

# **OPERACIONES BÁSICAS DE MECANIZADO**





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

- Normalización.
- Tolerancias:
  - Dimensionales
    - Conceptos básicos.
    - Ajustes.
    - Representación de las tolerancias.
    - Sistemas de ajustes.
  - Geométricas
    - Representación.
    - Tipos.
- Acabados superficiales:
  - Conceptos previos.
  - Representación de la rugosidad.
  - Clases de rugosidad.



## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

**Normalización:** el resultado de la normalización es la creación de diferentes normas para la realización de las mismas piezas o productos independientemente de quien o donde se fabriquen.

La normalización favorece el progreso técnico, el desarrollo económico y con ello la mejora de la calidad de vida.

Existen diferentes tipos de normas, la mundial (ISO), la española (UNE) la alemana (DIN)...





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

**Tolerancias dimensionales:** Dado que es imposible la fabricación de una pieza con un valor exacto, se establecerá un rango de medidas donde daremos por correcto el trabajo.

En fabricación mecánica se toma como unidad de medida para las tolerancias, las micras ( $\mu\text{m}$ .)



## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

**Tolerancias dimensionales:** Conceptos básicos.

Eje: es cualquier objeto que se pueda insertar dentro de otro.

Puede ser cilíndrico o prismático.

Agujero: Es la zona capaz de albergar un eje.

Medida nominal ( $M_n$ ): Es el valor que se representa en la cotas.

Medida efectiva: es la medida obtenida en la medición.

Medida máxima ( $M_{max}$ ): Es el valor máximo que puede alcanzar la pieza en su fabricación para ser considerada buena.

Medida mínima ( $M_{min}$ ): Es el valor mínimo que puede alcanzar la pieza en su fabricación para ser considerada buena.



## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

Diferencia superior ( $d_s$ ): Es la diferencia entre la medida máxima y la medida nominal.

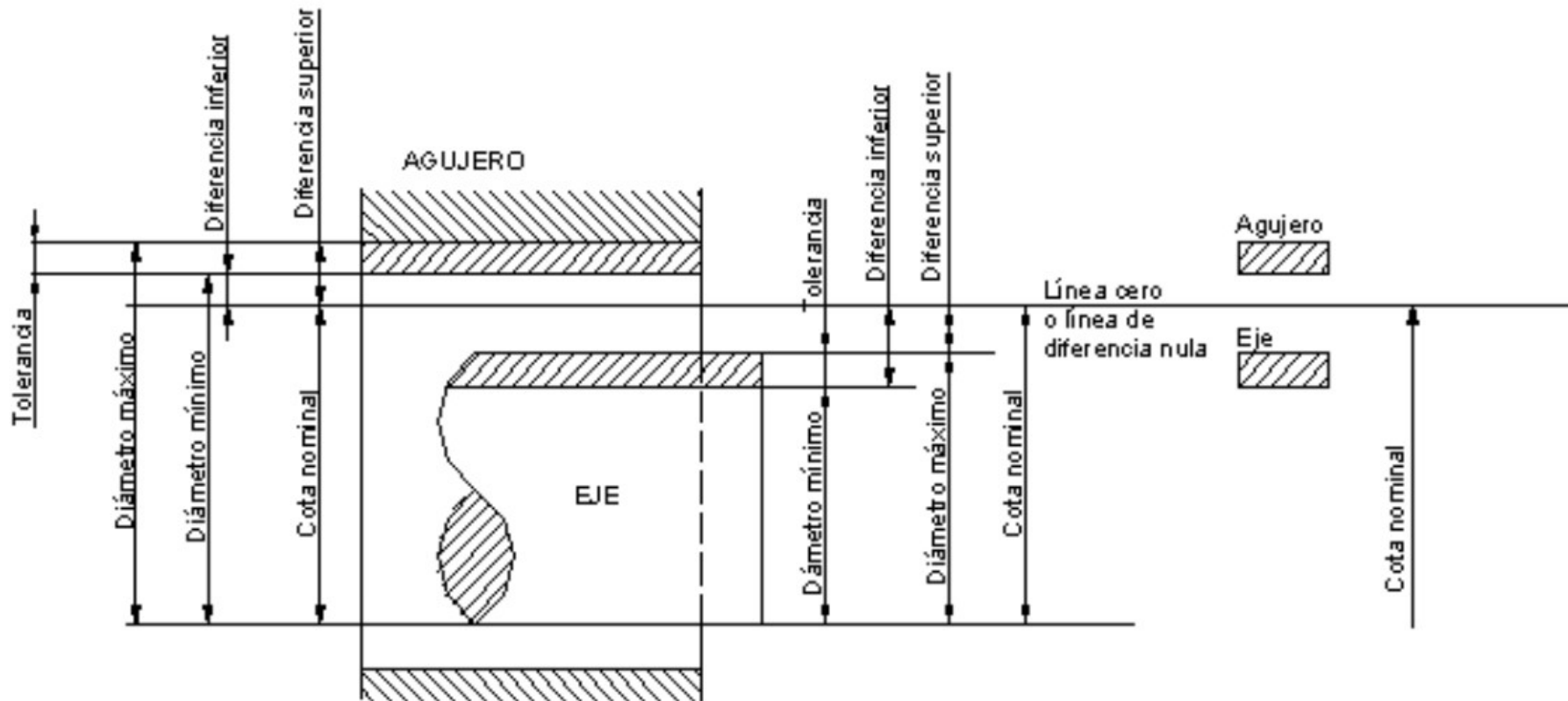
Diferencia inferior ( $d_i$ ): Es la diferencia entre la medida mínima y la medida nominal.

