



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

1

Departamento de Ingeniería Mecánica

Tecnología Mecánica I – 67.15

Unidad 1: Ajustes y Tolerancias

Ing. Guillermo Orlando Castro

Temario

Concepto de Ajustes y Tolerancias. Juego y Aprieto

Normas ISA. Utilización de tablas.

Concepto de Tolerancia

Es la **diferencia** entre las cotas **máximas** y **mínimas** de una dimensión de una pieza:

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

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

Concepto de Tolerancia

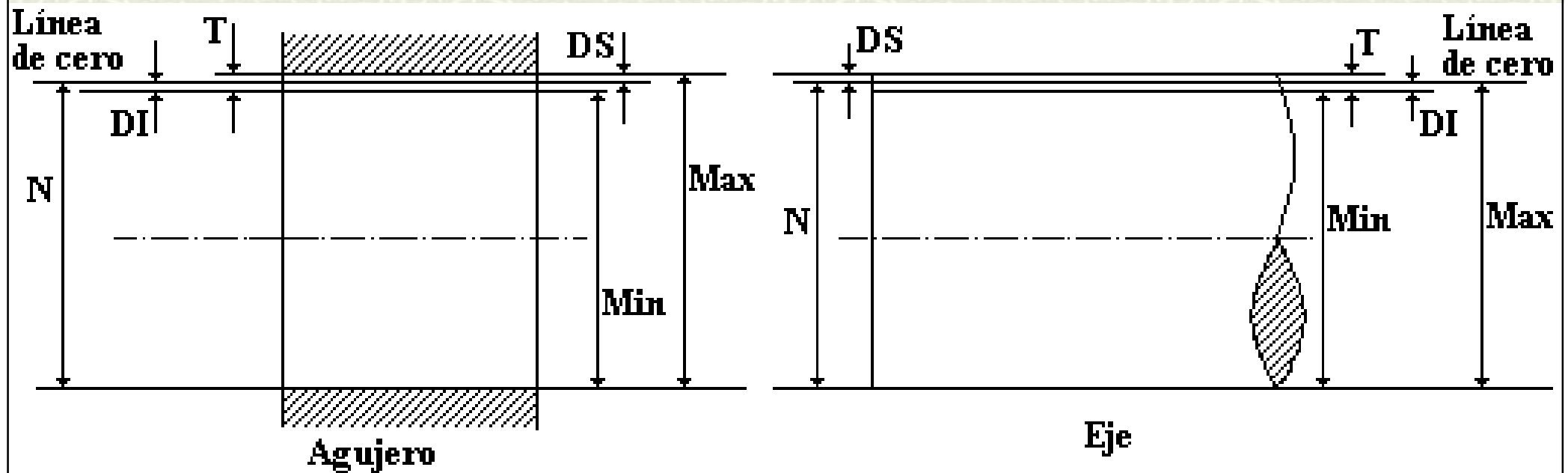
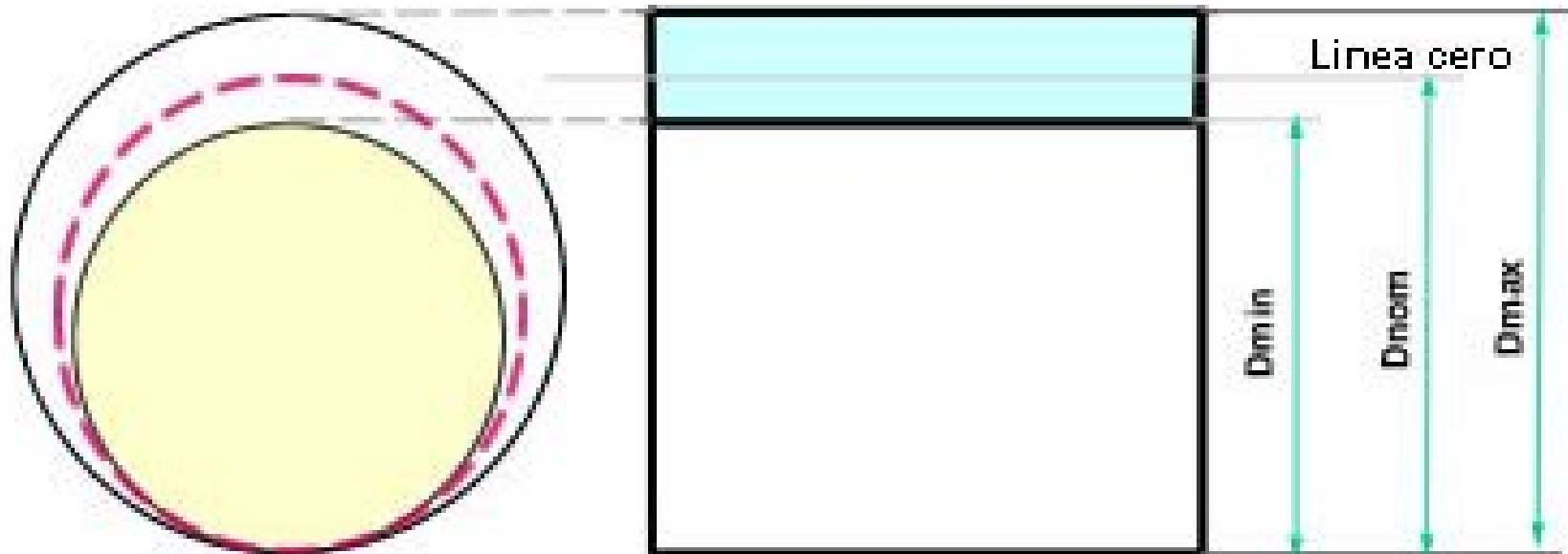


Fig.1.32

Concepto de Tolerancia



D_{min} = Diámetro mínimo

D_{max} = Diámetro máximo

D_{nom} = Diámetro nominal

Concepto de Tolerancia

*Antiguamente, la dimensión de una pieza se indicaba únicamente por su **valor nominal**. A partir de los conceptos de **fabricación en serie** y de **tolerancias**, se indican las **cotas límites admisibles**, entre las cuales debe estar comprendida la cota efectiva ó **medida nominal (N)**; a ambas se les antepone siempre un signo algebraico. La tolerancia puede ser también indicada por la **dimensión máxima** y la **dimensión mínima**.*

Concepto de Tolerancia

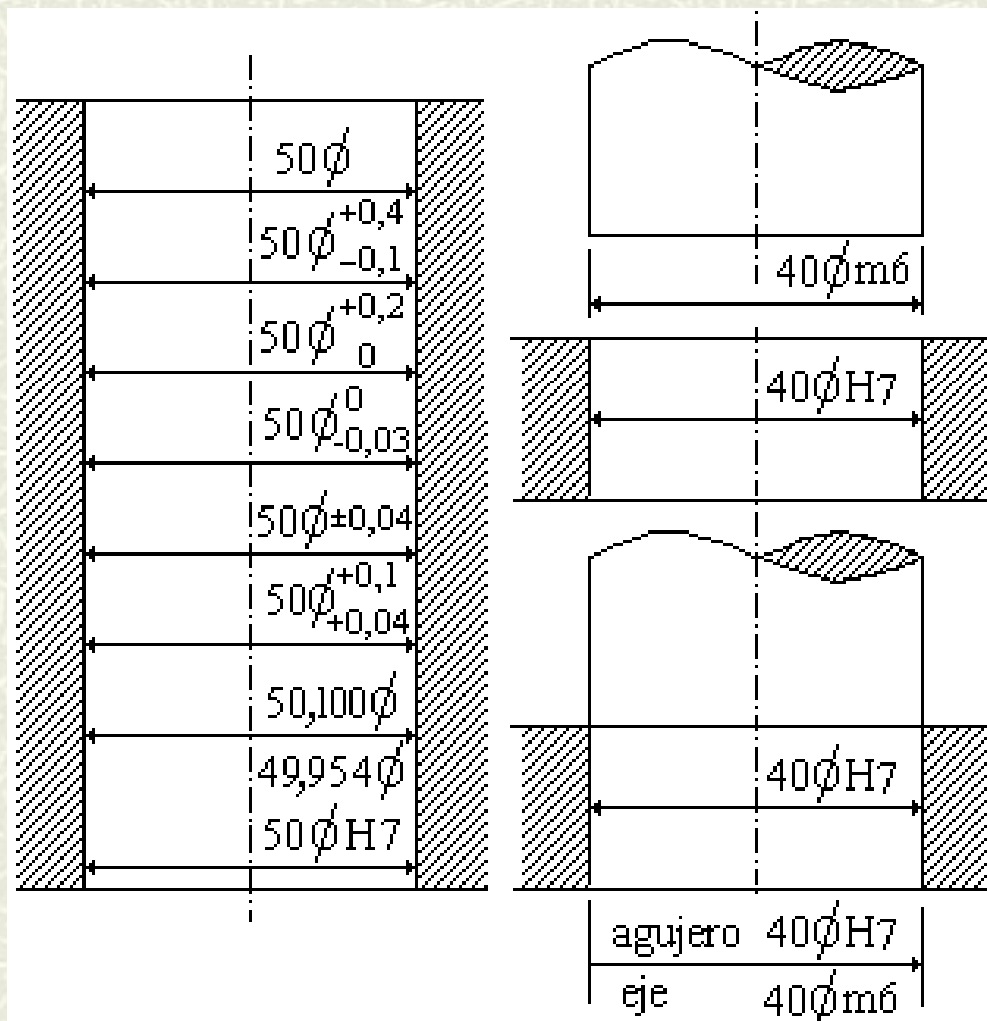
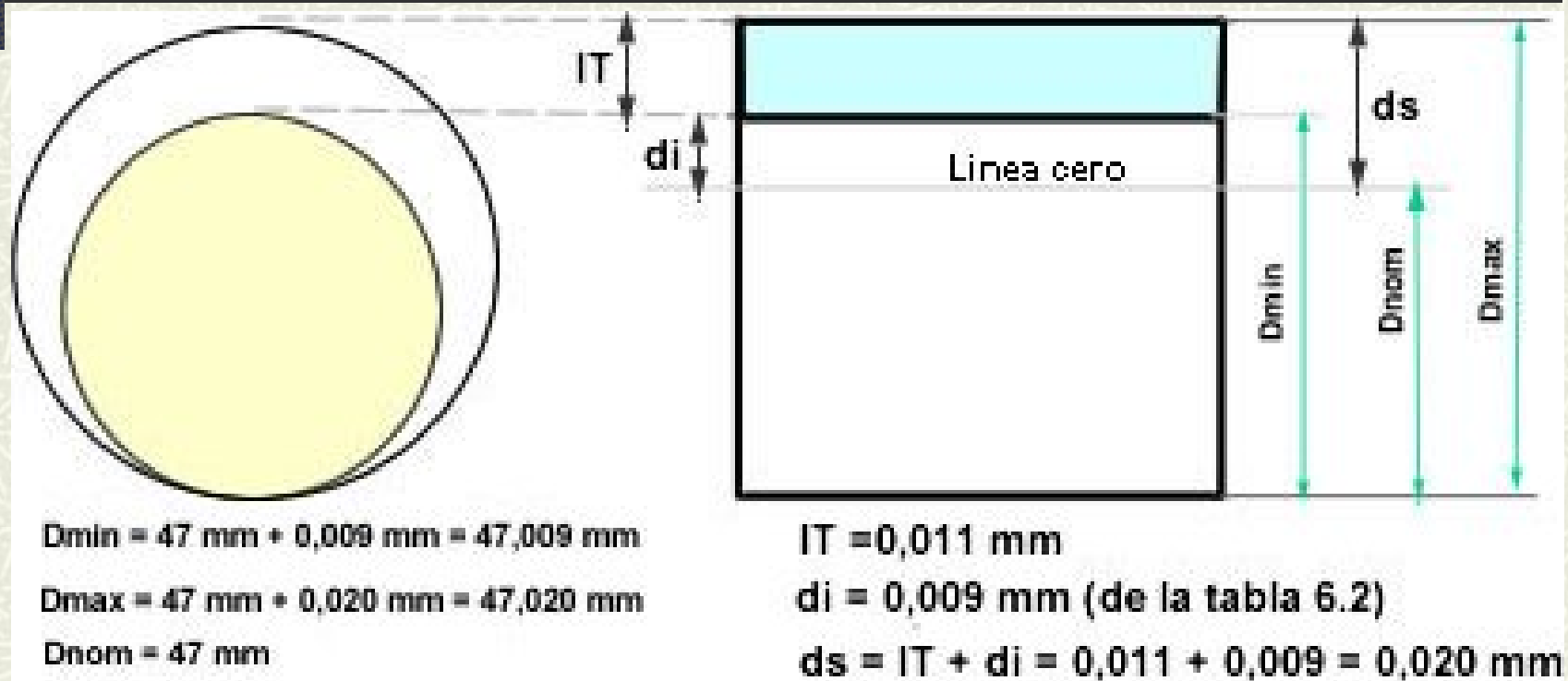


