constante sea aplicada.

El requerimiento en el punto (a) puede ser satisfecho usando un palpador de señal de contacto que va a proporcionar una fuerza de medición constante de acuerdo a sus características. Para el punto (b), es necesario practicar las mediciones a diferentes velocidades del palpador.

Componentes de la MMC

La unidad principal de la MMC consiste en componentes y miembros con una estructura rígida. Esta sección hace un resumen de los siguientes componentes funcionales.

- * Guía axial
- * Sistema de medición del desplazamiento (escala)
- * Mecanismo de alimentación (para CNC y MMC accionadas con motor)
- * Mecanismo de elevación de la mesa
- * Mesa giratoria

1.-Mecanismo de guías axiales.

Las guías axiales de las MMC tienen superficies guía maquinadas con exactitud a lo largo de las cuales los cojinetes adaptados al elemento móvil se deslizan. Tipos típicos de mecanismos guía adaptados a una MMC son los siguientes:

- Guía con cojinete de aire
- Guía con cojinete de rodillos

- Guía de bola o rodillos

a) Guía de cojinete de aire.

La figura exhibe las estructuras típicas del cojinete de aire. El funcionamiento de un cojinete de aire es generalmente expresado por su capacidad de carga y rigidez

f= Capacidad de carga: la carga que un cojinete puede soportar (unidad: kgf)

= Rigidez: la razón de la carga en el cojinete al desplazamiento resultante (unidad: kgf/micro-metro)
el rango de capacidad de carga del cojinete de aire donde la máxima rigidez es obtenida, puede ser determinada por una gráfica carga-juego.

Bases del sistema de procesamiento de datos de las MMC

Términos básicos

1) Alineación del eje y del plano.

Las dimensiones de las piezas de trabajo deben ser determinadas en la dirección especificada en los dibujos de ingeniería. Por esta razón, las dimensiones usando una mesa para verificación requiere que el plano de referencia de la pieza a medir sea puesto paralelo con la superficie de la mesa (nivelando) y el eje de referencia de la pieza de trabajo debe ser alineado con la dirección de la medición (alineación del eje). La computadora de la MMC efectúa todos estos alineamientos estableciendo un sistema de coordenadas de la parte (descrita posteriormente) con referencia a las características de la pieza, eliminando la necesidad de mover la pieza a verificar.

2) Punto medido

Las unidades de procesamiento de datos de la MMC usa comandos para especificar diferentes tipos de mediciones; tales como, ángulos, coordenadas de centros de agujeros, etc. Cada comando requiere que un número específico de puntos en la pieza de trabajo sean medidos. Cuando el número requerido de puntos ha sido medido, un punto es determinado normalmente junto con dimensiones y otras mediciones. Este punto es referido como el "punto medido". Algunos comandos no determinan un punto medido (por ejemplo la medición del ancho), y otros comandos determinan dos puntos medidos (por ejemplo la medición de un cilindro).

3) Plano de referencia y eje de referencia

El plano de referencia de una pieza de trabajo corresponde al plano de proyección en un dibujo de ingeniería. Sirve como el plano base hacia el cual los puntos medidos son proyectados para tipos específicos de procesamiento de datos. Por ejemplo, si un agujero cilíndrico es perpendicular al plano de referencia, cualesquiera puntos medidos en la superficie del cilindro son proyectados hacia el plano de referencia como punto, formando un círculo en el cual el procesamiento de datos es efectuado. Los ejes X, Y, y Z son llamados ejes de referencia por conveniencia. Con el objeto de expresar la relación entre el plano de referencia y los ejes de referencia, los ejes son designados como el primero, el segundo y el tercero respectivamente. La relación entre los ejes de referencia y al plano de referencia se enseñan a continuación.

Sistemas de coordenadas

1) Sistema de coordenadas de la máquina

El sistema de coordenadas de la máquina consiste de los ejes X, Y y Z de la MMC en sí misma y es usado como referencia para determinar el desplazamiento a lo largo de cada eje de la MMC, almacenamiento de los datos de las coordenadas en la unidad de procesamiento de datos y operaciones CNC. En general, el origen de la máquina (el origen del sistema de coordenadas de la máquina) es la posición del palpador en el momento en que la MMC es puesta a funcionar. Este origen puede ser alterado subsecuentemente midiendo un Master Ball o el Bloque de punto de

origen, el que se fijado a la mesa de medición. Para las MMC CNC, el origen de la máquina es colocado en un punto determinado por el programa.

2) Sistema de coordenadas de partes

Para las mediciones, es necesario establecer un sistema de coordenadas, independiente del sistema de coordenadas de la máquina, usando la superficie de referencia de la pieza de trabajo. Este es llamado "sistemas de coordenadas de partes" y puede ser definido de acuerdo al dibujo mediante medición de las superficies y características, datos de la pieza a verificar. El sistema de coordenadas de la parte es establecido por nivelación y alineación de la pieza de trabajo con el eje de medición. Una vez que el sistema de coordenadas de la parte está establecido, el dato de la medición de ahí en adelante es representado por las coordenadas en el sistema de coordenadas de la parte. Por lo tanto es importante el poner el sistema de coordenadas de la parte que mejor se adapte a los trabajos que la medición requiere, con referencia al dibujo.

3) Origen de referencia

El origen de la máquina es automáticamente puesto en la posición central del palpador en el momento en que es puesta la energía a la MMC. Si una operación de medición involucra cambios en las orientaciones del palpador, desplazamientos del palpador o el uso de múltiples palpadores, el origen de la máquina debe ser reespecificado o desplazado, con el objeto de permitir mediciones que requieren el uso de diferentes palpadores u orientaciones que van representadas en un sistema de coordenadas. El origen de la máquina puede ser especificado por la medición de una referencia de punto de origen, tal como la esfera maestra o el bloque de punto de origen, que es fijado a la mesa de medición.

Función de memoria

Los datos de la medición pueden ser almacenados y llamados en cualquier momento.

Función de enseñanza

La función de enseñanza es usada para almacenar una secuencia de procedimientos de medición. Los procedimientos de medición pueden ser llamados al ser requeridos. Esta función es especialmente útil cuando se ejecutan mediciones repetidas de piezas de trabajo de un mismo lote.

1) Modo de aprendizaje

En el modo de aprendizaje, procedimientos de operaciones secuenciales que son usadas para medir una pieza de trabajo, son almacenadas como programa de la parte en un archivo. Estos procedimientos de operación pueden ser llamados en el modo de repetición.

2) Modo de repetición

En el modo de repetición, los procedimientos de medición que han sido almacenados como programa de la parte, son llamados para ejecución del programa. Para ejecutar el programa de partes, el operador únicamente tiene que especificar el número de programa de la parte y después introducir los puntos medidos. No es necesario que se usen los comandos del teclado como salida.

3) Función de edición

Esta función es usada para modificar un programa de partes en el archivo previamente creado, o crear procedimientos de medición a través de las entradas por medio del teclado únicamente, sin ejecutar realmente las mediciones. Estos procedimientos también pueden ser almacenados como programa de partes en un archivo.

Software

El software usado para las mediciones de la MMC y procesamiento de datos es dado a continuación.

1) Programas de medición

- Programas de medición para propósitos generales (programas estándar más programa de tolerancia)
- Programa de medición de contornos

2) Programas de procesamiento de datos medidos

- Programa de procesamiento estadístico
- Programa de generación de certificados de inspección.
- Programa de generación de certificados de inspección universal.

Programa de medición para propósitos generales Geopak

Este es un programa para medir coordenadas, dimensiones y desviaciones geométricas en piezas de trabajo tales como partes maquinada, dados y productos de fundición en moldes. Este programa tiene muchas funciones que son accesibles a través de una variedad de comandos. Las funciones básicas incluyen:

- especificaciones del diámetro de la punta del palpador
- especificación del plano de referencia (plano de proyección)
- medición de planicidad
- medición de punto
- medición de círculo.

Las combinaciones de estas funciones básicas lleva a varias tareas tales como medición dimensional, puesta del sistema de coordenadas (que requiere alineamiento del plano, del eje y el fijado del origen) y creación del programa de partes.

Programa de medición para contornos Scanpak

Este programa es usado para medir contornos de superficies curvas de piezas de trabajo tales como hojas de turbina, levas, dados y productos de fundición de hierro. Los puntos de medición son representados por una serie de datos de coordenadas para ser usados para evaluación de contornos.

1) Entrada de datos

Los siguientes tres métodos de entrada de datos son usados para medición de contornos:

- entrada continua mediante barrido
- entrada por medición de punto a punto
- entrada de datos mediante archivo

2) Impresión de los resultados de tolerado usando datos nominales (diseño) y límites de tolerancia.

Si los datos de diseño están disponibles, los siguientes tres métodos de cálculo de tolerado pueden ser usados para hacer juicios pasa/no pasa:

- tolerado en la dirección axial
- tolerado en la dirección normal al diseño contrario del contorno
- tolerado a un paso angular constante

3) Salida de resultados a la unidad de monitor gráfico y graficadora

Un dibujo de los contornos medidos, contornos del diseño y zonas de tolerancia puede sacarse hacia el graficador con las desviaciones amplificadas a una cantidad específica para un análisis rápido y fácil. Si el sistema incluye un monitor y una graficadora, el contorno y tolerancia pueden ser visualizados y los resultados numéricos de tolerado pueden ser impresos.

Además de hacer mediciones de contorno, El Scanpak puede usar sistemas diferentes de coordenadas para medir levas cilíndricas, cuerpos de revolución, etc.

Palpadores y accesorios para la MMC

Palpadores

La selección del palpador óptimo de acuerdo a la labor de medición que se va a desarrollar es una clave para obtener el mejor funcionamiento de una MMC. La exactitud de la medición y la eficiencia de que es capaz una MMC depende mucho del palpador seleccionado.

1) Palpador de punta de bola

Este es un palpador estándar para la MMC y tiene el rango más amplio de aplicaciones. La típica bola de la punta del palpador está hecha de carburo con un diámetro de 2 a 10 mm.

2) Palpado cónico

Este palpador es usado para determinar la localización de agujeros. Debido a que los palpadores cónicos pueden determinar únicamente coordenadas bidimensionales, la superficie de la pieza a verificar que tiene agujeros para ser medidos debe nivelarse antes de tomar las dimensiones.

3) Palpador cilíndrico

Este palpador se usa para medir placas delgadas. Igual que el palpador cónico, el palpador cilíndrico puede determinar únicamente coordenadas en dos dimensiones por los que la pieza a verificar debe ser nivelada antes de tomar las mediciones.

4) Palpador universal

Este es una clase de palpador con punta de bola en el cual la orientación de la punta puede ser cambiada para medir caras inclinadas o laterales de una pieza de trabajo.

5) Palpadores para propósitos especiales

Existen varios palpadores para propósitos especiales, tales como un palpador con punta semiesférica para medir contornos de superficies, un palpador con mordazas capaz de sujetar una punta opcional o un palpador con punta usado para trazar. Para medir agujeros profundos, palpadores con un zanco largo son frecuentemente usados.

6) Palpador TTP de señal de contacto

Este es un palpador de señal de contacto de gran exactitud de Zeiss. Zeiss usa este tipo de palpador en sus MMC que son capaces de hacer trabajo de medición de barrido.

7) Palpador de barrido MPP-2

El palpador de barrido MPP-2 es un palpador de detección de desplazamiento tipo contacto, tiene interconstruido un cojinete de aire y escalas lineales. El desplazamiento de la punta detectado por las escalas lineales del palpador es retroalimentado al sistema MMC, permitiendo una medición de barrido de la superficie de las piezas

Las características principales del palpador de barrido MPP-2 incluyen:

- a) capacidad de trazo de superficies de piezas de trabajo, este aumenta grandemente la eficiencia de la medición de contornos comparado con el método de medición convencional de punto a punto
- b) no existe ninguna necesidad de programar el camino recorrido para trazar la superficie de las piezas
- c) las señales de detección son accionadas en todas las direcciones bajo una fuerza constante de medición, permitiendo que la superficies curvas sean medidas con exactitud.

DESARROLLO

I Introducción

- 1.- Definición
- 2.- Tipos de MMC
- 3.- Usos
- 4.- Partes principales

II Puesta de condiciones iniciales para el uso de la MMC

- 1.- Medida del palpador
- 2.- Establecimiento de unidades en las que trabajará la máquina
- 3.-Alineamiento
- 4.- Uso del submenú learn
- 5.- Uso del submenú Run

III Explicación de las distintas rutinas con las que cuenta la MMC

IV El alumno realizará las siguientes operaciones:

- 1.- Establecimiento del origen
- 2.- Distancia de una recta
- 3.- Distancia entre centros de dos círculos
- 4.- Espesor
- 5.-Escalonamientos

BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DEL USUARIO DE LA MMC
DE BROWN & SHARP
1990



G-

612343

PRACTICA 8

CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO

OBJETIVO:

Que el alumno se familiarice con los conceptos del control estadístico de proceso así como con los dispositivos para procesamiento estadístico de datos medidos.

INTRODUCCION:

ESTADISTICA MATEMATICA

La estadística matemática trata de la teoría y aplicación de métodos para coleccionar datos estadísticos, analizarlos y hacer deducciones a partir de ellos. Los datos estadísticos pueden consistir de números arreglados en forma tabular o de representaciones gráficas.

Etapas de una investigación estadística.

Aún cuando los tipos de problemas a los cuales puede aplicarse la estadística matemática son bastante heterogéneos, en muchos casos los pasos de una investigación estadística son los mismos.

1ª etapa: Formulación del problema. Para investigar con éxito un problema dado, primero tenemos que crear conceptos precisos, formular preguntas claras e imponer limitaciones adecuadas al problema, tomando en cuenta el tiempo y dinero disponibles y la habilidad de los investigadores.

2ª etapa: Diseño del experimento. Nuestro deseo es obtener un máximo de información empleando un mínimo de costo y tiempo. Esto implica, entre otras cosas, que debemos determinar el tamaño de la muestra o la cantidad y tipo de datos que resolverán más eficientemente el problema. A la vez, este tamaño será afectado por el método matemático empleado en la última etapa (etapa 5) y tenemos que seleccionar este método al igual que uno para muestrear. Con respecto al último, debemos observar que no es fácil obtener selecciones que sean completamente aleatorias. Existe el peligro de que una selección pueda ser preferida en alguna forma. Se han propuesto varios métodos para vencer esta dificultad y se han usado en la práctica.

3ª etapa: Experimentación o colección de datos. En general, esta parte es la que consume más tiempo de toda la investigación que sea realizada; debe sujetarse a reglas estrictas.

4ª etapa: Tabulación y descripción de los resultados. En esta etapa los datos experimentales se ponen en forma legible y se ilustran con representaciones gráficas (diagramas, gráficas de barra, etc.); además se calculan medidas descriptivas para el tamaño promedio y la separación de los valores de la muestra. Los procedimientos correspondientes son simples y son tratados a través de la Estadística Descriptiva.

