

## Calibres de Límites (Pasa – No Pasa)

### Introducción

En la fabricación de piezas en serie, el control de las dimensiones generalmente no se realiza tomando medidas con instrumentos de lectura, sino que se utilizan calibres de límites, también llamados calibres de tolerancia o calibres pasa-no pasa. Los resultados del control de cada pieza son la aceptación o el rechazo, sin que se determine el valor de la cota. Se aceptan las piezas cuyas dimensiones se hallan entre ambas medidas del calibre pasa-no pasa, y son rechazadas las que no cumplen con esa condición. Por lo tanto el lado “pasa” debe entrar y el “no pasa” solo apuntar. En la figuras 1 y 2 se aprecian respectivamente un eje y un agujero cuyas medidas  $D$  se aceptan porque cumplen ambas condiciones.

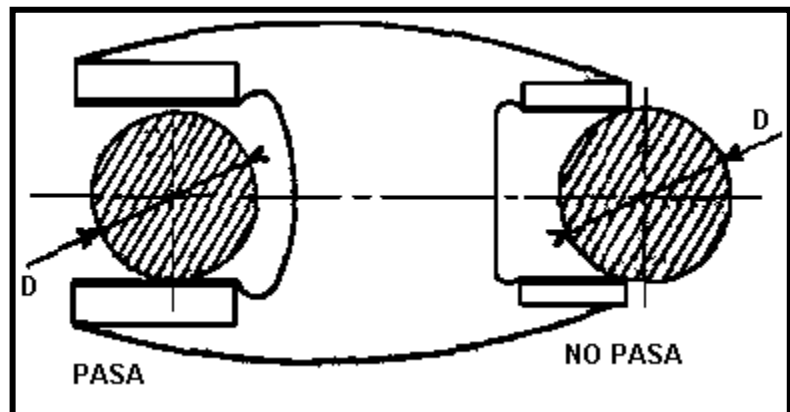


Figura 1

Para el control de agujeros u otras medidas interiores se utilizan los calibres machos y para controlar ejes u otras medidas exteriores, los calibres hembra. Los calibres citados son comúnmente del tipo fijo, pero para ciertos casos se emplean calibres registrables.

### Formas de calibres

La normalización de los calibres fue efectuada en base a la normalización de las tolerancias para las piezas. La forma del calibre a emplear está ligada al tamaño de la cota que se controla, o sea la medida nominal  $D_N$ . Los calibres para agujeros y para ejes pueden tener las siguientes formas, y luego se describen sus características:

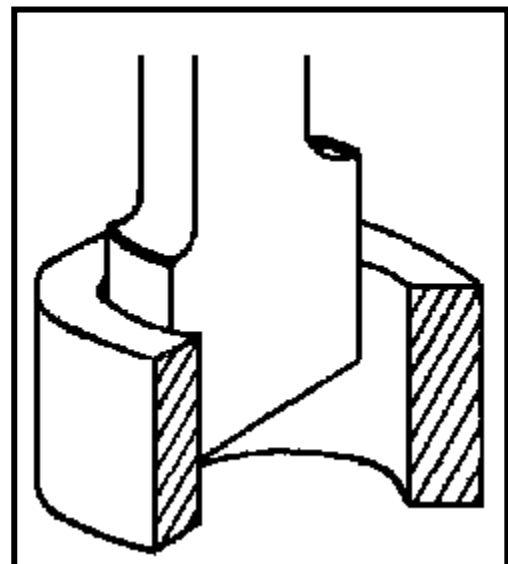


Figura 2

<b>Calibres Macho</b> (p/agujeros)	{	<b>Cilíndricos o tapones</b>	{	<b>Calibres Hembra</b> (p/ejes)
		<b>Planos</b>		<b>Herraduras</b>
		<b>Varillas (esféricos)</b>		<b>Anillos</b>
		<b>Tebo</b>		<b>Registrables</b>
		<b>Registrables</b>		

### Calibres Macho

**Cilíndricos o tapones:** Los cilindros máximo (no-pasa) y mínimo (pasa) tienen la forma completa del agujero, son generalmente independientes del mango de sujeción y se montan sobre él con tornillos

