



PROCESOS DE PRODUCCIÓN

AJUSTE Y TOLERANCIAS

AÑO 2025

METROLOGÍA

(Metrología: del griego “metrón”: medida y “logos”: tratado)

Estudia todo lo relativo a normas de dimensionamiento de elementos mecánicos o piezas: mediciones a efectuar y control y verificación de las dimensiones.

“La Metrología es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las propiedades medibles, los sistemas de unidades, las técnicas y métodos de medición, las escalas de medida, además de la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante para facilitar el desarrollo tecnológico, el progreso científico y el bienestar social”. (Vector o Metrología SL, 2022)

PRINCIPIO DE INTERCAMBILIDAD

La característica principal de la producción moderna es la fabricación de piezas en serie (gran cantidad de piezas de un mismo tipo-igual forma y dimensiones).

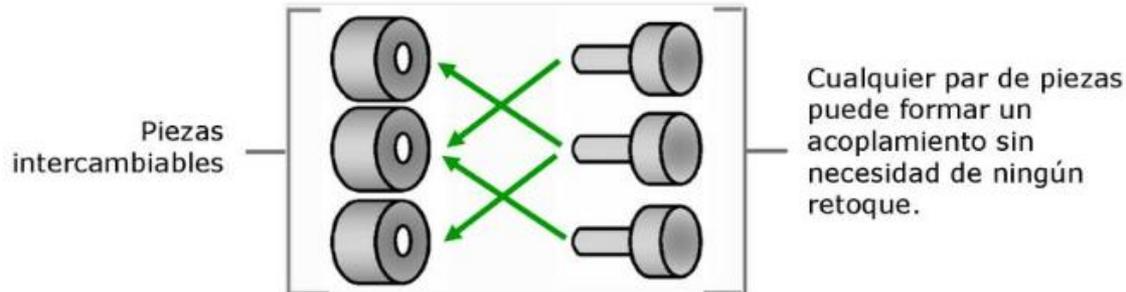
El denominado “Principio de intercambiabilidad” establece que: “todas las piezas de una misma clase y tipo, deben tener las mismas formas y dimensiones” de tal manera que, por ejemplo, un eje cualquiera tomado al azar de un conjunto, se acople sin dificultad y en las condiciones prefijadas, a un buje, también tomado al azar de otro conjunto.



Deben responder a condiciones de ajuste determinadas, según cada caso.

Fabricación en serie

Este texto está dentro de un recuadro azul con una forma superior plana y inferior puntiaguda.



Para que las piezas sean realmente intercambiables, bastará que sus dimensiones estén comprendidas entre unos valores límites, máximo y mínimo, fijados en base a las condiciones de empleo, el grado de precisión requerido y las cotas nominales señaladas en los planos.

Producción de piezas mecánicas intercambiables

Condiciones

```
graph TD; A[Condiciones] --> B[Todas las piezas de una misma serie deben tener dimensiones iguales dentro de una determinada tolerancia.]; A --> C[El ajuste de las diferentes piezas de la misma serie debe hacerse sin retoque de ninguna clase.]; A --> D[Una pieza rota o desgastada por el uso debe poderse reemplazar por otra de la misma serie.];
```

Todas las piezas de una misma serie deben tener dimensiones iguales dentro de una determinada tolerancia.

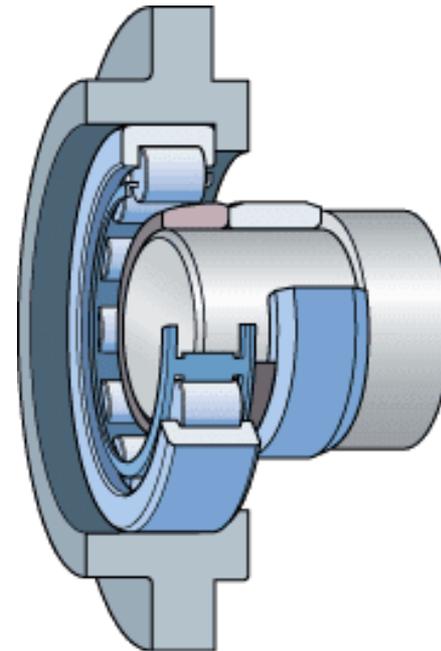
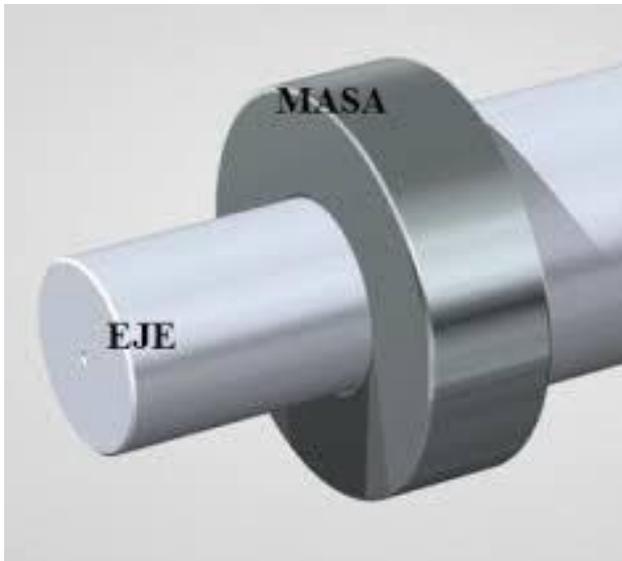
El ajuste de las diferentes piezas de la misma serie debe hacerse sin retoque de ninguna clase.

Una pieza rota o desgastada por el uso debe poderse reemplazar por otra de la misma serie.

AJUSTES Y TOLERANCIAS

Para dar cumplimiento al “principio de la intercambiabilidad”, *es necesario que la construcción de una pieza se realice dentro de ciertos límites, con un error definido en las medidas, que dependerá de la mayor o menor precisión con que se desea obtener las dimensiones de la misma.*

Normas de dimensionamiento, denominadas de “ajuste y tolerancia” (en Argentina Normas IRAM 5001). Se considera como “árbol” o “eje” a todo elemento que es contenido y “agujero” a todo elemento que contiene o contenedor.

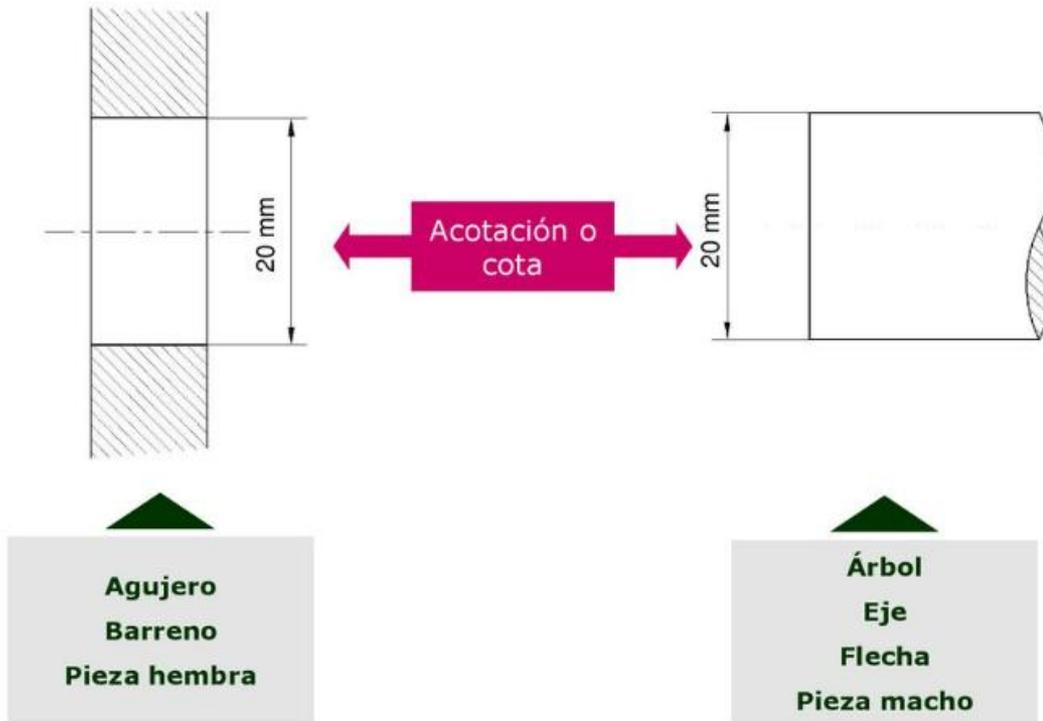


INSTITUCIONES NORMALIZADORAS

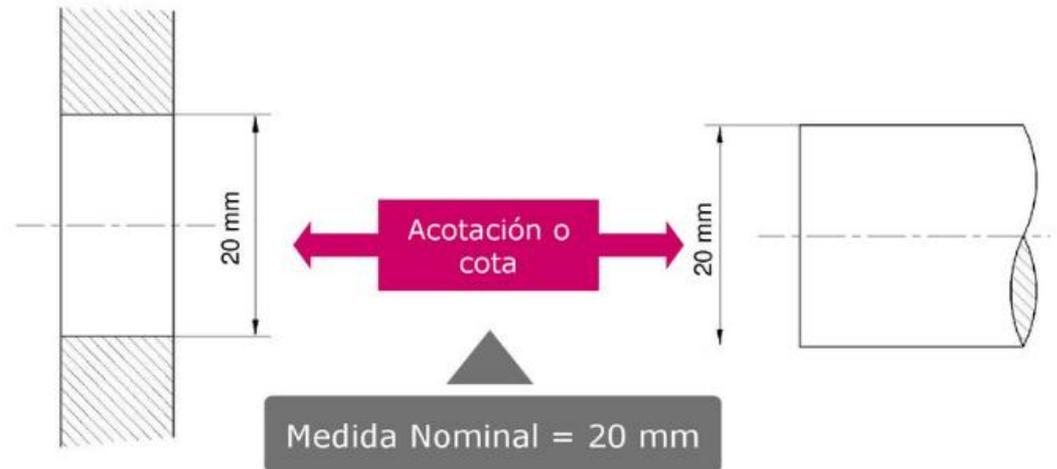


Las definiciones se refieren al acoplamiento de piezas cilíndricas (ejes y agujeros), pero pueden aplicarse a elementos de cualquier otra forma. La temperatura de referencia de las dimensiones es de 20 °C.

