

67.29

# PROYECTO DE MÁQUINAS

## AJUSTES Y TOLERANCIAS

---

Ing. Eriel A. Fernández Galván

Ing. Guillermo R. Facal

# Introducción a Planos

## **NORMAS I.R.A.M.**

IRAM es el (antiguamente Instituto de Racionalización Argentino de materiales) ahora **Instituto Argentino de Normalización y Certificación**. Es una asociación civil **sin fines de lucro**, que fue fundada en el año 1935 por representantes de los diversos sectores de la economía, del Gobierno y de las instituciones científico-técnicas.

### **NORMAS I.R.A.M. 4.508**

**Rótulo, Lista de Materiales y despiece.**

### **NORMAS I.R.A.M. 4.505**

**Escalas lineales para construcciones civiles y mecánicas.**

### **NORMAS I.R.A.M. 4.501**

**Definiciones de Vistas – Método ISO (E)**

### **NORMAS I.R.A.M. 4.505**

**Representación de vistas en perspectiva.**

### **NORMAS I.R.A.M. 4.509**

**Rayados indicadores de secciones y cortes.**

### **NORMAS I.R.A.M. 4.513**

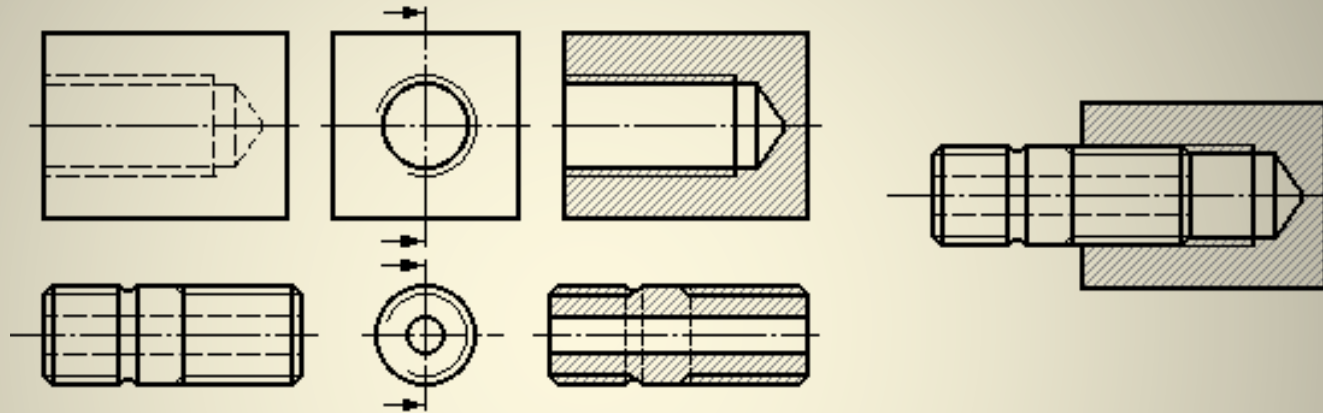
**Acotación de planos en dibujo mecánico.**

# Introducción a Planos

## NORMAS I.R.A.M.

### NORMAS I.R.A.M. 4.520

Representación de roscas y tornillos en dibujo mecánico.



### NORMAS I.R.A.M. 4.522

Representación de engranajes y ruedas dentadas



# Introducción a Planos

## NORMAS I.R.A.M.

### NORMAS I.R.A.M. 4.548

PARTE I. Símbolos convencionales para operaciones de mecanizado en planos de fabricación. POSICION GEOMETRICA

### NORMAS I.R.A.M. 4.548

PARTE II. Símbolos convencionales para operaciones de mecanizado en planos de fabricación. ELEMENTOS DE APOYO Y SUJECION

### NORMAS I.R.A.M. 5001 NOS VAMOS A ENFOCAR

Acotación y tolerancias funcionales

# Introducción Ajuste y Tolerancias

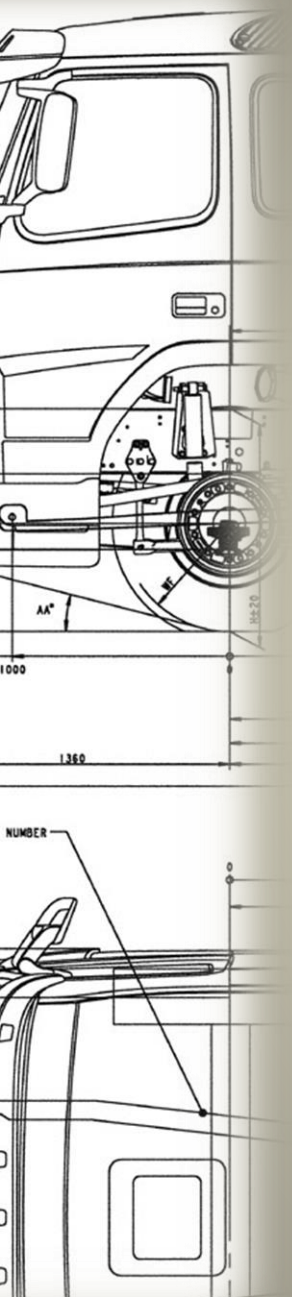
Las necesidades impuestas por progreso tecnológico y la competencia, hacen que piezas que van a formar parte de un conjunto deban ser producidas en **gran cantidad** en distintas secciones de un mismo taller, ó directamente en fábricas diferentes. Los métodos modernos competitivos de la producción mecánica sobre una base de **grandes cantidades**, no permiten que las piezas constitutivas de una máquina sean fabricadas y montadas individualmente. Es imprescindible que, cuando todas las piezas se presenten para el montaje del conjunto, todos los elementos ó piezas se ajusten **satisfactoriamente** en un grado tal que no haya necesidad de un **trabajo manual adicional** posterior; es decir, que no sea necesario efectuar **retrabajo** alguno.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

Para posibilitar esto, cada pieza debe ser fabricada sobre una base de **"INTERCAMBIABILIDAD"**, que es un problema de extraordinaria importancia técnica y económica. La consecución de las condiciones de intercambiabilidad exige como condición fundamental que **"todas las piezas de una misma clase tengan la misma forma y las mismas dimensiones."**



# Introducción Ajuste y Tolerancias



Para cumplir con lo exigido por el problema de la "intercambiabilidad", resultan fundamentales la simplificación y armonización de los métodos de trabajo que satisfagan las condiciones del correcto funcionamiento. Sin embargo, esto es únicamente posible admitiendo determinadas **TOLERANCIAS** para la fabricación de piezas mecánicas.

**Cada medida debe recibir una tolerancia de acuerdo con su empleo.** La mecánica de precisión se basa precisamente en las tolerancias, fijándolas para cada clase de trabajo, a fin de poder asignar en cada caso la que corresponda según las condiciones de funcionamiento. Por otra parte, ante la **imposibilidad** de conseguir en la práctica una medida exacta, hay que admitir que dicha medida esté dentro de ciertas inexactitudes permisibles.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Definimos como Tolerancia Dimensional

Es la variación, en torno al valor ideal o esperado, dentro del cual ha de quedar en la práctica cualquier valor de una producción, para que ésta mantenga calidad e intercambiabilidad

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 –  $\mu\text{m.}$ )*

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Definiciones sobre Tolerancia Dimensional

Términos relacionados con la tolerancia Dimensional

Dimensión nominal –  $D_{NOM}$

Dimensión Límite

Dimensión máxima -  $D_{MÁX}$

Dimensión mínima -  $D_{MÍN}$

Desviación o diferencia superior -  $d_s$

Desviación o diferencia inferior -  $d_i$

Intervalo de Tolerancia – **IT**

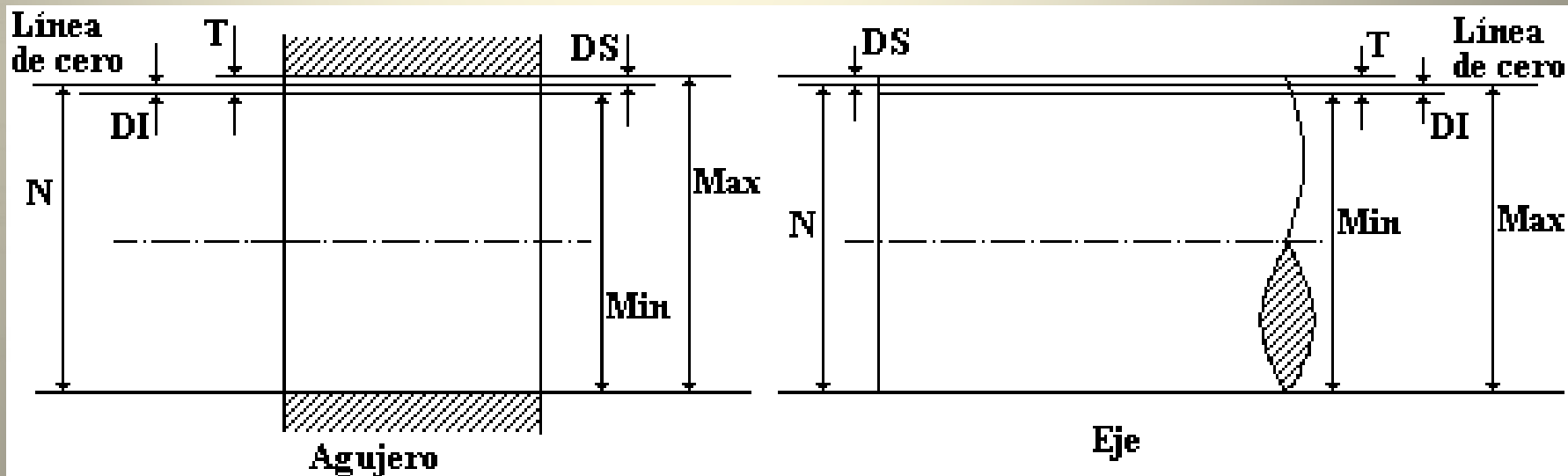
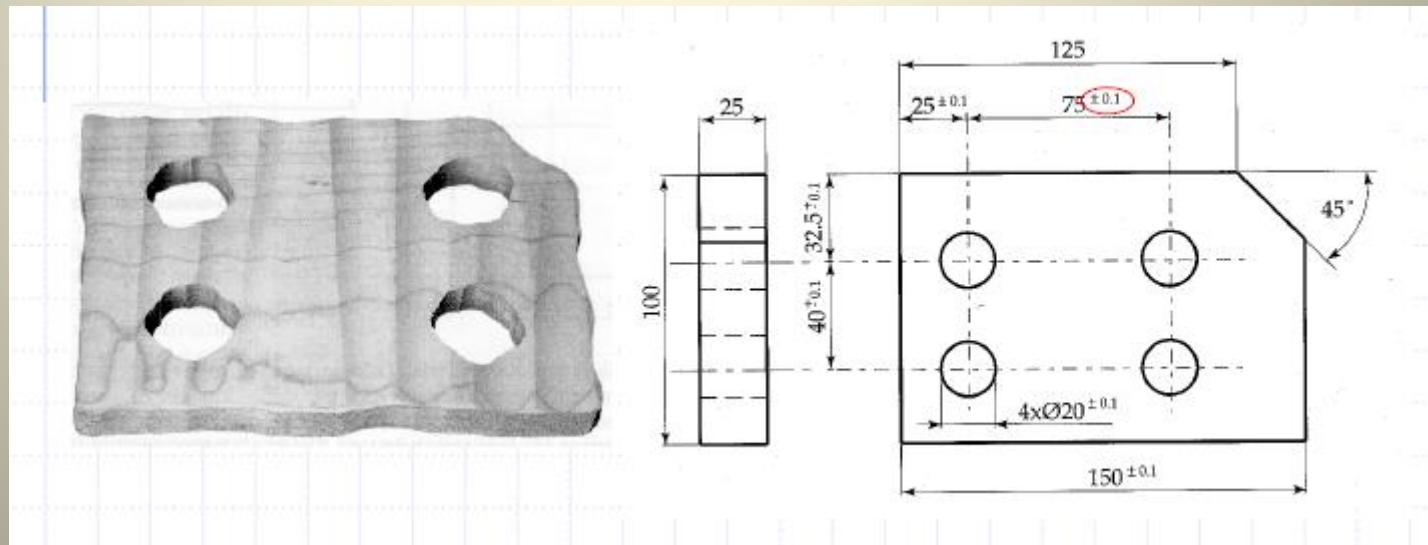


Fig.1.32

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Tolerancia Dimensional

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**.



