



Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica

Expresión Gráfica en la Ingeniería

INGENIERÍA GRÁFICA

3. INFORMACIÓN TÉCNICA.

3.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias.

3.1.1 Conceptos Generales de Tolerancias.

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

3.1.3 Tolerancias Geométricas.

3.1.4 Operaciones con Cotas.

3.1.5 Principio de Máximo Material.

3.1.6 Acotación Funcional.

3.1.7 Tolerancias Generales.



POLITÉCNICA

Ingeniamos el futuro

Javier Pérez Álvarez
José Luis Pérez Benedito
Santiago Poveda Martínez



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Normas de Aplicación.....	3
Objetivo.....	4
Sistema ISO de Tolerancia.....	6
Calidades de Tolerancia.....	8
Posición de la zona de Tolerancia, Agujeros.....	12
Posición de la zona de Tolerancia, Ejes.....	13
Indicación de Tolerancia en los Planos.....	15
Sistema de Ajustes.....	21
Elección de Tolerancia.....	30
Criterios de Diseño.....	32
Ejemplo de Aplicación.....	36



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Normas de Aplicación

Se especifica la determinación e indicación de las tolerancias de las cotas lineales para su utilización en los dibujos técnicos. La indicación de dichas tolerancias no implica necesariamente el empleo de un método particular de fabricación, medición o control.

Normas de aplicación:

EN 20286 Sistema ISO de tolerancias

UNE 1129 Tolerancias de cotas lineales

UNE 1122 Acotación tolerancias conos

UNE 1149 Principios de tolerancias fundamentales



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Objetivo

Las condiciones de funcionamiento de una pieza (Figura 4.1) obliga a establecer holguras o aprietos entre ella y aquellas sobre las que se monta; por ejemplo, la condición de deslizamiento entre un pistón y el cilindro sobre el que debe moverse implica necesariamente la necesidad de un juego, la magnitud del mismo dependerá de una serie de condiciones funcionales tales como el grado de estanqueidad requerido, del fluido que produce el desplazamiento, del rozamiento esperado, etc.

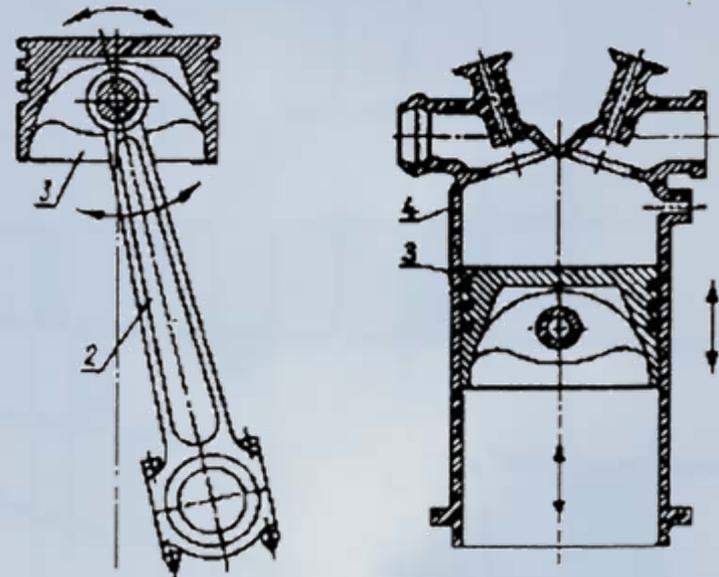


Figura 4.1 Condiciones de funcionamiento



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Objetivo

Por otra parte es sabido que los propios procesos de fabricación introducen en las dimensiones de las piezas errores o desviaciones sobre las medidas establecidas en los planos de definición de las mismas. Esas desviaciones se deben a los siguientes factores (Ramos y García, 1999):

- Juegos de las herramientas o máquinas herramienta.
- Errores de los instrumentos de medida o de los operarios que miden.
- La dilatación de las piezas de los cuerpos como consecuencia de las temperaturas que adquieren las piezas en su fabricación.
- Deformaciones producidas por las tensiones internas de las piezas.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistema ISO de Tolerancia

Para establecer unos criterios que permitan conjugar las condiciones funcionales con los errores de los procesos de fabricación, manteniendo la intercambiabilidad, es para lo que se han desarrollado los sistemas de tolerancias. En la actualidad el más ampliamente aceptado es el normalizado por ISO recogido en la norma UNE 4-040-81, con sus variantes de sistemas de eje único o agujero único.

La estructura del sistema de tolerancias ISO está basada en la posición de la zona de tolerancia respecto a la línea cero o de referencia y el valor de la tolerancia se hace depender de la magnitud de la medida nominal. Figura 4.2