MEDIDA NOMINAL O DE DISEÑO



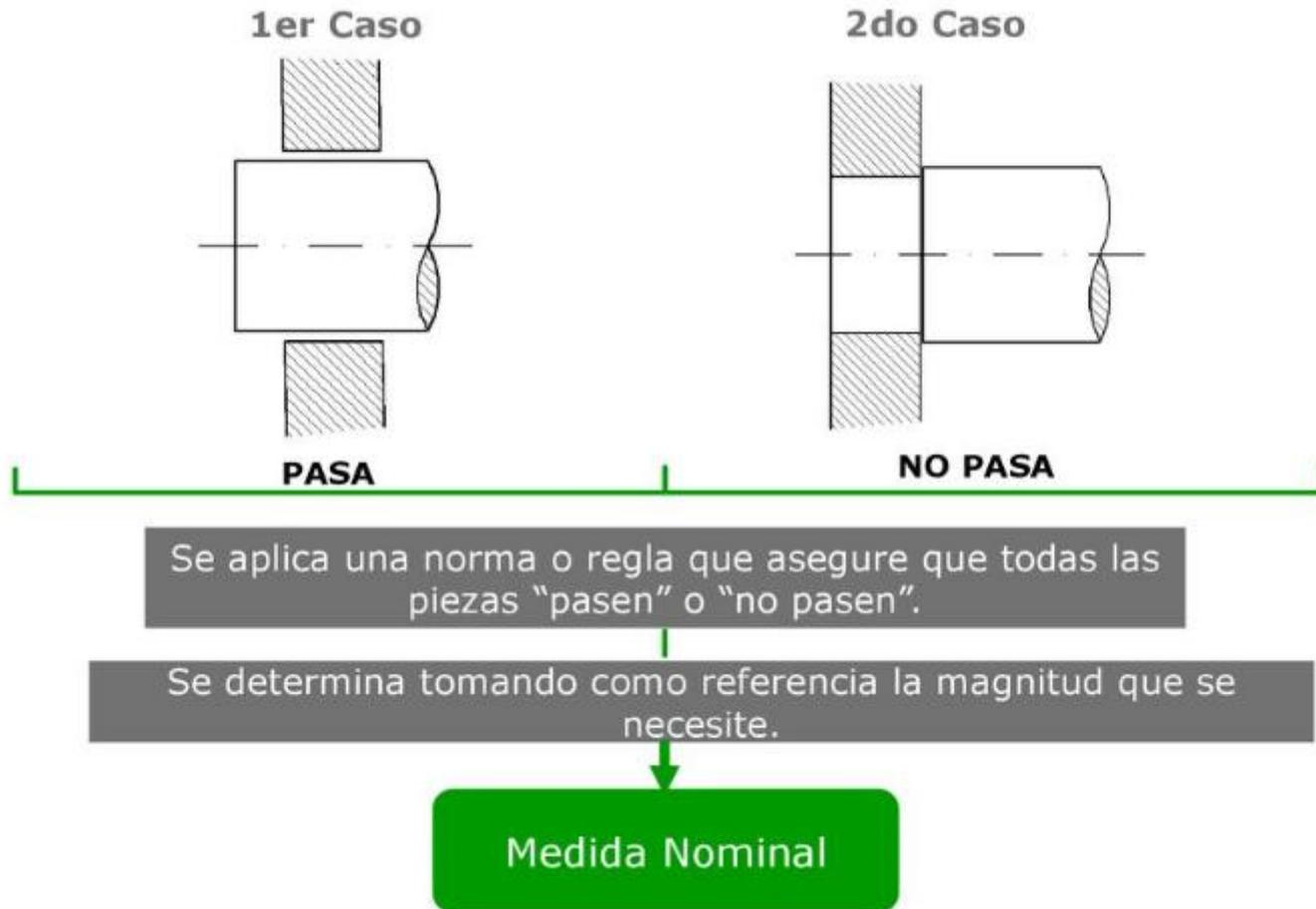
Es la medida de referencia a la que se aplican las tolerancias y que sirve para identificar la misma en los planos de referencia.



CONSTRUCCIONES MECÁNICAS

Ajustes (acoplamientos)

Los elementos acoplados más simples y comunes, son: un eje y su correspondiente alojamiento, es decir, un agujero.



TOLERANCIAS Y AJUSTES

Según ISO (International Standardization Organization)

- No existen máquinas que construyen piezas exactamente iguales entre sí.
- Instrumentos de medición que permitan asegurar la absoluta repetitividad y precisión de las medidas, tampoco existen.
- Medidas absolutas no se pueden obtener.
- Tanto la fabricación como la medición están pues sujetas a errores de muy distinta índole.

Lo anterior obliga a establecer límites, ajustados a las necesidades, en la obtención de cada cota.

En general, se aclara en el plano, cuales son las tolerancias máximas para las dimensiones libres.

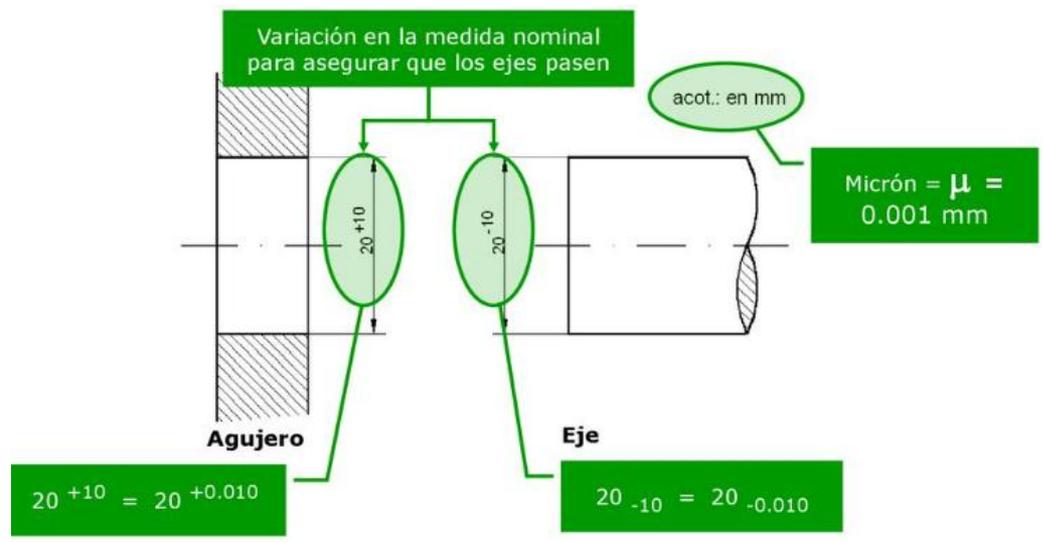
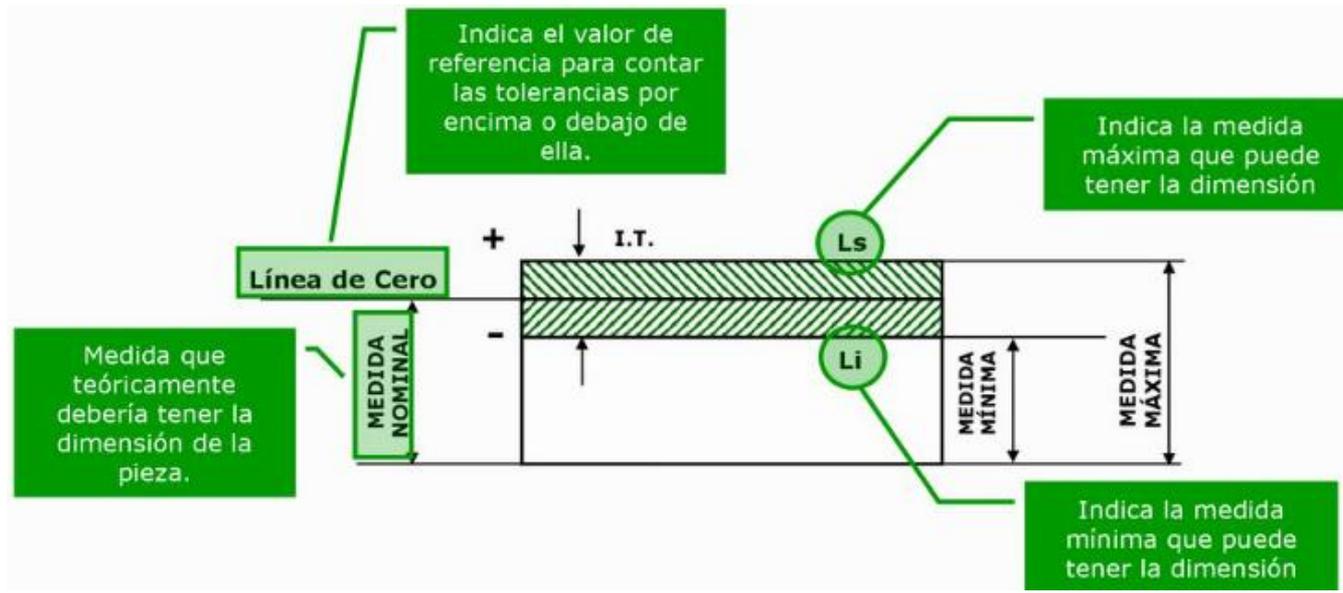
Por ejemplo, así: todas las cotas sin tolerancia, admiten +/- 0,5 mm. De acuerdo a lo expresado, habrá en consecuencia un máximo y un mínimo, entre los cuales puede variar la cota real de la pieza buena, que se llama tolerancia.

