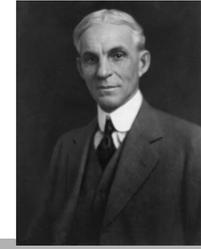


Tema II: Normalización. Ajustes. Tolerancias.

Escuela Politécnica Superior:
Tecnología Mecánica

Introducción



- Producción manual: artesanía.
Piezas únicas, fabricadas y ensambladas *ad hoc*.

- Producción en serie.
Intercambiabilidad
Normalización.



Normalización

- AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Elabora las normas técnicas españolas y certifica productos, sistemas y empresas.
- En el ámbito internacional: ISO (Organización Internacional de Normalización) e IEC (Comisión Electrotécnica Internacional). Las normas elaboradas por estos comités no obligan. Sí las de los órganos europeos: CEN (Comité Europeo de Normalización), CENELEC y ETSI.

Normalización

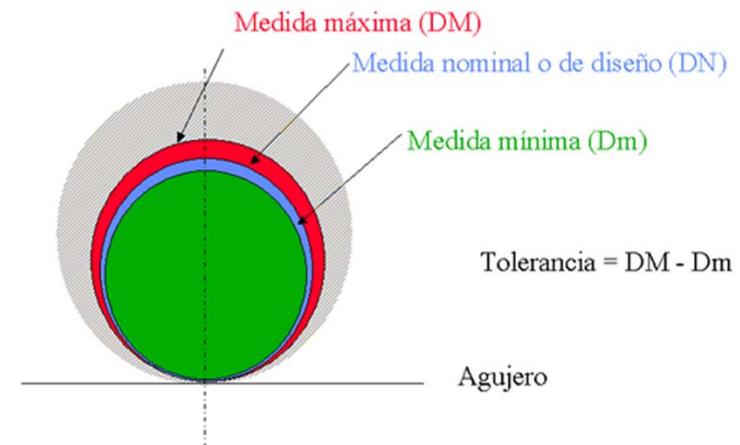
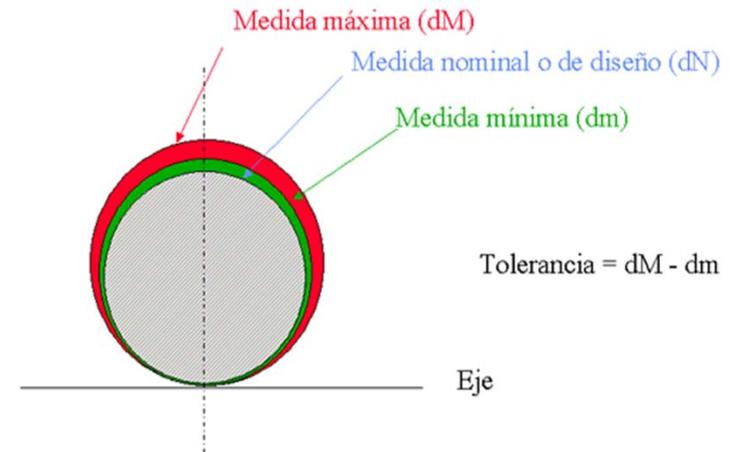
- Una norma es un documento de aplicación voluntaria que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico.
- Dentro de AENOR existen Comités Técnicos de Normalización para los diversos sectores.
- Una norma UNE es aprobada por un Comité Técnico, se informan en el BOE para que se presenten observaciones. Tras estudiar las observaciones se redacta el texto final.
- Certificación: acción llevada a cabo por una entidad reconocida como independiente mediante la que se manifiesta la conformidad de una empresa, producto, proceso, servicio o persona con los requisitos establecidos en normas o especificaciones técnicas.

Definiciones

Dimensión: Cifra del valor numérico de una longitud o de un ángulo.

Dimensión nominal (dN para ejes, DN para agujeros): valor teórico de una dimensión, respecto al que se consideran las medidas límites.

Dimensión efectiva:(de para eje, De para agujeros): valor real de una dimensión, delimitada midiendo sobre la pieza ya construida



Dimensiones límites

Valores extremos que puede tomar la dimensión efectiva

Dimensión máxima

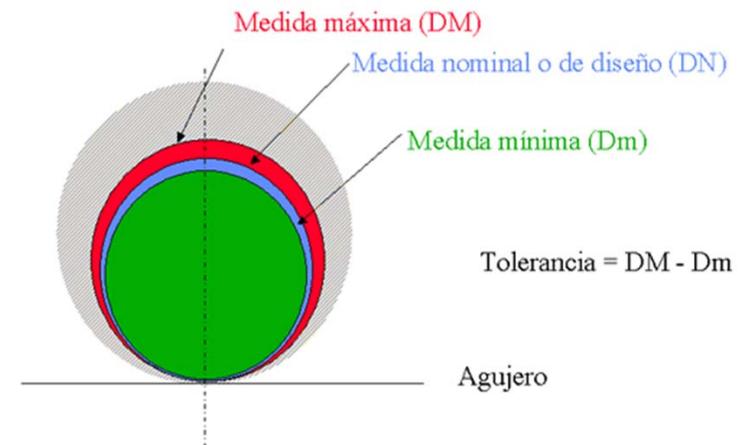
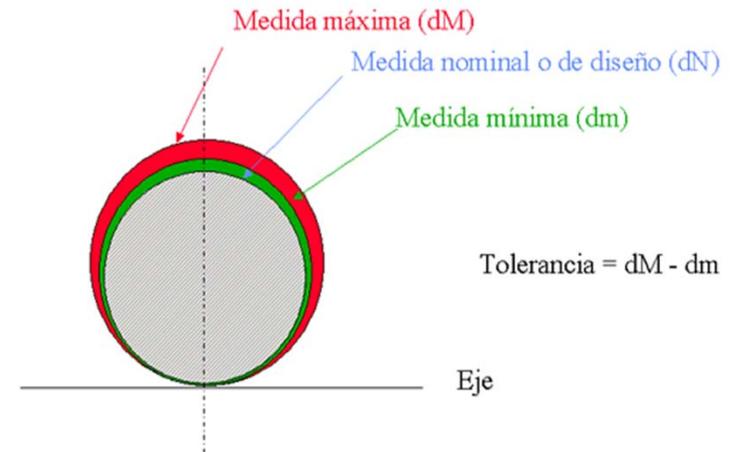
dM para ejes

DM para agujeros

Dimensión mínima

dm para ejes

Dm para agujeros



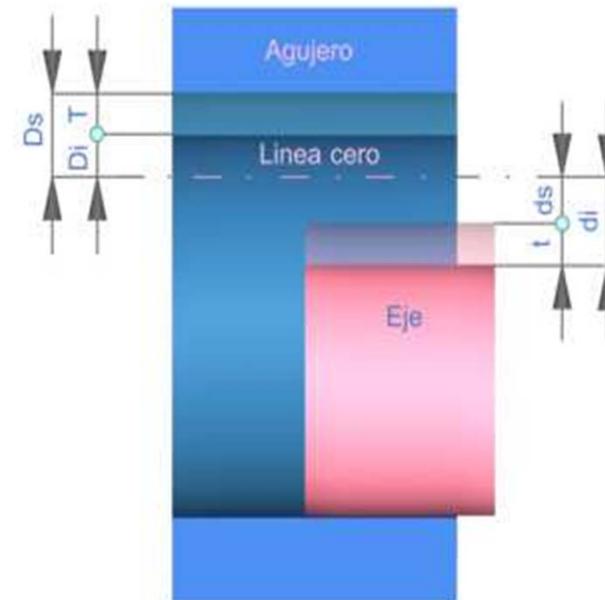
Desviación o diferencia

Diferencia superior:

Diferencia entre la dimensión máxima y la dimensión nominal

Diferencia inferior:

Diferencia entre la dimensión mínima y la dimensión nominal



Tolerancia

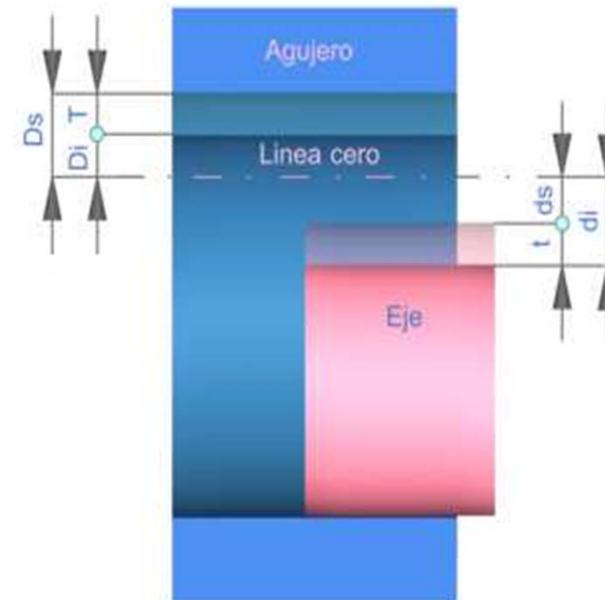
Variación máxima que puede tener la medida de la pieza