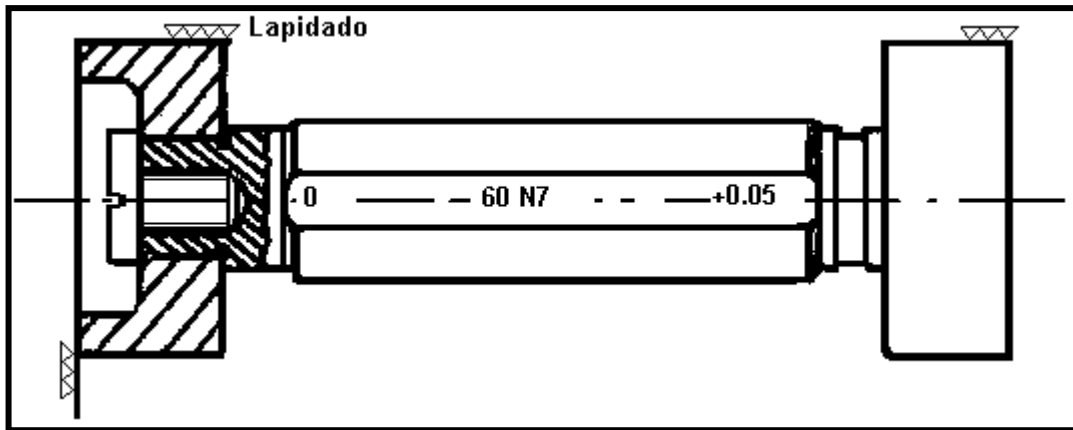


Figura 3

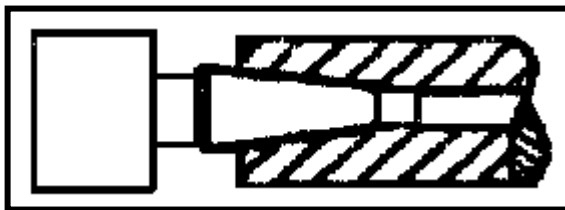


Figura 4

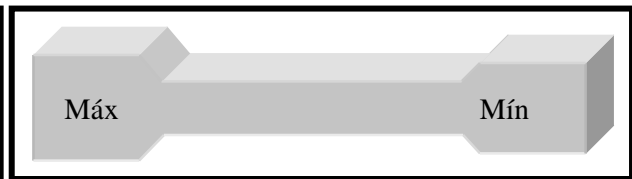


Figura 5

(figura 3) o con encajes cónicos (figura 4). El “pasa” es casi siempre más largo y es normal que exceda la longitud del agujero a controlar. El “no-pasa” es más corto, porque al no entrar, solo trabaja el borde extremo del mismo, y a su vez aligera el peso. Se emplean hasta  $D_N=100\text{mm}$ . Algunos tienen el mínimo y el máximo del mismo lado, resultando más livianos y acortando el tiempo de control. Sobre la empuñadura del calibre va grabada la nomenclatura normalizada, por ej: 60 N7.

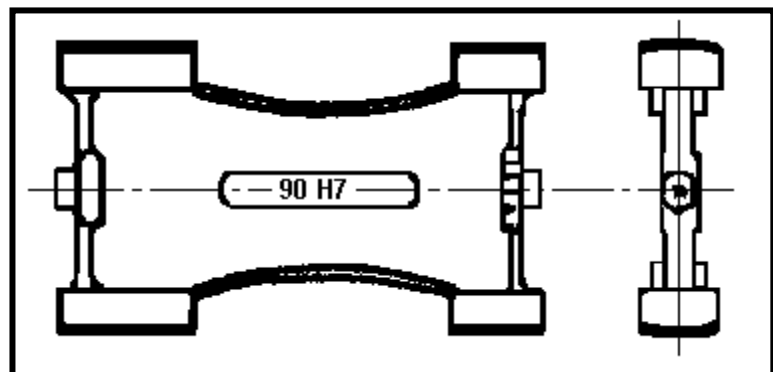


Figura 6

Para superficies planas paralelas, como ranuras, pueden adoptar la forma de la figura 5.

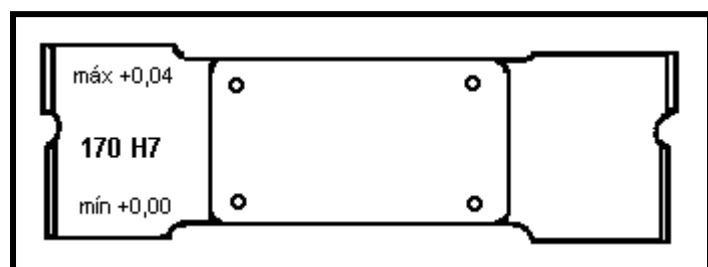


Figura 7

**Planos:** son también cilíndricos, pero contienen solo dos porciones opuestas del cilindro delimitado por 2 planos paralelos entre sí y paralelos al eje. Se utilizan para más de 100mm. Son más livianos, pero no controlan la forma completa. En la figura 6 se observa uno con su máximo y mínimo en lados opuestos, y en la 7 otro con ambas partes del mismo lado.

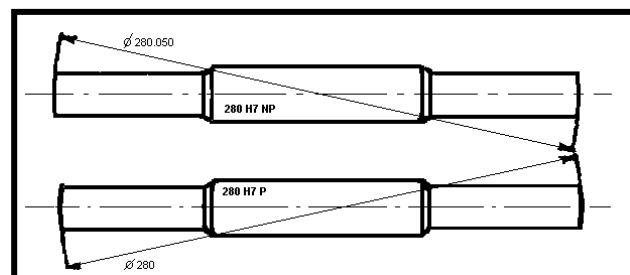


Figura 8

**Varillas:** Sus extremos son casquetes esféricos

(calotas). El pasa-no pasa está compuesto por dos varillas separadas, correspondientes a cada una de las medidas límites (figura 8). Se emplean para  $D_N > 250\text{mm}$ . Las calotas teóricamente deben ser casquetes con los diámetros máximo y mínimo, pero suelen hacerse con diámetro más pequeño, que resultan más prácticas y precisas.