# Introducción Ajuste y Tolerancias

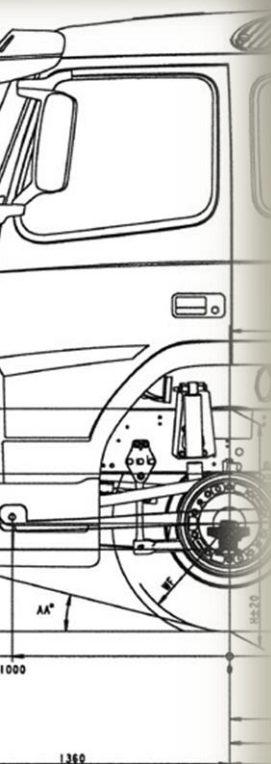
## Tolerancia Dimensional

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.

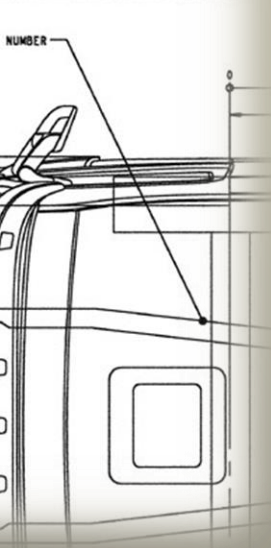
Para ayudar a los proyectistas en especificar los **límites apropiados de las tolerancias** para piezas de varias dimensiones y para distintas aplicaciones, se ha prestado considerable atención al asunto en los países en los cuales la producción "en masa" ó en cantidad es una regla establecida, y se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

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Tolerancia Dimensional



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** también adoptó sus recomendaciones. Las Tablas de Tolerancias son fruto de laboriosos experimentos basados en Normas de carácter **universal**, y tienen valores bien determinados.



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,<sup>12</sup>

# Introducción Ajuste y Tolerancias

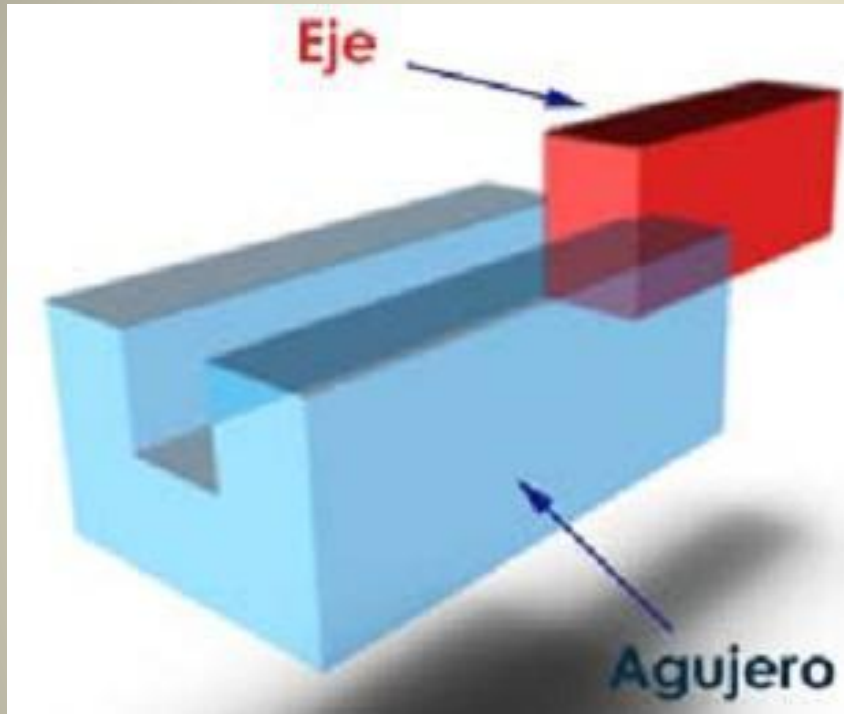
## Concepto de Ajuste Dimensional

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

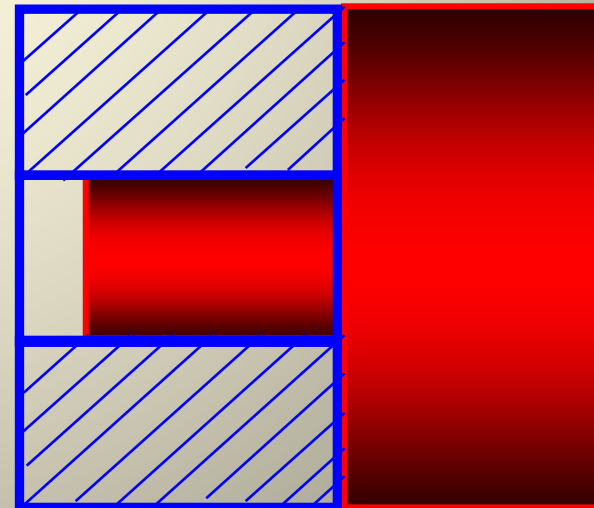
- 1) El elemento **interior**, ó sea, la parte **llena**, se la denomina **eje (macho)**.
- 2) El elemento **exterior**, ó sea, la parte **hueca**, se la denomina **agujero (hembra)**.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Concepto de Ajuste Dimensional



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.



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Concepto de Ajuste Dimensional

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.

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)**

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Concepto de Ajuste Dimensional

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**

A su vez, dependerá de la calidad de cada ajuste relacionado.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## **Concepto de Calidades de Ajuste Dimensional**

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**

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Concepto de Calidades de Ajuste Dimensional

### 1) Calidad Extra – Precisa

Llamada también de alta precisión, está destinada a la fabricación de instrumentos de medición.

### 2) Calidad Precisa

Es la de empleo más frecuente en la construcción de máquinas herramienta, eléctricas, motores de combustión interna, bombas, compresores, etc.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Concepto de Calidades de Ajuste Dimensional

### 3) Calidad Ordinaria

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

### 4) 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, espinas, etc.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## **Sistema de Ajuste Dimensional**

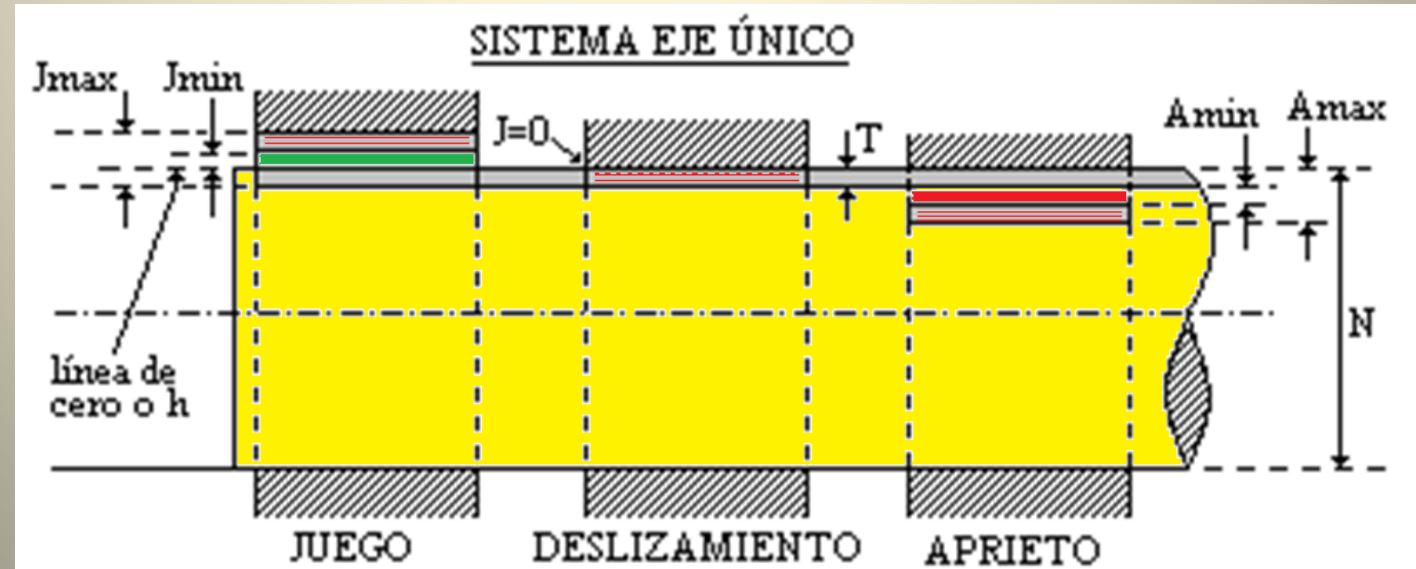
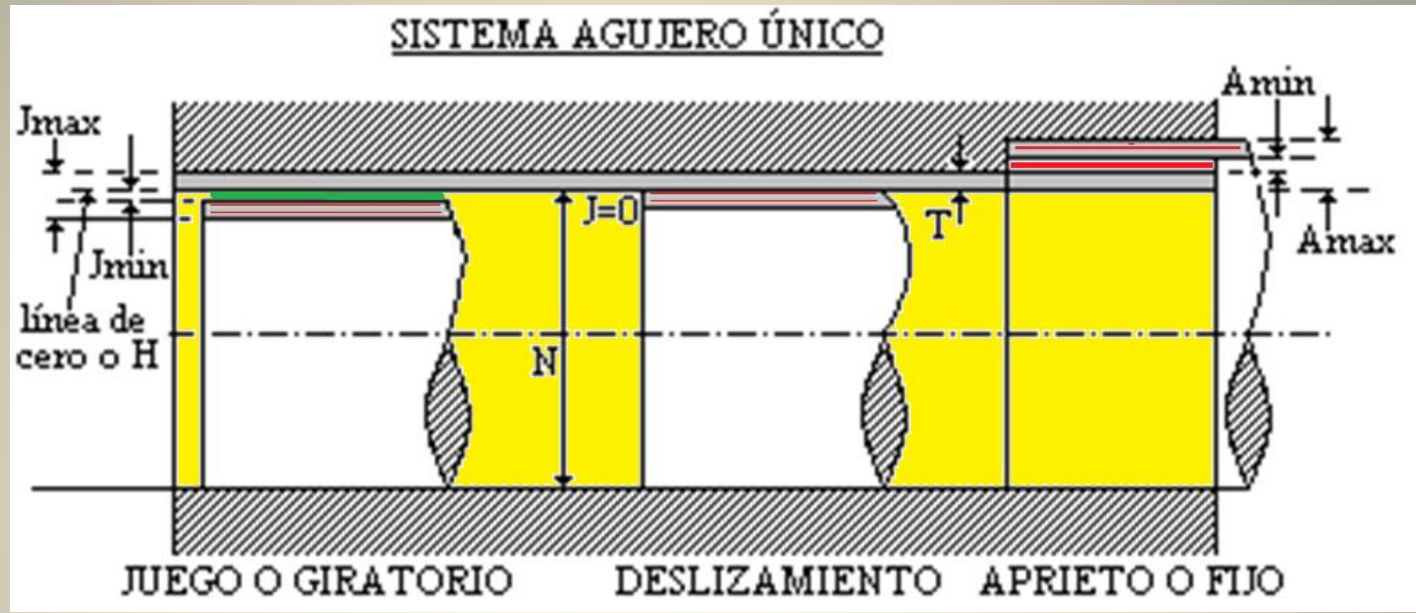
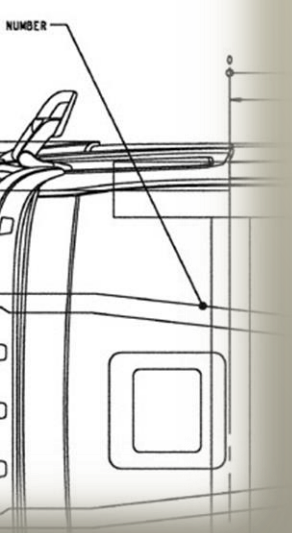
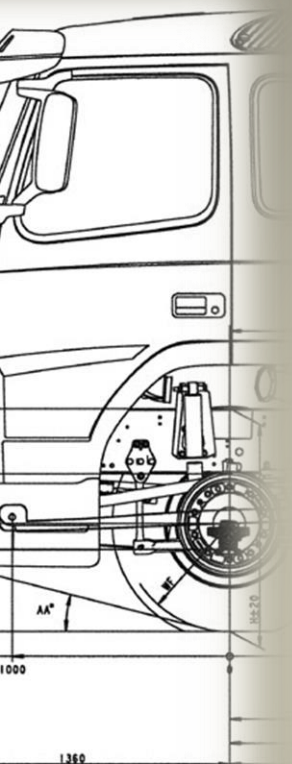
Para establecer entre dos piezas los distintos tipos de ajustes antes citados, ya precisen ejes y agujeros girar más ó menos fácilmente (juego) ó quedar fijos entre sí con mayor ó menor presión (aprieto), pueden conseguirse **dos sistemas**: ó bien mantener **para el agujero el mismo diámetro** y **variar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

