

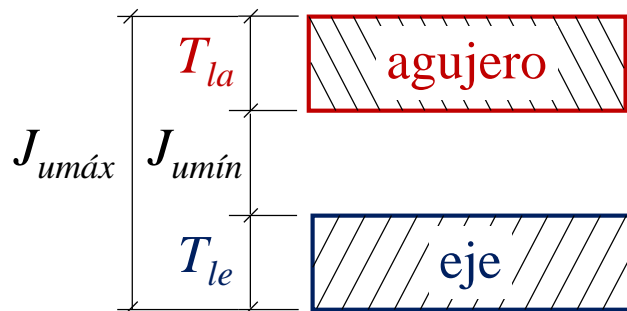
CAPÍTULO 10

AJUSTES Y TOLERANCIAS

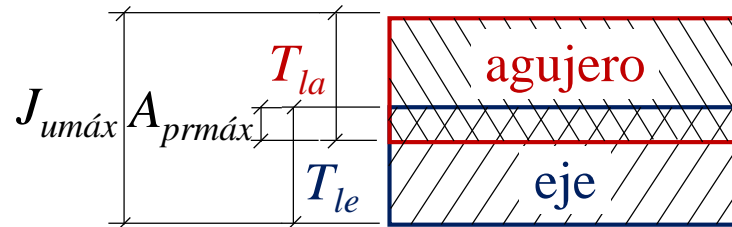
- 1ª h {
 - Introducción
 - Tolerancias
 - Ajustes
- 2ª h {
 - Normas ISO para ajustes y tolerancias
- 3ª h {
 - Esfuerzos en ajustes de interferencia con cilindros huecos

NORMAS ISO PARA AJUSTES Y TOLERANCIAS

- ISO (International Organization for Standardization)
- Normas internacionales en mm
- Para definir un ajuste se requiere definir *tolerancias* y sus *posiciones*



Ajuste con juego



Ajuste indeterminado

Normas ISO para ajustes y tolerancias

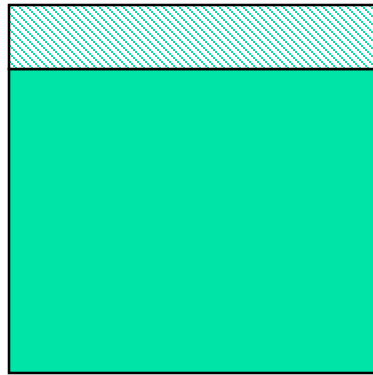
CONCEPTOS:

- **Calidad**
- Posiciones de tolerancia
- Sistemas de ajustes
- Ajustes preferentes

Normas ISO para ajustes y tolerancias - Calidad

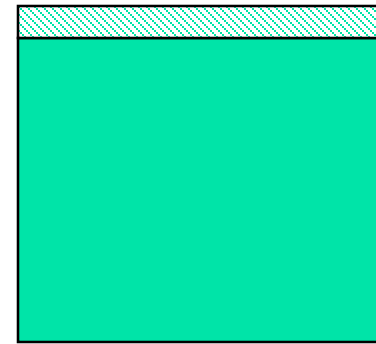
Calidad: es la mayor o menor amplitud de la tolerancia, que relacionada con la dimensión básica, determina la **precisión** de la fabricación.

Ejemplo: Igual dimensión básica, diferentes tolerancias



Menor precisión

Mayor grado calidad



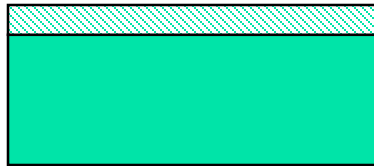
Mayor precisión

Menor grado de calidad

Normas ISO para ajustes y tolerancias - Calidad

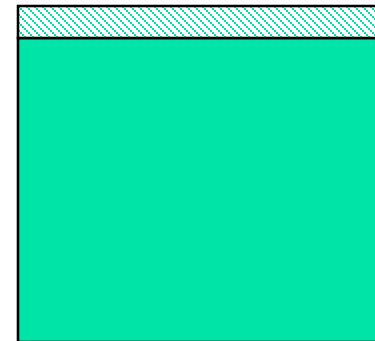
Calidad: Es la mayor o menor amplitud de la tolerancia, que relacionada con la dimensión básica, determina la precisión de la fabricación.

Ejemplo: Igual tolerancia, diferentes dimensiones básicas



Menor precisión

Mayor grado calidad



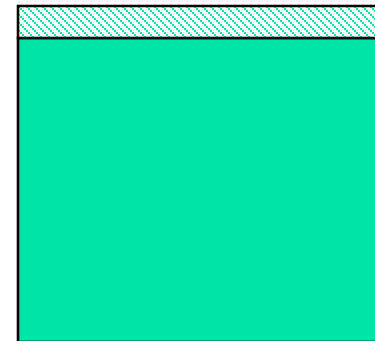
Mayor precisión

Menor grado de calidad

Normas ISO para ajustes y tolerancias - Calidad

Calidad: Es la mayor o menor amplitud de la tolerancia, que relacionada con la dimensión básica, determina la precisión de la fabricación.

Ejercicio: Diferentes tolerancias y dimensiones básicas



Igual precisión

Igual grado de calidad

Normas ISO para ajustes y tolerancias - Calidad

Tabla A-7.1. Tolerancias fundamentales en micrómetros (μm)

Grupos de dimensiones (mm)		Calidad $T_i = 0.025 \text{ mm}$																	
Mayor de	Hasta	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250*	400*	600*
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

* Hasta 1 mm las calidades 14 a 16 no están previstas.

Ej. $d_b = 40 \text{ mm}$ y calidad IT 7

Normas ISO para ajustes y tolerancias - Calidad

Tabla A-7.1. Tolerancias fundamentales en micrómetros (μm)

Grupos de dimensiones (mm)		Calidad $T_i = 0.035 \text{ mm}$																	
Mayor de	Hasta	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250*	400*	600*
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

* Hasta 1 mm las calidades 14 a 16 no están previstas.

Ej. $d_b = 120 \text{ mm}$ y calidad IT 7

Normas ISO para ajustes y tolerancias - Calidad

- Al elegir la calidad → tolerancia
- ¿Cómo elegir la calidad?

Tener en cuenta:

Funcionalidad

Costo

Limitaciones de máquinas y procesos

Normas ISO para ajustes y tolerancias - Calidad

Para agujeros:

- Las calidades 01 a 5 se destinan para calibres (instrumentos de medida).
- Las calidades 6 a 11 para la industria en general (construcción de máquinas).
- Las 11 a 16 para fabricaciones bastas tales como laminados, prensados, estampados, donde la precisión sea poco importante o en piezas que generalmente no ajustan con otras.

Normas ISO para ajustes y tolerancias - Calidad

Para ejes:

- Las calidades 01 a 4 se destinan para calibres (instrumentos de medida).
- Las calidades 5 a 11 para la industria en general (construcción de máquinas).
- Las calidades 11 a 16 para fabricaciones bastas.