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistema ISO de Tolerancia

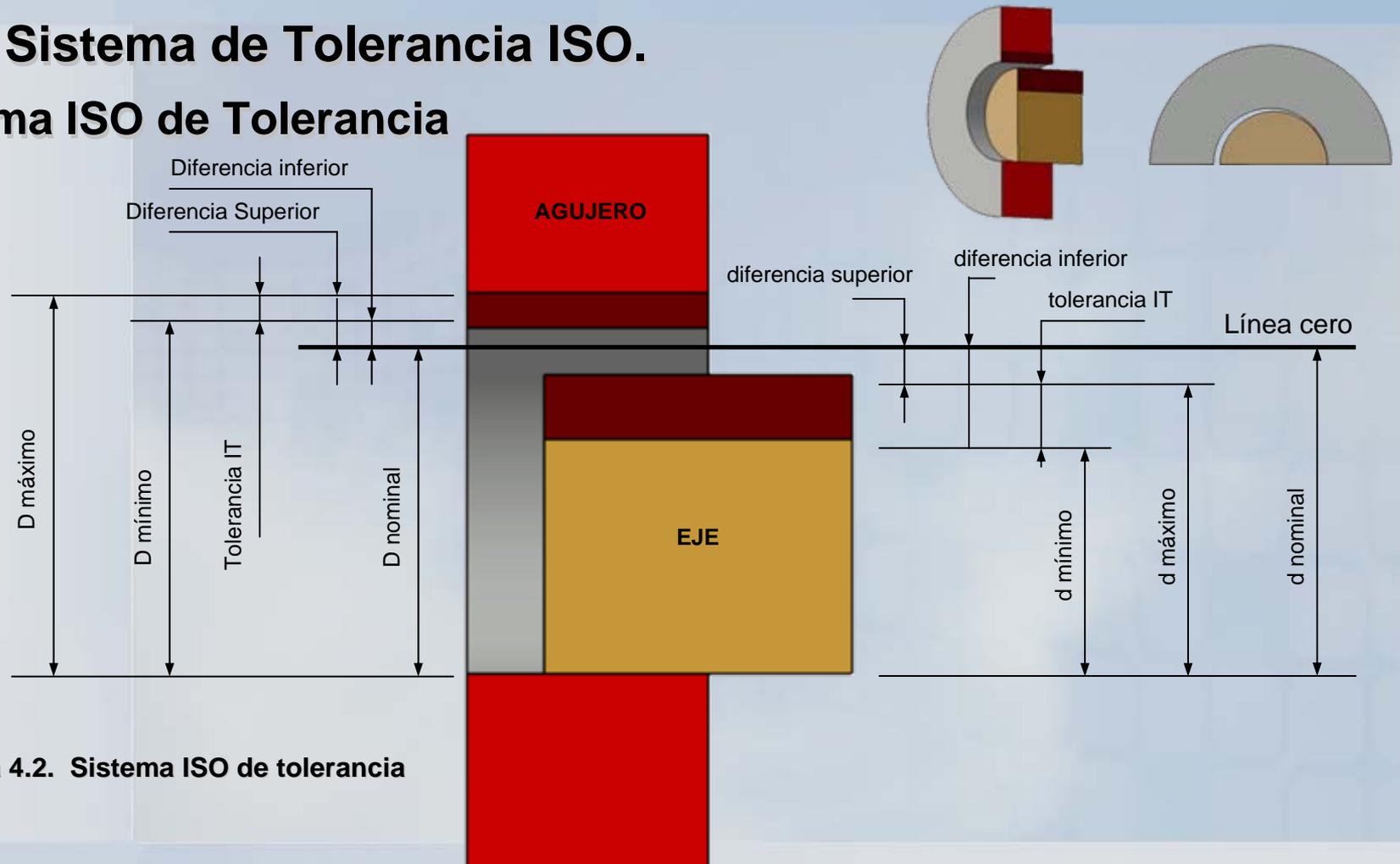


Figura 4.2. Sistema ISO de tolerancia



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistema ISO de Tolerancia

Calidades de tolerancia.

IT01	IT0	IT1
$0.3 + 0.008 D$	$0.5 + 0.012 D$	$0.8 + 0.02 D$

IT	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T (x i)	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Los valores de IT2 a IT4 han sido aproximadamente escalonados en progresión geométrica (de razón 1.58) entre los valores IT1 a IT5.

La unidad de tolerancia para calidades 5 a 18, se calcula por la fórmula:

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D$$



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistema ISO de Tolerancia

Calidades de tolerancia.

Donde D es la media geométrica de los valores extremos de cada uno de los grupos de diámetros.

$$D = \sqrt{D_{\min} \cdot D_{\max}}$$

En la Tabla 4.1 se muestran los diferentes valores de los grados de calidad.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Tabla 4.1. Grados de calidad de tolerancias

Medida nominal		Grados de tolerancias normalizadas																	
mm		IT1 ²⁾	IT2 ²⁾	IT3 ²⁾	IT4 ²⁾	IT5 ²⁾	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 ³⁾	IT15 ³⁾	IT16 ³⁾	IT17 ³⁾	IT18 ³⁾
Por encima	Hasta c incluido	Tolerancias																	
		μm									mm								
—	3 ³⁾	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630 ²⁾	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800 ²⁾	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000 ²⁾	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250 ²⁾	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600 ²⁾	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000 ²⁾	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500 ²⁾	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150 ²⁾	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistema ISO de Tolerancia

Calidades de tolerancia.

Al realizar una elección de tolerancias, debe tenerse en cuenta que:

- Las calidades IT01 a IT3 corresponden a calibres y piezas de muy alta precisión, de manera que resulta muy costosa su obtención.
- Las calidades intermedias IT4 a IT11 corresponden a piezas que van a ajustar en el montaje de forma que son exigibles ciertos requerimientos de calidad en la fabricación. De todas formas, los ajustes más usuales en conjuntos mecánicos es de IT7 a IT11.
- Las calidades superiores a IT11 corresponden a piezas que no van a ajustar.



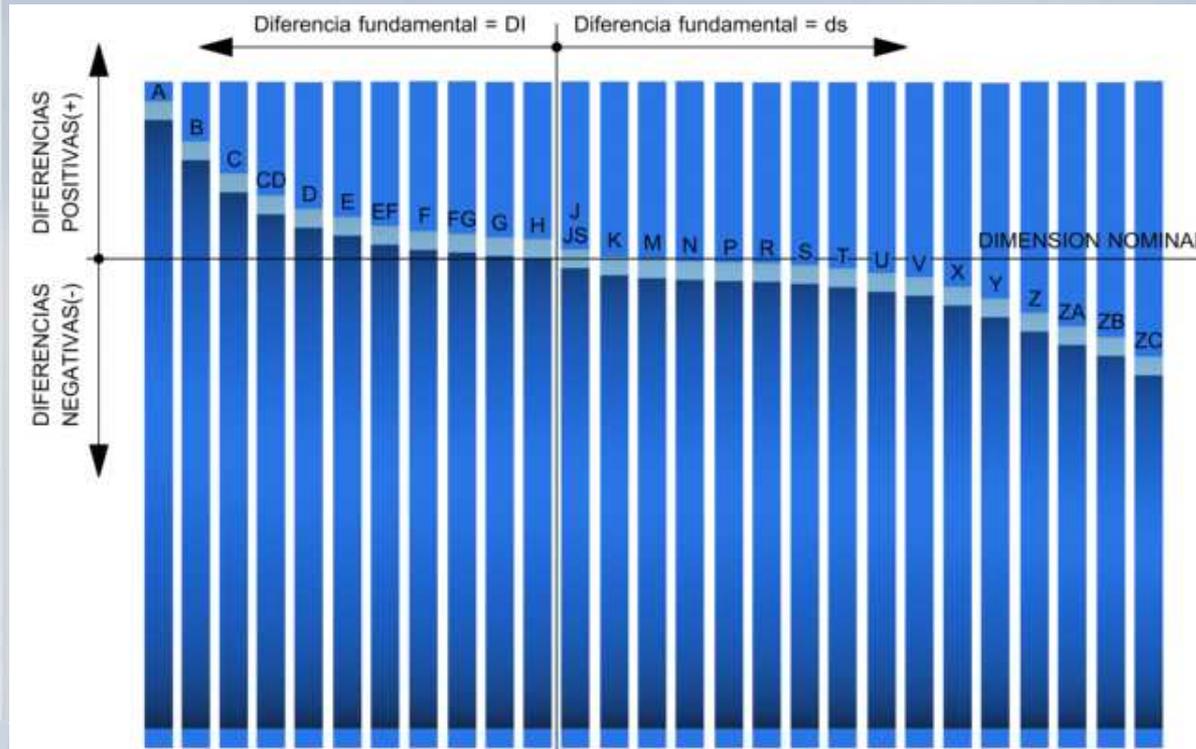
INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistema ISO de Tolerancia