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)**

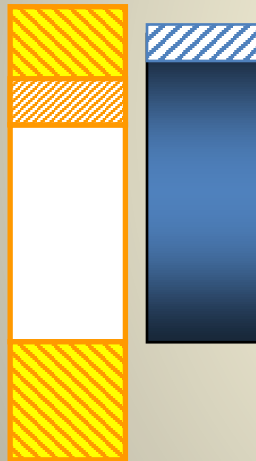
# Introducción Ajuste y Tolerancias



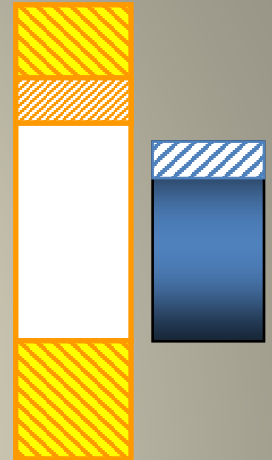
# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Sistema de Ajuste Dimensional

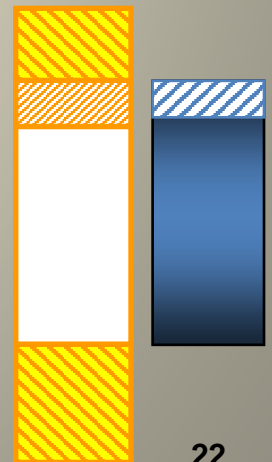
Ajuste con **juego**  $\Rightarrow$  diferencia positiva entre el diámetro efectivo del agujero y el diámetro efectivo del eje. La zona de tolerancia del agujero es mayor que la del eje.



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 se cruzan.



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Sistema de Ajuste Dimensional

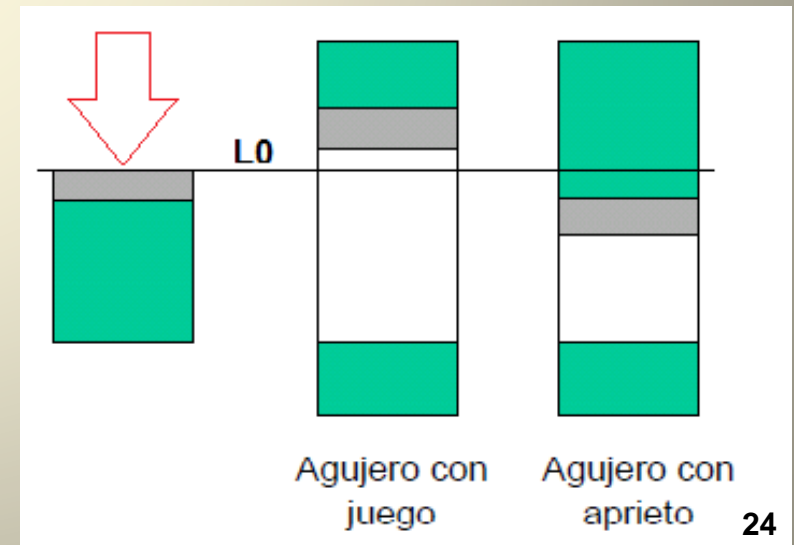
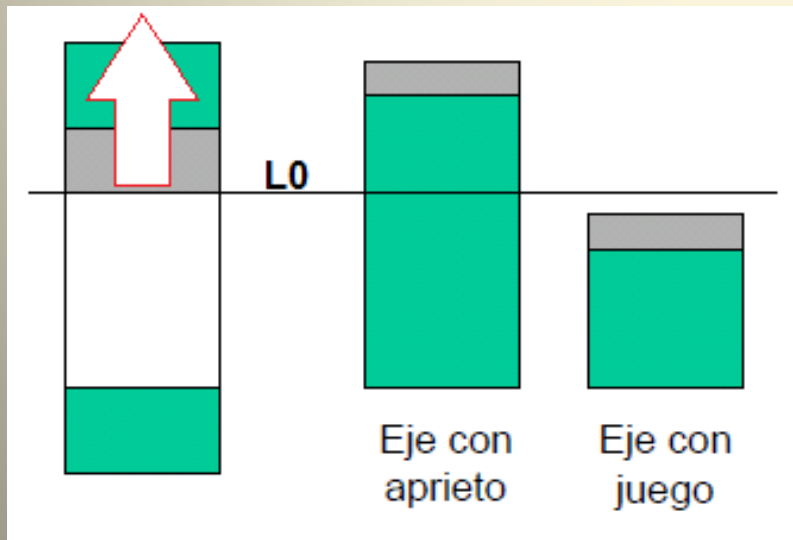
En ambos sistemas, la **medida nominal (N)** es el **punto de origen** para las diferencias (tolerancia). En el sistema de "agujero único", la **medida nominal** coincide con la **medida mínima del agujero**; ó sea, la **discrepancia inferior (DI)** es igual a **cero**. En el sistema de "eje único",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

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**.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Sistema de Ajuste Dimensional

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".



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

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**.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

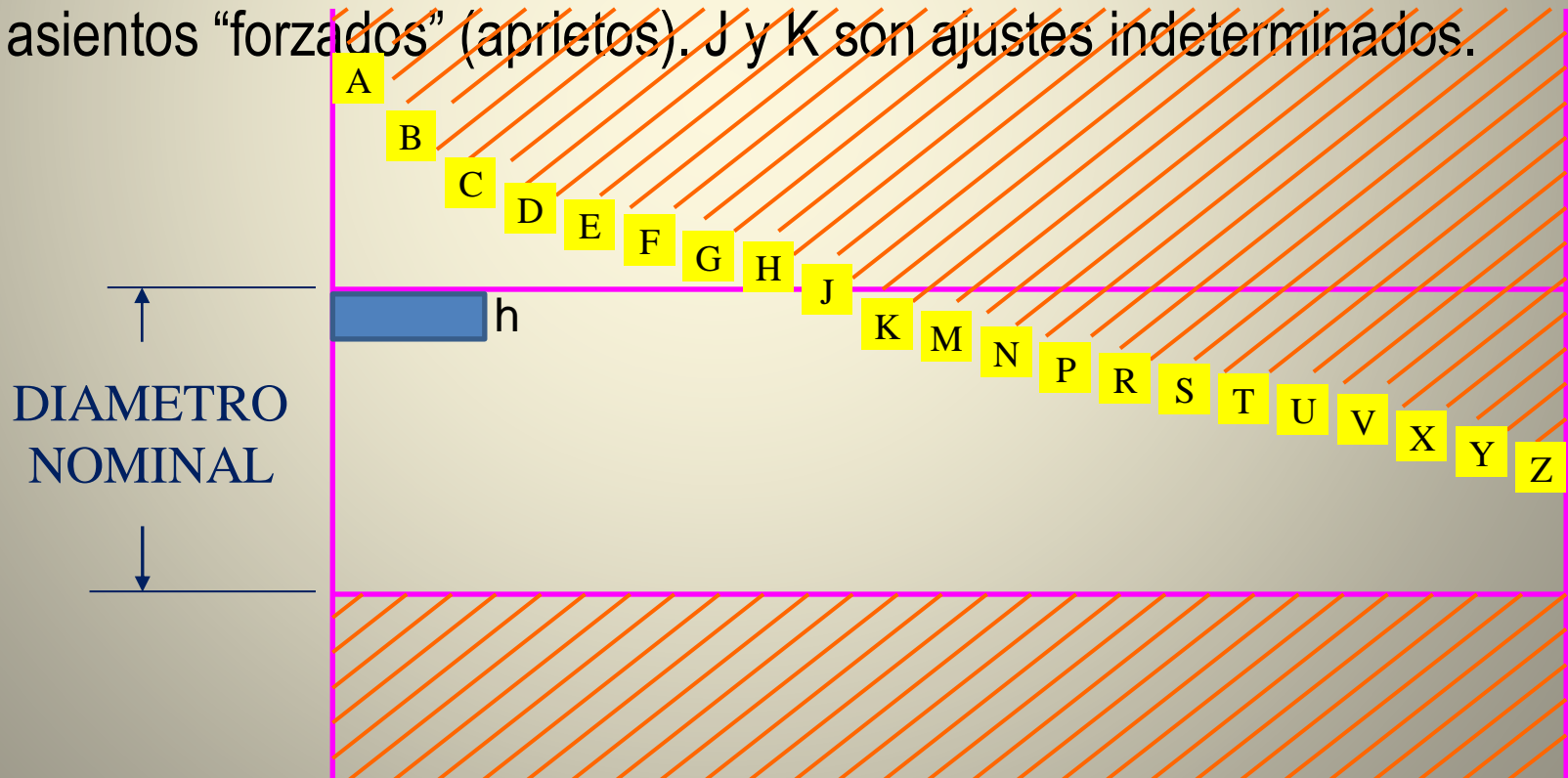
Las normas I.S.A. establecen el valor de la tolerancia para cada ajuste, de modo que la posición de las cotas límites (zona de tolerancia) con respecto a la cota nominal, queda definida completamente por su cota nominal seguida de una letra y un número ó índice.