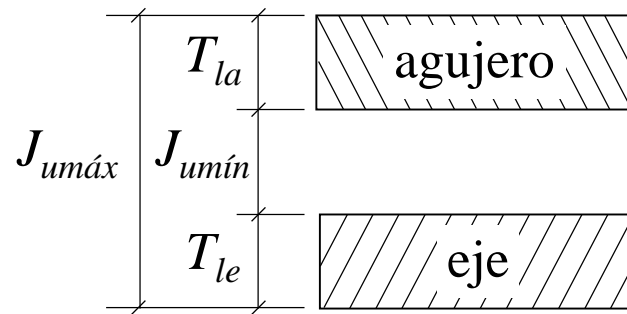
Normas ISO para ajustes y tolerancias

CONCEPTOS:

- Calidad (grado asociado a la precisión)
- **Posiciones de tolerancia**
- Sistemas de ajustes
- Ajustes preferentes

Normas ISO para ajustes y tolerancias – Posiciones de tolerancia

Las posiciones de tolerancia junto con las calidades definen el ajuste

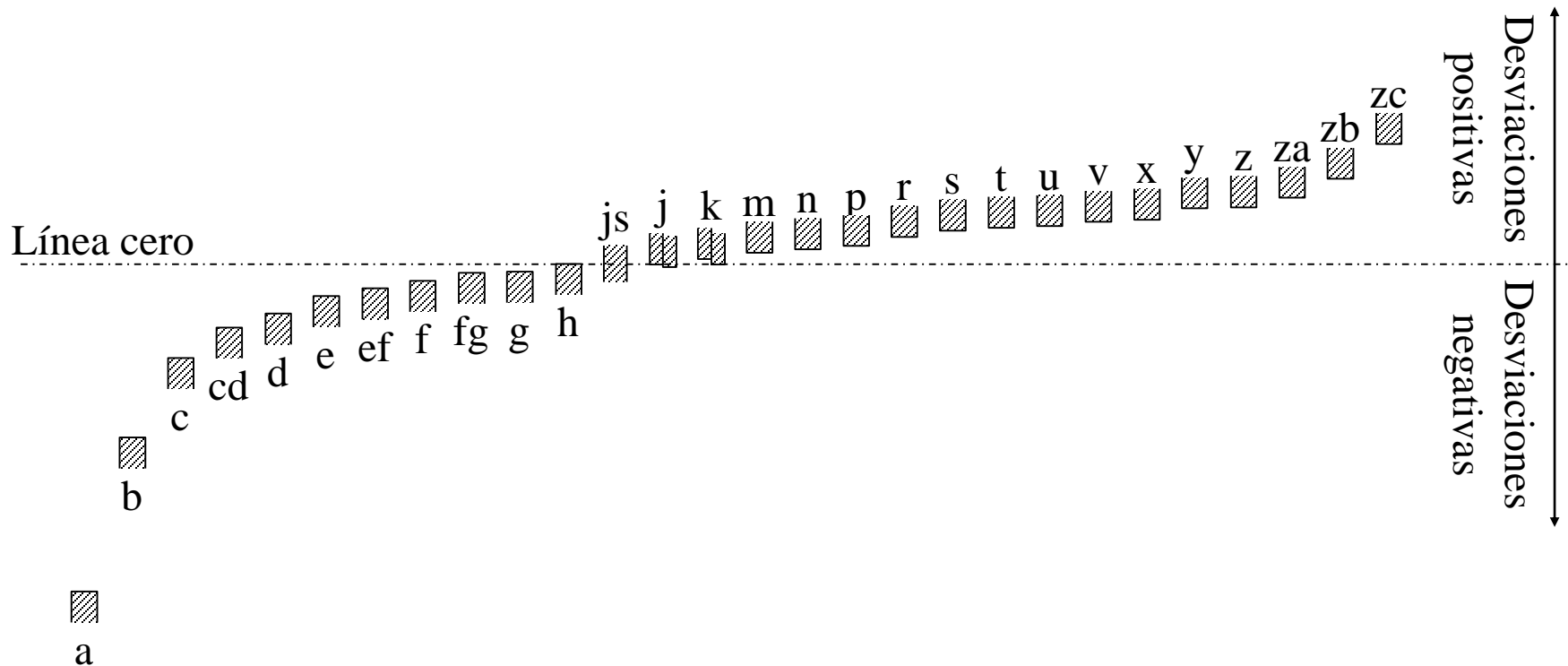


Ajuste con juego

- 28 posiciones para ejes y 28 para agujeros
- Letras minúsculas → ejes
- Letras mayúsculas → agujeros

Normas ISO para ajustes y tolerancias – Posiciones de tolerancia

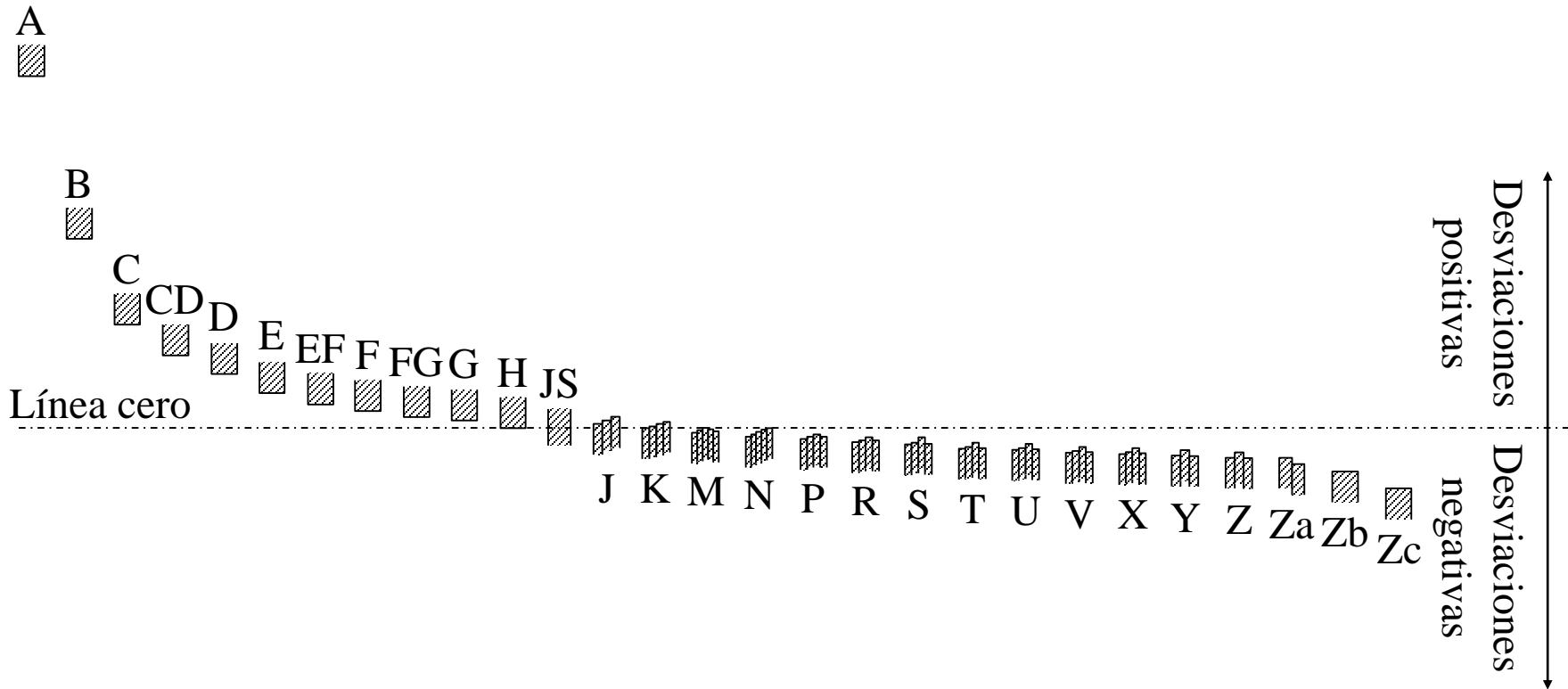
Figura 7.9. Posiciones relativas de tolerancia para ejes.
Tomada de Jiménez^[1]