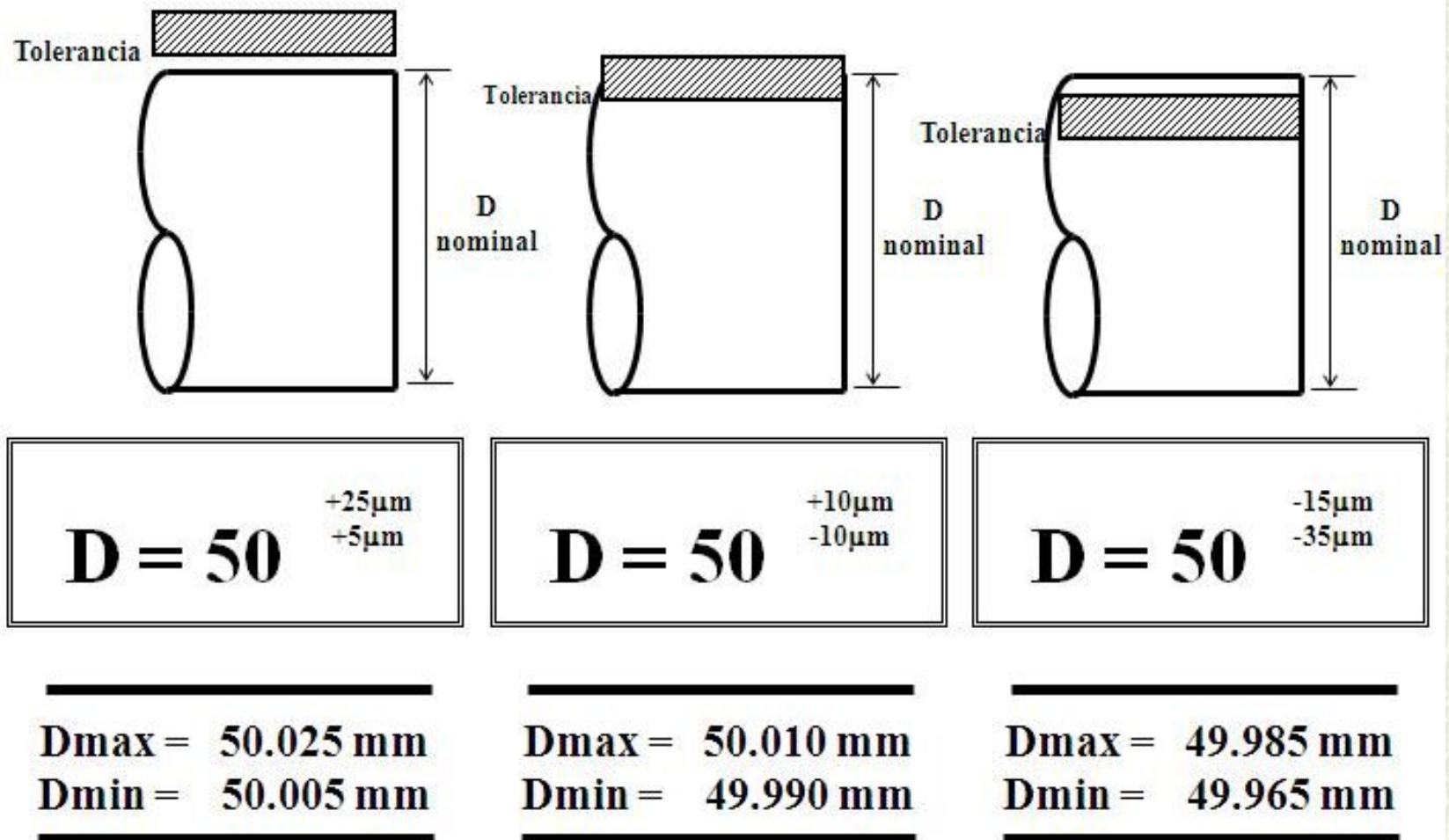
Fig.1.33

Concepto de Tolerancia



$$47 \text{ G5} = 47 \begin{matrix} +0,020 \\ +0,009 \end{matrix} \text{ y es un agujero (letra mayuscula)}$$

Concepto de Tolerancia



Concepto de Tolerancia

*La elección de las tolerancias no se hace en forma **arbitraria** y no puede ser hecha de otra manera, puesto que generalmente las diferentes partes del conjunto de un mecanismo, máquina ó dispositivo son fabricadas en talleres diferentes. Las tolerancia fijadas deberán ser escogidas de tal manera que sea posible cierto **intercambio** entre las piezas en acoplamiento.*

Concepto de Tolerancia

*Una empresa que importa un rodamiento de bolas, no puede elegir **caprichosamente** las tolerancias en el diámetro de aquella parte del eje que deba ajustar con determinado grado de aprieto con el cojinete. Deberá subordinar la medida mencionada dentro de las tolerancias que fija en su catálogo el fabricante de rodamientos. Antiguamente, cuando se carecía de reglas ó normas, estas tolerancias se fijaban **a criterio del ajustador.***

Concepto de Tolerancia

*En la actividad industrial, es **impensado** considerar que la definición de las tolerancias queden al arbitrio ó criterio de quién debe ajustar ambas partes, y que dependan de la **habilidad** de éste. De esa manera, no existiría **uniformidad en el criterio** del propio ajustador al efectuar dos operaciones iguales, dado que efectuará la 2º operación sin haber registrado el modo en que se hizo la 1º; ni que hablar cuando se trata de personas diferentes.*

Concepto de Tolerancia

*Se comprende fácilmente que este método, que no asegura la posibilidad de **intercambiar** diferentes piezas ejecutadas, sólo conviene para piezas unitarias ó de series muy pequeñas. La forma especial según la cual los límites sobre cada dimensión de la pieza están dispuestas en relación con la dimensión nominal establecida (N) está determinada por las llamadas Tablas de Tolerancias.*

Concepto de Tolerancia

Para ayudar a los proyectistas en especificar los límites apropiados de las tolerancias para piezas de varias dimensiones y para distintas aplicaciones, se ha prestado considerable atención al asunto en los países en los cuales la producción “en masa” ó en cantidad es una regla establecida, y se prepararon en varios países industrializados Sistemas de Límites y Ajustes.

Concepto de Tolerancia

La aplicación de estos sistemas comenzó en 1926 cuando la I.S.A. (International Standard Association) dictó normas que se fueron adoptando en todo el mundo paulatinamente; en la Argentina, IRAM (Instituto de Racionalización Argentino de Materiales) también adoptó sus recomendaciones. Las Tablas de Tolerancias son fruto de laboriosos experimentos basados en Normas de carácter universal, y tienen valores bien determinados.

Concepto de Tolerancia

*El empleo de las Tablas de Tolerancias, al mismo tiempo que aseguran la **precisión** en el trabajo dentro de los límites preestablecidos, contribuye a dar **uniformidad** a las piezas, consiguiéndose la fabricación en serie siempre que esos límites hayan sido bien elegidos. Si se trabaja con estas tablas para consignar las dimensiones en los planos, es conveniente señalar los ajustes por signos abreviados.*

Concepto de Ajuste

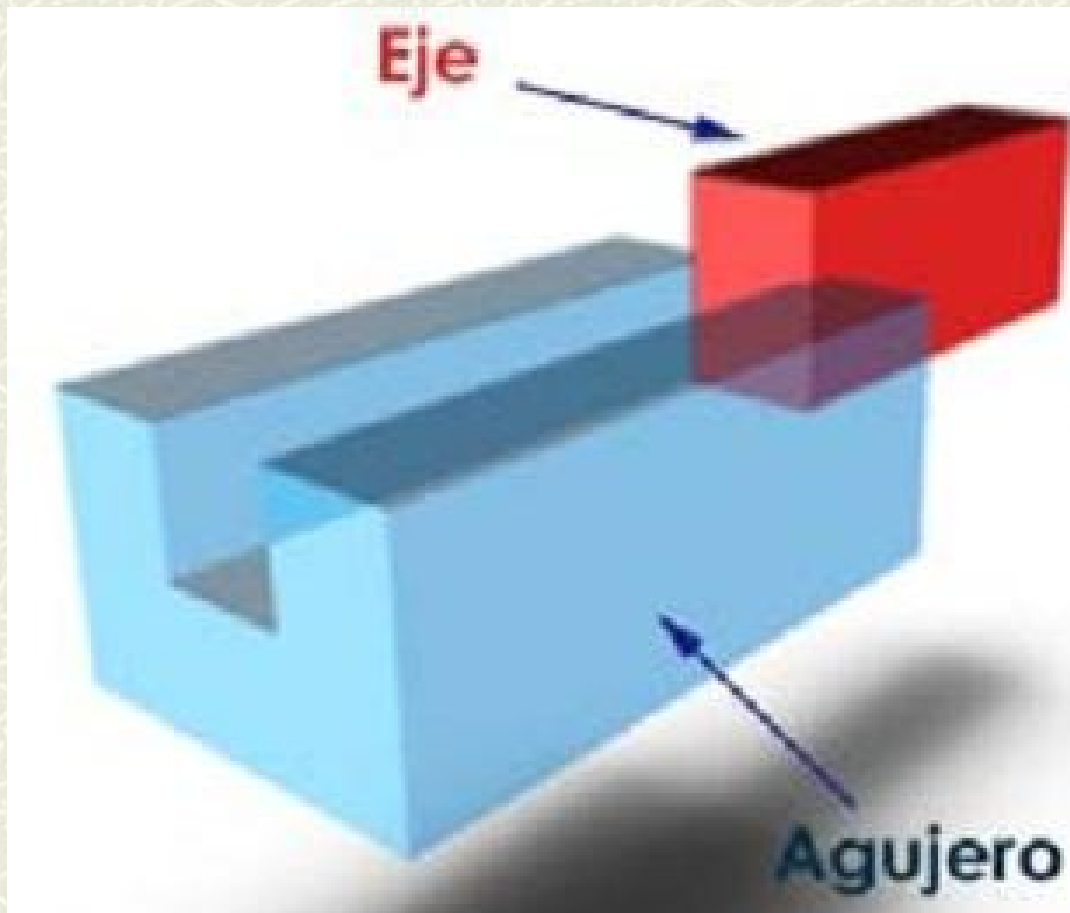
Se entiende por **ajuste ó asiento**, a la **reunión** de dos piezas ó elementos, en relación con el **servicio** que han de prestar ó con la **dependencia** que ha de existir entre ellas.

Concepto de Ajuste

En este concepto, las dos piezas en cuestión se llaman de diferente manera:

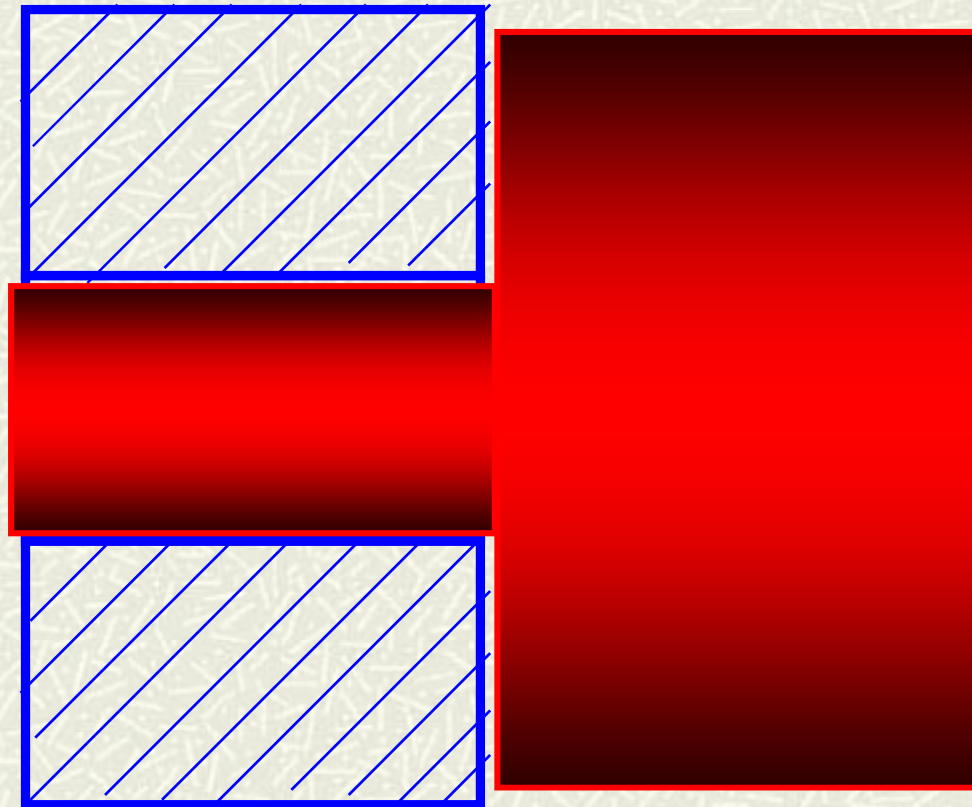
- 1) El elemento **interior**, ó sea, la parte **llena**, se la denomina eje (macho).*
 - 2) El elemento **exterior**, ó sea, la parte hueca, se la denomina agujero (hembra).*
-

Concepto de Ajuste



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

Concepto de Ajuste



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

Concepto de Ajuste

*El **acoplamiento** entre dos piezas con **conexión mecánica**, se dice que se efectúa con “juego” ó con “aprieto”, si se comprueba que una de ellas tiene **movimiento** ó está **fija** con respecto a la otra. Esto quiere significar que la unión puede ser realizada de dos modos fundamentales: holgado ó apretado, existiendo además una **posición intermedia** llamada **deslizamiento**, pero que en realidad también se la considera juego.*

Concepto de Ajuste

*Existen establecidos **grados intermedios** de ajustes, que dependen del **valor relativo** de las **tolerancias** con respecto a las cotas reales de la pieza, llamados **márgenes de ajuste**. En consecuencia, los ajustes se clasifican en 3 grupos:*

- 1) Libre u holgado (con juego ó giro libre)
 - 2) De sujeción ó apretado (bloqueado, forzado)
 - 3) De deslizamiento (entrada suave, centrado)
-

Concepto de Ajuste

Los distintos grados de ajustes están normalizados por I.S.A. en la siguiente forma:

- Juego fuerte
 - Juego ligero
 - Juego libre
 - Juego libre justo
 - Deslizamiento
 - Entrada suave
 - Adherencia
 - Arrastre
 - Forzado
 - A presión
-

Concepto de Ajuste

*Aparte de lo especificado por la Normas, se utilizan otras que han sido sancionadas por la práctica y de uso universal para ajustes por **contracción ó en caliente (dilatación)**; es decir, donde ocurre un **fuerte aprieto** de carácter **permanente** por la existencia de **grandes interferencias** entre ambas piezas en acople, como en llantas de ruedas para ferrocarriles, coronas dentadas de bronce ó acero montadas sobre núcleos ó cubos de hierro fundido, etc.*

Calidades de Ajuste

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

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

Calidades de Ajuste

Calidad Extra – Precisa: *llamada también de alta precisión, está destinada a la fabricación de instrumentos de medición.*

Calidad Precisa: *es la de empleo más frecuente en la construcción de máquinas herramienta, eléctricas, motores de combustión interna, bombas, compresores, etc.*

Calidades de Ajuste

Calidad Ordinaria: se adopta para mecanismos accionados a mano, árboles de transmisión, sus rodamientos y soportes, anillos de seguridad, vástagos de llaves, etc.

Calidad Basta: se adopta para mecanismos de funcionamiento más rudo y para hacer posible la condición de “intercambiabilidad”. La inmovilidad para esta clase de ajuste se obtendrá por medios de fijación como chavetas, espigas, etc.

Calidades de Ajuste

Esta clasificación está basada en las variadas exigencias de la industria metalmecánica. Según sea la calidad de las superficies trabajadas, éstas se habrán de esmerilar ó rectificar si se desea un ajuste de precisión ó de alta precisión, y sencillamente se tornearán ó planearán dichas superficies, si sólo se desea un ajuste corriente. Un ajuste basto está destinado para piezas laminadas, estampadas y forjadas, y para superficies ásperas.

Calidades de Ajuste

En consecuencia, es evidente que el grado de precisión con el cual debe ser ejecutado un ajuste “giratorio”, “deslizante” ó “apretado”, dependerá de la función mecánica que le corresponde desempeñar al conjunto de las piezas en conexión. Cuando más aumenta el índice, más disminuye la precisión; es decir, la tolerancia admisible es tanto mayor cuanto mayor sea el índice (diferencias límites).