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**.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

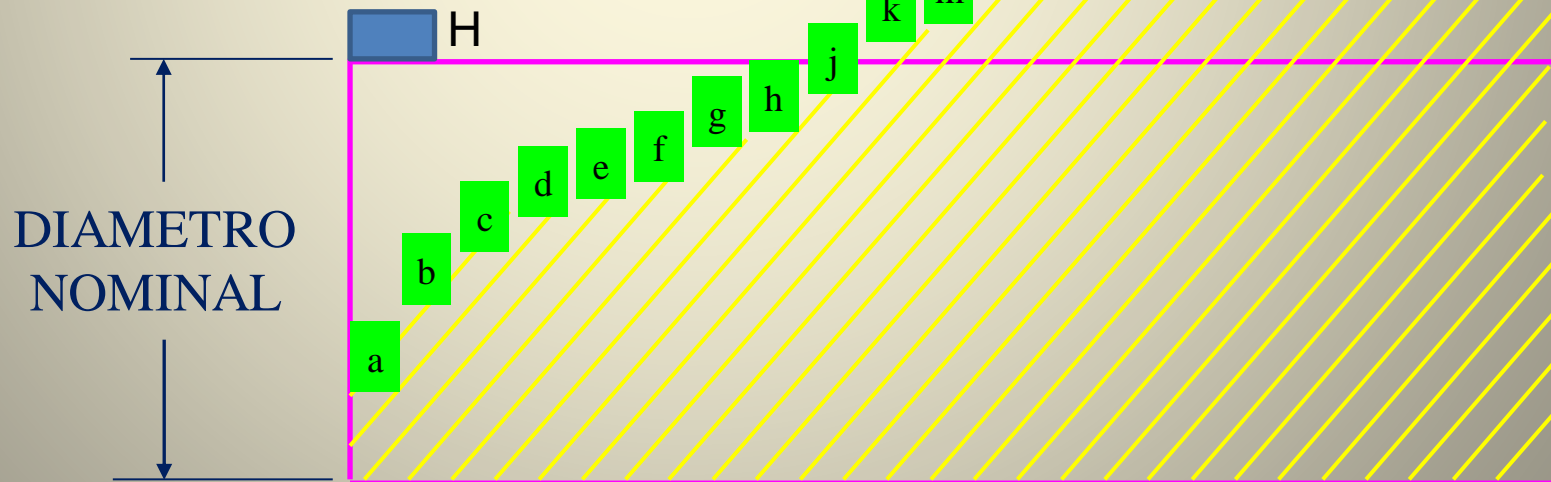
En el sistema de **EJE UNICO**, se designa el eje con la letra **h** y los distintos ajustes con los agujeros con **MAYÚSCULAS**, desde la **A** hasta la **G** los asientos “libres” (juegos); la letra **H** se reserva para designar el asiento “deslizante”, y a partir de la letra **M** hasta la **Z** se representan los asientos “forzados” (aprietos). ~~J y K son ajustes indeterminados.~~



# Introducción Ajuste y Tolerancias

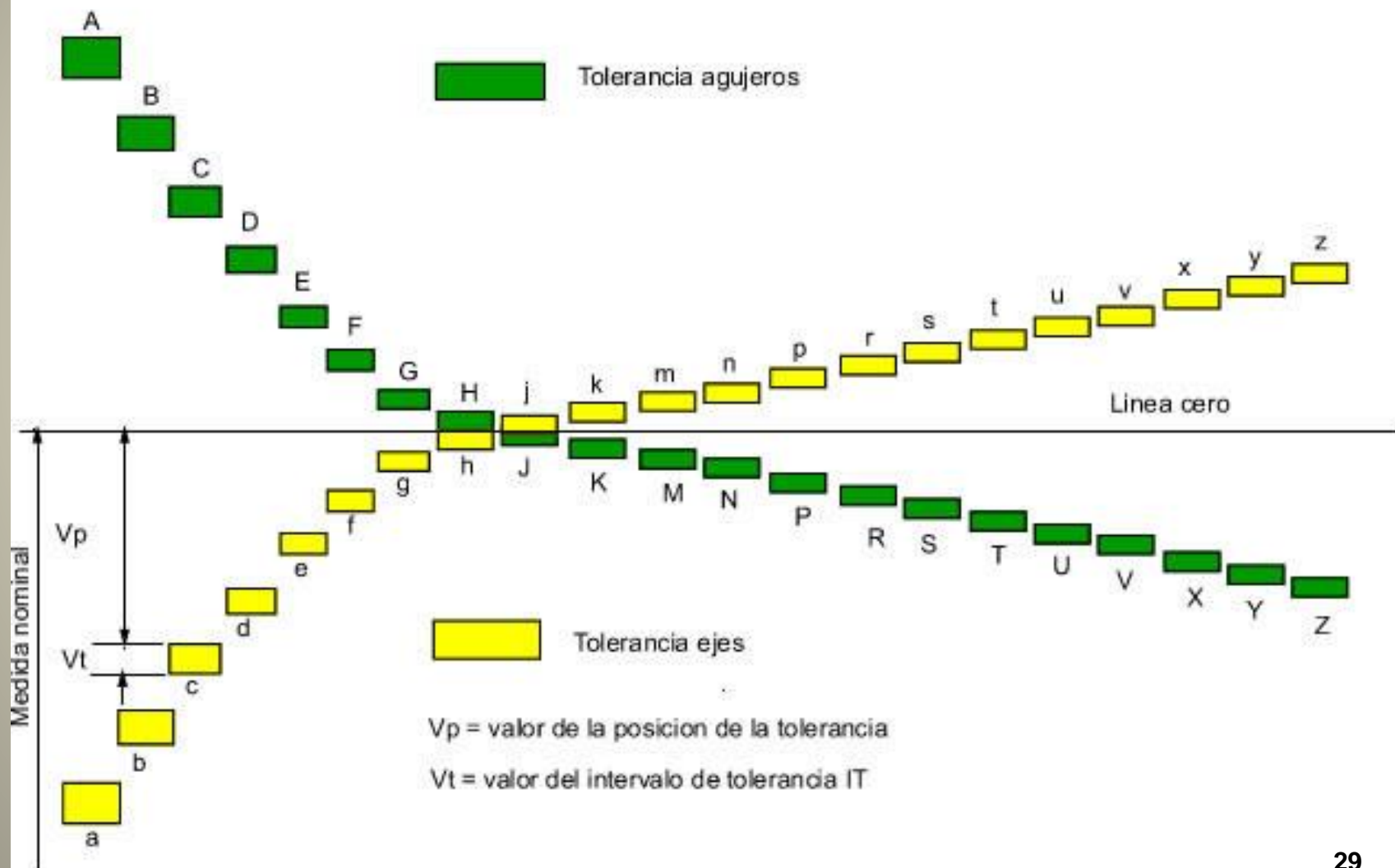
## Norma de Tolerancia I.S.A.

En el sistema de **AGUJERO UNICO**, se designa el agujero con la letra H y los distintos ajustes de ejes con **minúsculas**, 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 **m** hasta la z se representan los asientos “forzados” (aprietos). Las letras j y k son ajustes indeterminados.



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

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

**Calidades 1 a 5: instrumentos de medición**

**Calidades 6 a 11: acoplamientos corrientes**

**Calidades 12 a 16: estampado, fusión, colado**

## Unidad de Tolerancia:

Que se indica con el símbolo  $I$ , es el valor por el cual se calculan y se expresan las tolerancias y esta dado por la relación:

$$i = 0.45 \cdot \sqrt[3]{D} + \frac{D}{1000}$$

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

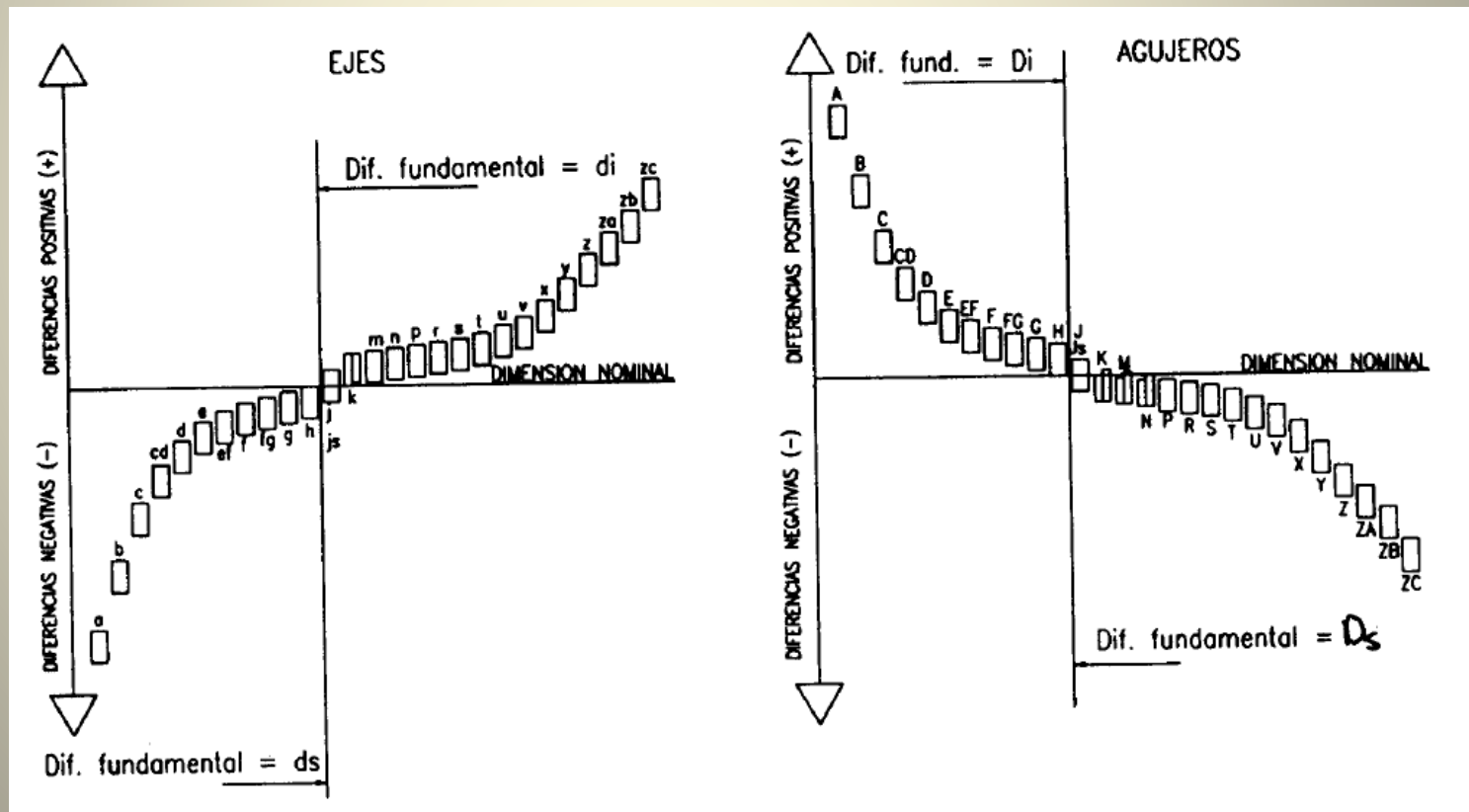
(I. S. A.)

Grupo de dimensiones	CALIDADES																
	mm.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 a 3	1,5	2	3	4	5	7	9	14	25	40	60	90	140	250	400	600	
3 a 6	1,5	2	3	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	
6 a 10	1,5	2	3	4	6	9	15	22	36	53	90	150	220	360	580	900	
10 a 18	1,5	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	
18 a 30	1,5	2	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	
30 a 50	2	3	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	600	1000	1600	
50 a 80	2	3	5	8	13	16	30	46	74	130	190	300	460	740	1200	1900	
80 a 120	3	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	
120 a 180	4	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	
180 a 250	5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	450	720	1150	1850	2900	
250 a 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	
315 a 400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	
400 a 500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	
I.S.A.	EJE					AGUJERO											Para trabajos ordinarios en piezas aisladas, tales como: laminado, prensado, etc.
	AGUJERO					EJE											
	Para trabajos de calibres					Para trabajos para ser aceptados entre éstas											

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

A su vez, tenemos que para los distintos tipos de ajustes, nos encontramos con Diferencias Fundamentales. De manera tal que existen discrepancias inferiores y superiores.



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Estas diferencias se encuentran tabuladas dependiendo del tipo de ajuste.