Posición de la zona de tolerancia. Agujeros





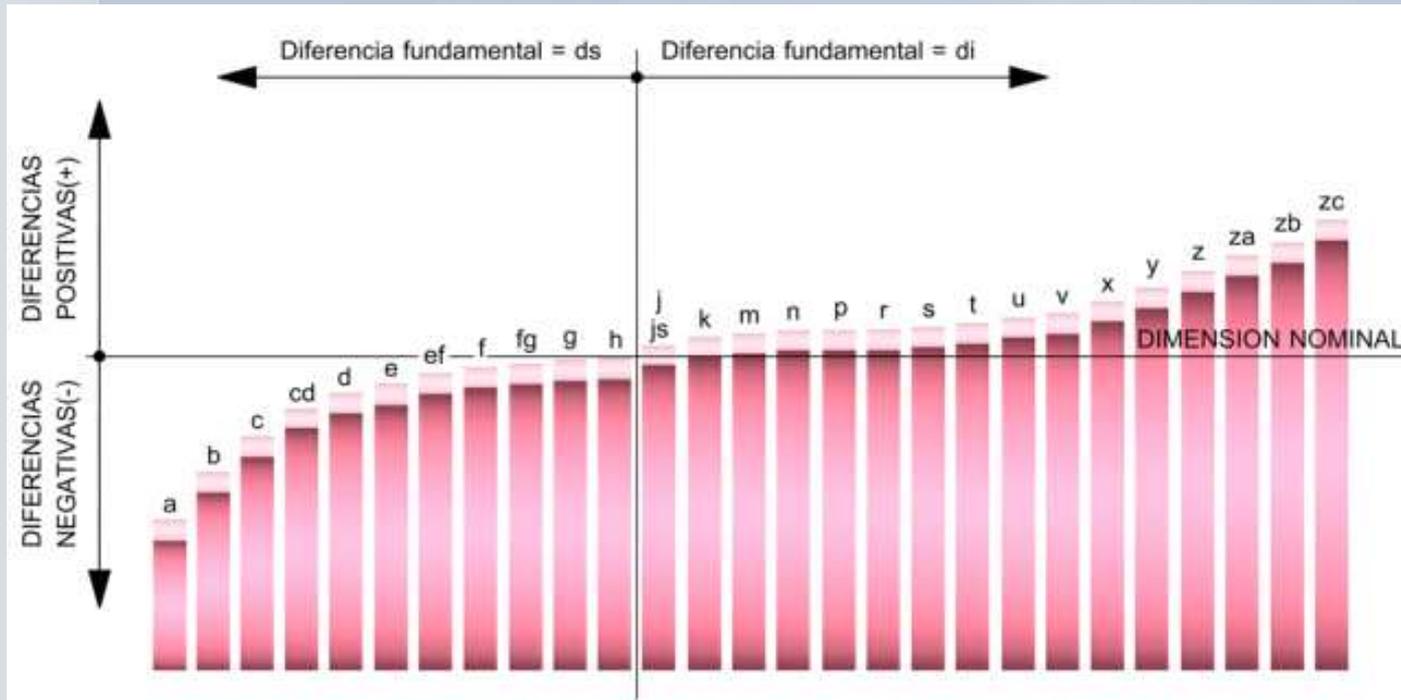
INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistema ISO de Tolerancia

Posición de la zona de tolerancia. Ejes.





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistema ISO de Tolerancia

Posición de la zona de tolerancia. Ejes.

Tabla 4.2. Valores de la posición de tolerancia

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	
													5y6	7	8	4 < d < 4y		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	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218	
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	+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480	
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	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250	
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	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900	
450 < d ≤ 500	-1650	-840	-480	-																											



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Indicación de Tolerancia en los Planos

Cota Lineal. Símbolos ISO

Las componentes de la cota con tolerancia deben indicarse en el orden siguiente:

- La cota nominal;
- El símbolo de la tolerancia.

Cuando, además de los símbolos (figura 4.3.a), sea necesario indicar los valores de las desviaciones (figura 4.3.b) o las medidas límites (figura 4.3.c), la información adicional debe escribirse entre paréntesis.

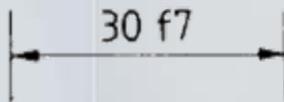


Figura 4.3.a

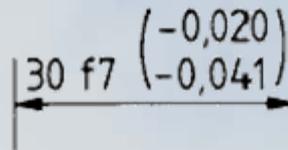


Figura 4.3.b

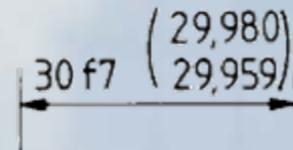


Figura 4.3.c



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Indicación de Tolerancia en los Planos

Cota Lineal. Desviaciones Admisibles

Las componentes de la cota con tolerancia deben indicarse en el orden siguiente:

- La cota nominal;
- Los valores de las desviaciones.

Si una de las dos desviaciones es cero, debe indicarse con la cifra cero (figura 4.3.b).

Si la tolerancia está dispuesta simétricamente respecto a la cota nominal, el valor de las desviaciones debe indicarse sólo una vez, precedido por el signo \pm .

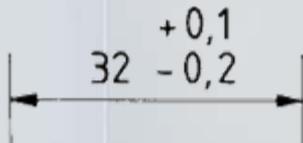


Figura 4.4.a

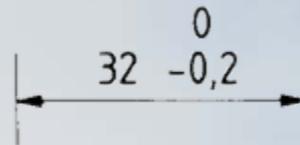


Figura 4.4.b

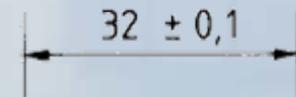


Figura 4.4.c



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Indicación de Tolerancia en los Planos

Cota Lineal. Medidas Límites.

Las medidas límites pueden indicarse con una cota superior y una cota inferior.
Figura 4.5

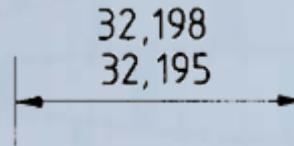


Figura 4.5

Cota Lineal. Medidas Límites en un Sentido.

Si una cota está limitada únicamente en un sentido, debe añadirse la indicación «mín.» o «máx.». Figura 4.6



Figura 4.6



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Indicación de Tolerancia en los Planos

Cota Lineal. Medidas Límites.

Las medidas límites pueden indicarse con una cota superior y una cota inferior.
Figura 4.5

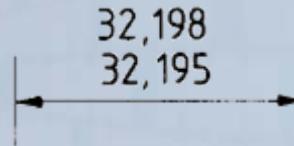


Figura 4.5

Cota Lineal. Medidas Límites en un Sentido.

Si una cota está limitada únicamente en un sentido, debe añadirse la indicación «mín.» o «máx.». Figura 4.6

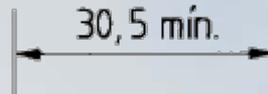


Figura 4.6



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Indicación de Tolerancia en los Planos

Dibujos de Conjunto. Símbolos ISO

El símbolo de la tolerancia del agujero debe colocarse antes que el del eje (figura 4.7.a) o sobre él (figura 4.7.b); los símbolos deben ir precedidos por la cota nominal escrita una única vez.

Cuando sea necesario indicar también los valores numéricos de las desviaciones, deben colocarse entre paréntesis (figura 4.7.c).

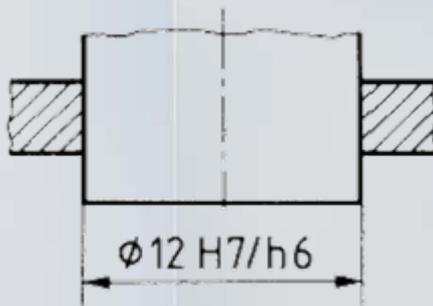


Figura 4.7.a

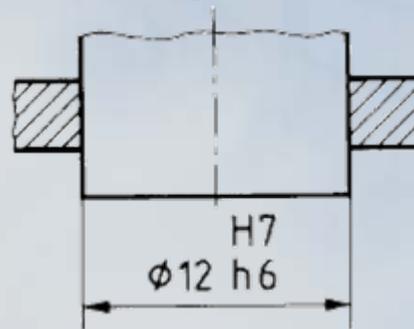


Figura 4.7.b

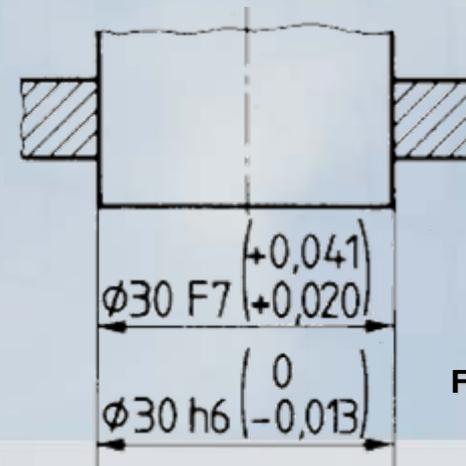


Figura 4.7.c



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Indicación de Tolerancia en los Planos

Dibujos de Conjunto. Valores en cifras.