Las Normas ISO 286 establecen:

- Un sistema de tolerancias
- Un sistema de ajustes
- Un sistema de calibres límites para la verificación y control de piezas.

Dichas normas corresponden a las piezas más simples, es decir las cilíndricas (ejes o árboles y agujeros), pudiendo por extensión aplicarse a casos más complicados.

TOLERANCIA: Es la variación que permite en las dimensiones de una pieza con referencia a su medida nominal.



Tolerancia Unilateral

La tolerancia solo tiene un valor y el otro valor se considera cero.

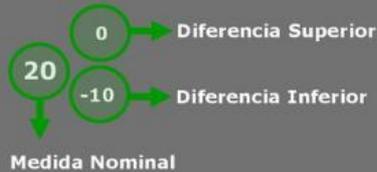
Agujero

$$20^{+10} = 20^{+0.010}$$



Eje

$$20_{-10} = 20_{-0.010}$$



Tolerancia Bilateral

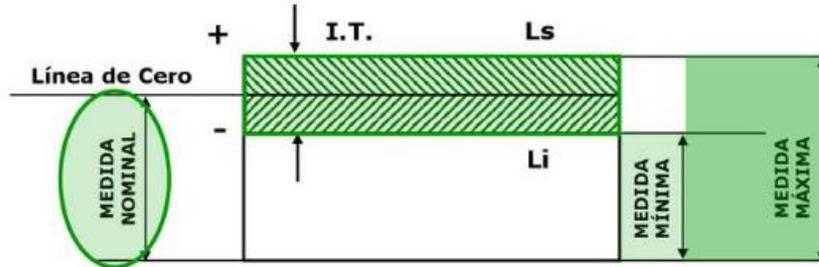
La diferencia superior e inferior son distintas de cero o de igual magnitud.

Magnitudes diferentes

$$\text{Ø } 20 \begin{matrix} +10 \\ -5 \end{matrix}$$

Magnitudes iguales

$$\text{Ø } 20 \begin{matrix} \pm 10 \end{matrix}$$



$$\text{Agujero} = 20^{+10} = 20^{+0.010}$$

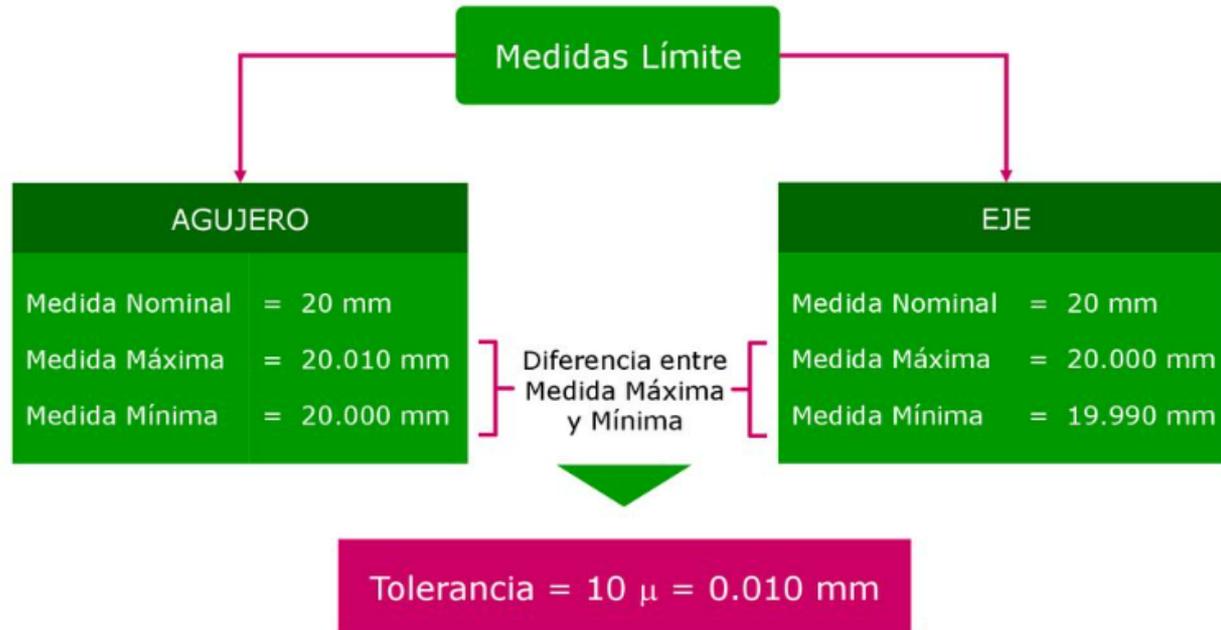
$$\text{Eje} = 20_{-10} = 20_{-0.010}$$

$$\text{Agujero} = 20^{+10} = 20^{+0.010}$$

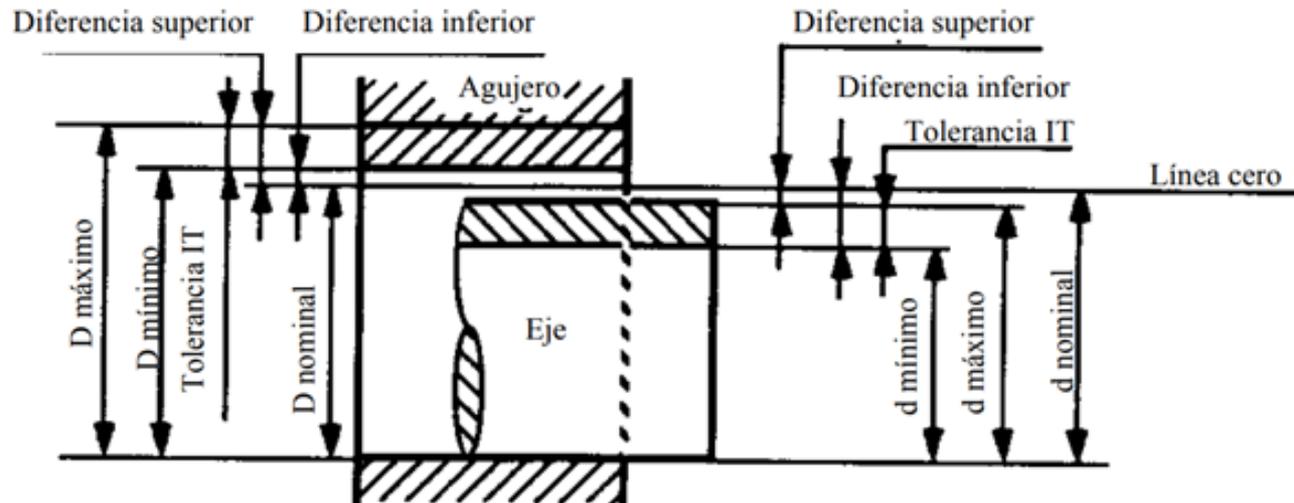
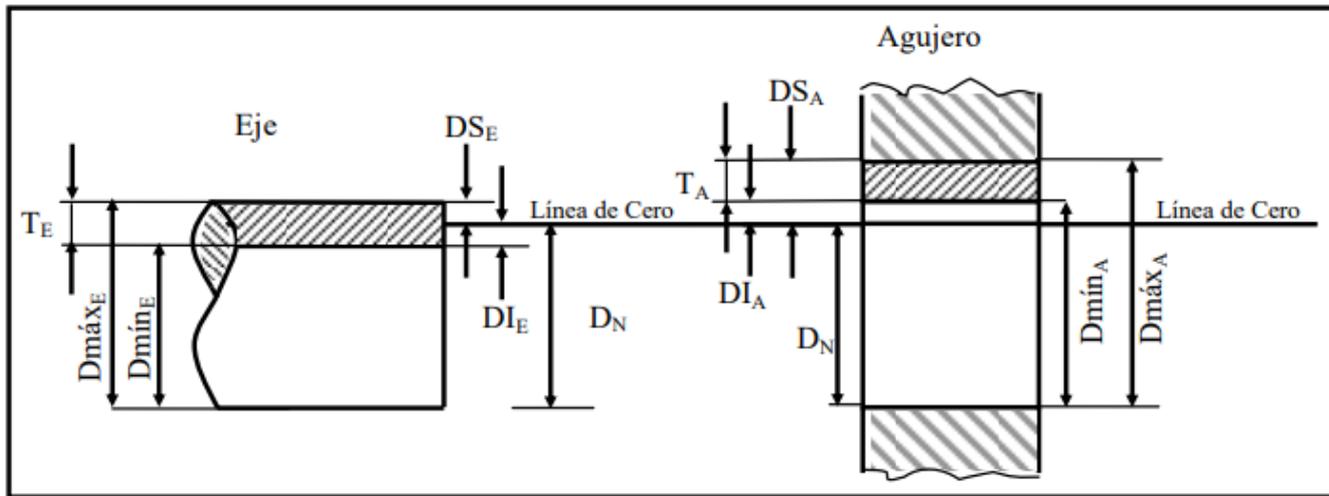
$$\text{Eje} = 20_{-10} = 20_{-0.010}$$

