

TOLERANCIAS

Introducción.

Se puede definir la **tolerancia** al error admisible dentro de unos límites en la fabricación de cualquier pieza o componente. En general, estos límites pueden ser aplicados a medidas, acabado superficial, formas geométricas, resistencia, composición, dureza, etc.

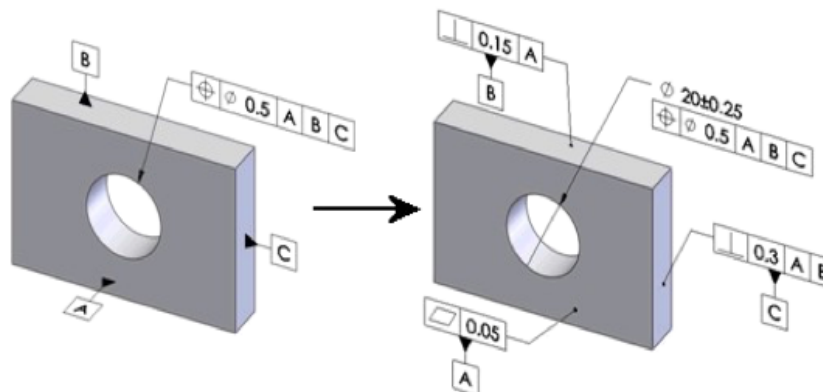
En la práctica se distinguen dos tipos de tolerancias:

- **Tolerancias geométricas:** afectan a la forma y posición de la geometría de la pieza.
- **Tolerancias dimensionales:** afectan a las medidas de una cota de la pieza.

Tolerancias Geométricas.

Se definen la tolerancia geométrica de un elemento de una pieza (superficie, eje, plano de simetría, etc) como la zona de tolerancia dentro de la cual debe estar contenido dicho elemento.

<i>Tipo de tolerancia</i>	<i>Características</i>	<i>Símbolo</i>
Forma	Rectitud	—
	Planicidad	
	Redondez	
	Cilindricidad	
	Forma de una línea	
	Forma de una superficie	
Orientación	Paralelismo	
	Perpendicularidad	
	Inclinación	
Situación	Posición	
	Concentricidad y coaxialidad	
	Simetría	
Oscilación	Circular	
	Total	



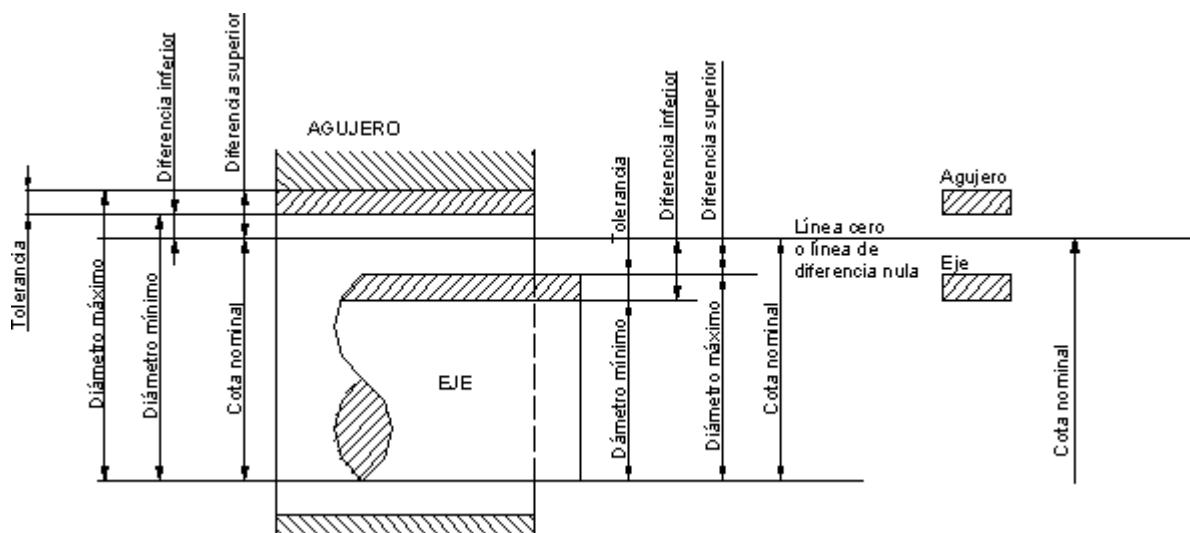
Tolerancias Dimensionales

1 Introducción

Tolerancia dimensional es la cantidad total que es permitido variar en la fabricación, a una dimensión especificada en el plano según la cota nominal.