La cota de cada una de las piezas del montaje debe ir precedida de la designación (figura 4.8.a) o de la referencia (figura 4.8.b) de la pieza, estando situada en ambos casos la cota del agujero sobre la del eje.

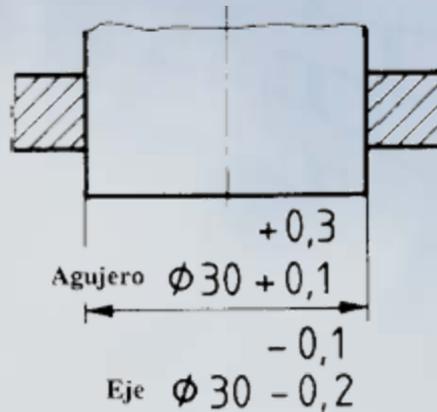


Figura 4.8.a

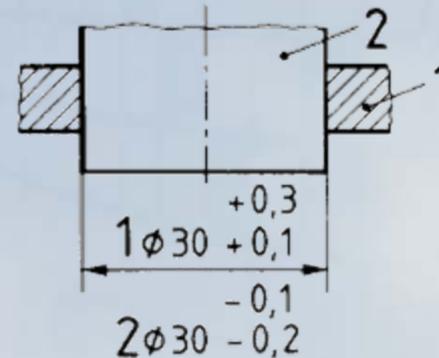


Figura 4.8.b



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Tipos de Ajustes.

El ajuste es la relación de las dimensiones de dos piezas que están destinadas a acoplar. Se distinguen tres casos:

- Ajuste con juego. (Figura 4.9).
- Ajuste con aprieto. (Figura 4.10).
- Ajuste indeterminado.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Tipos de Ajustes.

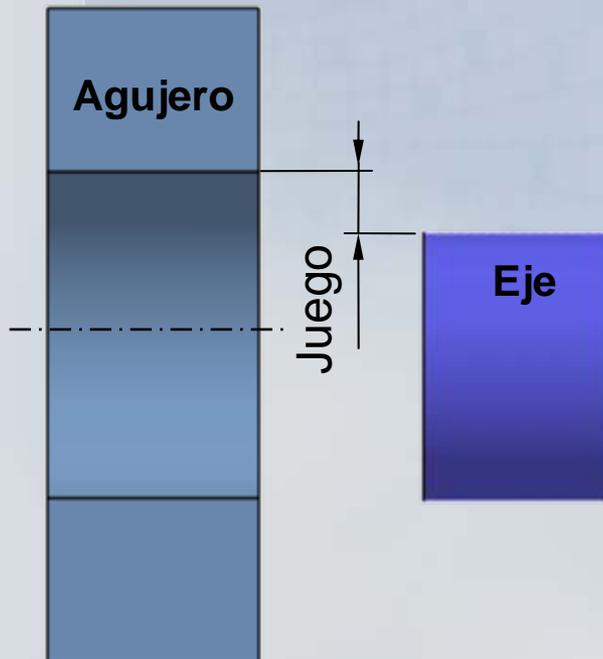


Figura 4.9

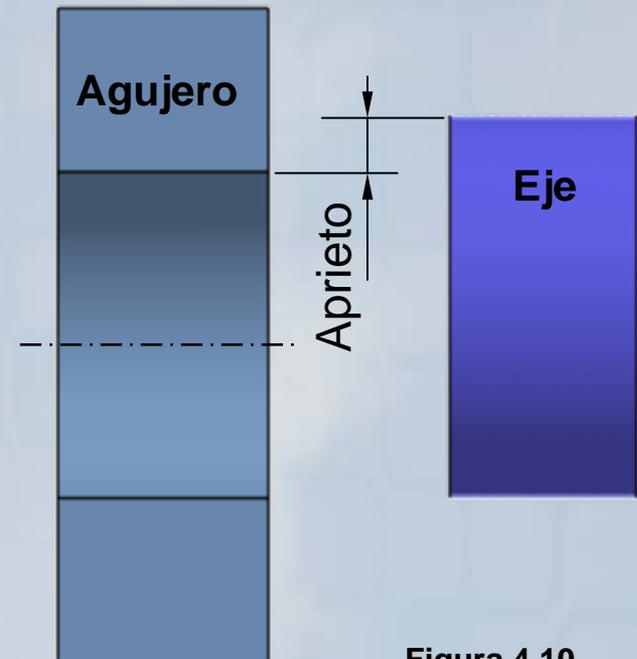


Figura 4.10



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Sistema de Agujero Base o Agujero Único.

Se denomina así, dentro del sistema de tolerancias ISO a un sistema de ajustes en el que son nulas las desviaciones o diferencias inferiores para todos los agujeros con posición **H**.

De esta forma los diferentes ajustes, juegos o aprietos se obtienen para la misma medida nominal, con posiciones y calidades (amplitudes de tolerancia) variables para los ejes, en consecuencia se producen juegos para los ejes en que los límites superiores e inferiores estén por debajo de cero; aprietos, cuando los dos límites están por encima del superior del agujero; y ajustes inciertos (juego o aprieto) cuando alguno de los límites de los ejes es inferior al máximo del agujero. (Figura 4.11)



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Sistema de Agujero Base o Agujero Único.