AGUJERO	
Medida Nominal	= 20 mm
Medida Máxima	= Medida Nominal + Tolerancia = 20 mm + 0.010 mm = 20.010 mm
Medida Mínima	= Medida Nominal - Tolerancia = 20 mm - 0.000 mm = 20.000 mm

EJE	
Medida Nominal	= 20 mm
Medida Máxima	= Medida Nominal + Tolerancia = 20 mm - 0.000 mm = 20.000 mm
Medida Mínima	= Medida Nominal - Tolerancia = 20 mm - 0.010 mm = 19.990 mm



TÉRMINOS Y DEFINICIONES



CALIDAD O PRESIÓN DEL TRABAJO

Tolerancias fundamentales

Las diferentes construcciones mecánicas requieren diversos grados de precisión.

Por ejemplo, los instrumentos de medición, los calibres destinados a la verificación y control de las fabricaciones en serie, los mecanismos que deben funcionar a velocidades muy elevadas, etc., requieren una gran precisión y por consiguiente tolerancias de fabricación muy pequeñas.

La gran diversidad de mecanismos que pueden presentarse en el universo de la mecánica requiere tener a disposición un rango amplio de variantes de precisión, que ofrezca al proyectista suficientes opciones para elegir la mas apropiada para el caso a resolver.

La ISO establecio 19 grados de precisión llamados “calidades”. La norma DIN, divide todos esos grados de precisión en cuatro grupos, que son: extrapreciso, preciso, mediano y basto.

Los 19 grados de ISO que van de IT 01, IT 0, IT 1 IT17, desde el más preciso al más basto, establecen una amplia gama para aplicar la más adecuada para cada uno de los trabajos de la industria mecánica moderna.

	CALIDAD DE TOLERANCIA	USO MÁS FRECUENTE
	0.1 0 1 2 3 4	Calibres de comparación Bloques patrón Espejos, etc.
Piezas Ajustes para ejes	5 6 7 8 9	Piezas de uso industrial que se unirán con otras
Piezas Ajustes para agujeros	10 11	
	12 13 14 15 16	Piezas sueltas

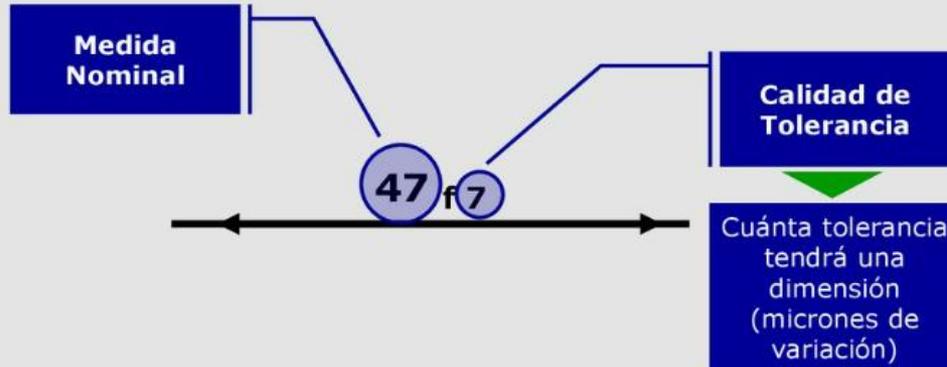
➤Calidades IT₀₁ a IT₁ están previstas para pequeña mecánica de precisión, óptica y relojería.

➤Calidades IT₁ a IT₄ para calibres y piezas mecánicas de precisiones extremas.

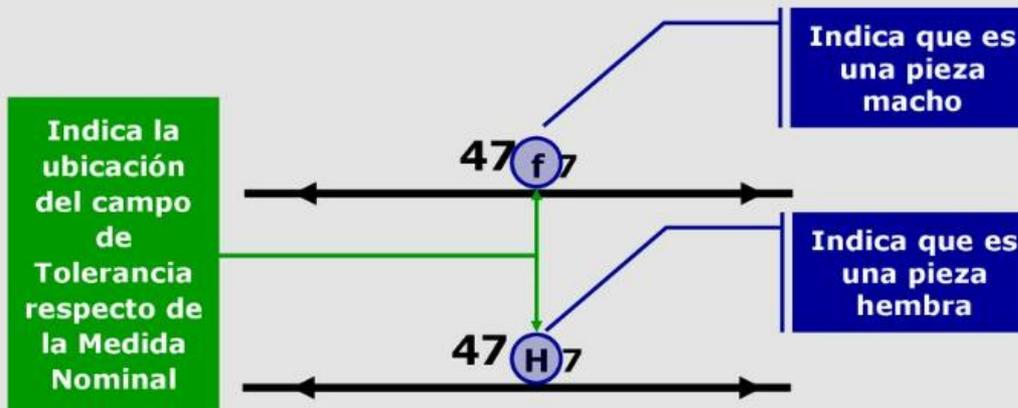
➤Calidades IT₅ a IT₁₁ para piezas acopladas entre sí, reservándose las 5 y 6 para fabricaciones precisas con rectificadas finos, las 7 para precisiones normales obtenidas con rectificado, escariado o brochado y torneado fino, la 8 obtenible con buenas herramientas y máquinas-herramientas de corte (no aplicada a acoplamientos fijos o forzados); la 9 para mecánica corriente, la 10 para mecánica ordinaria y la 11 para operaciones de desbastado en máquinas muy bastas y en general donde las mismas no trabajan acopladas. Por ejemplo, piezas forjadas, estampadas, fundidas.

REPRESENTACIÓN DE LA TOLERANCIA

Representación Normalizada de una medida con Tolerancia



Representación Normalizada de una medida con Tolerancia



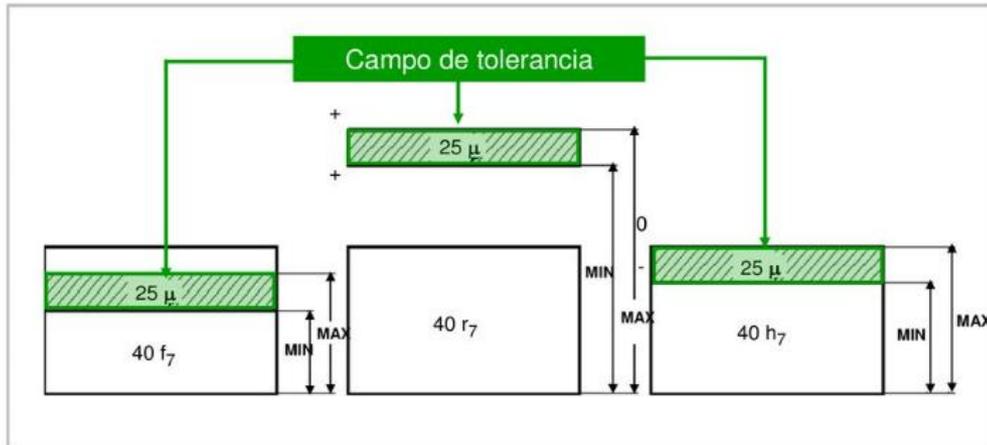
**Pieza hembra (agujero)
(letra mayúscula) (H)**

**Pieza macho (eje) (letra
minúscula) (f)**

40 f 7 = 25 μ

40 r 7 = 25 μ

40 h 7 = 25 μ



40 f 7 = 25 μ

DIAMETROS NOMINALES mm	AGUJERO H7 No pasa - pasa	EJES					
		j 6	h 6	g 6	f 7	e 8	d 9
1 a 3	+ 0,009*	+ 0,006	+ 0,000	- 0,003	- 0,007	- 0,014	- 0,020
	0,000	- 0,001*	- 0,007*	- 0,010*	- 0,016*	- 0,028*	- 0,045*
Más de 3 a 6	+ 0,012*	+ 0,007	0,000	- 0,004	- 0,010	- 0,020	- 0,030
	0,000	- 0,001*	- 0,008*	- 0,012*	- 0,022*	- 0,038*	- 0,060*
Más de 6 a 10	+ 0,015*	+ 0,007	0,000	- 0,005	- 0,013	- 0,025	0,040
	0,000	- 0,002*	- 0,009*	- 0,014*	- 0,028*	- 0,047*	- 0,076*
Más de 10 a 18	+ 0,018*	+ 0,008	0,000	- 0,006	- 0,016	- 0,032	- 0,050
Más de 18 a 30	0,000	- 0,003*	- 0,011*	- 0,017*	- 0,034*	- 0,059*	- 0,090*
	+ 0,021*	+ 0,009	0,000	- 0,007	- 0,020	- 0,040	- 0,060
Más de 30 a 40	0,000	- 0,004*	- 0,013*	- 0,020*	- 0,041*	- 0,073*	- 0,117*
Más de 40 a 50	+ 0,025*	+ 0,011	0,000	- 0,009	- 0,025	- 0,050	- 0,080
Más de 50 a 65	0,000	- 0,005*	- 0,016*	- 0,025*	- 0,050*	- 0,089*	- 0,142*
Más de 65 a 80	+ 0,030*	+ 0,012	0,000	- 0,010	- 0,030	- 0,060	- 0,100
Más de 80 a 100	0,000	- 0,007*	- 0,019*	- 0,029*	- 0,060*	- 0,106*	- 0,174*