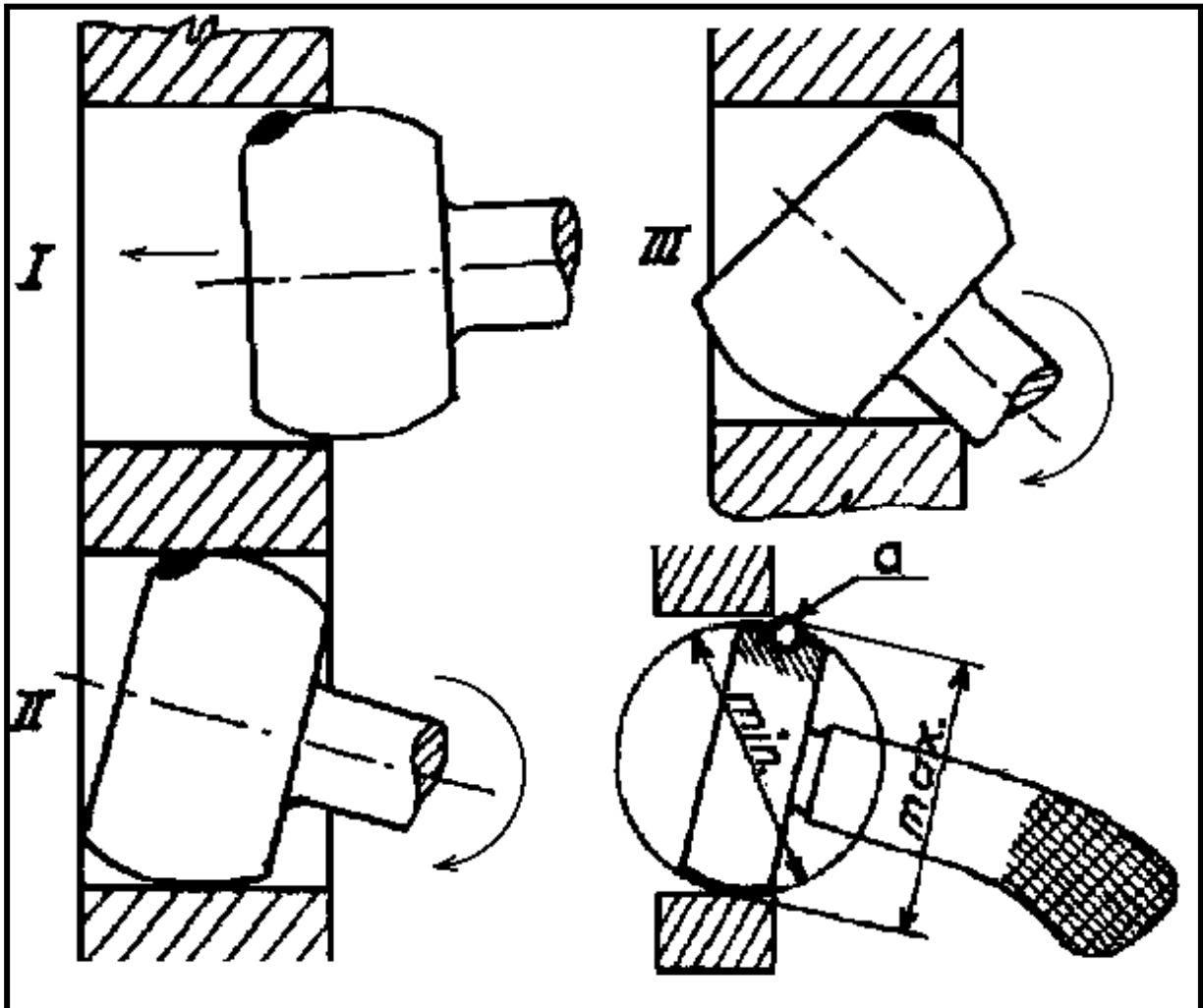


Figura 9

**Tebo:** fue diseñado por el Ing. Ternebon (sueco). El  $D_{\min}$  es un sector esférico de ese diámetro, y el máximo se obtiene con una calota (bola empotrada) que sobresale el valor de la diferencia. En la figura 9 se muestra controlando un agujero. Se introduce de modo que la calota no impida la entrada del “pasa”, y dentro del agujero se gira según se indica para comprobar el máximo. La posición I muestra un agujero menor que el mínimo (no entra, pieza mala), en la II pasa el mínimo y al girar el Tebo toca el máximo, aceptándose la pieza, y en la III que el máximo no bloquea el giro, la pieza se rechaza pues la dimensión del agujero está en exceso.

### Calibres hembra

**Herraduras:** También se los conoce como “de mandíbulas”. Pueden tener las aberturas opuestas o de un solo lado (figuras 10 y 11). Los clásicos son forjados. Las caras de palpación debe ser planas, paralelas y lapidadas. Permiten verificar piezas montadas sobre la máquina que las produce, entre puntas, sin necesidad de acceder por los extremos (con los anillos no es posible).

