

NORMA ARGENTINA

IRAM
4515*

Primera edición
1978-12

Esta impresión tiene incorporada la Fe de Erratas N°1:2011

Dibujo técnico

Tolerancias geométricas

Tolerances of form and of position

* Modificada Octubre de 1988.



Referencia Numérica:
IRAM 4515:1978

ICS 01.100.01
* CNA 00.00

* Corresponde a la Clasificación Nacional de Abastecimiento asignada por el Servicio Nacional de Catalogación del Ministerio de Defensa.

1 NORMAS A CONSULTAR

IRAM	TEMA
4501	Definición de vistas - Método ISO (E)
4502	Líneas
4503	Letras y números

2 OBJETO

2.1 Establecer los símbolos e indicaciones en dibujos técnicos, para tolerancias de forma y de posición, y fijar las condiciones geométricas necesarias para ese fin (ver índice). La aplicación de estas tolerancias asegura condiciones de funcionamiento y de intercambiabilidad de elementos mecánicos.

3 DEFINICIONES

3.1 Definiciones preliminares

3.1.1 Plano envolvente. Plano paralelo a la dirección general de la superficie que toca a ésta, sin cortarla, en el lado libre de material. Se refiere a una superficie específicamente plana.

3.1.2 Plano medio. Plano situado a media distancia entre dos planos envolventes de cada una de las superficies consideradas, definidos como paralelos a la dirección general de las dos superficies específicamente planas y paralelas.

3.1.3 Cilindro envolvente

3.1.3.1 Cilindro que toca la línea sin cortarla, del lado libre del material, y cuyo diámetro es el más pequeño o el más grande posible, referido a una línea específicamente recta (fig. 1).

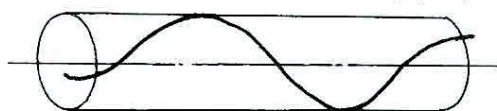


Figura 1

3.1.3.2 Cilindro que toca la superficie, sin cortarla, del lado libre del material, y cuyo diámetro es el más pequeño o el más grande posible, según se trate de una superficie exterior o interior, referido a una superficie específicamente cilíndrica.

3.1.4 Recta envolvente

3.1.4.1 Generatriz de un cilindro envolvente. Recta paralela a la dirección general de la línea, en el plano considerado, que toca a ésta sin cortarla, en el lado libre de la materia, referida a una línea específicamente rectilínea (fig. 2).

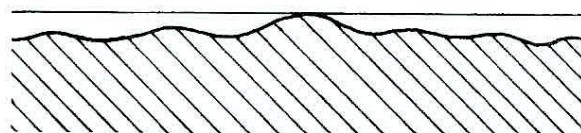


Figura 2

3.1.5 Eje geométrico

3.1.5.1 Eje del cilindro envolvente de la superficie. El referido a una superficie específicamente cilíndrica.

3.1.6 Círculo envolvente. Círculo que toca la línea, sin cortarla, del lado libre del material cuyo diámetro es el más pequeño o el más grande posible, según que la línea pertenezca a una superficie exterior o interior, el referido a una línea específicamente circular (fig. 3/4).

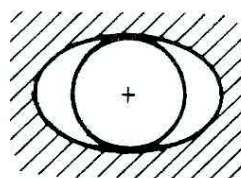


Figura 3



Figura 4

3.1.7 Centro geométrico. Punto central correspondiente al círculo envolvente de la línea en el plano de la sección que lo contiene, referido a una línea específicamente circular.

3.2 Tolerancia de forma y de posición

3.2.1 Definición principal. Distancia de cada uno de los puntos de la superficie de un elemento geométrico aislado, a una superficie de forma geométrica ideal. Debe ser igual o menor que el valor de la tolerancia dada. Estas distancias definen una zona de tolerancia dentro de la cual debe encontrarse dicho elemento geométrico. La orientación de la superficie ideal debe ser elegida de modo que la distancia al punto más alejado sea mínima (fig. 5).

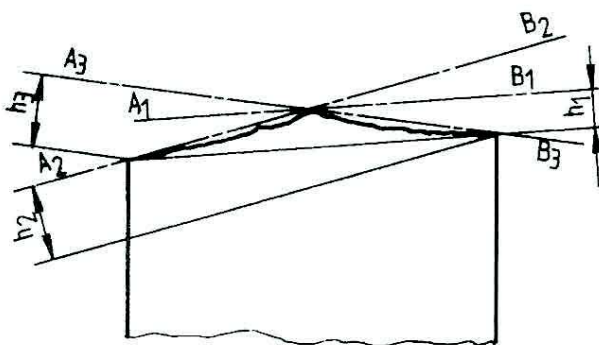


Figura 5

Orientaciones diversas de superficie ideal:

$A_1 - B_1$, $A_2 - B_2$, $A_3 - B_3$.

Distancias máximas correspondientes: h_1 , h_2 , h_3 .

En el caso de la figura 5:

$h_1 < h_2$, $h_1 < h_3$.

Consecuentemente, la orientación de la superficie es $A_1 - B_1$, donde el valor de h_1 es el mínimo e igual a la tolerancia especificada.

Nota: Superficie o línea de referencia. Se toman por convención, en aquellas definiciones que se dan a continuación, haciendo intervenir dos elementos reales, superficies o líneas envolventes del elemento tomado como referencia.

3.3 Definiciones de tolerancias

3.3.1 En cada una de las definiciones siguientes, está implícitamente supuesto que las tolerancias de forma y de posición u otras tolerancias que están allí definidas, deben ser prácticamente descartables con relación a la definida, o en todo caso, incluida en la misma.

Ejemplo: La tolerancia de paralelismo entre dos elementos puede no tener sentido, si éstos admiten tolerancias de planicidad o de rectitud. En los casos siguientes, la tolerancia de forma y de posición ha sido representada con el mayor valor admisible sobre el elemento considerado.

3.3.2 Tolerancia de rectitud. Diámetro máximo admisible del cilindro envolvente de la porción de línea considerada. Se indica el valor de la tolerancia, haciendo preceder, en este caso, el símbolo ϕ (fig. 6). Si la línea es completamente continua, en un plano de sección dada, la tolerancia está definida como la distancia admisible máxima entre todos los puntos de la porción de la línea considerada y su recta envolvente (fig. 7).

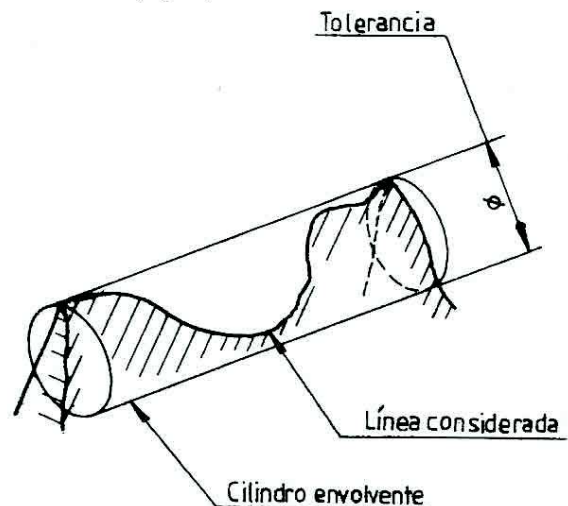


Figura 6

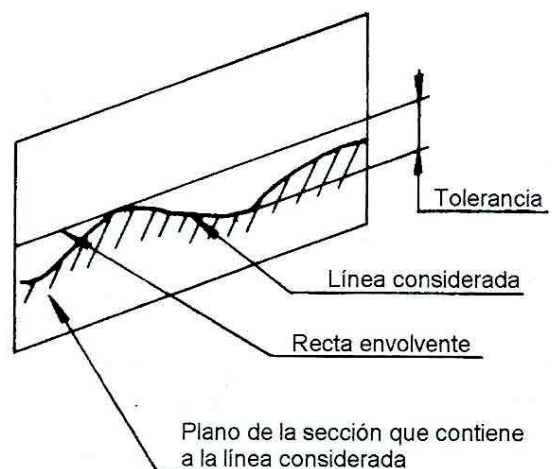


Figura 7

3.3.3 Tolerancia de planicidad. Distancia máxima admisible entre cualquier punto de la porción de superficie considerada y su plano envolvente (fig. 8).

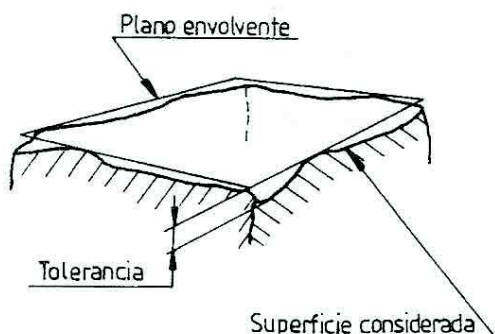


Figura 8

3.3.4 Tolerancia de circularidad. Distancia radial máxima admisible en el plano de la sección que contiene, entre cualquier punto de la línea considerada y su círculo envolvente (fig. 9).