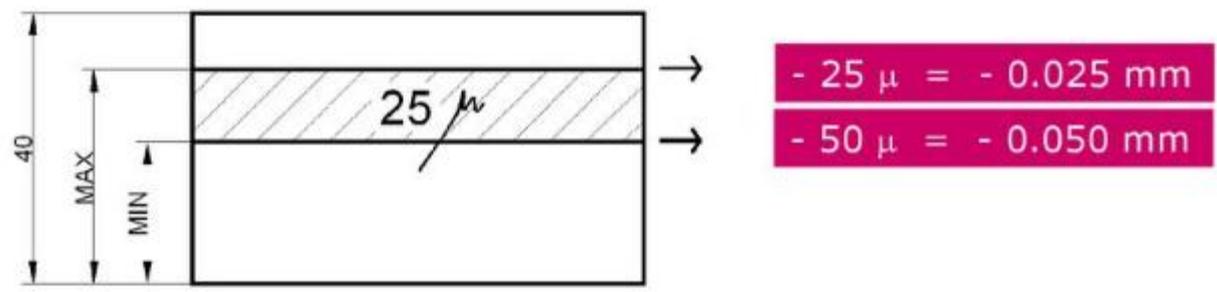
Calidad de Tolerancia

Medida Nominal

Límite Superior

Límite Inferior

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					



Medida Máxima = 40 - 0.025 = 39.975 mm

Medida Mínima = 40 - 0.050 = 39.950 mm

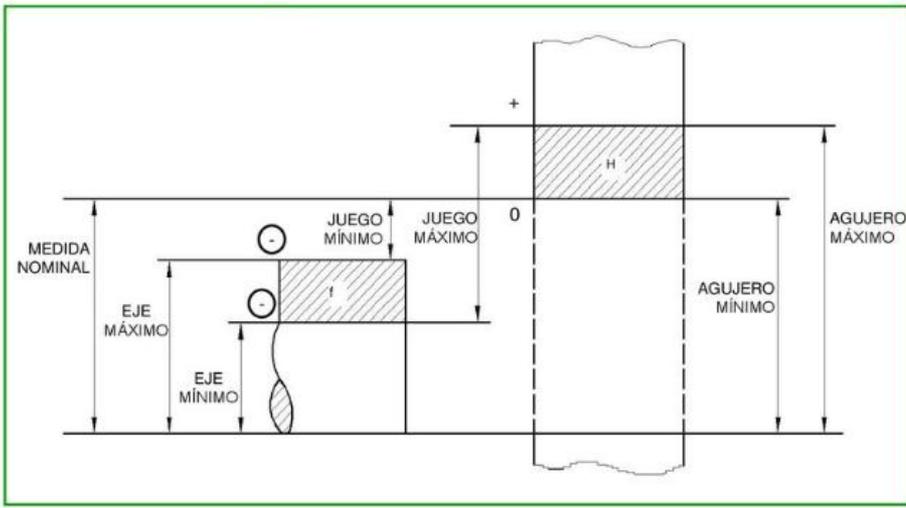
¿QUE ES EL AJUSTE?

Los productos de ingeniería a veces vienen como componentes que deben deslizarse o presionarse entre sí para cumplir sus funciones. Por lo tanto, se utiliza un ajuste para describir estas relaciones dimensionales entre los componentes. Se utiliza para determinar si los componentes están sueltos o apretados.

Es la relación resultante (antes de la union), entre las dimensiones de dos piezas destinadas a ser vinculadas y de igual medida nominal.

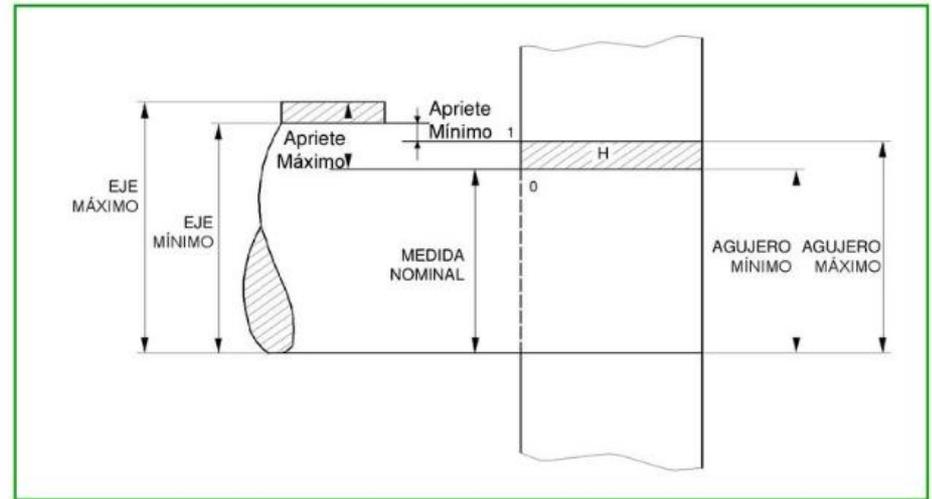


	FIGURA	TIPO DE AJUSTE
A		Con juego
		Con apriete
		Incierto
B		Con juego
		Con apriete
		Incierto
C		Con juego
		Con apriete
		Incierto



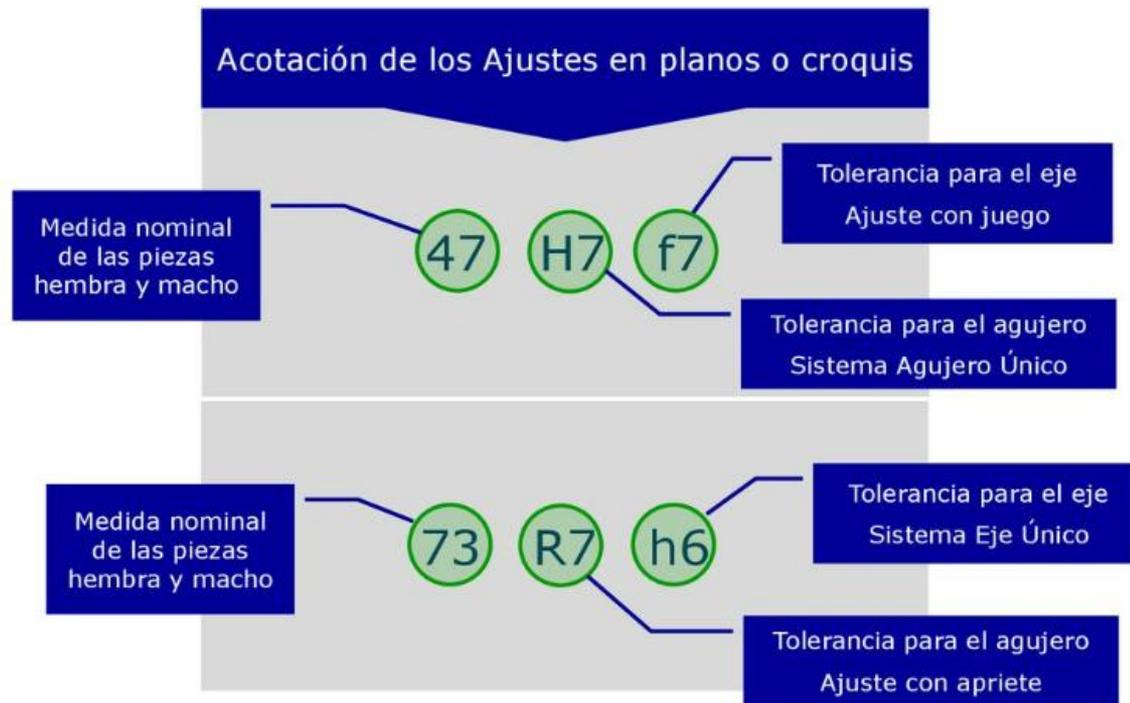
TIPOS DE AJUSTES

- Juego Máximo** → Agujero máximo - Eje mínimo
- Juego Mínimo** → Agujero mínimo - Eje máximo



- Apriete Máximo** → Eje máximo - Agujero mínimo
- Apriete Mínimo** → Eje mínimo - Agujero máximo

REPRESENTACIÓN DE LOS AJUSTES



La letra H/h determina el Sistema de Ajuste	H	Sistema Agujero Único
	h	Sistema Eje Único

La otra letra indica el tipo de Ajuste	a - h A - H	Ajuste con Juego
	p - z P - Z	Ajuste con Apriete
	j k m n J K M N	Sistema Eje Único