### Tabla Diferencia Fundamental para Ejes

Posición	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j		k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc						
Calidad												5y6	7	8	4 < d ≤ 7	4 < y > 7	Todas las calidades																		
Diferencia fundamental	Diferencia superior ds											Diferencia inferior di																							
d ≤ 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60					
3 < d ≤ 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-4	-	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80					
6 < d ≤ 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-2	-5	-	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97					
10 < d ≤ 14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0	-3	-6	-	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130					
14 < d ≤ 18																																			
18 < d ≤ 24	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0	-4	-8	-	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188					
24 < d ≤ 30																																			
30 < d ≤ 40	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0	-5	-10	-	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274				
40 < d ≤ 50	-320	-180	-130																																
50 < d ≤ 65	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0	-7	-12	-	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405					
65 < d ≤ 80	-360	-200	-150																																
80 < d ≤ 100	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0	-9	-15	-	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585					
100 < d ≤ 120	-410	-240	-180																																
120 < d ≤ 140	-460	-260	-200																																
140 < d ≤ 160	-520	-280	-210	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	-11	-18	-	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800					
160 < d ≤ 180	-580	-310	-230																																
180 < d ≤ 200	-660	-340	-240																																
200 < d ≤ 225	-740	-380	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	-13	-21	-	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150					
225 < d ≤ 250	-820	-420	-280																																
250 < d ≤ 280	-920	-460	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	-16	-26	-	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550					
280 < d ≤ 315	-1050	-540	-330																																
315 < d ≤ 355	-1200	-600	-360	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-18	-28	-	+4	0	+21	+37	+62	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700					
355 < d ≤ 400	-1350	-680	-400																																
400 < d ≤ 450	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-20	-32	-	+5	0	+23	+40	+68	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100					
450 < d ≤ 500	-1650	-840	-480																																

Para la posición js, di = -IT/2 y ds = IT/2

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

### Tabla Diferencia Fundamental para AGUJEROS

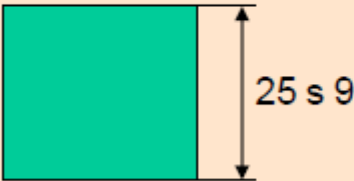
Posición	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H
<b>Calidad</b>	<b>Todas las calidades</b>										
<b>Diámetro</b>	<b>Diferencia inferior Di</b>										
d ≤ 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0
3 < d ≤ 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0
6 < d ≤ 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0
10 < d ≤ 18	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0
18 < d ≤ 30	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0
30 < d ≤ 40	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0
40 < d ≤ 50	+320	+180	+130	-	+90	+60	-	+30	-	+10	0
50 < d ≤ 65	+340	+190	+140	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0
65 < d ≤ 80	+360	+200	+150	-	+110	+60	-	+30	-	+10	0
80 < d ≤ 100	+380	+220	+170	-	+120	+60	-	+30	-	+10	0
100 < d ≤ 120	+410	+240	+180	-	+130	+60	-	+30	-	+10	0
120 < d ≤ 140	+460	+260	+200	-	+145	+60	-	+30	-	+10	0
140 < d ≤ 160	+520	+280	+210	-	+145	+60	-	+30	-	+10	0
160 < d ≤ 180	+580	+310	+230	-	+170	+60	-	+30	-	+10	0
180 < d ≤ 200	+660	+340	+240	-	+170	+60	-	+30	-	+10	0
200 < d ≤ 225	+740	+380	+260	-	+190	+60	-	+30	-	+10	0
225 < d ≤ 250	+820	+420	+280	-	+190	+60	-	+30	-	+10	0
250 < d ≤ 280	+920	+480	+300	-	+210	+60	-	+30	-	+10	0
280 < d ≤ 315	+1050	+540	+330	-	+210	+60	-	+30	-	+10	0
315 < d ≤ 335	+1200	+600	+360	-	+230	+60	-	+30	-	+10	0
335 < d ≤ 400	+1350	+680	+400	-	+230	+60	-	+30	-	+10	0
400 < d ≤ 450	+1500	+760	+440	-	+230	+60	-	+30	-	+10	0
450 < d ≤ 500	+1650	+840	+480	-	+230	+60	-	+30	-	+10	0

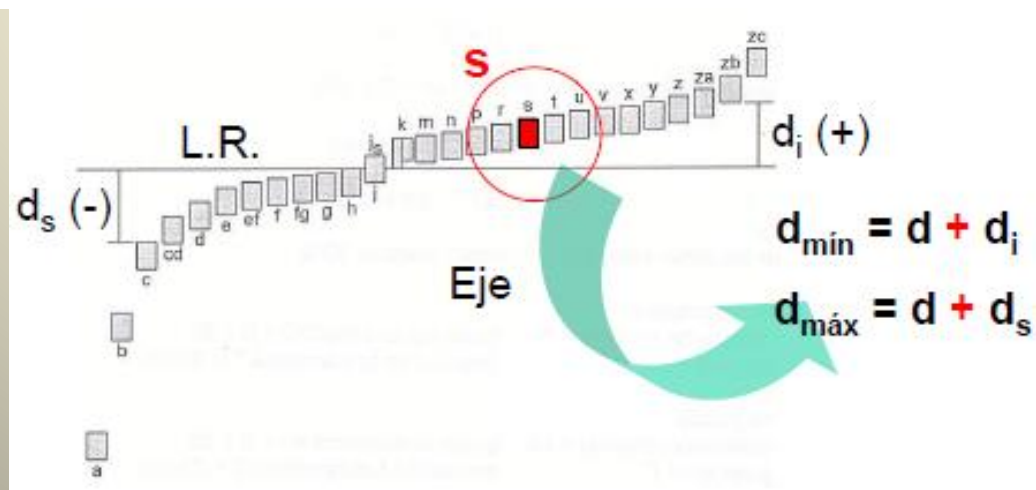
Posición	R				S				T				U						
	5	6	7	≥8	5	6	7	≥8	5	6	7	≥8	5	6	7	≥8			
<b>Calidad</b>	<b>Diferencia superior Ds</b>																		
<b>Diámetro</b>	<b>Diferencia superior Ds</b>																		
d ≤ 3	-10	-10	-10	-10	-14	-14	-14	-14	-	-	-	-	-18	-18	-18	-18			
3 < d ≤ 6	-14	-12	-11	-15	-18	-16	-15	-19	-	-	-	-	-22	-20	-19	-23			
6 < d ≤ 10	-17	-16	-13	-19	-21	-20	-17	-23	-	-	-	-	-26	-25	-22	-28			
10 < d ≤ 14	-20	-20	-16	-23	-25	-25	-21	-28	-	-	-	-	-30	-30	-26	-33			
14 < d ≤ 18	-25	-24	-20	-28	-32	-31	-27	-35	-	-	-	-	-38	-37	-33	-41			
18 < d ≤ 24	-25	-24	-20	-28	-32	-31	-27	-35	-38	-37	-33	-41	-45	-44	-40	-48			
24 < d ≤ 30	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60			
30 < d ≤ 40	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-50	-49	-45	-54	-66	-65	-61	-70			
40 < d ≤ 50	-36	-35	-30	-41	-48	-47	-42	-53	-61	-60	-55	-66	-82	-81	-76	-87			
50 < d ≤ 65	-36	-35	-30	-41	-48	-47	-42	-53	-61	-60	-55	-66	-82	-81	-76	-87			
65 < d ≤ 80	-38	-37	-32	-43	-54	-53	-48	-59	-70	-69	-64	-75	-97	-96	-91	-102			
80 < d ≤ 100	-46	-44	-38	-51	-66	-64	-58	-71	-86	-84	-78	-91	-119	-117	-111	-124			
100 < d ≤ 120	-49	-47	-41	-54	-74	-72	-66	-79	-99	-97	-91	-104	-139	-137	-131	-144			
120 < d ≤ 140	-57	-56	-48	-63	-86	-84	-77	-97	-116	-114	-107	-122	-164	-163	-155	-170			
<b>Posición</b>	V				X				Y				Z				ZA	ZB	ZC
<b>Calidad</b>	5	6	7	≥8	5	6	7	≥8	6	7	≥8	6	7	≥8	7	≥8	≥8	≥8	
<b>Diámetro</b>	<b>Diferencia superior Ds</b>																		
d ≤ 3	-	-	-	-	-20	-20	-20	-20	-	-	-	-	-26	-26	-26	-32	-32	-40	-60
3 < d ≤ 6	-	-	-	-	-27	-25	-24	-28	-	-	-	-	-32	-31	-35	-38	-42	-50	-80
6 < d ≤ 10	-	-	-	-	-32	-31	-28	-34	-	-	-	-	-39	-36	-42	-46	-52	-67	-97
10 < d ≤ 14	-	-	-	-	-37	-37	-33	-40	-	-	-	-	-47	-43	-50	-57	-64	-90	-130
14 < d ≤ 18	-36	-36	-32	-39	-42	-42	-38	-45	-	-	-	-	-57	-53	-60	-70	-77	-108	-150
18 < d ≤ 24	-44	-43	-39	-47	-51	-50	-46	-54	-59	-55	-63	-69	-65	-73	-90	-98	-136	-188	-
24 < d ≤ 30	-52	-51	-47	-55	-61	-60	-56	-64	-71	-67	-75	-84	-80	-88	-110	-118	-160	-218	-
30 < d ≤ 40	-64	-63	-59	-68	-76	-75	-71	-80	-89	-85	-94	-107	-103	-112	-139	-148	-200	-274	-
40 < d ≤ 50	-77	-76	-72	-81	-93	-92	-88	-97	-109	-105	-114	-131	-127	-136	-171	-180	-242	-325	-
50 < d ≤ 65	-97	-96	-91	-102	-117	-116	-111	-122	-138	-133	-144	-166	-161	-172	-215	-226	-300	-405	-
65 < d ≤ 80	-115	-114	-109	-120	-141	-140	-135	-146	-168	-163	-174	-204	-199	-210	-263	-274	-360	-480	-
80 < d ≤ 100	-141	-139	-133	-146	-173	-171	-165	-178	-207	-201	-214	-251	-245	-258	-322	-335	-445	-585	-
100 < d ≤ 120	-167	-165	-159	-172	-205	-203	-197	-210	-247	-241	-254	-303	-297	-310	-387	-400	-525	-690	-
120 < d ≤ 140	-196	-195	-187	-202	-242	-241	-233	-248	-293	-285	-300	-358	-350	-365	-455	-470	-620	-800	-
140 < d ≤ 160	-222	-221	-213	-228	-274	-273	-265	-280	-333	-325	-340	-408	-400	-415	-520	-535	-700	-900	-
160 < d ≤ 180	-246	-245	-237	-252	-304	-303	-295	-310	-373	-365	-380	-458	-450	-465	-585	-600	-780	-1000	-
180 < d ≤ 200	-278	-275	-267	-284	-344	-341	-333	-350	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-653	-670	-880	-1150	-
200 < d ≤ 225	-304	-301	-293	-310	-379	-376	-368	-385	-461	-453	-470	-566	-558	-575	-723	-740	-960	-1250	-
225 < d ≤ 250	-334	-331	-323	-340	-419	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-631	-623	-640	-803	-820	-1050	-1350	-
250 < d ≤ 280	-378	-376	-365	-385	-468	-466	-455	-475	-571	-560	-580	-701	-690	-710	-900	-920	-1200	-1550	-
280 < d ≤ 315	-418	-416	-405	-425	-518	-516	-505	-525	-641	-630	-650	-781	-770	-790	-980	-1000	-1300	-1700	-
315 < d ≤ 335	-468	-464	-454	-475	-583	-579	-569	-590	-719	-709	-730	-889	-879	-900	-1129	-1150	-1500	-1900	-
335 < d ≤ 400	-523	-519	-509	-530	-653	-649	-639	-660	-809	-799	-820	-989	-979	-1000	-1279	-1300	-1650	-2100	-
400 < d ≤ 450	-588	-582	-572	-595	-733	-727	-717	-740	-907	-897	-920	-1087	-1077	-1100	-1427	-1450	-1850	-2400	-
450 < d ≤ 500	-653	-647	-637	-660	-813	-807	-797	-820	-987	-977	-1000	-1237	-1227	-1250	-1577	-1600	-2100	-2600	-

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Con esta estructura la combinación de posibilidades es **excesivamente amplia**, en la práctica se limitan a las que mostraremos mas adelante. Pero primero veamos como se calculan las tolerancias con respecto al grado de calidad y ajuste.