t para ejes

T para agujeros

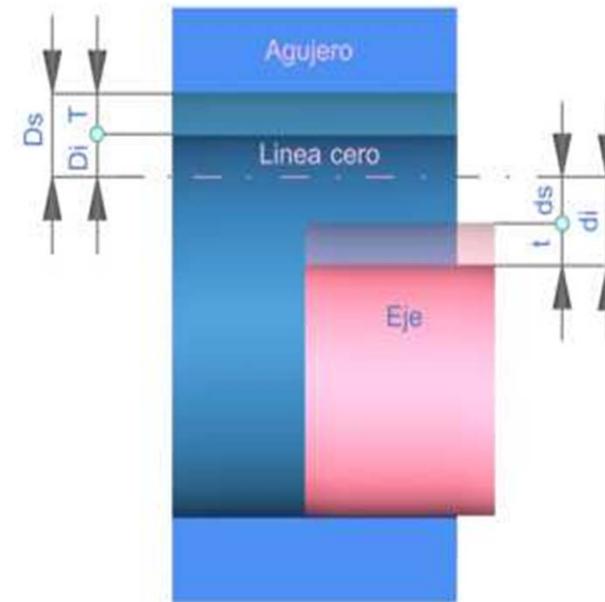
Diferencia entre las medidas límites

- Coincide con la diferencia entre las desviaciones superior e inferior



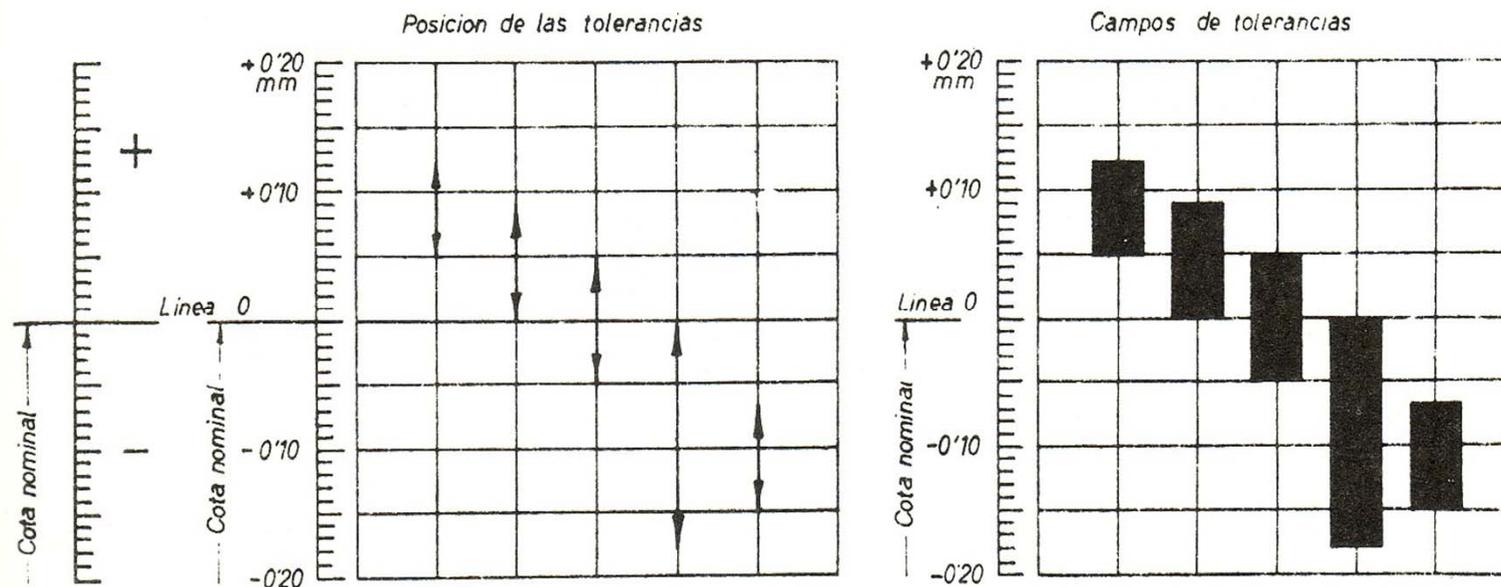
Zona de la tolerancia

Posición del campo de tolerancia en el espacio. Su amplitud es el valor de la tolerancia y determina la calidad con la que se trabaja. No tiene porqué contener a la Dimensión Nominal.



Tolerancias

Posición de las tolerancias respecto a la cota nominal y campo de tolerancia (posiciones entre las cuales puede estar la medida cumpliendo una determinada tolerancia).



Tolerancia y calidad

La calidad de un proceso se mecanizado se expresa en función de la tolerancia: menor tolerancia implica mejor calidad y precisión.

Campos de aplicación de las tolerancias ISO

	Tolerancias pequeñas				Tolerancias medias							Tolerancias grandes				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Calidades																
Campos de Aplicación					Para Ajuste							Tolerancias de acabado				
	Calibres				Piezas mecanizadas											
			Calibres de trabajo					Piezas forjadas, laminadas o fundidas								

Cada calidad se aplica a distintos procesos.

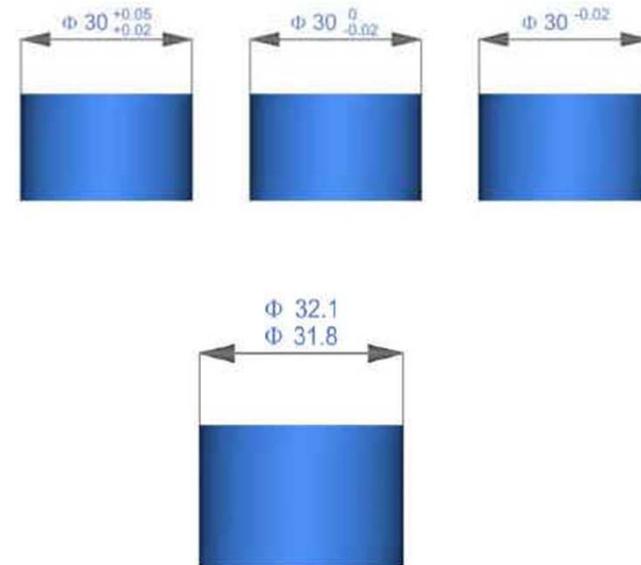
Tolerancia y calidad (II).

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
	Ultraprecisión		Calibre y piezas de gran precisión				Piezas o elementos destinados a ajustar						Piezas o elementos que no han de ajustar					

TABLA 7.2. Valores numéricos de amplitudes de zonas de tolerancia.

Representación

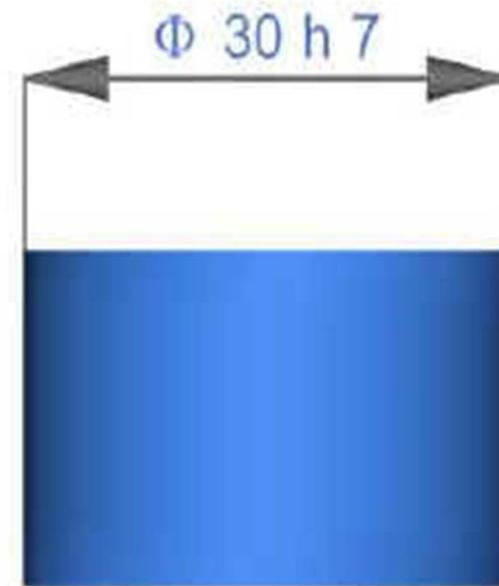
- Con su medida nominal seguida de las desviaciones límites.
- Con los valores máximo y mínimo.
- Con la notación normalizada ISO



Representación ISO

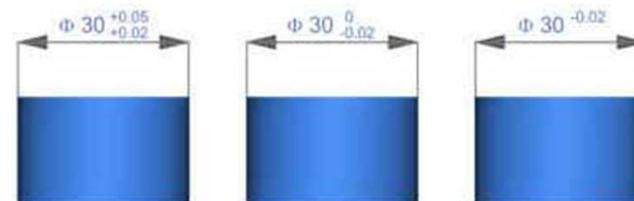
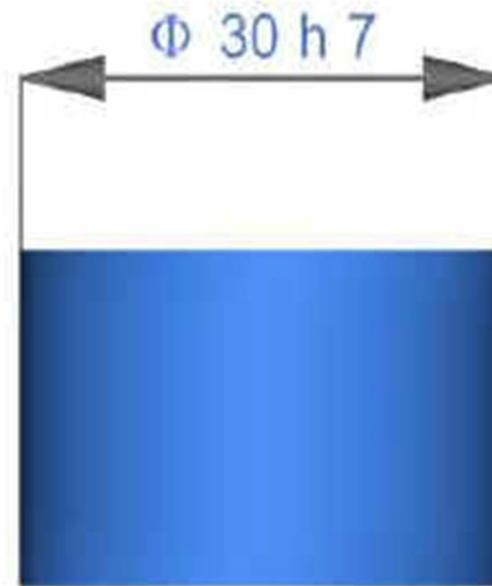
Los símbolos ISO tienen tres componentes

- **Medida** nominal
- **Letra**: indica la posición de la zona de tolerancia
 - Representa la diferencia fundamental
- **Número**: representa la anchura de la zona de tolerancia (Calidad de la tolerancia)

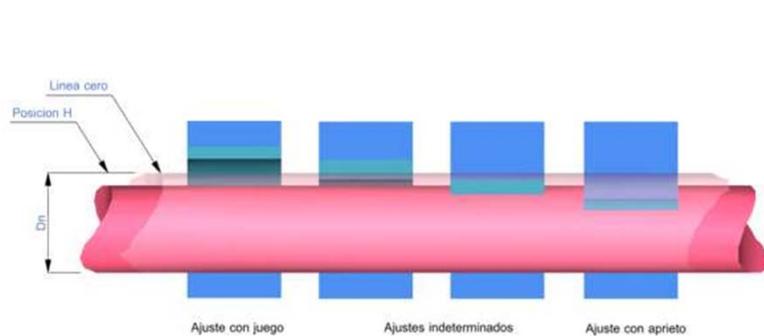


Representación ISO

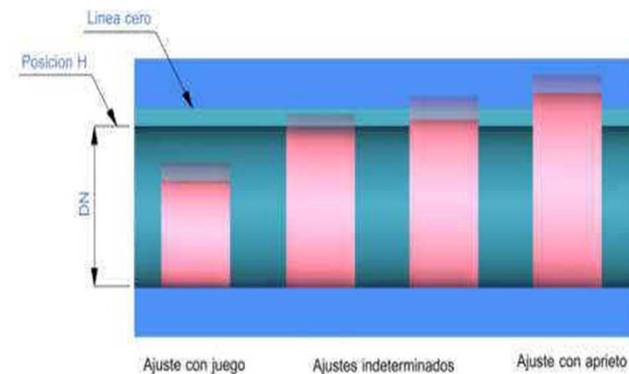
- $30\ h\ 7$ expresa lo mismo que $30\ \begin{smallmatrix} 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$
- $30 - 0,021$ o que
- $30\ \begin{smallmatrix} +0,05 \\ +0,02 \end{smallmatrix}$



Ajustes



Ajustes con juego: en todo el rango, entre la cota máxima y la mínima, se produce juego.

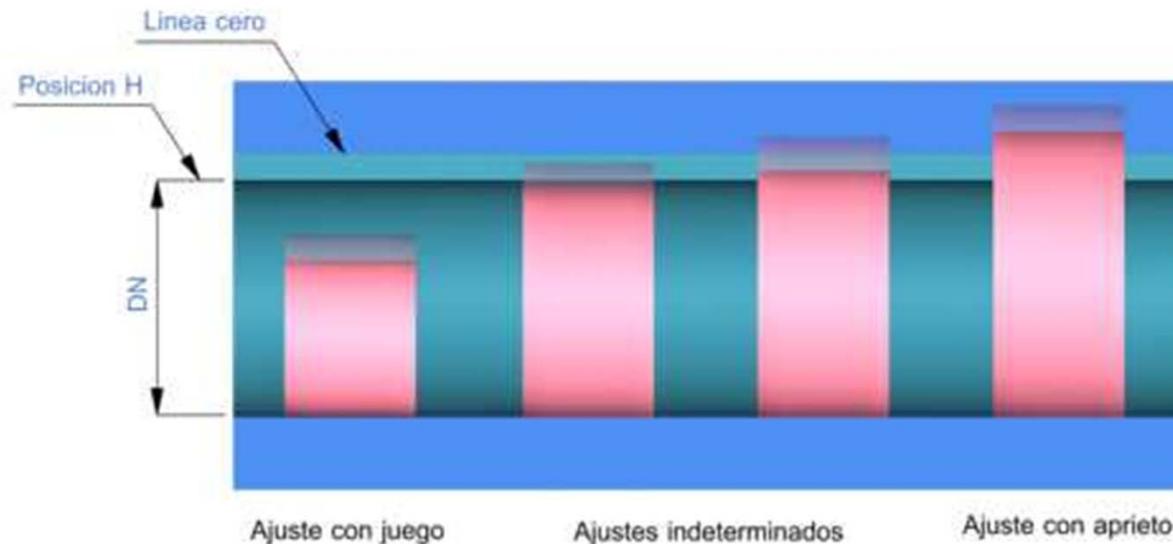


Ajustes con aprieto: entre la cota máxima y la mínima, todas las cotas están en situación de aprieto.