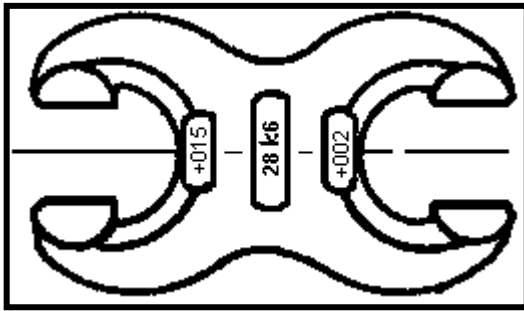


Figura 10

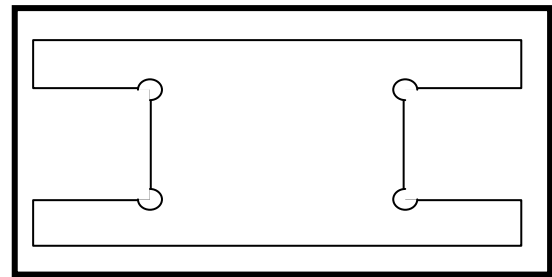


Figura 12

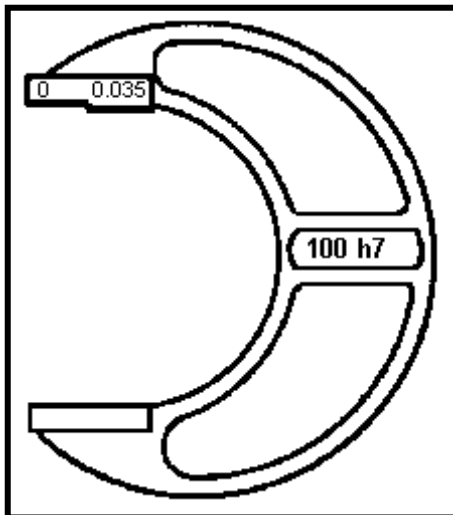


Figura 11

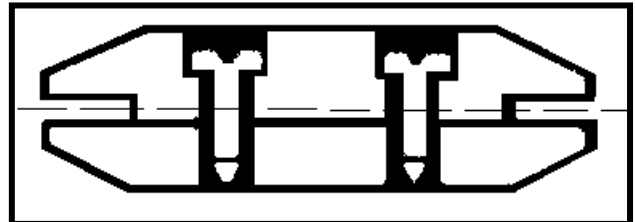


Figura 13

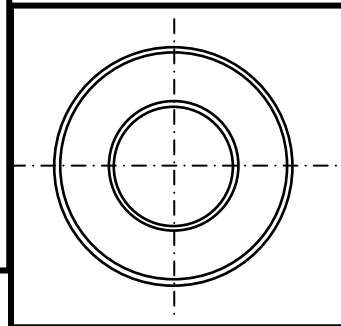


Figura 14

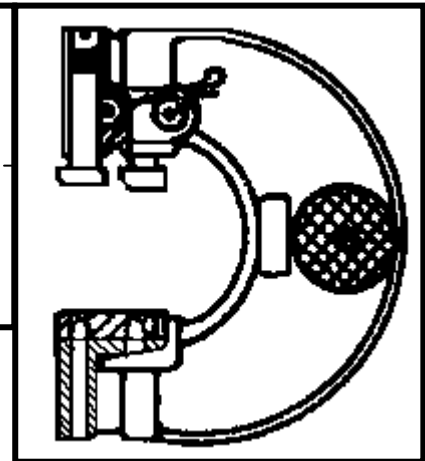


Figura 15

Para pequeñas cantidades de piezas pueden hacerse de chapa (figura 12). Para pequeños espesores, hasta 6mm pueden hacerse en dos partes unidas por tornillos sellados o remaches (figura 13).

**Anillos:** Por lo general se utilizan dos, cada uno con su respectiva medida interior límite (figura 14). Se emplean cuando se quiere controlar la forma completa del eje.

**Calibres registrables, macho y hembra:** Su diseño se debe a Johansson, permiten fijar la magnitud de la cota a verificar, regulando la posición de los palpadores y poniéndolos a punto con bloques patrón. Con un juego de 20 calibres se cubren todas las medidas hasta 305 mm. Para tener una idea del campo de regulación de cada uno, como ejemplo el N° 11 va de 100 a 115mm y el N° 20 de 275 a 305mm. Se prestan para series relativamente pequeñas en las que no se justifica invertir en calibres fijos. Son muy ventajosos también para industrias de producciones variables.

En la figura 15 se observa un calibre registrable hembra. El de la figura 16 se emplea para interiores, lo mismo que el de la figura 17. Este último tiene el vástago telescópico "1" impulsado hacia afuera por un resorte, que al ser liberado dentro del orificio que se verifica, los dos extremos apoyan sobre el interior del agujero y entonces se inmoviliza la posición de "1", mediante un tornillo accionado desde "2". La cota deseada se obtiene midiendo la distancia entre los dos

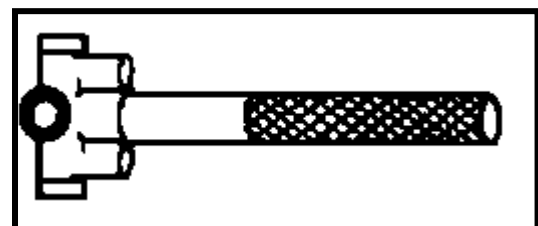


Figura 16

extremos con un instrumento de lectura.

Los calibres registrables se pueden ajustar mejor a las medidas límites de la pieza, con diferencias muy pequeñas, sin tener que admitir las tolerancias que se conceden a los calibres fijos en su fabricación (que recortan la tolerancia de la pieza y producen rechazos), ni tener en cuenta las consideraciones de vida útil, según se verá más adelante en el dimensionamiento. Pueden tener también los 4 palpadores registrables o bien solo dos.