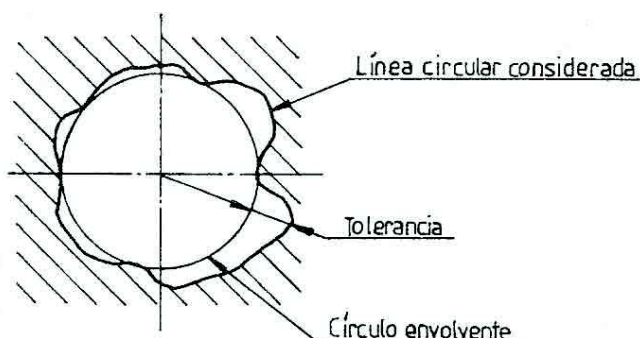


Figura 9

3.3.5 Tolerancia de cilindridad. Distancia radial máxima admisible entre cualquier punto de la porción de superficie considerada y su cilindro envolvente (fig. 10).

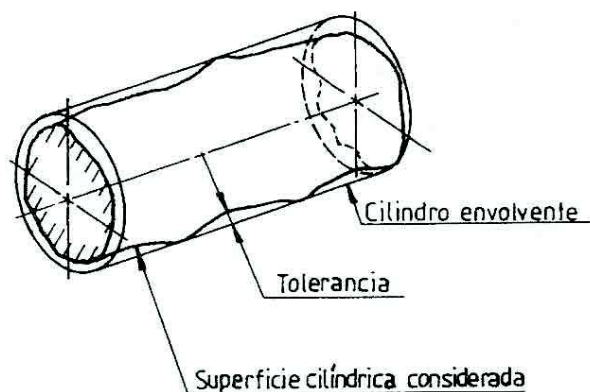


Figura 10

3.3.6 Tolerancia de forma de una línea cualquiera. Diámetro máximo admisible de una esfera, cuyo centro está obligado a desplazarse siguiendo una línea que contiene la forma especificada, y que engendra un volumen envolvente, en el interior del cual la línea considerada debe estar contenida (fig. 11). Se toma el valor de la tolerancia, siendo precedida por el símbolo ϕ . Si la línea se halla totalmente contenida en un plano de sección dada, la tolerancia está definida como la distancia máxima admisible entre cualquier punto de la porción de línea considerada y aquella de las líneas que tiene la forma especificada y que toca, sin cortar, la línea considerada (fig. 12).

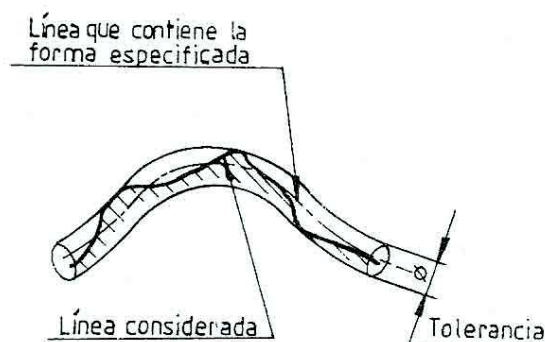


Figura 11

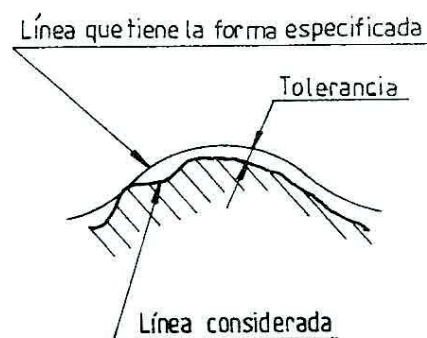


Figura 12

3.3.7 Tolerancia de forma de una superficie cualquiera. Distancia máxima admisible entre cualquier punto de la superficie considerada y la superficie que tiene la forma especificada que la toca, sin cortarla (fig. 13).

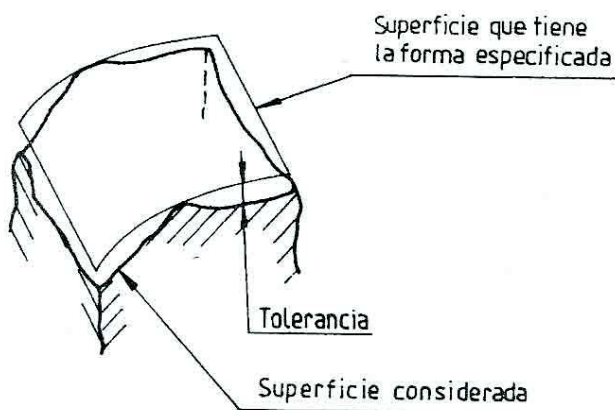


Figura 13

3.3.8 Tolerancia de paralelismo

3.3.8.1 De una superficie o de una línea, con relación a otra superficie. Distancia máxima admisible entre cualquier punto de la parte o porción de superficie o línea considerada y el plano auxiliar paralelo a la superficie de referencia, que toca a esta superficie o a esta línea, sin cortarla (fig. 14).

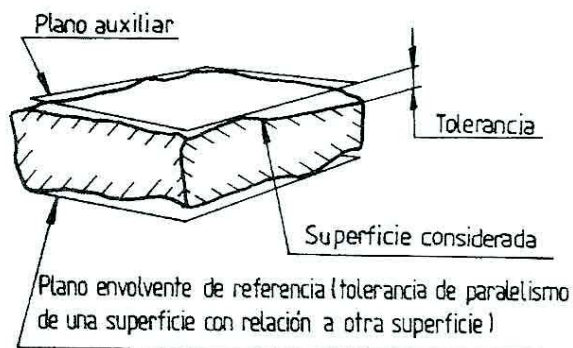


Figura 14

3.3.8.2 De una superficie con relación a una línea. Distancia máxima admisible entre cualquier punto de la porción de superficie considerada y el plano auxiliar, paralelo a la línea de referencia que toca a esta superficie — sin cortarla (fig. 15).

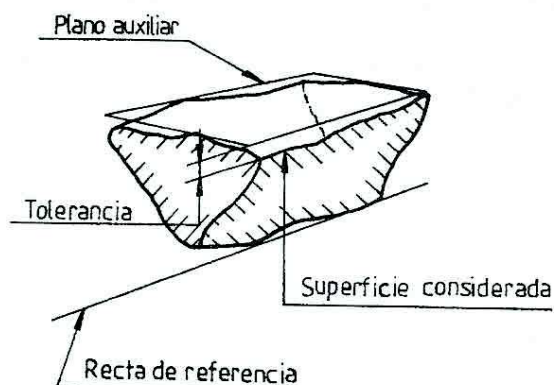


Figura 15

3.3.8.3 De una línea con relación a otra línea. Diámetro máximo admisible de un cilindro auxiliar, que tiene su eje paralelo a la línea de referencia, en el cual debe estar contenida la porción de línea considerada; en este caso se hace preceder el valor de la tolerancia del símbolo ϕ (fig. 16). La tolerancia puede ser también determinada como sigue: En proyección sobre dos planos, uno que contiene la línea de referencia, el otro perpendicular al primero, que tiene por intersección una recta auxiliar paralela a la línea de referencia y la toca sin cortarla, a la porción de línea considerada y la recta auxiliar (fig. 17). En este caso, distancia máxima admisible entre cualquier punto de la proyección considerada y la recta auxiliar.

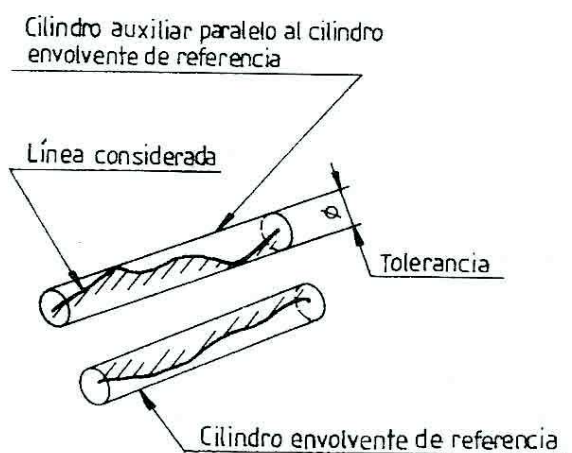


Figura 16

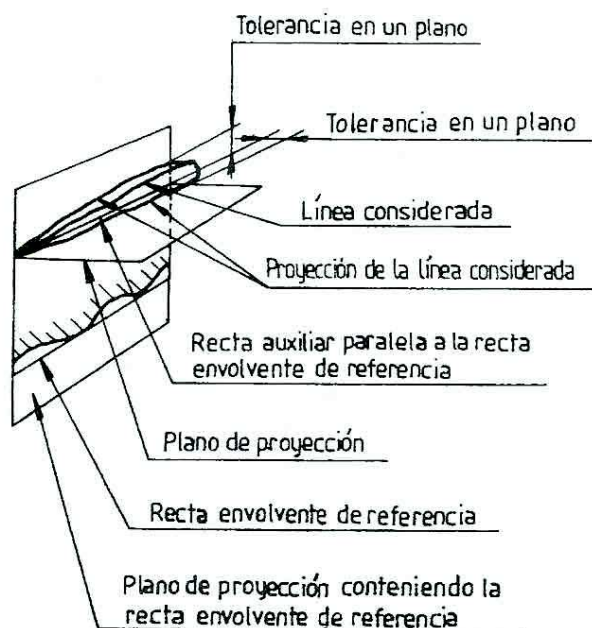
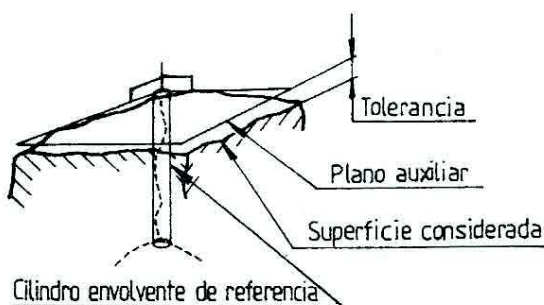


Figura 17

3.3.9 Tolerancia de perpendicularidad

3.3.9.1 De una superficie o de una línea, con relación a otra línea. Distancia máxima admisible entre cualquier punto de la porción de superficie, o de línea considerada y el plano auxiliar perpendicular a la línea de referencia, que toca a esta superficie o a esta línea, sin cortarla (fig. 18).