REGLA DE MONTAJE: nunca debe ser acoplado un eje con diámetro máximo a un agujero con diámetro mínimo, así como tampoco un eje con diámetro mínimo debe acoplarse a un agujero de diámetro máximo.

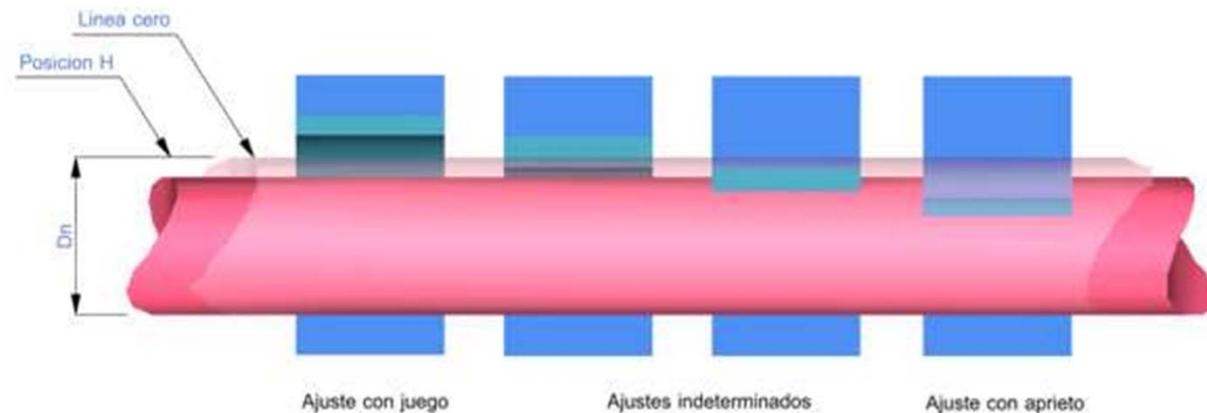
Sistemas de ajuste ISO: agujero único

La cota mínima de todos los taladros coincide con la cota nominal, independientemente del ajuste. El campo de tolerancias tiene su base sobre la línea cero.



Sistemas de ajuste ISO: eje único

La cota máxima de cada eje coincide con la cota nominal. El campo de tolerancias del eje tiene su lado superior coincidente con la línea cero.

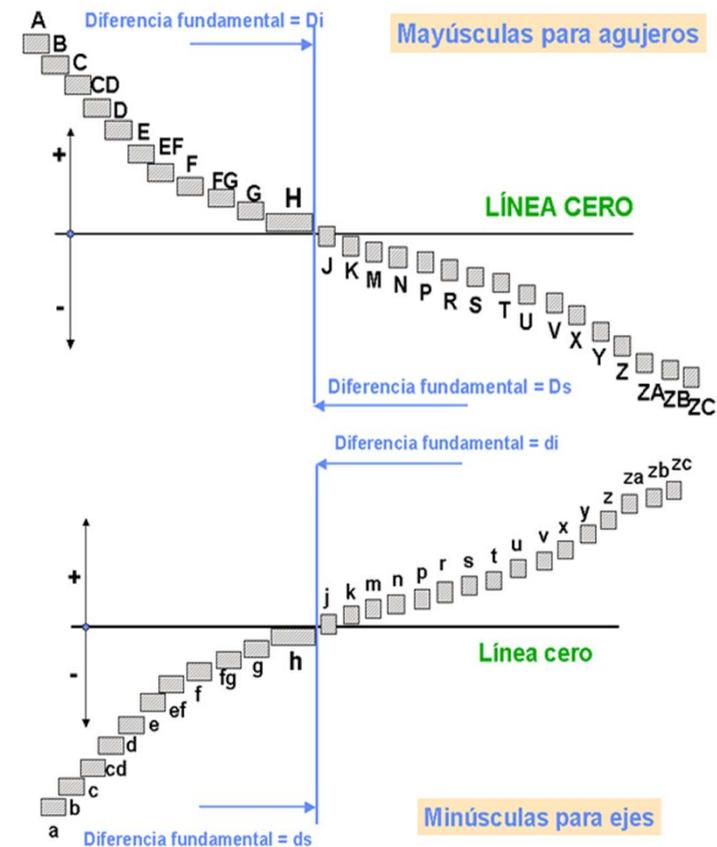


Posición de la tolerancia.

CLASES DE TOLERANCIAS			
Campo de tolerancias para agujeros  Agujero único	Campos de tolerancias para ejes		
	abcdefgh	jkmn	prstuvwxyz za zb zc
	Ajustes con juego	Ajustes intermedios	Ajustes con aprieto
Campo de tolerancias para ejes  Eje único	Campos de tolerancias para agujeros		
	ABCDEFGH	JKMN	PRSTUVXYZ ZA ZB ZC
	Ajustes con juego	Ajustes intermedios	Ajustes con aprieto

Hay tres grupos de los campos de tolerancias:

- Ajuste con juego.
- Ajuste intermedio.
- Ajuste con aprieto.



Desviaciones inferiores para agujeros.

Tabla. 7.III AGUJEROS. Desviaciones inferiores en mm.

más de hasta	Cotas nominales para agujeros, en milímetros											
	1 3	3 6	6 10	10 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120
A	+ 0,270	+ 0,270	+ 0,280	+ 0,290	+ 0,300		+ 0,310	+ 0,320	+ 0,340	+ 0,360	+ 0,380	+ 0,410
B	+ 0,140	+ 0,140	+ 0,150	+ 0,150	+ 0,160		+ 0,170	+ 0,180	+ 0,190	+ 0,200	+ 0,220	+ 0,240
C	+ 0,060	+ 0,070	+ 0,080	+ 0,095	+ 0,110		+ 0,120	+ 0,130	+ 0,140	+ 0,150	+ 0,170	+ 0,180
D	+ 0,020	+ 0,030	+ 0,040	+ 0,050	+ 0,065		+ 0,080		+ 0,100		+ 0,120	
E	+ 0,014	+ 0,020	+ 0,025	+ 0,032	+ 0,040		+ 0,050		+ 0,060		+ 0,072	
F	+ 0,007	+ 0,010	+ 0,013	+ 0,016	+ 0,020		+ 0,025		+ 0,030		+ 0,036	
G	+ 0,003	+ 0,004	+ 0,005	+ 0,006	+ 0,007		+ 0,009		+ 0,010		+ 0,012	
H	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0		± 0		± 0		± 0	
J 8	- 0,007	- 0,009	- 0,010	- 0,012	- 0,013		- 0,015		- 0,018		- 0,020	
K 6	¹⁾ -	-	- 0,007	- 0,009	- 0,011		- 0,013		- 0,015		- 0,018	
M 8	-	-	- 0,021	- 0,025	- 0,029		- 0,034		- 0,041		- 0,048	
N 8	- 0,015	- 0,020	- 0,025	- 0,030	- 0,036		- 0,042		- 0,050		- 0,058	
N 9	- 0,025	- 0,030	- 0,036	- 0,043	- 0,052		- 0,062		- 0,074		- 0,087	
P 8	- 0,023	- 0,030	- 0,037	- 0,045	- 0,055		- 0,065		- 0,078		- 0,091	
R 6	- 0,017	- 0,020	- 0,025	- 0,031	- 0,037		- 0,045		- 0,054		- 0,066	- 0,069
S 8	- 0,029	- 0,037	- 0,045	- 0,055	- 0,068		- 0,082		- 0,099		- 0,105	- 0,125
T 7	¹⁾ -	-	-	-	-	- 0,054	- 0,064	- 0,070	- 0,085	- 0,094	- 0,113	- 0,126
U 7	- 0,025	- 0,031	- 0,037	- 0,044	- 0,054	- 0,061	- 0,076	- 0,086	- 0,106	- 0,121	- 0,146	- 0,166
X 8	- 0,036	- 0,046	- 0,056	- 0,067	- 0,087	- 0,097	- 0,119	- 0,136	- 0,168	- 0,192	- 0,232	- 0,264
Z 8	- 0,042	- 0,053	- 0,064	- 0,077	- 0,106	- 0,121	- 0,151	- 0,175	- 0,218	- 0,256	- 0,312	- 0,364
ZA 8	¹⁾ -	-	- 0,074	- 0,091	- 0,131	- 0,151	- 0,187	- 0,219	- 0,272	- 0,320	- 0,389	-
ZB 8	- 0,054	- 0,071	- 0,092	- 0,117	- 0,169	- 0,193	- 0,239	- 0,281	- 0,346	-	-	-
ZC 8	- 0,064	- 0,087	- 0,119	- 0,157	- 0,221	- 0,251	¹⁾ -	-	-	-	-	-

1) En este campo de cotas no hay desviaciones.

Las tolerancias J son, a partir de J 9 simétricas con respecto de la línea cero (±)

Tabla ampliada 1 y 2

Desviaciones superiores para ejes.

Tabla 7.II EJES. Desviaciones superiores e inferiores en mm.