DIFERENCIAS SUPERIOR E INFERIOR PARA EJES

Diámetro nominal en mm	6ª calidad						7ª calidad						8ª calidad						9ª calidad					10ª calidad					
	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	e7	f7	h7	j7	k7	m7	n7	d8	e8	f8	h8	j8	k8	g9	e9	h9	j9	k9	d10	h10	j10	k10
hasta 3	-3	0	+6		+9	+13	+16	-14	-7	0	+7			+15	-20	-14	-7	0	+7	+14	-20	-14	0	+13	+25	-20	0	+20	+40
más de 3 hasta 6	-10	-7	-1		+2	+6	+9	-23	-16	-9	-2			+6	-34	-28	-21	-14	-7	0	-46	-39	-25	-12	0	-60	-20	-20	0
más de 6 hasta 10	-4	0	7		+12	+16	+20	-20	-10	0	+9			+20	-30	-20	-10	0	+9	+18	-30	-20	0	+15	+30	-30	0	+24	+48
más de 10 hasta 16	-12	-8	-1		+4	+8	+12	-32	-22	-12	-3			+8	-46	-36	-26	-16	-9	0	-60	-50	-30	-15	0	-78	-48	-24	0
más de 16 hasta 22	-5	0	+7	+10	+15	+19	+24	-25	-13	0	+10	+16	+21	+25	-40	-25	-13	0	+11	+22	-40	-25	0	+18	+36	-40	0	+29	+58
más de 22 hasta 30	-14	-9	-2	+1	+6	+10	+15	-40	-28	-15	-5	-1	+6	+10	-62	-47	-35	-22	-11	0	-76	-61	-36	-18	0	-98	-58	-29	0
más de 30 hasta 36	-6	0	+6	+12	+18	+23	+29	-35	-16	0	+12	+19	+25	+30	-50	-32	-16	0	+14	+27	-50	-32	0	+22	+43	-50	0	+35	+70
más de 36 hasta 45	-17	-11	-3	+1	+7	+12	+18	-50	-34	-18	-6	+1	+7	+12	-77	-59	-43	-27	-13	0	-93	-75	-43	-21	0	-120	-70	-35	0
más de 45 hasta 54	-7	0	+9	+15	21	+28	+35	-40	-20	0	+13	+23	+29	+36	-66	-40	-20	0	+17	+33	-66	-40	0	+26	+52	-66	0	+42	+84
más de 54 hasta 63	-20	-13	-4	+2	+8	+15	+22	-61	-41	-21	-8	+2	+8	+15	-96	-73	-53	-33	-16	0	-117	-92	-52	-26	0	-149	-84	-42	0
más de 63 hasta 72	-9	0	+11	+18	+25	+33	+42	-50	-25	0	+15	+27	+34	+42	-80	-50	-25	0	+20	+39	-80	-50	0	+31	+62	-80	0	+50	+100
más de 72 hasta 81	-25	-16	-5	+2	+9	+17	+26	-75	-50	-25	-10	+2	+9	+17	-119	-89	-64	-39	-19	0	-142	-112	-62	-31	0	-180	-100	-50	0
más de 81 hasta 90	-10	0	+12	+21	30	+39	+51	-60	-30	0	+18	+32	+41	+50	-100	-60	-30	0	+23	+46	-100	-60	0	+37	+74	-100	0	+60	+120
más de 90 hasta 100	-29	-19	-7	+2	+11	+20	+32	-90	-60	-30	-12	+2	+11	+20	-148	-108	-76	-46	-23	0	-174	-134	-74	-37	0	-220	-120	-60	0
más de 100 hasta 110	-12	0	+13	+25	+35	+45	+59	-72	-36	0	+20	38	+48	+58	-120	-72	-36	0	+27	+54	-120	-72	0	+44	+87	-120	0	+70	+140
más de 110 hasta 120	-34	-22	-9	+3	+13	+23	+37	-107	-71	-35	-15	+3	+13	+23	-174	-128	-90	-54	-27	0	-207	-159	-87	-43	0	-260	-140	-70	0
más de 120 hasta 130	-14	0	+14	+28	+40	+52	+68	-85	-43	0	+22	+43	+55	+67	-145	-95	-43	0	+32	+63	-145	-95	0	+50	+100	-145	0	+80	+160
más de 130 hasta 140	-39	-25	-11	+3	+15	+27	+43	-125	-83	-40	-18	+3	+15	+27	-203	-148	-108	-63	-31	0	-243	-185	-100	-50	0	-305	-180	-80	0

DIFERENCIAS SUPERIOR E INFERIOR PARA AGUJEROS

Diámetro nominal en mm	6ª calidad						7ª calidad						8ª calidad						9ª calidad					10ª calidad							
	G6	H6	J6	K6	M6	N6	E7	F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7	D8	E8	F8	H8	J8	K8	M8	N8	O9	E9	H9	J9	D10	H10	J10	
hasta 3	+3	0	-4		-7	-11	+14	+7	3	0	-6			-9	-13	-16	+20	+14	+7	0	-7			-15	+20	+14	0	-13	+20	0	-20
más de 3 hasta 6	+10	-7	-3		0	-4	+23	+16	+12	+9	+3			0	-4	-7	+34	+28	+21	+14	+7			-1	+46	+39	+25	+12	+60	+40	+20
más de 6 hasta 10	+4	0	-4		-9	-13	+20	+10	+4	0	-7			-12	-16	-20	+30	+20	+10	0	-9			-20	+30	+20	0	-15	+30	0	-24
más de 10 hasta 16	+12	+6	+4		-1	-5	+32	+22	+16	+12	+5			0	-4	-8	+46	+36	+28	+18	+9			-2	+60	+50	+30	+15	+78	+48	+24
más de 16 hasta 22	+5	0	-4	-7	-12	-16	+25	+13	+5	0	-7	-10	-15	-19	-24	+40	+25	+13	0	-10	-16	-21	-25	+40	+25	0	-18	+40	0	-29	
más de 22 hasta 30	+14	+9	+5	+2	-3	-7	+40	+28	+20	+15	+6	+5	0	-4	-9	+62	+47	+35	+22	+12	+6	+1	-3	+76	+61	+36	+18	+98	+53	+29	
más de 30 hasta 36	+6	0	-5	-9	-15	-20	+32	+16	+6	0	-8	-12	-16	-23	-29	+50	+32	+16	0	-12	-19	-25	-30	+50	+32	0	-2	+50	0	-35	
más de 36 hasta 45	+17	+11	+6	+2	-4	-9	+50	+34	+24	+18	+10	+6	0	-5	-11	+77	+59	+43	+27	+15	+8	+2	-3	+93	+75	+43	+21	+120	+79	+35	
más de 45 hasta 54	+7	0	-5	-11	-17	-24	+40	+20	+7	0	-9	-15	-21	-28	-35	+65	+40	+20	0	-13	-23	-29	36	+65	+40	0	-26	65	0	-42	
más de 54 hasta 63	+20	+13	+8	+2	-4	-11	+61	+41	+28	+21	+12	+6	0	-7	-14	+96	+73	+53	+33	+20	+10	+4	-3	+117	+92	+52	+26	+149	+84	+42	
más de 63 hasta 72	+9	0	-6	-13	-20	-28	+50	+25	+9	0	-11	-18	-25	-33	-42	+80	+50	+25	0	-15	-27	-34	-42	+80	+50	0	-31	+80	0	-50	
más de 72 hasta 81	+25	+16	+10	+3	-4	-12	+75	+50	34	+25	+14	+7	0	-8	-17	+119	+89	+64	+39	+24	+12	+5	-3	+142	+112	+62	+31	+180	+100	+50	
más de 81 hasta 90	+10	0	-6	-15	-24	-33	+60	+30	+10	0	-12	-21	-30	-39	-51	+100	+60	+30	0	-18	-32	-41	-50	+100	+60	0	-37	+100	0	-60	
más de 90 hasta 100	+29	+19	+13	+4	-5	-14	+90	+60	+40	+30	+16	+9	0	-9	-21	+148	+108	+76	+46	+26	+14	+5	-4	-174	+134	+74	+37	+220	+120	+60	
más de 100 hasta 110	+12	0	-6	-16	-26	-36	+72	+36	+12	0	-13	-25	-35	-45	-59	+120	+72	+36	0	-20	-36	-46	-56	+120	+72	0	-44	+120	0	-70	
más de 110 hasta 120	+34	+22	+16	+4	-6	-16	+107	+71	+47	+35	+22	+10	0	-10	-24	+174	+126	+90	+54	+34	+16	+6	-4	+207	+159	+87	+43	+260	+140	+70	
más de 120 hasta 130	+14	0	7	-21	-33	-46	+85	+43	+14	0	-14	-28	-40	-52	-68	+145	+85	+43	0	-22	-43	-55	-67	+145	+85	0	-50	+145	0	-80	
más de 130 hasta 140	+39	+25	+18	+4	-8	-20	+125	+83	+51	+40	+26	+12	0	-12	-28	+203	+148	+108	+63	+41	+20	+6	+4	+246	+185	+100	+50	+305	+180	+80	