[1] Prontuario de ajustes y tolerancias. Jiménez Balboa

Normas ISO para ajustes y tolerancias – Posiciones de tolerancia

Figura 7.10. Posiciones relativas de tolerancia para agujeros. Tomada de Jiménez^[1]



[1] Prontuario de ajustes y tolerancias. Jiménez Balboa

Normas ISO para ajustes y tolerancias

CONCEPTOS:

- Calidad (grado asociado a la precisión)
- Posiciones de tolerancia (28 → e y 28 → a)
- **Sistemas de ajustes**
- Ajustes preferentes

Normas ISO para ajustes y tolerancias – Sistemas de ajustes

Existen $28 \times 28 = 784$ combinaciones posibles de las posiciones de tolerancia

Hay dos sistemas de ajustes:

“Agujero normal básico”

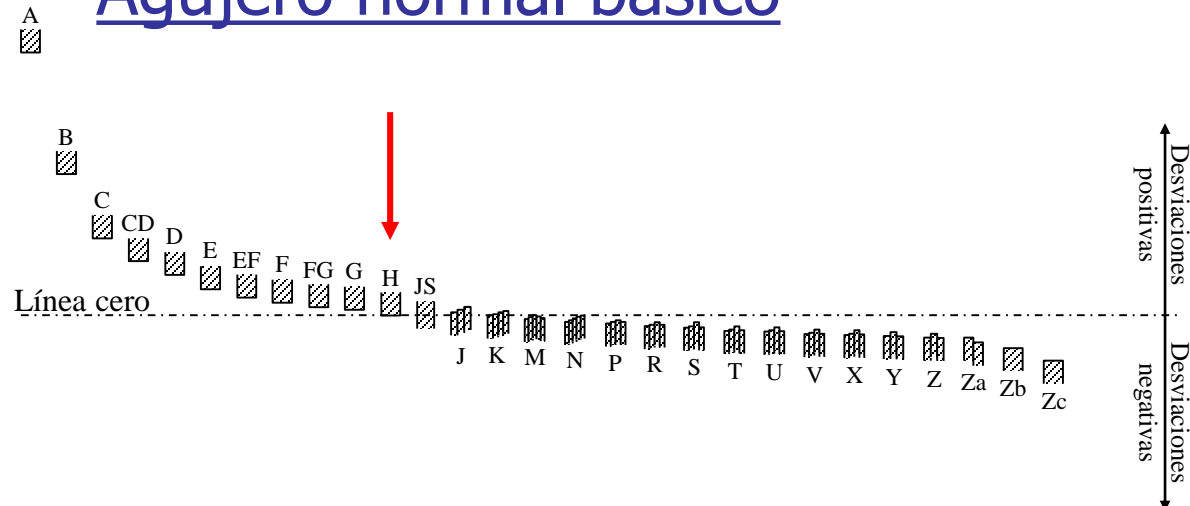
“Eje normal básico”