Tolerancia: es el intervalo total de error que podemos cometer a la hora de fabricar una pieza.

$$T = M_{\max} - M_{\min} = d_s - d_i.$$



## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

### **Tolerancias dimensionales:** Ajustes.

Dependiendo de las combinaciones de los valores de las tolerancias del eje y del agujero podemos tener los siguientes tipos ajustes:

Ajustes con juego: En este tipo de ajuste, **siempre** existe juego entre el eje y el agujero. La unión se realiza sin dificultad. Podemos calcular:

Juego máximo ( $J_{\max}$ ):  $J_{\max} = M_{\max \text{ agujero}} - M_{\min \text{ eje}}$

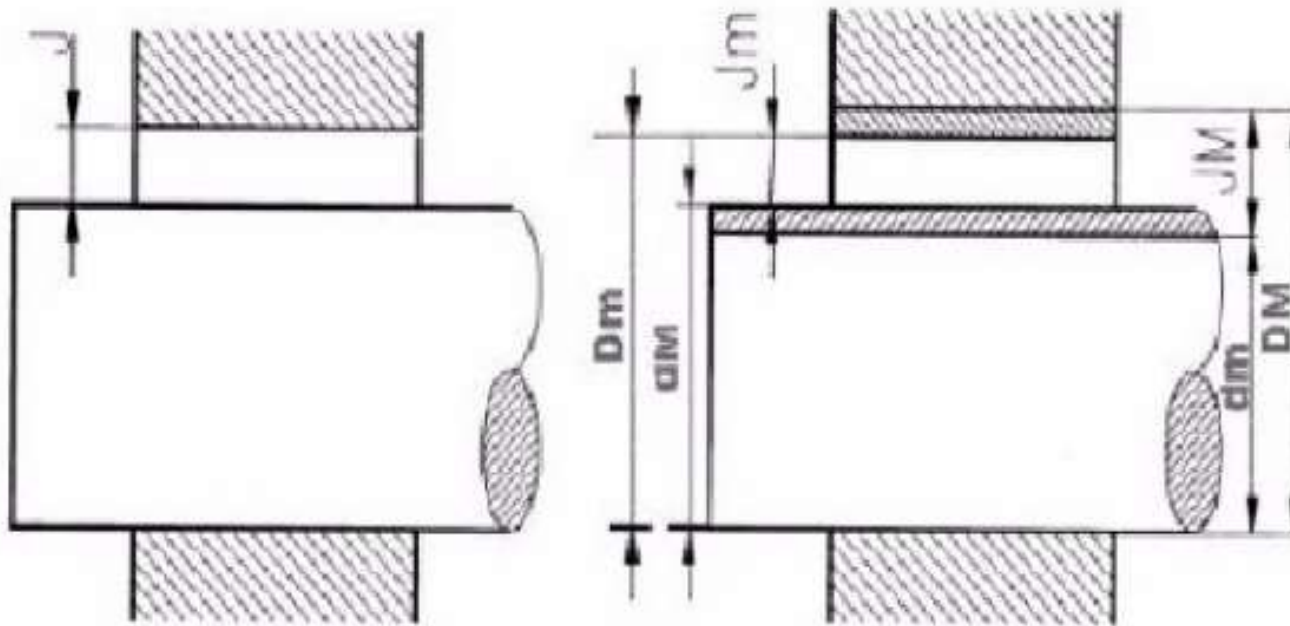
Juego mínimo ( $J_{\min}$ ):  $J_{\min} = M_{\min \text{ agujero}} - M_{\max \text{ eje}}$





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

# AJUSTE MÓVIL o con Juego





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

Ajustes con aprieto: En este tipo de ajuste, **nunca** existe juego entre el eje y el agujero. La unión será forzosa, utilizando para ello una prensa o una maza. Podemos calcular:

Aprieto máximo ( $A_{max}$ ):  $A_{max} = M_{max \text{ eje}} - M_{min \text{ agujero}}$

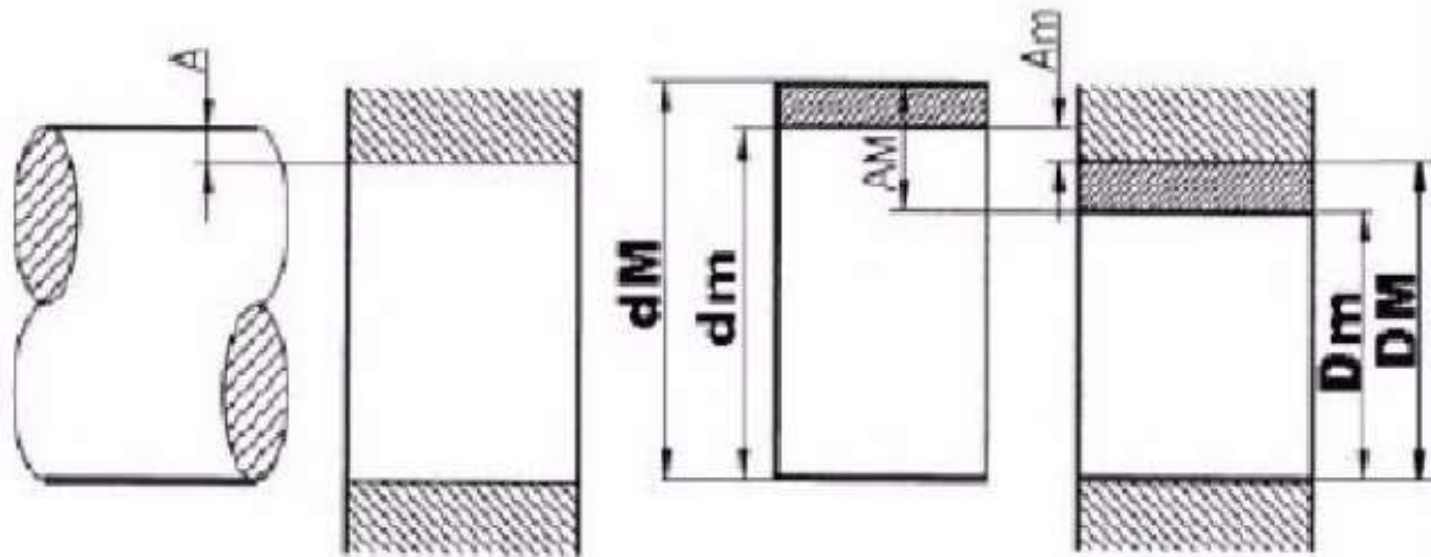
Aprieto mínimo ( $A_{min}$ ):  $A_{min} = M_{min \text{ eje}} - M_{max \text{ agujero}}$

Ajuste indeterminado: Las tolerancias del eje y del agujero van a permitir las dos opciones, que haya juego o que haya aprieto.



## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

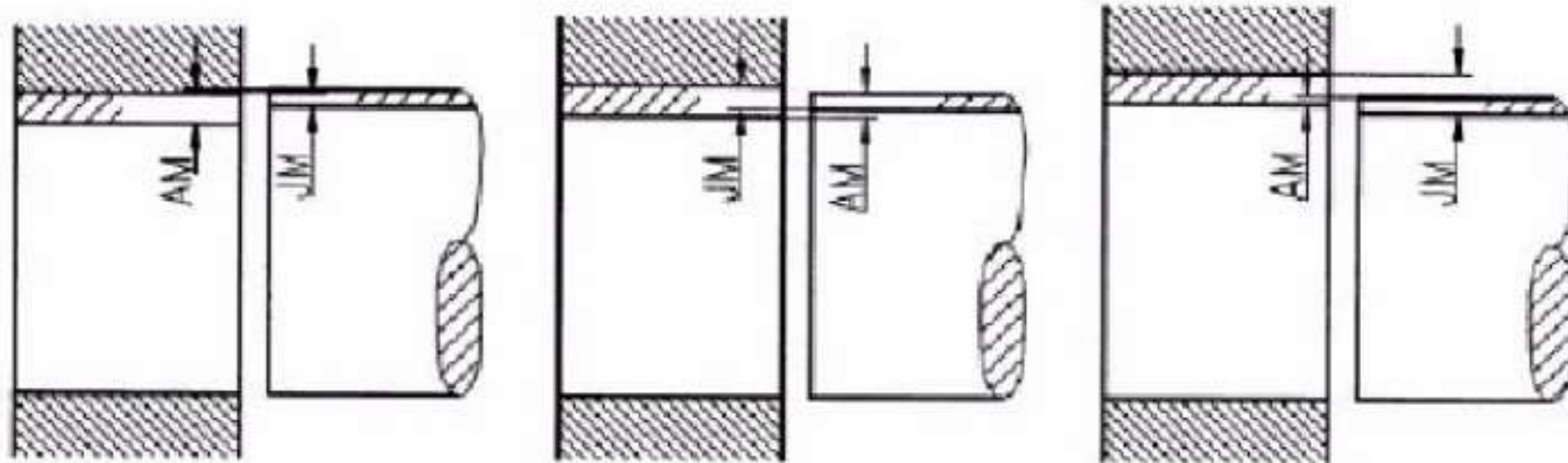
### AJUSTE FIJO o con Aprieto





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

# AJUSTE INDETERMINADO





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

Representación de las tolerancias:

Las tolerancias están representadas según unos valores que debemos conocer:

- Calidad de la tolerancia: Existen 20 calidades de tolerancias las cuales nos indican el intervalo de medidas que va a poder adquirir una determinada dimensión.
- Posición de la tolerancia: con ella se especifica la situación de la diferencia más cercana a la línea de referencia. Estas posiciones se clasifican según la norma ISO.





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

Representación de las tolerancias:

Calidad de la tolerancia:

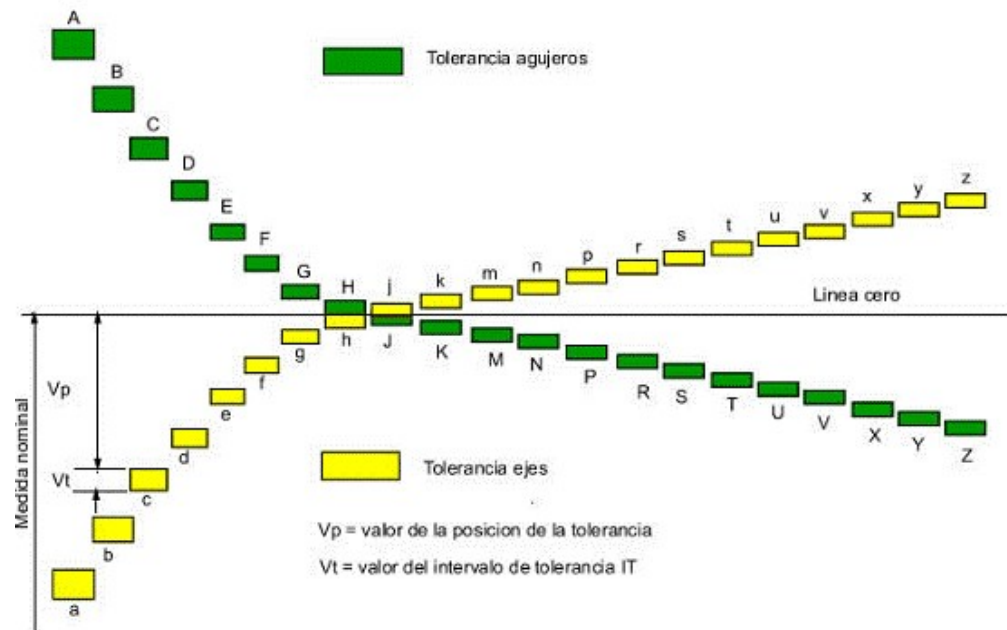
Grupos de Diámetros (mm)	CALIDADES																	
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
$d \leq 3$	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$3 < d \leq 6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$6 < d \leq 10$	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				



## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

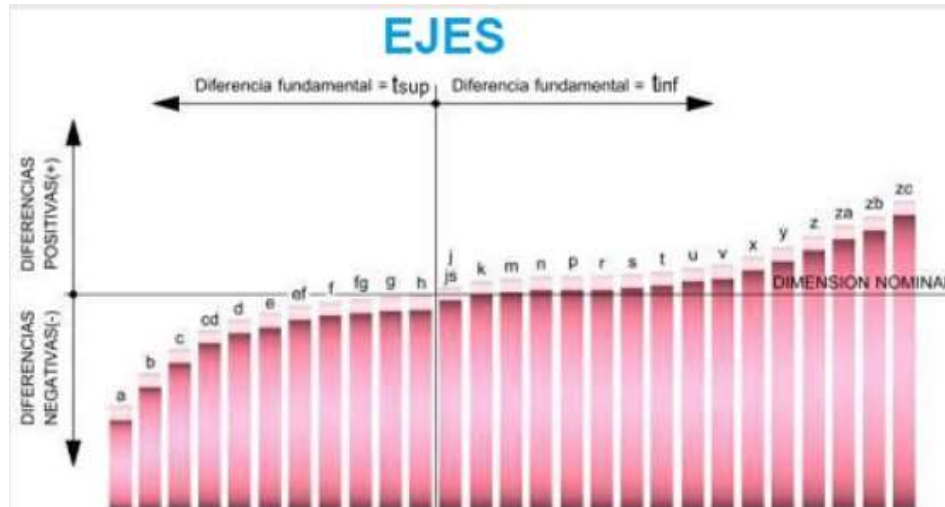
Representación de las tolerancias:

Posición de la tolerancia: La posición de la tolerancia se indica con letras. Éstas serán en minúsculas para los ejes y serán en mayúsculas para los agujeros.





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.



Las minúsculas para los ejes:

- Posiciones de a - h → diferencia superior  $t_{sup}$  en tabla →  $t_{inf} = t_{sup} - t$
- a, b, c, cd, e, ef, f, fg, g → "t<sub>sup</sub>" negativa, y va disminuyendo por ese orden en valor absoluto
- Posiciones de j - zc → diferencia inferior  $t_{inf}$  en tabla →  $t_{sup} = t_{inf} + t$
- k, m, n, p, r, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc → "t<sub>inf</sub>" positiva.

Posición	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j			k	
Calidad												5 y 6	7	8	>4 y ≤ 7	<4 y >7
Diferencia fundamental	Diferencia superior $t_{sup}$											Diferencia inferior $t_{inf}$				
$m \leq 3$	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	-6	0	0
$3 < m \leq 6$	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-4	-	+1	0
$6 < m \leq 10$	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-2	-5	-	+1	0
$10 < m \leq 14$	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0	-3	-6	-	+1	0
$14 < m \leq 18$																
$18 < m \leq 24$	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0	-4	-8	-	+2	0
$24 < m \leq 30$																
$30 < m \leq 40$	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	9	0	-5	-10	-	+2	0
$40 < m \leq 50$	-320	-180	-130													
$50 < m \leq 65$	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0	-7	-12	-	+2	0
$65 < m \leq 80$	-360	-200	-150													
$80 < m \leq 100$	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0	-9	-15	-	+3	0
$100 < m \leq 120$	-410	-240	-180													
$120 < m \leq 140$	-460	-260	-200													
$140 < m \leq 160$	-520	-280	-210	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	-11	-18	-	+3	0
$160 < m \leq 180$	-580	-310	-230													
$180 < m \leq 200$	-660	-340	-240													
$200 < m \leq 225$	-740	-380	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	-13	-21	-	+4	0
$225 < m \leq 250$	-820	-420	-280													
$250 < m \leq 280$	-920	-460	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	-16	-26	-	+4	0
$280 < m \leq 315$	-1050	-540	-330													
$315 < m \leq 355$	-1200	-600	-360	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-18	-28	-	+4	0
$355 < m \leq 400$	-1350	-680	-400													
$400 < m \leq 450$	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-20	-32	-	+5	0
$450 < m \leq 500$	-1650	-840	-480													

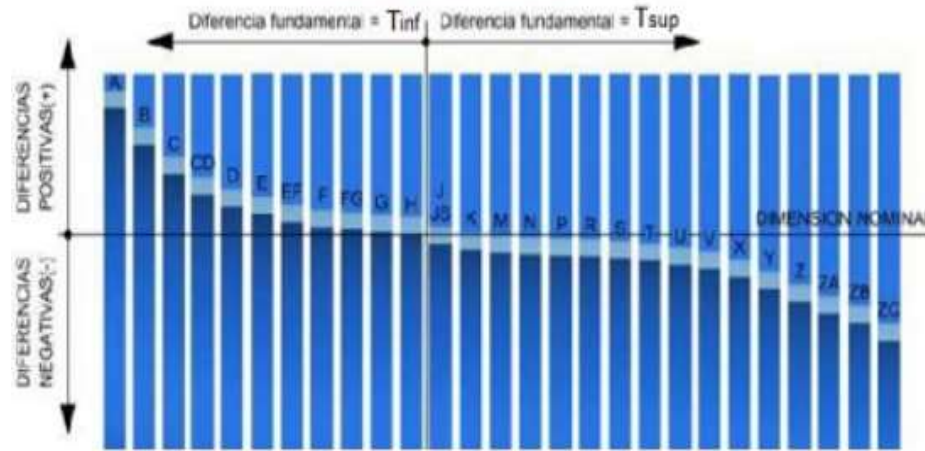
Posición	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
Calidad	Todas las calidades													
Diferencia fundamental	Diferencia inferior $t_{inf}$													
$m \leq 3$	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
$3 < m \leq 6$	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
$6 < m \leq 10$	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
$10 < m \leq 14$	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
$14 < m \leq 18$							+39	+45	-	+60	+77	+108	+150	
$18 < m \leq 24$	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
$24 < m \leq 30$							+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160
$30 < m \leq 40$	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
$40 < m \leq 50$							+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242
$50 < m \leq 65$	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
$65 < m \leq 80$				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
$80 < m \leq 100$	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
$100 < m \leq 120$				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
$120 < m \leq 140$				+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
$140 < m \leq 160$	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
$160 < m \leq 180$				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
$180 < m \leq 200$				+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
$200 < m \leq 225$	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
$225 < m \leq 250$				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
$250 < m \leq 280$	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
$280 < m \leq 315$				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
$315 < m \leq 355$	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
$355 < m \leq 400$				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
$400 < m \leq 450$	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
$450 < m \leq 500$				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

### AGUJEROS



Las mayúsculas para los agujeros:

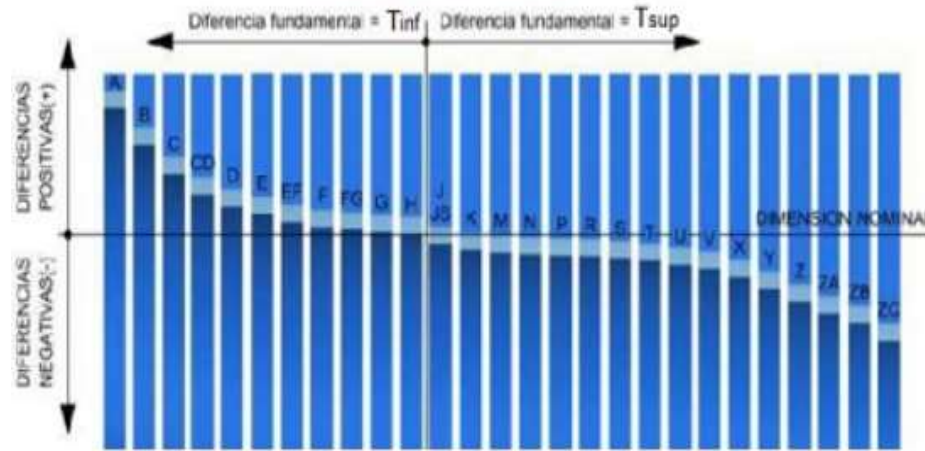
- Posiciones de A - H → diferencia inferior Tinf en tabla →  $Tsup = Tinf + T$
- A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G → "Tinf" es positiva y se halla por encima de la línea de cero.
- Posiciones J - ZC → diferencia superior Tsup en tabla →  $Tinf = Tsup - T$
- P, R, S, T, U, V, X, Z, ZA, ZB, ZC → "Tsup" es siempre negativa.

Posición	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Posición	J				K				M					N					P			
Calidad	Todas las calidades											Calidad	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	≥9	5	6	7	8	≥9	5	6	7	≥	
Medida Nominal	Diferencia inferior Tinf											Medida Nominal	Diferencia superior Tsup																					
m ≤ 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	m ≤ 3	+2	+4	+6	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6		
3 < m ≤ 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	3 < m ≤ 6	+5	+6	+10	0	+2	+3	+5	-3	-1	0	+2	-4	-7	-5	-4	-2	0	-11	-9	-8	-1	
6 < m ≤ 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	6 < m ≤ 10	+5	+8	+12	+1	+2	+5	+6	-4	-3	0	+1	-6	-8	-7	-4	-3	0	-13	-12	-9	-1	
10 < m ≤ 18	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0	10 < m ≤ 18	+6	+10	+15	+2	+2	+6	+8	-4	-4	0	+2	-7	-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-	
18 < m ≤ 30	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0	18 < m ≤ 30	+8	+12	+20	+1	+2	+6	+10	-5	-4	0	+4	-8	-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-	
30 < m ≤ 40	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0	30 < m ≤ 40	+10	+14	+24	+2	+3	+7	+12	-5	-4	0	+5	-9	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-	
40 < m ≤ 50	+320	+180	+130	-	-	-	-	-	-	-	0	40 < m ≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
50 < m ≤ 65	+340	+190	+140	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0	50 < m ≤ 65	+13	+18	+28	+3	+4	+9	+14	-6	-5	0	+5	-11	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-	
65 < m ≤ 80	+360	+200	+150	-	-	-	-	-	-	-	0	65 < m ≤ 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
80 < m ≤ 100	+380	+220	+170	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0	80 < m ≤ 100	+16	+22	+34	+2	+4	+10	+16	-8	-6	0	+6	-13	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-	
100 < m ≤ 120	+410	+240	+180	-	-	-	-	-	-	-	0	100 < m ≤ 120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
120 < m ≤ 140	+460	+260	+200	-	-	-	-	-	-	-	0	120 < m ≤ 140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
140 < m ≤ 160	+520	+280	+210	-	+145	+85	-	+43	-	+14	0	140 < m ≤ 160	+18	+26	+41	+3	+4	+12	+20	-9	-8	0	+8	-15	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-	
160 < m ≤ 180	+580	+310	+230	-	-	-	-	-	-	-	0	160 < m ≤ 180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
180 < m ≤ 200	+660	+340	+240	-	-	-	-	-	-	-	0	180 < m ≤ 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
200 < m ≤ 225	+740	+380	+260	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0	200 < m ≤ 225	+22	+30	+47	+2	+5	+13	+22	-11	-8	0	+9	-17	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-	
225 < m ≤ 250	+820	+420	+280	-	-	-	-	-	-	-	0	225 < m ≤ 250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
250 < m ≤ 280	+920	+480	+300	-	+190	+110	-	+56	-	+17	0	250 < m ≤ 280	+25	+36	+55	+3	+5	+16	+25	-13	-9	0	+9	-20	-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-	
280 < m ≤ 315	+1050	+540	+330	-	-	-	-	-	-	-	0	280 < m ≤ 315	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
315 < m ≤ 335	+1200	+600	+360	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0	315 < m ≤ 335	+29	+39	+60	+3	+7	+17	+28	-14	-10	0	+11	-21	-30	-26	-16	-5	0	-55	-51	-41	-	
335 < m ≤ 400	+1350	+680	+400	-	-	-	-	-	-	-	0	335 < m ≤ 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
400 < m ≤ 450	+1500	+760	+440	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0	400 < m ≤ 450	+33	+43	+66	+2	+8	+18	+29	-16	-10	0	+11	-23	-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-	
450 < m ≤ 500	+1650	+840	+480	-	-	-	-	-	-	-	0	450 < m ≤ 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		



## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

### AGUJEROS



Las mayúsculas para los agujeros:

- Posiciones de A - H → diferencia inferior Tinf en tabla →  $Tsup = Tinf + T$
- A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G → "Tinf" es positiva y se halla por encima de la línea de cero.
- Posiciones J - ZC → diferencia superior Tsup en tabla →  $Tinf = Tsup - T$
- P, R, S, T, U, V, X, Z, ZA, ZB, ZC → "Tsup" es siempre negativa.