Diferencia fundamental	Desviación superior ds										
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h
Calidad	Todas las calidades										
$d \leq 3$	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0
$3 < d \leq 6$	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0
$6 < d \leq 10$	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0
$10 < d \leq 14$	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0
$14 < d \leq 18$											
$18 < d \leq 24$	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0
$24 < d \leq 30$											
$30 < d \leq 40$	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0
$40 < d \leq 50$											
$50 < d \leq 65$	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0
$65 < d \leq 80$											
$80 < d \leq 100$	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0
$100 < d \leq 120$											
$120 < d \leq 140$	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0
$140 < d \leq 160$											
$160 < d \leq 180$	-580	-310	-230		-170	-100		-50		-15	0
$180 < d \leq 200$											
$200 < d \leq 225$	-740	-380	-260								
$225 < d \leq 250$	-820	-420	-280								

Para la posición js, $d_i = -IT/2$ y $d_s = IT/2$

EJES

Diferencia fundamental	Desviación inferior di																			
	j		k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
Calidad	IT5 IT6	IT7	IT8	4≤IT≤7	IT<4 IT>7	Todas las calidades														
$d \leq 3$	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60	
$3 < d \leq 6$	-2	-4		+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
$6 < d \leq 10$	-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
$10 < d \leq 14$	-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
$14 < d \leq 18$																				
$18 < d \leq 24$	-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
$24 < d \leq 30$																				
$30 < d \leq 40$	-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
$40 < d \leq 50$																				
$50 < d \leq 65$	-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405	
$65 < d \leq 80$																				
$80 < d \leq 100$	-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
$100 < d \leq 120$																				
$120 < d \leq 140$	-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
$140 < d \leq 160$																				
$160 < d \leq 180$	-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000	
$180 < d \leq 200$																				
$200 < d \leq 225$	-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150	
$225 < d \leq 250$																				
$225 < d \leq 250$	-84	-140	-196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350									

Diferencia fundamental	Desviación inferior Ei											
	Posición	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H
Calidad	Todas las calidades											
$d \leq 3$	270	140	60	34	20	14	10	6	4	2	0	
$3 < d \leq 6$	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0	
$6 < d \leq 10$	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	
$10 < d \leq 14$	290	150	95		50	32		16		6	0	
$14 < d \leq 18$												
$18 < d \leq 24$	300	160	110		65	40		20		7	0	
$24 < d \leq 30$												
$30 < d \leq 40$	310	170	120		80	50		25		9	0	
$40 < d \leq 50$	320	180	130									
$50 < d \leq 65$	340	190	140		100	60		30		10	0	
$65 < d \leq 80$	360	200	150									
$80 < d \leq 100$	380	220	170		120	72		36		12	0	
$100 < d \leq 120$	410	240	180									
$120 < d \leq 140$	460	260	200		145	85		43		14	0	
$140 < d \leq 160$	520	280	210									
$160 < d \leq 180$	580	310	230		170	100		50		15	0	
$180 < d \leq 200$	660	340	240									
$200 < d \leq 225$	740	380	260		190	110		56		17	0	
$225 < d \leq 250$	820	420	280									
$250 < d \leq 280$	920	480	300		1050	540	330					
$280 < d \leq 315$												

DESVIACIÓN= ±(ITn)/2, donde n es el valor de IT

AGUJEROS

Diferencia fundamental	Desviación superior Es																	VALORES DE Δ											
	Posición	J		K		M		N		Pa ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Grados de tolerancia						
Calidad	IT6	IT7	IT8	IT≤8	IT>8	IT≤8	IT>8	IT≤8	IT>8	IT≤8	GRADOS DE TOLERANCIA SUPERIORES A IT7											IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8		
$d \leq 3$	2	4	6	0	0	-2	-2	-4+Δ	-4		-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0	
$3 < d \leq 6$	5	6	10	-1+Δ		-4+Δ	-4	-8+Δ	0		-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6	
$6 < d \leq 10$	5	8	12	-1+Δ		-6+Δ	-6	-10+Δ	0		-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7	
$10 < d \leq 14$	6	10	15	-1+Δ		-7+Δ	-7	-12+Δ	0		-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9	
$14 < d \leq 18$																													
$18 < d \leq 24$	8	12	20	-2+Δ		-8+Δ	-8	-15+Δ	0		-22	-28	-35		-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218	1,5	2	3	4	8	12
$24 < d \leq 30$																													
$30 < d \leq 40$	10	14	24	-2+Δ		-9+Δ	-9	-17+Δ	0		-26	-34	-43		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14
$40 < d \leq 50$																													
$50 < d \leq 65$	13	18	28	-2+Δ		-11+Δ	-11	-20+Δ	0		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16	
$65 < d \leq 80$																													
$80 < d \leq 100$	16	22	34	-3+Δ		-13+Δ	-13	-23+Δ	0		-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19	
$100 < d \leq 120$																													
$120 < d \leq 140$	18	26	41	-3+Δ		-15+Δ	-15	-27+Δ	0		-43	-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690	2	4	5	7	13	19	
$140 < d \leq 160$																													
$160 < d \leq 180$											-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23	
$180 < d \leq 200$																													
$200 < d \leq 225$	22	30	47	-4+Δ		-17+Δ	-17	-31+Δ	0		-50	-77	-122	-166	-236	-284	-340	-425	-520	-670	-880	-1150	3	4	6	9	17	26	
$225 < d \leq 250$																													
											-50	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	3	4	6	9	17	26	
											-50	-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350	3	4	6	9	17	26	

en los grados de tolerancia superiores a IT7 incrementados en Δ

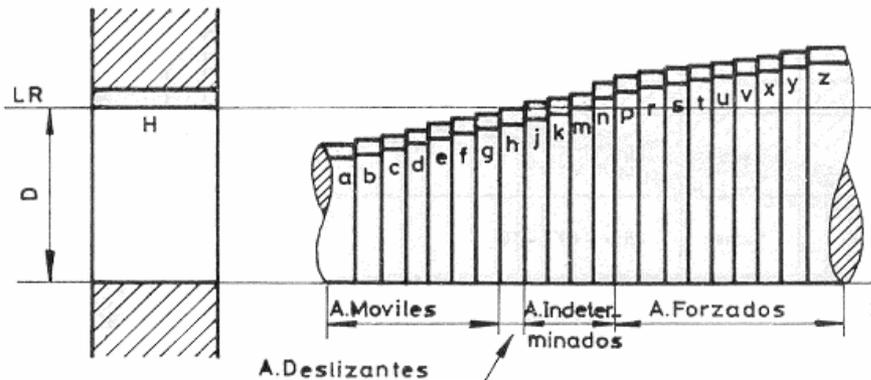
EJEMPLO PRÁCTICO

Acoplamiento 70 H6/j5

Determinar:

- Dimensiones máximas y mínimas el eje y del agujero. Realizar un esquema gráfico.
- Indicar el tipo de ajuste y calcular la tolerancia del ajuste y los valores máximos y mínimos del juego o apriete.

Cota nominal: 70mm
H6 (corresponde al agujero)
j5 (corresponde al eje)



Resolución punto a:

1. PARA AGUJERO (H6)

➤ Cota Nominal: 70mm

➤ Calidad: IT 6 (de la tabla obtenemos la tolerancia) = 19μm

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 ≤ 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 ≤ 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 ≤ 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 ≤ 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18 < d ≤ 30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30 < d ≤ 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50 < d ≤ 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80 < d ≤ 120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120 < d ≤ 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180 < d ≤ 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250 < d ≤ 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315 < d ≤ 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400 < d ≤ 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 de tolerancia

Diferencia fundamental	Desviación inferior Ei												
	Posición	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS
Calidad	Todas las calidades												
d ≤ 3	270	140	60	34	20	14	10	6	4	2	0		
3 < d ≤ 6	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0		
6 < d ≤ 10	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0		
10 < d ≤ 14	290	150	95		50	32		16		6	0		
14 < d ≤ 18													
18 < d ≤ 24	300	160	110		65	40		20		7	0		
24 < d ≤ 30													
30 < d ≤ 40	310	170	120		80	50		25		9	0		
40 < d ≤ 50	320	180	130										
50 < d ≤ 65	340	190	140		100	60		30		10	0		
65 < d ≤ 80	360	200	150										
80 < d ≤ 100	380	220	170										
100 < d ≤ 120	410	240	180										
120 < d ≤ 140	460	260	200										
140 < d ≤ 160	520	280	210		145	85		43		14	0		
160 < d ≤ 180	580	310	230										
180 < d ≤ 200	660	340	240										
200 < d ≤ 225	740	380	260		170	100		50		15	0		
225 < d ≤ 250	820	420	280										
250 < d ≤ 280	920	480	300										
280 < d ≤ 315	1050	540	330		190	110		56		17	0		

DESVIACIÓN= ±(ITm)/2, donde m es el valor de IT

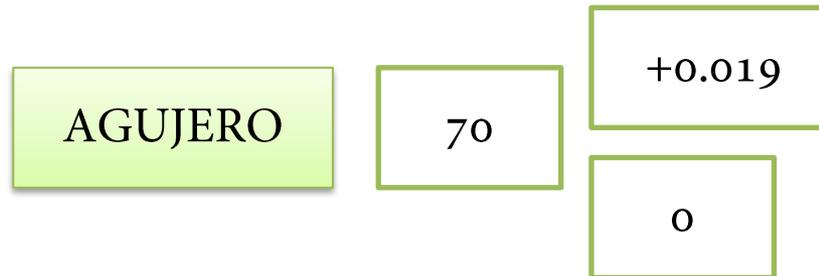
Tabla para obtener la desviación inferior