Sólo 28 combinaciones para cada sistema

Normas ISO para ajustes y tolerancias – Sistemas de ajustes

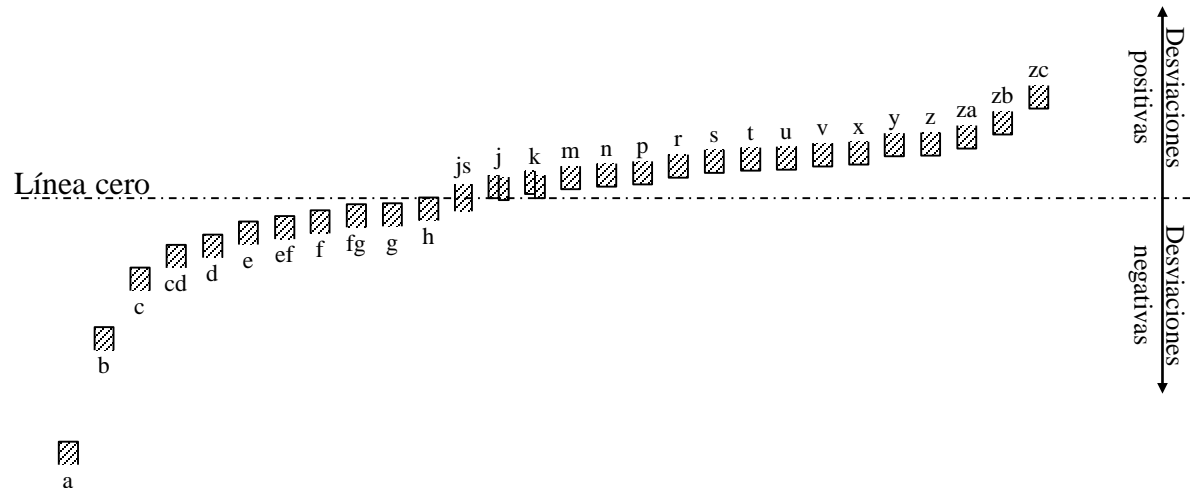
Agujero normal básico

28 posiciones
para agujeros



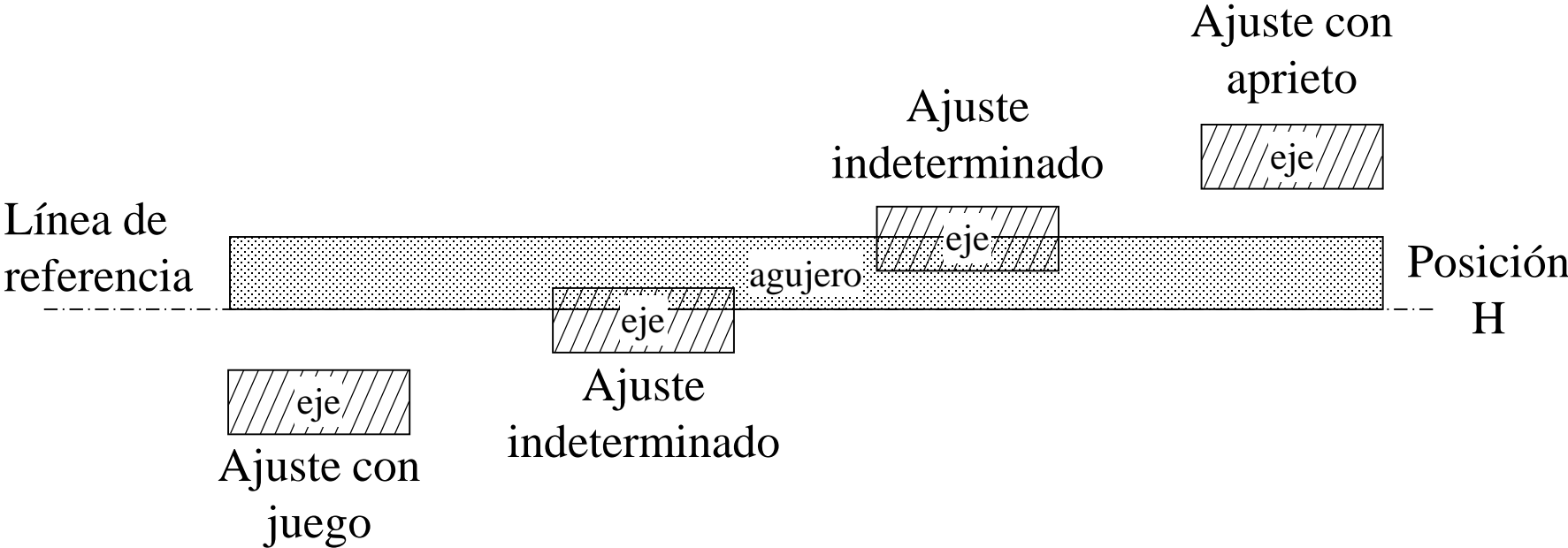
- La posición de la zona de tolerancia del agujero es fija: "H"

28 posiciones
para ejes



- El ajuste se define escogiendo la posición de la z. de tol. del eje

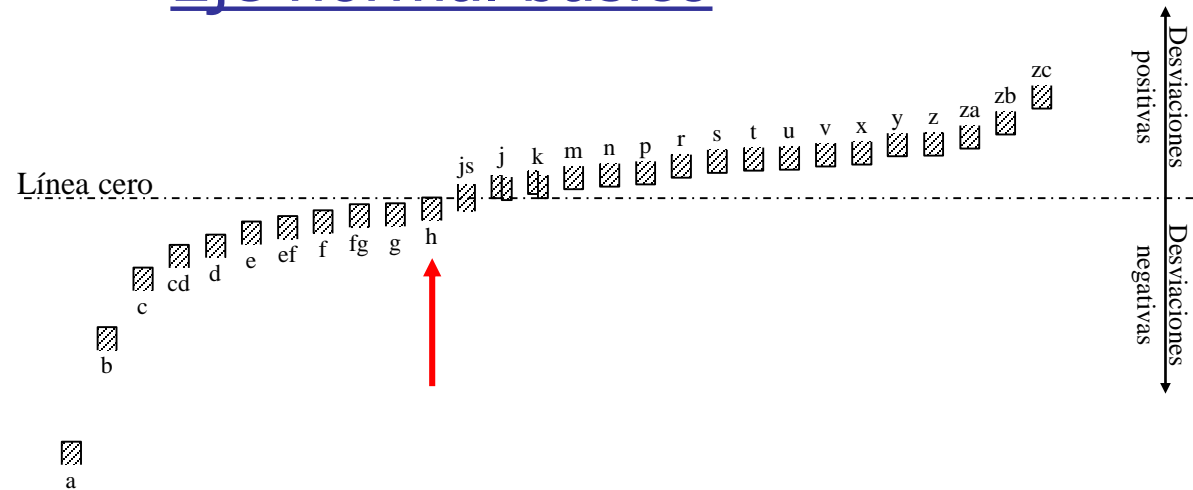
Agujero normal básico



Normas ISO para ajustes y tolerancias – Sistemas de ajustes

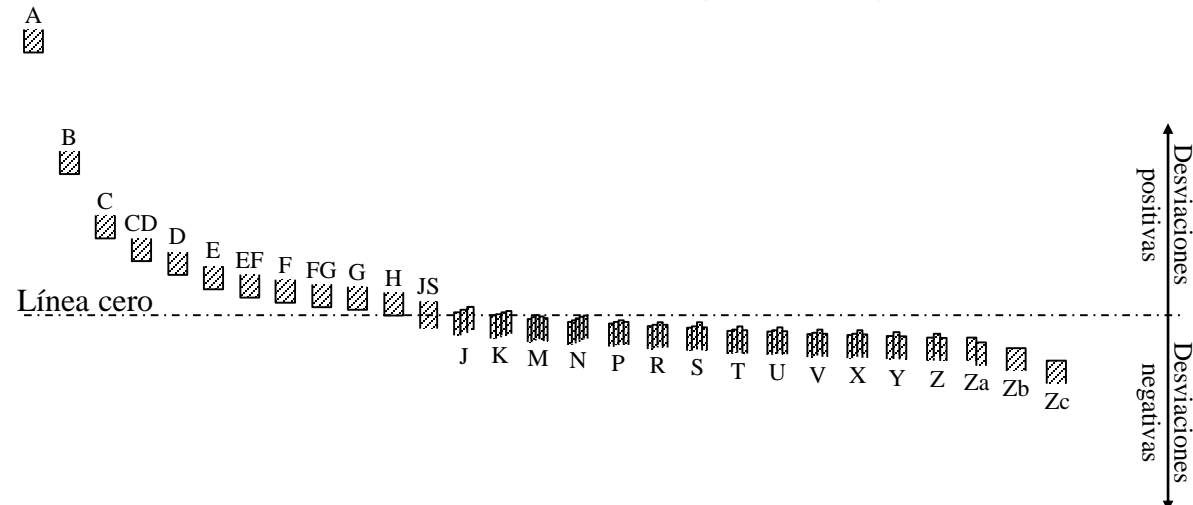
Eje normal básico

28 posiciones para ejes



- La posición de la zona de tolerancia del eje es fija: "h"