5ª etapa: Inferencia estadística y formalicen de la respuesta. Al aplicar el método estadístico seleccionado en la etapa 2 obtenemos conclusiones, a partir de la muestra, acerca de la población correspondiente (inferencia estadística) y formulamos la respuesta a nuestro problema.

No existe una fórmula en estadística matemática que tome en cuenta todas las situaciones prácticas concebibles. Por lo cual es necesario adquirir conocimientos generales de los métodos más importantes que sean útiles para hacer inferencias. En cada caso práctico debe estudiarse con cuidado la naturaleza del problema específico, para estar seguros de que será seleccionado el método más apropiado, a través de la Estadística de tipo Inferencial.

CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS

El Control Estadístico de Procesos (CEP) es una colección de técnicas a ser usadas en el mejoramiento de cualquier proceso, involucra la colección de datos relacionados a un proceso y

representaciones gráficas de los datos para su análisis. Estas técnicas incluyen: histogramas, gráficas de control (variables y atributos), análisis de capacidad, diagrama de Pareto, diagrama de causa y efecto, tormenta de ideas, diagrama de dispersión, hojas de verificación y diagramas de flujo.

El control estadístico de procesos tiene como finalidad el auxilio en la percepción de tendencias en los procesos, de manera que pueda predecirse su comportamiento en el plazo inmediato y se puedan tomar acciones correctivas a las causas de variación y establecer medidas preventivas permanentes, que además de evitar la producción de artículos o trabajos defectuosos, permitan ir mejorando el proceso gradualmente. La información que proporcionan las técnicas empleadas tiene validez probabilística basada en la historia del proceso.

Puede decirse que el control estadístico de procesos es básicamente la forma de acumular conocimientos y experiencia, de una manera coherente y consistente en relación al comportamiento de un proceso, para estar en condiciones de modificar los factores de entrada que permitan obtener un resultado conforme a las expectativas.

Es muy importante señalar tres conceptos básicos para el Control Estadístico de Procesos:

- 1.- El estado de control estadístico no es natural para un proceso productivo, más bien, ello es un logro alcanzado por la eliminación de las causas de variación, una por una.
- 2.- El control estadístico debe usarse para alcanzar la mejora continua de los procesos más que el simple cumplimiento de las especificaciones.
- 3.- La mejora continua de los procesos se deriva del uso permanente de cartas (gráficas) de control, de su adecuada interpretación y del uso de la información que de ellas se deriva para instituir los controles de proceso necesarios.

El Control Estadístico de Procesos se enfoca a la prevención de problemas, en lugar de su detección. El control a través de la detección descansa fundamentalmente en algún tipo de inspección que separa el producto malo del bueno. Esto representa gastos adicionales puesto que existe la necesidad de agregar trabajo en reparar el producto, cuando ello es factible, o bien desecharlo. Los ajustes al proceso se efectúan en base a la información proporcionada por el producto reparado o desechado.

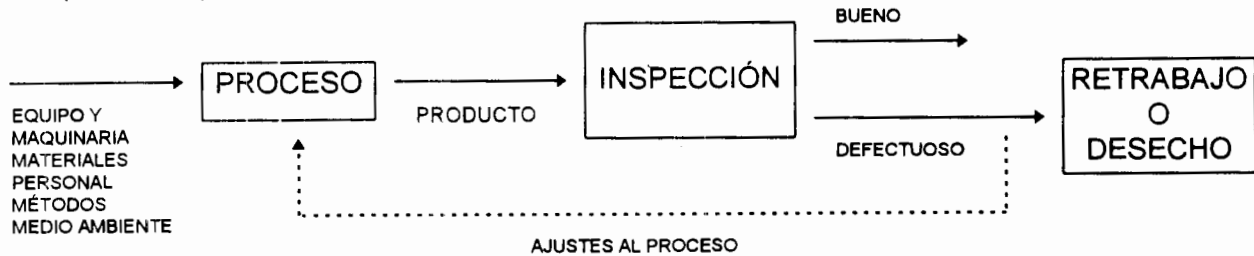


Figura 1. Control del proceso a través de la detección.

Es mucho más deseable un sistema de monitoreo que permita identificar los ajustes necesarios para eliminar la posibilidad de fabricar productos inaceptables. Este sistema se esquematiza en la figura 2.

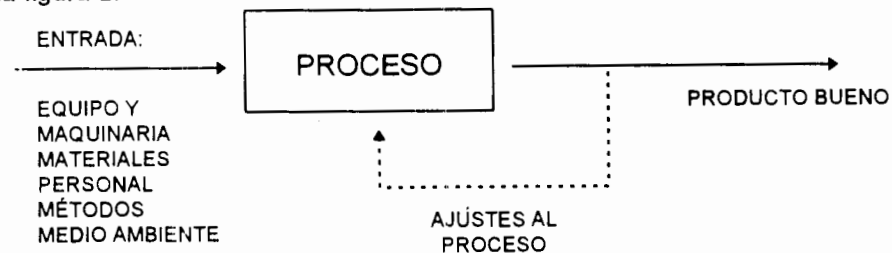


Figura 2. Control Estadístico de Procesos en su forma ideal.

CONCEPTO DE VARIACION

El concepto de variación implica que nunca habrá dos cosas perfectamente idénticas, aún cuando se tenga un extremo cuidado en hacerlas idénticas. La variación es un hecho de la naturaleza y un hecho de la vida industrial. El despreciar la existencia de la variación (o razonar falsamente que es pequeña) puede conducir a decisiones incorrectas en problemas importantes. La estadística ayuda a analizar adecuadamente los datos y extraer conclusiones, teniendo en cuenta la existencia de la variación. Podría parecer que una variación muy grande en los datos impide aplicar los métodos estadísticos; sin embargo, es en este caso cuando dichos métodos ofrecen mayores probabilidades de uso.

TIPOS DE DATOS

Los datos son la información que se obtiene acerca del comportamiento del proceso y se desean graficar, con la finalidad de obtener información estadística y poder analizar las tendencias. Existen dos clases de datos: variables y atributos. Es necesario distinguir los tipos de datos con la finalidad de seleccionar que tipo de gráfica se va a emplear ya que los métodos estadísticos para analizar variables son distintos de los necesarios para los atributos. En general, puede obtenerse mucha más información cuando los datos están en forma de variables. No obstante, se dispone de métodos estadísticos para analizar datos en ambas formas.

- **Datos variables** También se denominan datos continuos. Son datos sobre una característica que es medible y puede tomar cualquier valor a lo largo de cierto intervalo. Pueden ser expresados en unidades básicas de : distancia, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura, intensidad luminosa, etc.

- **Datos por atributos.** También se denominan datos discretos. Son datos sobre una característica que sólo puede tomar ciertos valores precisos. Al juzgar datos por atributos se verifica si una determinada característica está o no presente, o cual de dos características antagónicas entre sí está presente en lo que se está juzgando. Los datos por atributos se resumen en dos alternativas, por ejemplo: bueno - malo, pasa - no pasa, igual al patrón - diferente al patrón, etc.

Existen dos tipos de datos por atributos:

- a) *Defectos:* son imperfecciones encontradas en el producto (como podrían ser poros, ralladuras, manchas partículas de polvo en la pintura, etc.). En este caso se registra el número de defectos por artículo producido, debiéndose interpretar como producto siempre la misma unidad. Lo característico de los datos por defectos es que puede existir más de un defecto por unidad; entonces, su registro estará dado en defectos/unidad. Los datos por defecto deberán referirse siempre al mismo tipo de defecto, para que la información sea de utilidad. El número de defectos se especifica mediante la letra "c".
- b) *Defectuosos:* ello se refiere al número de piezas defectuosas; esto es, que el artículo completo es inaceptable debido a la aparición de uno o más defectos. Por ejemplo: un circuito que no opera, una flecha con menor diámetro al especificado, una pieza rota, etc. Lo característico en este caso es que no pueden existir más defectuosos que piezas. El número de piezas, unidades o artículos defectuosos se simboliza con "np".

DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS

Las piezas o individuos son diferentes entre sí. Con la finalidad de agruparlos para conocer el comportamiento de la población en función de un muestreo o del total en ella, se pueden agrupar en intervalos de clase; esto es, establecer una cantidad de clases y agrupar cada pieza dentro de

su clase más próxima, para formar con ellas una distribución de frecuencias. Para un número finito de intervalos de clase, la distribución de frecuencias estará dada por un histograma, del cual cada barra representa un intervalo de clase. Cuando la cantidad de clases se extiende a un número infinito y por lo tanto los intervalos de clase tienden a cero, el histograma toma la forma de curva continua o distribución de frecuencia de variable continua.

Aunque una gráfica de distribución de frecuencias proporciona bastante información, es necesario tener algunas descripciones numéricas de cómo están distribuidos los datos; tales descripciones numéricas dan una idea del valor de los datos alrededor del cual tienden a aglomerarse las medidas o proporcionan una idea de la dispersión o variabilidad de ellas. En el primer caso se denominan medidas de tendencia central y, en el segundo, medidas de dispersión.

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Son denominadas así porque tienen la característica de ser valores típicos o representativos de un grupo de datos y una vez arreglados éstos de acuerdo a su magnitud, tienden a estar en la parte central de la serie. Estas medidas de tendencia central proporcionan un valor numérico único que representa al grupo de datos.

Media aritmética muestral.- Es el promedio aritmético de todos los valores de la muestra, se representa por \bar{X} y se calcula mediante la expresión:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X}{n}$$

Donde $\sum X$ = la suma de los valores de las muestras
 n = número de piezas en la muestra.

Media poblacional.- Se denota con la letra griega μ . Es el mismo concepto de la media muestral, pero aplicado a toda la población.

Moda.- Es el valor que ocurre con mayor frecuencia en la distribución. La moda puede no existir y puede aún ser más de una. Así pues, para el grupo de valores mostrados a continuación la moda es 6, ya que aparece el mayor número de veces en el grupo.

4 5 5 6 6 6 7 7 8

Mediana.- El valor respecto al cual la mitad de los valores son inferiores y la otra mitad, superiores. Este valor se denota con la letra M . En el siguiente grupo de valores, la mediana es 9:

4 5 7 8 9 10 14 20 25

Cuando la cantidad de valores es par, convencionalmente se toma la media aritmética de los dos valores medios. Así, en el siguiente grupo de valores, la mediana es:

4 5 10 15 20 22 26 28 30 34

$$M = \frac{22 + 20}{2} = 21$$

MEDIDAS DE DISPERSION

Otro valor característico o representativo de un grupo de datos que nos proporciona buena información acerca del agrupamiento es una medida de la variabilidad o dispersión de los valores alrededor de la medida de tendencia central. Las medidas de dispersión más usadas son el rango, la varianza y la desviación estándar.

Rango.- Se representa por la letra R. También se denomina amplitud. Es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo en un grupo de piezas. Idealmente debería ser cero, lo que indicaría que el proceso no tiene variación alguna. Es sencillo de calcular pero es inexacto ya que no refleja cambios en los valores intermedios, únicamente en los extremos.

Varianza muestral.- Se representa como S^2 . La varianza de una muestra de N observaciones, se define como la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones respecto a su media, dividida entre (n-1), esto es:

$$S^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}$$

n = tamaño de la muestra

Varianza poblacional.- se representa por σ^2 . Se define como la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones respecto a su media μ , dividida entre N. Esto es:

$$\sigma^2 = \frac{(X_1 - \mu)^2 + (X_2 - \mu)^2 + \dots + (X_n - \mu)^2}{N} = \frac{\Sigma(X - \mu)^2}{N}$$

N = tamaño de la población

Desviación estándar muestral.- Se representa por S. Se define como la raíz cuadrada de la varianza muestral.

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Desviación estándar poblacional.- Se representa por σ . Se define como la raíz cuadrada de la varianza poblacional.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \mu)^2}{N}}$$

El valor mínimo al que tendería una desviación estándar sería cero. Esto significaría que la distribución de frecuencias se redujo al valor central. Esto es, que todas las partes del grupo habrían sido idénticas. Cuando la desviación estándar tiende a su valor máximo, todas las piezas tienden a ser diferentes.

De lo anteriormente expuesto, puede deducirse que un proceso ideal es aquel en que la desviación estándar de las piezas producidas es cero, lo que significaría que todas las piezas son idénticas y que, además, el valor de las piezas coincide exactamente con el valor medio o central de la especificación, en los casos de tolerancia bilateral; y por lo menos 4σ por debajo del límite superior o máximo y 4σ por encima del límite inferior, en los casos de tolerancias unilaterales, superiores e inferiores, respectivamente.

ESTABILIDAD DE PROCESOS

Las distribuciones de frecuencias antes descritas pueden sufrir variaciones con el tiempo. Cuando se cuenta con un lote de piezas y se toma una muestra de él, si el método de muestreo es adecuado, la muestra es representativa del lote; esto es, que la distribución de frecuencias que se logra perfilar de la muestra, en función de sus valores característicos, es representativa del lote. Mientras mayor sea el número de piezas en la muestra y/o se tome mayor número de muestras, la distribución de frecuencias será más representativa de la población. Si esta información se refiere a un proceso productivo, ello significa que mientras más muestras se tomen de la producción, a lo largo del tiempo, la distribución de frecuencias resultante representa con mayor precisión al proceso, puesto que, en estas condiciones, un mayor número de variables del proceso pueden estar presentes.

Cuando un proceso se estudia a lo largo del tiempo y se observa que las distribuciones de frecuencias obtenidas de él en diversos periodos son sensiblemente iguales, se deduce que el sistema es estable y, por lo tanto, también se califica de predecible puesto que existe una distribución de frecuencias que describe al sistema adecuadamente y ésta no cambia a lo largo del tiempo, haciendo posible entonces prever lo que sucederá.

Conociendo las bases del análisis estadístico de procesos es posible predecir sus tendencias y cambiarlas anticipadamente de manera que se evite la producción de piezas no conforme a los límites establecidos, además de detectar los factores que reducen los límites y consecuentemente, mejoran el proceso. Por lo tanto, es necesario establecer las relaciones que existen entre las variaciones de los procesos y las que se detectan en los valores característicos de sus distribuciones de frecuencias, ello, efectuado a través de la graficación de estos valores característicos en el tiempo.

Generalmente, los valores característicos se grafican por pares, de manera que cada uno de ellos, siendo un dato variable, nos da una indicación de lo que ocurre en el proceso. En ocasiones, existen variables en el proceso que son dependientes entre sí, de tal forma que con graficar una sola de ellas nos es suficiente para conocer el comportamiento de la otra u otras.

La estabilización de un proceso se logra eliminando todas las causas especiales. Las causas especiales son aquellas cuya acción es local y superficial y su solución está en manos de los niveles cercanos al operador o del operador mismo; tal podría ser el caso de afilar o cambiar una herramienta de corte, corregir una secuencia de operación para ajustarla a la hoja de instrucción establecida, etc. Al haber eliminado todas las causas especiales, sólo las causas comunes, intrínsecas al proceso, están presentes. Las causas comunes son aquellas cuya eliminación o mejora requieren invariablemente la acción y el compromiso de los niveles directivos de la empresa puesto que por lo general requieren de adecuación o reorganización de recursos.

