

TOLERANCIAS DIMENSIONALES

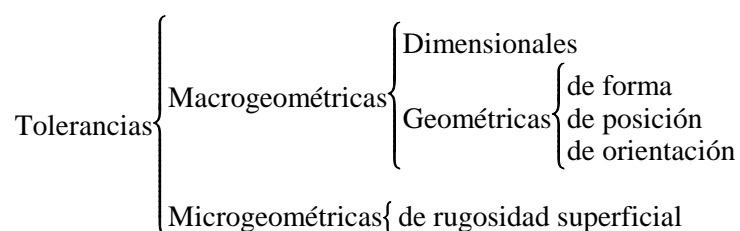
Introducción

En el siglo XVIII, como consecuencia de la revolución industrial, hubo un cambio en los sistemas de fabricación, hasta ese momento artesanales, apareciendo la producción *en serie*, basada en el principio de la *intercambiabilidad*, según el cual cualquier pieza debe servir para cualquier conjunto, sin necesidad del menor retoque.

Todas las piezas se fabrican según planos, sin embargo, y tanto más cuanto mayor sea la precisión requerida, aparece una discrepancia entre las medidas nominales o teóricas del diseño y las medidas efectivas o reales de cada pieza que sale del taller. Estas discrepancias son debidas a limitaciones tales como el material, obrero, máquina etc. Por tanto ocurre que para una misma dimensión se producen diferencias en relación con la medida indicada en el plano cuando se fabrican grandes series de piezas.

Dichas desviaciones pueden producir complicaciones cuando se unen piezas individuales durante el montaje de una máquina, dispositivo, etc, hasta el punto de anular su utilidad y perturbar el proceso de fabricación en serie. Para garantizar la uniformidad de las piezas, para el intercambio directo, deben limitarse las desviaciones de la medida nominal, de forma que la pieza pueda realizar su cometido. De la precisión demandada dependen las correcciones a realizar con objeto de conseguir que el tamaño o forma del elemento en cuestión tenga unos límites máximos y mínimos aceptables. La diferencia entre estos límites es la llamada *tolerancia*, definida como el margen de medidas límites que puede tener una pieza de cota teórica o nominal, para que sea válida.

Desde el punto de vista cuantitativo se puede hacer la siguiente clasificación de las tolerancias:



Tolerancias dimensionales

Las primeras tolerancias establecidas a nivel internacional, con objeto de garantizar montajes satisfactorios, fueron las dimensionales que fijan una zona de tolerancia permitida a las cotas funcionales de una pieza.

Para fijar esta zona ha sido necesario establecer ciertas reglas para determinar las tolerancias de acuerdo con las dimensiones de las piezas y el destino que van a tener. Se conoce como *Sistema de tolerancia* al conjunto de principios, reglas, fórmulas y tablas que permiten una selección racional de tolerancias para la producción económica de las piezas intercambiables.

El actual *sistema ISO de tolerancias* de medida está basado en el antiguo sistema métrico de

tolerancias llevado adelante por la Asociación Internacional de Normalización “ISA“, en los años anteriores a la Segunda Guerra Mundial. Las modificaciones que ISO introdujo se debieron a las necesidades de :

- Internacionalizar el sistema, abarcando a los países anglosajones y a aquellos que aún no lo tenían adoptado.
- Recoger las nuevas precisiones de la industria, ampliando a más medidas (de menos de 1 mm y más de 500 mm), a calidades más finas y a nuevas posiciones de la zona de tolerancia.
- Introducir modificaciones para complementar los antiguos valores ISA con los modernos ISO.

Para mayor sencillez, y dada la importancia de las parejas de piezas cilíndricas entre todas las parejas de piezas destinadas a acoplar, se utilizan en general los términos de *eje* y *agujero*, términos que sugieren la forma cilíndrica y cuyas medidas básicas son, por lo tanto, diámetros.

No obstante, debe quedar claro que al hablar de eje/agujero hablamos de cualquier pareja de elementos macho y hembra, destinados a encajar, tuvieren la sección que tuvieren, pudiendo ser de revolución (cilindros, conos, esferas, toros...) o no (prismas, pirámides...).

El término eje/agujero designa, pues, el espacio contenido/continente comprendido entre dos caras (o planos tangentes) paralelas a un elemento cualquiera.

En todos los casos habría de tenerse presente la necesidad de buscar la fabricación más económica posible y compatible con el funcionamiento.

Definiciones

Dimensión o medida: número que expresa, en las unidades oportunas, el valor numérico de una longitud o ángulo; en los dibujos se le suele llamar *cota*.

Dimensión efectiva: valor obtenido al medir una pieza concreta.