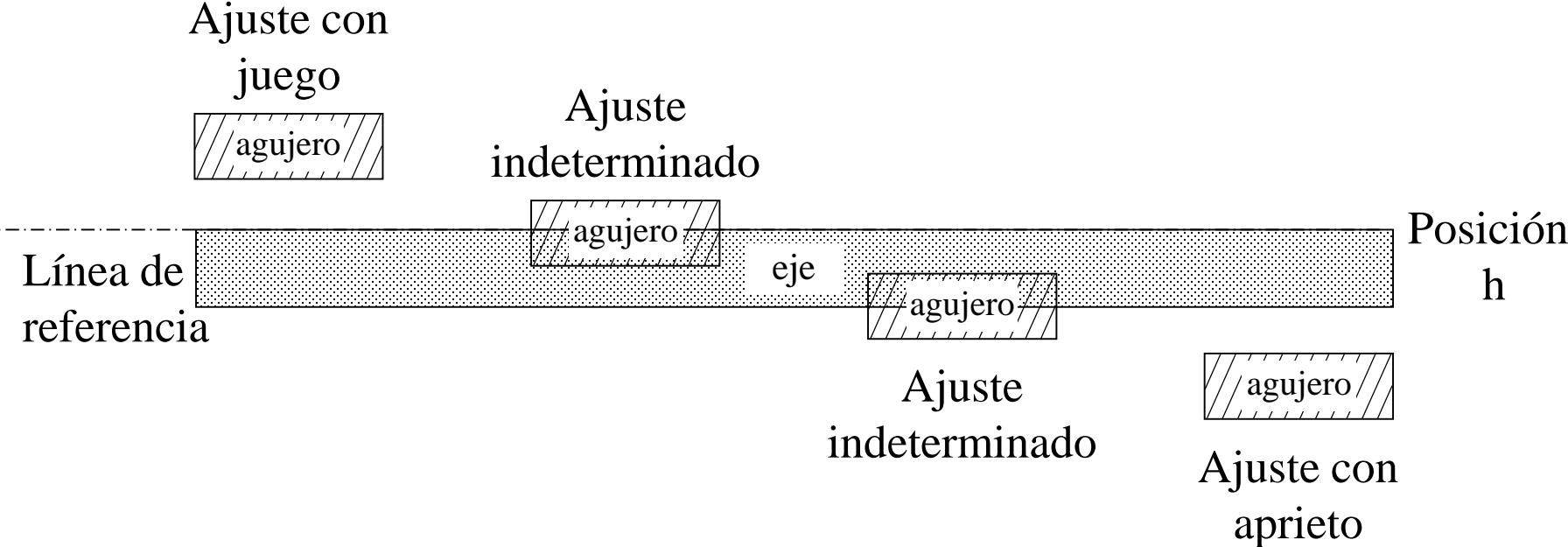
28 posiciones para agujeros



- El ajuste se define escogiendo la posición de la z. de tol. del ag.

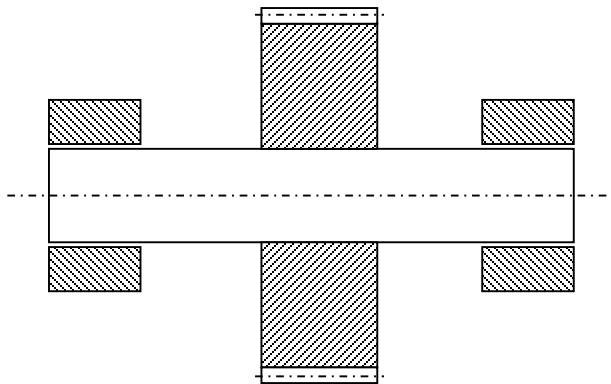
Normas ISO para ajustes y tolerancias – Sistemas de ajustes

Eje normal básico

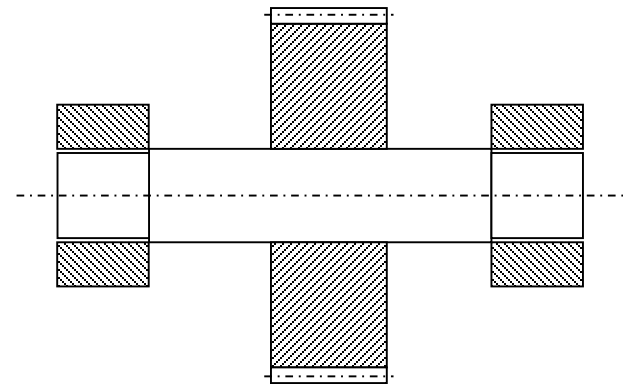


Consideraciones para elegir el sistema

- Para construcción basta se prefiere eje base
- Para construcciones de gran y media precisión se prefiere agujero base



(a) Eje básico: el árbol tiene una única medida



(b) Agujero básico: los agujeros tienen la misma posición de tolerancia, entonces, el árbol tiene varias medidas

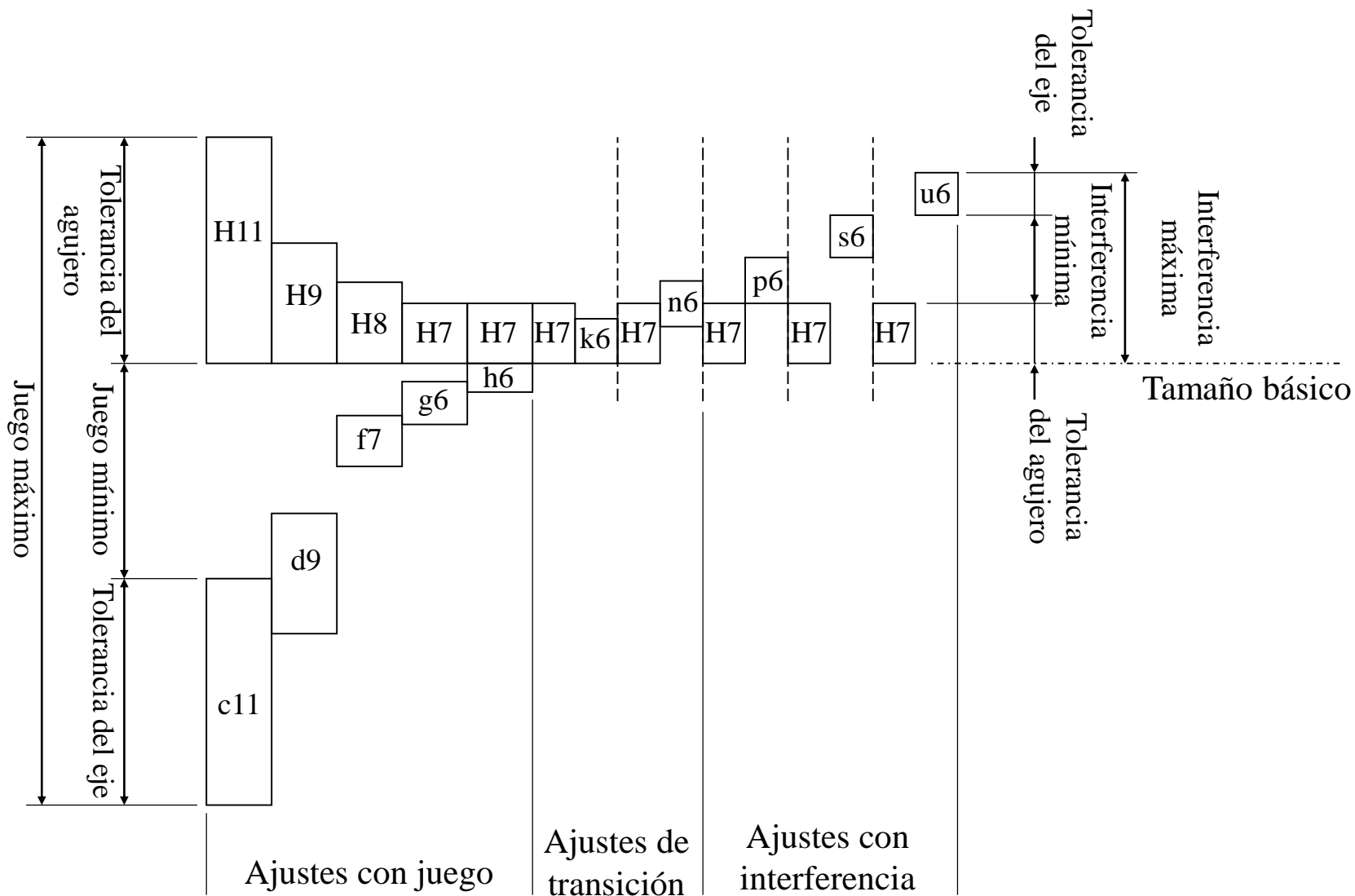
Normas ISO para ajustes y tolerancias

CONCEPTOS:

- Calidad
- Posiciones de tolerancia
- Sistemas de ajustes
- **Ajustes preferentes**

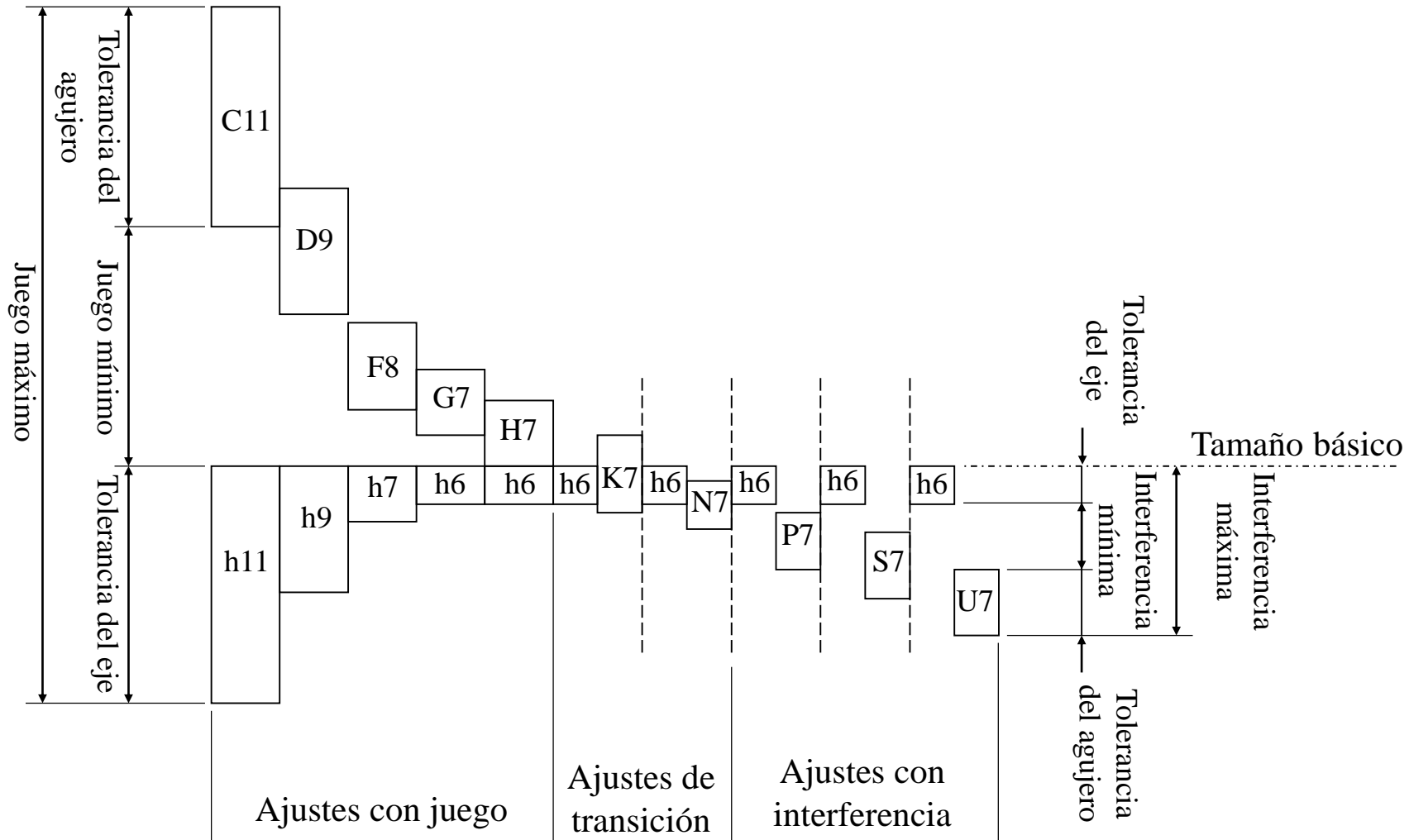
Normas ISO para ajustes y tolerancias – Ajustes preferentes

Ajustes preferentes : agujero básico



Normas ISO para ajustes y tolerancias – Ajustes preferentes

Ajustes preferentes : eje básico



Normas ISO para ajustes y tolerancias – Ajustes preferentes

SÍMBOLO ISO		DESCRIPCIÓN	ALGUNAS APLICACIONES
Agujero base	Eje base		
H11/c11	C11/h11	Movimiento grande, amplio: ajuste para tolerancias comerciales amplias o para elementos exteriores.	Cojinetes en maquinaria agrícola y doméstica, equipos de minería, topes, pasadores.
H9/d9	D9/h9	Movimiento libre: cuando la precisión NO sea esencial. Para grandes variaciones de temperatura, velocidades de giro elevadas, o presiones elevadas en la pieza macho.	Cojinetes giratorios donde la velocidad de giro es mayor o igual a 600 R.P.M, soportes de ejes en grúas, carretillas, transmisiones y maquinaria agrícola.
H8/f7	F8/h7	Movimiento limitado: para máquinas de precisión y para posicionamiento preciso en caso de velocidades moderadas y presión en la pieza macho.	Montajes deslizantes donde la velocidad de giro es menor de 600 R.P.M, construcción de máquinas herramientas de precisión, partes de automotores.
H7/g6	G7/h6	Ajuste deslizante: cuando no se pretende que las piezas se muevan libremente, una respecto a la otra, pero pueden girar entre sí y colocarse con precisión.	Collares de retención, árboles de frenos de aceite, acoplamiento de platillos desembragables, bridas de centrar para tuberías y válvulas.
H7/h6	H7/h6	Posicionamiento con juego: proporciona cierto apriete. Es adecuado para posicionar piezas estacionarias, pero pueden montarse y desmontarse fácilmente.	Engranajes de cambios de velocidades, ejes de contrapunto, mangos de volantes de mano, columnas guía de taladros radiales, brazo superior de fresadoras.
H7/k6	K7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: es un compromiso entre el juego y la interferencia.	Engranajes en husillos, poleas fijas y volantes en ejes, discos de excéntrica, manivelas para pequeños esfuerzos.
H7/n6	N7/h6	Posicionamiento de transición o ajuste intermedio: más preciso; se requiere y admite una interferencia mayor.	Casquillos de bronce, collares calados sobre ejes, piñones en ejes motores, inducidos en dínamos.
H7/p6*	P7/h6	Posicionamiento con interferencia: para piezas que requieran rigidez y alineación muy precisas pero sin requisitos especiales de presión en el agujero.	
H7/s6	S7/h6	Sin movimiento o fijo: para piezas de acero normales o ajustes forzados en secciones pequeñas. Es el ajuste más apretado admisible en piezas de fundición.	Casquillos de bronce en cajas, cubos de ruedas y bielas, coronas de bronce en ruedas helicoidales y engranajes, acoplamiento en extremos de ejes.
H7/u6	U7/h6	Forzado: para piezas que van a funcionar muy cargadas, para ajustes forzados en los que las fuerzas de apriete requeridas no son factibles en la práctica.	