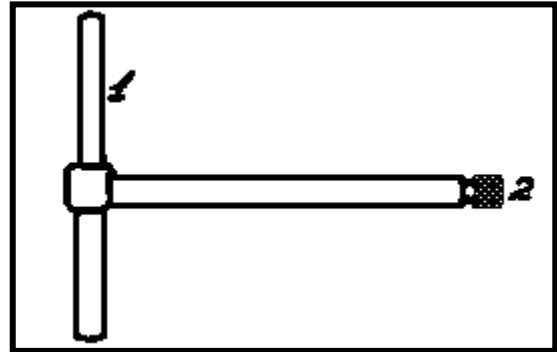


Figura 17

**Calibres para distintas funciones:** de acuerdo a la etapa del proceso de fabricación en los que se emplean, se distinguen tres tipos de calibres:

- **Calibres de producción**, utilizados para el control de piezas durante la fabricación
- **Calibres de verificación** (verificadores), que controlan a los calibres de producción en forma periódica, para asegurar que el desgaste no los ha puesto fuera de medida. Los calibres de interior (calibres tapón) no se verifican mediante calibre fijos, pues los calibres para interior pueden controlarse eficazmente con instrumentos y máquinas de medir de gran precisión. La forma de los verificadores es obviamente complementaria a la de los calibres de producción, verificadores machos para calibres de producción hembras, y viceversa.
- **Calibres de inspección**, utilizados exclusivamente por dicho servicio, para volver a controlar las piezas que habiendo sido rechazadas en producción por un calibre “pasa” nuevo, con un calibre de inspección que por desgaste tiene su dimensión cercana al límite. Así es posible reducir el número de rechazos de fabricación, evitando que las piezas que se encuentran dentro de la tolerancia sean indebidamente descartadas.

### Calidad IT de los calibres

La calidad de los calibres, y por ende su tolerancia de fabricación, es por lo menos 4 o 5 grados mas fina que la de las piezas que se controlan, acorde con los principios básicos de la metrología. A su vez, los calibres de verificación son de calidad más precisa que los de producción. En la tabla siguiente se indican las calidades IT de los calibres que se emplean para las calidades 5 a 16 de las piezas.

Calidad de la pieza construida: IT	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Calibres de producción { IT	Calibres macho cilíndricos y planos..... Calibres hembra..... Varillas calibre.....	-	2				5	7				
		2	3		4							
		-	2				4	6				
Calibres de verificación: IT	1		2							3		

### Defectos geométricos de las piezas y su detección con los calibres

La cilindricidad de los calibres tapones y la planedad y paralelismo rigurosos de las caras palpadoras de los calibres herradura deben controlarse con sumo cuidado. La planedad y paralelismo se controlan por interferometría.

El principio de Taylor considera que el calibre P debe representar el prototipo de la forma de la pieza controlada y limitar todos sus parámetros geométricos, mientras el NP debe controlar todo parámetro geométrico por separado. Efectivamente, sea el caso del agujero de la figura 18. Las circunferencias concéntricas representan los límites superior e inferior y la línea irregular, la forma y dimensión (magnificados los defectos) del agujero real. Al efectuar el control, los lados P y NP de un calibre tapón completo, responden a las exigencias y la operación es aceptada como buena a pesar de que ciertos valores del diámetro exceden la medida máxima permitida. Si para el lado NP se hubiera empleado un calibre reducido (plano) o del tipo varilla (ver figuras 6, 7 y 8) solo se hubiera podido detectar la falla mediante posiciones cruzadas del calibre.

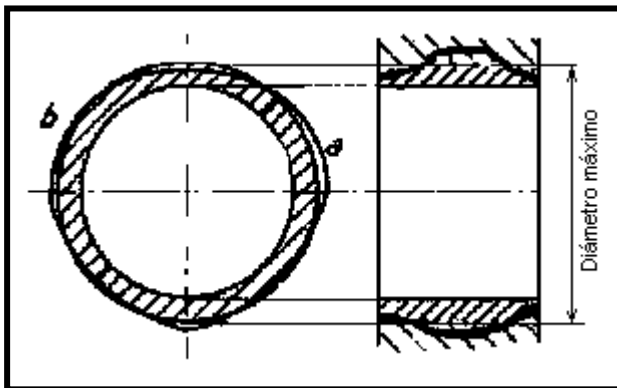


Figura 18

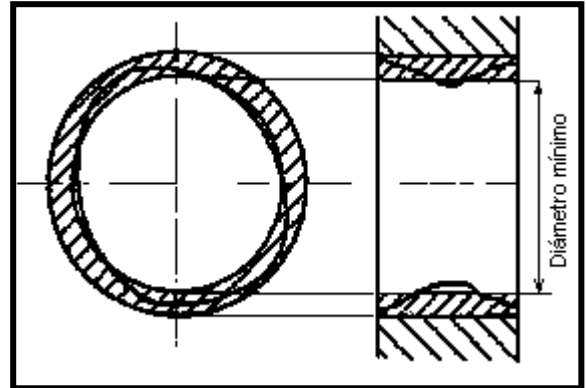


Figura 19

La figura 19 representa el caso de un eje. Las conclusiones son idénticas, suponiendo que tanto el lado P como el NP son anillos. Correspondería un calibre anillo para el lado “pasa” y un calibre herradura para el lado “no pasa”. Con este tipo de controles se asegura la posibilidad de montaje sin inconvenientes. Salvo para piezas de grandes dimensiones, debe tenerse siempre en cuenta el principio de Taylor.