2 Terminología en el ámbito de las tolerancias

- **Cota nominal.** Es la medida indicada en el plano como básica e identificativa.
- **Tolerancia dimensional** (ejes: t / agujeros: T): es la diferencia existente entre la medida máxima y la mínima admisible para la fabricación de la pieza real. En todo proceso de fabricación se producen siempre discrepancias entre cotas nominales y efectivas. En este sentido, la tolerancia dimensional es el margen de error permitido.
- **Medida máxima.** Es la medida máxima admisible.
- **Medida mínima.** Es la medida mínima admisible.
- **Ajuste.** Es el acoplamiento entre varias piezas de la misma medida nominal.
- **Eje.** Es la pieza que presenta contactos externos en un ajuste, es decir, es la parte contenida.
- **Agujero.** Es la pieza que presenta contactos internos en un ajuste, es decir, es la parte continente.
- **Diferencia superior.** Es la diferencia entre la medida máxima y la nominal.
- **Diferencia inferior.** Es la diferencia entre la medida mínima y la nominal.
- **Diferencia de referencia.** Es la que se utiliza para posicionar la zona de tolerancia, se toma la menor de la superior o inferior.



3 Sistema de tolerancias ISO

La Organización Internacional de Normalización (ISO) utiliza unos códigos (letras y números) que definen la calidad de la tolerancia así como su posición respecto de la línea de referencia.

Por ej.: 50H7 = 50 (+25, 0 μm)

¡Importante! En este punto cabría destacar que las unidades empleadas son:

- mm para las medidas nominales.
- Milésimas de mm o micras (μm) para las tolerancias.

3.1 Calidad de tolerancia

El sistema ISO prevé 18 calidades designadas por: IT01, IT-0, , IT-16,

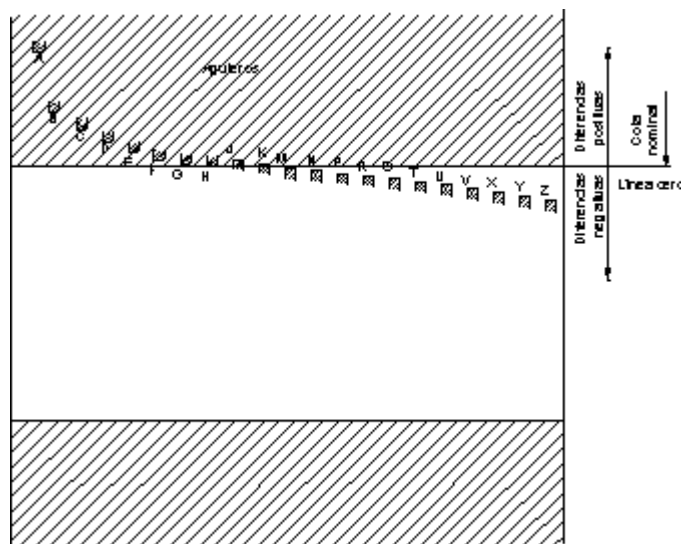
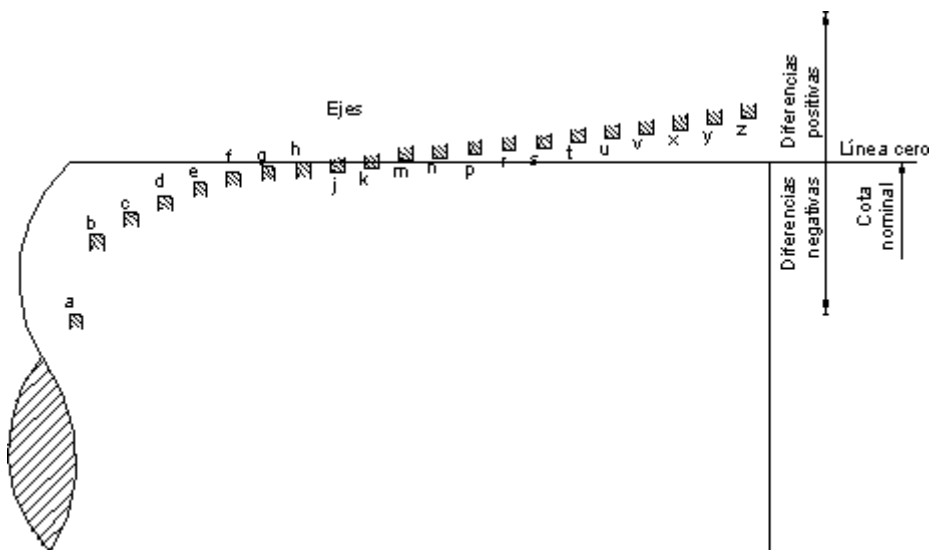
Grupos de Diámetros (mm)	CALIDADES																	
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
$d \leq 3$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$3 < d \leq 6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$6 < d \leq 10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
$10 < d \leq 18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
$18 < d \leq 30$	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
$30 < d \leq 50$	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
$50 < d \leq 80$	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
$80 < d \leq 120$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
$120 < d \leq 180$	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
$180 < d \leq 250$	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
$250 < d \leq 315$	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
$315 < d \leq 400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
$400 < d \leq 500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
	Ultrapre- -cisión		Calibre y piezas de gran precisión			Piezas o elementos destinados a ajustar								Piezas o elementos que no han de ajustar				