↑ Ajustes móviles o con juego
 ↑ transición
 ↑ Aprieto

↑ Más Juego
 ↓ Más aprieto

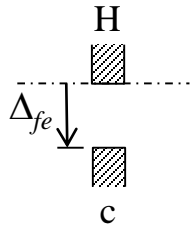
* Ajuste de transición para tamaños básicos comprendidos entre 0 y 3 mm UTP FIM L. Vanegas U.

Normas ISO para ajustes y tolerancias

Tabla A-7.3. Desv. fundamentales en [mm] para zonas de tolerancia de ejes

Los intervalos de tamaños básicos son sobre el límite inferior e incluyendo al límite superior.

Tomada de Jiménez Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias



Tamaños básicos (mm)	Desviación fundamental (mm)									
	Desviación superior					Desviación inferior				
	c	d	f	g	h	k	n	p	s	u
0-3	-0.060	-0.020	-.0006	-0.002	0	0	+0.004	+0.006	+0.014	+0.018
3-6	-0.070	-0.030	-0.010	-0.004	0	+0.001	+0.008	+0.012	+0.019	+0.023
6-10	-0.080	-0.040	-0.013	-0.005	0	+0.001	+0.010	+0.015	+0.023	+0.028
10-14	-0.095	-0.050	-0.016	-0.006	0	+0.001	+0.012	+0.018	+0.028	+0.033
14-18	-0.095	-0.050	-0.016	-0.006	0	+0.001	+0.012	+0.018	+0.028	+0.033
18-24	-0.110	-0.065	-0.020	-0.007	0	+0.002	+0.015	+0.022	+0.035	+0.041
24-30	-0.110	-0.065	-0.020	-0.007	0	+0.002	+0.015	+0.022	+0.035	+0.048
30-40	-0.120	-0.080	-0.025	-0.009	0	+0.002	+0.017	+0.026	+0.043	+0.060
40-50	-0.130	-0.080	-0.025	-0.009	0	+0.002	+0.017	+0.026	+0.043	+0.070
50-65	-0.140	-0.100	-0.030	-0.010	0	+0.002	+0.020	+0.032	+0.053	+0.087
65-80	-0.150	-0.100	-0.030	-0.010	0	+0.002	+0.020	+0.032	+0.059	+0.102
80-100	-0.170	-0.120	-0.036	-0.012	0	+0.003	+0.023	+0.037	+0.071	+0.124
100-120	-0.180	-0.120	-0.036	-0.012	0	+0.003	+0.023	+0.037	+0.079	+0.144
120-140	-0.200	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.092	+0.170
140-160	-0.210	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.100	+0.190
160-180	-0.230	-0.145	-0.043	-0.014	0	+0.003	+0.027	+0.043	+0.108	+0.210
180-200	-0.240	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.122	+0.236
200-225	-0.260	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.130	+0.258
225-250	-0.280	-0.170	-0.050	-0.015	0	+0.004	+0.031	+0.050	+0.140	+0.284
250-280	-0.300	-0.190	-0.056	-0.017	0	+0.004	+0.034	+0.056	+0.158	+0.315
280-315	-0.330	-0.190	-0.056	-0.017	0	+0.004	+0.034	+0.056	+0.170	+0.350
315-355	-0.360	-0.210	-0.062	-0.018	0	+0.004	+0.037	+0.062	+0.190	+0.390
355-400	-0.400	-0.210	-0.062	-0.018	0	+0.004	+0.037	+0.062	+0.208	+0.435
400-450	-0.440	-0.230	-0.068	-0.020	0	+0.005*	+0.040	+0.068	+0.232	+0.490
450-500	-0.480	-0.230	-0.068	-0.020	0	+0.005*	+0.040	+0.068	+0.252	+0.540

* Sólo para calidades IT4 a IT7; para las otras calidades tomar cero UTP FIM L. Vanegas U.

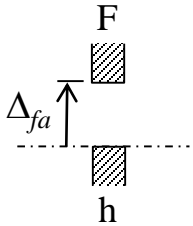
Normas ISO para ajustes y tolerancias

Tabla A-7.4. Desv. fundamentales en [mm] para zonas de tolerancia de aguj.

Los intervalos de tamaños básicos son sobre el límite inferior e incluyendo al límite superior.

Tomada de Jiménez Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

Tamaños básicos (mm)	Desviación fundamental (mm)									
	Desviación inferior					Desviación superior				
	C	D	F	G	H	K*	N*	P**	S**	U**
0-3	+0.060	+0.020	+0.0006	+0.002	0	0	-0.004	-0.006	-0.014	-0.018
3-6	+0.070	+0.030	+0.010	+0.004	0	-0.001+ δ	-0.008+ δ	-0.012	-0.019	-0.023
6-10	+0.080	+0.040	+0.013	+0.005	0	-0.001+ δ	-0.010+ δ	-0.015	-0.023	-0.028
10-14	+0.095	+0.050	+0.016	+0.006	0	-0.001+ δ	-0.012+ δ	-0.018	-0.028	-0.033
14-18	+0.095	+0.050	+0.016	+0.006	0	-0.001+ δ	-0.012+ δ	-0.018	-0.028	-0.033
18-24	+0.110	+0.065	+0.020	+0.007	0	-0.002+ δ	-0.015+ δ	-0.022	-0.035	-0.041
24-30	+0.110	+0.065	+0.020	+0.007	0	-0.002+ δ	-0.015+ δ	-0.022	-0.035	-0.048
30-40	+0.120	+0.080	+0.025	+0.009	0	-0.002+ δ	-0.017+ δ	-0.026	-0.043	-0.060
40-50	+0.130	+0.080	+0.025	+0.009	0	-0.002+ δ	-0.017+ δ	-0.026	-0.043	-0.070
50-65	+0.140	+0.100	+0.030	+0.010	0	-0.002+ δ	-0.020+ δ	-0.032	-0.053	-0.087
65-80	+0.150	+0.100	+0.030	+0.010	0	-0.002+ δ	-0.020+ δ	-0.032	-0.059	-0.102
80-100	+0.170	+0.120	+0.036	+0.012	0	-0.003+ δ	-0.023+ δ	-0.037	-0.071	-0.124
100-120	+0.180	+0.120	+0.036	+0.012	0	-0.003+ δ	-0.023+ δ	-0.037	-0.079	-0.144
120-140	+0.200	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.092	-0.170
140-160	+0.210	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.100	-0.190
160-180	+0.230	+0.145	+0.043	+0.014	0	-0.003+ δ	-0.027+ δ	-0.043	-0.108	-0.210
180-200	+0.240	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.122	-0.236
200-225	+0.260	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.130	-0.258
225-250	+0.280	+0.170	+0.050	+0.015	0	-0.004+ δ	-0.031+ δ	-0.050	-0.140	-0.284
250-280	+0.300	+0.190	+0.056	+0.017	0	-0.004+ δ	-0.034+ δ	-0.056	-0.158	-0.315
280-315	+0.330	+0.190	+0.056	+0.017	0	-0.004+ δ	-0.034+ δ	-0.056	-0.170	-0.350
315-355	+0.360	+0.210	+0.062	+0.018	0	-0.004+ δ	-0.037+ δ	-0.062	-0.190	-0.390
355-400	+0.400	+0.210	+0.062	+0.018	0	-0.004+ δ	-0.037+ δ	-0.062	-0.208	-0.435
400-450	+0.440	+0.230	+0.068	+0.020	0	-0.005+ δ	-0.040+ δ	-0.068	-0.232	-0.490
450-500	+0.480	+0.230	+0.068	+0.020	0	-0.005+ δ	-0.040+ δ	-0.068	-0.252	-0.540