		Cotas nominales para ejes, en milímetros.												
más de hasta		1 3	3 6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120
Desviación superior	a	-0,270	-0,270	-0,280	-0,290	-0,300	-0,310	-0,320	-0,340	-0,360	-0,380	-0,410	-0,410	-0,410
	b	-0,140	-0,140	-0,150	-0,150	-0,160	-0,170	-0,180	-0,190	-0,200	-0,220	-0,240	-0,240	-0,240
	c	-0,060	-0,070	-0,080	-0,095	-0,110	-0,120	-0,130	-0,140	-0,150	-0,170	-0,180	-0,180	-0,180
	d	-0,020	-0,030	-0,040	-0,050	-0,065	-0,080	-0,100	-0,110	-0,120	-0,140	-0,160	-0,180	-0,200
	e	-0,014	-0,020	-0,025	-0,032	-0,040	-0,050	-0,060	-0,070	-0,080	-0,100	-0,120	-0,140	-0,160
	f	-0,007	-0,010	-0,013	-0,016	-0,020	-0,025	-0,030	-0,036	-0,040	-0,050	-0,060	-0,072	-0,084
	g	-0,003	-0,004	-0,005	-0,006	-0,007	-0,009	-0,010	-0,012	-0,014	-0,016	-0,018	-0,021	-0,024
	h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación inferior	j 5	-0,001	-0,001	-0,002	-0,003	-0,004	-0,005	-0,007	-0,009	-0,011	-0,013	-0,015	-0,017	-0,019
	j 6	-0,001	-0,001	-0,002	-0,003	-0,004	-0,005	-0,007	-0,009	-0,011	-0,013	-0,015	-0,017	-0,019
	k 5..7	1) -	-	+0,001	+0,001	+0,002	+0,002	+0,002	+0,003	+0,004	+0,005	+0,006	+0,007	+0,008
	k 8..11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	m	+0,002	+0,004	+0,006	+0,007	+0,008	+0,009	+0,011	+0,013	+0,015	+0,017	+0,019	+0,021	+0,023
	n	+0,006	+0,008	+0,010	+0,012	+0,015	+0,017	+0,020	+0,023	+0,026	+0,030	+0,034	+0,038	+0,042
	p	+0,009	+0,012	+0,015	+0,018	+0,022	+0,026	+0,031	+0,036	+0,041	+0,046	+0,051	+0,056	+0,061
	r	+0,012	+0,015	+0,019	+0,023	+0,028	+0,034	+0,041	+0,048	+0,055	+0,062	+0,070	+0,078	+0,086
	s	+0,015	+0,019	+0,023	+0,028	+0,035	+0,043	+0,051	+0,060	+0,069	+0,078	+0,087	+0,096	+0,105
	t	1) -	-	-	-	-	+0,041	+0,048	+0,054	+0,066	+0,075	+0,091	+0,104	+0,117
	u	+0,018	+0,023	+0,028	+0,033	+0,041	+0,048	+0,060	+0,070	+0,087	+0,102	+0,124	+0,144	+0,164
	(v)	1) -	-	-	+0,039	+0,047	+0,055	+0,068	+0,081	+0,102	+0,120	+0,146	+0,172	+0,198
	x	+0,022	+0,028	+0,034	+0,040	+0,045	+0,054	+0,064	+0,080	+0,097	+0,122	+0,146	+0,178	+0,210
	(y)	1) -	-	-	-	+0,063	+0,075	+0,094	+0,114	+0,144	+0,174	+0,214	+0,254	+0,294
	z	+0,028	+0,035	+0,042	+0,050	+0,060	+0,073	+0,088	+0,112	+0,136	+0,172	+0,210	+0,258	+0,310

Los ejes v e y han de evitarse, a ser posible. Las tolerancias j 8 hasta j 16 no están fijadas para ajustes. Las tolerancias j son, a partir de j8, simétricas respecto de la línea cero (±).

1) En este campo de cotas no hay desviaciones para	k 5	k 6	k 7	m 7	t 5	t 6	t 7	v 5	v 6	v 7	y 6	y 7
úsense en su lugar las desviaciones de	j 5	j 6	j 7	n 7	u 5	u 6	u 7	x 5	x 6	x 7	z 6	z 7

Ajustes recomendados

- ISO no fija ninguna pareja eje-agujero. En principio, cualquier pareja es posible.
- Es muy difícil que una misma industria disponga de todos los calibres necesarios. ISO recomienda los de la tabla.
- Familias de ajuste: conjuntos de ajustes que en el sistema de agujero único (eje único) tienen el mismo agujero (el mismo eje), p. ej. H7 (h9).

Tabla 7.IV Familias de Ajustes ISO recomendados

Agujero único			Eje único		
Agujero ISO	con Eje ISO	Tipo de ajuste	Eje ISO	con Agujero ISO	Tipo de ajuste
H6	g5 h5	con juego	h5	G6 H6	con juego
	j6 j5 k6 k5 m5 n5	intermedio		J6 K6 M6 N6	intermedio
	p5 r5 s5 t5 u5	con aprieto		P6 R6 S6 T6 U6	con aprieto
H7	f7 f6 g6 h6	con juego	h6	F8 F7 G7 H7	con juego
	j6 k6 m6 n6	intermedio		J7 K7 M7 N7	intermedio
	p6 r6 s6 t6 u6 x6 z6 za6	con aprieto		P7 R7 S7 T7 U7 X7 Z7 ZA7	con aprieto
H8	d9 e8 f7 h9 u8 x8	con juego	h9	C11 D10 E9 F8 H11 H8	con juego
H11	a11 b12 b11 c11 d11 d9 h11 h9	con juego	h11	A11 B12 B11 C11 D11 D10 D9 H11 H9	con juego
	x11 z11 za11 zb11 zc11	con aprieto		X11 Z11 ZA11 ZB11 ZC11	con aprieto

Tolerancias Geométricas

- Las tolerancias geométricas afectan a la **forma** y **posición** de un elemento determinado.
- Pueden ser tolerancias de forma ó tolerancias de posición.
- **Las tolerancias de forma** afectan a la forma de una línea o de una superficie.
- **Las tolerancias de posición** indican la tolerancia permitida en la posición relativa de los elementos en la pieza.
- Se deben **especificar únicamente** cuando son **imprescindibles** para asegurar la aceptabilidad y validez de la pieza respecto a su funcionamiento previsto y su finalidad.

Símbolos de las tolerancias geométricas

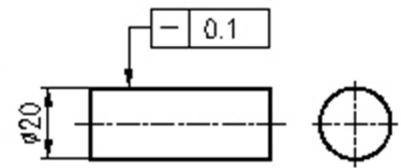
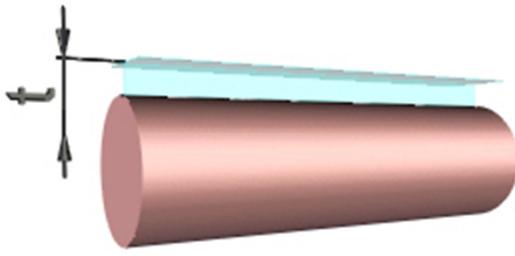
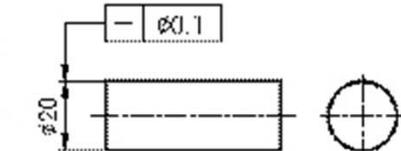
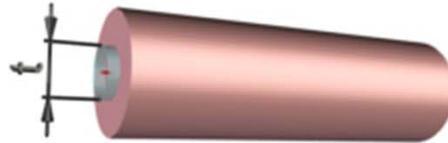
Estos símbolos se clasifican según:

- si los elementos son aislados
- si los elementos están asociados

SIMBOLOS DE LAS TOLERANCIAS		
TOLERANCIA		Simb
TOLERANCIAS DE FORMA	RECTITUD	—
	PLANICIDAD	▭
	REDONDEZ	○
	CILINDRICIDAD	⊘
	FORMA DE UNA LINEA	⌒
	FORMA DE UNA SUPERFICIE	Ⓧ

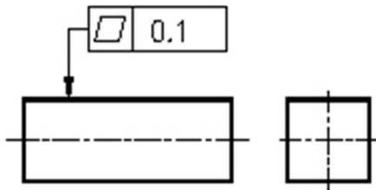
SIMBOLOS DE LAS TOLERANCIAS		
TOLERANCIA		Simb
ORIENTACION	PARALELISMO	//
	PERPENDICULARIDAD	⊥
	INCLINACION	∠
SITUACION	POSICION	⊕
	COAXIALIDAD	⊙
	SIMETRIA	≡
OSCILACION	CIRCULAR	↗
	TOTAL	↗↘

Tolerancia de rectitud

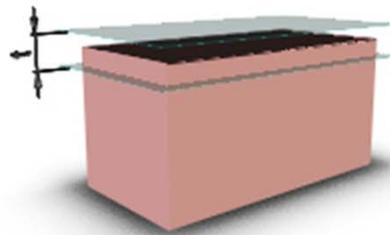
Indicación en dibujos	Zona de tolerancia	Interpretación
		<p>La superficie se considera plana cuando está totalmente comprendida entre dos planos paralelos separados entre si la tolerancia</p>
		<p>Cualquier generatriz del cilindro se considera recta cuando está totalmente incluida entre dos planos paralelos separados entre si la tolerancia</p>

Tolerancia de planicidad

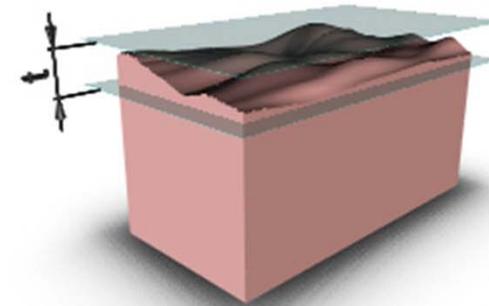
Indicación en dibujos



Zona de tolerancia



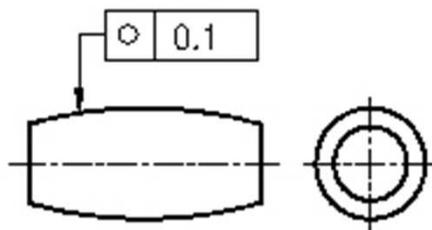
Interpretación



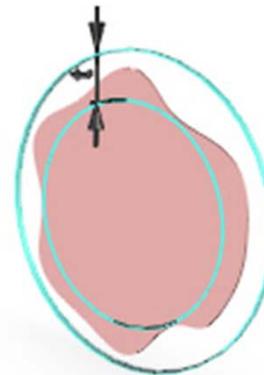
La superficie se considera plana cuando está totalmente comprendida entre dos planos paralelos separados entre si la tolerancia

Tolerancia de redondez

Indicación en dibujos



Zona de tolerancia



Interpretación

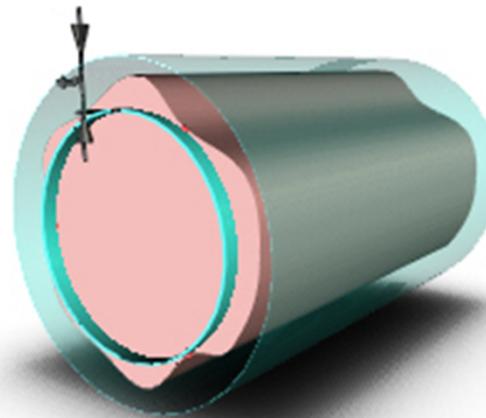
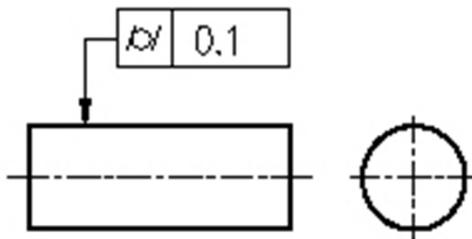
Una sección recta cualquiera de la figura se considera redonda cuando está totalmente comprendida en una corona circular con una diferencia de radios igual a la tolerancia

Tolerancia de cilindridad

Indicación en dibujos

Zona de tolerancia

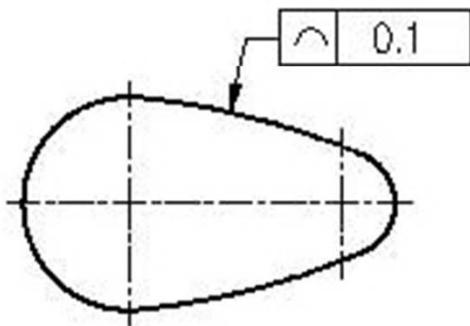
Interpretación



La superficie exterior del cilindro se considera cilíndrica cuando está totalmente comprendida entre dos cilindros coaxiales con una diferencia de radios entre sí igual a la tolerancia.