Desviación inferior = 0

Desviación superior = Desviación inferior + Tolerancia = $(0+19)\mu\text{m} = 19\mu\text{m} = 0.019\text{mm}$

Cota máxima (CM) = Cota nominal + Desviación superior = $(70+0.019)\text{mm} = 70.019\text{mm}$

Cota mínima (Cm) = Cota nominal + Desviación inferior = $(70+0)\text{mm} = 70\text{mm}$



2. PARA EJE (j5)

➤ Cota Nominal: 70mm

➤ Calidad: IT 5 (de la tabla obtenemos la tolerancia) = 13μm

Diferencia fundamental	Desviación inferior di																					
	j			k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc			
Posición	IT5 IT6	IT7	IT8	4≤IT≤7	IT<4 IT>7	Todas las calidades																
$d \leq 3$	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60			
$3 < d \leq 6$	-2	-4		+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80			
$6 < d \leq 10$	-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97			
$10 < d \leq 14$																						
$14 < d \leq 18$	-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+39	+45	+60	+77	+108	+150			
$18 < d \leq 24$																						
$24 < d \leq 30$	-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160			
$30 < d \leq 40$																						
$40 < d \leq 50$	-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200			
$50 < d \leq 65$																						
$65 < d \leq 80$	-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405			
$80 < d \leq 100$																						
$100 < d \leq 120$	-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690			
$120 < d \leq 140$																						
$140 < d \leq 160$	-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800			
$160 < d \leq 180$																						
$180 < d \leq 200$																						
$200 < d \leq 225$	-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000			
$225 < d \leq 250$																						
									+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150			
									+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250			
									+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350			

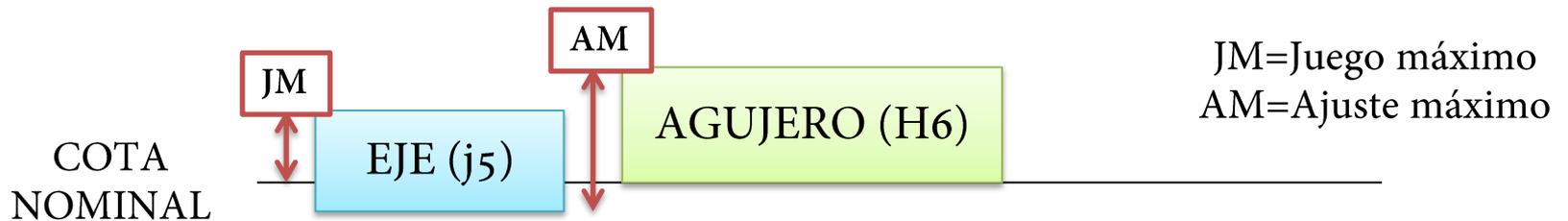
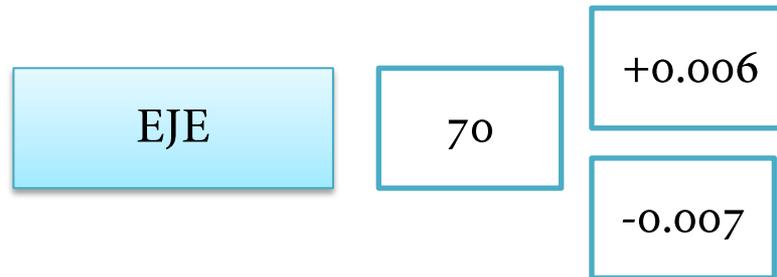
Tabla para obtener la desviación inferior

Desviación inferior = $-7\mu\text{m}$

Desviación superior = Desviación inferior + Tolerancia = $(-7+13)\mu\text{m}=6\mu\text{m} = 0.006\text{mm}$

Cota máxima (cM) = Cota nominal + Desviación superior = $(70+0.006)\text{mm}=70.006\text{mm}$

Cota mínima (cm) = Cota nominal + Desviación inferior = $(70+(-0.007))\text{mm}=69.993\text{mm}$



JM=Juego máximo
AM=Ajuste máximo

Tipo de ajuste: incierto o indeterminado
(las zonas de tolerancia de solapan)

Resolución punto b:

JM=Juego máximo=Desviación superior agujero – Desviación inferior eje

$$JM=(19-(-7))\mu\text{m}=26\mu\text{m}=\mathbf{0.026\text{mm}}$$

AM=Ajuste máximo=Desviación superior eje – Desviación inferior del agujero

$$AM=(6-0)\mu\text{m}=6\mu\text{m}=\mathbf{0.006\text{mm}}$$

Tolerancia del ajuste (incierto):

$$\text{Tolerancia} = JM+AM=(26+6)\mu\text{m}=32\mu\text{m}=\mathbf{0.032\text{mm}}$$

$$\text{Tolerancia}=\text{Tolerancia agujero}+ \text{Tolerancia eje}=(19+13)\mu\text{m}=32 \mu\text{m}=\mathbf{0.032\text{mm}} \text{ (Verificación)}$$

TRABAJO PRÁCTICO N°2

1. Calcular el valor del juego máximo ($J_{\text{máx}}$) y el juego mínimo ($J_{\text{mín}}$), de acuerdo a la siguiente información:

$$\text{Agujero} \begin{cases} D_N = 80,000 \text{ mm} \\ D_{\text{máx}} = 80,030 \text{ mm} \\ D_{\text{mín}} = 80,000 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{Eje} \begin{cases} D_N = 80,000 \text{ mm} \\ D_{\text{máx}} = 79,990 \text{ mm} \\ D_{\text{mín}} = 79,971 \text{ mm} \end{cases}$$

➤ **Juego máximo ($J_{\text{máx}}$):** Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje, cuando dicha diferencia es positiva.

$$J_{\text{máx}} = D_{\text{máx}} \text{ Agujero} - D_{\text{mín}} \text{ Eje}$$

➤ **Juego mínimo ($J_{\text{mín}}$):** Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje, cuando dicha diferencia es positiva.

$$J_{\text{mín}} = D_{\text{mín}} \text{ Agujero} - D_{\text{máx}} \text{ Eje}$$

$$J_{\text{máx}} = 80,030 - 79,971 = 59 \mu\text{m}$$

$$J_{\text{mín}} = 80,000 - 79,990 = 10 \mu\text{m}$$

2. Dadas las siguientes medidas, calcular los valores límites ($A_{\text{máx}}$ y $A_{\text{mín}}$) de apriete para las siguientes piezas:

$$\begin{array}{l} \text{Pieza Exterior (agujero)} \left\{ \begin{array}{l} D_{\text{máx}} = 80,030 \text{ mm} \\ D_{\text{mín}} = 80,000 \text{ mm} \end{array} \right. \quad \text{Pieza Interior (eje)} \left\{ \begin{array}{l} D_{\text{máx}} = 80,078 \text{ mm} \\ D_{\text{mín}} = 80,059 \end{array} \right. \end{array}$$

➤ **Aprieto máximo ($A_{\text{máx}}$):** Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje, cuando dicha diferencia es negativa

$$A_{\text{máx}} = D_{\text{mín}} A - D_{\text{máx}} E$$

➤ **Aprieto mínimo ($A_{\text{mín}}$):** Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje, cuando dicha diferencia es negativa.

$$A_{\text{mín}} = D_{\text{máx}} A - D_{\text{mín}} E$$

$$\begin{array}{l} A_{\text{máx}} = 80,000 - 80,078 = - 78 \mu\text{m} \\ A_{\text{mín}} = 80,030 - 80,059 = - 29 \mu\text{m} \end{array}$$

3. En un plano existe la notación 36_{h9}^{F8} Se pide:
¿Cuál es la medida correspondiente al agujero?
¿Y la del eje?

UTILIZAR TABLAS

1. **Paso 1:** Resuelvo los datos relaciones al agujero:

Diámetro nominal: 36

Calidad IT8 = tolerancia = $39\mu\text{m}$ (Tabla de tolerancia s/calidad)

Tabla de posiciones de tolerancia para agujeros (posición F):

tolerancia inferior ($+25\mu\text{m}$), tolerancia superior $(25+39)=64\mu\text{m}$

Expresar el Agujero con su diámetro nominal y sus cotas máximas y mínimas.

1. **Paso 2:** IDEM punto anterior pero para el Eje.

4.

Determinar a) El tipo de ajuste, b) presiones o juegos máximos y c) tolerancia del ajuste entre un eje de 54_{-20}^{+30} y un agujero 54_{+30}^{-10} .

a) eje: 54_{-20}^{+30} agujero: 54_{+30}^{-10}

valor eje máximo: $54+(+30)= 84$ mm

valor eje mínimo: $54+(-20)= 34$ mm

valor agujero máximo: $54+(-10)= 44$ mm

valor agujero mínimo: $54+(+30)= 84$ mm

b) $P_{max}=84\text{mm}-84\text{mm}= 0$

c) Tolerancia eje= $+30+(-20)= 10$ mm

Tolerancia agujero= $-10+(+30)= 20$ mm

Tolerancia ajuste= $10+20= 30$ mm

Tipo de ajuste: Apriete

**AM=Ajuste máximo
=Desviación superior eje – Desviación
inferior del agujero**

**JM=Juego máximo=Desviación superior
agujero – Desviación inferior eje**

**Tolerancia = JM+AM=Tolerancia
agujero+ Tolerancia eje**