(Tolerancia de perpendicularidad de una superficie con referencia a una línea)

Figura 18

3.3.9.2 De una superficie con relación a otra superficie. Distancia máxima admisible entre cualquier punto de la porción de superficie considerada y el plano auxiliar, perpendicular a la

superficie de referencia, que toca a esta superficie, sin cortarla (fig. 19).

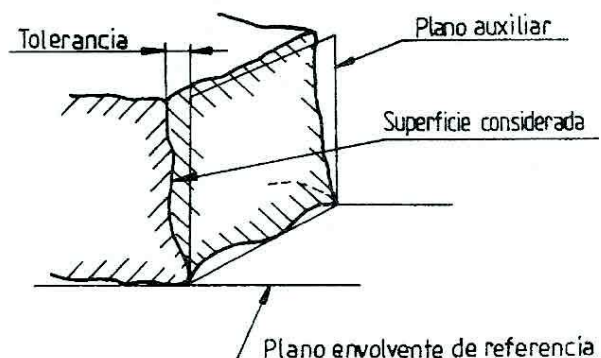


Figura 19

3.3.9.3 De una línea con relación a una superficie. Diámetro máximo admisible de un cilindro auxiliar, que tiene su eje perpendicular a la superficie de referencia, en el cual debe estar contenida la porción de línea considerada; en este caso el símbolo ϕ precederá al valor de la tolerancia (fig. 20).

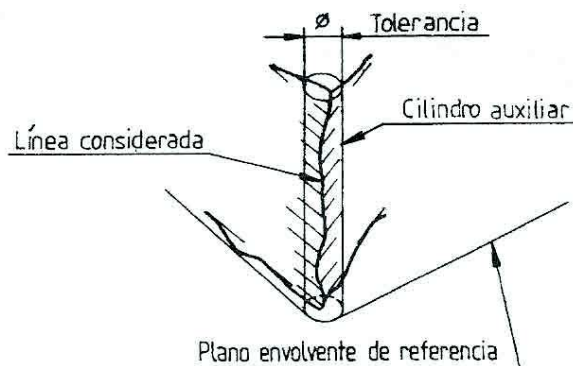


Figura 20

3.3.10 Tolerancia de inclinación. Distancia máxima admisible entre cualquier punto de la porción de superficie o línea considerada, y cualquiera de los planos inclinados del valor determinado sobre la superficie o la línea de referencia que toca la superficie o la línea considerada sin cortarlas (fig. 21).

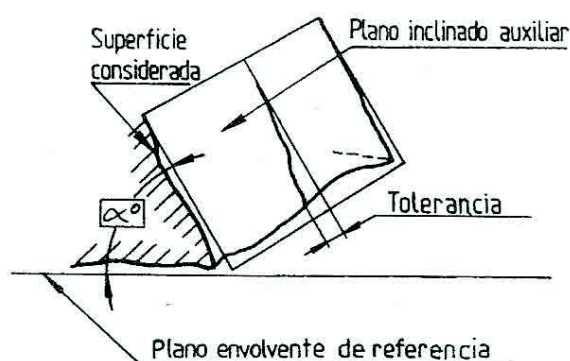


Figura 21

3.3.11 Tolerancia de posición. Distancia máxima admisible doble entre la posición real del elemento considerado y su posición teórica, especificada por medio de cotas enmarcadas (fig. 22). La tolerancia de posición del eje de una superficie de revolución comprende a todas las direcciones alrededor de la posición teórica; en este caso hacer preceder al valor de la tolerancia el símbolo ϕ . El eje está obligado a mantenerse en el interior de un cilindro que tiene por diámetro, alrededor de la posición teórica, la tolerancia de posición t , es decir, que no puede desviarse más de $t/2$ de la posición teórica (fig. 23).

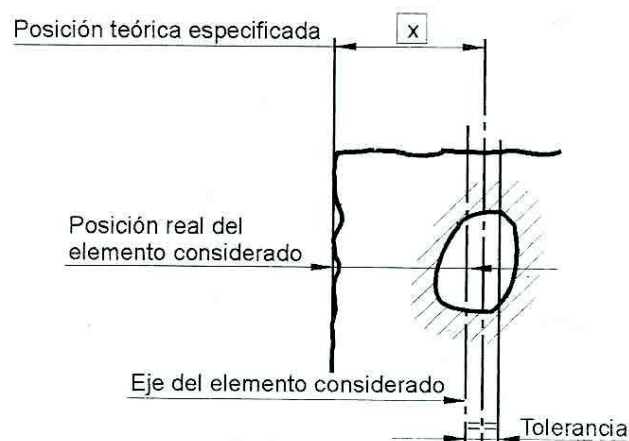


Figura 22

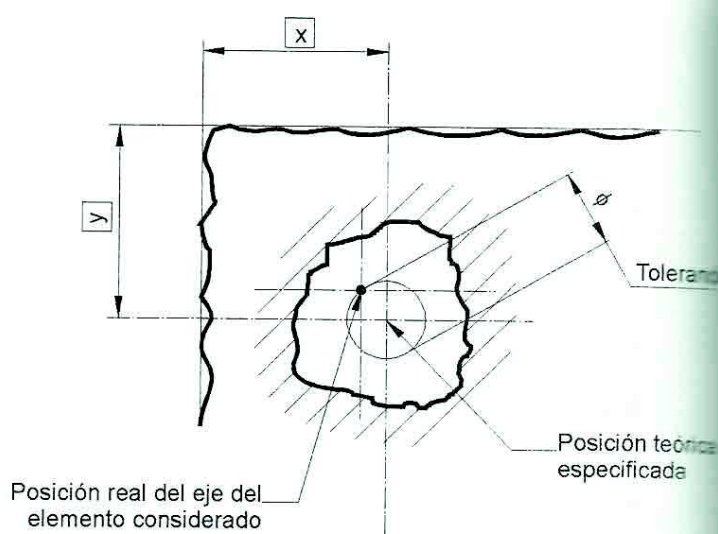


Figura 23

3.3.12 Tolerancia de coaxialidad o de concentricidad. Distancia radial máxima admisible doble entre dos ejes paralelos o en proyección plana, entre dos centros; hacer preceder al valor de la tolerancia el símbolo ϕ (fig. 24).

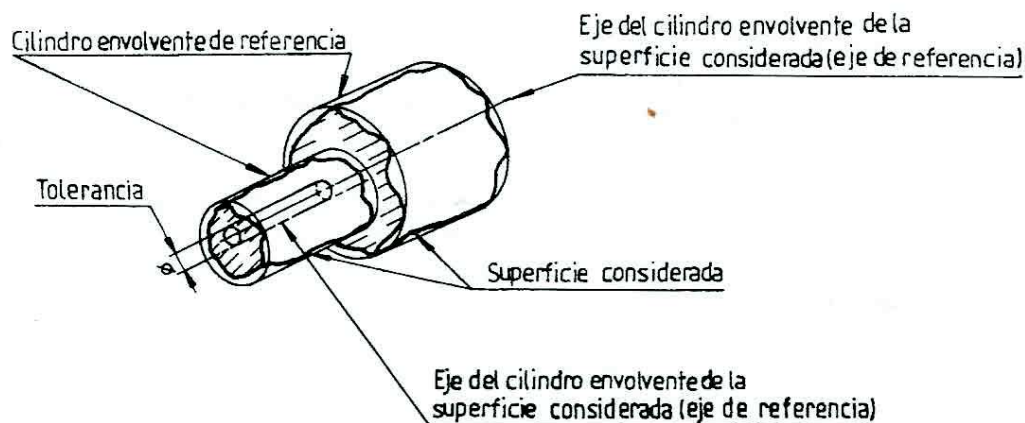


Figura 24

3.3.13 Tolerancia de simetría. Distancia máxima admisible doble, entre el plano medio de un elemento y el plano medio, o eje, de un elemento de referencia (fig. 25).

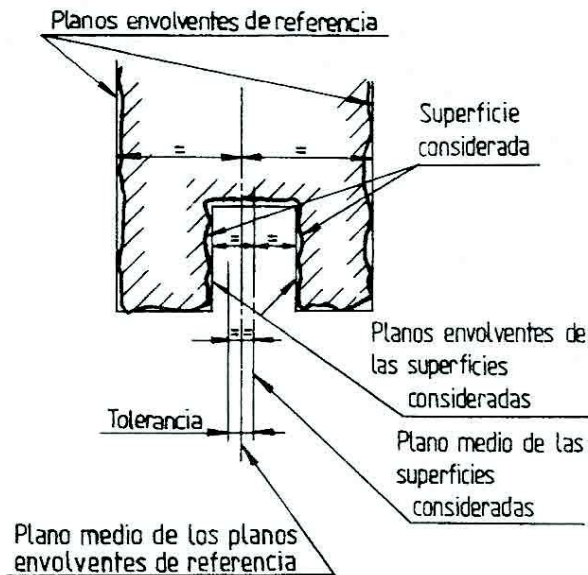


Figura 25

3.3.14 Tolerancia de oscilación. Variación máxima admisible t de la posición de un elemento considerado, en relación a un punto fijo en el recorrido de una vuelta completa en torno al eje de referencia; esta variación debe ser medida en la dirección que indica la flecha y en la situación más favorable (figs. 26/28).