### Materiales usados en la fabricación de calibres de límites

Pueden emplearse aceros de hasta 0,50 % de C templados y revenidos, o de 0,20 %C y hasta 1,10% de Mn, luego cementados, templados y revenidos. La dureza debe llegar al rango 56÷64Rc.

Hay aleaciones especiales indeformables, con Cr. También se emplean aceros para rodamientos y aceros rápidos.

La resistencia al desgaste es la principal exigencia, siendo muy efectivos el cromado o el nitrurado en los de acero. También pueden ser recubiertos por deposición con una capa delgada de nitruro de titanio de muy alta dureza y resistencia al desgaste como las empleadas en herramientas de corte. El metal duro aplicado en forma de plaquitas insertadas da excelentes resultados.

El desgaste mayor se produce en los de acero. Los nitrurados triplican la vida útil, los cromados de 4 a 10 veces y los de metal duro de 30 a 50 veces. El carburo de Boro o diamante industrial supera a los anteriores en diez veces. Con estos dos últimos materiales, las concesiones dadas por las normas ISO en las tolerancias de desgaste para prolongar el uso de los calibres, no se justifica.

Ensayos controlando piezas de acero, hasta llegar a 2,5µm de desgaste dieron los siguientes resultados:

Calibre tapón de acero de alto C y Cr .....	8.000 piezas
“    “    rápido .....	25.000 “
“    “    con cromado duro.....	200.000 “

Las normas ASA establecen la rugosidad Ra para calibres:

IT2 a IT3 ..... 0,1 $\mu$ m  
 IT4. ....0,2 $\mu$ m  
 IT5 a IT7...hasta 0,4 $\mu$ m

La calidad superficial que da el mejor comportamiento para reducir el desgaste, se obtiene por medio de lapidado.

### Manejo de los calibres

La fuerza que se aplique al controlar las piezas con los calibres puede provocar deformaciones elásticas de ambos, lo que constituye un error de procedimiento, conducente a la aceptación o rechazo incorrectos

de las piezas, deterioros, y desgaste más rápido. Debe tenerse gran cuidado en la operación y debe evitarse forzar la introducción y el pasaje de los calibres. Las figuras 20 y 21 ilustran acerca de los modos correcto e incorrecto en el empleo de calibres tapón y herradura.

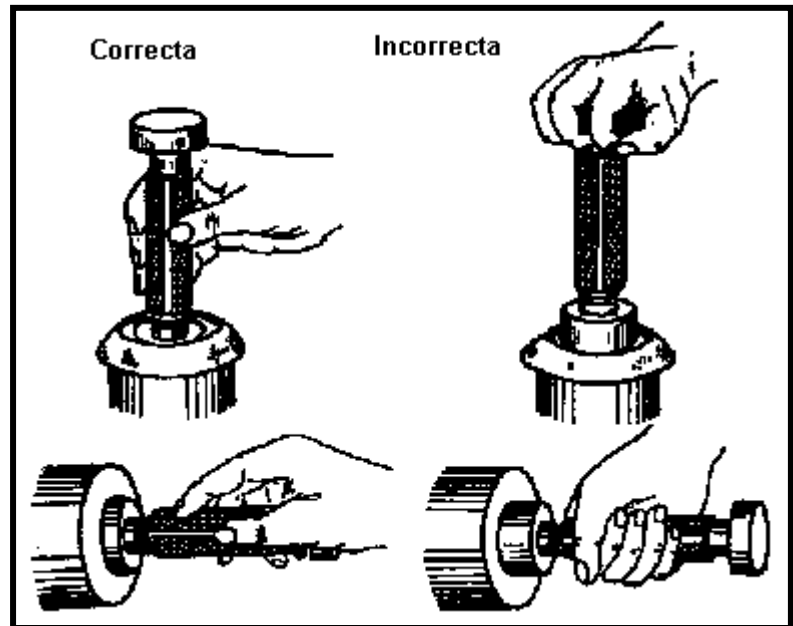


Figura 20

Cuando la pieza está ubicada de forma que el calibre se introduce a favor de la gravedad, es recomendable que la fuerza sea la que se ejerce a través del peso propio del calibre. En el caso de calibres de grandes dimensiones habrá que colocar elementos compensadores para evitar fuerzas de medición muy altas.

### Dimensionamiento de los calibres de límites

De acuerdo a lo establecido en las normas ISO, los calibres nuevos deben ser comprobados, debiendo estar sus medidas entre los valores  $M_{\text{máx}_{\text{CN}}}$  y  $M_{\text{mín}_{\text{CN}}}$ . Durante el uso deben ser también comprobados, y deben usarse hasta que su medida llegue al valor final admisible para el calibre desgastado, como se verá seguidamente.