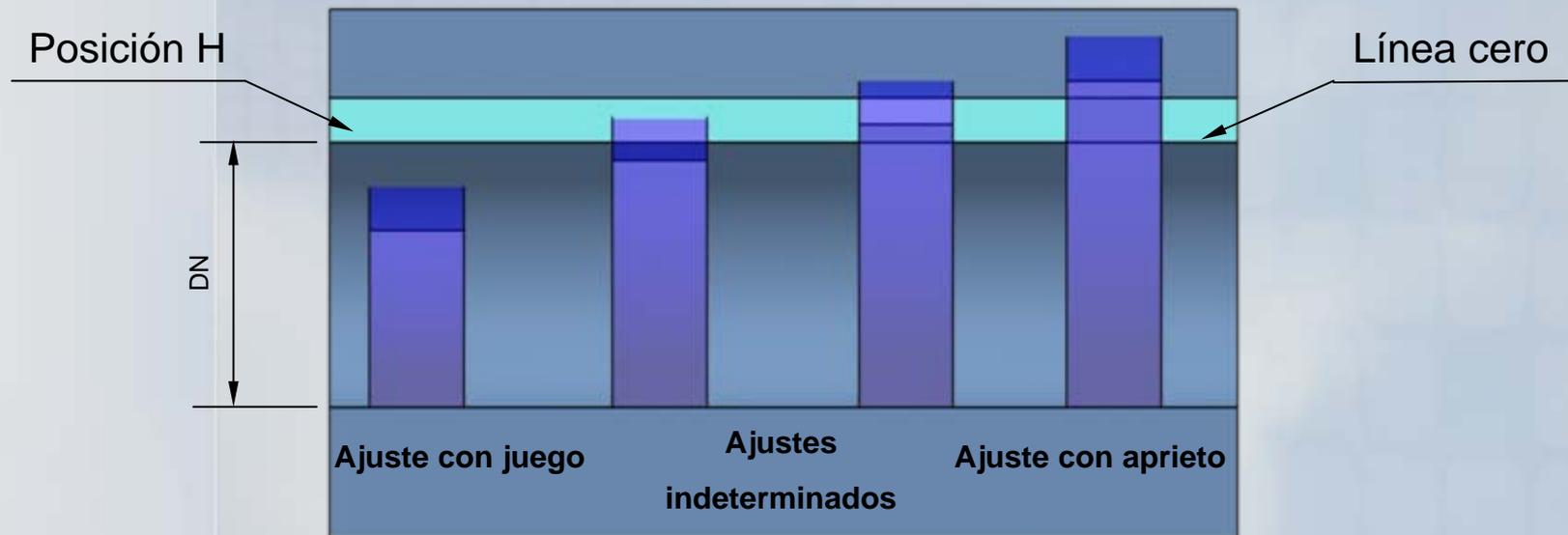


Figura 4.11



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Sistema de Eje Base o Eje Único.

Se denomina así dentro del sistema de tolerancias ISO a un sistema de ajustes en el que las diferencias superiores para todos los ejes son nulas para la posición **h**.

De esta forma los diferentes ajustes, (juegos o aprietos) se obtienen para la misma medida nominal, con posiciones y calidades (amplitudes de tolerancia) variables para los agujeros, teniéndose en consecuencia: juegos para los agujeros en que los límites superior e inferior estén por encima de cero; aprietos, cuando los dos límites están por debajo del inferior del agujero; y ajustes inciertos (juego o aprieto) cuando alguno de los límites de los agujeros es superior al mínimo del agujero. (Figura 4.12)



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Sistema de Eje Base o Eje Único.

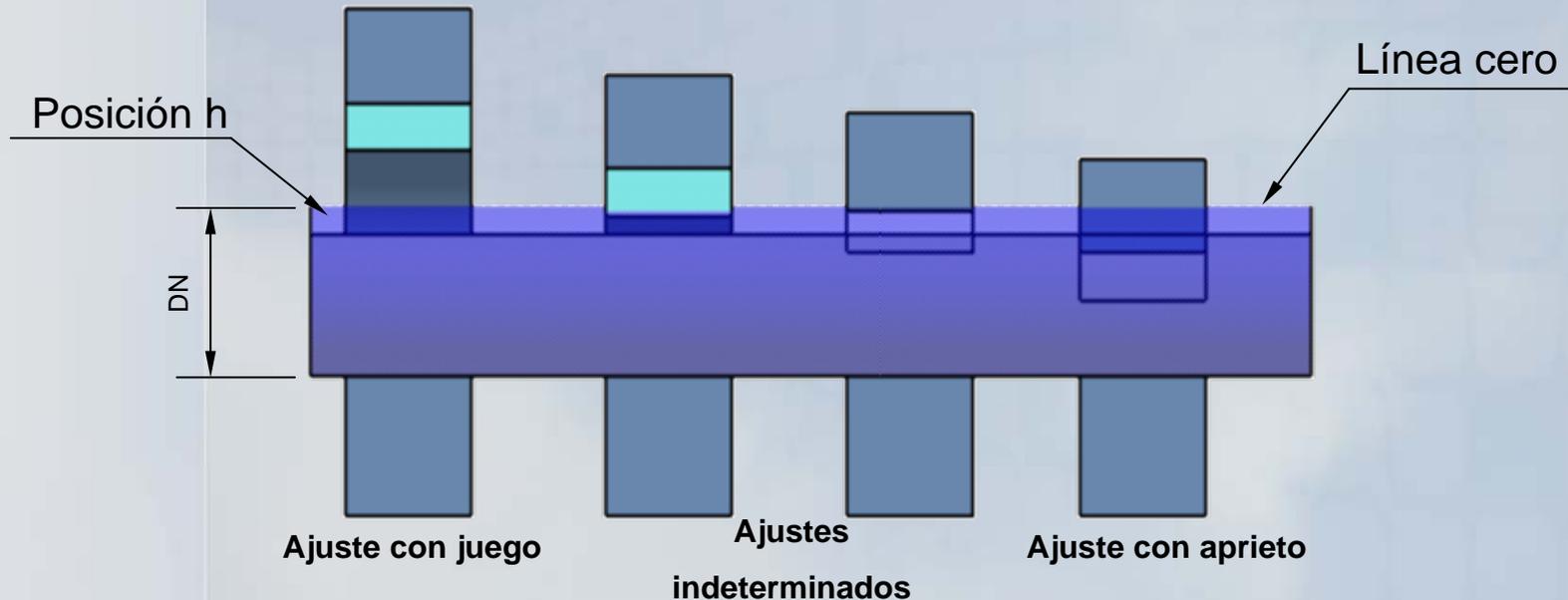


Figura 4.12



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Ajustes Preferentes.

Tabla 4.3. Ajustes preferentes Agujero base

AGUJERO BASE						
TIPO	AGUJERO	EJE	CLASE	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES	ACABADO
Fino	H7	s6/h6	Prensado	Montaje a prensa, necesita seguro de giro para pares muy fuertes, gran adherencia sobre hierro fundido	Casquillos y coronas de bronce, acoplamiento de piñones y engranajes en ejes no desmontables, no utilizar sobre piezas de paredes finas	N6/N7
		n6	Forzado duro	Montaje a martillo, de empleo cuando se requieren posicionamientos precisos con interferencia	Casquillos de bronce, manguitos en cubos, fijas para posicionado, casquillos guías de broca	N6/N7
		k6	Forzado medio	Montaje a martillo, posicionado de precisión con un compromiso entre juego e interferencia	Rodamientos de bolas, discos de levas, poleas y volantes, manivelas	N6/N7
		j6	Forzado ligero	Montaje ligero	Rodamientos de bolas, piezas de máquinas desmontables con frecuencia	N6/N7
		h6	Deslizante con lubricación	Proporciona un acoplamiento ajustado para la situación de piezas estacionarias con montaje y desmontaje libre	Engranajes, piezas importantes de máquinas herramientas, ejes de lira	
		g6	Giratorio	Juego pequeño, no para girar con velocidad, pero sí para giros libres y deslizamiento con posicionado preciso	Émbolos, bridas, anillos de rodamientos	N6/N7
		f7	Holgado	Juego mediano, para giros con velocidad en máquinas de precisión y para posicionamiento preciso con velocidades moderadas y presiones de apoyos de ejes	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas, cajas de cambio	N6/N7
Medio	H8	h9	Deslizante		Poleas fijas, manivelas y acoplamiento deslizantes sobre el eje, ejes de contrapuntos	N7/N8
		e8	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas ventiladores	N7/N8
		d9	Holgado	Juego amplio, no de uso cuando es esencial la precisión pero bueno para grandes variaciones de temperaturas con gran velocidad de giro y presión de apoyo de los ejes	Soportes de ejes, poleas locas	N7/N8
Basto	H11	h11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola	N9/N10
		d9	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas, manivelas desmontables	N9/N10
		e11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasadores, ejes.	N9/N10
		a11	Muy holgado	Ajustes muy amplios para tolerancias de miembros externos	Locomotoras, cojinetes de cajas de freno, alojamientos de cabezas de tornillos	N9/N10



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Ajustes Preferentes.