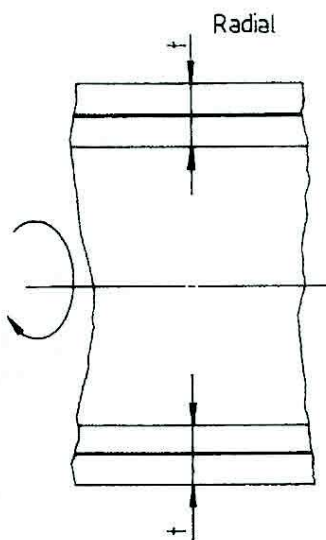


Figura 26

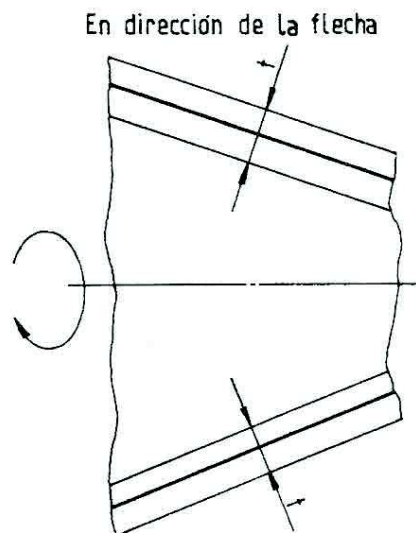


Figura 27

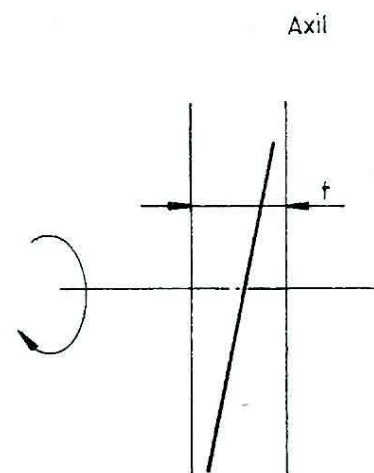


Figura 28

4 CONDICIONES GENERALES

4.1 La zona de tolerancia se indicará según la característica aplicada de la tolerancia y el modo por el cual ella está acotada por:

- ... un círculo o un cilindro;
- ... un espacio entre dos líneas paralelas o dos rectas paralelas;
- ... un espacio entre dos superficies paralelas o dos planos paralelos;
- ... un paralelepípedo.

4.2 Las tolerancias de forma y de posición, deberán ser determinadas, si ello fuera indispensable, para asegurar el perfecto funcionamiento de las piezas en su montaje correspondiente.

4.3 Cuando en la indicación esté determinada una tolerancia dimensional, ésta limita los errores de forma. Las superficies reales de las piezas pueden apartarse de la forma geométrica especificada, cuando permanezcan encuadradas dentro de la tolerancia dimensional y la zona de tolerancia, las medidas aplicadas no verifican las piezas. Si los errores de forma se encontraran dentro de otros límites, deberán ser especificados con una tolerancia de forma adecuada para esa condición.

4.4 Una tolerancia de forma y de posición, podrá ser especificada aún cuando una tolerancia dimensional no haya sido determinada o establecida.

4.5 La falta de indicación de una tolerancia de forma y de posición no implica, necesariamente, emplear un proceso particular de fabricación, de medición o de verificación.

4.6 La forma y la orientación de los elementos exteriores de la zona de tolerancia pueden ser cualesquiera, salvo indicación contraria, determinada por nota adicional.

4.7 Salvo indicación contraria, especificada según los párrafos 4.10.9/11, la tolerancia se aplicará a todo lo comprendido y a toda superficie del elemento considerado.

4.8 La forma de un elemento de referencia deberá ser suficientemente precisa para ser utilizada como tal. En ciertos casos, podrá ser necesario indicar la posición de algunos puntos que constituyen un elemento de referencia para el maquinado, y también para la verificación.

4.9 Los símbolos indicados en la tabla I, representarán las tolerancias de forma y de posición.

4.10 Indicadores

4.10.1 Las indicaciones necesarias serán inscriptas en un cuadro rectangular, dividido en dos o más cuadros (figs. 29/30).

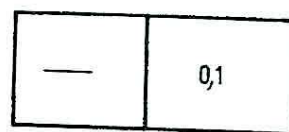


Figura 29

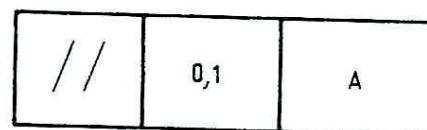
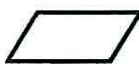


Figura 30

4.10.2 El símbolo dará la característica aplicada para la tolerancia, conforme con lo indicado en la tabla I.

TABLA I

Tipo de tolerancia	Características para tolerancias	Símbolo	Definición en párrafo
Forma Elemento aislado	Rectitud		3.3.2
	Planicidad		3.3.3
	Circularidad		3.3.4
	Cilindricidad		3.3.5
	Forma de una línea cualquiera		3.3.6
	Forma de una superficie cualquiera		3.3.7
Orientación elemento asociado	Paralelismo		3.3.8
	Perpendicularidad		3.3.9
	Inclinación		3.3.10
Posición elemento asociado	Posición		3.3.11
	Coaxilidad o concentricidad		3.3.12
	Simetría		3.3.13
Compuesto	Oscilación		3.3.14
Condición de máximo de materia			4.10.12 6.1
Cotas teóricas			4.10.13

4.10.3 Los valores de la tolerancia (valor total), serán en las unidades utilizadas para las cotas lineales. Ese valor será precedido del símbolo ϕ , ya sea la zona de tolerancia de forma circular o cilíndrica; o la indicación de: esfera siendo la zona de tolerancia de forma esférica.

4.10.4 Las letras indicarán el o los elementos de referencia.

4.10.5 Las letras y los números se ajustarán a las características de la norma IRAM 4503. La altura recomendada será $h = 3,5$ mm. El cuadro tendrá una altura de 9 mm, guardando relación

con los símbolos de la tabla I, como lo indica la figura 31.

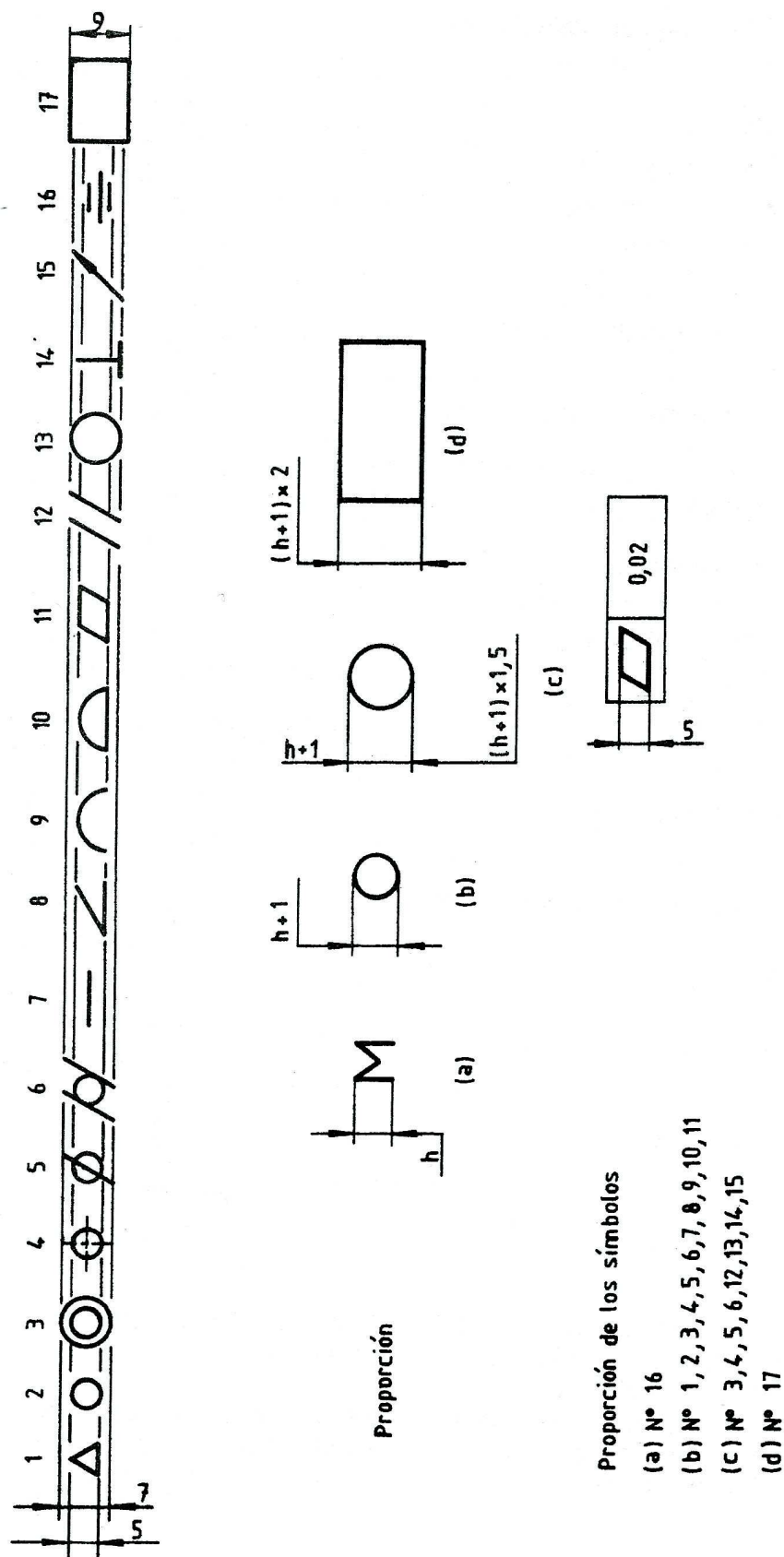


Figura 31

4.10.6 El cuadro de tolerancia estará ligado a los elementos afectados por tolerancias, por una línea indicadora cuya flecha se asentará sobre:

4.10.6.1 El contorno del elemento o su prolongación, si la tolerancia ha sido aplicada a la línea o a la superficie de ese elemento (fig. 32).