### Nomenclatura o notación normal

$M_{\text{máx}_{\text{CN}}}$  = Medida máxima calibre nuevo  
 $M_{\text{mín}_{\text{CN}}}$  = " mínima " "  
 $M_{\text{máx}_{\text{CD}}}$  = " máxima " desgastado  
 $M_{\text{mín}_{\text{CD}}}$  = " mínima " "  
 $M_{\text{máx}_{\text{C}}}$  = " máxima calibre  
 $M_{\text{mín}_{\text{C}}}$  = " mínima " "  
 A = Agujero  
 E = Eje

El lado "pasa" es el que sufre desgaste con el uso, y a efectos de aumentar su vida útil, su tolerancia de fabricación se ubica dentro de la tolerancia de la pieza una cantidad

llamada "discrepancia", de modo que el calibre nuevo, en el comienzo de su uso, puede rechazar piezas que están dentro de tolerancia. Dichas piezas pueden ser chequeadas con calibres de inspección

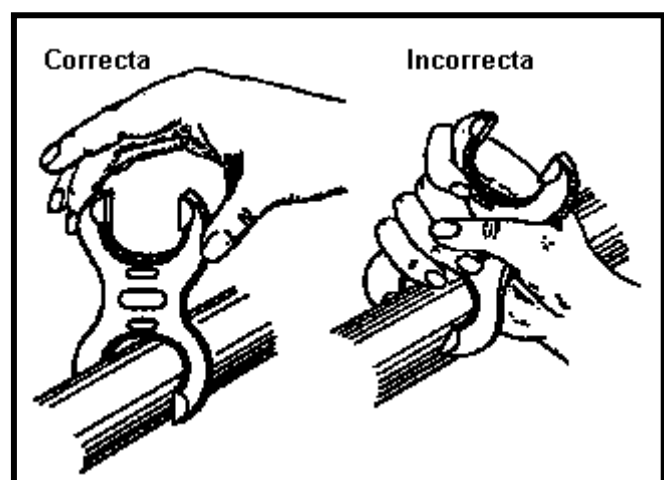


Figura 21

(de dimensión próxima a la teórica límite de la pieza), pudiendo ser aceptadas en esa segunda instancia, o rechazadas cuando se comprueba que están efectivamente fuera de los valores admisibles.

También con el objeto de extender la vida útil de los calibres “pasa”, se permite que sigan siendo usados hasta una medida que ya haya excedido el límite teórico, de modo que es factible que algunas piezas fuera de tolerancia sean igualmente aprobadas. La probabilidad de que esto ocurra es baja, sobretodo si el proceso de fabricación está eficazmente controlado.

El lado “no pasa”, generalmente no entra debido a su dimensión, por lo que su desgaste es ínfimo, dado lo cual su tolerancia se reparte simétricamente en dos mitades por encima y por debajo de la medida límite correspondiente de la pieza, resultando mucho menor la probabilidad que acepte piezas malas y rechace piezas buenas. El “no pasa” suele desbocarse o sufrir aplastamientos localizados sobre el borde, que se subsanan rectificándoles la punta sin afectar su medida.

El cálculo de las dimensiones de los calibres para piezas por encima de los 180mm contempla la inseguridad de medida a tener en cuenta cuando las piezas superan el tamaño indicado, y ello se debe a que el posicionado y alineación calibre-pieza presenta mayor dificultad, apareciendo entonces en el cálculo un término denominado “reducción del límite de desgaste”.

La norma de Ajustes ISO ha establecido los valores de los parámetros que intervienen en el cálculo de las dimensiones de los calibres, que son diferentes según la calidad IT de la cota a controlar, y para cada campo de medida nominal. Una tabla que contiene los valores citados, se encuentra adjunta a las que contienen el resto de los datos del tema Ajustes y Tolerancias.

### Parámetros para el cálculo de las dimensiones

**H** : Tolerancia de fabricación de calibres macho

**H<sub>1</sub>** : “ “ “ “ “ hembra

**z** : Discrepancia de calibres macho

**z<sub>1</sub>** : “ “ “ hembra

**y** : Límite de desgaste calibres macho

**y<sub>1</sub>** : “ “ “ “ hembra

**α**: Reducción del límite de desgaste calibres macho

**α<sub>1</sub>** : “ “ “ “ “ hembra

### CALIBRES MACHO (p/Agujeros hasta 180mm) (figura 22)

#### LADO PASA

$$\begin{cases} M_{\max}^{CN} = D_{\min}^A + z + H/2 \\ M_{\min}^{CN} = D_{\min}^A + z - H/2 \\ M_{\min}^{CD} = D_{\min}^A - y \end{cases}$$

#### LADO NO PASA

$$\begin{cases} M_{\max}^C = D_{\max}^A + H/2 \\ M_{\min}^C = D_{\max}^A - H/2 \end{cases}$$

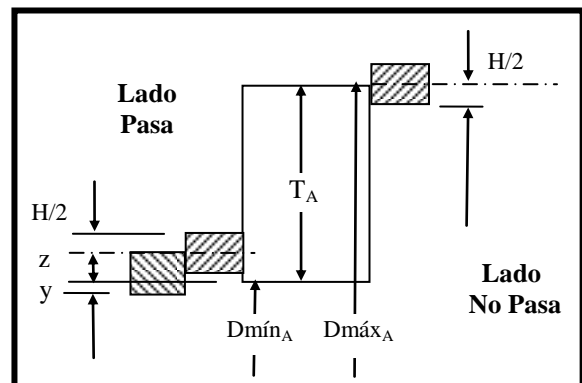


Figura 22



**CALIBRES MACHO (p/Agujeros mayores de 180mm)**
LADO PASA

$$\begin{cases} M_{\text{máx}}_{\text{CN}} = D_{\text{mín}}_{\text{A}} + z + H/2 \\ M_{\text{mín}}_{\text{CN}} = D_{\text{mín}}_{\text{A}} + z - H/2 \\ M_{\text{mín}}_{\text{CD}} = D_{\text{mín}}_{\text{A}} - y + \alpha \end{cases}$$