Tolerancia de forma de línea

Indicación en dibujos



Zona de tolerancia



Interpretación

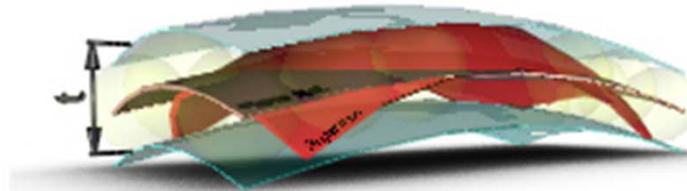
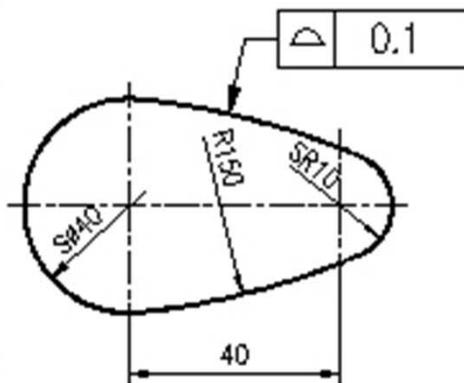
El contorno de la pieza tiene la forma nominal cuando está totalmente comprendido entre dos contornos envolventes de círculos con centros situados sobre el contorno nominal y de diámetro la tolerancia.

Tolerancia forma de superficie

Indicación en dibujos

Zona de tolerancia

Interpretación



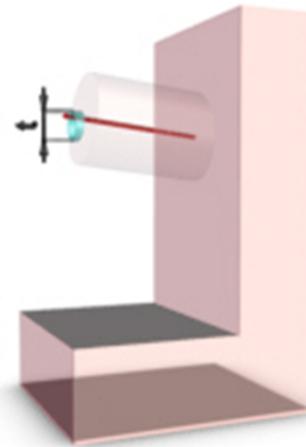
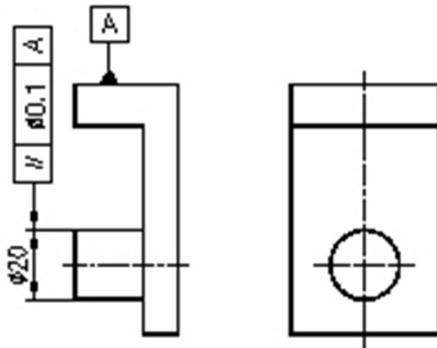
Una superficie se considera que tiene la forma especificada cuando está totalmente comprendida entre dos superficies envolventes de esferas con centros situados sobre la superficie nominal y de diámetro la tolerancia

Tolerancia de paralelismo

Indicación en dibujos

Zona de tolerancia

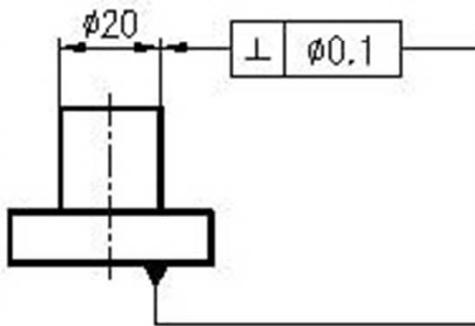
Interpretación



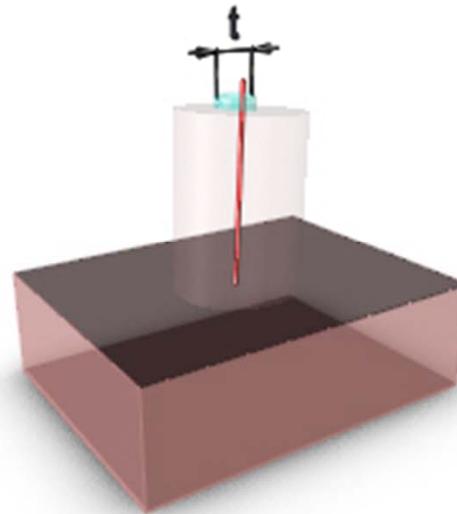
El eje del elemento es paralelo al plano de referencia cuando está situado dentro de un cilindro de eje coincidente con el nominal y diámetro la tolerancia

Tolerancia de perpendicularidad

Indicación en dibujos



Zona de tolerancia



Interpretación

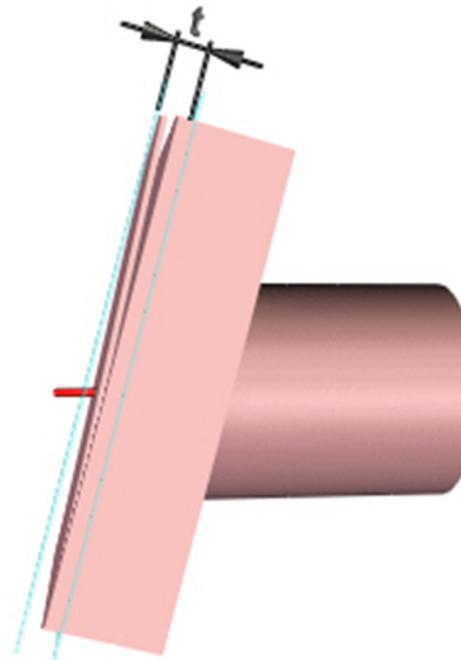
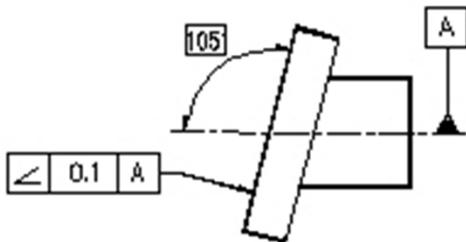
El eje del elemento es perpendicular al plano de referencia cuando está situado dentro de un cilindro de eje coincidente con el nominal y diámetro la tolerancia

Tolerancia de inclinación

Indicación en dibujos

Zona de tolerancia

Interpretación



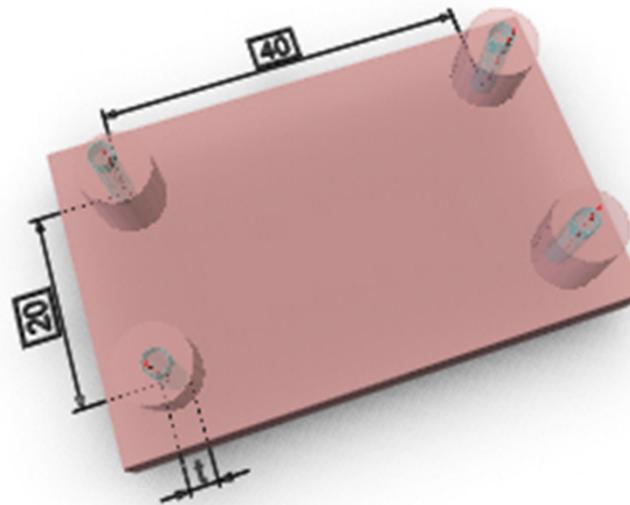
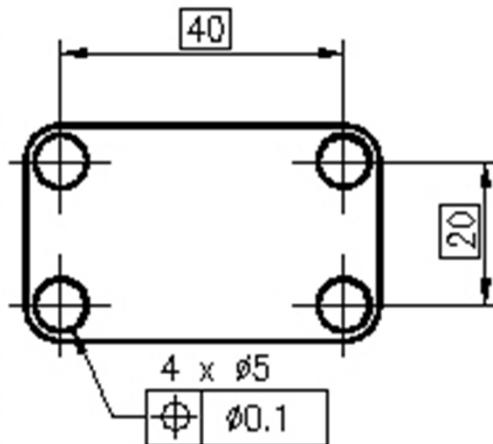
El plano debe estar situado entre dos planos paralelos entre sí, separados la tolerancia y que forman un ángulo respecto al eje de referencia igual a la cota recuadrada especificada.

Tolerancia de posición

Indicación en dibujos

Zona de tolerancia

Interpretación



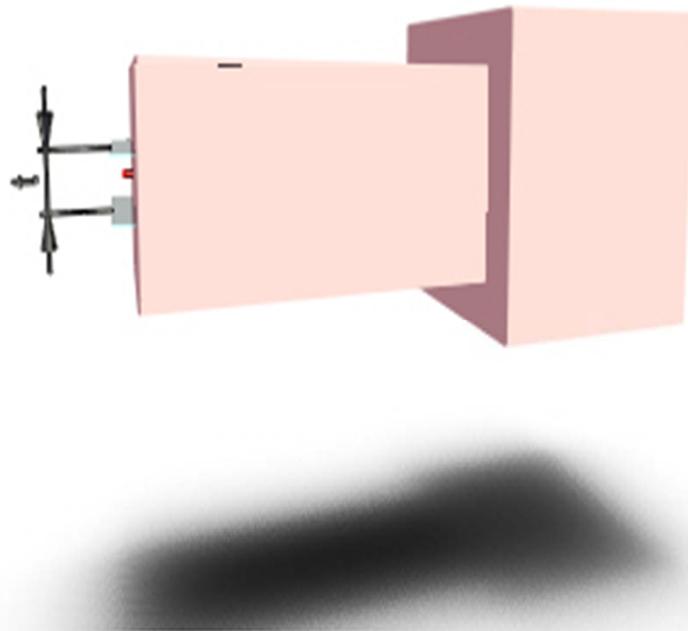
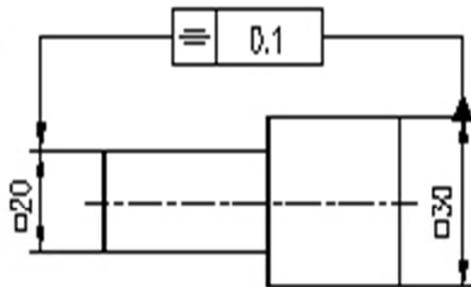
El eje de cada taladro debe estar situado dentro de un cilindro de diámetro igual a la tolerancia y eje situado en las posiciones "teóricamente exactas".