3.2 Posición de la tolerancia

La posición de las tolerancias se determina por la diferencia de referencia que será la superior o inferior según esté por debajo o por encima.

Las distintas posiciones, que se establecen para cada grupo de dimensión, se designan mediante letras que serán mayúsculas para agujeros y minúsculas para ejes.

El sistema ISO establece las secuencias de posiciones mostradas en la adelante.



3.3.1 Características de las posiciones

En los ejes:

- Las posiciones a, b, c, cd, d, e, ef, f, g, vienen fijadas por la diferencia superior que es negativa.
- La posición h proporciona una diferencia superior $ds=0$, constituye la referencia más importante.
- En las posiciones j, js la zona de tolerancia es atravesada por la línea de referencia. La posición js tiene la misma diferencia superior que inferior.
- La posición k es una posición especial donde para determinadas calidades la diferencia inferior $di=0$ y para otras es positiva.

Las posiciones m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc se fijan por la diferencia inferior que es siempre positiva.

En los agujeros:

- Las posiciones A, B, C, CD, D, E, EF, F, G, vienen fijadas por la diferencia inferior que es negativa.
- La posición H proporciona una diferencia inferior $Di=0$, y constituye la referencia más importante.
- En las posiciones J, Js la zona de tolerancia es atravesada por la línea de referencia. La posición Js tiene la misma diferencia superior que inferior.
- Las posiciones K, M, N pueden coincidir por encima o por debajo de la línea de referencia dependiendo de la calidad.
- Las posiciones P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC se fijan por la diferencia superior que es siempre negativa.

3.3.2 Determinación de la diferencia de referencia

El sistema de tolerancia ISO, define unas tablas en las que se determinan las diferencias superior e inferior que servirán para determinar la diferencia de referencia. Se muestra a continuación un extracto de las tablas con las posiciones más utilizadas en mecánica general.

La distancia de referencia depende de:

- Calidad de la tolerancia.
- Dimensión de la pieza.