Dimensión nominal: medida básica que marca el origen de las desviaciones, o bien, medida con relación a la cual se definen las medidas límites.

Dimensiones límites (máxima/mínima): valores extremos (máximo/mínimo) admisibles para la dimensión efectiva.

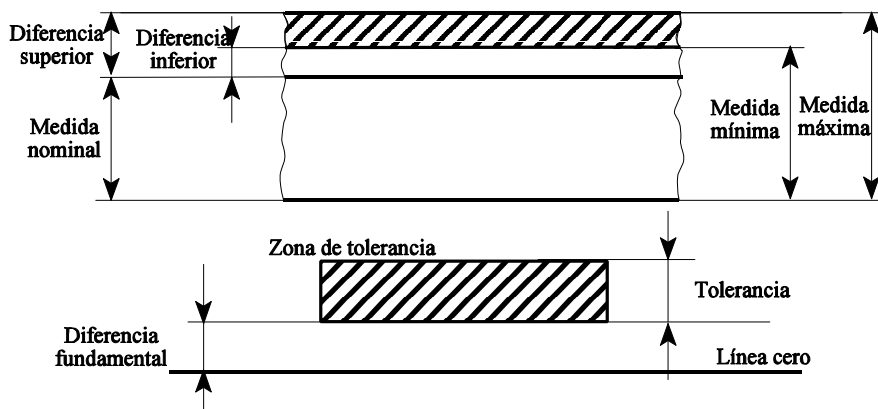
Desviación o diferencia: diferencia entre cualquier dimensión y la dimensión nominal.

Desviación efectiva: diferencia entre la medida efectiva y la nominal.

Desviación superior/inferior: Diferencia entre la medida máxima/mínima y la nominal correspondiente.

Desviación fundamental: una cualquiera de las desviaciones límites (superior/inferior), elegida convencionalmente para definir la posición de la zona de tolerancia en relación a la *línea cero*.

Línea de referencia o línea cero: en los dibujos de tolerancias se llama así a la línea que marca la desviación nula, correspondiente a la dimensión nominal.



Las desviaciones se representan a partir de la línea cero y pueden ser positivas o negativas, según que la medida sea superior o inferior a la nominal. Las desviaciones pueden ser ambas positivas, ambas negativas o bien cada una de un signo diferente.

Tolerancia: variación permisible de la medida de la pieza y que viene dada por la diferencia entre las medidas límites; coincide obviamente con la diferencia entre las desviaciones superior e inferior. La tolerancia se considera en valor absoluto y también se conoce como *tolerancia específica*.

Zona de tolerancia: en los dibujos de tolerancias se llama así a la zona que abarca el valor de la tolerancia.

Tolerancia fundamental: se llama así a la tolerancia calculada para cada grupo de dimensiones y cada calidad de trabajo. Es función de la unidad de tolerancia.

Unidad de tolerancia: es un valor numérico calculado en función de la medida de cálculo (media geométrica de las medidas límites de cada grupo de dimensiones), de acuerdo con una fórmula fundamental, y que sirve para obtener las tolerancias fundamentales.

Eje/agujero: términos convencionales empleados para representar cualquier elemento o pieza interior/exterior destinado a acoplar con el agujero/eje correspondiente; debe entenderse que no necesariamente habrá de ser cilíndrico.

Diámetro: término convencional, empleado a veces en lugar de *medida o dimensión*, y que no necesariamente implica que se trate de un elemento de revolución

Notaciones y símbolos ISO

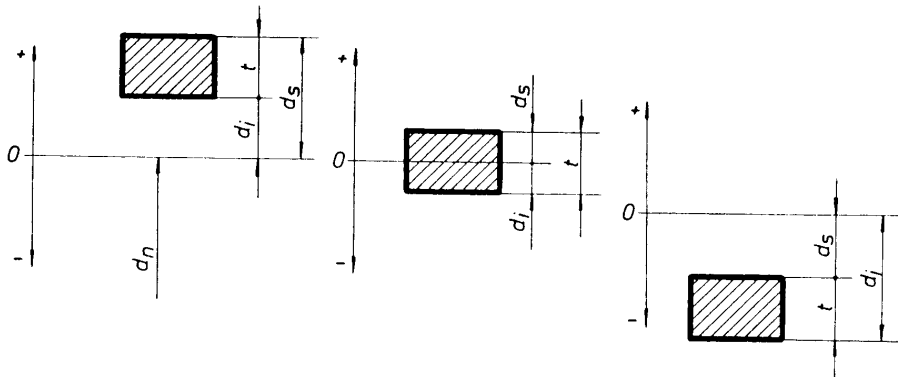
Generalidades

La siguiente tabla contiene las notaciones utilizadas en este tema, básicamente coincidentes con las notaciones ISO, excepto en la letra **e**, notación ISO para las desviaciones (del francés *ecart*); aquí se utiliza la letra **d**.