Sistemas de Ajuste

*Para establecer entre dos piezas los distintos tipos de ajustes antes citados, ya precisen ejes y agujeros girar más ó menos fácilmente (juego) ó quedar fijos entre sí con mayor ó menor presión (aprieto), pueden conseguirse dos sistemas: ó bien mantener **para el agujero el mismo diámetro** y **variar el eje** en una tolerancia respecto de aquel; ó, al contrario, **variando el agujero** con una tolerancia dada, **permaneciendo constante el diámetro del eje**.*

Sistemas de Ajuste

El primer sistema, con el diámetro del agujero constantemente igual, es que se utiliza mayormente en la construcción de máquinas herramientas, automóviles, etc., pues resulta más conveniente en la fabricación corriente. Sin embargo, se utiliza el segundo (eje constante) en transmisiones, maquinaria agrícola y textil, mecánica fina y algunas piezas de automotores.

Sistemas de Ajuste

Se han normalizado, por lo tanto, ambos sistemas de ajustes, denominándose ellos como sigue:

1º) Sistema de Agujero Único (Agujero Base)

2º) Sistema de Eje Único (Eje Base)

Sistemas de Ajuste

SISTEMA AGUJERO ÚNICO

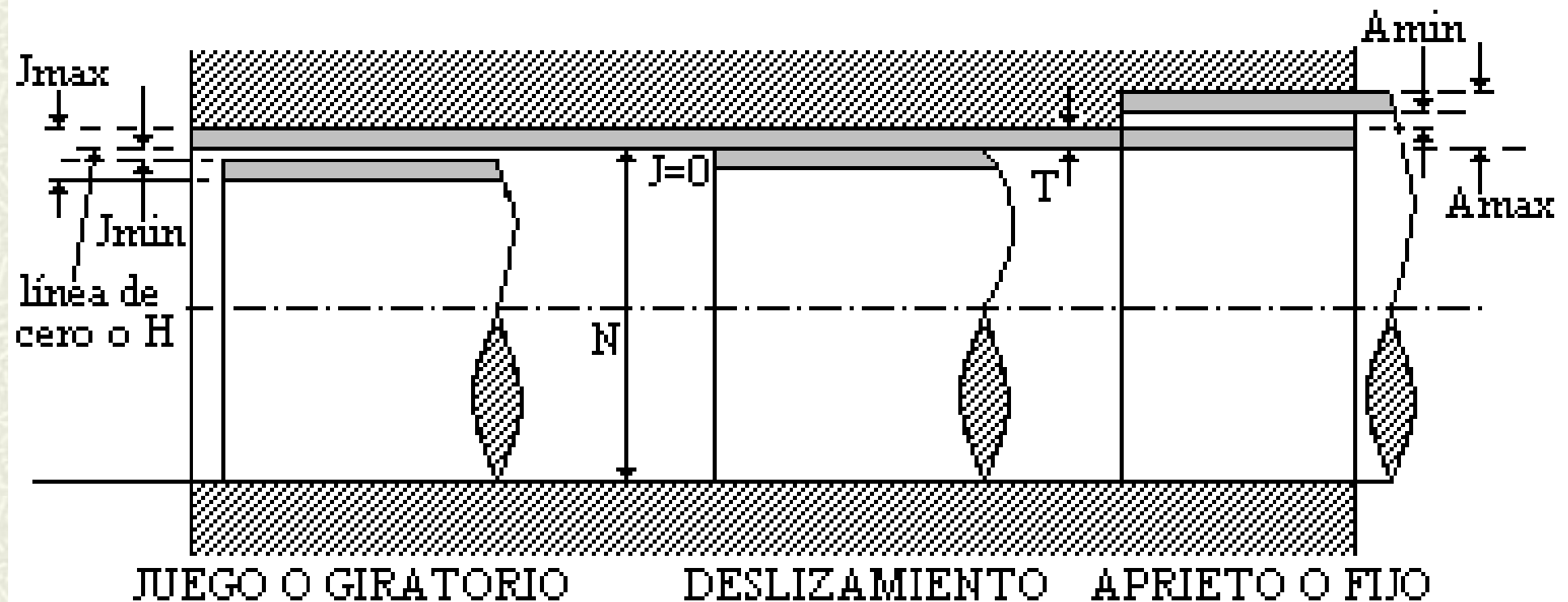


Fig.1.35

Concepto de Ajuste en el sistema AGUJERO - EJE

Sistemas de Ajuste

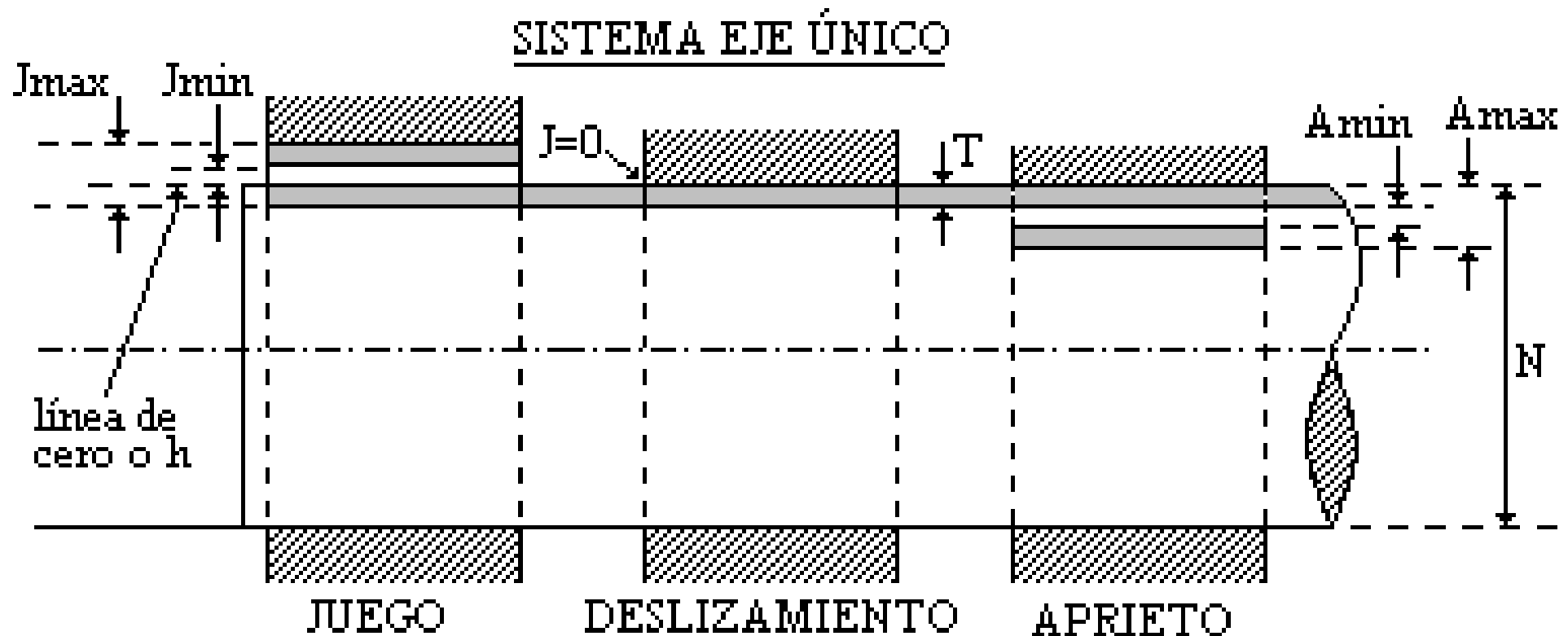


Fig.1.36

Concepto de Ajuste en el sistema EJE - AGUJERO

Sistemas de Ajuste

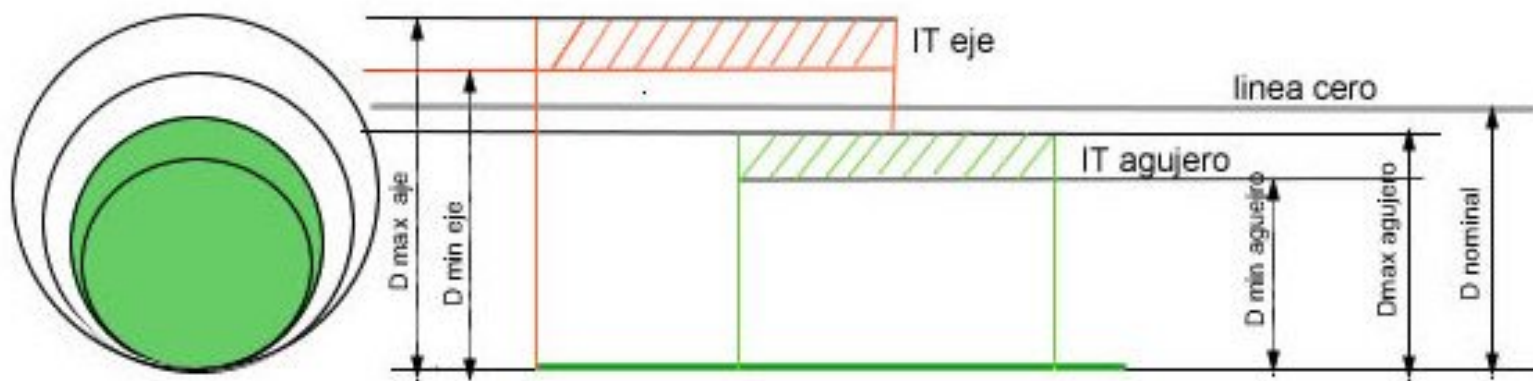
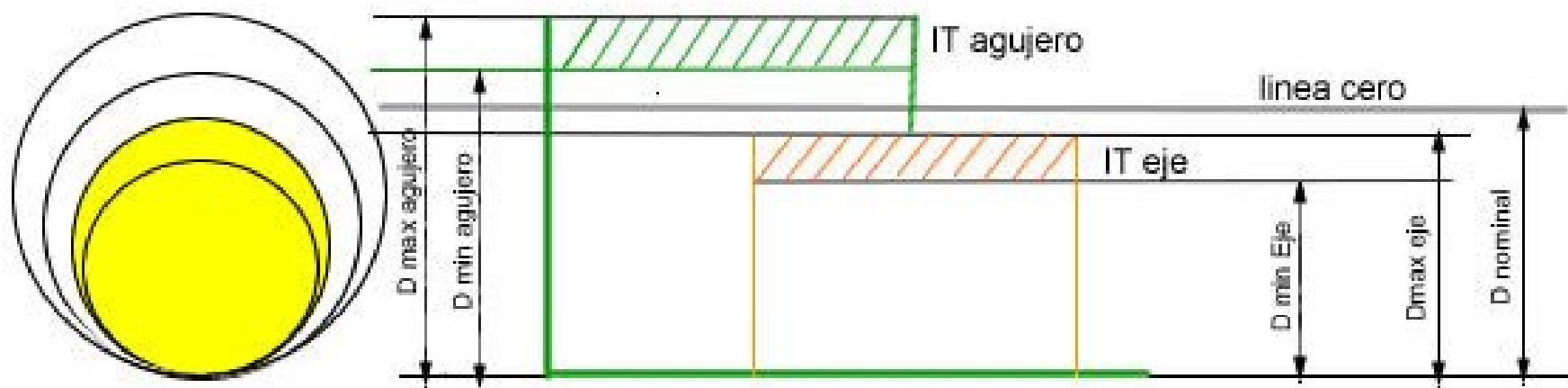
Ajuste con **juego** \Rightarrow diferencia positiva entre el diámetro efectivo del agujero y el diámetro efectivo del eje. La zona de tolerancia del agujero es mayor que la del eje.

Ajuste con **aprieto** \Rightarrow diferencia negativa entre el diámetro efectivo del agujero y el diámetro efectivo del eje. La zona de tolerancia del agujero es menor que la del eje.

Ajuste **incierto** \Rightarrow puede presentarse juego ó aprieto, pues las zonas de tolerancia de eje y agujero de cruzan.