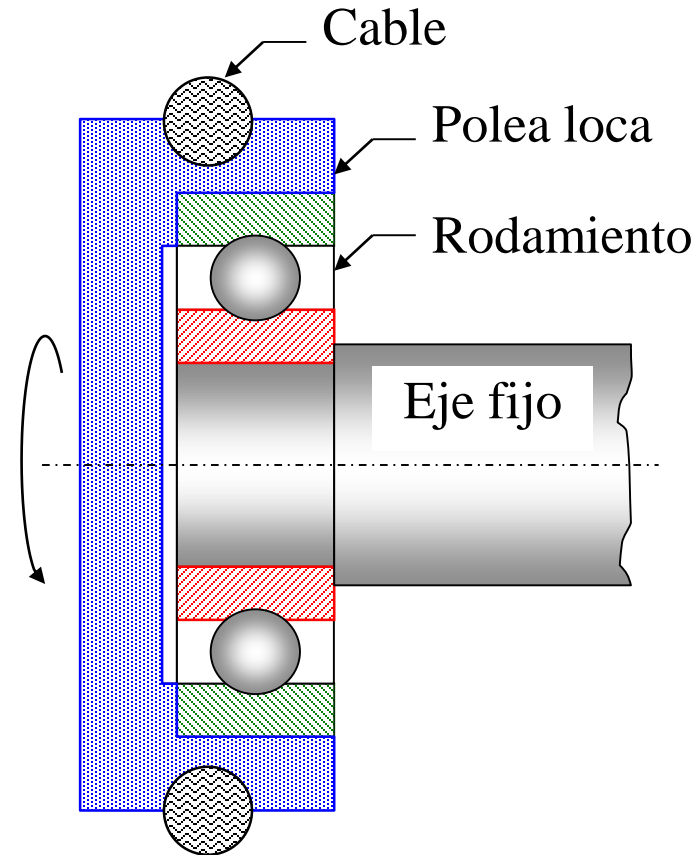


* Sólo para calidades IT01 a IT8, excepto el valor para 0-3 mm que es válido para cualquier calidad. Para la posición N tomar cero para calidades IT9 a IT16, excepto para 0-3 mm que debe tomarse - 0.004. ** Sólo para calidades IT8 a IT16. Nota: $\delta = IT_n - IT_{n-1}$ (diferencia entre la tolerancia de la calidad considerada y de la calidad inmediata más fina)

Normas ISO para ajustes y tolerancias

Ejemplo:

Encontrar la dimensión que debe tener el eje fijo de la figura, en el asiento de un rodamiento radial de bolas, el cual está alojado en una polea loca. El diámetro menor de la pista interna del rodamiento es de 50 mm.



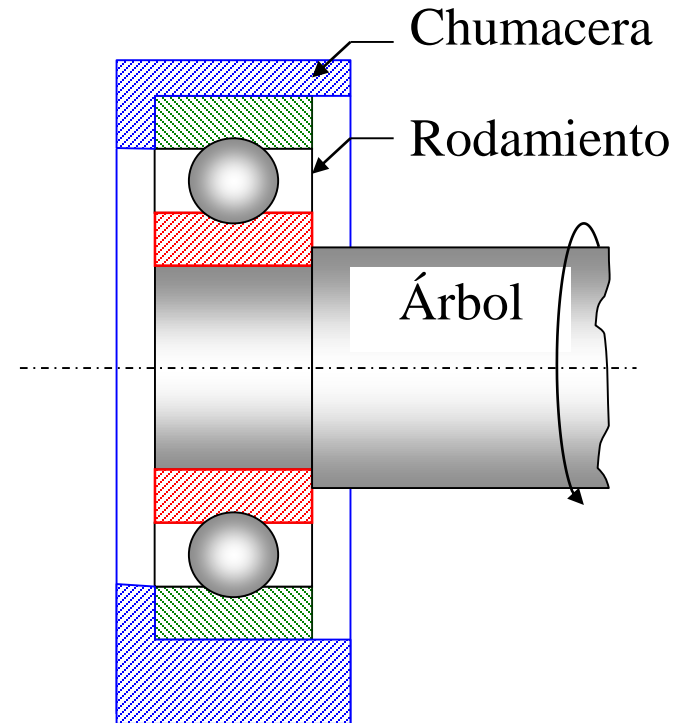
Para este caso se recomienda el ajuste $H7/h6$

Es un ajuste con juego, pero proporciona cierto apriete

Normas ISO para ajustes y tolerancias

Ejemplo:

Encontrar la dimensión que debe tener el árbol de la figura, si éste se monta en un rodamiento de rodillos cilíndricos, cuya **pista interna** tiene 60 mm de diámetro menor. El rodamiento se monta sobre una **chumacera**, y el árbol gira con cargas ligeras variables.



Para este caso se recomienda el ajuste $H7/k6$

Es un ajuste indeterminado, pero proporciona cierto apriete

Normas ISO para ajustes y tolerancias

Resumen

- Normas internacionales ISO para A y T en mm
- **Calidad:** Precisión de la fabricación asociada a T_l y d_b
- IT 01, 0, 1, 2, ..., 16. (mayor precisión a menor precisión)
- ¿Cómo se elige? Con base en la aplicación: instrumentos, industria, construcción basta: costo, funcionalidad y limitaciones de máquinas y procesos
- **Posiciones de tolerancia:**
 - 28 posiciones para agujeros y 28 posiciones para ejes
 - Letras minúsculas para ejes, letras mayúsculas para agujeros
- **Sistemas de ajustes:**
 - Agujero base: posición “H”
 - Eje base: posición “h”
- **Ajustes preferentes:** 10 para cada sistema, incluyendo posiciones y calidades