Las notaciones de ejes se hacen con letras minúsculas y las de agujeros con mayúsculas.

Término	Notación	
	Eje	Agujero

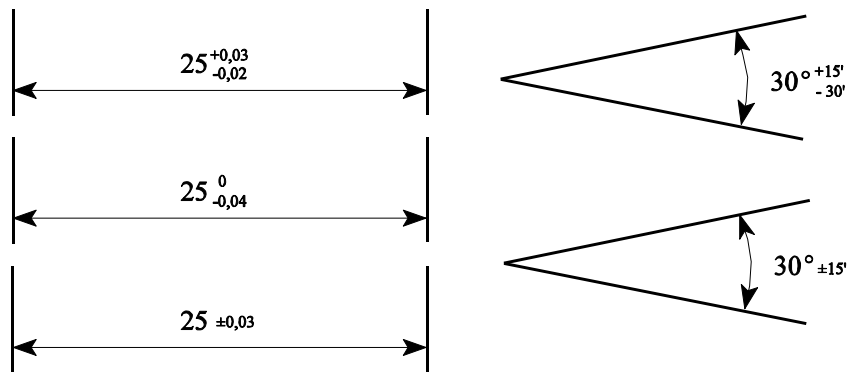
Dimensión nominal	dN	DN
Dimensión efectiva	de	De
Dimensión máxima	dM	DM
Dimensión mínima	dm	Dm
Desviación superior	ds	Ds
Desviación inferior	di	Di
Tolerancia específica	t	T
Unidad de tolerancia	i	
Línea cero	O	
Diámetro de cálculo	D	



Notaciones con cifras

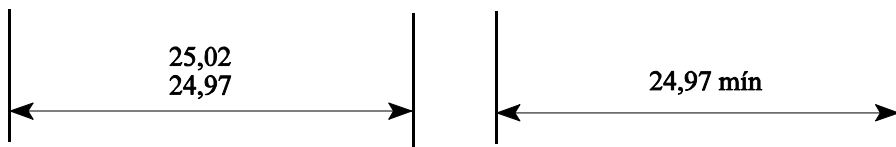
Los elementos controlados por una tolerancia dimensional se pueden representar en los dibujos con su medida nominal acompañada de las desviaciones límites

- Si una desviación es nula, se expresa sin decimales
- La desviación superior siempre se coloca por encima de la inferior, tanto en ejes como en agujeros
- Si la tolerancia es simétrica respecto a la línea cero, sólo se anota una vez el valor de las desviaciones, precedido de los signos \pm
- Los convenios son idénticos para las cotas lineales y para las angulares.



Otra manera de representar las tolerancias es con las medidas límites, la superior siempre encima de la inferior.

Si la medida está limitada en un único sentido, después de la cifra de cota se debe colocar la indicación *mín/máx.*

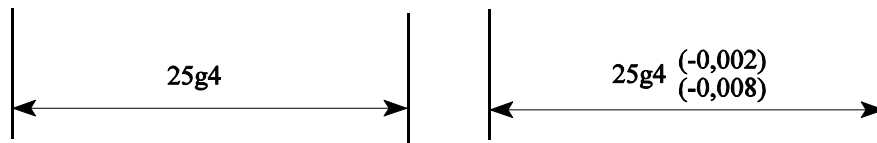


Notación con símbolos ISO

Los símbolos ISO de representación de cotas con tolerancia dimensional incluyen:

- La medida nominal en primer lugar;
- Una letra (minúscula si se trata de un eje, mayúscula si de un agujero), representativa de la posición de la zona de tolerancia.
- Un número representativo de la anchura de la zona de tolerancia (cuanto mayor el número, más ancha será la zona).

Cuando convenga, se pueden añadir entre paréntesis los valores de las desviaciones.



Unidades

Las desviaciones se expresan en las mismas unidades que la dimensión nominal, usualmente por lo tanto en **mm**, excepto, naturalmente, indicación en contra. Si se utiliza para todas las desviaciones de un dibujo una unidad diferente del mm, se debe indicar en una casilla del cuadro de rotulación. El número de cifras decimales debe ser igual en las dos desviaciones, salvo que una de ellas sea nula.

Sin embargo, la unidad que se utiliza, de forma general, en el cálculo de los valores de las tolerancias, desviaciones y unidades de tolerancia, es el micrómetro.