GRAFICAS DE CONTROL

La gráfica de control es una herramienta que se usa fundamentalmente para análisis de datos, ya sean discretos o continuos, los cuales han sido generados en un determinado periodo. El Dr. Walter A. Shewhart, de Bell Telephone Laboratories, desarrolló este concepto en 1924. Ya en aquel entonces sugirió que la gráfica podía cumplir tres funciones básicas: a) definir una meta para una operación; b) ayudar a obtener esa meta; y c) determinar si la meta ha sido alcanzada.

La gráfica de control puede usarse en ingeniería del producto para registrar y analizar datos de prueba, en ingeniería de procesos para determinar las capacidades de máquina y de proceso, en ingeniería de producción como monitor de operaciones y en inspección y control de calidad para registrar desechos y reprocesamientos y analizar la calidad del material durante su recepción.

Aún cuando universalmente se acepte y use el término gráfica de control, en principio se debe entender que la gráfica en realidad no controla cosa alguna. Simple y sencillamente suministra una base para la acción y sólo es efectiva si los responsables de las decisiones actúan a partir de la información que revela dicha gráfica.

Se requiere un medio adecuado para realizar un monitoreo continuo de las operaciones repetitivas. El control se realiza simplemente a través de una revisión periódica de los histogramas o distribuciones de frecuencia. Los histogramas necesitan muestras más o menos grandes, en tanto que es frecuente que las gráficas de control se logren con muestras pequeñas.

En general las gráficas de control se clasifican en variables y de atributos. Las primeras se emplean cuando se tienen datos continuos. Las gráficas de atributos se emplean cuando se tienen datos discretos o cuando se desea clasificar una serie de medidas continuas como aceptables o no.

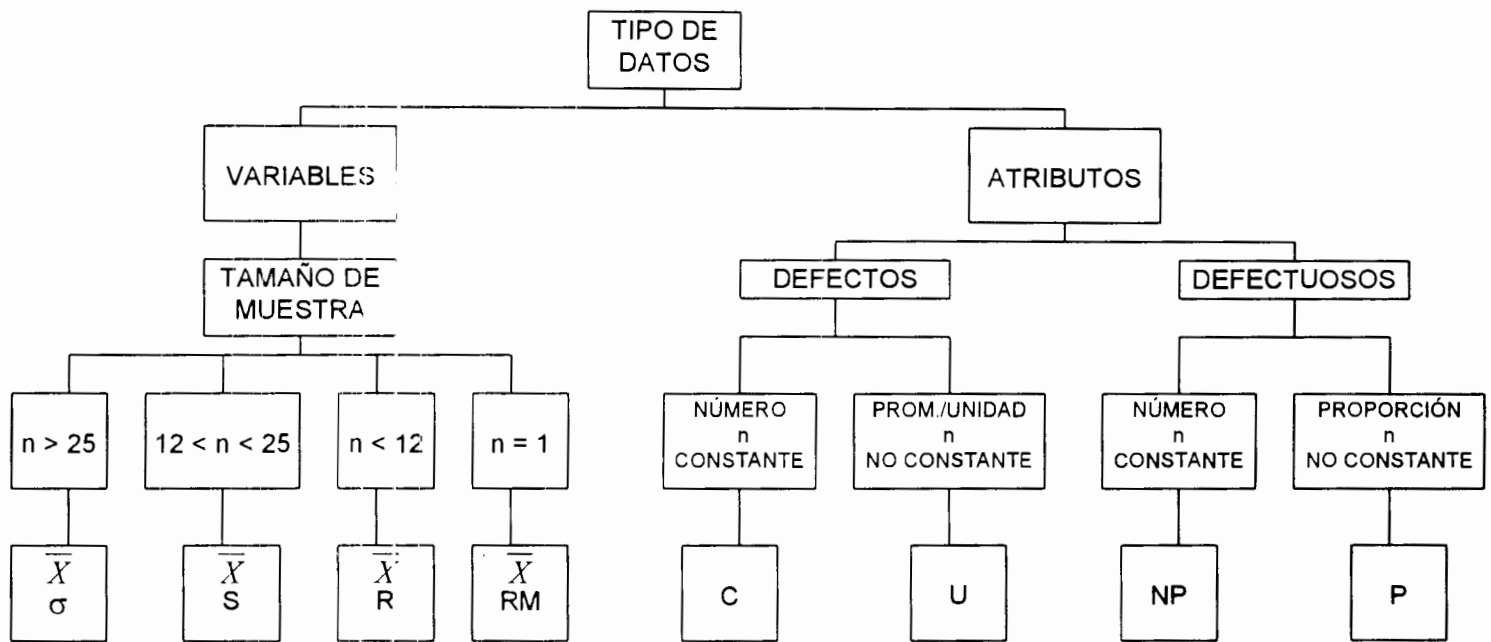


Figura 3. Tipos de gráficas de control.

Decisiones preliminares a emplear gráficas de control.- Después de tomar la decisión de utilizar una gráfica de control, se deben responder ciertas preguntas preliminares. La respuesta de las mismas puede basarse en prácticas de ingeniería o consideraciones económicas; pero es importante para lograr un beneficio total y buenos resultados de esta herramienta estadística. Las preguntas son las siguientes:

1.- *¿Qué característica(s) debe(n) investigarse?*

Por lo general, se supone que la característica a investigar es la más crítica en términos de funcionamiento o bien la especificación de prueba más rigurosa. Cuando se desea investigar más de una característica empleando gráficas de control variables, es necesario usar una para cada característica estudiada. Por el contrario, una gráfica de atributos permite el estudio de una o más de ellas.

2.- *¿Qué calibradores o dispositivos de prueba serán necesarios?*

El empleo de la gráfica de control tiene por objeto contar con una base para la acción, pero puede suceder que los datos de la gráfica no sean mejores que los dispositivos de evaluación empleados. En consecuencia, estos dispositivos deben revisarse con regularidad para tener seguridad en las medidas, en su repetibilidad y en su calibración. En algunos casos el equipo disponible determina la gráfica que puede usarse.

3.- ¿Qué gráfica cumple con el propósito?

Básicamente esta respuesta la dicta el costo de las medidas y la pérdida resultante si no se detectan los cambios importantes que ocurran. Partiendo del hecho de que existe menor cantidad de información sobre una parte cuando se clasifica como buena o mala, se puede decir que una gráfica variable que requiere de mediciones es un dispositivo más eficiente que una gráfica de atributos. Para compensar esta falta de eficiencia, usualmente una gráfica de atributos necesita un tamaño de muestra más grande que una gráfica variable. Con frecuencia, debido a que se requiere de un equipo de medición, resulta más caro obtener los datos variables que los datos de atributos.

En general, la gráfica de *atributos* se usa cuando:

- a) No es posible tomar medidas, como en la inspección visual de una parte.
- b) No es práctico tomar medidas debido a que los calibradores son caros o el tiempo necesario para tomarlas es excesivo.
- c) La parte tiene muchos atributos para evaluar.
- d) La gráfica se basa en una inspección al 100%.

Se usa una gráfica *variable* cuando:

- a) Se involucra una característica crítica, tal como es la localización de un punto.
- b) Se desea un control más preciso que el control de características.
- c) Se deben tomar mediciones dentro de una tolerancia.

4.- ¿Qué medida de muestra debe adoptarse?

En el empleo de las gráficas de características una muestra de porcentaje constante no asegura un riesgo constante de que la variación no aleatoria será detectada. Esto indica que la medida de la muestra no se debe asignar en razón directa a la medida del lote. En general, la medida debe ser suficientemente grande, a fin de que exista la oportunidad de que se encuentren algunos artículos defectuosos en la muestra y también para que el límite de control inferior se encuentre arriba de cero. El primer requerimiento elimina la situación en la que un artículo defectuoso en la muestra pueda indicar una condición fuera de control. La segunda estipulación permite detectar descuidos en la recolección de datos o alguna mejora en la operación.

Cuando se trabaja con gráficas variables es esencial escoger un tamaño de muestra tal, que haya una mínima oportunidad para que la variación se encuentre dentro de ella. Por tanto, cuanto menor sea el tamaño, tanto mayor será la variación entre los promedios de muestras sucesivas. Una muestra de cinco piezas conservará la variación dentro del tamaño de muestra baja y también será suficientemente grande para hacer posible que los promedios se acerquen a la normalidad.

Obviamente otra consideración importante es el costo asociado con la adquisición de datos y su análisis. Este último es el factor primario más frecuente en la determinación del tamaño de la muestra.

5.- ¿Con qué frecuencia debe tomarse la medida?

Esta decisión también se basa, esencialmente, en consideraciones económicas. Se debe evitar la definición del momento en que se realicen las medidas; esto minimizará predisposición que se puede presentar cuando se conoce el momento exacto.

Es normal que, cuando se aplica una gráfica de control por primera vez, las muestras se tomen con mayor frecuencia. Una vez que se ha hecho el diagnóstico de la operación y que ésta se ha mejorado, la frecuencia tiende a disminuir y sólo se harán las inspecciones suficientes para asegurar que la operación se mantenga a nivel deseado.

6.- ¿Cómo debe seleccionarse la muestra?

Un problema importante consiste en eliminar cualquier predisposición para que la selección de la muestra se haga al azar y en realidad represente al grupo del que se ha extraído. Si la muestra se forma con partes sucesivas, la misma solamente representará ese tiempo en particular.

Es muy deseable que cada muestra sea homogénea. Si existen causas que se puedan determinar o que puedan introducirse en una operación, la selección de la muestra debe hacerse de tal manera que cualquier diferencia salga en medio y no dentro de la muestra.

Procedimiento para construir una gráfica de control.- Una vez que se han discutido las decisiones preliminares puede empezarse la construcción real de la gráfica. Por lo general y para este propósito, se tienen disponibles formatos gráficos estándar. Existen tres diferentes formatos en uso, uno para las gráficas de control variable y dos para las gráficas de características.

Si existen datos históricos disponibles para la operación que se va a graficar, éstos pueden emplearse para elaborar la escala sobre la gráfica de control. Cuando no se tienen disponibles estos datos, es necesario tomar y medir varias muestras antes de construir la escala. La escala inicial debe cubrir aproximadamente de dos a tres veces la variación observada en las primeras muestras. En las gráficas subsecuentes puede ajustarse la escala.

Los datos históricos pueden usarse para calcular la línea central de la gráfica y los límites de control. Si no hay datos pertinentes disponibles, la información necesaria para calcular estos valores debe obtenerse a partir de la gráfica de control conforme avance la toma de muestras.

En una gráfica de control las líneas de decisión son: la línea central, el límite superior de control (LSC) y el límite inferior de control (LIC). La línea central es el promedio de la variable seleccionada. El límite superior de control y el límite inferior de control son los valores máximo y mínimo a los que puede llegar el proceso en su estado estable, cuando sólo están presentes las causas de variación comunes. Ordinariamente los límites de control se localizan tres desviaciones estándar por encima y por debajo del promedio. Cuando en una gráfica de características el LIC tiene un valor negativo, éste se coloca en cero. Es costumbre dibujar la línea central como una raya continua horizontal que atraviesa la gráfica, en tanto que los límites de control se trazan con líneas de segmentos. Los valores para las líneas central y de control pueden obtenerse a partir de ecuaciones y otros métodos tales como gráficas de alineamiento o reglas de cálculo especiales.

Una vez que se hayan determinado los tres valores de control, se trazan en la gráfica las líneas correspondientes. Cualquier punto muestra que se encuentre fuera de los límites se considera "fuera de control". En este momento se debe reevaluar la muestra y, siempre que sea posible, investigar la operación para establecer la razón de esta conducta.

Cuando todas las muestras registradas se encuentran dentro de los límites, la operación se encuentra bajo control.

NOTA:

Límite superior especificado (LSE) y límite inferior especificado (LIE).- Como sus nombres lo indican, estos valores corresponden exactamente a los límites de especificación. En algunos casos no existen ambos límites, sino sólo el LSE o el LIE (tolerancias unilaterales).

Cómo interpretar las gráficas de control.- Como se indicó anteriormente, el objetivo de construir una gráfica de control es determinar, en base al movimiento de los puntos, qué tipo de cambios han ocurrido en el proceso de producción. Por lo tanto, para utilizar eficazmente las cartas de control, se deben establecer los criterios de evaluación de lo que se considera una anomalía. Cuando un proceso de producción se encuentra bajo control, significa que:

1. Todos los puntos caen dentro de los límites de control; y
- 2.- Los puntos no se agrupan de una forma en particular.

Se sabe, por lo tanto, que se ha producido una anomalía si:

- a) Algunos puntos están fuera de los límites de control (lo que incluye puntos sobre las líneas de los límites).
- b) Los puntos asumen una forma particular aunque todos estén dentro de los límites de control.

Las formas particulares a las que se hace referencia en el inciso b) son las siguientes:

- *Ciclos o carreras*. Cuando los puntos se alinean solamente a un lado de la línea central (estrictamente la mediana), forman lo que se denomina un "ciclo" o carrera. La cantidad de puntos que lo constituyen se llama longitud de ciclo (ver figura 4). Al evaluar los ciclos, si se presenta uno de 7 puntos, se considera que existe una anomalía en el proceso.

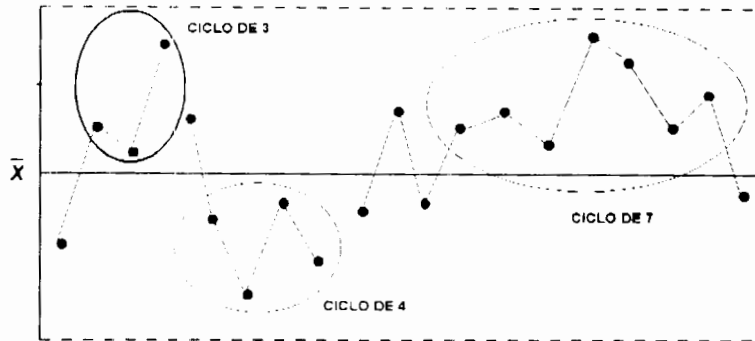


Figura 4. Ciclos.

Aun cuando la longitud del ciclo sea menor se 6, si 10 puntos de un total de 11, o 12 de 14, caen de un solo lado, se considera que existe una anomalía en el proceso de producción. En las cartas de control \bar{X} , la línea central y la mediana prácticamente coinciden; pero en la carta de control R o en las cartas p, np, c y u, el procedimiento correcto consiste en trazar la mediana y luego efectuar la evaluación.

- *Tendencias*. Si se verifica un ascenso o un descenso continuos en una serie de puntos, se dice que hay una "tendencia". Al evaluar las tendencias, se considera que existe una anomalía si 7 puntos consecutivos ascienden o descienden continuamente. Sin embargo, con frecuencia ocurre que los puntos sobrepasan los límites de control antes de llegar a 7.