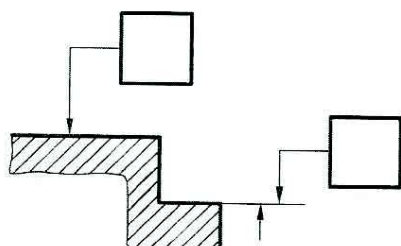


Figura 32

4.10.6.2 La línea llamada de posición corresponderá a la cota, cuando la tolerancia se aplique al eje o al plano medio de la parte acotada (figs. 33 y 35), o sobre el eje; la tolerancia será aplicada al eje o al plano medio de todos los elementos que admitieran ese eje o ese plano medio (figs. 34/36/37). Si la zona de tolerancia no tuviera forma cilíndrica, circular o esférica, dicha zona se encontrará según la dirección de la flecha que terminará sobre la línea que liga al cuadro de tolerancia con el elemento por ella afectado (figs. 77/79).

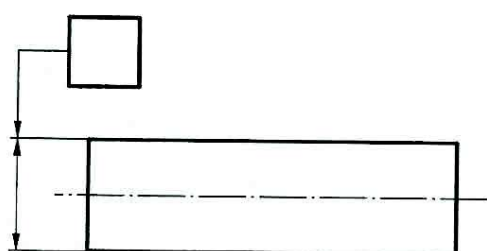


Figura 33

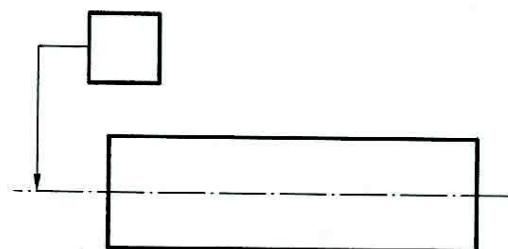


Figura 34

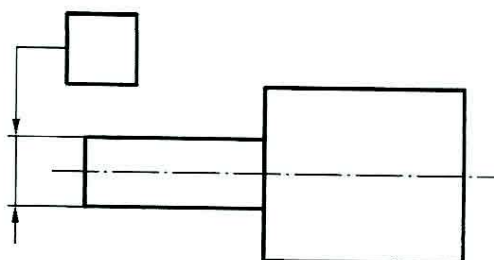


Figura 35

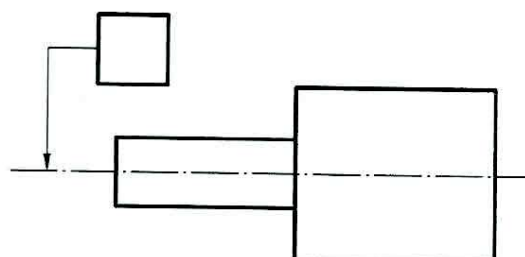


Figura 36

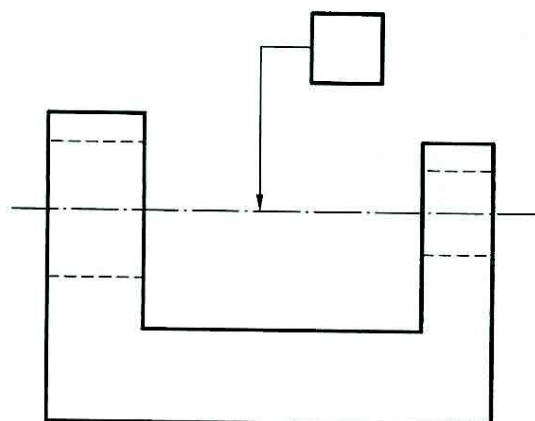


Figura 37

4.10.7 El elemento o los elementos de referencia rectos serán indicados por una línea que terminará en un triángulo equilátero ennegrecido, cuya base apoyará sobre:

4.10.7.1 El contorno del elemento o su prolongación (fig. 38).

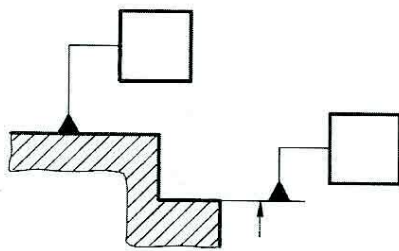


Figura 38

4.10.7.2 La indicación de tolerancia del eje se indicará sobre la línea auxiliar de cota, si el elemento de referencia fuera el eje o el plano medio de la parte acotada (figuras 39/41/44), o sobre el eje medio de todos los elementos comunes a ese eje o al plano medio (figuras 40/42/43). Si no se tuviera lugar para dos flechas, una de ellas será sustituida por un triángulo equilátero ennegrecido (figura 44). El cuadro de tolerancia podrá ser ligado al centro de referencia de modo claro y simple. Se usará una letra mayúscula (figura 45).