Tolerancia de simetría

Indicación en dibujos

Zona de tolerancia

Interpretación



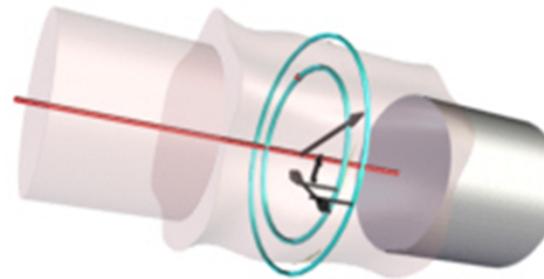
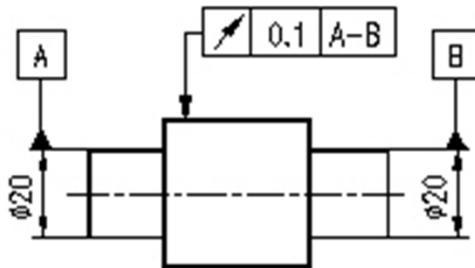
El plano medio de los elementos definidos por la cota es simétrico respecto al plano de referencia cuando está comprendido entre dos planos paralelos, simétricos respecto a la referencia y separados la tolerancia.

Tolerancia de oscilación

Indicación en dibujos

Zona de tolerancia

Interpretación



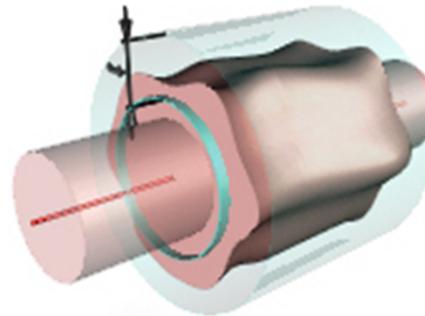
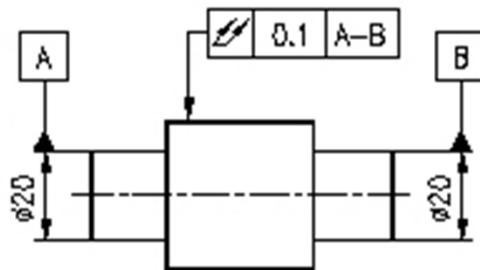
Una sección recta cualquiera de la figura se considera redonda cuando está totalmente comprendida en una corona circular con una diferencia de radios igual a la tolerancia

Tolerancia de oscilación total

Indicación en dibujos

Zona de tolerancia

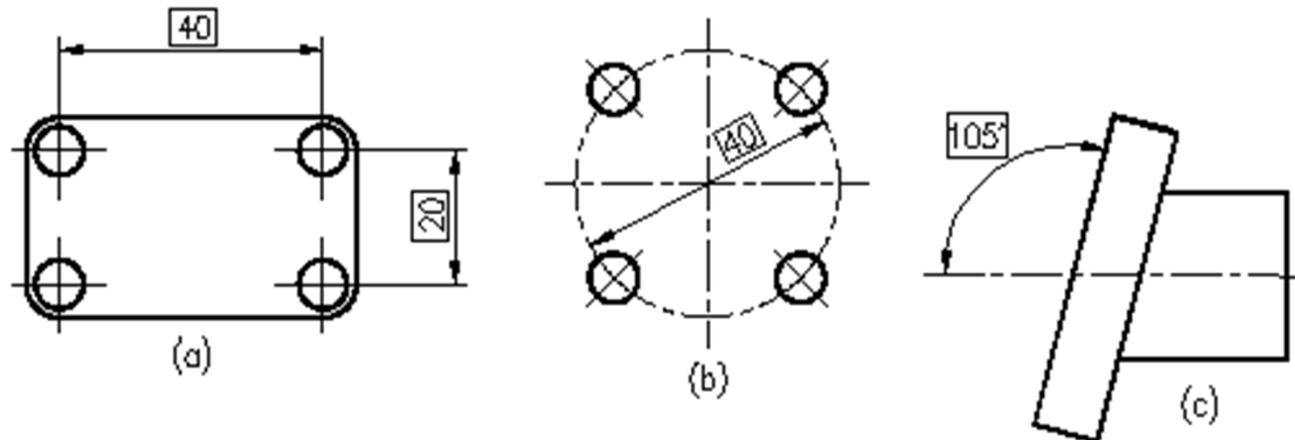
Interpretación



Una sección recta cualquiera de la figura se considera redonda cuando está totalmente comprendida en una corona circular con una diferencia de radios igual a la tolerancia

Cotas teóricamente exactas

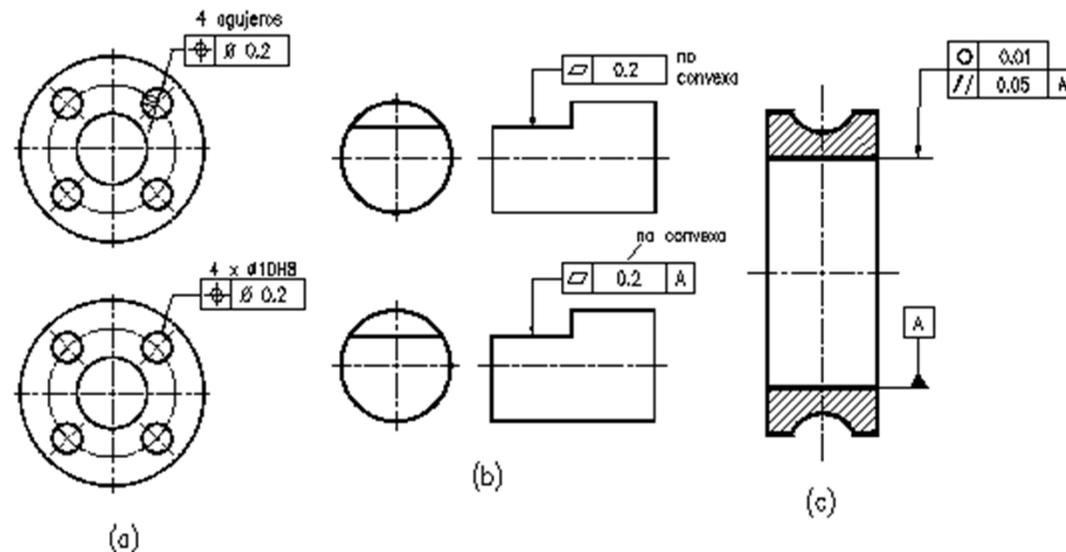
- Estas cotas sitúan las posiciones nominales de las zonas de tolerancia correspondientes a tolerancias de posición, forma de una línea u orientación.
- Las cotas teóricamente exactas y que, por lo tanto, no son objeto de tolerancias geométricas se colocan rodeadas de un recuadro. El recuadro se hace con línea fina.



Rectángulo de tolerancia

Los cuadros se rellenan de izquierda a derecha por el siguiente orden:

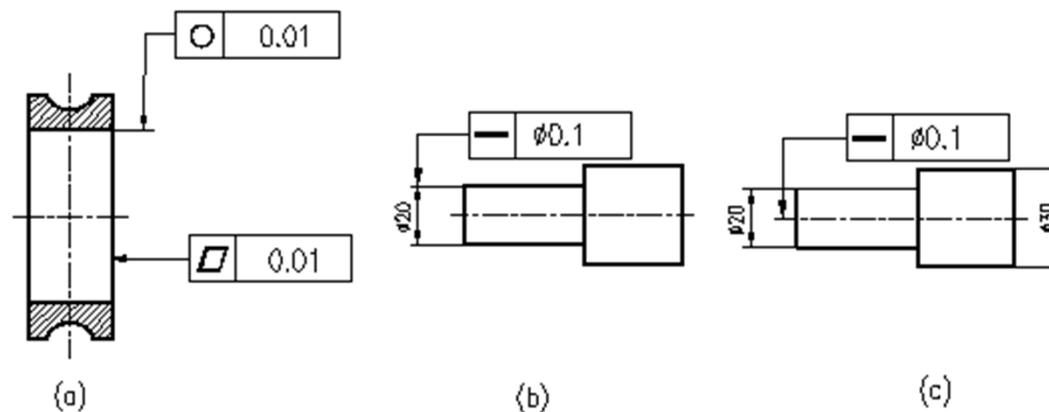
- En la primera casilla se sitúa el símbolo de la tolerancia Visto en la página Símbolos
- En la segunda casilla se coloca el valor de la tolerancia (valor total) en las unidades utilizadas para la acotación lineal (normalmente mm.). Este valor irá precedido por el signo f si la zona de tolerancia es circular ó cilíndrica, o por la indicación "esfera f " si la zona de tolerancia es esférica.
- En la tercera casilla se colocará opcionalmente, la letra o letras que identifiquen el elemento o elementos de referencia (un eje, un plano medio, una superficie, etc.).



Rectángulo de tolerancia

El rectángulo de tolerancia se une al elemento al que se refiere la tolerancia, mediante una línea terminada en una flecha con la punta en las siguientes posiciones (ver figura siguiente):

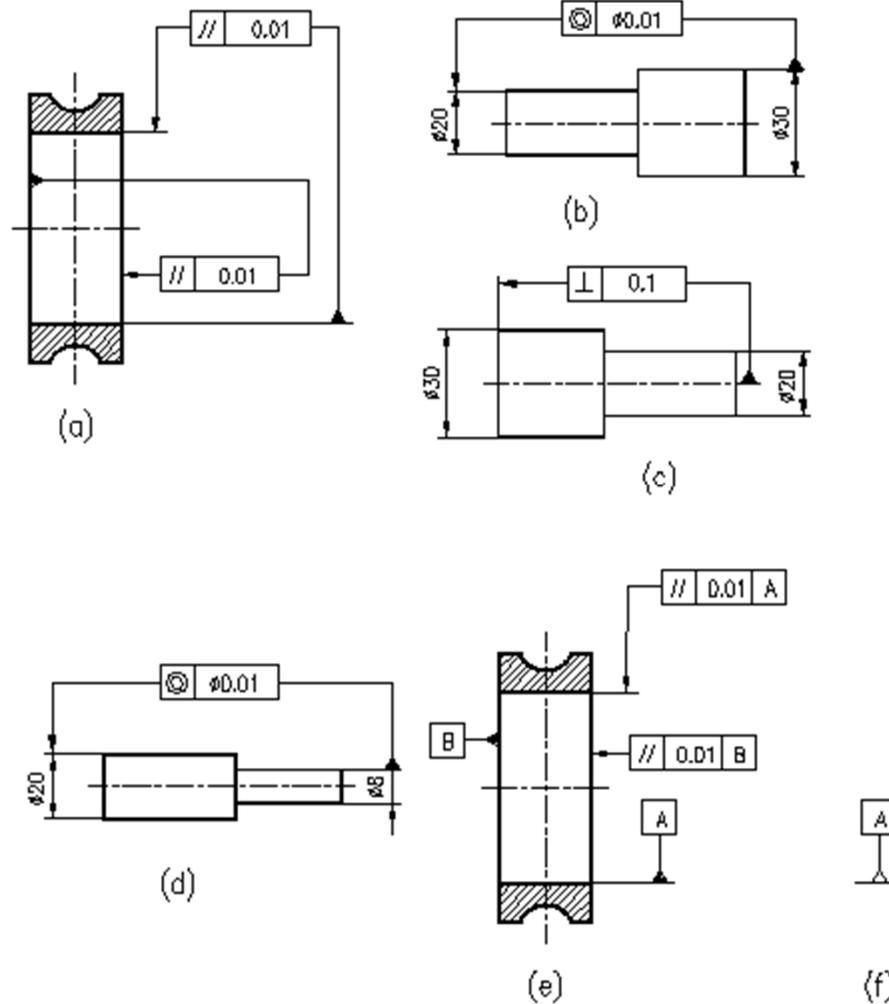
- Sobre el contorno del elemento o una prolongación del contorno (pero no sobre una línea de cota), cuando la tolerancia se refiere a la línea o a la propia superficie
- Sobre la prolongación de la línea de cota, cuando la tolerancia se refiere al eje o plano medio de la pieza
- Sobre el eje cuando la tolerancia se refiere al eje o plano medio de todos los elementos comunes a este eje o plano medio