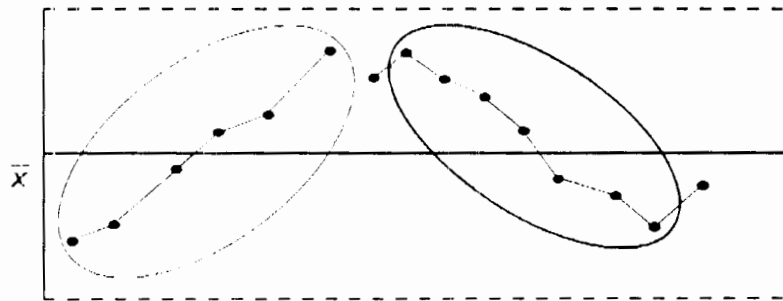


Figura 5. Tendencias.

- *Periodicidad*. Si los puntos presentan la misma pauta de variación (por ejemplo ascenso o descenso) a lo largo de intervalos iguales, se dice que existe "periodicidad". Para evaluar la periodicidad no existen métodos simples como en el caso de los ciclos y tendencias. El único procedimiento consiste en seguir con atención el movimiento de los puntos y adoptar una decisión técnica.

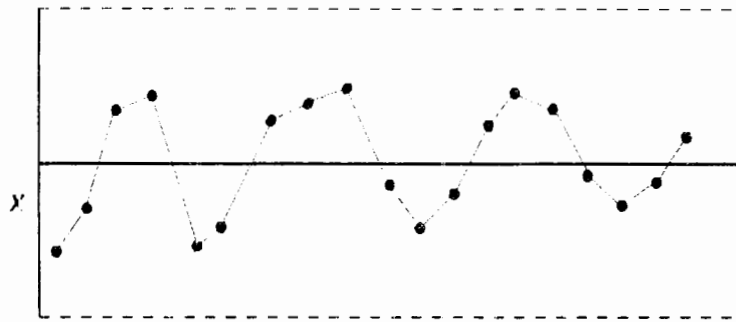


Figura 6. Periodicidad

- *Adherencia a la línea de control.* Cuando los puntos de la carta de control rodean de cerca la línea central o la línea del límite de control, se habla de "adherencia a la línea de control". En tal situación, es frecuente que se hayan mezclado en el subgrupo distintos tipos de datos o datos de diferentes factores. Por lo tanto, es necesario cambiar el subagrupamiento, reunir otra vez los datos y trazar de nuevo la carta de control. En cuanto a la evaluación, para decidir si existe o no una adherencia a la línea central, se trazan dos rectas sobre la carta de control: una a la mitad entre la línea central y el límite superior de control y la otra a la mitad entre la línea central y el límite inferior de control.

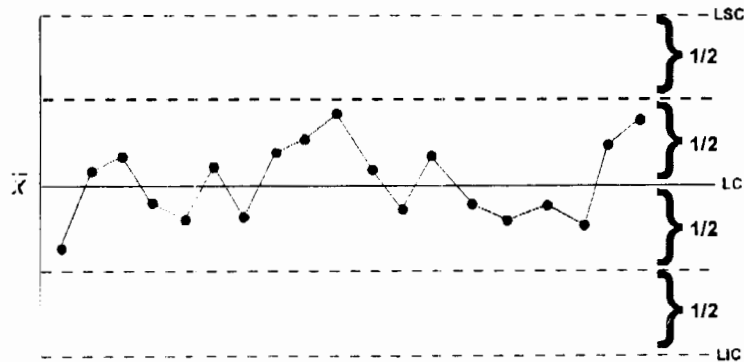


Figura 7. Adherencia a la línea de control.

Si la mayor parte de los puntos cae dentro de esta dos rectas, es decir, en la mitad superior cerca del límite o en la mitad inferior cerca del otro límite existe una anomalía; de lo contrario, el proceso está dentro de control como en la figura 7 y hay adherencia a la línea de control. Para determinar si existe adherencia a las líneas de límites de control, a partir de la línea central, se divide entre 3 la distancia que separa a ésta con el límite superior de control y se trazan dos líneas a cada tercio de esta distancia. Se procede igualmente con el lado respectivo al límite inferior de control como en la figura 8. Hay una anomalía si 2 de 3 puntos, 3 de 7 ó 4 de 10 caen dentro de algún tercio exterior.

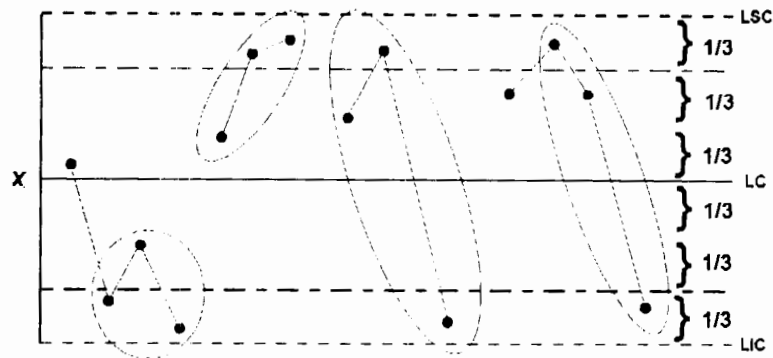


Figura 8. Adherencia a las líneas de límites de control.

CAPACIDAD DEL PROCESO

Si se han de respetar las tolerancias indicadas en los dibujos de ingeniería para una pieza determinada, el proceso de fabricación debe ser tal que sea posible obtener dichas tolerancias. En cierto modo, son las máquinas, el material y los operarios quienes determinan las tolerancias. Para conocer si una máquina o un proceso tienen la "capacidad" adecuada para producir piezas dentro de las especificaciones previamente dadas, tenemos que comparar su dispersión natural (6σ) con la tolerancia indicada en los planos (dibujos de ingeniería) de la pieza.

El significado de la dispersión natural es que si los límites de tolerancia son más estrechos que ella, la fabricación de piezas defectuosas será inevitable. Por consiguiente, a no ser que exista otra razón imperativa, siempre deben especificarse tolerancias mayores que la dispersión natural.

Determinación de la capacidad del proceso.- La forma de evaluar la habilidad en los procesos es a través de los parámetros C_p y C_{pk} .

El parámetro C_p muestra la habilidad potencial que tiene el proceso para cumplir con las especificaciones del diseño.

El parámetro C_{pk} muestra la habilidad real que tiene el proceso.

El parámetro C_p está definido como la comparación entre la variación real del proceso y la variación permitida por especificación.

Así entonces, la habilidad potencial del proceso queda definida como:

$$C_p = \frac{\text{Variación especificada}}{\text{Variación real del proceso}}$$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Así, un valor de $C_p = 1.00$ para $\pm 3\sigma$ y $C_p = 0.133$ para $\pm 4\sigma$ son los requerimientos mínimos para decir que un proceso es potencialmente hábil.

Cualquier valor menor que 1 del índice C_p implica que el proceso no es potencialmente hábil.

La habilidad de un proceso es descrita en términos de la distancia que hay entre el promedio del proceso \bar{X} y los límites de especificación; para esto definiremos dicha distancia en unidades que llamaremos Z .

Cuando la tolerancia de la especificación es unilateral:

$$Z = \frac{LE - \bar{X}}{\sigma}$$

Donde LE = límite especificado

\bar{X} = promedio del proceso

σ = desviación estándar del proceso

Para tolerancias bilaterales:

$$Z_S = \frac{LSE - \bar{X}}{\sigma}$$

$$Z_I = \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma}$$

Donde LSE = límite superior de especificación

LIE = límite inferior de especificación

Z_S = Z superior

Z_I = Z inferior

Es deseable conocer cuál es el potencial de habilidad del proceso, pero también es necesario evaluar la habilidad real del proceso lo cual es posible a través del parámetro C_{pk} . Este parámetro puede calcularse a través del parámetro Z definido anteriormente:

$$C_{pk} = \frac{Z_{min}}{3}$$

Donde Z_{min} es el menor de los valores Z_S y Z_I

DESARROLLO

I. Introducción

- 1.- Definición de control estadístico de procesos.
- 2.- Técnicas empleadas en el CEP.
- 3.- Concepto de variación.
- 4.- Distinción entre variables y atributos.
- 5.- Distribuciones de frecuencia.
- 6.- Medidas de tendencia central.
 - 6.1.- Media aritmética muestral.
 - 6.2.- Media poblacional.
 - 6.3.- Moda.
 - 6.4.- Mediana.
- 7.- Medidas de dispersión.
 - 7.1.- Rango.
 - 7.2.- Varianza muestral.
 - 7.3.- Varianza poblacional.
 - 7.4.- Desviación estándar muestral.
 - 7.5.- Desviación estándar poblacional.
- 8.- Estabilidad de procesos.
- 9.- Gráficas de control.
- 10.- Capacidad de procesos.

II. Explicación de las partes y funciones del dispositivo para procesamiento estadístico de datos medidos.

III. Explicación sobre cómo programar el dispositivo.

IV El alumno realizará las siguientes operaciones:

- 1.- Conexión del dispositivo.
- 2.- Conexión de instrumentos electrodigitales al dispositivo.
- 3.- Programación del dispositivo para medir un lote de piezas idénticas.
- 4.- Medición de las piezas empleando instrumentos electrodigitales.
- 5.- Obtención de histogramas y gráficas de control empleando el dispositivo.
- 6.- Análisis e interpretación de las gráficas para determinar si el proceso se encuentra bajo control o si existen anomalías (ciclos, tendencias, etc.).

BIBLIOGRAFÍA

Manual de Control Estadístico de Procesos. Mitutoyo de México, S.A. de C.V.

PRACTICA 9

MICROMETRO LASER

OBJETIVO:

Que el alumno:

- se familiarice con este sistema de medición sin contacto directo.
- conozca el funcionamiento y las características principales del micrómetro láser, a fin de que pueda determinar las ventajas y desventajas de sus aplicaciones.

INTRODUCCION:

El Micrómetro Láser, es un **sistema de medición sin contacto directo**, con capacidad de medir piezas a alta velocidad utilizando un rayo láser dirigido.

El **sistema óptico sin contacto** es capaz de medir piezas que serían difíciles de medir con sistemas convencionales.

Es un sistema ideal para medir piezas **quebradizas**, objetos **elásticos**, elementos a **elevada temperatura**, piezas que **no se deben tocar para no ensuciarlos**, **objetos suaves** que pueden ser **deformados por la fuerza de medición**.

PRINCIPIO DE MEDICION

El láser proporciona un rayo extremadamente fino y rectilíneo, el cual no es difuso (rayo coherente). Aprovechando estas propiedades, el micrómetro láser barre la pieza con un rayo láser y determina la dimensión mediante el conteo del tiempo de duración de la obstrucción del rayo por la pieza.

Un rayo láser es emitido y dirigido hacia el espejo poligonal, que rota a alta velocidad y que está sincronizado por pulsos de reloj. El rayo láser reflejado por el espejo poligonal es dirigido por un lente colimador hacia la pieza. Conforme el lente poligonal rota, el rayo horizontal se desplaza hacia abajo. Dicho rayo horizontal, si no es obstruido por la pieza, alcanzará el sensor fotoeléctrico mediante el lente condensador e inducirá una corriente eléctrica en el elemento fotoeléctrico. El voltaje cambia en el sensor fotoeléctrico debido a la obstrucción del láser por la presencia de la pieza. El espacio que obstruya la pieza al láser, determinará el tiempo que dure obstruido dicho rayo, y mediante el conteo de pulsos eléctricos en ese período de obstrucción, se determinará la dimensión de la porción obstruida del rayo, es decir la dimensión de la pieza. Este dato es enviado a un CPU para procesamiento y la dimensión es presentada de manera digitalizada. De igual manera, tanto la dimensión de la pieza (áreas de sombra) como los espacios claros de la pieza (áreas de no sombra) pueden ser dimensionados mediante la selección de los segmentos a medir.

EMPLEO

Primeramente hay que asegurarse de que el micrómetro se encuentre apagado (giran la llave en sentido opuesto a las manecillas del reloj, empujando un poco).

A continuación se siguen los pasos abajo enumerados:

- 1.- Instalar el fusible correspondiente al voltaje de AC al que será conectado el aparato.
- 2.- Conectar el cable de tierra.
- 3.- Conectar el cable de conexión, el cual va de la unidad de medición (teclado) al conector en el panel de la unidad emisora del rayo.
- 4.- Conectar el cable de corriente a la fuente (enchufe) y luego al conector localizado en el panel de la unidad emisora del rayo.

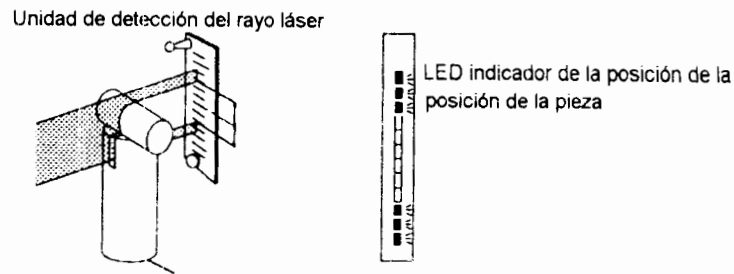


Figura 1. Principio de medición del micrómetro láser

ARRANQUE.

Para iniciar la medición de una pieza mediante el micrómetro, es necesario observar los siguientes pasos:

- 1.- Abrir la unidad de recepción y la de disparo, desplazando las tapas que se encuentran cubriéndolas.
- 2.- Encender el aparato girando la llave en sentido de las manecillas del reloj.
- 3.- En este momento, se pueden montar las piezas sobre el soporte y se obtienen las lecturas correspondientes a la dimensión de la pieza.

OPERACION

El micrómetro láser tiene tres modos básicos de operación: 1. modo de medición, 2. modo programado (con condiciones para la medición) y 3. modo estadístico.

• MODO DE MEDICION

El modo de medición es dividido a su vez en tres submodos o estados: estado inmediato, estado de medición (ejecución de un programa), y estado de despliegue de resultados.

En el modo inmediato, la dimensión de la pieza de trabajo es desplegada de acuerdo al número de segmento indicado (SEG No.) y al intervalo de medición (AVG No.) especificados en el programa seleccionado (PROG No.), mientras la tolerancia, la salida analógica y el número de pieza o ejemplar no es presentado.

• MODO DE PROGRAMACION

En este modo, se mide la pieza de trabajo, pero se aplica un juicio de pasa/no-pasa, de acuerdo a una tolerancia, la cual es incluida en el programa seleccionado.

Cuando se está trabajando en este modo, se puede hacer el análisis para un lote desde 1 pieza hasta 999, sea de manera continua, o manipulando el aparato por cada pieza a medir:

C.RUN / RUN: medición individual de la pieza

SHIFT + C.RUN / RUN: medición continua de 1-999 piezas.