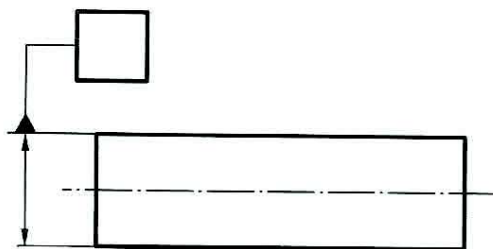


Figura 39

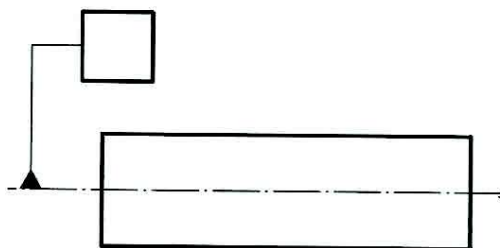


Figura 40

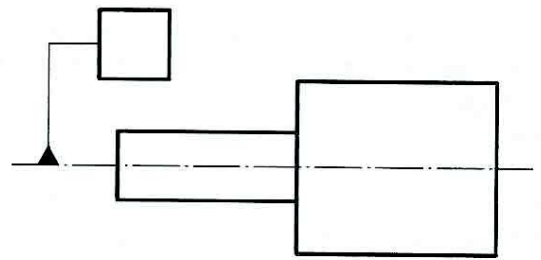


Figura 41

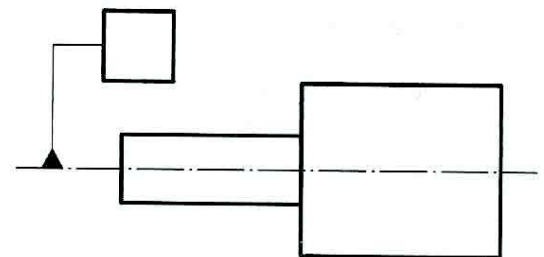


Figura 42

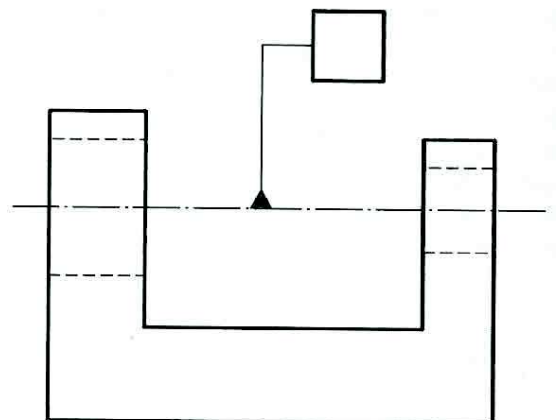


Figura 43

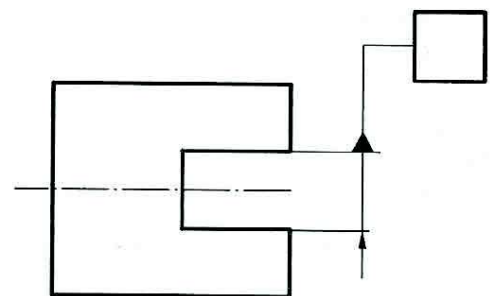


Figura 44

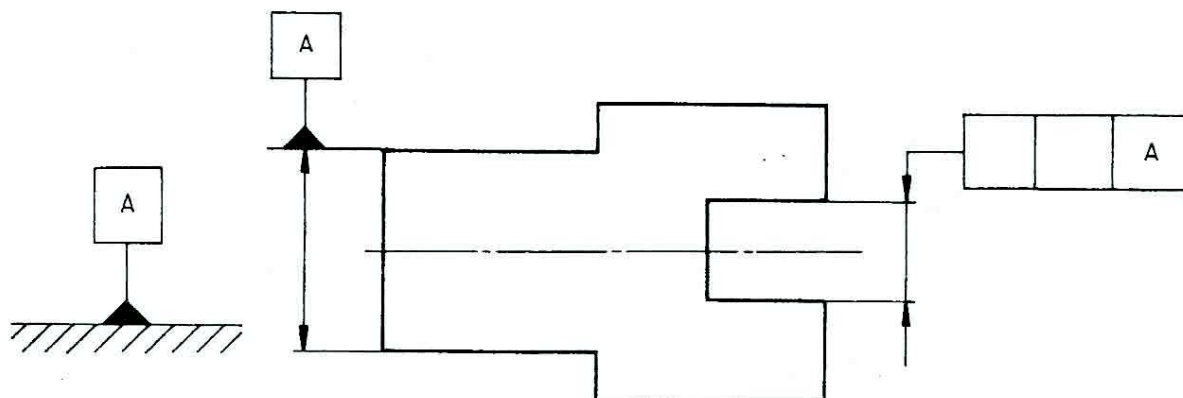


Figura 45

4.10.8 Si en dos elementos asociados rectos, por cualquier razón se obstaculizara uno de ellos, como elemento de referencia, se indicará la tolerancia según la figura 46.

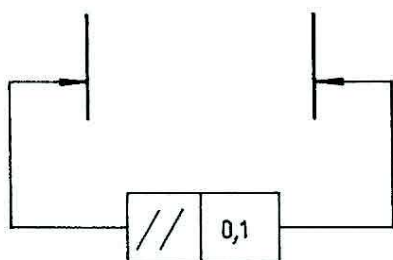


Figura 46

4.10.9 Si la tolerancia fuera aplicada a una extensión especificada, localizada, ésta corresponderá al valor de esa extensión y deberá ser indicada a continuación del valor de la tolerancia, separada por un trozo oblicuo. En el caso de una superficie, se utilizará la misma indicación. Esto significa que la tolerancia se aplicará a todas las líneas de prolongación especificadas en todas las posiciones y en todas las direcciones (fig. 47).

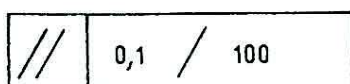


Figura 47

4.10.10 Si en una tolerancia general de un elemento debiera indicarse una tolerancia más precisa y limitada de la misma naturaleza, dada

por la especificación para extensión limitada, se indicará esa tolerancia debajo de la primera (fig. 48).

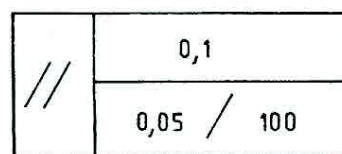


Figura 48

4.10.11 Si la tolerancia debiera ser referida a una parte limitada del elemento, se acotará esa parte como lo indicado en la figura 49, conforme con lo prescrito en la norma IRAM 4502, figura 49.

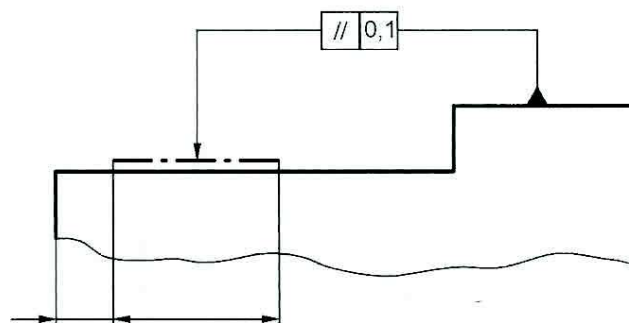


Figura 49

4.10.12 La indicación de – Condición de máximo de materia – estará dada por el símbolo (M) ubicado a continuación de:

- ... el valor de la tolerancia (fig. 50);
- ... la letra de referencia (fig. 51);
- ... el uno y el otro (fig. 52).

Por consiguiente, la – Condición de máximo de materia – se aplicará respectivamente, al elemento afectado por la tolerancia, al elemento de referencia, o a los dos simultáneamente.

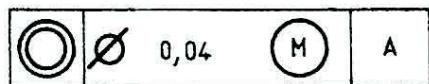


Figura 50

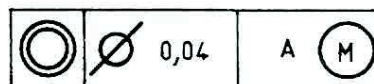


Figura 51

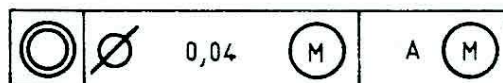


Figura 52

4.10.13 Si ha sido determinada una tolerancia cualquiera de forma o de posición, para un elemento, las cotas que definirán la posición o la forma no deberán ser afectadas por tolerancias. Si fueran determinadas tolerancias de inclinación para un elemento, las cotas que definirán a los ángulos, no deberán ser afectadas por tolerancias. Estas cotas teóricas serán enmarcadas en la siguiente forma: **30** ó **60**.

Las cotas afectadas correspondientes serán limitadas por las tolerancias especificadas de posición, de forma o de inclinación.

4.10.14 También se permitirá agrupar las tolerancias individuales según lo indican la figura 53 y la tabla II.

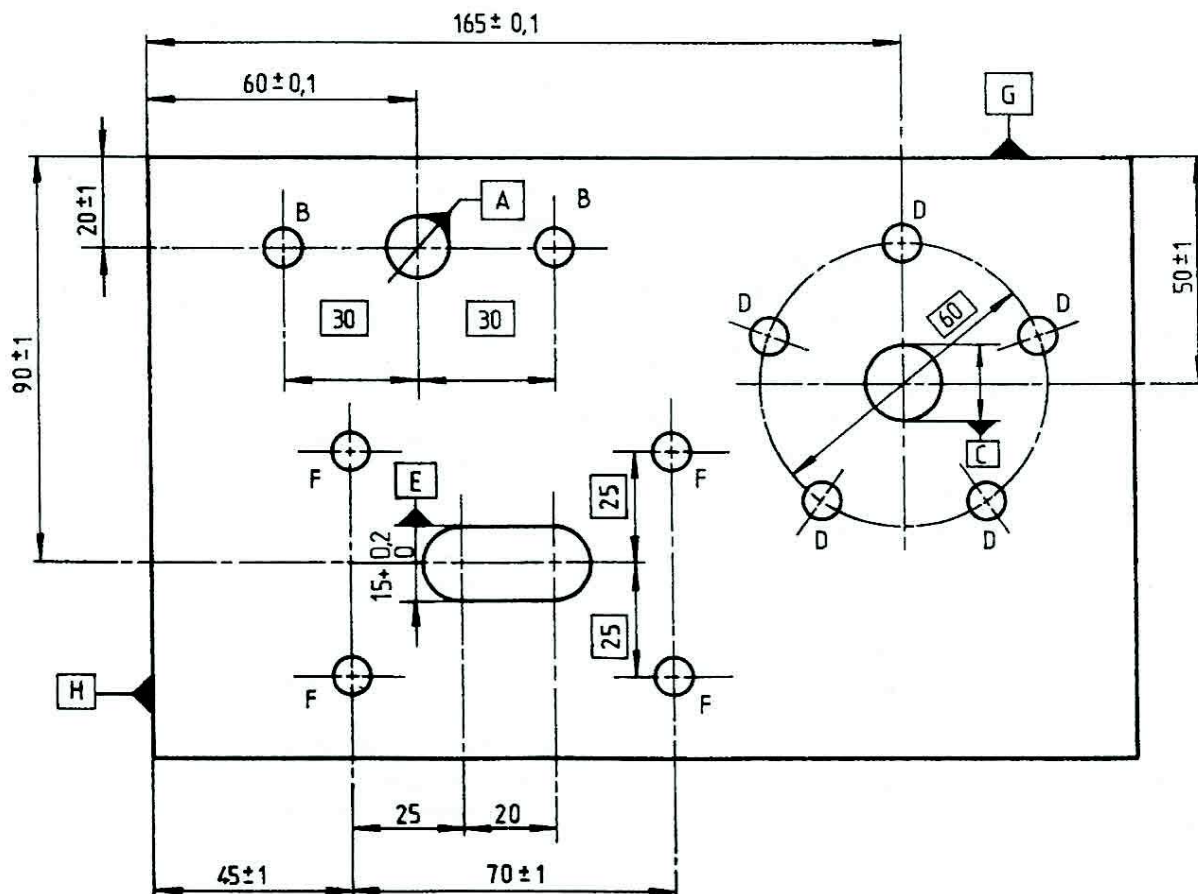
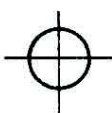
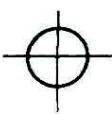
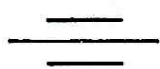
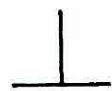


Figura 53

TABLA II

Grupo	Letra	Agujeros		Tolerancia	
		Dimensión	Número		
1	A	$\varnothing 10 + \begin{smallmatrix} 0,1 \\ 0 \end{smallmatrix}$	1	Referencia $\textcircled{M}$	
	B	$\varnothing 8 + \begin{smallmatrix} 0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$	2	Tolerancia 0,8 $\textcircled{M}$	
2	C	$\varnothing 12 + \begin{smallmatrix} 0,2 \\ 0 \end{smallmatrix}$	1	Referencia $\textcircled{M}$	
	D	$\varnothing 7 + \begin{smallmatrix} 0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$	5	Tolerancia 0,6 $\textcircled{M}$	
3	E	—	—	Referencia $\textcircled{M}$	
	F	$\varnothing 8 + \begin{smallmatrix} 0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$	4	Tolerancia 0,1 $\textcircled{M}$	
4	G	—	—	Referencia	
	H	—	—	Tolerancia 0,05	