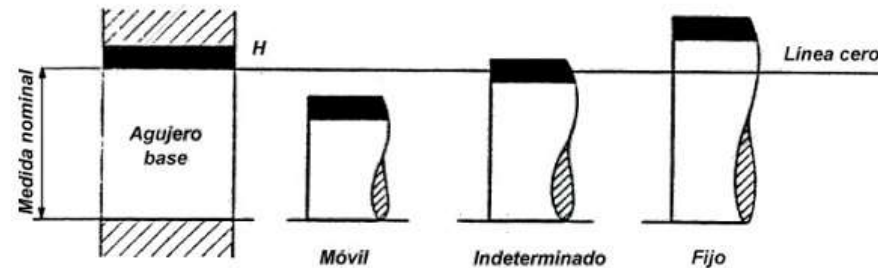
Posición	R				S				T				U				Posición	V				X				Y				Z				ZA	ZB	ZC	
Calidad	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	Calidad	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	6	7	≥ 8	6	7	≥ 8	7	≥ 8	≥ 8	≥ 8		
Medida Nominal	Diferencia superior Tsup																Medida Nominal	Diferencia superior Tsup																			
m ≤ 3	-10	-10	-10	-10	-14	-14	-14	-14	-	-	-	-	-	-18	-18	-18	-18	m ≤ 3	-	-	-	-	-20	-20	-20	-20	-	-	-	-	-26	-26	-26	-32	-32	-40	-60
3 < m ≤ 6	-14	-12	-11	-15	-18	-16	-15	-19	-	-	-	-	-	-22	-20	-19	-23	3 < m ≤ 6	-	-	-	-	-27	-25	-24	-28	-	-	-	-	-32	-31	-35	-38	-42	-50	-80
6 < m ≤ 10	-17	-16	-13	-19	-21	-20	-17	-23	-	-	-	-	-	-26	-25	-22	-28	6 < m ≤ 10	-	-	-	-	-32	-31	-28	-34	-	-	-	-	-39	-36	-42	-46	-52	-67	-97
10 < m ≤ 14	-20	-20	-16	-23	-25	-25	-21	-28	-	-	-	-	-	-30	-30	-26	-33	10 < m ≤ 14	-	-	-	-	-37	-37	-33	-40	-	-	-	-	-47	-43	-50	-57	-64	-90	-130
14 < m ≤ 18	-25	-24	-20	-28	-32	-31	-27	-35	-	-	-	-	-	-38	-37	-33	-41	14 < m ≤ 18	-36	-36	-32	-39	-42	-42	-38	-45	-	-	-	-	-57	-53	-60	-70	-77	-108	-150
18 < m ≤ 24	-25	-24	-20	-28	-32	-31	-27	-35	-	-	-	-	-	-38	-37	-33	-41	18 < m ≤ 24	-44	-43	-39	-47	-51	-50	-46	-54	-59	-55	-63	-69	-65	-73	-90	-98	-136	-188	
24 < m ≤ 30	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60	24 < m ≤ 30	-52	-51	-47	-55	-61	-60	-56	-64	-71	-67	-75	-84	-80	-88	-110	-118	-160	-218		
30 < m ≤ 40	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60	30 < m ≤ 40	-64	-63	-59	-68	-76	-75	-71	-80	-89	-85	-94	-107	-103	-112	-139	-148	-200	-274		
40 < m ≤ 50	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60	40 < m ≤ 50	-77	-76	-72	-81	-93	-92	-88	-97	-109	-105	-114	-131	-127	-136	-171	-180	-242	-325		
50 < m ≤ 65	-36	-35	-30	-41	-48	-47	-42	-53	-61	-60	-55	-66	-82	-81	-76	-87	50 < m ≤ 65	-97	-96	-91	-102	-117	-116	-111	-122	-138	-133	-144	-166	-161	-172	-215	-226	-300	-405		
65 < m ≤ 80	-38	-37	-32	-43	-54	-53	-48	-59	-70	-69	-64	-75	-97	-96	-91	-102	65 < m ≤ 80	-115	-114	-109	-120	-141	-140	-135	-146	-168	-163	-174	-204	-199	-210	-263	-274	-360	-480		
80 < m ≤ 100	-46	-44	-38	-51	-66	-64	-58	-71	-86	-84	-78	-91	-119	-117	-111	-124	80 < m ≤ 100	-141	-139	-133	-146	-173	-171	-165	-178	-207	-201	-214	-251	-245	-258	-322	-335	-445	-585		
100 < m ≤ 120	-49	-47	-41	-54	-74	-72	-66	-79	-99	-97	-91	-104	-139	-137	-131	-144	100 < m ≤ 120	-167	-165	-159	-172	-205	-203	-197	-210	-247	-241	-254	-303	-297	-310	-387	-400	-525	-690		
120 < m ≤ 140	-57	-56	-48	-63	-86	-85	-77	-92	-116	-115	-107	-122	-164	-163	-155	-170	120 < m ≤ 140	-196	-195	-187	-202	-242	-241	-233	-248	-293	-285	-300	-358	-350	-365	-455	-470	-620	-800		
140 < m ≤ 160	-59	-58	-50	-65	-94	-93	-85	-100	-128	-127	-119	-134	-184	-183	-175	-190	140 < m ≤ 160	-222	-221	-213	-228	-274	-273	-265	-280	-333	-325	-340	-408	-400	-415	-520	-535	-700	-900		
160 < m ≤ 180	-62	-61	-53	-68	-102	-101	-93	-108	-140	-139	-131	-146	-204	-203	-195	-210	160 < m ≤ 180	-246	-245	-237	-252	-304	-303	-295	-310	-373	-365	-380	-458	-450	-465	-585	-600	-780	-1000		
180 < m ≤ 200	-71	-68	-60	-77	-116	-113	-105	-122	-160	-157	-149	-166	-230	-227	-219	-236	180 < m ≤ 200	-278	-275	-267	-284	-344	-343	-335	-350	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-653	-670	-880	-1150		
200 < m ≤ 225	-74	-71	-63	-80	-124	-121	-113	-130	-174	-171	-163	-180	-252	-249	-241	-258	200 < m ≤ 225	-304	-301	-293	-310	-379	-376	-368	-385	-461	-453	-470	-566	-558	-575	-723	-740	-960	-1250		
225 < m ≤ 250	-78	-75	-67	-84	-134	-131	-123	-140	-190	-187	-179	-196	-278	-275	-267	-284	225 < m ≤ 250	-334	-331	-323	-340	-419	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-631	-623	-640	-803	-820	-1050	-1350		
250 < m ≤ 280	-87	-85	-74	-94	-151	-149	-138	-158	-211	-209	-198	-218	-308	-306	-295	-315	250 < m ≤ 280	-378	-376	-365	-385	-468	-466	-455	-475	-571	-560	-580	-701	-690	-710	-900	-920	-1200	-1550		
280 < m ≤ 315	-91	-89	-78	-98	-163	-161	-150	-170	-233	-231	-220	-240	-343	-341	-330	-350	280 < m ≤ 315	-418	-416	-405	-425	-518	-516	-505	-525	-641	-630	-650	-781	-770	-790	-980	-1000	-1300	-1700		
315 < m ≤ 355	-101	-97	-87	-108	-183	-179	-169	-190	-261	-257	-247	-268	-383	-379	-369	-390	315 < m ≤ 355	-468	-464	-454	-475	-583	-579	-569	-590	-719	-709	-730	-889	-879	-900	-1129	-1150	-1500	-1900		
355 < m ≤ 400	-107	-103	-93	-114	-201	-197	-187	-208	-287	-283	-273	-294	-428	-424	-414	-435	355 < m ≤ 400	-523	-519	-509	-530	-653	-649	-639	-660	-809	-799	-820	-989	-979	-1000	-1279	-1300	-1650	-2100		
400 < m ≤ 450	-119	-113	-103	-126	-225	-219	-208	-232	-323	-317	-307	-330	-483	-477	-467	-490	400 < m ≤ 450	-588	-582	-572	-595	-733	-727	-717	-740	-907	-897	-920	-1087	-1077	-1100	-1427	-1450	-1850	-2400		
450 < m ≤ 500	-125	-119	-109	-132	-245	-239	-229	-252	-353	-347	-337	-360	-533	-527	-517	-540	450 < m ≤ 500	-653	-647	-637	-660	-813	-807	-797	-820	-987	-977	-1000	-1237	-1227	-1250	-1577	-1600	-2100	-2600		