• MODO ESTADISTICO

Este modo se corre, cuando se han medido n piezas ($1 < n < 999$), y se desea saber:

- ◇ número de mediciones hechas y almacenadas en la memoria estadística:
SHIFT + N/0
- ◇ promedio de los datos almacenados en la memoria estadística (de n):
SHIFT + AVG/1
- ◇ máximo valor de los datos de medición en la memoria estadística:
SHIFT + MAX/2
- ◇ mínimo valor de los datos de medición en la memoria estadística:
SHIFT + MIN/3

- ◇ rango de los datos de medición en memoria estadística (MAX-MIN):
SHIFT + R4
- ◇ desviación estándar de los datos de medición en memoria estadística:
SHIFT + S.D./5

Para cambiar del modo estadístico al modo de medición (estado inmediato), basta presionar la tecla C.

DESIGNACION DE SEGMENTO A MEDIR

Del lado derecho del panel de control, existe una línea iluminada por leds, que indica la manera como está siendo interrumpido el plano láser que se genera por el barrido del rayo. Cuando se coloca una pieza cilíndrica que interrumpa a dicho rayo, se tiene entonces una zona de sombra y dos zonas luminosas. A cada una de esas tres zonas se les llama segmentos.

El aparato toma los segmentos de la siguiente manera: desde el borde superior del disparador hasta el primer borde de la pieza, es un segmento luminoso, desde este borde hasta el siguiente de la pieza es un segmento de sombra, y el siguiente segmento es uno luminoso, que termina en el borde inferior del disparador.

El aparato mide los primeros seis segmentos, es decir se pueden meter piezas con tres zonas sólidas, generándose 3 segmentos de sombra y 3 segmentos luminosos.

El aparato puede medir los segmentos individualmente, o puede hacer la medición sumando varios de ellos, según el requerimiento.

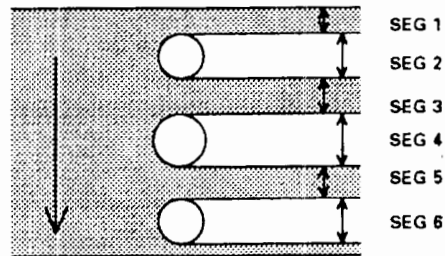


Figura 2. Designación de segmentos.

CALIBRACION

El aparato puede ser calibrado con un patrón para el límite superior (46 mm) y con otro patrón para un límite inferior (1 mm)

Para hacerlo, se sigue los siguientes pasos:

1. Encender el aparato por unos 30 o 60 minutos para estabilizar al sistema.
2. Limpiar el aparato y los patrones de polvo y grasa con alcohol o tiner.
3. Borrar los valores de calibración anteriores, para el límite superior e inferior.

C + SHIFT + L.CAL/H.HAL + C + ENT
L.CAL/H.HAL + C + ENT

4. Montar el calibrador superior (High cal) en el soporte en V.
5. Especificar SEG 2, que es el diámetro del calibrador.
6. Teclar el diámetro del calibrador:

L.CAL/H.HAL + diámetro del calibrador (46.00) + ENT

En este punto, aparece en pantalla HC.

- 6.-Reemplazar el calibrador superior por el inferior y teclar el valor del mismo:

SHIFT + L.CAL/H.HAL + diámetro del calibrador (1 mm) + ENT

CONDICIONES DE MEDICION PROGRAMACION

Para modificar los parámetros o las condiciones de medición, se realiza lo siguiente, según sea el caso:

- ◇ entrar al modo de programación, presionando la tecla **SET**
 - ◇ introducir el número de programa que se desea utilizar (1 a 9)
- A continuación, se modifican cada uno de los parámetros:
- ◇ segmento a medir, presionando la tecla **SEG**, seguida del número de segmento $n=1$ a 6 , y posteriormente presionar la tecla de entrada de dato **ENT**. Puede indicarse al programa que considere 1 o varios segmentos a la vez.
 - ◇ grado o tiempo de medición, el cual se modifica presionando la tecla **MEAS RATE**, seguida del intervalo de medición $n= 1$ a 4 y **ENT**.

Este parámetro es un tiempo de duración de medición para cada pieza. Una duración mayor (4), resulta en una mejor repetibilidad de la medición, porque el número de barridos que hace el aparato y de los cuales promedia se incrementa en la medida que el tiempo de medición también se incrementa.

El 1, implica un tiempo de medición de 0.025 seg; el 2 de 0.1 seg; el 3 de 0.4 seg y el 4 de 0.8 seg.

- ◇ posteriormente, se introducen los límites de tolerancia, los cuales se modifican presionando la tecla **LIMIT**, con lo que aparece en pantalla la indicación, **LTL**, la cual pide el límite inferior de tolerancia, y se presiona **ENT**, apareciendo ahora **UTL**, indicación que pide el límite superior de tolerancia.
- ◇ el parámetro de **REF**, es un valor (cuando la salida viene con 0V) para salida de datos análoga y cuando se desean escalar, y $n= 1$ a 3 .
- ◇ el siguiente parámetro a introducir es el offset de la medición, el cual puede ser positivo o negativo (0 +; 1 -), y sólo se utiliza cuando el maquinado lo exija. Para modificarlo, se presiona la tecla **OFF SET**, seguida del su valor, su dirección presionando **0** ó **1**, y validando el dato con **ENT**.
- ◇ el siguiente parámetro que se modifica es en de **DATA OUT**, con el cual se indica si se mandarón los datos a ordenador o a impresora, y son condiciones, las cuales pueden ser $n= 1$ a 6 .
- ◇ por último, hay que indicar al aparato el número de los ejemplares para medir **SMP** ($n= 1$ a 999) y qué parámetro se desea obtener en cada medición por cada tiempo que se introduce en **MEAS RATE**. Es decir, dado que esta función pide uno de cuatro tiempos, el aparato mandará una señal discreta de la función continua de la medición cada determinado tiempo. Esta señal puede ser:
 - el promedio de las lecturas que haga en ese intervalo de tiempo **AVG**,
 - el valor máximo de la función en ese tiempo **MAX**,
 - el valor mínimo de la función **MIN**,
 - el rango entre la medición máxima y mínima **R**.

En este último apartado, se utilizan las teclas 6, 7, 8, 9 para modificar los parámetros anteriores, y dado que son segundas funciones de esas teclas, se presiona **SHIFT + R/6 AVG/7**

MAX/8 MIN/9, según sea el caso.

Para salir de la modificación de parámetros del programa, se presiona **SET**.

El aparato puede medir el milímetros o en pulgadas. Para seleccionar el modo, se presiona **SHIFT + LOCK/mm/in + ENT**.

MEDICION ESTADISTICA:

Si se realizan n mediciones en el modo estadístico, de ellos es posible obtener lo siguiente:

- n
- promedio
- máximo
- mínimo
- desviación estándar
- rango (máxima-mínima)

SHIFT + TECLA CON FUNCIÓN AZUL

Este análisis ya es para todo el lote de piezas, no para cada pieza, por ello, las teclas que se utilizan ahora son las de función azul: **R/4 S.D./5 AVG/1 MAX/2 MIN/3 N/0**

CONDICIONES PARA LA INSTALACION

El micrómetro láser puede ser considerado como un instrumento óptico de precisión o como un instrumento electrónico de precisión.

Vibración.

Es necesario instalar el aparato en un sitio de mínima vibración.. Si el instrumento es sometido a vibraciones por largos periodos de tiempo, los componentes de alta precisión del instrumento pueden fallar, afectando la lectura de las medidas. Si las vibraciones son considerables, es necesario minimizarlas colocando un tapete o soportes.

Polvo.

El polvo, afecta los componentes ópticos y los lentes (en la unidad de medición). Instalar el instrumento en un lugar libre de polvo en lo posible.

Luz.

El instrumento no debe colocarse en un sitio donde le den los rayos del sol directamente, y cuando aquéllos pasen por una ventana, es necesario evitar que den directamente sobre el instrumento.

Temperatura y humedad del ambiente

El rango de temperaturas en el cual el aparato puede funcionar es entre 0 y 40 C, y el rango de humedades está entre 20 y 80 %.

Hay que evitar colocar el aparato en un sitio en donde la humedad y la temperatura tengan variaciones bruscas.

DESARROLLO.

En esta práctica, se realizará la medición de un lote de piezas "idénticas", las cuales pueden ser n pernos, n piezas cilíndricas, etc.

Se llevarán a cabo los siguientes pasos:

- instalación y conexión del aparato
- arranque del aparato
- calibración
- análisis del lote de piezas, de manera que se conozcan la dimensión nominal de las piezas, así como la tolerancia dimensional
- realización de una rutina de pasa/no-pasa
- programación del aparato para analizar el lote propuesto.

BIBLIOGRAFIA

Manual de operación del micrómetro laser Mitutoyo, modelo 9602
LASER SCAN MICROMETER (LSM-9602)
Manual No. 4599
Serie No. 544 (tipo 89)

PRACTICA 10

TOLERANCIAS GEOMETRICAS

OBJETIVO:

Promover entre los alumnos de ingeniería el entendimiento adecuado de los conceptos de dimensionado y tolerado, para la correcta interpretación de las tolerancias geométricas que las necesidades modernas de fabricación y calidad han hecho imprescindibles, fomentando la uniformidad en la aplicación de la norma ANSI Y 14.5 M-1982, (Dimensionado y Tolerado), que es la más ampliamente utilizada en nuestro país.

INTRODUCCION:

Cuando se mandan manufacturar piezas en base a un plano, éste siempre presentará los dibujos de las vistas indispensables para que se comprenda sin lugar a dudas la geometría del objeto a fabricar. Además, en cada una de las vistas se incluirán los valores de las dimensiones de todas las partes de la pieza. Esos valores son llamadas dimensiones nominales o dimensiones especificadas.

Una vez fabricado el lote de n piezas, si se procediera a una inspección de las dimensiones de las mismas, se encontraría que no todas las piezas son idénticas, es decir, que existen pequeñas variaciones en los valores de sus dimensiones, variaciones que pueden ser de décimas de milímetro, menores o incluso mayores. Si la pieza mandada a fabricar fuera una propela para un buque petrolero, una variación de ± 0.1 mm no sería significativa para la aplicación de dicho objeto. Sin embargo, si la pieza manufacturada fuese el engrane de un reloj de pulso, una variación de ± 0.1 mm en la dimensión del ancho de sus dientes, inutilizaría dicha pieza para su propósito original; sin embargo, sí se podrían aceptar con variaciones en aquella dimensión de 0.002 mm. De aquí, la necesidad de indicar al fabricante en qué rango se permite que la dimensión de las piezas manufacturadas varíe, lo cual depende de la aplicación inmediata de la pieza. Estas variaciones permisibles, son precisamente llamadas tolerancias dimensionales, y lo que controlan son las variaciones de tamaño de cada parte de la pieza, sea un agujero, superficie, ranura, etc., a las cuales se les da el nombre genérico de características.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Tolerancia, es la cantidad total que le es permitido variar a una dimensión especificada, y su valor está dado por la diferencia entre los límites máximo y mínimo. Una tolerancia unilateral, es aquella en la que la variación del valor de la dimensión nominal, sólo es permitida en una sola dirección con respecto a ella. En cambio, en una tolerancia bilateral, la variación es permitida en ambas direcciones con relación a la dimensión nominal. Las tolerancias dimensionales son expresadas como parte de la dimensión en alguna de las siguientes formas:

a) dimensionado límite: el límite superior (máximo valor) y el valor del límite inferior (mínimo valor) son anotados, ya sea el primero arriba del segundo, o éste último precediendo al otro y separados por un guión.

Ej.

$$\begin{array}{l} 25.45 \\ 25.00 \end{array} \quad 25.00-25.45$$

b) tolerado más y menos: en este caso, la dimensión es dada primero, y a continuación se anota la expresión de la tolerancia utilizando los signos + ó menos, si la variación es permitida hacia una sola dirección, o ambos signos, si se permiten fluctuaciones en ambas direcciones. En el primer caso se trata de tolerancias unilaterales y en el segundo, de tolerancias bilaterales.

Ej.

$$\begin{array}{l} 32_{-0.02}^0 \quad \text{ó} \quad 32_0^{+0.02} \\ 32_{-0.10}^{+0.25} \quad \text{ó} \quad 32_{-0.1}^{+0.25} \end{array}$$

Interpretación de límites

Todos los límites que se expresan de alguna de las dos maneras anteriores son absolutos, y para determinar si la pieza está realizada dentro de la tolerancia dimensional, el valor medido es comparado directamente con el valor especificado, y cualquier desviación fuera de los valores límites especificados, significa que no hay correspondencia entre la dimensión real y la nominal.

AJUSTES.

El sistema ISO define un sistema de ajustes o tolerancias que se pueden aplicar a las dimensiones nominales de las piezas lisas. Como simplificación, sólo se hará referencia explícita a piezas cilíndricas, pero este sistema es aplicable íntegramente a todas las demás piezas. Particularmente los términos EJE y AGUJERO se utilizan de igual manera para designar el espacio contenido entre dos caras paralelas de una pieza cualquiera: ancho de la ranura, grueso de una chaveta, etc.

Para cada dimensión nominal, tanto de ejes como de agujeros, el sistema provee de una gama de tolerancias utilizando letras y números, dependiendo de la calidad de la tolerancia que se desee manejar. La posición y el valor de estas tolerancias con relación a la línea de desviación nula o línea de referencia (dimensión nominal) se designa por medio de una o dos letras. (de **A** a **Z** para **agujeros** y de **a** a **z** para los **ejes**).

En este sistema, se deben tener en cuenta la siguientes observaciones:

- la primera letra del alfabeto corresponde a la condición de material mínimo para el eje o para la pieza que contiene el agujero.
- la dimensión mínima de un agujero H corresponde a la dimensión nominal.
- la dimensión máxima de un eje h corresponde a la dimensión nominal.

Un ajuste está constituido por el ensamble de dos piezas de la misma dimensión nominal, pero de distinta tolerancia dimensional. El valor de esos ajustes, cuando se aplica, por ejemplo, a la dimensión nominal de un eje y a la de un agujero que deban ser ensamblados, determinará el espacio contenido entre la pared interna del agujero y la pared del eje, y dependiendo de la existencia o no existencia de ese espacio, el ajuste puede determinar un caso de los siguientes:

a) o un ajuste con juego: cuando existe una diferencia positiva en la siguiente restas

$$\phi_{\text{min. agujero}} - \phi_{\text{max. eje}}$$

$$\phi_{\text{max. agujero}} - \phi_{\text{mix. eje}}$$

b) o un ajuste indeterminado, es decir que lo mismo puede presentar un juego que un apriete, cuando la existe un cambio de signo de la primera a la segunda de las dos restas anteriores.

c) o un ajuste con apriete, cuando las dos restas anteriores son negativas

La aplicación de estas normas se puede facilitar se uno se apega a uno de los dos sistemas siguientes

Sistema de eje único:

En este sistema, la posición para las tolerancias de todos los ejes viene dada por la letra h (desviación superior nula), y el ajuste deseado se obtiene haciendo variar la posición de la tolerancia para el agujero.