DIFERENCIAS SUPERIOR E INFERIOR PARA EJES

Diámetro nominal	6ª calidad							7ª calidad							8ª calidad							9ª calidad					10ª calidad			
en mm	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	e7	f7	h7	j7	k7	m7	n7	d8	e8	f8	h8	j8	k8	d9	e9	h9	j9	k9	d10	h10	j10	k10	
hasta 3	-3	0	+6		+9	+13	+16	-14	-7	0	+7			+15	-20	-14	-7	0	+7	+14	-20	-14	0	+13	+25	-20	0	+20	+40	
	-10	-7	-1		+2	+6	+9	-23	-16	-9	-2			+6	-34	-28	-21	-14	-7	0	-45	-39	-25	-12	0	-60	-20	-20	0	
más de 3	-4	0	7		+12	+16	+20	-20	-10	0	+9			+20	-30	-20	-10	0	+9	+18	-30	-20	0	+15	+30	-30	0	+24	+48	
hasta 6	-12	-8	-1		+4	+8	+12	-32	-22	-12	-3			+8	-48	-38	-28	-18	-9	0	-60	-50	-30	-15	0	-78	-48	-24	0	
más de 6	-5	0	+7	+10	+15	+19	+24	-25	-13	0	+10	+16	+21	+25	-40	-25	-13	0	+11	+22	-40	-25	0	+18	+36	-40	0	+29	+58	
hasta 10	-14	-9	-2	+1	+6	+10	+15	-40	-28	-15	-5	-1	+6	+10	-62	-47	-35	-22	-11	0	-76	-61	-36	-18	0	-98	-58	-29	0	
más de 10	-6	0	+8	+12	+18	+23	+29	-35	-16	0	+12	+19	+25	+30	-50	-32	-16	0	+14	+27	-50	-32	0	+22	+43	-50	0	+35	+70	
hasta 18	-17	-11	-3	+1	+7	+12	+18	-50	-34	-18	-6	+1	+7	+12	-77	-59	-43	-27	-13	0	-93	-75	-43	-21	0	-120	-70	-35	0	
más de 18	-7	0	+9	+15	21	+28	+35	-40	-20	0	+13	+23	+29	+36	-65	-40	-20	0	+17	+33	-65	-40	0	+26	+52	-65	0	+42	+84	
hasta 30	-20	-13	-4	+2	+8	+15	+22	-61	-41	-21	-8	+2	+8	+15	-98	-73	-53	-33	-16	0	-117	-92	-62	-26	0	-149	-84	-42	0	
más de 30	-9	0	+11	+18	+25	+33	+42	-50	-25	0	+15	+27	+34	+42	-80	-50	-25	0	+20	+39	-80	-50	0	+31	+62	-80	0	+50	+100	
hasta 50	-25	-16	-5	+2	+9	+17	+26	-75	-50	-25	-10	+2	+9	+17	-119	-89	-64	-39	-19	0	-142	-112	-62	-31	0	-180	-100	-50	0	
más de 50	-10	0	+12	+21	30	+39	+51	-60	-30	0	+18	+32	+41	+50	-100	-60	-30	0	+23	+46	-100	-60	0	+37	+74	-100	0	+60	+120	
hasta 80	-29	-19	-7	+2	+11	+20	+32	-90	-60	-30	-12	+2	+11	+20	-146	-106	-76	-46	-23	0	-174	-134	-74	-37	0	-220	-120	-60	0	
más de 80	-12	0	+13	+25	+35	+45	+59	-72	-36	0	+20	38	+48	+58	-120	-72	-36	0	+27	+54	-120	-72	0	+44	+87	-120	0	+70	+140	
hasta 120	-34	-22	-9	+3	+13	+23	+37	-107	-71	-35	-15	+3	+13	+23	-174	-126	-90	-54	-27	0	-207	-159	-87	-43	0	-260	-140	-70	0	
más de 120	-14	0	+14	+28	+40	+52	+68	-85	-43	0	+22	+43	+55	+67	-145	-95	-43	0	+32	+63	-145	-85	0	+50	+100	-145	0	+80	+160	
hasta 180	-39	-25	-11	+3	+15	+27	+43	-125	-83	-40	-18	+3	+15	+27	-203	-148	-106	-63	-31	0	-243	-185	-100	-50	0	-305	-160	-80	0	