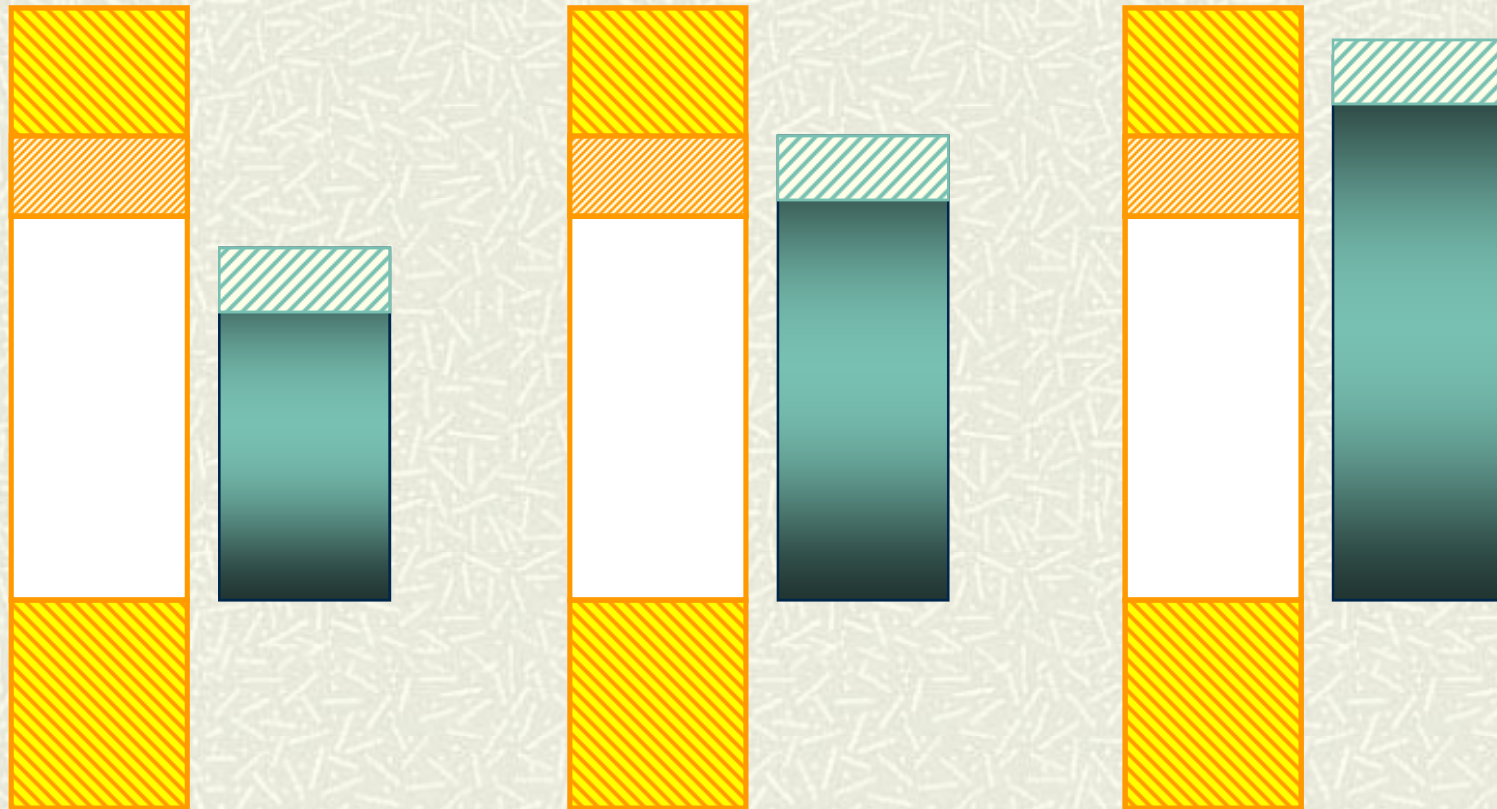
Sistemas de Ajuste

**Ajuste
con
juego**



**Ajuste con
aprieto**

Sistemas de Ajuste

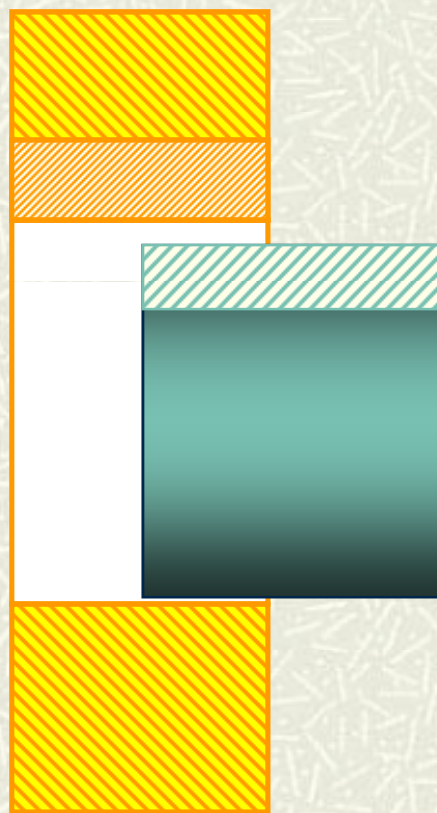
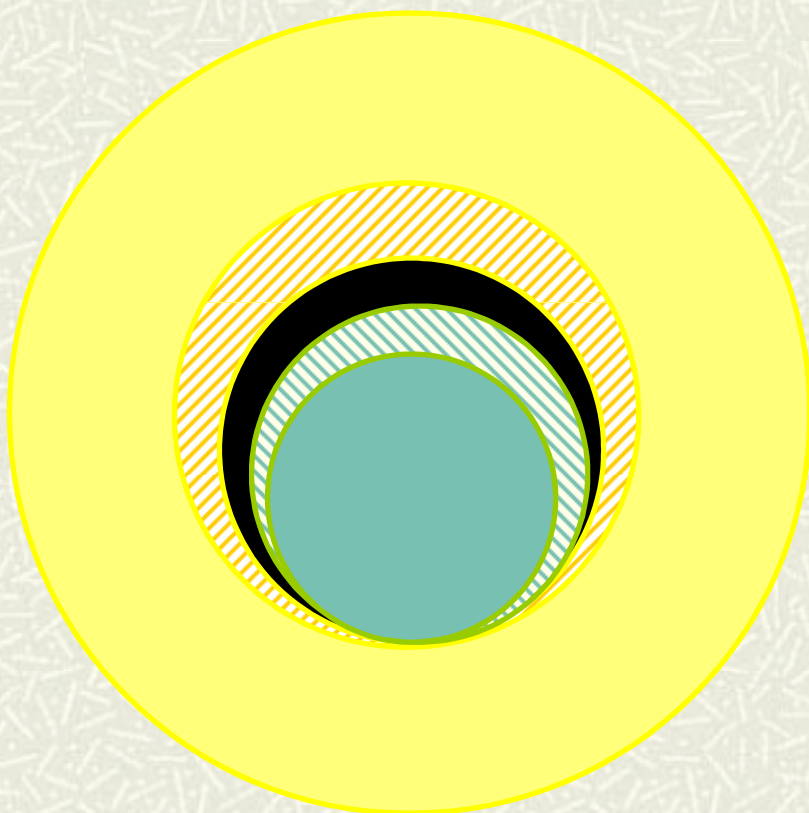


**Ajuste con
juego**

**Ajuste
incierto**

**Ajuste con
aprieto**

Sistemas de Ajuste



**Ajuste con
juego**

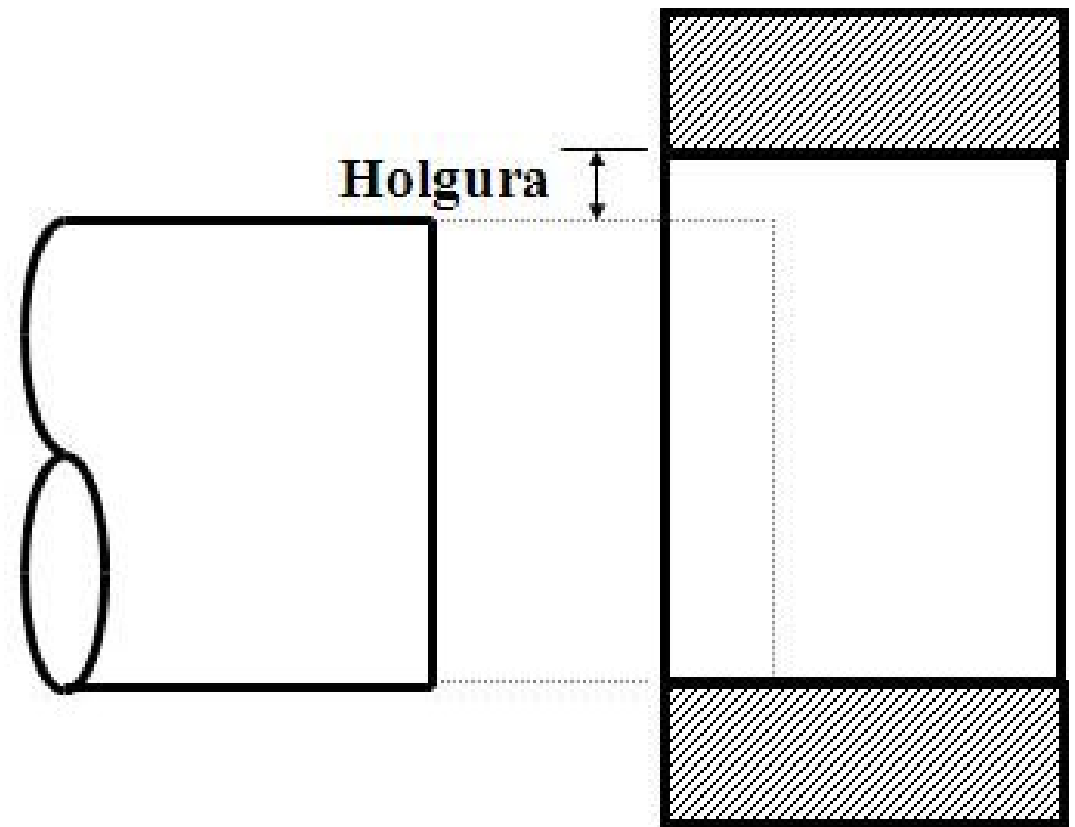


Sistemas de Ajuste

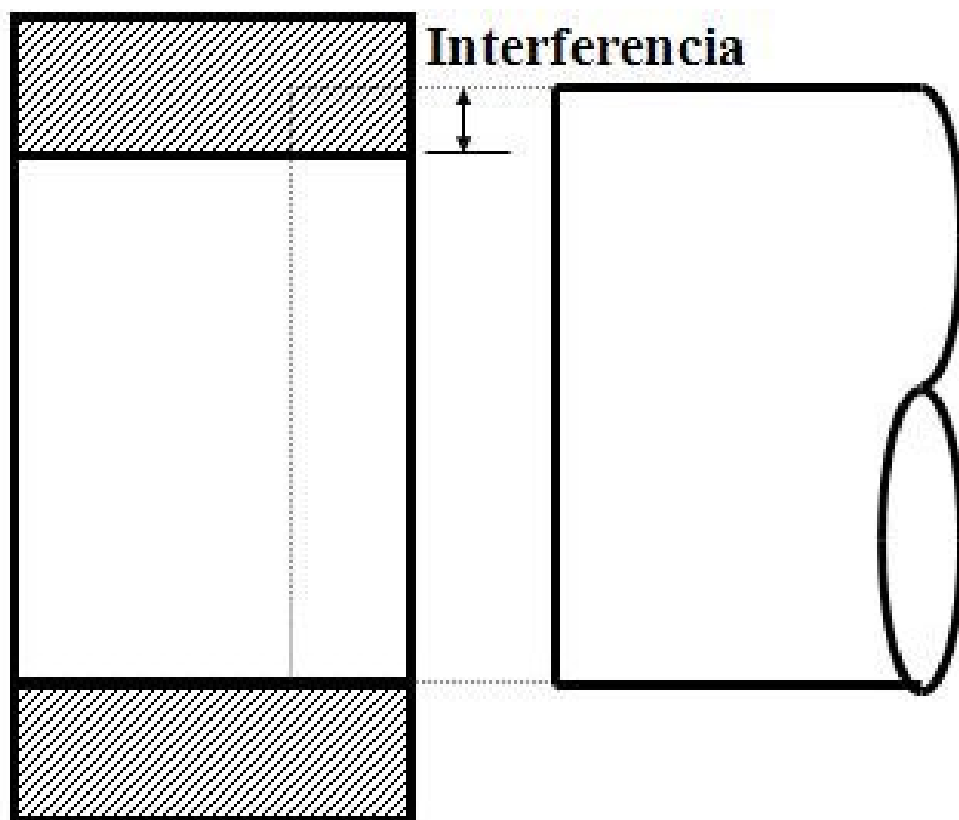
Diámetro agujero $>$ Diámetro eje
(mayor)



o
JUEGO



Sistemas de Ajuste

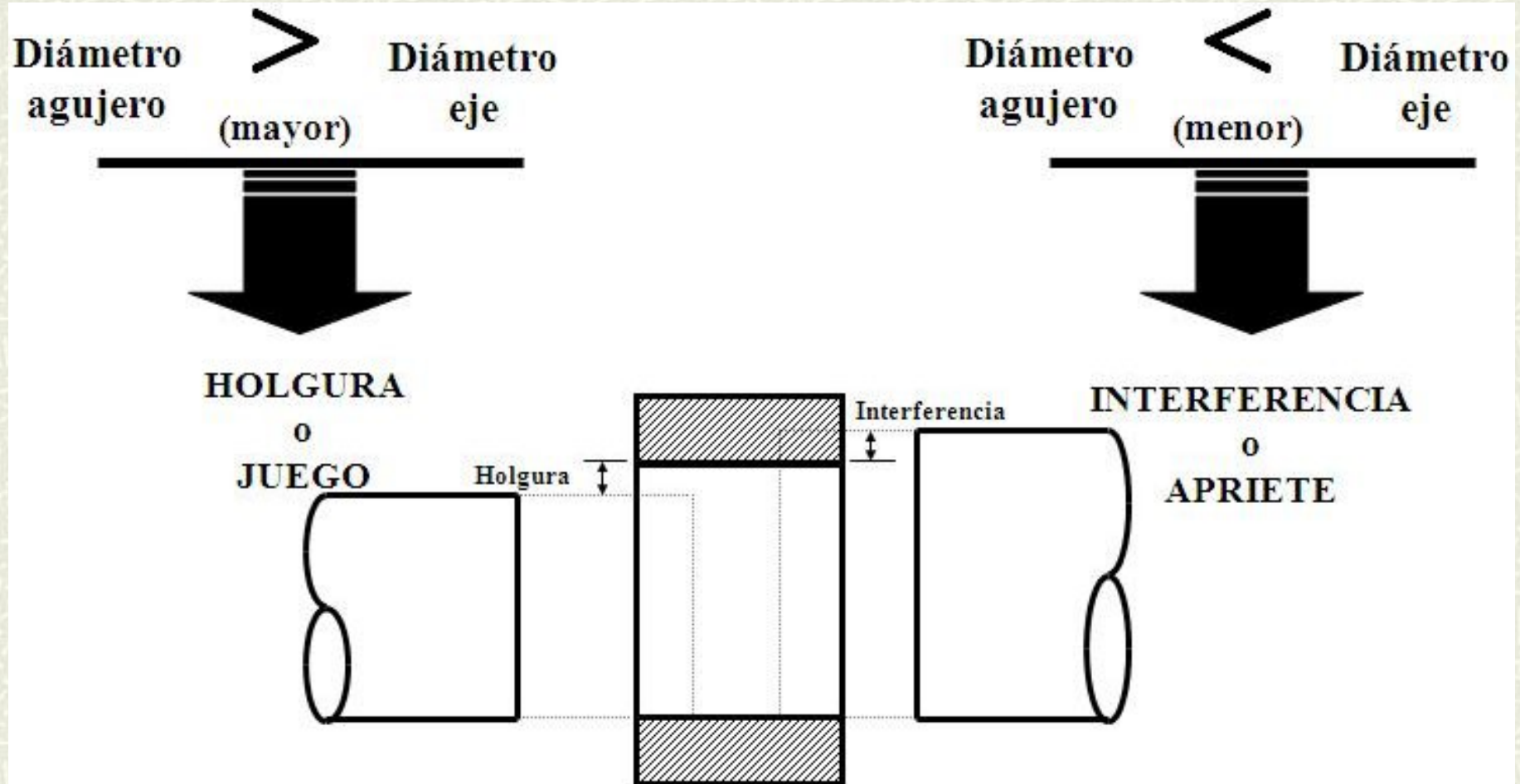


Diámetro < **Diámetro**
agujero (menor) **eje**

INTERFERENCIA
o
APRIETE



Sistemas de Ajuste



Sistemas de Ajuste

En ambos sistemas, la medida nominal (N) es el punto de origen para las diferencias (tolerancia). En el sistema de “agujero único”, la medida nominal coincide con la medida mínima del agujero; ó sea, la discrepancia inferior (DI) es igual a cero. En el sistema de “eje único”, la medida nominal coincide con la medida máxima del eje; ó sea, la discrepancia superior (DS) es igual a cero.

Sistemas de Ajuste

Por ello, se llama en ambos casos a la línea de origen de las discrepancias “línea cero”. En consecuencia, la medida nominal fija siempre la posición de la línea de cero. En las denominaciones I.S.A., la línea de cero se confunde con las letras H y h. En la consignación de una medida en el plano de una pieza de máquina, la dimensión nominal se indica por dos cotas límites.