El empleo de este sistema se reserva para aplicaciones muy completas: utilización de ejes de acero estirado, a ojamiento de cojinetes, etc.

Como ejemplo, se propone para un agujero de 130 mm diámetro nominal, la siguiente tolerancia: 130 H8, que es lo mismo que escribir 130.000 - 130.063

Sistema de agujero único:

En este sistema, la posición para las tolerancias de todos los agujeros viene dada por la letra H (desviación inferior nula), y el ajuste deseado se obtiene haciendo variar la posición de la tolerancia para el eje.

Este es el sistema a emplear preferentemente, ya que es más fácil modificar las tolerancias de un eje que las de un agujero.

Como ejemplo, se propone para un eje de 40 mm de diámetro nominal, la siguiente tolerancia: 40 h10, que es lo mismo que escribir 39.860 - 40.000

El procedimiento para utilizar este sistema de tolerancias es el siguiente:

1º Se determina el juego o el apriete que sean compatibles con el funcionamiento correcto de las piezas a ensamblar, evitando cualquier exceso de precisión inútil.

2º Se eligen de entre los normales y preferentemente de los utilizados con más frecuencia, el ajuste ISO que da el juego o apriete que más se acerca a los valores que se han determinado en el punto anterior.

TOLERANCIAS GEOMETRICAS

Se puede observar, que cuando una tolerancia dimensional es especificada, los límites de tamaño de esa dimensión, prescriben el límite dentro del cual las variaciones en su forma geométrica y en su tamaño son permitidas.

Es claro que el tamaño real de una característica individual en cualquier sección transversal estará dentro del tamaño de la tolerancia dimensional especificada, pero estas variaciones de tamaño dan pie a que existan variaciones de forma, es decir, que la forma de una característica individual sea controlada por sus límites de tamaño en alguna de las siguientes formas:

a) la superficie o superficies de la característica tolerada, no se extenderá más allá de un límite de forma perfecta cuando se tenga condición de material máximo (límite superior para un barreno e inferior para un agujero). Este límite es la forma geométrica ideal representada por el dibujo y ninguna variación en su forma es permitida si la característica es producida a su límite de tamaño en condición de material máximo.

b) cuando el tamaño real de la característica se aleja de la condición de material máximo hacia la de material mínimo, una variación en la forma de aquella es permitida, y su valor es igual a la cantidad de tal alejamiento.

c) no existe un requerimiento para un límite de forma perfecta cuando la pieza es fabricada con la condición de material mínimo. Así, a una característica producida en su condición de material mínimo, le es permitido variar su forma desde su condición de material mínimo, es decir, desde que tenga el mayor alejamiento de la condición de material máximo, hasta lo permitido por el límite de forma perfecta en condición de material máximo.

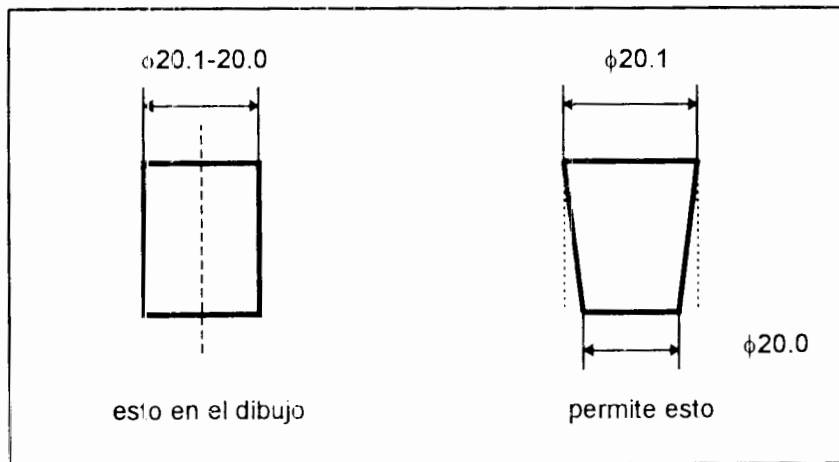


Figura 1. Variaciones extremas de forma permitidas por una tolerancia de tamaño.

De lo anterior, es claro observar que los límites de tamaño no controlan totalmente la forma, ni la relación de orientación o localización entre características individuales. De aquí, surge la necesidad de dar indicaciones claras en el dibujo para controlar perpendicularidad, coaxialidad o simetría de unas características con respecto a otras, o la misma forma de las características individuales. A dichos controles se les llama Tolerancias Geométricas.

CARACTERISTICAS DE UNA PIEZA

Hasta ahora, se ha manejado el término de **característica** o **característica individual** para designar cada una de las partes de una pieza, sin embargo, en ocasiones se encuentra el

término **característica de tamaño**, que no se refiere a una parte física de la pieza, sino a la dimensión de tamaño entre dos superficies planas paralelas o al tamaño de una superficie cilíndrica o esférica. En este caso, la característica es el eje central del diámetro o bien el plano central entre las dos superficies.

Ahora bien, cuando se tienen tolerancias de perpendicularidad, paralelismo, etc., es decir, tolerancias geométricas que relacionen dos o más características, se utiliza el término **dato** para designar la parte que se está tomando como referencia. En una pieza, al querer indicar que una característica es perpendicular a otra característica, esta última, por ser la referencia, se le llama **característica dato**. Estas características dato, pueden ser partes físicas de la pieza, como son superficies, ranuras, etc. Pero también pueden ser tomadas como referencia la distancia entre dos superficies, o dos centros de barrenos, llamándoseles en este caso, **características dato de tamaño**, ya que son características de tamaño, que están funcionando como referencia, es decir, como dato. Se utilizan las letras del alfabeto, exceptuando I, O, Q. Cada característica dato es identificada con una letra distinta en cada plano.

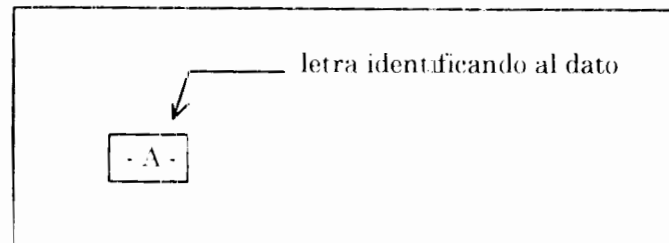


Figura 2. Simbología para designar una característica dato, sea de tamaño o no.

TIPOS DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS

Dado que las tolerancias geométricas controlan la geometría de una pieza o de alguna de sus partes o características, la norma ANSI las clasifica en base a la relación que pueda o no existir entre la característica a controlar y el resto de la pieza. Es decir, en el caso de que lo que se

	TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO
PARA CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES	FORMA	RECTITUD	
		PLANICIDAD	
		REDONDEZ (CIRCULARIDAD)	
		CILINDRICIDAD	
PARA CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES O RELACIONADAS	PERFIL	PERFIL DE UNA LÍNEA	
		PERFIL DE UNA SUPERFICIE	
PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS	ORIENTACIÓN	ANGULARIDAD	
		PERPENDICULARIDAD	
		PARALELISMO	
PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS	LOCALIZACIÓN	POSICIÓN	
		CONCENTRICIDAD	
PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS	CABECEO	CABECEO CIRCULAR	
		CABECEO TOTAL	

Tabla 1. Clasificación de las tolerancias geométricas y su simbología.

desea controlar la forma (rectitud, planitud, redondez o cilíndricidad) de una parte de la pieza, basta con referirse a ella, sin indicar relación alguna con otra parte de la pieza. Por el contrario, si

se desea controlar la orientación (angularidad, perpendicularidad o paralelismo), localización (posición o concentricidad) o cabeceo (total o circular) de una característica, es necesario indicar en el dibujo con respecto a qué parte o partes de la pieza será orientada, localizada o girada la pieza. Es decir, que se requiere indicar cuál característica es el dato o referencia. Esto da pie, a definir al primer grupo como tolerancias geométricas para características individuales, y al segundo, para características relacionadas, existiendo uno intermedio, en el que el perfil de una superficie controle la sola forma de la pieza, o bien, su forma, tamaño y orientación.

En la tabla 1, se muestra la clasificación de las tolerancias geométricas, según la norma ANSI. Se puede observar que las tolerancias geométricas de forma controlan características de manera individual, y las de orientación, localización y cabeceo, requieren de un dato. El grupo intermedio, que puede requerir o no de un dato, controla el perfil de la pieza.

I. TOLERANCIAS DE FORMA

Las tolerancias de forma controlan rectitud, planicidad, redondez y cilindridad, y son aplicables a características simples (individuales) o a elementos de características simples, por lo tanto, dichas tolerancias no están relacionadas a datos.

Estas tolerancias son especificadas cuando las tolerancias dimensionales y las de localización no proporcionan suficiente control.

Una tolerancia de forma, especifica una zona dentro de la cual la característica considerada, sus elementos lineales, su eje o plano centrales deben estar contenidos. Cuando los valores de tolerancia representan el diámetro de una zona cilíndrica, se preceden por el símbolo de diámetro. En todos los otros casos, el valor de la tolerancia representa una distancia lineal total entre dos límites geométricos y no se requiere ningún símbolo modificador.

a) TOLERANCIA DE RECTITUD

Rectitud es una condición donde un elemento de una superficie o eje es una línea recta. Una tolerancia de rectitud es aplicada a la vista en donde los elementos a ser tolerados y controlados se representan por una línea recta. Dicha tolerancia puede especificar dos zonas de tolerancia:

1) Cuando el valor de la tolerancia no tiene ningún símbolo modificador, aquél especifica que cada elemento longitudinal de la superficie debe encontrarse entre dos líneas paralelas separadas por la cantidad prescrita por la tolerancia geométrica de rectitud y en un plano común con el eje nominal de la característica. El marco de control de la característica está unido con una línea guía dirigida a la superficie o línea de extensión de la superficie, pero no al tamaño de la dimensión. La tolerancia de rectitud debe ser menor que la tolerancia de tamaño, dado que los límites de tamaño deben ser respetados.

2) Cuando se tiene que el valor de la tolerancia está modificado por el símbolo de diámetro, entonces significa que el eje derivado o línea central, es decir, que la característica de tamaño tolerada debe encontrarse dentro de una zona de tolerancia cilíndrica cuyo diámetro es el valor de la tolerancia. En este caso, el cuadro de control de característica, se anota arriba o abajo del valor de la dimensión del diámetro o distancia entre dos planos.

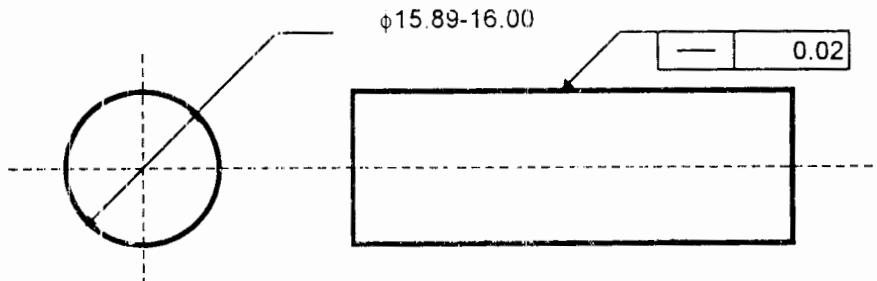


Figura 3a. Especificando rectitud de elementos de superficie. cada elemento longitudinal de la superficie debe encontrarse entre dos líneas paralelas (separadas 0.02). Adicionalmente la característica debe estar dentro de los límites especificados de tamaño y el límite de forma perfecta en condición de material máximo es 16.00.

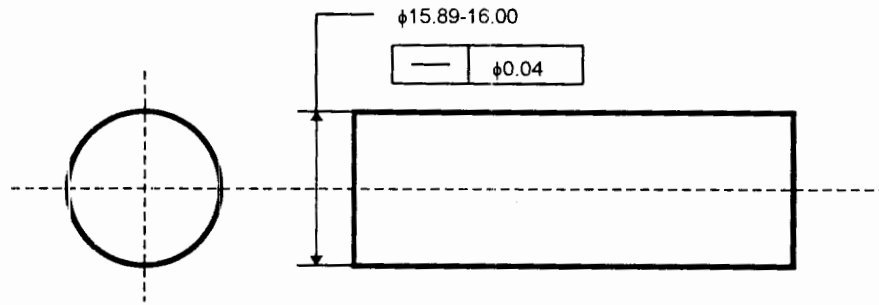


Figura 3b. Especificando rectitud a una característica de tamaño: el eje derivado o línea central de la característica real debe encontrarse dentro de una zona de tolerancia cilíndrica de 0.04 de diámetro. Adicionalmente cada elemento circular de la superficie debe encontrarse dentro de los límites de tamaño especificados.

b) TOLERANCIA DE PLANICIDAD

Planicidad es la condición de una superficie que tiene todos sus elementos en un plano. Una tolerancia de planicidad especifica una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos, dentro de los cuales debe de encontrarse la superficie tolerada. Cuando se especifica una tolerancia de planicidad, el marco de control está unido a una línea guía dirigida a la superficie o a una línea de extensión de la superficie, y se coloca en la vista en la que los elementos de la superficie a ser controlados, sean representados por una línea. Cuando la superficie considerada está asociada con una dimensión de tamaño, la tolerancia de planicidad debe ser menor que la tolerancia de tamaño.

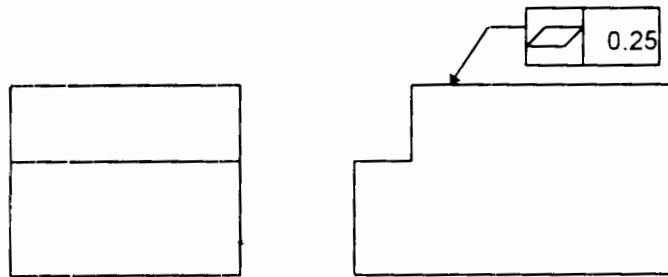


Figura 4. Especificando planicidad: la superficie debe encontrarse entre dos planos paralelos separados 0.25 entre sí. Adicionalmente la superficie debe encontrarse dentro de los límites especificados de tamaño.

c) TOLERANCIA DE REDONDEZ O CIRCULARIDAD

Redondez es una condición de una superficie de revolución donde:

* Para un cilindro o cono, todos los puntos de la superficie que resultan de la intersección entre ésta y un plano perpendicular al eje común, sean equidistantes.

* Para una esfera, todos los puntos de la superficie que resultan de la intersección entre ésta y un plano que pase por el centro común, sean equidistantes a dicho centro.

Una tolerancia de redondez especifica una zona de tolerancia limitada por dos círculos concéntricos, dentro de los cuales cada elemento circular de la superficie debe encontrarse, y se aplica independientemente a cualquier plano con las características dadas en los dos puntos anteriores.