Tabla 4.4. Ajustes preferentes Eje base

EJE BASE						
TIPO	EJE	AGUJERO	CLASE	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES	ACABADO
Fino	h6	S7/R7	Prensado	Montaje a prensa, necesita seguro de giro para paños muy fuertes, gran adherencia sobre hierro fundido	Casquillos y coronas de bronce, acoplamiento de piñones y engranajes en ejes no desmontables, no utilizar sobre piezas de paredes finas	N6/N7
		N7	Forzado duro	Montaje a martillo, de empleo cuando se requieren posicionamientos precisos con interferencia	Casquillos de bronce, manguitos en cubos, fijas para posicionado, casquillos guías de broca	N6/N7
		K7	Forzado medio	Montaje a martillo, posicionado de precisión con un compromiso entre juego e interferencia	Rodamientos de bolas, discos de levas, poleas y volantes, manivelas	N6/N7
		J7	Forzado ligero	Montaje ligero	Rodamientos de bolas, piezas de máquinas desmontables con frecuencia	N6/N7
		H7	Deslizante con lubricación	Proporciona un acoplamiento ajustado para la situación de piezas estacionarias con montaje y desmontaje libre	Engranajes, piezas importantes de máquinas herramientas, ejes de lira	
		G7	Giratorio	Juego pequeño, no para girar con velocidad, pero sí para giros libres y deslizamiento con posicionado preciso	Émbolos, bridas, anillos de rodamientos	N6/N7
		F8	Holgado	Juego mediano, para giros con velocidad en máquinas de precisión y para posicionamiento preciso con velocidades moderadas y presiones de apoyos de ejes	Cojinetes de bielas, ruedas dentadas, cajas de cambio	N6/N7
Medio	h9	H9	Deslizante		Poleas fijas, manivelas y acoplamiento deslizante sobre el eje, ejes de contrapuntos	N7/N8
		E9	Giratorio	Juego mediano	Piezas de motores, bombas ventiladores	N7/N8
		D10	Holgado	Juego amplio, no de uso cuando es esencial la precisión pero bueno para grandes variaciones de temperaturas con gran velocidad de giro y presión de apoyo de los ejes	Soportes de ejes, poleas locas	N7/N8
Basto	h11	H11	Deslizante		Piezas de maquinaria agrícola	N9/N10
		D10	Giratorio	Juego mediano	Ejes de movimiento longitudinal, aros, palancas, manivelas desmontables	N9/N10
		E11	Holgado	Juego amplio	Cojinetes de máquinas domésticas, pasadores, ejes.	N9/N10
		A11	Muy holgado	Ajustes muy amplios para tolerancias de miembros externos	Locomotoras, cojinetes de cajas de freno, alojamientos de cabezas de tornillos	N9/N10



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Sistemas de Ajustes

Ajustes Preferentes.

Tabla 4.5. Ajustes preferentes en la industria

Tolerancias preferentes para ejes																
						g5	h5	js5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	
					f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	
			e7	f7		h7	js7	k7	m7	n7	p7	t7	s7	t7	u7	
		d8	e8	f8		h8										
		d9	e9			h9										
		d10														
all	b11	c11					h11									

Tolerancias 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										

Se debe hacer notar que, el empleo de sistemas de agujero o eje base, y recurrir a las combinaciones preferentes no es obligatorio, pero sí muy recomendable, de forma que siempre se buscará un ajuste preferente que cumpla con las especificaciones requeridas. Cuando eso no sea posible, entonces se podrá recurrir a combinaciones no preferentes.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Elección de Tolerancia

Criterio General.

Una vez determinada la elección del sistema de tolerancias en función de la aplicación, se debe proceder a la fijación de los juegos y aprietos máximos y mínimos que lleven a un correcto funcionamiento del conjunto para lo que se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Naturaleza del material en que están construidas las piezas.
- Velocidad de deslizamiento relativo o de funcionamiento.
- Tipo de esfuerzos; considerando su intensidad, dirección, sentido y variación.
- Sistema de engrase y lubricante utilizado.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Elección de Tolerancia

Criterio General.

- Desgaste admisible para unas determinadas horas de funcionamiento.
- Temperatura máxima de funcionamiento y su régimen de variación, por producir dilataciones de las piezas que alteran las condiciones de juego y aprieto iniciales. Especial atención debe de ponerse cuando las piezas son de materiales distintos, y más aún cuando los coeficientes de dilatación son diferentes.
- Mecanizar



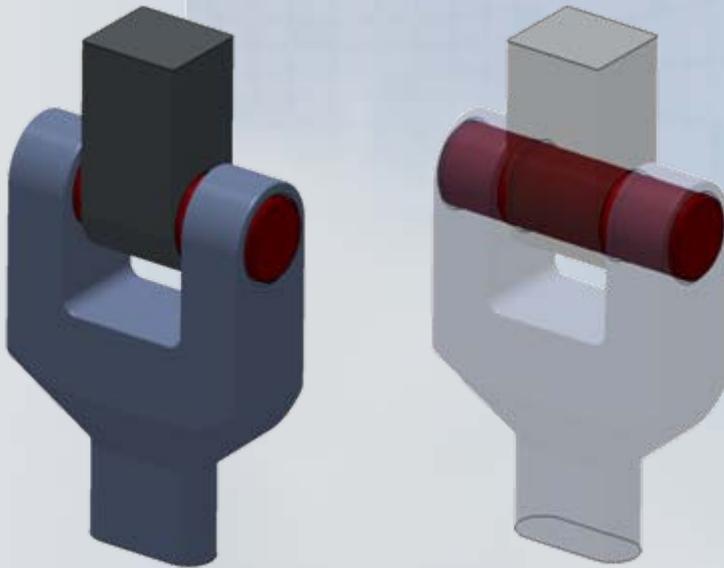
INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Criterios de Diseño

La elección del sistema de tolerancia condiciona el diseño de los elementos que participan en el conjunto.