Sistemas de Ajuste

Resulta interesante observar que en el sistema de “eje único”, las tolerancias del mismo se toman con signo negativo; por el contrario, en el sistema de “agujero único”, las tolerancias del mismo se toman con signo positivo. Esta circunstancia indica que en ambos sistemas, la tolerancia de la pieza se ha determinado en el sentido de “quitarle material”.

Normas de Tolerancia I.S.A.

*La **normalización** tiende a suprimir todas las variedades inútiles y **generalizar** en lo posible las mismas concepciones en todo cuanto se relaciona en la construcción de una máquina ó piezas de la misma, adoptando los mismos procedimientos técnicos. Porque reduciendo las variedades de piezas inútiles, se **simplifica** la producción y se puede **reducir** instalaciones, máquinas y accesorios, **utilizar racionalmente** las herramientas, etc.*

Normas de Tolerancia I.S.A.

La palabra “Norma” (Standard) significa tipo, modelo, patrón. Así, la normalización ó standarización, es la unificación de los medios de producción tanto en métodos como en materiales. Por estas razones, las Comisiones Industriales de todos los países se han esforzado en establecer Normas de Ajustes y Tolerancias, entre las cuales se destacan las I.S.A. Además, el trabajo hecho bajo normas obliga a obtener piezas de uniformidad perfecta.

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

Cota nominal (N): es la medida ideal (teórica) que se desearía obtener, pero que es imposible conseguir.

Medidas límites: no pudiéndose obtener una exactitud rigurosa, es necesario entonces fijar los límites máximo y mínimo entre los cuales podrá variar la medida nominal (N).

Medida máxima: es la mayor de las medidas límites.

Medida mínima: es la menor de las medidas límites.

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

Discrepancia superior (DS): es la diferencia entre la medida máxima y la medida nominal:

$$DS = M_{\text{máx.}} - N$$

Discrepancia inferior (DI): es la diferencia entre la medida mínima y la medida nominal:

$$DI = M_{\text{mín.}} - N$$

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

49

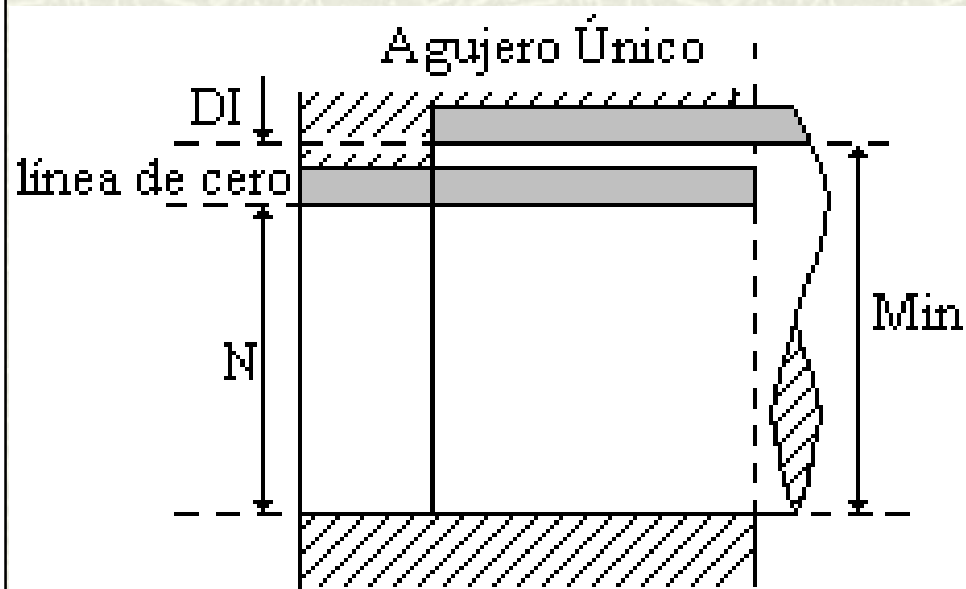


Fig.1.42

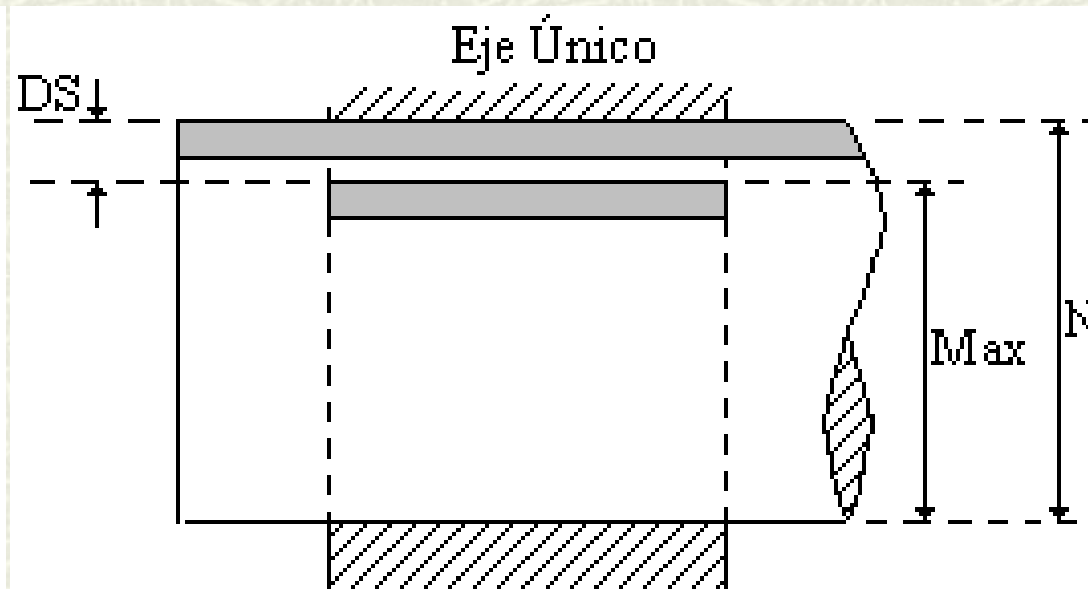


Fig.1.43

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

50

Línea de Cero (0): es el punto de origen, a partir del cual se reparten las discrepancias en más ó en menos (DS y DI), coincidiendo con la cota nominal.

Medida real (I): es la medida obtenida por el operador tomada de la pieza fabricada. Debe estar comprendida entre las medidas límites previstas.

Tolerancia (T): inexactitud admisible de fabricación, es la diferencia entre las medidas máxima y mínima fijada para la dimensión de una pieza.

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

51

Ajuste ó asiento: si dos piezas encajadas están libres en su movimiento, se dice que tienen juego; si por el contrario están forzadas, se dice que tienen aprieto. En cambio, cuando entre las dos piezas acopladas entre sí, existe muy poco juego (juego mínimo) el ajuste se denomina deslizante.

Juego (J): cuando la medida efectiva del eje (pieza macho) es menor que la medida del agujero (pieza hembra).

Normas de Tolerancia

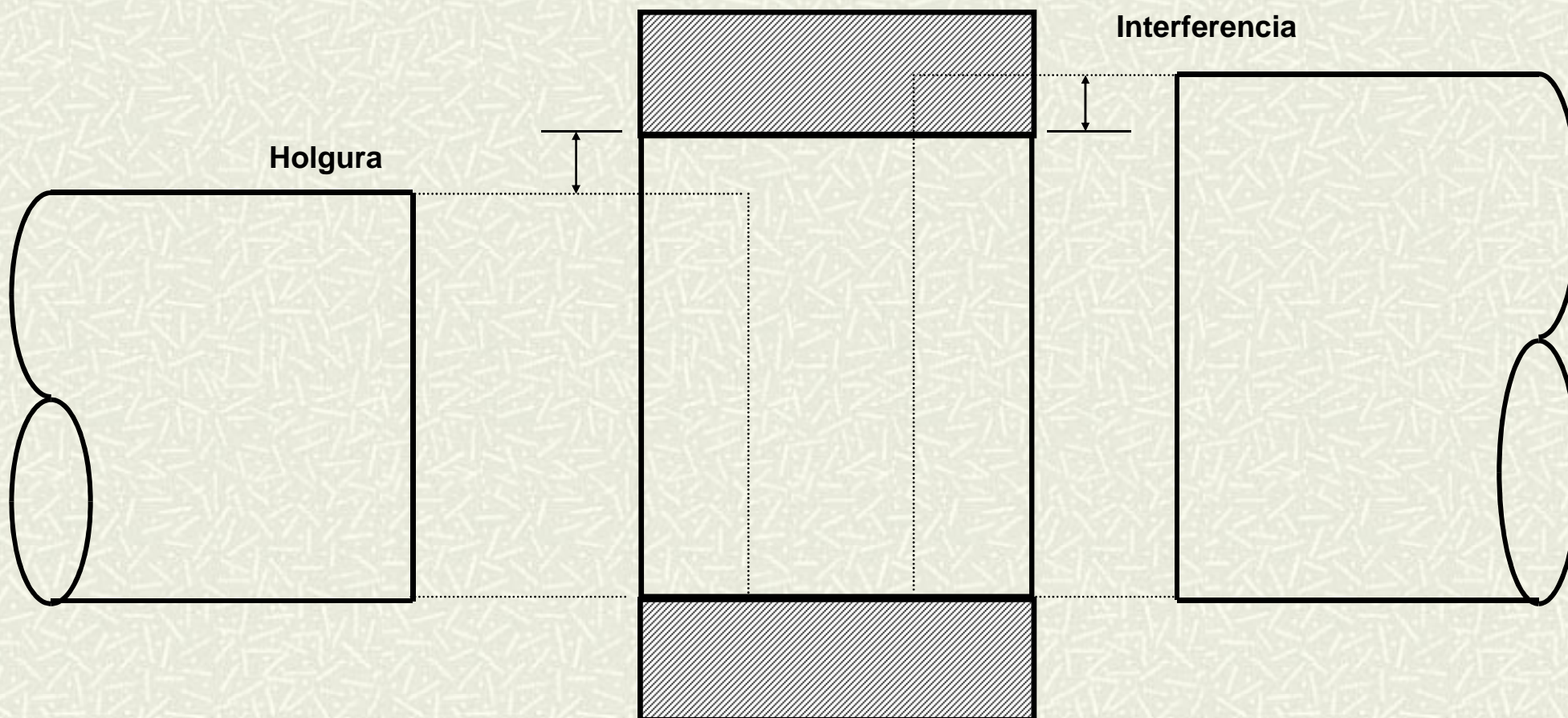
Conceptos Generales

Aprieto (A): cuando la medida efectiva del agujero (pieza hembra) es menor que la medida efectiva del eje (pieza macho). En este caso existe “interferencia” entre las medidas.

Ajuste móvil ó deslizante: cuando la medida efectiva del eje (pieza macho) es igual a la medida efectiva del agujero (pieza hembra).

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales



Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

Es evidente, teniendo en cuenta las consideraciones hechas sobre Tolerancias que, en cada caso, se tendrá un ajuste máximo y otro mínimo, a saber:

Juego máximo ($J_{\text{máx.}}$): *diferencia entre la dimensión mínima del eje y la dimensión máxima del agujero:*

Juego mínimo ($J_{\text{mín.}}$): *diferencia entre la dimensión máxima del eje y la dimensión mínima del agujero.*

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

Aprieto mínimo (Amín.): *diferencia entre la dimensión mínima del eje y la dimensión máxima del agujero.*

Aprieto máximo (Amáx.): *diferencia entre la dimensión máxima del eje y la dimensión mínima del agujero.*

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

*En cuanto al ajuste **deslizante**, denominado también **intermedio**, puede haber tanto **holgura** como **interferencia**, estando en juego las tolerancias individuales de ambas piezas; pero queda claro que este ajuste **siempre presenta juego** luego de su encaje, pero incluido en un **ajuste con juego mínimo** (centrado). Es prácticamente imposible que entre dos piezas que tengan **la misma medida** haya **deslizamiento**.*

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

57

Sistemas de ajuste: *la dimensión establecida (N) tiene que ser determinada no solamente con respecto al carácter de las tolerancias de ajuste de las dos piezas que se montarán juntas, sino también con respecto al sistema utilizado. Los sistemas de eje único y de agujero único tienen **una sola tolerancia** para el eje ó para el agujero, y las diferentes clases de ajustes se obtienen dando diferentes tolerancias a agujeros ó a ejes, respectivamente.*

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

58

*En el sistema de eje único, la máxima dimensión del mismo coincide con la línea 0 ($DS = 0$), mientras que en el sistema de agujero único la mínima dimensión coincide con la línea 0 ($DI = 0$). Cuando la zona de tolerancia referida a la medida nominal está **en una sola dirección** con respecto a la línea cero, se dice que la tolerancia esta distribuida en forma **unilateral**; cuando ella es repartida **hacia uno y otro lado** de la línea cero, en forma **bilateral**.*

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

59

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

Calidades 1 a 4: instrumentos de medición

*Calidades 5 a 11: **acoplamientos corrientes***

Calidades 12 a 16: estampado, fusión, colado

Normas de Tolerancia Conceptos Generales

TOLERANCIAS FUNDAMENTALES

GRUPO DE DIMENSIONES mm.	CALIDAD															
	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
De 1 a 3	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,009	0,014	0,025	0,040	0,060	0,090	0,140	0,250	0,400	0,600
De más 3 a 6	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180	0,300	0,480	0,750
» 6 a 10	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220	0,360	0,580	0,900
» 10 a 18	0,0015	0,002	0,003	0,005	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270	0,430	0,700	1,100
» 18 a 30	0,015	0,002	0,004	0,006	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330	0,520	0,840	1,300
» 30 a 50	0,002	0,003	0,004	0,007	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390	0,620	1,000	1,600
» 50 a 80	0,002	0,003	0,005	0,008	0,013	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460	0,740	1,200	1,900
» 80 a 120	0,003	0,004	0,006	0,010	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540	0,870	1,400	2,200
» 120 a 180	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,025	0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630	1,000	1,600	2,500
» 180 a 250	0,005	0,007	0,010	0,014	0,020	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,290	0,460	0,720	1,150	1,850	2,900
» 250 a 315	0,006	0,008	0,012	0,016	0,023	0,032	0,052	0,081	0,130	0,210	0,320	0,520	0,810	1,300	2,100	3,200
» 315 a 400	0,007	0,009	0,013	0,018	0,025	0,036	0,057	0,089	0,140	0,230	0,360	0,570	0,890	1,400	2,300	3,600
» 400 a 500	0,008	0,010	0,015	0,020	0,027	0,040	0,063	0,097	0,155	0,250	0,400	0,630	0,970	1,550	2,500	4,000

EJE
Para trabajos de calibres.