Referencias de las tolerancias

- El **elemento de referencia** es aquel al que se remiten las **tolerancias de orientación y posición**.
- Las referencias son elementos de una pieza (aristas, superficies, ejes, etc.) que sirven para establecer la situación de los demás elementos. La forma de las referencias debe ser lo suficiente exacta como para que puedan ser consideradas como tales. Los elementos de referencia se deben elegir teniendo en cuenta la función de la pieza.
- Se denomina **referencia especificada** a una forma geométrica teóricamente exacta respecto a la que se refieren los elementos a los que se aplican las tolerancias.
- Se denomina **elemento de referencia** al elemento real de una pieza que se utiliza para determinar la posición de una referencia especificada.

Referencias de las tolerancias



Tolerancias geométricas y dimensionales

■ Las tolerancias dimensionales:

- controlan medidas o dimensiones de una pieza
- **no** controlan ni la **forma**, ni la **posición**, ni la **orientación** que tengan los elementos a los que se aplica la tolerancia dimensional.

■ Las tolerancias geométricas:

- controlan la forma, posición u orientación de los elementos a los que se aplican, pero no sus dimensiones.

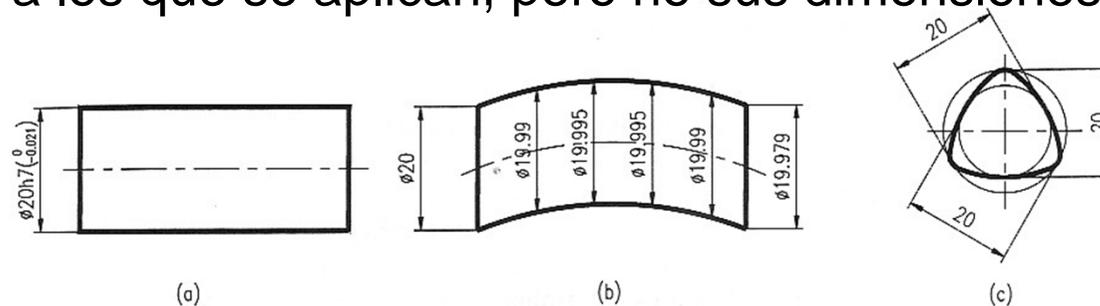


FIGURA 9.1. (a) Especificación de tolerancias dimensionales en un cilindro. (b) Dimensiones de una pieza fabricada con errores de rectitud. (c) Dimensiones de una pieza fabricada con defectos de redondez.

La UNE 1-149 (ISO 8015) "*Principio de tolerancias fundamentales*" establece el principio de relación entre tolerancias dimensionales y geométricas mediante el **requisito de la envolvente**, el **principio de máximo material** o el de **mínimo material**.

Definiciones

■ Condición de máximo y mínimo material

Una pieza está en su **condición de máximo material (C.M.M.)** cuando la pieza contiene la máxima cantidad de material que permite la tolerancia dimensional considerada.

■ **Elemento macho:** la condición de máxima cantidad de material se da cuando su dimensión es máxima (Diámetro Máximo).

■ **Elemento hembra:** la condición de máximo material se dará cuando la dimensión sea mínima (Diámetro Mínimo).

Un elemento está en su **condición de mínimo material** cuando la menor cantidad de material posible

■ Medida virtual

La *medida virtual* será

$M.V. = CMM \pm Tol.$ geométrica establecida para ese control

Principio de la envolvente

El requisito de la envolvente exige que **la envolvente de forma perfecta en condición de máximo material no se sobrepase.**

Afecta únicamente a tolerancias de forma y establece una forma límite del elemento para unos valores determinados de las tolerancias dimensionales (los que corresponden a máximo material) de manera que esta especificación determina la forma extrema que puede tener el elemento.

Sólo afecta a tolerancias de forma del elemento.

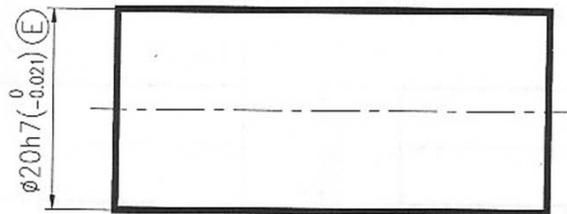


FIGURA 9.5. Indicación del requisito de envolvente.

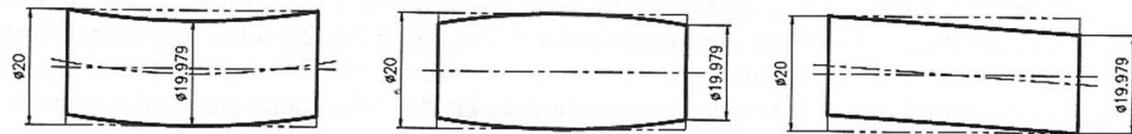


FIGURA 9.6. Desviaciones de forma permitidas.

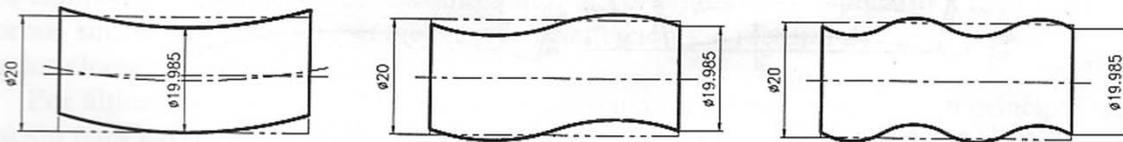


FIGURA 9.7. Piezas que no cumplen con el requisito de envolvente especificado.

Principio de máximo material (PMM)

El PMM pretende unas condiciones de diseño que aseguren el montaje de dos piezas que deben acoplar entre sí. A partir de las tolerancias dimensionales de las piezas determina los valores de tolerancias geométricas que garantizan el montaje de las piezas y abaratan la fabricación y el proceso de verificación.

El PMM establece unas condiciones de montaje específicas que corresponden a las más desfavorables:

- Condiciones de Máximo Material
- Errores de forma y posición máximos

Principio de máximo material (PMM)

El PMM se aplica a:

- ejes
- planos medios de elementos afectados de tolerancias de rectitud, orientación y situación,
es decir, se aplica a
 - tolerancias de rectitud
 - tolerancias de paralelismo
 - tolerancias de inclinación
 - tolerancias de posición
 - tolerancias de coaxialidad
 - tolerancias de simetría de ejes y planos medios de elementos que acoplan.

No puede ser aplicado a

- superficies planas o líneas sobre superficies con respecto a las tolerancias anteriores,
- en ningún caso, a tolerancias de planicidad, redondez, cilíndricidad, forma de línea, forma de superficie u oscilación.

Principio de mínimo material

- Tiene especial aplicación para establecer los espesores mínimos de las piezas o de dimensiones de huecos máximas que garanticen la resistencia mecánica.

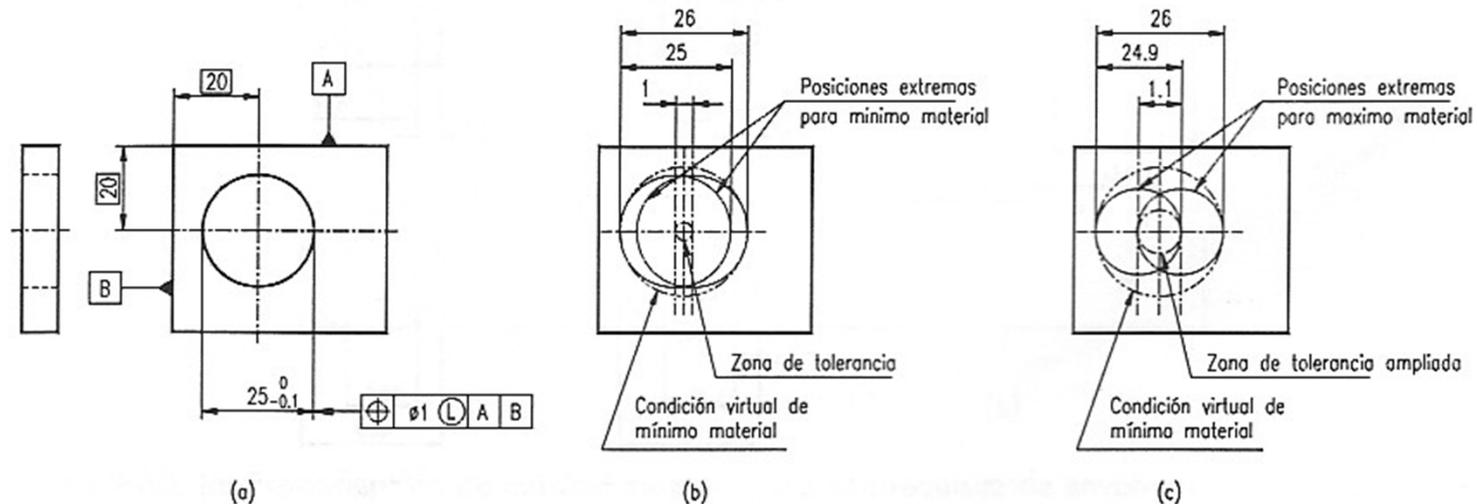
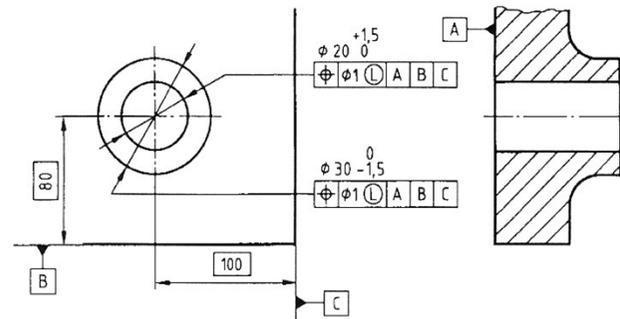
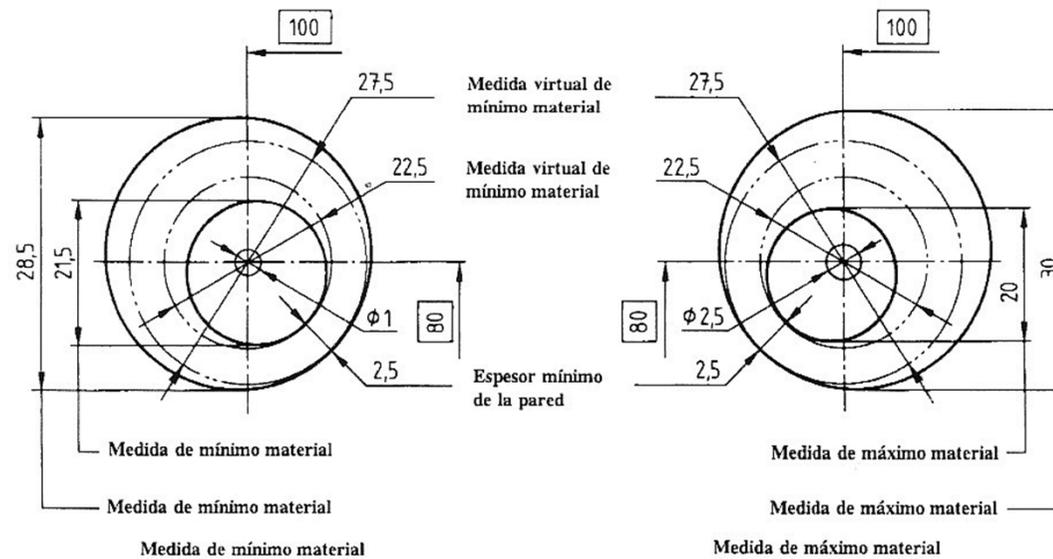