DIFERENCIAS SUPERIOR E INFERIOR PARA AGUJEROS

Diámetro nominal en mm	6ª calidad						7ª calidad									8ª calidad								9ª calidad				10ª calidad		
	G6	H6	J6	K6	M6	N6	E7	F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7	D8	E8	F8	H8	J8	K8	M8	N8	D9	E9	H9	J9	D 10	H10	J10
hasta 3	+3 +10	0 -7	-4 -3		-7 0	-11 -4	+14 +23	+7 +16	3 +12	0 +9	-6 +3		-9 0	-13 -4	-16 -7	+20 +34	+14 +28	+7 +21	0 +14	-7 +7			-15 -1	+20 +46	+14 +39	0 +25	-13 +12	+20 +60	0 +40	-20 +20
más de 3 hasta 6	+4 +12	0 +8	-4 +4		-9 -1	-13 -5	+20 +32	+10 +22	+4 +16	0 +12	-7 +5		-12 0	-16 -4	-20 -8	+30 +48	+20 +38	+10 +28	0 +18	-9 +9			-20 -2	+30 +60	+20 +60	0 +30	-15 +15	+30 +78	0 +48	-24 +24
más de 6 hasta 10	+5 +14	0 +9	-4 +5	-7 +2	-12 -3	-16 -7	+25 +40	+13 +28	+5 +20	0 +15	-7 +8	-10 +5	-15 0	-19 -4	-24 -9	+40 +62	+25 +47	+13 +35	0 +22	-10 +12	-16 +6	-21 +1	-25 -3	+40 +76	+25 +61	0 +36	-18 +18	+40 +98	0 +53	-29 +29
más de 10 hasta 18	+6 +17	0 +11	-5 +6	-9 +2	-15 -4	-20 -9	+32 +50	+16 +34	+6 +24	0 +18	-8 +10	-12 +6	-18 0	-23 -5	-29 -11	+50 +77	+52 +69	+16 +43	0 +27	-12 +15	-19 +8	-25 +2	-30 -3	+50 +93	+32 +75	0 +43	-2 +21	+50 +120	0 +79	-35 +35
más de 18 hasta 30	+7 +20	0 +13	-5 +8	-11 +2	-17 -4	-24 -11	+40 +61	+20 +41	+7 +28	0 +21	-9 +12	-15 +6	-21 0	-28 -7	-35 -14	+65 +98	+40 +73	+20 +53	0 +33	-13 +20	-23 +10	-29 +4	36 -3	+65 +117	+40 +92	0 +52	-26 +26	65 +149	0 +84	-42 +42
más de 30 hasta 50	+9 +25	0 +16	-6 +10	-13 +3	-20 -4	-28 -12	+50 +75	+25 +50	+9 +34	0 +25	-11 +14	-18 +7	-25 0	-33 -8	-42 -17	+80 +119	+50 +89	+25 +64	0 +39	-15 +24	-27 +12	-34 +5	-42 -3	+80 +142	+50 +112	0 +62	-31 +31	+80 +180	0 +100	-50 +50
más de 50 hasta 80	+10 +29	0 +19	-6 +13	-15 +4	-24 -5	-33 -14	+60 +90	+30 +60	+10 +40	0 +30	-12 +18	-21 +9	-30 0	-39 -9	-51 -21	+100 +146	+60 +106	+30 +76	0 +46	-18 +28	-32 +14	-41 +5	-50 -4	+100 +174	+60 +134	0 +74	-37 +37	+100 +220	0 +120	-60 +60
más de 80 hasta 120	+12 +34	0 +22	-6 +16	-18 +4	-28 -6	-38 -16	+72 +107	+36 +71	+12 +47	0 +35	-13 +22	-25 +10	-35 0	-46 -10	-59 -24	+120 +174	+72 +126	+36 +90	0 +54	-20 +34	-38 +16	-48 +6	-58 -4	+120 +207	+72 +159	0 +87	-44 +43	+120 +260	0 +140	-70 +70
más de 120 hasta 180	+14 +39	0 +25	7 +18	-21 +4	-33 -8	-46 -20	+85 +125	+43 +83	+14 +51	0 +40	-14 +26	-28 +12	-40 0	-52 -12	-68 -28	+145 +208	+85 +148	+43 +106	0 +63	-22 +41	-43 +20	-56 +8	-67 +4	+145 +246	+85 +185	0 +100	-50 +50	+145 +305	0 +160	-80 +80

ZONAS DE TOLERANCIAS PREFERENTES:

- H7: Siempre holgura, para pasadores
- p6, n6: siempre interferencia, para rodamientos.

Zonas de tolerancia preferentes para Agujeros

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

Zonas de tolerancia preferentes para Ejes

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

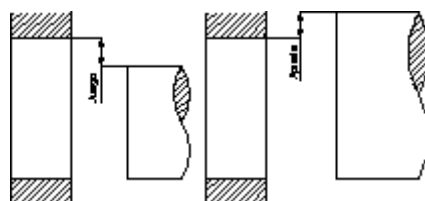
4. Ajustes

La construcción de conjuntos mecánicos se basa en el acoplamiento o ajuste de diversos elementos en condiciones determinadas que vendrán definidas por factores como:

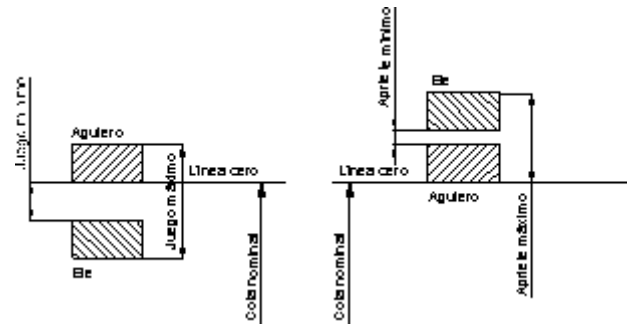
- Condiciones de trabajo.
- Función a desempeñar.
- Tipo de elemento mecánico, etc.