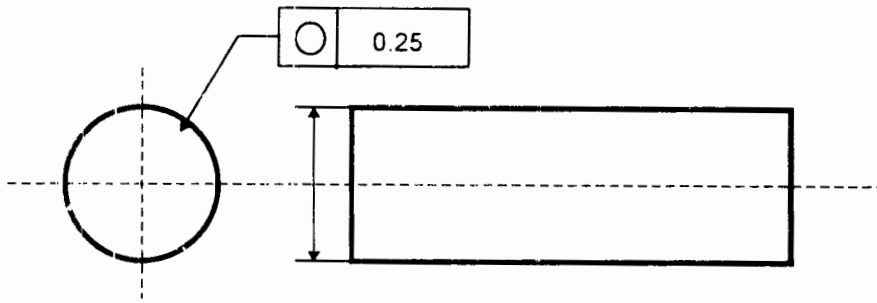


Figura 5. Especificando redondez: Cada elemento circular de la superficie en un plano perpendicular a un eje común, debe encontrarse entre dos círculos concéntricos. Uno teniendo como radio 0.25 unidades más que el otro.

d) Tolerancia de cilindridad

Cilindridad es una condición de una superficie de revolución en la que todos los puntos de la superficie son equidistantes a un eje común. Una tolerancia de cilindridad especifica una zona de tolerancia limitada por dos cilindros concéntricos dentro de los cuales debe encontrarse la superficie. En el caso de cilindridad, a diferencia de redondez, la tolerancia se aplica simultáneamente a elementos circulares y longitudinales de la superficie, es decir, al total de la superficie.

La tolerancia de cilindridad puede ser considerado como un control compuesto de forma, pues incluye redondez, rectitud y conicidad de una característica cilíndrica.

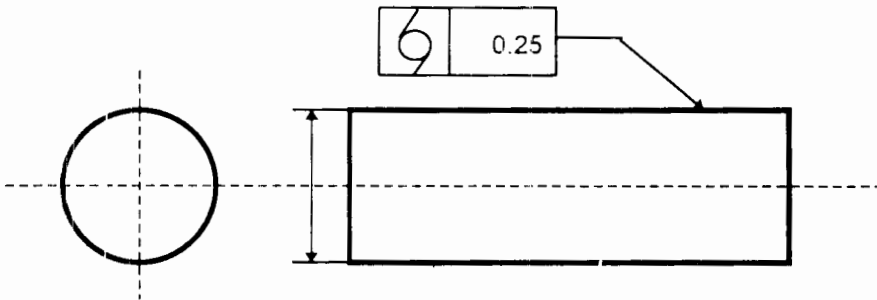


Figura 6. Especificando cilindridad: la superficie cilíndrica debe encontrarse entre dos cilindros concéntricos. Uno teniendo un radio 0.25 unidades mayor que el otro.

II. TOLERANCIAS DE PERFIL

Un perfil es la silueta de un objeto en un plano dado. Los perfiles son formados proyectando una figura tridimensional sobre un plano o tomando secciones transversales a través de la figura. Los elementos de un perfil son líneas rectas, arcos y otras líneas curvas.

La tolerancia de perfil especifica un límite uniforme a lo largo del perfil verdadero, dentro del cual deben estar contenidos los elementos de la superficie tolerada. Esta tolerancia es utilizada para controlar forma, combinaciones de forma y tamaño para controlar orientación. Cuando es utilizada como un refinamiento de tamaño, la tolerancia de perfil debe estar contenida dentro de los límites de tamaño. Estas tolerancias de perfil son especificadas de la siguiente manera:

- * Una vista o sección apropiada es dibujada mostrando el perfil básico deseado.
- * Según requerimientos de diseño, la tolerancia puede ser bilateral, es decir, a ambos lados del perfil verdadero, o unilateral, hacia cualquier lado del perfil verdadero. En el primer caso, el marco de control de la característica se une a la superficie con una línea guía. En el caso de ser unilateral, se dibujan líneas punteadas paralelas al perfil verdadero, indicando el lado hacia el cual está la tolerancia.

* Cuando la tolerancia de perfil se aplica a todo alrededor del perfil, se debe utilizar el símbolo de "todo alrededor", que es un pequeño círculo sobre la línea guía que una el marco con la superficie.

Una tolerancia de perfil puede ser aplicada a toda una superficie, o bien sólo a perfiles individuales tomados en varias secciones transversales a través de esa parte del objeto (líneas). Estos casos se estipulan como sigue:

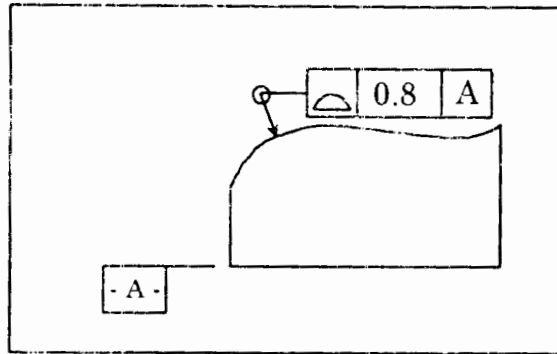


Figura 7. Simbología para la tolerancia de perfil "todo alrededor". Modo de indicar una característica dato.

a) Tolerado del perfil de una superficie

La zona de tolerancia que establece una tolerancia de este tipo es tridimensional, extendiéndose a lo largo y a lo ancho (o en circunferencia) de la característica o características consideradas. Esto puede ser aplicado a partes que tengan una sección transversal constante.

b) Tolerado del perfil de una línea

La zona de tolerancia que establece una tolerancia de este tipo es bidimensional, extendiéndose a lo largo de la longitud de la característica considerada. Esto se aplica a perfiles de partes que tengan una sección transversal variable, tal como el ala de un avión.

Los valores de la tolerancia representan la distancia entre dos límites dispuestos alrededor del perfil ideal o dispuesto completamente sobre un lado del perfil ideal. Las tolerancias de perfil se aplican de manera perpendicular al perfil ideal en todos los puntos a lo largo del perfil. Los límites de la zona de tolerancia siguen la forma geométrica del perfil ideal, de manera que la superficie o elemento de línea real quede contenida dentro de la zona especificada de tolerancia.

III. TOLERANCIAS DE ORIENTACION

Angularidad, paralelismo, perpendicularidad y en algunos casos perfil, son tolerancias de orientación aplicables a características relacionadas. Estas tolerancias controlan la orientación de una característica en relación a otra. Por lo anterior, la característica considerada o tolerada, es relacionada a una o más características dato o referencias. Cuando angularidad, perpendicularidad y paralelismo son aplicados a superficies planas, controlan planicidad, siempre y cuando no se especifique una tolerancia de planicidad.

Las zonas de tolerancia son totales, es decir, para todos los elementos de la superficie considerada. Cuando se necesite controlar sólo elementos individuales de línea de una superficie, una nota modificadora tal como CADA ELEMENTO o CADA ELEMENTO RADIAL, es agregada en el dibujo.

Se puede dar el caso, como lo sería el de perpendicularidad, de que ninguna variación de orientación es permitida en el límite de tamaño con condición de material máximo de la característica. En esta situación, el marco control de la característica contiene un cero como valor de la tolerancia, seguido del símbolo modificador de condición de material máxima. Esto significa, que si la característica tolerada está acabada en su límite de tamaño de condición de material máximo, debe ser perfecta en orientación con respecto al dato, y en este mismo caso, existirá un valor de tolerancia cuando la característica se aleje de la condición de material máximo, y el valor de la tolerancia de orientación permisible será igual a la magnitud de tal alejamiento.

a) Tolerancia de angularidad

Angularidad es la condición de una superficie o eje a orientarse con un ángulo especificado (distinto de 90°), desde un plano o eje dato. Una tolerancia de este tipo especifica algo de lo siguiente:

- * Una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos al ángulo básico, el cual es especificado desde un eje o plano dato, y dentro de los cuales la superficie de la característica debe encontrarse.

- * Una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos al ángulo básico, el cual es especificados desde un eje o plano dato, y dentro de los cuales debe encontrarse el eje de la característica considerada.

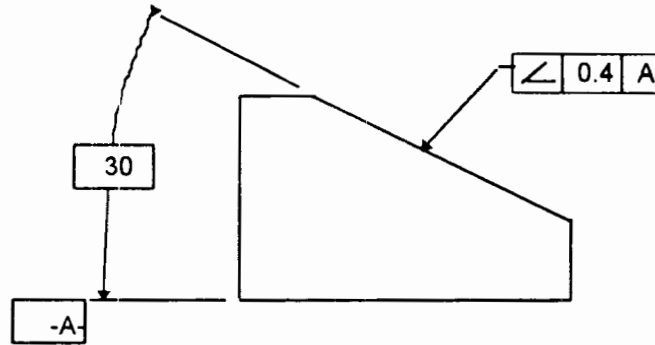


Figura 10. Especificando angularidad para una superficie plana: la superficie debe encontrarse entre dos planos paralelos separados 0.4 unidades, y que están inclinados a 30 grados respecto al plano dato A.

b) Tolerancia de paralelismo

Paralelismo, es la condición de una superficie, equidistante en todos sus puntos a todo el largo de la longitud de un eje dato. Una tolerancia de paralelismo puede especificar algo de lo siguiente:

- * Una zona de tolerancia definida por dos planos o líneas paralelas a un plano o eje dato, dentro de la cual, los elementos lineales de la superficie o el eje de la característica considerada deben encontrarse.

- * Una zona de tolerancia cilíndrica, cuyo eje es paralelo a un eje dato, dentro la cual debe encontrarse el eje de la característica tolerada.

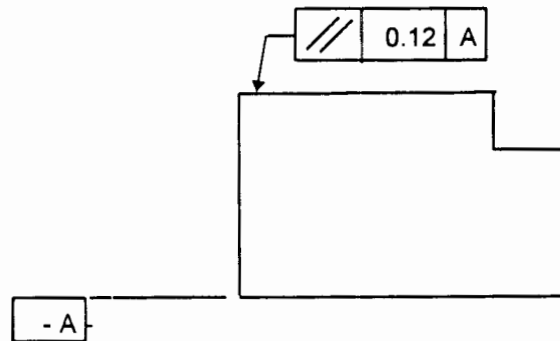


Figura 11. Especificando paralelismo de una superficie plana: La superficie debe encontrarse entre dos planos separados 0.12 unidades y que deben ser paralelos al plano dato A.

c) Tolerancia de perpendicularidad

Perpendicularidad es la condición de una superficie, plano medio o eje, de estar en ángulo recto con respecto a un eje o plano dato. Una tolerancia de este tipo puede especificar una de las zonas siguientes:

* Una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos y perpendiculares a un plano o eje dato, dentro de la cual, la superficie o plano medio de la característica tolerada debe encontrarse.

* Una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos y perpendiculares a un eje, dentro de la cual, debe encontrarse el eje de la característica considerada (tolerada).

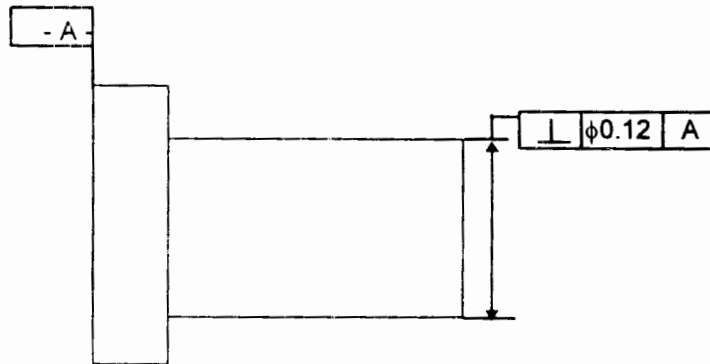


Figura 12. Especificando perpendicularidad para un eje: el eje de la característica debe estar dentro de una zona de tolerancia cilíndrica de 0.4 unidades de diámetro, la cual es perpendicular y se proyecta desde el plano dato A hasta la altura del eje.

IV. TOLERANCIAS DE LOCALIZACION

Estas tolerancias, incluyen posición, concentricidad y simetría, y se utilizan para controlar las siguientes relaciones entre características:

* Distancia entre centros de características, tales como agujeros, ranuras, salientes y concavidades.

* Localización de características (las anteriores) como un grupo, con relación a características dato tales como superficies planas y cilíndricas.

* Coaxialidad o simetría de las características.

* Características con distancias entre centros igualmente dispuestos alrededor de un eje o plano dato.

a) Tolerancias de posición

Una tolerancia de posición, define una zona dentro de la cual, la posición del centro, eje o plano central de una característica de tamaño puede variar con respecto a la posición ideal (teóricamente exacta). Las dimensiones básicas establecen la posición ideal de la característica dato especificada y a posición ideal entre características interrelacionadas, como lo pueden ser un arreglo de barrenos. En este caso, las características dato son de gran importancia, ya que la posición de los características toleradas, se puede dar con respecto a varias partes de la pieza.

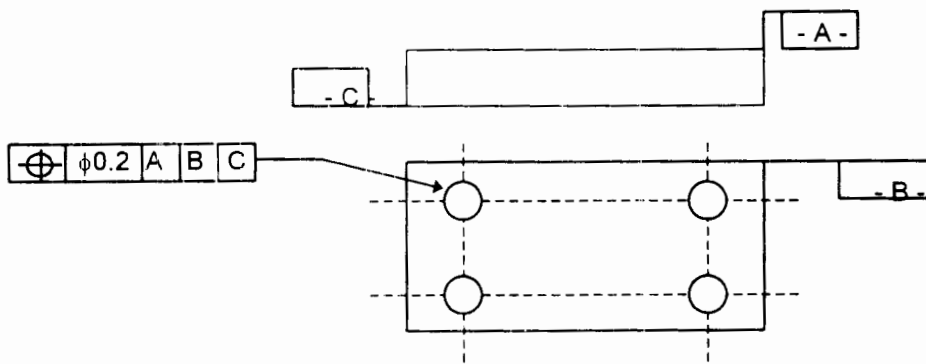


Figura 13. Especificando tolerancia de posición: El centro de los cuatro barrenos, debe estar en una zona cilíndrica de 0.2 unidades de diámetro, además de que la pieza, antes de verificarse, debe ser apoyada primero en A, luego en B y luego en C.

b) Tolerancias de concentricidad

Concentricidad, es la condición en la que los ejes de todos los elementos de la sección transversal de una superficie de revolución son comunes al eje de la característica dato. Una tolerancia de concentricidad especifica una zona de tolerancia cilíndrica cuyo eje coincide con un eje dato y dentro del cual deben encontrarse todos los ejes de la sección transversal que estén siendo controlados. Esta tolerancia se aplica sólo bajo la base de sin importar el tamaño de la característica.