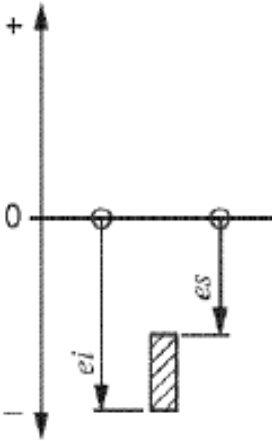

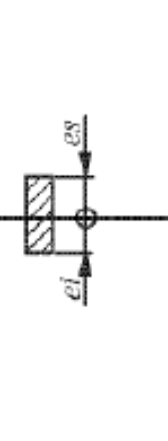
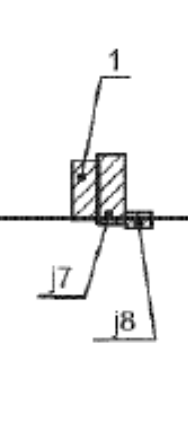
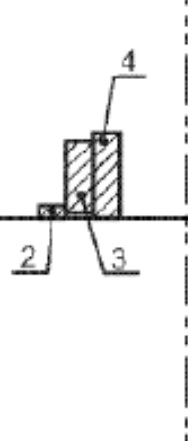
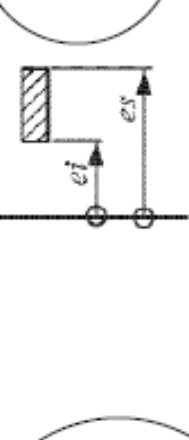
Ejemplo	Tipo de pieza	Datos	Dimensiones máxima y mínima admisibles
	Eje	$d = 25$ $s = \text{eje}$ $IT = 9$	$d_{\text{mín}} ?$ $d_{\text{máx}} ?$



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Veamos donde estamos situados

Desviación limite					
a a g	h	js	j	k	m a zc
					
$es < 0$ (véase la tabla 4)	$es = 0$	$es = + IT/2$	$es = ei + IT$	$es = ei + IT$	$es = ei + IT$
$ei = es - IT$	$ei = 0 - IT$	$ei = - IT/2$	$ei < 0$ (véase la tabla 4)	$ei = 0$ o $> 0$ (véase la tabla 5)	$ei = > 0$ (véase la tabla 5)
IT véase la tabla 1					

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Verificando en la tabla de calidades.

Dimensión nominal mm		Grados de tolerancia normalizados												
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11
Desde	Hasta e incluido	Valores de tolerancia normalizados												
		μm												
—	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74		

$d = 25$   
 $IT = 9$

$IT = 0,052$

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Verificando en la tabla de Desviaciones Limite Inferior para un juego **s**

Dimensión nominal mm		Valores de las desviaciones fundamentales Límite inferior de la desviación, <i>ei</i>																	
Desde	Hacia e incluido	IT4 a IT7	Hasta e incluido IT3 y desde IT7	Todos los grados de tolerancia normalizados													za	zb	zc
				k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z				
—	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+20	+26	+32	+40	+60					
3	6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	+23	+28	+35	+42	+50	+80					
6	10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	+28	+34	+42	+52	+67	+97					
10	14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	+33	+40	+50	+64	+90	+130					
14	18														+39	+45	+60	+77	+108
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188			
24	30																+41	+48	+55
30	40								+49	+56	+64	+74	+91	+120	+160	+210	+270		

$d = 25$   
 $IT = 9$

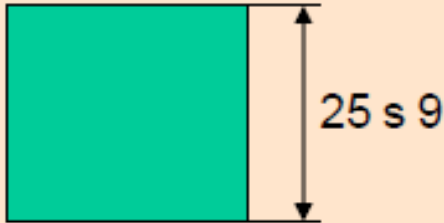
$ei = 0,035$

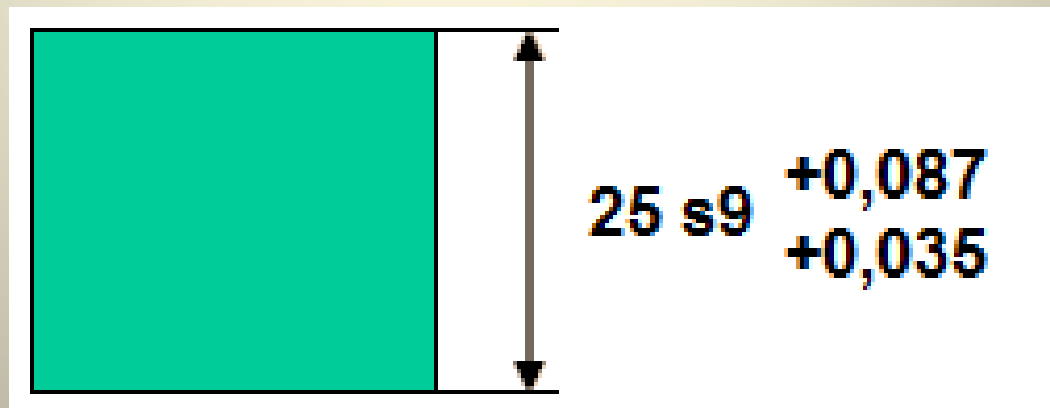
$es = ei + IT = 0,035 + 0,052 = 0,087$

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Por lo tanto tenemos como solución.

Ejemplo	Tipo de pieza	Datos	Dimensiones máxima y mínima admisibles
	Eje	$d = 25$ $s = \text{eje}$ $IT = 9$	$d_{\min} = 25 + 0,035 = 25,035$ $d_{\max} = 25 + 0,087 = 25,087$



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

En la práctica se limitan a las mostradas en la figura y con preferencia a las resaltadas.

**Tolerancias preferentes para ejes**

						g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	
					f6	<b>g6</b>	<b>h6</b>	<b>js6</b>	<b>k6</b>	m6	<b>n6</b>	<b>p6</b>	<b>r6</b>	<b>s6</b>	t6	
			e7	<b>f7</b>		<b>h7</b>	js7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7	
		d8	e8	f8		h8										
		<b>d9</b>	e9			<b>h9</b>										
		d10														
<b>a11</b>	<b>b11</b>	<b>c11</b>				<b>h11</b>										

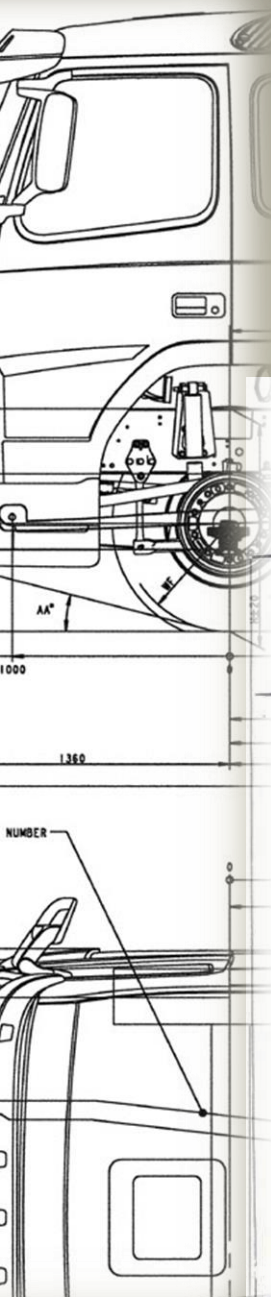
**Tolerancias preferentes para agujeros**

						G6	H6	Js6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	
					F7	<b>G7</b>	<b>H7</b>	<b>Js7</b>	<b>K7</b>	M7	<b>N7</b>	<b>P7</b>	<b>R7</b>	<b>S7</b>	T7	
			E8	<b>F8</b>		<b>H8</b>	Js8	K8	M8	N8	P8	R8				
		D9	<b>E9</b>	<b>F9</b>		<b>H9</b>										
		<b>D10</b>	E10			H10										
<b>A11</b>	<b>B11</b>	<b>C11</b>	D11			<b>H11</b>										

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Por lo tanto existen tablas de referencia para los distintos Sistemas de tolerancias.



Normas I.S.A.

TABLA IV  
Sistema de Agujero Unico

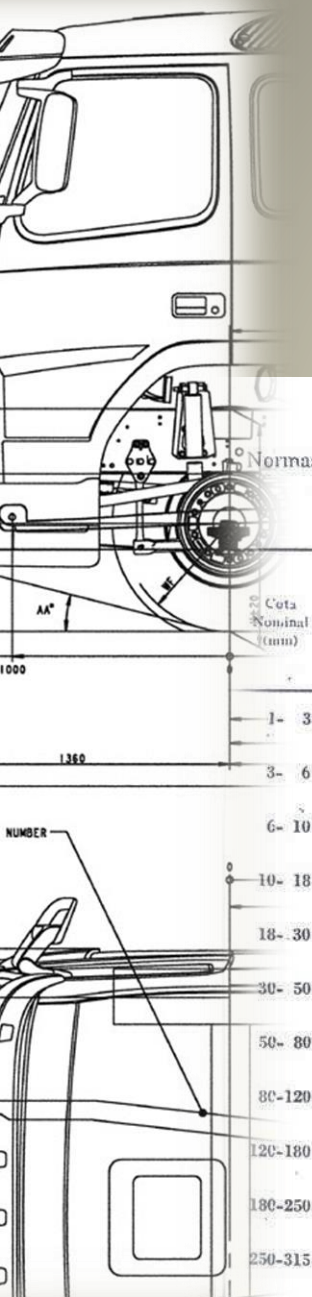
Tolerancias en micrones  
(Micrón = 1μ = 0,001 mm)

Cota Nominal (mm)	CALIDAD PERFECTA						CALIDAD PRECISA						CALIDAD ORDINARIA				CALIDAD BASTA					Cota Nominal (mm)							
	H6 Agujero Unico	n5 Apretado Fijo	m5 Apretado Semifijo	k5 Semi-Apretado	j5 Apretado Suave	h5 Deslizante	H7 Agujero Unico	p6 Solidarizado	n6 Apretado Fijo	m6 Apretado Semifijo	k6 Semi-Apretado	j6 Apretado Suave	h6 Deslizante	g6 Giratorio Duro	f7 Giratorio Suave	e8 Giratorio Fácil	d9 Giratorio Sueto	H8 Agujero Unico	h8 Deslizante	f9 Giratorio Suave	e9 Giratorio Sueto		d10 Giratorio Sueto	H11 Agujero Unico	h11 Deslizante	d11 Giratorio Suave	e11 Giratorio Fácil	b11 Giratorio Sueto	a12 Giratorio Sueto
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	-6 -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	-8 -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	-9 -9	+21 0	+35 +22	+28 +16	+21 +8	+15 +2	+9 -4	0 -13	-7 -20	-10 -41	-20 -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	-11 -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 -298	-230 -390	-400 -650	30- 50
50- 80	+19 0	+33 +20	+24 +11	+15 +2	+6 -7	-13 -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	-16 -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	-18 -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	-20 -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	-23 -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					

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Por lo tanto existen tablas de referencia para los distintos Sistemas de tolerancias.



Normas I.S.A.