4.1 Términos empleados

- **Juego.** Se da siempre que la dimensión del agujero es mayor que la del eje.
- **Apriete.** Se da siempre que la dimensión del eje es mayor que la del agujero.



- **Juego máximo.** Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje ($J_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$).
- **Juego mínimo.** Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la máxima del eje ($J_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$).



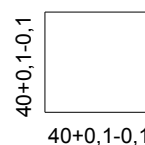
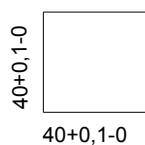
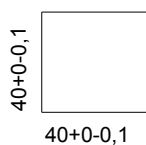
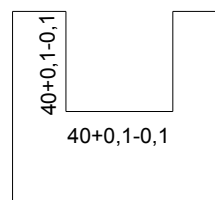
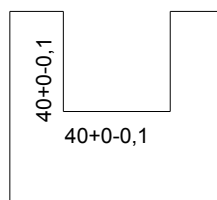
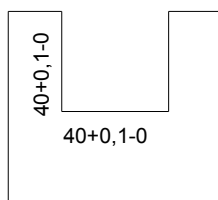
- **Apriete máximo.** Es la diferencia entre la medida máxima del eje y la mínima del agujero ($A_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$).
- **Apriete mínimo.** Es la diferencia entre la medida mínima del eje y la máxima del agujero ($A_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$).

4.2. Tipos de ajustes

Los ajustes se realizan cuando debemos encajar dos piezas de manera que queden acopladas perfectamente.

Hay tres tipos de ajustes:

- **Ajuste con holgura.** Cuando las piezas encajan pero tienen juego.
- **Ajuste con interferencia.** Cuando las piezas encajan pero no hay juego.
- **Ajuste indeterminado.** Cuando no sabemos si habrá holgura o interferencia.



Ajuste con
holgura
 $40,0 - 40,1$
 $39,9 - 40,0$

Ajuste con
interferencia
 $39,9 - 40,0$
 $40,0 - 40,1$

Ajuste
indeterminado
 $39,9 - 40,1$
 $39,9 - 40,1$

Tipos de ajustes ISO

El sistema ISO prevé tres tipos de ajustes, a saber:

- **Ajustes móviles.** En los que las partes consideradas presentan cierto juego u holgura por lo que las partes son móviles una respecto de la otra. Se dan cuando el J_{\max} sea (+) y el J_{\min} sea (+).
- **Ajustes fijos.** Se presenta apriete durante el montaje y una vez efectuado resulta un ajuste más o menos apretado. Se dan cuando el A_{\max} sea (+) y el A_{\min} sea (+).
- **Ajuste indeterminado.** En los que las partes consideradas pueden presentar juego o apriete. Se dan cuando el J_{\max} sea (+) y el J_{\min} sea (-).

EJEMPLOS

Dado el ajuste 20^{H7}_{n6} determinar los juegos máximo y mínimo del ajuste

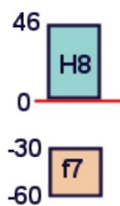
SOLUCIÓN:

$$20^{H7} \equiv 20^{0,021}_0 \text{ Agujero } // \text{ } 20_{n6} \equiv 20^{0,028}_{0,015} \text{ Eje.}$$

Juego máximo, $J_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 20,021 - 20,015 = 0,006 \text{ mm.}$

Juego mínimo, $J_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 20,000 - 20,028 = -0,028 \text{ mm.}$

Ajuste: **58 H8 f7**



- Datos del agujero o alojamiento: **58 H8**

H8: $+46 \rightarrow$ agujero máximo $= 58 + 0,046 = 58,046 \text{ mm.}$
 $+0 \rightarrow$ agujero mínimo $= 58 + 0 = 58 \text{ mm.}$

- Datos del árbol o eje: **58 f7**

F7: $-30 \rightarrow$ eje máximo $= 58 - 0,030 = 57,970 \text{ mm.}$
 $-60 \rightarrow$ eje mínimo $= 58 - 0,060 = 57,940 \text{ mm.}$

Juego Máximo del ajuste, $J_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 58,046 - 57,940 = 0,106 \text{ mm.}$

Juego Mínimo del ajuste, $J_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 58 - 57,970 = 0,030 \text{ mm.}$