AGUJERO
Para trabajos de piezas destinadas a ser acopladas entre ellas.

Para trabajos ordinarios en piezas aisladas, tales como laminado estirado, prensado, etcétera.

En esta tabla se estiman las tolerancias fundamentales cuyo ejemplo es el siguiente: Tolerancia en un agujero calidad IT 7 sobre la línea ideal cero, o sea, H 7 y diámetro 200 mm. es = + 0,046 y 0,000.
En iguales condiciones el EJE h 6 de 200 mm. diámetro es = - 0,029 y + 0,000.

Fig.1.39

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

Las normas I.S.A. establecen el valor de la tolerancia para cada ajuste, de modo que la posición de las cotas límites (zona de tolerancia) con respecto a la cota nominal, queda definida completamente por su cota nominal seguida de una letra y un número ó índice. Las clases de asientos ó ajustes se designan por medio de las letras del abecedario; la zona de tolerancia queda determinada por la letra, seguida del número que indica la calidad.

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

62

*En el sistema de **agujero único**, se designan los distintos ajustes con **mayúsculas**, desde la A hasta la G los asientos “libres” (juegos); la letra H se reserva para designar el asiento “deslizante”, y a partir de la letra I hasta la Z se representan los asientos “forzados” (aprietos). En el sistema de **eje único**, se procede de igual forma, pero con letras **minúsculas**.*

Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

63

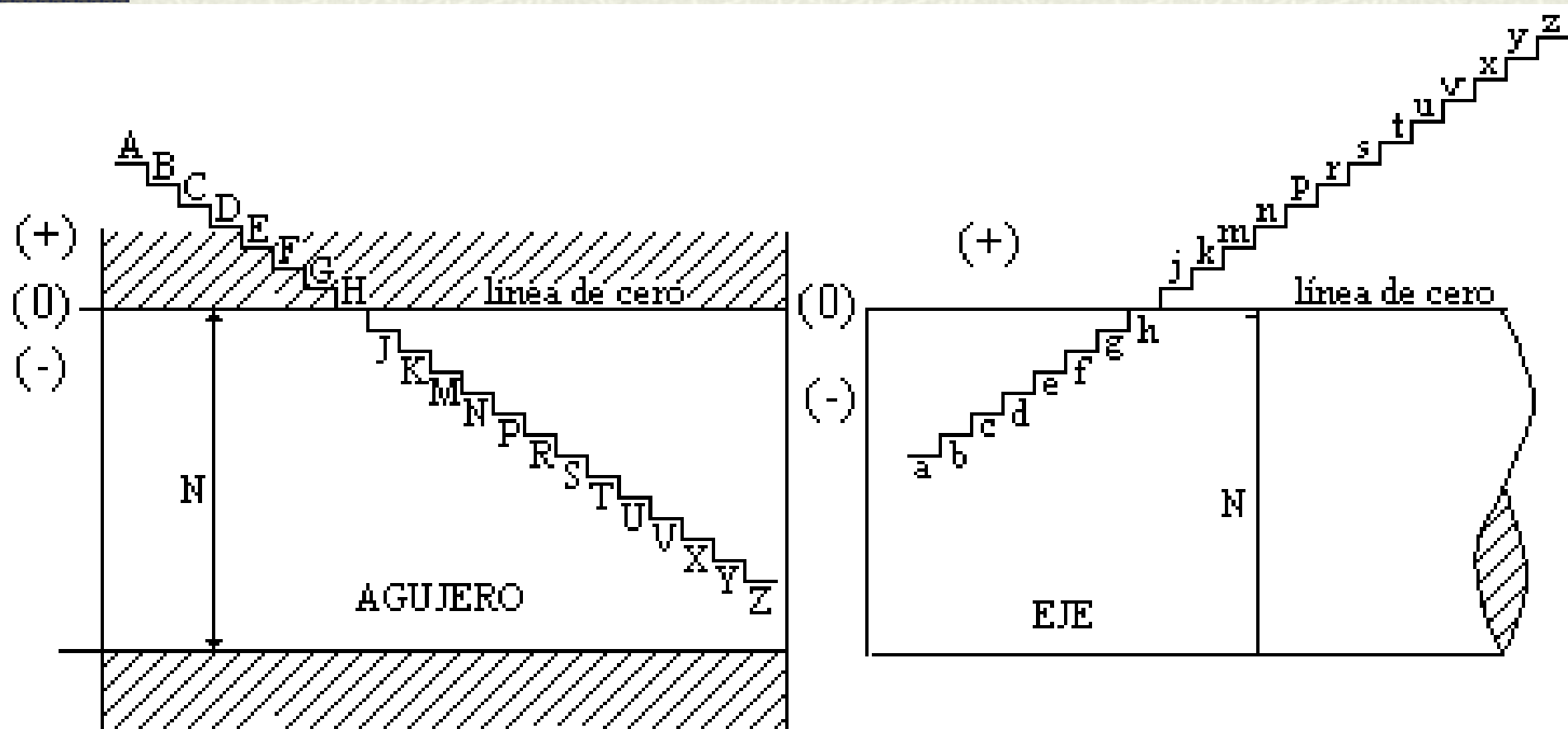
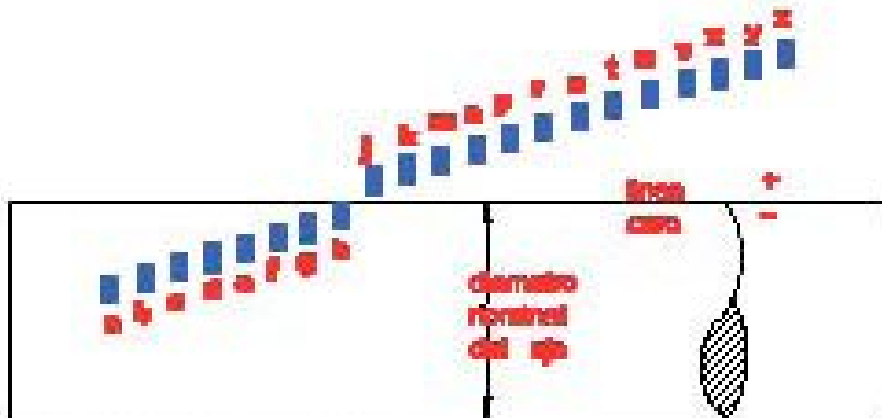


Fig.1.38

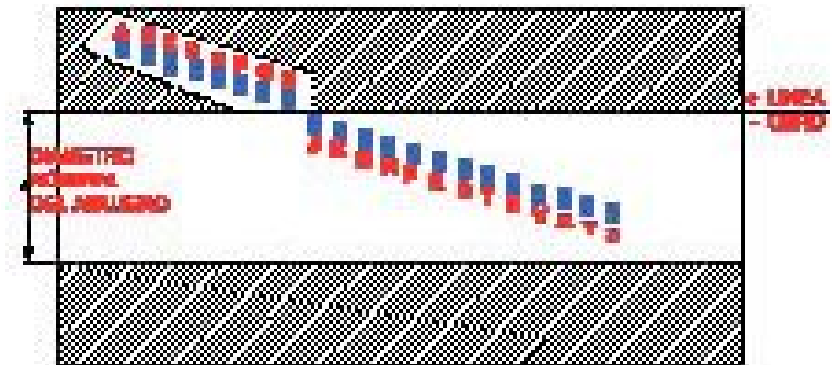
Normas de Tolerancia

Conceptos Generales

64



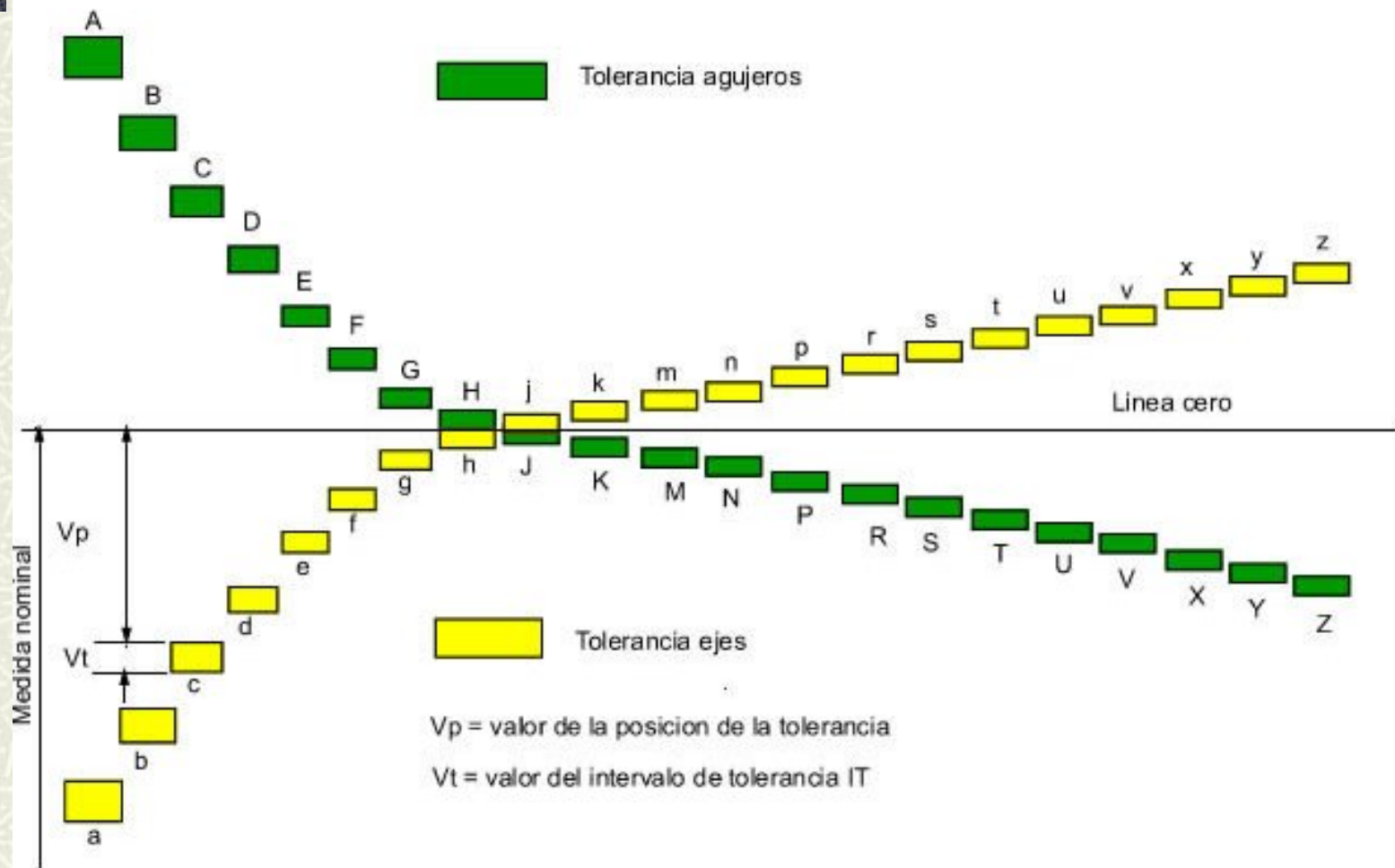
POSICION TOLERANCIAS EJES



POSICION TOLERANCIAS AGUJERO

Normas de Tolerancia Conceptos Generales

65



Elección de Ajustes

Sistema de Agujero Único

Agujero H6 – Ajuste de Precisión

Para los ejes, corresponde esta serie de ajustes:

<i>Ajuste forzado</i>	<i>n 5</i>
<i>Ajuste de arrastre</i>	<i>m 5</i>
<i>Ajuste de adherencia</i>	<i>k 5</i>
<i>Ajuste de entrada suave</i>	<i>j 5</i>
<i>Ajuste de deslizamiento</i>	<i>h 5</i>
<i>Ajuste de juego libre</i>	<i>g 5</i>

Elección de Ajustes

Sistema de Agujero Único

Agujero H7 – Ajuste Fino

Para los ejes, corresponde esta serie de ajustes:

Ajuste a presión s 6 y r 6

Ajuste forzado n 6

Ajuste de arrastre m 6

Ajuste de adherencia k 6

Ajuste de entrada suave j 6

Ajuste de deslizamiento h 6

Elección de Ajustes

Sistema de Agujero Único

<i>Ajuste de juego libre y justo</i>	g 6
<i>Ajuste de juego libre</i>	f 7
<i>Ajuste de juego ligero</i>	e 8
<i>Ajuste de juego fuerte</i>	d 9

Elección de Ajustes

Sistema de Agujero Único

Agujero H8 – Ajuste Corriente

Para los ejes, corresponde esta serie de ajustes:

<i>Ajuste con deslizamiento</i>	<i>h 8 y h 9</i>
<i>Ajuste con juego libre</i>	<i>f 8 y e 9</i>
<i>Ajuste con gran juego libre</i>	<i>d 10</i>

Elección de Ajustes

Sistema de Agujero Único

Agujero H11 – Ajuste Ordinario ó Basto

Para los ejes, corresponde esta serie de ajustes:

Ajuste basto según h 11, d 11, e 11, b 11, a 11.

Elección de Ajustes Sistema de Eje Único

Eje h5 – Ajuste de Precisión

Para los agujeros, corresponde esta serie de ajustes:

<i>Ajuste forzado</i>	N 6
<i>Ajuste de arrastre</i>	M 6
<i>Ajuste de adherencia</i>	K 6
<i>Ajuste de entrada suave</i>	J 6
<i>Ajuste de deslizamiento</i>	H 6 y G 6

Elección de Ajustes Sistema de Eje Único

72

Eje h6 – Ajuste Fino

Para los agujeros, corresponde esta serie de ajustes:

<i>Ajuste a presión</i>	<i>S 7 y R 7</i>
<i>Ajuste forzado</i>	<i>N 7</i>
<i>Ajuste de arrastre</i>	<i>M 7</i>
<i>Ajuste de adherencia</i>	<i>K 7</i>
<i>Ajuste de entrada suave</i>	<i>J 7</i>
<i>Ajuste de deslizamiento</i>	<i>H 7</i>

Elección de Ajustes Sistema de Eje Único

73

<i>Ajuste de juego libre y justo</i>	G 7
<i>Ajuste de juego libre</i>	F 7
<i>Ajuste de juego ligero</i>	E 8
<i>Ajuste de juego fuerte</i>	D 9

Elección de Ajustes Sistema de Eje Único

Eje h8 y h9 – Ajuste Corriente

Para los agujeros, corresponde esta serie de ajustes:

<i>Ajuste de deslizamiento</i>	H 8
<i>Ajuste de juego libre</i>	F 8 y E 9
<i>Ajuste de juego fuerte</i>	D 10

Elección de Ajustes Sistema de Eje Único

75

Eje h11 – Ajuste Ordinario ó Basto

Para los agujeros, corresponde esta serie de ajustes:

Ajuste basto según H 11, D 11, C 11, B 11, A 11.