FIGURA 9.26. Requisito de mínimo material aplicado a un elemento hueco.

PmM, espesor mínimo de pared

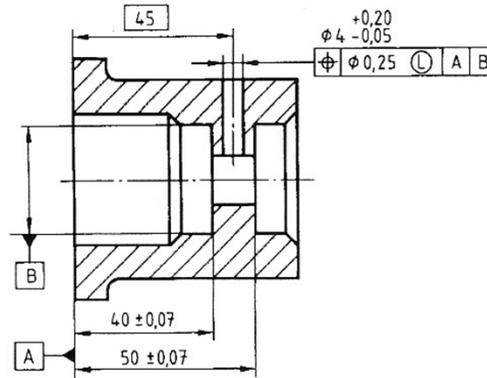


a) Indicación en el dibujo

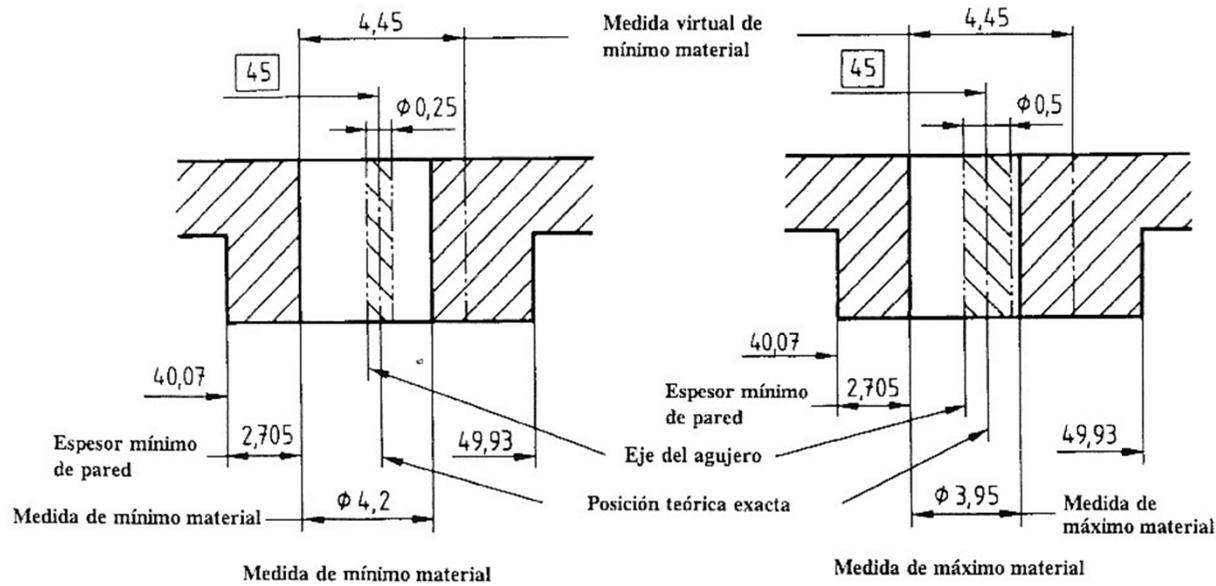


b) Interpretación del dibujo

PmM, espesor mínimo de pared



a) Indicación en el dibujo



b) Interpretación del dibujo

Requisito de envolvente y PMM

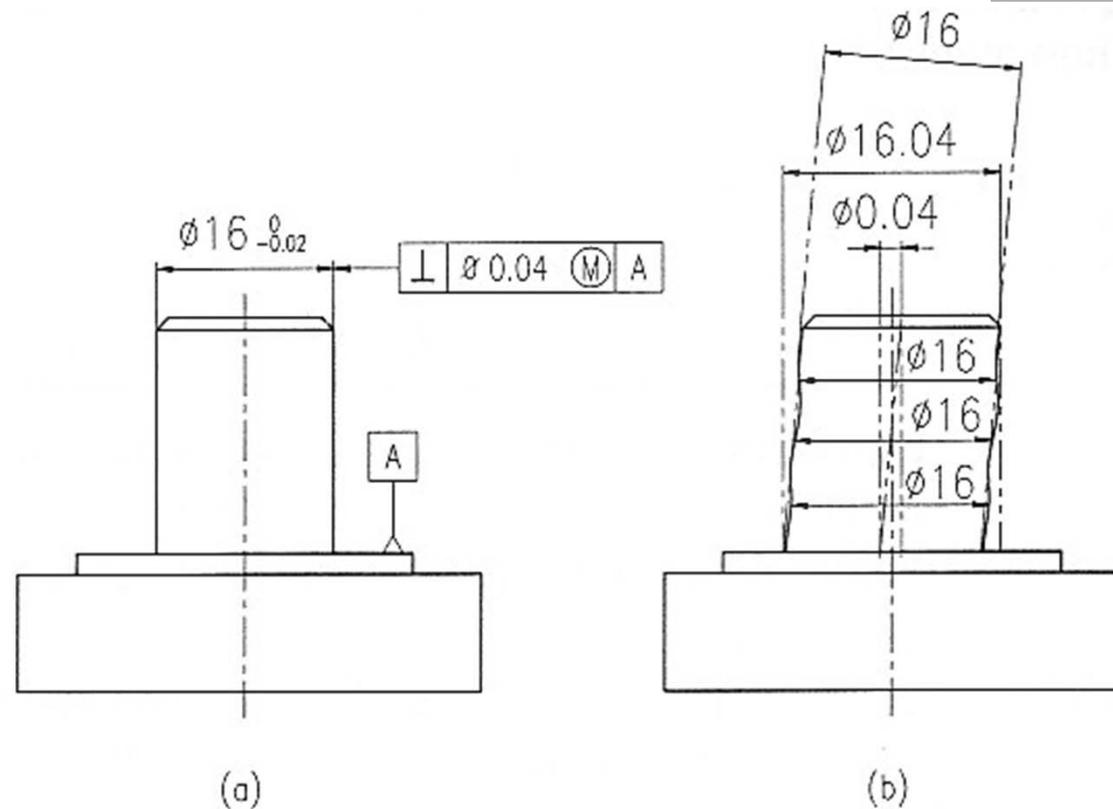


Figura 9.29. (a) Especificación de máximo material. (b) Interpretación de la especificación.

Requisito de envolvente y PMM

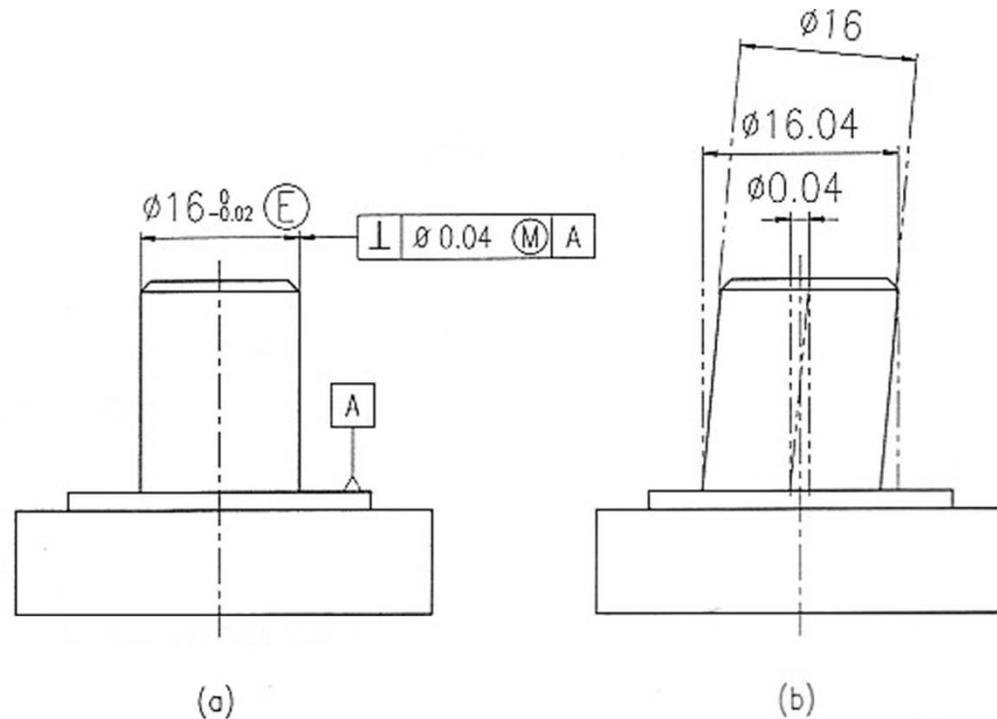


FIGURA 9.30. (a) Especificación de máximo material junto con requisito de envolvente. (b) Interpretación de las especificaciones.