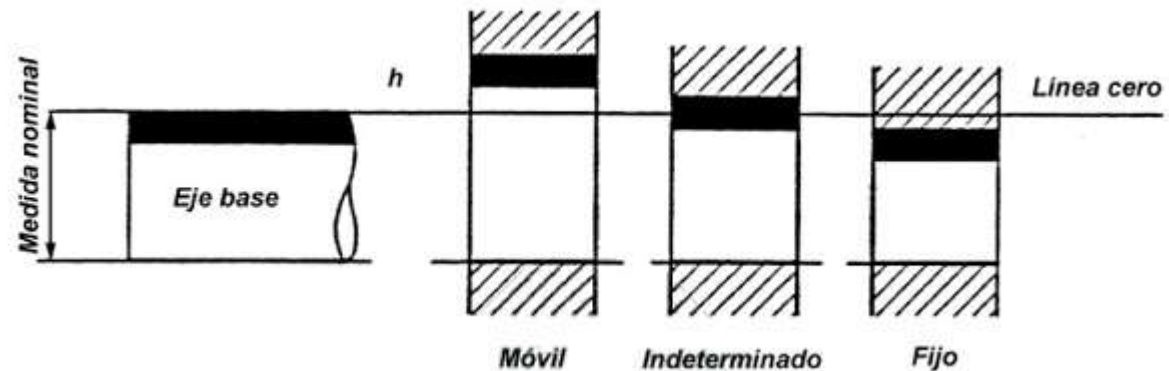
## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

Sistemas de ajustes: con la finalidad de disminuir las posibles combinaciones y simplificar los sistemas de tolerancias, se han establecido una serie de sistemas:

- Agujero base: La tolerancia del agujero siempre ocupará la posición definida por la letra "H".



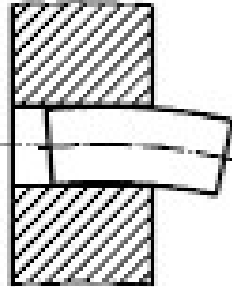
- Eje base: La tolerancia del eje siempre ocupará la posición definida por la letra "h".



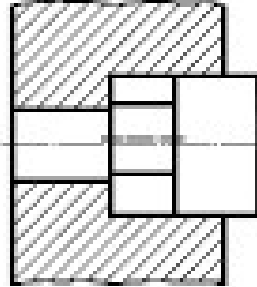


## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

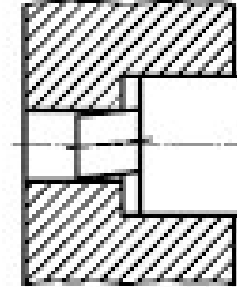
Tolerancias geométricas: No sólo las dimensiones de una pieza hacen que ésta esté correcta. La forma de la misma también puede necesitar de tolerancias.