Elección de Ajustes y Tolerancias I.S.A.

*Para tolerancias en aplicaciones de **rodamientos** radiales de bolas y rodillos, tanto para ejes como para los alojamientos de la caja, existen tablas específicas. Los datos incluidos en ellas son válidos para **aplicaciones normales** en las que se aprovecha **toda la carga del rodamiento** y es el eje el que gira. Los datos indicados son para el caso de que los rodamiento van montados **directamente** sobre el eje.*

Elección de Ajustes y Tolerancias I.S.A.

*Tolerancias para rodamientos radiales de bolas
y de rodillos para ejes*

PARA EJES								
Diámetro Nominal d	j5		k5		m5		n5	
	límite superior	límite inferior	límite superior	límite inferior	límite superior	límite inferior	límite superior	límite inferior
3- 6	+ 0.004	- 0.001	—	—	—	—	—	—
6- 10	+ 0.004	- 0.002	—	—	—	—	—	—
10- 18	+ 0.005	- 0.003	—	—	—	—	—	—
18- 30	—	—	+ 0.011	+ 0.002	—	—	—	—
30- 50	—	—	+ 0.013	+ 0.002	+ 0.020	+ 0.009	—	—
50- 80	—	—	+ 0.015	+ 0.002	+ 0.024	+ 0.011	+ 0.033	+ 0.020
80-120	—	—	+ 0.018	+ 0.003	+ 0.028	+ 0.013	+ 0.038	+ 0.023
120-180	—	—	+ 0.021	+ 0.003	+ 0.033	+ 0.015	+ 0.045	+ 0.027
180-250	—	—	—	—	+ 0.037	+ 0.017	+ 0.051	+ 0.031
250-315	—	—	—	—	+ 0.043	+ 0.020	+ 0.057	+ 0.034
315-400	—	—	—	—	+ 0.046	+ 0.021	+ 0.062	+ 0.037
Pequeñas cargas					Cargas normales		Cargas muy fuertes	
I.S.A. El rodamiento puede montarse sobre el eje sin calentarlo previamente					El rodamiento se calienta en aceite a 70° C antes de montarlo		El rodamiento se calienta en aceite a 70° C antes de montarlo	

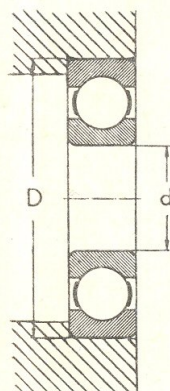


TABLA VIII

Tolerancias para rodamientos radiales de bolas y de rodillos para alojamientos

PARA ALOJAMIENTOS (CAJAS)						
Diámetro Nominal D	H8		H7		J6	
	límite superior	límite inferior	límite superior	límite inferior	límite superior	límite inferior
10- 18	—	—	0	+ 0.018	- 0.005	+ 0.003
18- 30	—	—	0	+ 0.021	- 0.005	+ 0.008
30- 50	0	+ 0.039	0	+ 0.025	- 0.006	+ 0.010
50- 80	0	+ 0.046	0	+ 0.030	- 0.006	+ 0.013
80-120	0	+ 0.054	0	+ 0.035	- 0.006	+ 0.016
120-180	0	+ 0.063	0	+ 0.040	- 0.007	+ 0.018
180-250	0	+ 0.072	0	+ 0.046	—	—
250-315	0	+ 0.081	0	+ 0.052	—	—
315-400	0	+ 0.089	0	+ 0.057	—	—
400-500	0	+ 0.097	0	+ 0.063	—	—
I.S.A. Para transmisiones y otros casos en que los ejes giran a velocidades pequeñas			En las aplicaciones más corrientes		Cuando el eje gira a velocidades grandes o si se exige una gran precisión (equilibrar perfectamente)	

Elección de Ajustes y Tolerancias I.S.A.

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

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

Elección de Ajustes y Tolerancias I.S.A.

TABLA IV

Sistema de Agujero Unico

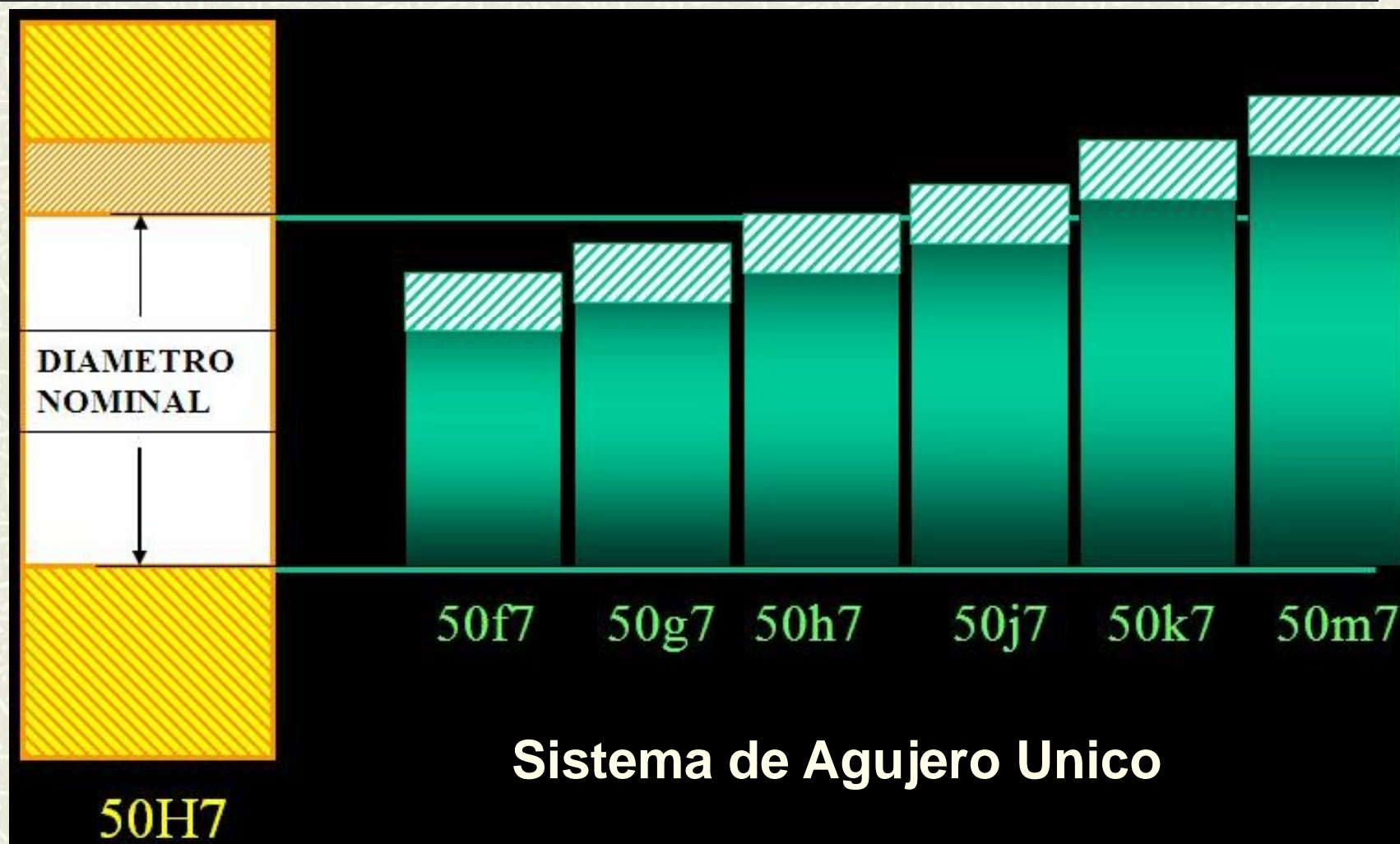
Tolerancias en micrones
(Micrón = $1\mu = 0,001 \text{ mm}$)

Normas I.S.A.

Cota Nominal (mm)	CALIDAD PERFECTA						CALIDAD PRECISA										CALIDAD ORDINARIA					CALIDAD BASTA						Cota Nominal (mm)	
	H6	n5	m5	k5	j5	h5	H7	p6	n6	m6	k6	j6	h6	g6	f7	e8	d9	H8	h8	f8	e9	d10	H11	h11	d11	e11	b11		a12
1- 3	+ 7 0	+11 + 6	+ 7 + 2		+ 4 - 1	0 - 5	+ 9 0	+16 + 9	+13 + 6	+ 9 + 2		+ 6 - 1	0 - 7	- 3 -10	- 7 -16	-14 -28	-20 -45	+14 0	0 -14	- 7 -21	-14 -39	-20 -60	+ 60 0	0 - 60	-20 -80	-32 -92	-52 -112	-85 -175	1- 3
3- 6	+ 8 0	+13 + 8	+ 9 + 4		+ 4 - 1	0 - 5	+12 0	+20 +12	+16 + 8	+12 + 4		+ 7 - 1	0 - 8	- 4 -12	-10 -22	-20 -38	-30 -60	+18 0	0 -18	-10 -28	-20 -50	-30 -78	+ 75 0	0 - 75	-30 -105	-48 -123	-80 -155	-130 -250	3- 6
6- 10	+ 9 0	+16 +10	+12 + 6	+ 7 + 1	+ 4 - 2	0 - 6	+15 0	+24 +15	+19 +10	+16 + 6	+10 + 1	+ 7 - 2	0 - 9	- 5 -14	-13 -28	-26 -47	-40 -76	+22 0	0 -22	-13 -35	-25 -61	-40 -98	-90 0	0 -90	-40 -130	-65 -155	-106 -195	-180 -330	6- 10
10- 18	+11 0	+20 +12	+15 + 7	+ 9 + 1	+ 5 - 3	0 - 8	+18 0	+29 +18	+23 +12	+18 + 7	+12 + 1	+ 8 - 3	0 -11	- 6 -17	-16 -34	-32 -59	-50 -93	+27 0	0 -27	-16 -43	-32 -75	-50 -120	+110 0	0 -110	-50 -160	-85 -195	-140 -250	-230 -410	10- 18
18- 30	+13 0	+21 +15	+17 + 8	+11 + 2	+ 5 - 4	0 - 9	+21 0	+35 +22	+28 +16	+21 + 8	+15 + 2	+ 9 - 4	0 -13	- 7 -20	-20 -41	-40 -73	-65 -117	+33 0	0 -33	-20 -63	-40 -92	-66 -149	+130 0	0 -130	-65 -195	-105 -235	-180 -310	-310 -520	18- 30
30- 50	+16 0	+28 +17	+20 + 9	+13 + 2	+ 6 - 5	0 -11	+25 0	+42 +26	+33 +17	+25 + 9	+18 + 2	+11 - 5	0 -16	- 9 -25	-25 -50	-50 -89	-80 -142	+39 0	0 -39	-25 -64	-50 -112	-80 -180	+160 0	0 -160	-80 -240	-135 -296	-230 -390	-400 -650	30- 50
50- 80	+19 0	+33 +20	+24 +11	+15 + 2	+ 6 - 7	0 -13	+30 0	+51 +32	+39 +20	+30 +11	+21 + 2	+12 - 7	0 -19	-10 -29	-30 -60	-60 -106	-100 -174	+46 0	0 -46	-30 -76	-60 -134	-100 -220	+190 0	0 -190	-100 -290	-175 -365	-290 -480	-500 -800	50- 80
80-120	+22 0	+38 +23	+28 +13	+18 + 3	+ 6 - 9	0 -16	+35 0	+59 +37	+45 +23	+35 +13	+25 + 3	+13 - 9	0 -22	-12 -34	-36 -71	-72 -126	-120 -207	+54 0	0 -54	-36 -90	-72 -159	-120 -260	+220 0	0 -220	-120 -340	-210 -430	-360 -680	-640 -990	80-120
120-180	+25 0	+45 +27	+33 +15	+21 + 3	+ 7 -11	0 -18	+40 0	+68 +43	+52 +27	+40 +16	+23 + 3	+14 -11	0 -25	-14 -39	-43 -83	-85 -148	-145 -245	+63 0	0 -63	-43 -106	-86 -185	-145 -305	+250 0	0 -250	-145 -395	-250 -600	-440 -690	-780 -1180	120-180
180-250	+29 0	+51 +31	+37 +17	+24 + 4	+ 7 -13	0 -20	+46 0		+60 +31	+46 +17	+33 + 4	+16 -13	0 -29	-15 -44	-50 -96	-100 -172	-170 -285	+72 0	0 -72	-50 -122	-100 -215	-170 -355	+290 0	0 -290	-170 -460				
250-315	+32 0	+57 +34	+43 +20	+27 + 4	+ 7 -16	0 -23	+52 0		+66 +34	+52 +20	+36 + 4	+16 -16	0 -32	-17 -49	-56 -108	-110 -191	-190 -320	+81 0	0 -81	-56 -137	-110 -240	-190 -400	+320 0	0 -320	-190 -510				

Elección de Ajustes y Tolerancias I.S.A.

80



Elección de Ajustes y Tolerancias I.S.A.