TABLA IV bis  
Sistema de Eje Unico

Tolerancia en micrones  
(Micrón = 1μ = 0,001 mm)

Cota Nominal (mm)	CALIDAD PERFECTA						CALIDAD PRECISA										CALIDAD ORDINARIA					CALIDAD BASTA					Cota Nominal (mm)		
	h5	N6	M6	K6	J6	H6	h6	P7	N7	M7	K7	J7	H7	G7	F7	E8	D9	h8	H3	F8	F9	D10	h11	H11	D11	C11		B11	A12
1-3	0	-4	0		+3	+7	0	-7	-4	0		+3	+9	+12	+16	+28	+45	0	+14	+21	+39	+60	0	+60	+80	+92	+112	+175	1-3
	-6	-11	-7		-4	0	-7	-16	-13	-9		-6	0	+3	+7	+14	+20	-14	0	+7	+14	+20	-60	0	+20	+32	+52	+86	
3-6	0	-5	1		+4	+8	0	-8	-4	0		+5	+12	+16	+22	+38	+60	0	+18	+28	+50	+78	0	+75	+105	+123	+155	+250	3-6
	-5	-13	9		-4	0	-8	-20	-16	-12		-7	0	+4	+10	+20	+30	-18	0	+10	+20	+30	-75	0	+30	+48	+80	+130	
6-10	0	-7	3	+2	+5	+9	0	-9	-4	0	+5	+8	+15	+20	+28	+47	+76	0	+22	+35	+61	+96	0	+90	+130	+155	+195	+330	6-10
	-6	-16	12	-7	-4	0	-9	-24	-19	-15	-10	-7	0	+5	+13	+25	+40	-22	0	+13	+26	+40	-90	0	+40	+65	+105	+180	
10-18	0	-9	4	+2	+6	+11	0	-11	-5	0	+6	+10	+18	+24	+34	+59	+93	0	+27	+43	+75	+120	0	+110	+160	+195	+250	+410	10-18
	-8	-20	15	-9	-5	0	-11	-29	-23	-18	-12	-8	0	+6	+16	+52	+50	-27	0	+16	+32	+50	-110	0	+50	+85	+140	+230	
18-30	0	-11	4	+2	+8	+13	0	-14	-7	0	+6	+12	+21	+28	+41	+73	+117	0	+33	+53	+92	+149	0	+130	+195	+235	+310	+520	18-30
	-9	-24	17	-11	-5	0	-13	-35	-28	-21	-15	-9	0	+7	+20	+40	+65	-33	0	+20	+40	+65	-130	0	+65	+105	+180	+310	
30-50	0	-12	4	+3	+10	+16	0	-17	-8	0	+7	+14	+25	+34	+50	+89	+142	0	+39	+64	+112	+180	0	+160	+240	+295	+390	+650	30-50
	-11	-28	20	-13	-6	0	-16	-42	-33	-26	-18	-11	0	+9	+26	+50	+80	-39	0	+25	+50	+80	-160	0	+80	+135	+250	+400	
50-80	0	-14	5	+4	+13	+19	0	-21	-9	0	+9	+18	+30	+40	+60	+106	+174	0	+46	+76	+134	+220	0	+190	+290	+365	+480	+800	50-80
	-13	-33	24	-16	-6	0	-19	-51	-39	-30	-21	-12	0	+10	+30	+60	+100	-46	0	+30	+60	+100	-190	0	+100	+175	+290	+500	
80-120	0	-16	6	+4	+16	+22	0	-24	-10	0	+10	+22	+35	+47	+71	+126	+207	0	+54	+90	+159	+260	0	+220	+340	+430	+580	+990	80-120
	-15	-38	28	18	-6	0	-22	-57	-45	-35	-25	-13	0	+12	+36	+72	+120	-64	0	+36	+72	+120	-220	0	+120	+210	+360	+640	
120-180	0	-20	8	+4	+18	+25	0	-28	-12	0	+12	+26	+40	+54	+83	+148	+245	0	+63	+106	+185	+305	0	+260	+395	+500	+690	+1180	120-180
	-18	-45	33	-21	-7	0	-25	-68	-52	-40	-28	-14	0	+14	+43	+85	+145	-63	0	+43	+85	+145	-250	0	+145	+250	+440	+780	
180-250	0	-22	8	+5	+22	+29	0	-30	-14	0	+13	+30	+46	+61	+96	+172	+285	0	+72	+122	+215	+355	0	+230	+460	+500	+700		
	-20	-51	37	-24	-7	0	-29	-60	-46	-33	-16	0	0	+15	+50	+100	+170	-72	0	+50	+100	+170	-290	0	+170	+250	+400		
250-315	0	-25	9	+5	+25	+32	0	-32	-14	0	+16	+52	+69	+108	+91	+320		+81	+137	+240	+400	0	+320	+320	+510				
	-23	-57	41	-27	-7	0	-32	-66	-52	-36	0	+17	+56	+100	+190		-81	0	+56	+110	+190	-320	0	0	+190				

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

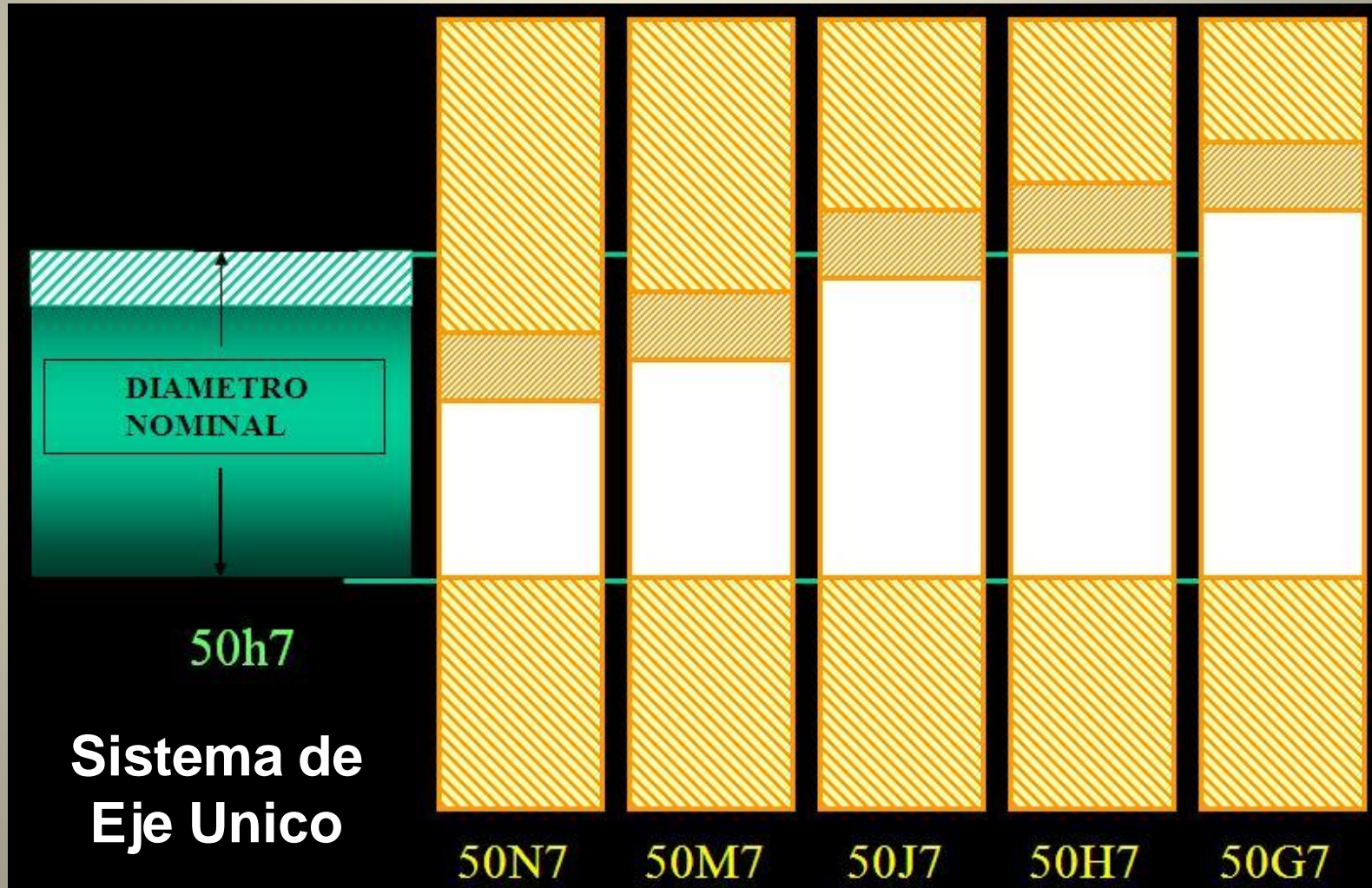
En el cual quedan representados.



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

En el cual quedan representados.



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Algunas aplicaciones recomendadas de ajuste.

Tipo de Ajuste	Agujero Único		Eje Único		Clase	Características	Ejemplos de Aplicación
	Ag.	Ej.	Ag.	Ej.			
Preciso o Fino	H7	s6/r6	S7/R7	h6	Prensado	Montaje a presión sin necesidad de seguro de giro	Casquillos y coronas de bronce, acoplamientos en extremos de ejes, engranajes de máquinas
		n6	N7		Muy forzado. Montaje a martillo	Montaje complicado Necesidad de seguro de giro	Casquillos de bronce, manguitos en cubos
		k6	K7		Forzado medio. Montaje a martillo	Necesita seguro de giro y de deslizamiento	Rodamientos, discos de levas, poleas y volantes, manivelas
		j6	J7		Forzado ligero. Montaje a mano	Necesita seguro de giro y de deslizamiento	Elementos de máquinas herramienta u otros con alta frecuencia de montaje-desmontaje
		h6	H7		Deslizante	Necesidad de Lubricación	Engranajes, piezas de máquinas herramienta
		g6	G7		Giratorio sin juego apreciable	Juego pequeño de rodamientos	Émbolos de freno, bridas, anillos
		f7	F8		Giratorio con poco juego	Juego mediano	Cojinetes de bielas ruedas dentadas, cajas de cambio

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Norma de Tolerancia I.S.A.

Algunas aplicaciones recomendadas de ajuste.

Tipo de Ajuste	Agujero Único		Eje Único		Clase	Características	Ejemplos de Aplicación	
	Ag.	Ej.	Ag.	Ej.				
Nivel medio de precisión	H8	h9	H9	h9	Deslizante	Sin lubricación	Poleas fijas, manivelas acoplamiento deslizantes sobre ejes	
		e8	E9		Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas, ventiladores (bielas, cojinetes, etc.)	
		d9	D10		Giratorio	Mucho juego	Soportes de ejes	
Acabado Basto	H11	c11	C11	h9	Holgado		Cojinetes de maquinaria agrícola	
	H11	h11	H11		h11	Deslizante	Ajustes ordinarios	Piezas varias de maquinaria agrícola
		d9	D10			Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas y manivelas desmontables
		e11	E11			Holgado	Mucho juego	Cojinetes de máquinas domésticas
		a11	A11			Muy holgado	Juego muy amplio	Piezas de locomotoras, cojinetes de ejes de freno, avellanados, taladro de tornillos

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## 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

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## 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

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## 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.

Normas I.S.A.

Cota Nominal (mm)	CALIDAD PERFECTA							CALIDAD PRECISA						
	H6	n5	m5	k5	j5	h5	H7	p6	n6	m6	k6	j6	h6	
	Agujero Único	Apretado Fijo	Apretado Semifijo	Semi-Apretado	Apretado Suave	Deslizante	Agujero Único	Solidarizado	Apretado Fijo	Apretado Semifijo	Semi-Apretado	Apretado Suave	Deslizante	
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- 6	+8 0	+13 +8	+9 +4		+4 -1	0 -5	+12 0	+20 +12	+16 +8	+12 +4		+7 -1	0 -8	
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	
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	
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	
30- 50	+15 0	+23 +17	+20 +9	+15 +2	+6 -5	0 -11	+25 0	+42 +26	+33 +17	+25 +9	+18 +2	+11 -5	0 -16	

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Denominación de acople entre un agujero y un eje

### Ejemplo #3:

$\varnothing 35 \text{ H7} - \text{m6}$

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.