DEFECTO DE RECTITUD



DEFECTO DE COAXIALIDAD



DEFECTO DE PERPENDICULARIDAD



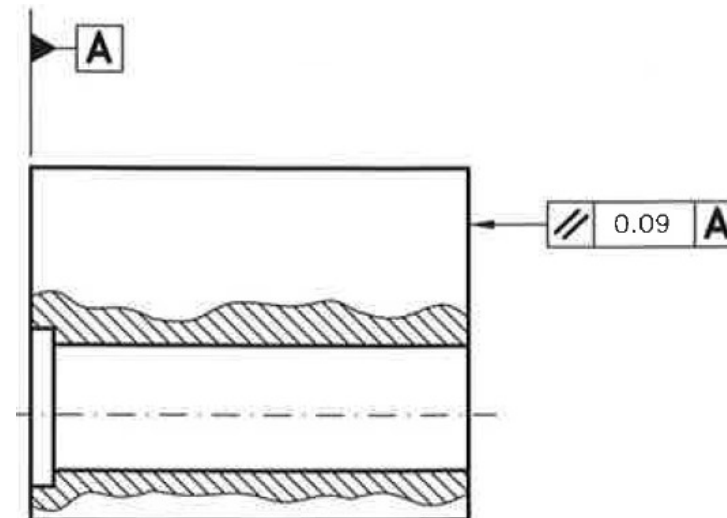
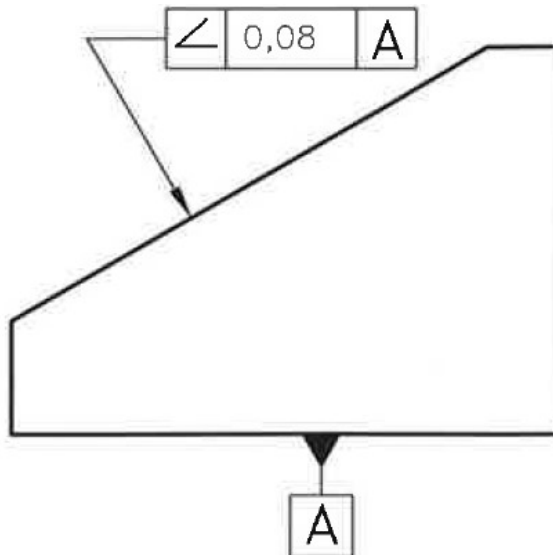


## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

Para representar una tolerancia geométrica se hace de la siguiente manera:






1º	2º	3º
----	----	----






1. Símbolo de la tolerancia geométrica.
2. Valor numérico de la tolerancia.
3. Letra de identificación de la cara de referencia.





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

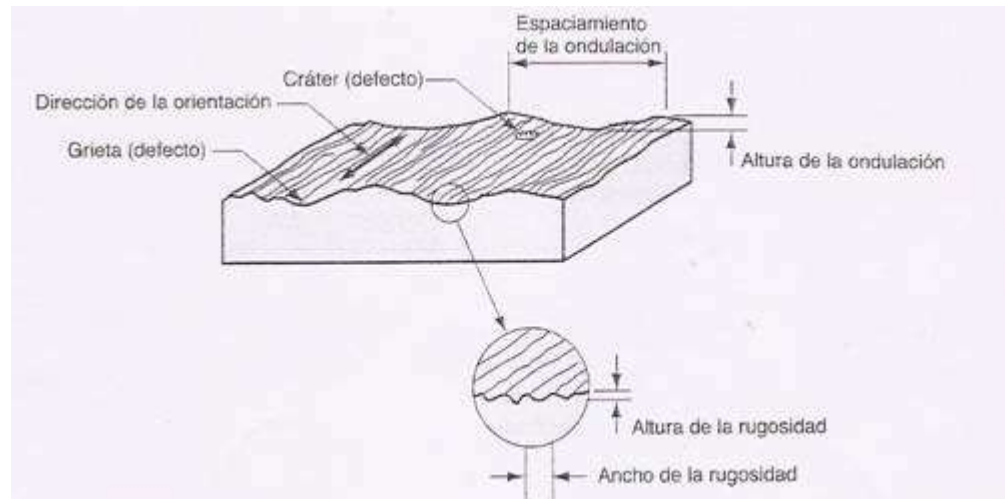
<b>TIPO DE TOLERANCIA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>SÍMBOLO</b>
<b>Forma</b>	<i>Rectitud</i>	—
	<i>Planicidad</i>	
	<i>Redondez</i>	
	<i>Cilindricidad</i>	
	<i>Forma de una línea</i>	
	<i>Forma de una superficie</i>	
<b>Orientación</b>	<i>Paralelismo</i>	//
	<i>Perpendicularidad</i>	⊥
	<i>Inclinación</i>	∠

<b>Situación</b>	<i>Posición</i>	
	<i>Concentricidad</i> y <i>Coaxialidad</i>	
	<i>Simetría</i>	
<b>Oscilación</b>	<i>Circular</i>	
	<i>Total</i>	



## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

Acabados superficiales: Dependiendo de para que sea la pieza que tenemos que fabricar, así será el acabado superficial que necesitaremos. Dependiendo de este acabado, seleccionaremos la máquina a utilizar para su mecanizado final. Cuanto mejor sea este acabado mas caro será su proceso de fabricación.





## TEMA 3: Normalización, tolerancias y acabados superficiales.

La representación de la rugosidad se hará mediante los siguientes símbolos:



Sobre estos símbolos se pondrá la clase de rugosidad según la tabla:

RELACIÓN ENTRE LOS SÍMBOLOS SUPERFICIALES Y SU PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN				
Clase de $R_a$	Valor de $R_a$ ( $\mu m$ )	Estado superficial obtenido	Procedimiento de fabricación empleado	Aplicaciones
	<50	Muy basto e irregular.	Corte basto por soplete. Forja. Fundición gruesa.	Elementos cuyas medidas y acabados no sean importantes.
N12	50	Basto, pero liso y regular.	Corte por soplete. Forja. Fundición.	Material agrícola y elementos corrientes.
N11	25			
N10	12,5	Superficies que han sido desbastadas, con marcas claramente visibles e incluso detectables al tacto.	Limado. Torneado y Fresado con grandes avances.	Superficies de apoyo, agujeros, avellanados, acoplamientos fijos (tapas).
N9	6,3			
N8	3,2	Superficies con buenos acabados, con marcas de mecanizado visibles pero con dificultad para sentirlas al tacto.	Fresado y torneado con parámetros adecuados para el acabado.	Superficies de referencia. Gran cantidad de aplicaciones en versas zonas de las piezas. Ajustes apretados.
N7	1,6			
N6	0,8	Acabados muy finos, sin marcas visibles.	Rectificado, escariado, rasqueteado.	Ajustes deslizantes. Superficies funcionales. Zonas de deslizamiento de guías. Asientos de rodamientos, etc.
N5	0,4			
N4	0,2	Acabados superfinos, incluso pulido espejo.	Rectificado muy cuidado. Lapeado.	Piezas de calibración.
N3	0,1			
N2	0,05			
N1	0,025			