TABLA IV bis

Sistema de Eje Único

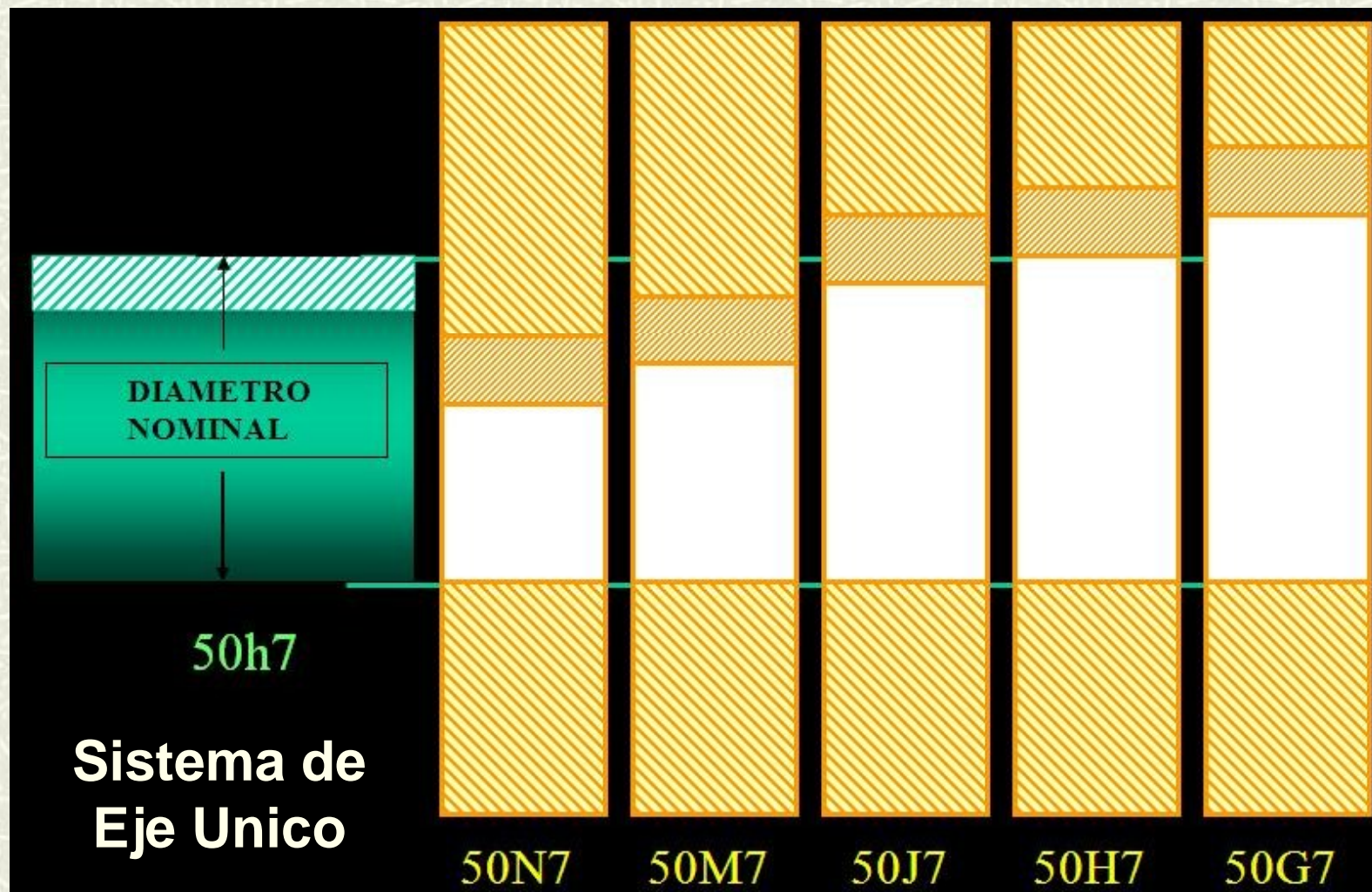
Tolerancia en micrones
(Micrón = $1\mu = 0,001$ mm)

Normas I.S.A.

Cota Nominal (mm)	CALIDAD PERIFÉRICA						CALIDAD PRECISA										CALIDAD ORDINARIA					CALIDAD BASTA						Cota Nominal (mm)	
	h5	N6	M6	K6	J6	II6	h6	P7	N7	M7	K7	J7	II7	G7	F7	E8	D9	h8	H8	F8	E9	D10	h11	H11	D11	C11	B11		A12
	Eje Único	Apretado Fijo	Apretado Semifijo	Semi- Apretado	Apretado Suave	Deslizante	Eje Único	Solidarizado	Apretado Fijo	Apretado Semifijo	Semi- Apretado	Apretado Suave	Deslizante	Giratorio Duro	Giratorio Suave	Giratorio Fácil	Giratorio Suelto	Eje Único	Deslizante	Giratorio Suave	Giratorio Suelto	Eje Único	Deslizante	Giratorio Suave	Giratorio Fácil	Giratorio Suelto			
1- 3	0 -6	-4 -11	0 -7		+3 -4	+7 0	0 -7	-7 -16	-4 -13	0 -9		+3 -6	+9 0	+12 +3	+10 +7	+28 +14	+45 +20	0 -14	+14 0	+21 +7	+39 +14	+60 +20	0 -60	+60 0	+80 +20	+92 +32	+112 +52	+175 +86	1- 3
3- 6	0 -5	-5 -13	1 -9		+4 -4	+8 0	0 -8	-8 -20	-4 -16	0 -12		+5 -7	+12 0	+10 +4	+22 +10	+38 +20	+60 +30	0 -18	+18 0	+28 +10	+50 +20	+78 +30	0 -75	+75 0	+105 +30	+123 +48	+155 +80	+250 +130	3- 6
6- 10	0 -6	-7 -16	3 -12	+2 -7	+5 -4	+9 0	0 -9	-9 -24	-4 -19	0 -15	+5 -10	+8 -7	+15 0	+20 +5	+28 +13	+47 +25	+76 +40	0 -22	+22 0	+35 +13	+61 +26	+96 +40	0 -90	+90 0	+130 +40	+155 +65	+195 +105	+330 +180	6- 10
10- 18	0 -8	-9 -20	4 -15	+2 -9	+6 -5	+11 0	0 -11	-11 -29	-5 -23	0 -18	+6 -12	+10 -8	+18 0	+24 +6	+34 +16	+59 +52	+93 +50	0 -27	+27 0	+43 +16	+75 +32	+120 +50	0 -110	+110 0	+160 +50	+195 +85	+250 +140	+410 +230	10- 18
18- 30	0 -9	-11 -24	4 -17	+2 -11	+8 -5	+13 0	0 -13	-14 -35	-7 -28	0 -21	+6 -15	+12 -9	+21 0	+28 +7	+41 +20	+73 +40	+117 +65	0 -33	+33 0	+53 +20	+92 +40	+149 +65	0 -130	+130 0	+195 +65	+235 +105	+310 +180	+520 +310	18- 30
30- 50	0 -11	-12 -28	4 -20	+3 -13	+10 -6	+16 0	0 -16	-17 -42	-8 -33	0 -26	+7 -18	+14 -11	+25 0	+34 +9	+50 +26	+89 +50	+142 +80	0 -39	+39 0	+64 +25	+112 +50	+180 +80	0 -160	+160 0	+240 +80	+295 +135	+390 +250	+650 +400	30- 50
50- 80	0 -13	-14 -33	5 -24	+4 -16	+13 -6	+19 0	0 -19	-21 -51	-9 -39	0 -30	+9 -21	+18 -12	+30 0	+40 +10	+60 +30	+106 +60	+174 +100	0 -46	+46 0	+76 +30	+134 +60	+220 +100	0 -190	+190 0	+290 +100	+365 +175	+480 +290	+800 +500	50- 80
80-120	0 -15	-16 -38	6 -28	+4 -18	+16 -6	+22 0	0 -22	-24 -50	-10 -45	0 -35	+10 -25	+22 -13	+35 0	+47 +12	+71 +36	+126 +72	+207 +120	0 -64	+54 0	+90 +36	+159 +72	+260 +120	0 -220	+220 0	+340 +120	+430 +210	+580 +360	+990 +640	80-120
120-180	0 -18	-20 -45	8 -33	+4 -21	+18 -7	+25 0	0 -25	-28 -68	-12 -52	0 -49	+12 -28	+26 -14	+40 0	+54 +14	+83 +43	+148 +85	+245 +145	0 -63	+63 0	+106 +43	+185 +85	+305 +145	0 -250	+260 0	+395 +145	+500 +250	+690 +440	+1180 +780	120-180
180-250	0 -20	-22 -51	8 -37	+5 -24	+22 -7	+29 0	0 -29		-14 -60	0 -46	+13 -33	+30 -16	+46 0	+61 +15	+95 +50	+172 +100	+285 +170	0 -72	+72 0	+122 +50	+215 +100	+355 +170	0 -290	+230 0	+460 +170				
250-315	0 -23	-25 -57	9 -41	+5 -27	+25 -7	+32 0	0 -32		-14 -66	0 -52	+16 -36	+52 0	+69 +17	+108 +56	+91 +10	+320 +190	0 -81	+81 0	+137 +56	+240 +110	+400 +190	0 -320	+320 0	+320 0	+510 +190				

Elección de Ajustes y Tolerancias I.S.A.

82



Ejemplos de Aplicación

Denominación de acople entre un agujero y un eje

Ejemplo #1: H7 – h6

Sistema: Agujero Único Calidad: Precisa

- 1º) *H = clase de asiento del agujero (deslizante)*
- 2º) *7 = calidad ó precisión de ajuste del agujero*
- 3º) *h = clase de asiento del eje (deslizante)*
- 4º) *6 = calidad ó precisión de ejecución del eje*

Ejemplos de Aplicación

Denominación de acople entre un eje y un agujero

Ejemplo #2: h5 – K6

Sistema: Eje Único Calidad: Perfecta

- 1º) *h = clase de asiento del eje (semiapretado)*
- 2º) *5 = calidad ó precisión de ajuste del eje*
- 3º) *K = clase de asiento del agujero (semiapretado)*
- 4º) *6 = calidad ó precisión de ejecución del agujero*

Ejemplos de Aplicación

Denominación de acople entre un agujero y un eje

Ejemplo #3: 35 H7 – m6

Si se consulta la tabla de ajustes, se observa que la intersección de la columna H7 (agujero único) y la columna “cota nominal” 30 – 50 mm., se tienen los valores límites ó tolerancias para el agujero: +25, 0.

Ejemplos de Aplicación

Las tolerancias con que necesitamos trabajar el eje para conservar el carácter de ajuste “apretado semi-fijo se encuentran en la intersección de las columnas m6 y “cota nominal” 30 – 50 mm., resultando los valores límites +25, +9. Esto determina que la dimensión efectiva del agujero deberá estar comprendida entre las medidas 35.000 mm. y 35.025 mm., y la cota efectiva del eje entre 35.009 mm. y 35.035 mm.

Aplicación de Ajustes Tablas de Comparación

87

- Ajuste de Precisión y Fino
 - Ajuste Corriente
 - Ajuste Ordinario ó Basto
-

Ajustes de Precisión y Fino

Se utilizan en Máquinas Herramienta y en Maquinaria Fina:

- *Ajuste a prensa*
 - *Ajuste forzado*
 - *Ajuste de arrastre*
 - *Ajuste de adherencia*
 - *Ajuste de entrada suave*
 - *Ajuste de deslizamiento*
 - *Ajuste de juego libre justo*
 - *Ajuste de juego libre*
 - *Ajuste de juego ligero*
 - *Ajuste de juego fuerte*
-

Ajuste Corriente

Empleado cuando las exigencias de la medida ó exactitud no sean tan precisas como las que requiere para el ajuste de precisión. Se aplica solamente en ajuste móviles

- *Ajuste de deslizamiento*
 - *Ajuste de juego libre*
 - *Ajuste de juego fuerte*
-

Ajuste Ordinario ó Basto

Se utiliza en ajustes de piezas que tengan holgura amplia y una gran tolerancia de fabricación. Muy conveniente para mecanismos expuestos a la oxidación tales como aparatos de maniobras en las cubiertas de buques.

- Asiento deslizante*
 - Asiento giratorio holgado*
-

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

91

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

1º) Costo de fabricación

2º) Costo de las herramientas, dispositivos y calibres.

3º) Condiciones de montaje

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

*En el **sistema de agujero único**, las diferencias de cotas correspondientes (tolerancias) recaen sobre el **eje**. Si varios órganos de una misma máquina, por ejemplo la parte correspondiente a la piezas-hembra (agujero), deben ajustar indistintamente sobre un mismo eje, éste deberá presentar zonas de diferentes diámetros, trabajo difícil de realizar bajo el punto de vista técnico y su economía.*

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

93

*Contrariamente, utilizando el **sistema de eje único**, el eje tendrá un mismo diámetro en toda su extensión y las diferencias de ajuste se obtendrán por diferentes diámetros de los **agujeros** correspondientes. Por ejemplo, se analizará el caso del conjunto constituido por el pistón de un motor de automóvil, su perno y la biela.*

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

Bien se sabe que el perno debe presentar un ajuste de carácter “apretado fijo” con los agujeros del pistón, y debe conservar un ajuste “giratorio suave” con el agujero de la cabeza de la biela. Considerando para este trabajo una calidad “precisa”, y aplicando a este ejemplo el sistema de “eje único”, la dimensión del eje permanecerá constante y variarán los diámetros de los agujeros del pistón y la biela.

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

95

Suponiendo que la dimensión del diámetro nominal del perno (eje) es de 20 mm., consultando las Tablas de Ajustes I.S.A., los tipos de ajuste prescriptos entre el agujero del pistón con el eje (perno) son:

$h6 - M7 \Rightarrow$ diám. de los agujeros será $20 \ 0, - 0.021$

Entre el agujero de la biela con el eje (perno):

$h6 - F7 \Rightarrow$ diám. del agujero será $20 +0.041, + 0.020$

Permaneciendo el diámetro del eje constante: $20 \ 0, - 0.013$.

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

96

Aplicando ahora al mismo ejemplo el sistema de agujero único, en tal caso permanecerán constantes los agujeros del pistón y la biela, variando los diámetros del eje (perno). Consultando las Tablas de Ajustes, los tipos de ajuste prescriptos serán:

H7 – m6 \Rightarrow diám. del perno será $20 +0.021, +0.008$

Entre el perno y el agujero de la biela:

H7 – j7 \Rightarrow diám. del perno será $20 -0.029, -0.041$

Perm. los aguj. constantes: $20 +0.021, 0$

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

97

El eje ó perno presentará, en este caso, 3 escalonamientos con diámetros diferentes. Comparando y analizando que resulta de la aplicación de ambos sistemas de ajustes, se deduce que por razones de montaje, con el sistema de eje único la parte extrema del perno pasará libremente a través del orificio de la biela; pero en el caso del sistema de agujero único, el extremo con mayor diámetro del perno pasará forzadamente.

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

Esta operación indudablemente resulta perjudicial y quizá imposible, y esta última circunstancia dependerá de las cotas efectivas logradas en la pieza terminada. Por otro lado, en cuanto a la elaboración, teniendo en cuenta que la terminación del perno a la dimensión prevista se efectúa habitualmente por rectificado cilíndrico, con la muela y por el método “sin centros”; y la de los agujeros de las contrapiezas con escariadores (continúa \Rightarrow),

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

99

En el caso del sistema de Eje Único, el perno podrá ser rectificadado de una ó más pasadas, sin tener que hacerlo por zonas de diferentes diámetros, cosa que presentaría serias dificultades técnicas, pues deberían rectificarse por separado a los distintos diámetros. Desde el punto de vista de la fabricación, la aplicación del sistema de Eje Único ofrece ventajas indiscutibles.

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

100

Pero con respecto a los útiles de verificación de las medidas durante la fabricación, se presenta la necesidad de disponer de algunos “calibres hembra” y otros “calibres de control” para los primeros, y otros para verificar los segundos (contra calibres). Por otra parte, los agujeros deben ser verificados con “calibres macho” y además los dos escariadores deben verificarse con “calibres hembra” (de anillo).

Ejemplo de elección del Sistema de Ajuste

101

Para el caso del sistema de Agujero Único, se necesitarían dos calibres hembra dobles para los distintos diámetros del eje y 6 contra calibres para los dos calibres hembra dobles..

Se deduce entonces que resulta más económico el uso del sistema de AGUJERO UNICO.