Determinar la geometría del eje

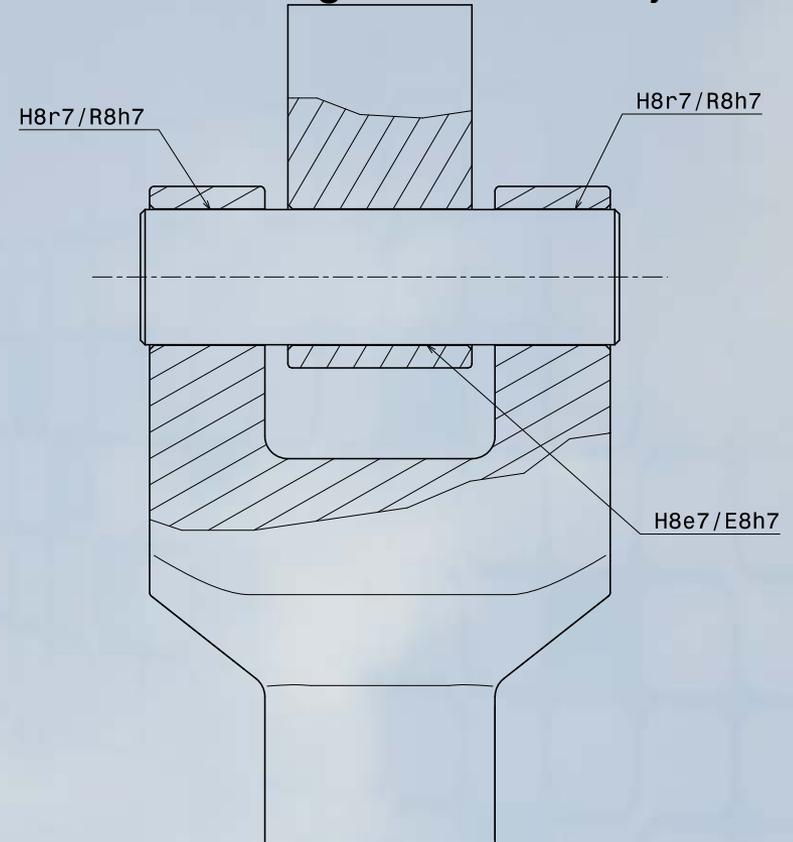


Figura 4.13 Especificaciones de diseño



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Criterios de Diseño



Figura 4.14 Resultado del diseño en función del sistema de ajuste



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Criterios de Diseño

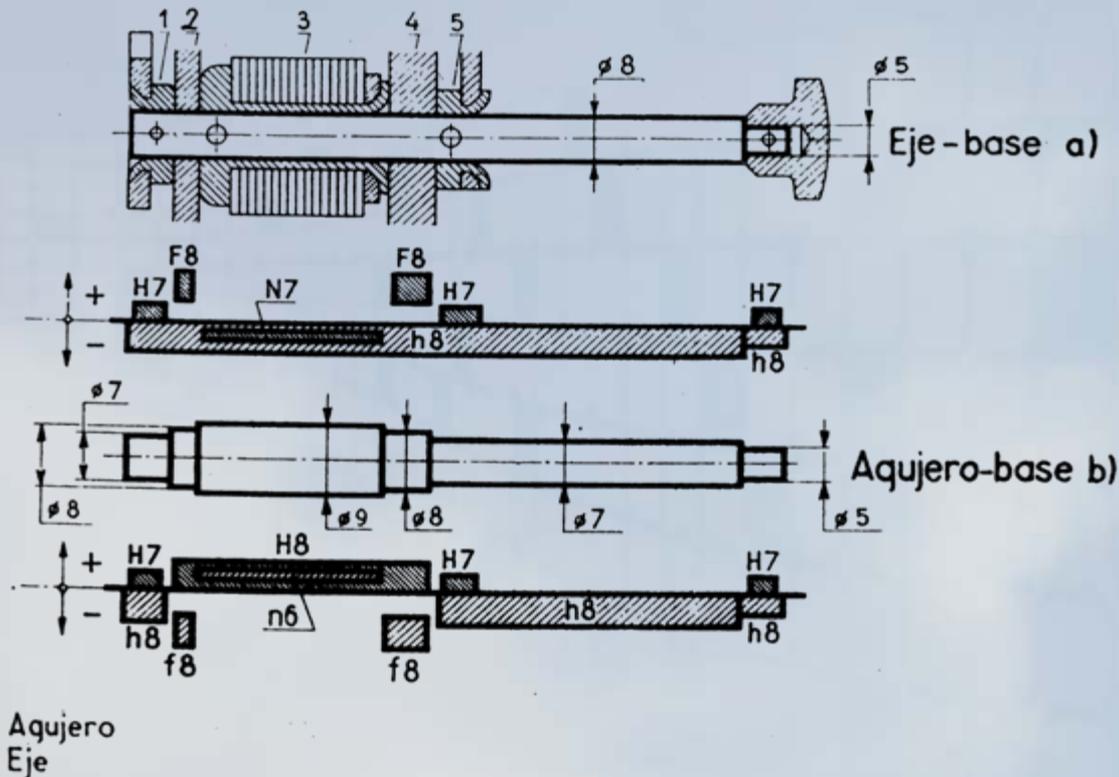


Figura 4.15 Ejemplo de diseño en eje continuo



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Criterios de Diseño

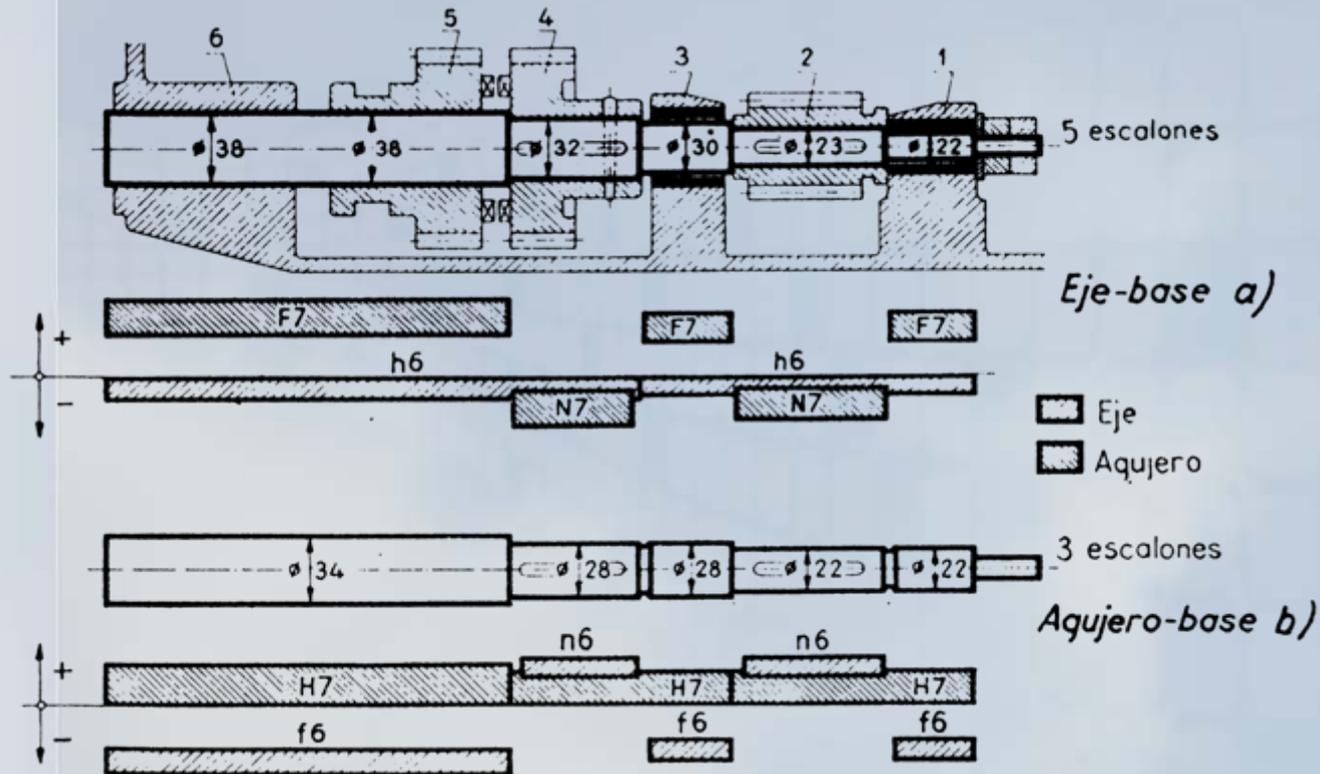


Figura 4.16 Ejemplo de diseño en eje Escalonado



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Ejemplo de Aplicación

Enunciado.