4.11 Aplicación de tolerancias. Las diversas tolerancias se ajustarán a las definiciones (3.3.1/3.3.14), simplificadas y adecuadas a las condiciones siguientes:

... Las definiciones supondrán que el elemento en consideración estará exento de defectos u otras deformaciones, excepto las que se refieren a las definiciones. De acuerdo con las necesidades funcionales una o más características estarán afectadas por las tolerancias para definir la exactitud geométrica de un elemento. Si la exactitud geométrica de un elemento ha sido definida por una sola tolerancia, otros errores de ese elemento serán eventualmente contenidos en esa tolerancia, por ejemplo: La rectitud es delimitada por la tolerancia dimensional o por la de paralelismo. Dificilmente, será necesario indicar todas esas características, porque esas tolerancias deberán estar incluidas en la zona de tolerancia

definida por símbolos específicos. Ciertas tolerancias indicarán otros defectos, por ejemplo: La rectitud, el paralelismo. En la aplicación de las tolerancias de forma y de posición, no siempre es fácil identificar la característica geométrica, por ejemplo: La rectitud o la planicidad de un fleje angosto y el caso de una arista recta o ranura poco profunda, podrá indicarse por el símbolo // ó . Los símbolos o la combinación de dos símbolos para: posición, concentricidad, simetría, etc., serán también utilizados según un sentido más amplio, para incluir en la misma forma, otras características geométricas.

4.11.1 Tolerancia de rectitud

4.11.1.1 De una línea. La zona de tolerancia deberá estar limitada por un cilindro de diámetro t , cuando el valor de tolerancia es precedido del símbolo ϕ (fig. 54). Ejemplo: El eje del cilin-

dro cuya dimensión está ligada al cuadro de tolerancia estará comprendido dentro de una zona cilíndrica de 0,08 mm de diámetro (fig. 55).

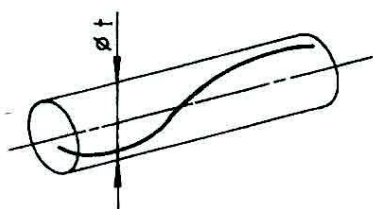


Figura 54

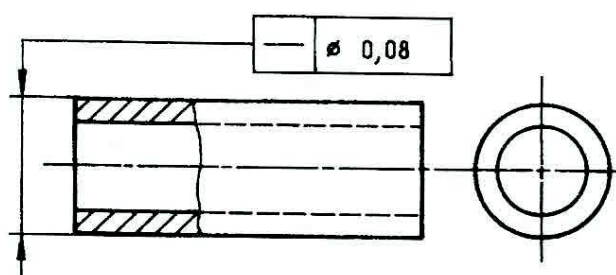


Figura 55

4.11.1.2 La zona de tolerancia deberá estar limitada por dos rectas paralelas distantes t , cuando se considere la tolerancia de rectitud solamente en el plano de proyección del dibujo, sobre el cual deberá estar inscripta esa tolerancia (fig. 56).

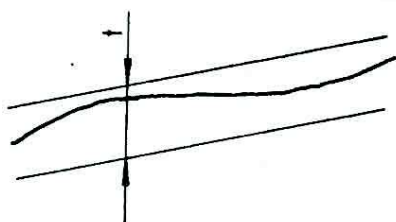


Figura 56

Ejemplo: Una parte cualquiera de la generatriz del cilindro, con una extensión de 100 mm, deberá quedar comprendida entre dos rectas paralelas separadas 0,1 mm (fig. 57). El eje de la sección de la ranura deberá quedar comprendido entre dos planos paralelos separados 0,2 mm (fig. 58).

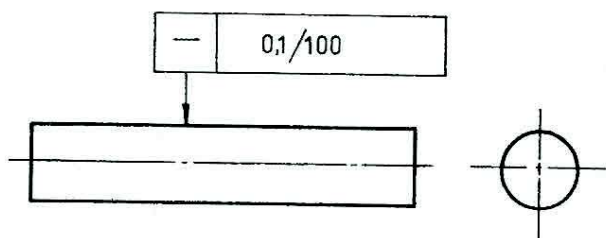


Figura 57

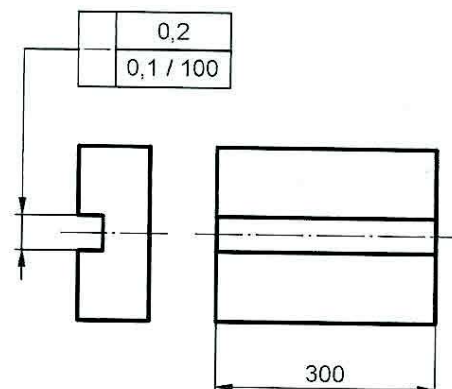


Figura 58

4.11.1.3 La zona de tolerancia quedará limitada a un paralelepípedo de sección $t_1 \times t_2$, si la tolerancia de rectitud fue aplicada a dos planos perpendiculares entre sí (fig. 59).

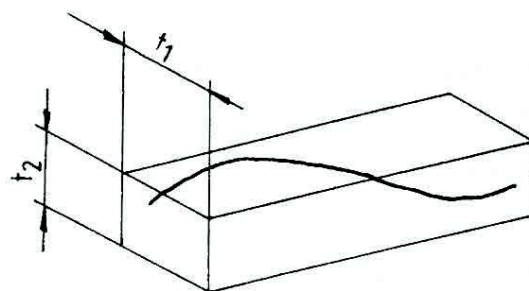


Figura 59

Ejemplo: El eje de la barra, de sección rectangular, deberá estar comprendido dentro de un paralelepípedo de 0,1 mm de ancho en el plano vertical, y de 0,2 mm en el plano horizontal (fig. 60).

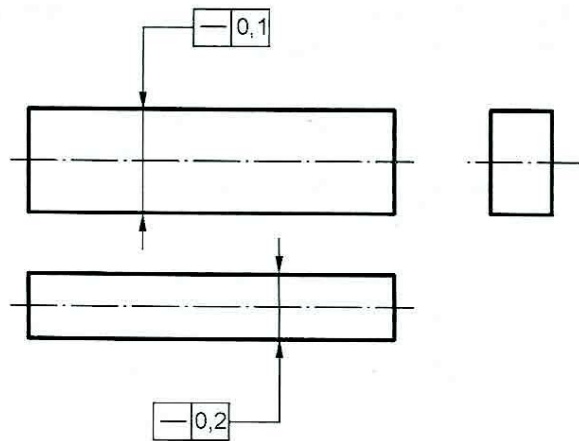


Figura 60

4.11.1.4 De una superficie en dos direcciones. Si la tolerancia de rectitud estuviera referida a dos direcciones de un mismo plano (fig. 61), la zona de tolerancia de rectitud de aquella superficie, será de 0,05 mm, en la dirección indicada en la figura izquierda, y de 0,1 mm en la dirección indicada en la figura derecha.

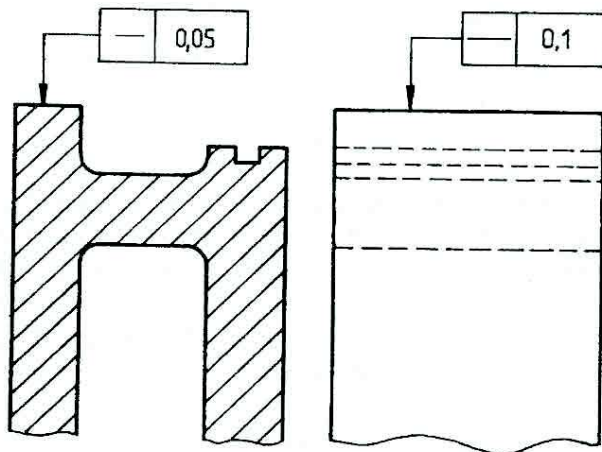


Figura 61

4.11.2 Tolerancia de planicidad. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos, separados por una distancia t entre los cuales deberá estar situada la superficie en consideración (fig. 62).

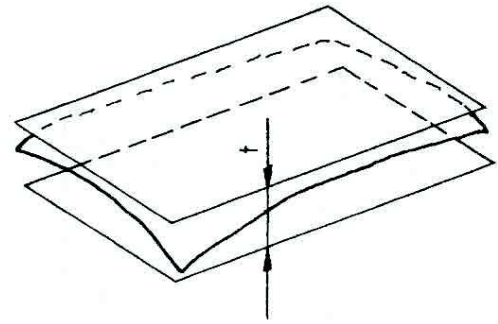


Figura 62

Ejemplo: La superficie quedará contenida entre dos planos paralelos separados por 0,08 mm (fig. 63).

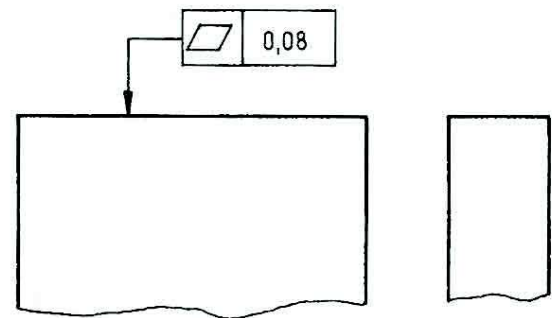


Figura 63

4.11.3 Tolerancia de circularidad. La zona de tolerancia en el plano considerado estará limitada por dos círculos concéntricos, cuya diferencia de radios será t (fig. 64).