Magnitud de la zona de tolerancia

a) Grupos de dimensiones nominales

La norma ISO 286 desarrolla el sistema ISO de tolerancias normalizadas para dimensiones nominales comprendidas entre 0 y 3150 mm.

Con objeto de evitar el cálculo de tolerancias y desviaciones para cada una de las diversas y numerosísimas medidas nominales posibles, se establece la partición en grupos. Dentro de cada grupo se dan los mismos valores de desviaciones y tolerancias.

Los grupos de la *serie principal*, fueron establecidos en función de los siguientes criterios:

- Para dimensiones hasta 180 mm, la partición está basada en valores aceptados previamente en normas de importantes organizaciones nacionales de Normalización;
- Para dimensiones entre 180 y 3150 mm, los valores establecidos coinciden con los de la serie de Renard R10 (250 ... 3150).

Además, se establece la *serie complementaria*, establecida en base a la serie de Renard R20: de forma aproximada los primeros valores y con todo rigor desde el valor 140. La serie complementaria fue elaborada para atender a los casos de ajuste con juegos o aprietos grandes (desviaciones de ejes *a* a *c* y *r* a *zc* y de agujeros *A* a *C* y *R* a *ZC*, respectivamente).

En la siguiente tabla se recogen los grupos de dimensiones nominales comprendidas entre 0 y 500 mm.

Grupos de diámetros nominales, en mm

D	dN/DN			
	Serie principal		Serie complementaria	
	De	hasta	De	Hasta
-----	0	3	0	3
4.24	3	6	3	6
7.75	6	10	6	10
13.42	10	18	10 14	14 18
23.24	18	30	18 24	24 30
38.73	30	50	30 40	40 50
63.25	50	80	50 65	65 80
97.98	80	120	80 100	100 120
146.97	120	180	120 140 160	140 160 180
212.13	180	250	180 200 225	200 225 250
280.62	250	315	250 280	280 315
354.96	315	400	315 355	355 400
447.21	400	500	400 450	450 500

b) Diámetros de cálculo

Se establecen como la media geométrica de los valores extremos de cada grupo considerado. Son los valores que se usan para los cálculos de desviaciones y tolerancias.

La columna 1 de la tabla anterior recoge los diámetros de cálculo hasta 500 mm.

c) Calidad y tolerancia fundamentales

Se entiende por calidad, o índice de calidad, a un conjunto de tolerancias que se corresponden con un mismo grado de precisión para cualquier grupo de diámetros.

Están previstas 20 calidades de trabajo (grados de tolerancia), designados por las siglas IT01,

IT0, IT1, IT2, IT3, ..., IT18 (I de ISO, T de tolerancia y un índice numérico), con tanta menor calidad, es decir, mayor ancho de la zona de tolerancia, cuanto mayor es el número.

Las calidades de 01 a 3 para ejes y las de 01 a 4 para agujeros, están destinadas a calibres y piezas de alta precisión.

Las calidades de 4 a 11 para ejes y de 5 a 11 para agujeros, están previstas para parejas de piezas que han de ajustar al ser montadas.

Las calidades superiores a 11, bien para ejes, bien para agujeros, están pensadas para piezas o elementos aislados, que no requieren, por tanto, de un acabado tan fino y caro.

En la tabla de la página siguiente figuran los valores numéricos de las tolerancias fundamentales, es decir, las anchuras de las zonas de tolerancias, expresadas en micrómetros, correspondientes a las 18 calidades principales y a los grupos de dimensiones de la serie principal.

Los valores de las calidades IT01 e IT0, no aparecen en el cuerpo principal de esta norma, estando recogidos, para dimensiones nominales menores o igual que 500 mm, en un anexo de la misma.

Los valores de IT01, IT0 e IT1 están tabulados y se fijan según valores crecientes de una ley lineal, para tomar en consideración los errores proporcionales a las dimensiones predominantes en las mediciones de alta precisión.

Tolerancias fundamentales, em Fm (I)

Calidad	IT01	IT0	IT1
Tolerancia (µm)	0,3 + 0,008 D	0,5 + 0,012 D	0,8 + 0,020 D

Los valores de la calidades IT1 a IT5 (inclusive), para diámetros nominales superiores a 500 mm, se incluyen para uso experimental.

Los valores de la calidades IT14 a IT18 no deben ser usados para diámetros nominales menores o igual a 1 mm.

Los valores de IT2 a IT4 se obtienen, muy aproximadamente mediante una interpolación geométrica entre los valores de IT1 e IT5.

Los valores desde la calidad IT5 son calculados en función de la unidad de tolerancia i , unidad que se calcula por medio de la fórmula

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} \% 0,001 D$$