Se desea ajustar un agujero y un eje de diámetro nominal 30 mm con un juego máximo $J_{\max} = 80\mu\text{m}$, y un $J_{\min} = 20\mu\text{m}$

- Determinar el ajuste ISO más cercano en el sistema agujero base indicando las tolerancias de cada una de las piezas del ajuste.
- Determinar el ajuste ISO más cercano en el sistema eje base indicando las tolerancias de cada una de las piezas del ajuste, y la tolerancia del ajuste.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

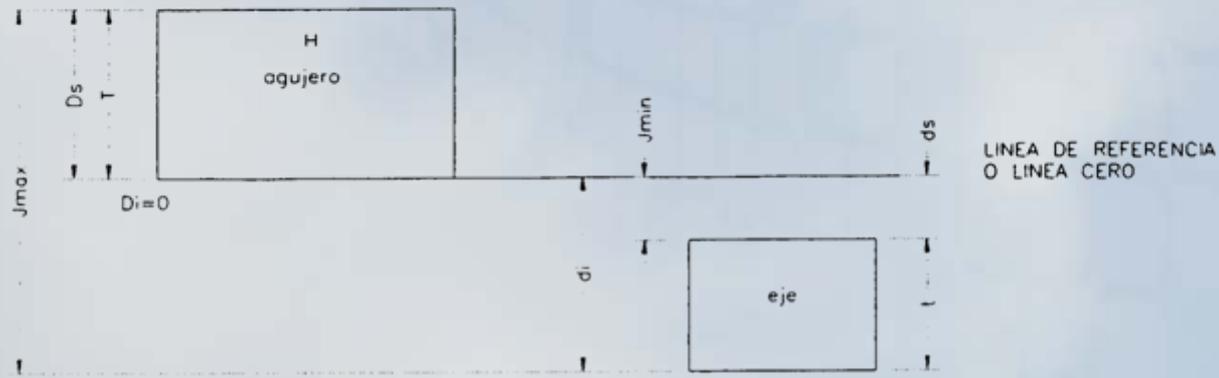
4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Ejemplo de Aplicación

Solución.

a) Por ser un sistema de agujero base, la letra del agujero es H, siendo su diferencia inferior $D_i = 0$. De acuerdo con los datos del enunciado se puede dibujar la figura adjunta, en la que se puede ver que $D_i = 0$, según hemos dicho, y que $d_s = -20\mu\text{m.}$, tratándose de un ajuste móvil.





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Ejemplo de Aplicación

Solución.

$$J_{\max} = D_s - d_i = 80 \mu\text{m}.$$

$$J_{\min} = D_i - d_s = 20 \mu\text{m}.$$

D_s y D_i diferencia superior e inferior del agujero

d_s y d_i diferencia superior e inferior del eje

T y t tolerancia del agujero y del eje

En la tabla de posiciones del eje podemos ver que para una medida nominal de 30 mm., y con una diferencia superior negativa $d_s = -20 \mu\text{m}$. del eje, la letra de posición es f.

Por otra parte, y de acuerdo también con la figura, se verifica:

$$T + t + 20 = 80 \mu\text{m}.$$

siendo T la tolerancia del agujero y t la del eje, de donde: $T + t = 60 \mu\text{m}$. (1)

Obsérvese que $T + t = TA$, tolerancia del ajuste, que también sabemos que verifica:

$$TA = J_{\max} - J_{\min} = 80 - 20 = 60 \mu\text{m}.$$



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Ejemplo de Aplicación

Solución.

En la tabla de calidades de tolerancia, y para una medida nominal de 30 mm., se puede ver:

$$IT7 = 21\mu\text{m.}$$

$$IT8 = \underline{33\mu\text{m.}}$$

$$54\mu\text{m.}$$

que son los valores consecutivos cuya suma esta más próxima de $T + t = TA = 60\mu\text{m}$

De acuerdo con esto, y teniendo en cuenta que al agujero se le debe atribuir la calidad más basta por su mayor dificultad de fabricación, el ajuste ISO más cercano es:

$$T = 33\mu\text{m.}$$

$$t = 21\mu\text{m.}$$

$$30 \text{ H8/f7} = 30_{+0.0}^{+0.033} / 30_{-0.041}^{-0.020} = 30_{+0}^{+33} / 30_{-41}^{-20}$$



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Ejemplo de Aplicación

Solución. Para este ajuste, los valores de J_{\max} y J_{\min} son:

$$J_{\max} = 33 + 20 + 21 = 74 \mu\text{m}.$$

$$J_{\min} = 20 \mu\text{m}.$$

Queremos señalar que los valores de T (tolerancia del agujero) y t (tolerancia del eje) se podían haber deducido a partir de la ecuación (1) que los liga, $T + t = 60 \mu\text{m}.$, y de la hipótesis bastante normal de valores consecutivos para los IT, siendo el del agujero un grado más basto que el del eje, ya que dichos valores consecutivos deben cumplir la condición:

$$T = 1.58t$$

Esto es, la condición de estar en progresión geométrica de razón $\sqrt[5]{10} = 1.58$ para calidades comprendidas entre IT5 e IT6, que son las normales en las fabricaciones mecánicas. De acuerdo con ellas tendríamos:

$$T + t = 60 \mu\text{m}.$$



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Ejemplo de Aplicación

Solución.

$$T = 1.58t$$

de donde $1.58t + t = 60\mu\text{m.}$, y por tanto: $t = \frac{60}{2.58} = 23.3\mu\text{m.}$

El valor ISO más próximo a este, según se puede ver en la tabla de tolerancias para diámetro nominal de 30 mm., es $21\mu\text{m.}$, que corresponde a IT7. El valor ISO de T será el correspondiente a IT8.

Por otra parte queremos indicar que al tratar de resolver la ecuación (1) ($T + t = 60\mu\text{m.}$), para determinar los valores ISO de T y t mirando en la tabla de calidades de tolerancia, y para una medida nominal de 30 mm., podría pensarse en la solución:

$$IT8 = 33\mu\text{m.}$$

$$IT8 = \underline{33\mu\text{m.}}$$

$$66\mu\text{m.}$$



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

4.1 Utilización de los Sistemas de Tolerancias

3.1.2 Sistema de Tolerancia ISO.

Ejemplo de Aplicación

Solución.

que da el mismo error absoluto que la solución dada anteriormente de

$$IT7 = 21\mu\text{m.}$$

$$IT8 = \underline{33\mu\text{m.}}$$

$$54\mu\text{m.}$$

con respecto a la ecuación $T + t = 60\mu\text{m.}$

Sin embargo, esta última solución (IT8 para el agujero y para el eje) aunque presenta la ventaja con respecto a la anterior (IT8 para el agujero e IT7 para el eje) de una mayor facilidad de fabricación del eje por pedirle un grado de tolerancia más bajo, no la podemos admitir porque aunque conserva el juego mínimo $J_{\min} = 20\mu\text{m.}$, da un juego máximo $J_{\max} = 33 + 20 + 33 = 86\mu\text{m.}$, que excede bastante del valor fijado en el enunciado de $J_{\max} = 80\mu\text{m.}$, el cual no se debe superar por ser parámetro de diseño.