LADO NO PASA

$$\begin{cases} M_{\text{máx}}_{\text{C}} = D_{\text{máx}}_{\text{A}} - \alpha + H/2 \\ M_{\text{mín}}_{\text{C}} = D_{\text{máx}}_{\text{A}} - \alpha - H/2 \end{cases}$$

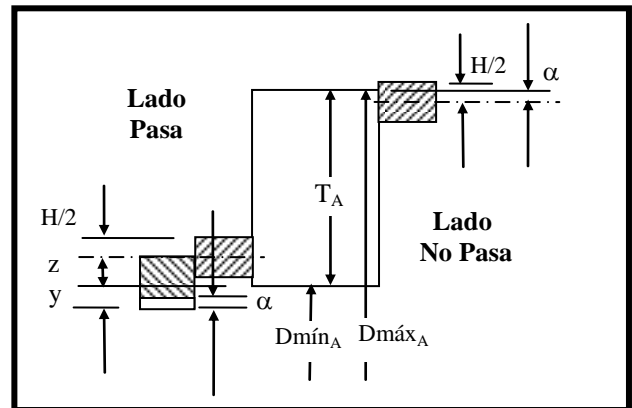


Figura 23

**CALIBRES HEMBRA (p/ Ejes hasta 180 mm)**
LADO PASA

$$\begin{cases} M_{\text{máx}}_{\text{CN}} = D_{\text{máx}}_{\text{E}} - z_1 + H_1/2 \\ M_{\text{mín}}_{\text{CN}} = D_{\text{máx}}_{\text{E}} - z_1 - H_1/2 \\ M_{\text{máx}}_{\text{CD}} = D_{\text{máx}}_{\text{E}} + y_1 \end{cases}$$

LADO NO PASA

$$\begin{cases} M_{\text{máx}}_{\text{C}} = D_{\text{mín}}_{\text{E}} + H_1/2 \\ M_{\text{mín}}_{\text{C}} = D_{\text{mín}}_{\text{E}} - H_1/2 \end{cases}$$

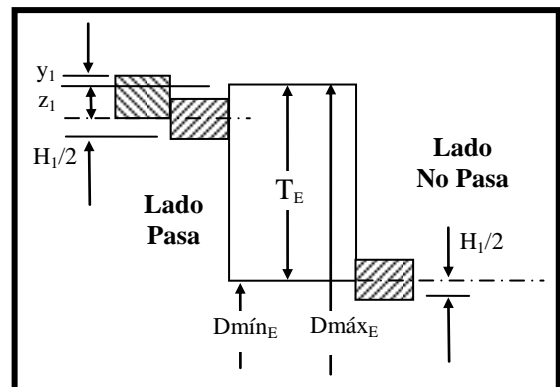


Figura 24

**CALIBRES HEMBRA (p/ Ejes mayores de 180 mm)**
LADO PASA

$$\begin{cases} M_{\text{máx}}_{\text{CN}} = D_{\text{máx}}_{\text{E}} - z_1 + H_1/2 \\ M_{\text{mín}}_{\text{CN}} = D_{\text{máx}}_{\text{E}} - z_1 - H_1/2 \\ M_{\text{máx}}_{\text{CD}} = D_{\text{máx}}_{\text{E}} + y_1 - \alpha_1 \end{cases}$$

LADO NO PASA

$$\begin{cases} M_{\text{máx}}_{\text{C}} = D_{\text{mín}}_{\text{E}} + \alpha_1 + H_1/2 \\ M_{\text{mín}}_{\text{C}} = D_{\text{mín}}_{\text{E}} + \alpha_1 - H_1/2 \end{cases}$$

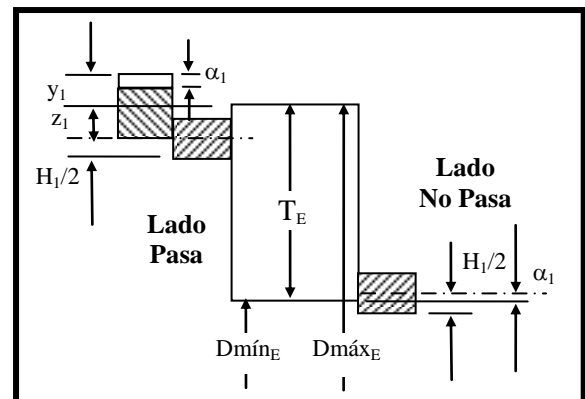


Figura 25

**Bibliografía**

Martínez de San Vicente, "Metrología Mecánica", UNR.

J.A.Rodríguez, "Metrología", CETILP.

A.García Mateos, "Tolerancias, Ajustes y Calibres", Ed. Urmo.

D.Lucchesi, "Metrotecnica, tolerancias e instrumentación", Ed. Labor.

ISO system of limits and fits, "Bases of tolerances, deviations and fits, SS-ISO 286-1.

ISO system of limits and fits, "Tolerance grades and limit deviations for holes and shafts", ISO 286-2.

A.Chevalier, B.Garbayo Oscar, "Metrología Dimensional", Fascículo 13 Ed. TEA.