Normas I.S.A.

Cota Nominal (mm)	CALIDAD PERFECTA							CALIDAD PRECISA					
	H6 Agujero Unico	n5 Apretado Fijo	m5 Apretado Semifijo	k5 Semi-Apretado	j5 Apretado Suave	h5 Deslizante	H7 Agujero Unico	p6 Solidarizado	n6 Apretado Fijo	m6 Apretado Semifijo	k6 Semi-Apretado	j6 Apretado Suave	h6 Deslizante
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- 6	+8 0	+13 +8	+9 +4		+4 -1	0 -5	+12 0	+20 +12	+16 +8	+12 +4		+7 -1	0 -8
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
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
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
30- 50	+18 0	+23 +17	+20 +9	+15 +2	+6 -5	0 -11	+25 0	+42 +28	+33 +20	+25 +9	+18 +2	+11 -5	0 -16

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Ejemplo de elección de Sistema de tolerancia

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:

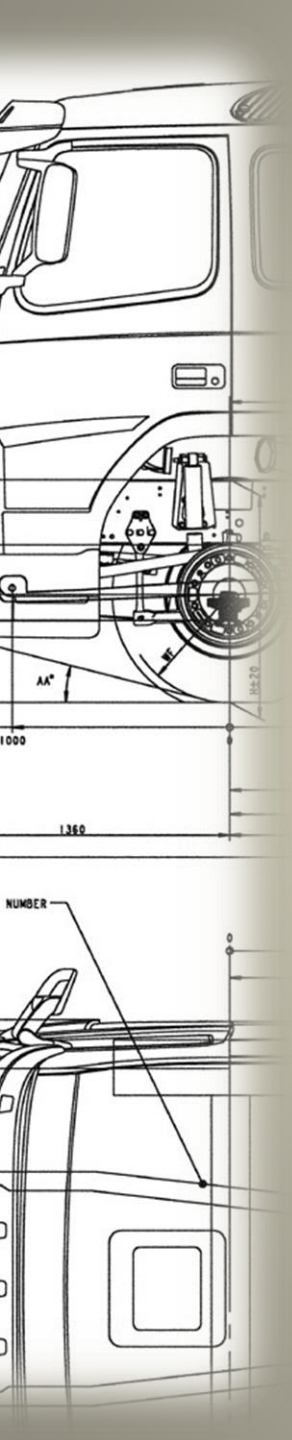
**1º) Costo de fabricación**

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

**3º) Condiciones de montaje**

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Ejemplo de elección de Sistema de tolerancia



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.

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.

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Ejemplo de elección de Sistema de tolerancia

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.

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 prescritos entre el agujero del pistón con el eje (perno) son:

h6 – M7 ⇒ diám. de los agujeros Pistón será

$$20 \begin{matrix} 0 \\ -0.021 \end{matrix}$$

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

h6 – F7 ⇒ diám. del agujero de la Biela será

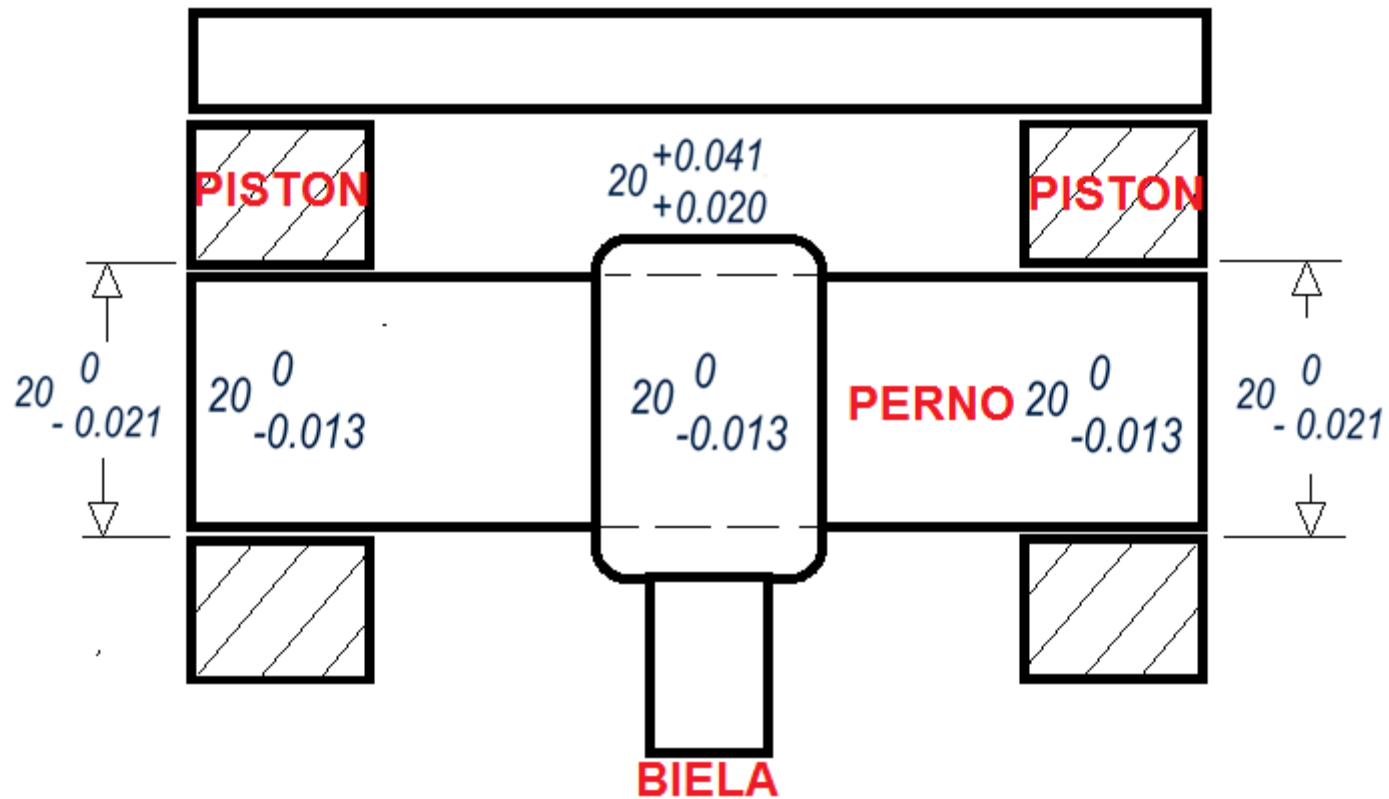
$$20 \begin{matrix} +0.041 \\ +0.020 \end{matrix}$$

Permaneciendo el diámetro del eje constante:

$$20 \begin{matrix} 0 \\ -0.013 \end{matrix}$$

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Ejemplo de eleccion de Sistema de tolerancia



# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Ejemplo de elección de Sistema de tolerancia

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  $20 \begin{matrix} +0.021 \\ +0.008 \end{matrix}$

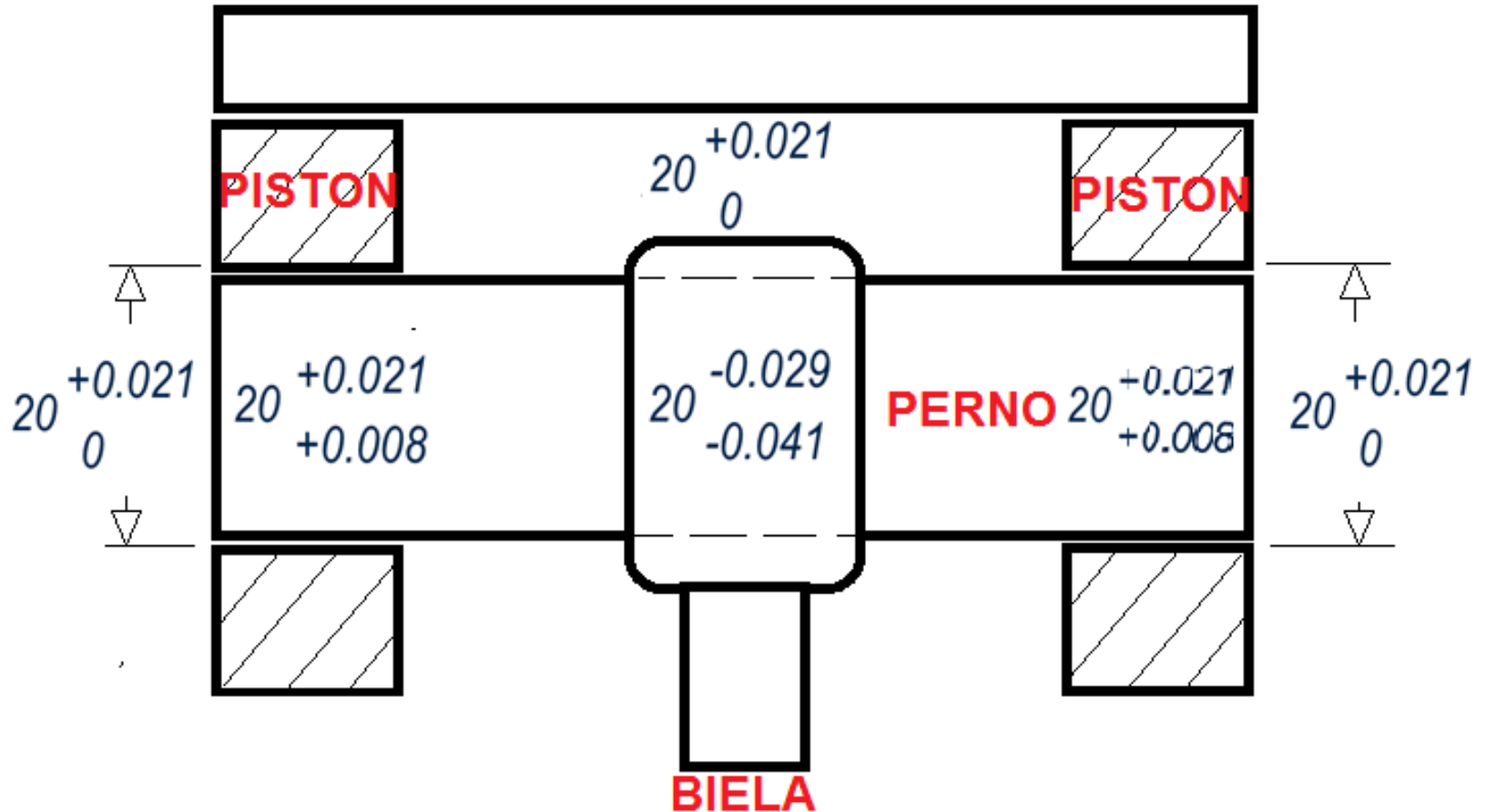
Entre el perno y el **agujero de la biela**:

H7 – j7  $\Rightarrow$  diám. del perno será  $20 \begin{matrix} -0.029 \\ -0.041 \end{matrix}$

Permanecen los aguj. constantes  $20 \begin{matrix} +0.021 \\ 0 \end{matrix}$

# Introducción Ajuste y Tolerancias

## Ejemplo de eleccion de Sistema de tolerancia





# FIN PARTE

## Ajustes y Tolerancias

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

---

- Instructores:
  - Ing. FACAL, Guillermo R.
  - Ing. FERNANDEZ G., Eriel A.