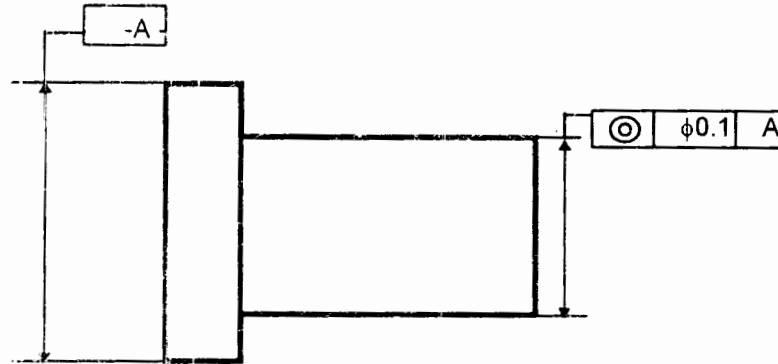


Figura 14. Especificando concentricidad: el eje de la característica debe encontrarse dentro de una zona cilíndrica de 0.1 de diámetro.

V. TOLERANCIAS DE CABECEO

Cabeceo, es la tolerancia dimensional compuesta, utilizada para controlar la relación funcional de una o más características de una a pieza con respecto a un eje dato. Los tipos de características que se pueden controlar por tolerancias de cabeceo, incluyen aquellas superficies construidas alrededor de un eje dato a aquellas construidas en ángulos rectos a un eje dato.

En este tipo de tolerancias, se debe observar lo siguiente:

- * El eje dato es establecido por un diámetro de suficiente longitud, dos diámetros con suficiente separación axial, o bien, por un diámetro y una cara en ángulo recto con el eje del aquél. Las características usadas como datos para establecer ejes deben ser funcionales, tales como características de montaje, que establezcan un eje de rotación.

- * Cada característica considerada debe estar dentro de su tolerancia de cabeceo, cuando la pieza es girada alrededor del eje dato. La tolerancia que se especifique para una superficie a controlar, es la tolerancia total o movimiento completo del indicador (FIM)

Existen dos tipos de control de cabeceo: cabeceo circular y cabeceo total, y se utiliza uno u otro dependiendo de los requerimientos de diseño y manufactura. El primero es un requerimiento menos complejo que el cabeceo total.

a) Tolerancia de cabeceo circular

Proporciona control de los elementos circulares de una superficie. La tolerancia es aplicada independientemente a cualquier posición de medición circular cuando la pieza es girada 360 grados. Cuando se aplica a superficies construidas alrededor de un eje dato, el cabeceo circular puede ser utilizado para controlar las variaciones acumulativas de redondez y coaxialidad. Si se aplica a superficies construidas en ángulos rectos con el eje dato, el cabeceo circular controla los elementos circulares de una superficie plana. (bamboleo).

b) Tolerancia de cabeceo total

Proporciona un control compuesto de todos los elementos de la superficie. Esta tolerancia, es aplicada simultáneamente a todas las posiciones circulares y a perfiles, cuando la pieza es girada 360 grados. En el caso de aplicarse a superficies construidas alrededor de un eje dato, el cabeceo total es usado para controlar variaciones acumulativas de redondez, rectitud, coaxialidad, conicidad y perfil de una superficie. Cuando es aplicada a superficies en ángulo recto al eje dato, el cabeceo total puede controlar variaciones acumulativas de perpendicularidad (para detectar bamboleo) y planicidad (para detectar concavidad y convexidad).

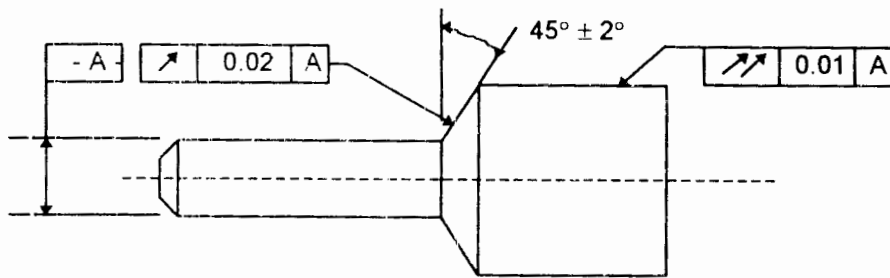


Figura 15. Especificando tolerancias de cabeceo circular y total. En el primer caso, en cualquier posición de medición, cada elemento circular de estas superficies debe estar dentro de la tolerancia de cabeceo de 0.02 (0.02 es el movimiento total del indicador de carátula), cuando la parte es girada 360° alrededor del eje dato A, y el indicador está fijo y perpendicular a la verdadera forma geométrica. En el cabeceo total, la superficie entera debe de encontrarse dentro de la zona de tolerancia de cabeceo especificada (0.01 es el movimiento total del indicador), cuando la parte es girada 360° alrededor del eje dato y el indicador es colocado en cada localización a lo largo de la superficie y en una posición perpendicular a la forma geométrica ideal.

MARCO DE CONTROL DE CARACTERISTICA

Una tolerancia geométrica que controle a una característica individual, es especificada por medio de un rectángulo dividido en varios compartimientos, como se muestra en la figura 10, conteniendo los siguientes datos:

- * en la primera casilla de la izquierda, se dibuja el símbolo de la tolerancia geométrica que se desea controlar sobre la característica.
- * en la siguiente casilla, se anota el valor de la tolerancia, la cual, como ya se mencionó, puede ir precedida o no del símbolo de diámetro, e inmediatamente después del valor de la tolerancia, cuando así lo requiera, se anota el símbolo modificador.

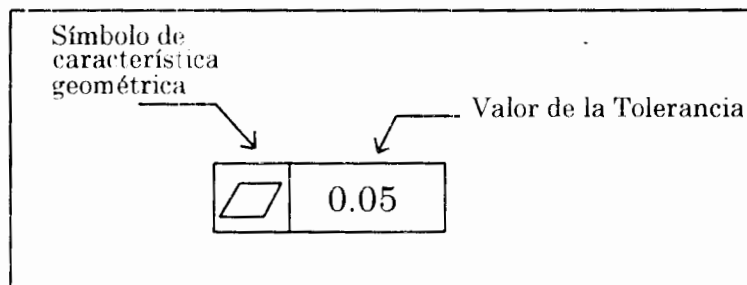


Figura 10 Cuadro de control característica.

MARCO DE CONTROL DE CARACTERISTICA INCORPORANDO REFERENCIAS

Cuando el marco de control de característica indique una tolerancia geométrica relacionada, es decir, cuando se requiera de un dato, se debe de anotar en la casilla de la derecha, la letra con la que se nombró a la característica dato o característica dato de tamaño, pero en este caso, la letra ya no se escribe entre dos guiones. Este marco de control de característica con referencia se ilustra en la figura 11.

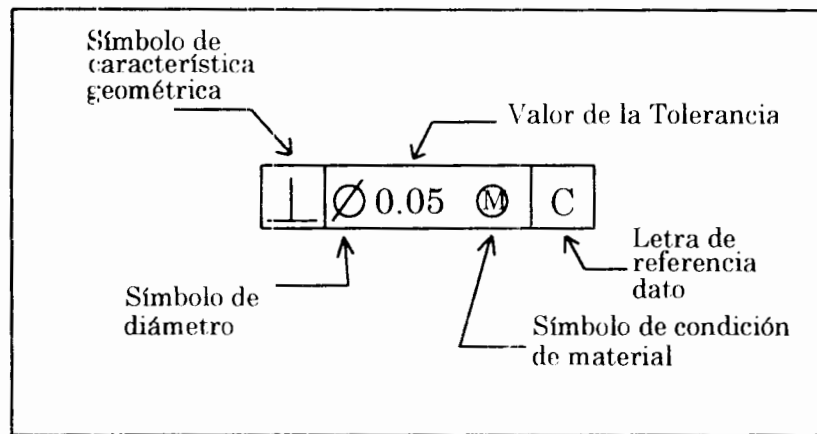


Figura 11. Cuadro de control de característica incorporando símbolos modificadores y referencia.

En algunas ocasiones, una característica o patrón de características que son controladas por una tolerancia geométrica, también sirven como una característica dato. En este caso, el marco de control de características y el símbolo de característica dato, se combinan de la forma como se muestra en la figura 12.

COLOCACION DEL MARCO DE CONTROL DE CARACTERISTICA EN EL DIBUJO

El marco de control de característica es relacionado con la característica a controlar mediante alguno de los siguientes modos:

- * Localizando el marco de control de la característica de manera que pueda ser relacionado a una línea guía dirigida a una dimensión perteneciente a la característica a controlar.
- * Trazando una línea dirigida del marco a la característica a controlar.
- * Relacionando un lado o extremo del marco a una línea de extensión de la característica cuando ésta sea una superficie.
- * Relacionando un lado o extremo del marco con una extensión de la línea dimensional perteneciente a una característica de tamaño.

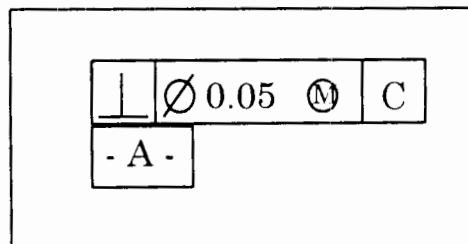


Figura 12. Cuadro de control de característica combinado con un cuadro de característica dato.

SIMBOLOGIA

Los símbolos de las tolerancias geométricas que se utilizan para controlar la forma, el perfil o la posición de una característica con respecto a otra, se ilustran en la cuarta columna de la tabla 1.

SIMBOLOS MODIFICADORES

En la tabla 2, se muestran los símbolos modificadores que se utilizan dentro de las tolerancias geométricas, e indican ya sea condiciones, zonas de tolerancia, tipo de dimensiones y notación para otros elementos.

Los primeros tres símbolos, modifican directamente a el valor de la tolerancia geométrica, e indican la variación que puede tener ésta, cuando varíe la dimensión de la característica tolerada dimensionalmente y geoméricamente. Es decir, son símbolos condicionantes.

TÉRMINO	SÍMBOLO
EN CONDICIÓN DE MATERIAL MÁXIMO	Ⓜ
SIN IMPORTAR EL TAMAÑO DE LA CARACTERÍSTICA	Ⓢ
EN CONDICIÓN DE MATERIAL MÍNIMO	Ⓛ
ZONA PROYECTADA DE TOLERANCIA	Ⓟ
DIÁMETRO	φ
DIÁMETRO ESFÉRICO	Sφ
RADIO	R
RADIO ESFÉRICO	SR
REFERENCIA	()
LONGITUD DE ARCO	∩
DIMENSIÓN BÁSICA	3

Tabla 2. Símbolos modificadores.

1) Símbolo de condición de material máximo. Este símbolo modifica directamente el valor de la tolerancia geométrica, y su significado es el siguiente: cuando una tolerancia geométrica es aplicada sobre una base de condición de material máximo, la tolerancia geométrica especificada es interdependiente con el tamaño de la característica considerada. El valor de la tolerancia geométrica, cuando está modificada por el símbolo de condición de material máximo, tiene como límite el valor especificado en el cuadro de control si la característica es producida a su límite de tamaño en condición de material máximo: **Cuando el tamaño real de la característica se aleja de la condición de material máximo, un incremento en el valor de la tolerancia geométrica igual a la cantidad de aquel alejamiento es permitido.** Esto significa, que la variación total permisible en el valor de la tolerancia geométrica, es máxima cuando la característica está en su condición de material mínimo. Este símbolo modificador, también puede estar afectando la letra de la característica dato, lo cual significa que el dato es el eje o plano central de la característica tolerada en el límite de condición de material máximo, y cuando el tamaño real de la característica dato se aleja de la condición de material máximo, una desviación es permitida entre su eje o plano central y el eje o plano central del dato, es decir entra las características dato de tamaño.

2) Símbolo de la condición de material mínimo. Significa lo siguiente: cuando una tolerancia geométrica es aplicada sobre una base de condición de material mínimo, la tolerancia geométrica especificada es interdependiente con el tamaño de la característica considerada. El valor de la tolerancia geométrica, cuando está modificada por el símbolo de condición de material máximo, está limitado al valor especificado en el cuadro de control si la característica es producida a su límite de tamaño en condición de material mínimo: **Cuando el tamaño real de la característica se aleja de la condición de material mínimo, un incremento en el valor de la tolerancia geométrica igual a la cantidad de aquel alejamiento es permitido.** Esto significa, que la variación total permisible en el valor de la tolerancia geométrica, es máxima cuando la característica está en su condición de material máximo. Este símbolo modificador, también puede estar afectando la letra de la característica dato, lo cual significa que el dato es el eje o plano central de la característica tolerada en el límite de condición de material mínimo, y cuando el tamaño real de la característica dato se aleja de la condición de material mínimo, una desviación

es permitida entre su eje o plano central y el eje o plano central del dato, es decir entra las características dato de tamaño.

En cualquiera de los dos casos anteriores, es necesario realizar una tabla, que indique el valor de la tolerancia geométrica, conforme varíe la dimensión de la característica tolerada.

3) Símbolo para indicar la condición de "sin importar el tamaño de la característica". Cuando una tolerancia geométrica es aplicada sobre la base de sin importar el tamaño de la característica, el valor de la tolerancia geométrica especificada es independiente del tamaño de la característica considerada. El valor de la tolerancia geométrica está limitada al valor especificado sin importar cuál sea el tamaño real de la característica tolerada.

Efecto de la tolerancia cero en condición de material máximo.

Cuando una tolerancia de posición u orientación es aplicada sobre una base de tolerancia cero en condición de material máximo, la tolerancia geométrica depende totalmente del tamaño de la característica tolerada, y ninguna tolerancia de posición y orientación es permitida si la característica es producida a su límite de tamaño en condición de material máximo, y en este caso, debe estar localizada en posición ideal o debe estar en orientación perfecta, según sea el caso. Cuando el tamaño real de la característica se aleja de la condición de material máximo, una tolerancia geométrica igual a la cantidad de tal alejamiento es permitida. La variación total permisible en posición u orientación es máxima cuando la característica está en su condición de material mínimo, a menos que esté especificado otro máximo.

Tanto la dimensión básica y la dimensión de referencia, no llevan tolerancia alguna. La dimensión básica, la cual se anota entre paréntesis, únicamente se utiliza con propósito informativo, y no gobierna operaciones de producción e inspección. En cambio, la dimensión básica, es un valor numérico, encerrado en un rectángulo, que es utilizado para describir tamaño, perfil, orientación o localización teóricamente exacta de una característica o dato específico. Es el valor base, a partir del cual las variaciones son establecidas mediante tolerancias dimensionales y geométricas en otras dimensiones, notas o en marcos de control de característica.

DESARROLLO:

Se propone en este caso, interpretar las tolerancias geométricas de un plano, entendiendo primero las tolerancias dimensionales, para luego analizar e interpretar las tolerancias geométricas.

BIBLIOGRAFIA:

Norma ANSI Y-14.5M-1982, de Dimensionado y Tolerado

Chevalier D.
Dibujo Mecánico
Editorial Noriega.

Esta obra se terminó de imprimir
en diciembre de 1995
en el taller de imprenta del
Departamento de Publicaciones
de la Facultad de Ingeniería,
Ciudad Universitaria, México, D.F.
C.P. 04510

Secretaría de Servicios Académicos

El tiraje consta de 250 ejemplares
más sobrantes de reposición.