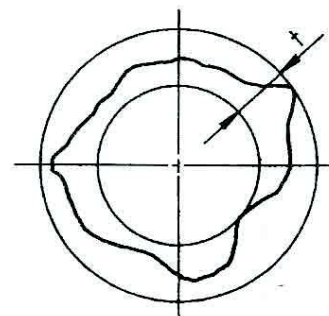


Figura 64

Ejemplo 1: El contorno del disco deberá estar dentro de una corona circular de 0,03 mm de ancho (fig. 65).

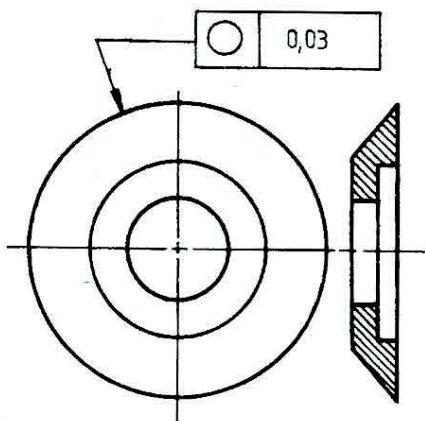


Figura 65

Ejemplo 2: El contorno de cada sección transversal estará comprendido dentro de una corona circular de 0,1 mm de ancho (fig. 66).

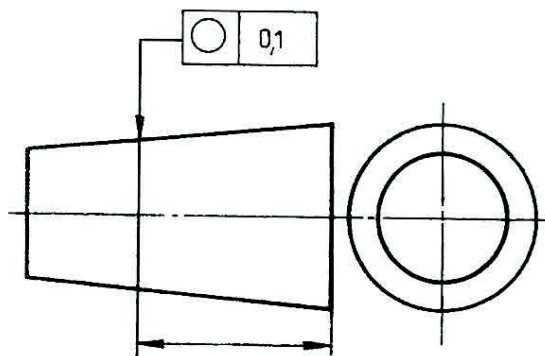


Figura 66

4.11.4 Tolerancia de cilindricidad. La zona de tolerancia estará limitada por dos cilindros coaxiales, cuya diferencia de radios será t (fig. 67).

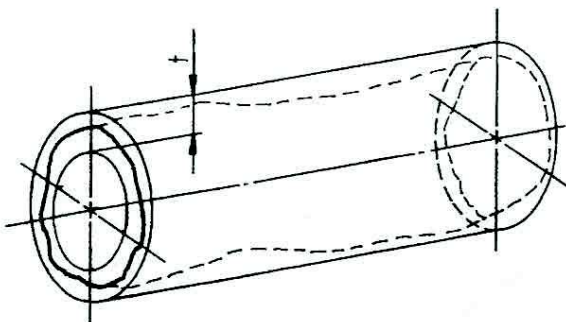


Figura 67

Ejemplo 1: La superficie considerada estará comprendida entre dos cilindros coaxiales, cuyos radios difieren en 0,1 mm entre sí (fig. 68).

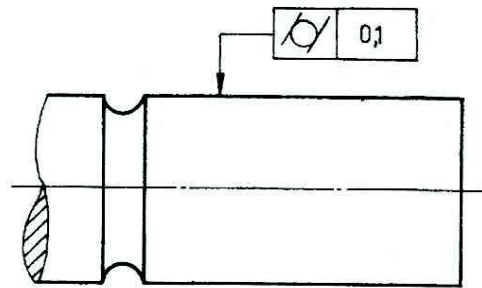


Figura 68

4.11.5 Tolerancia de forma de una línea cualquiera. La zona de tolerancia estará limitada por dos curvas, formadas por resultantes de la envolvente de circunferencia de diámetro t , cuyos centros se desplazan sobre una línea que representa el perfil geométrico teórico (fig. 69).



Figura 69

Ejemplo: En cada sección paralela al plano de proyección, el perfil considerado estará comprendido entre dos líneas envolventes de círculos de 0,04 mm de diámetro, cuyos centros están situados sobre una línea que tenga el perfil geométrico teórico (fig. 70).

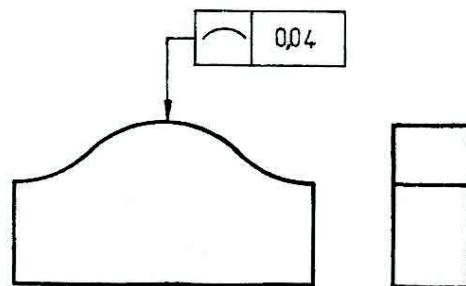


Figura 70

4.11.6 Tolerancia de forma de una superficie cualquiera. La zona de tolerancia estará limitada por dos superficies envolventes de esferas de diámetro t , cuyos centros están situados en una superficie que tenga la forma geométrica teórica (fig. 71).

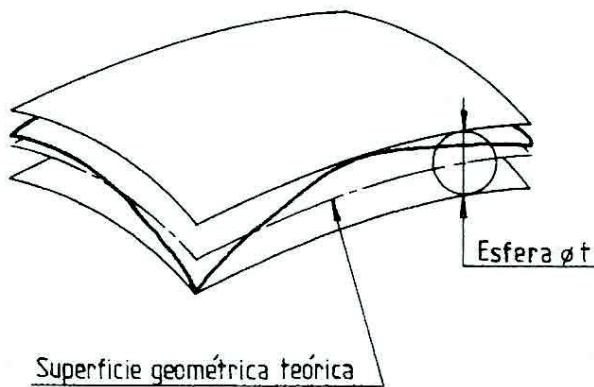


Figura 71

Ejemplo: La superficie considerada estará comprendida entre dos superficies envolventes generadas por esferas de 0,02 mm de diámetro, cuyos centros estarán situados en una superficie que tenga la forma geométrica teórica (fig. 72).

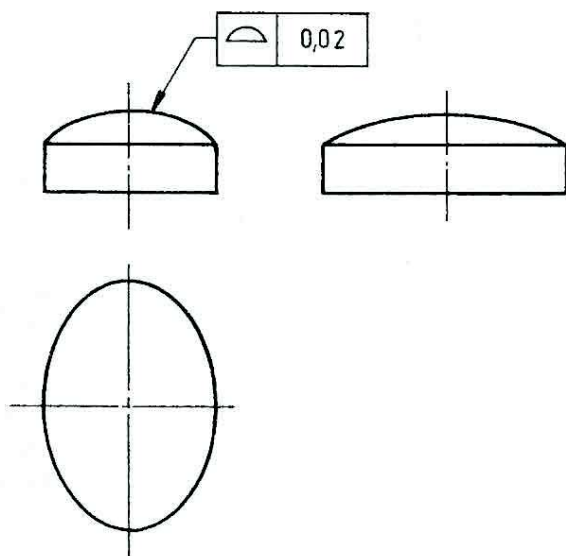


Figura 72

4.11.7 Tolerancia de paralelismo

4.11.7.1 De una línea en relación a una recta de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por un cilindro de diámetro t , paralelo a la recta de referencia y el valor de tolerancia estará precedido del símbolo ϕ (fig. 73).

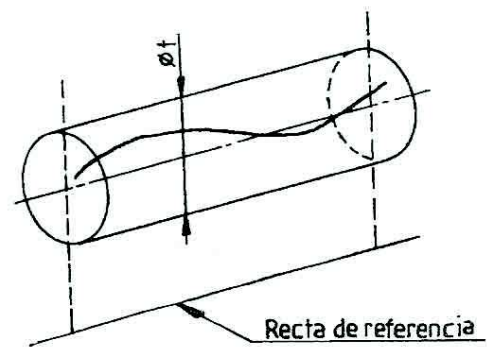


Figura 73

Ejemplo: El eje superior estará comprendido dentro de la zona cilíndrica de 0,02 mm de diámetro, paralelo al eje inferior A, (recta de referencia), (fig. 74).

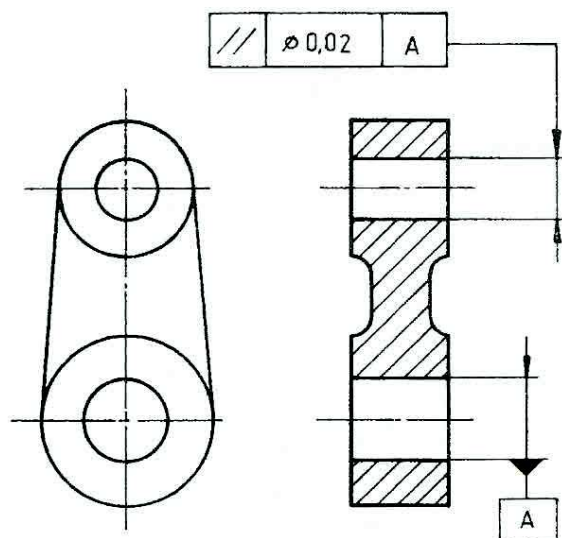


Figura 74

4.11.7.1.2 La zona de tolerancia estará limitada por dos rectas paralelas, de las distantes t y paralelas a la recta de referencia. La tolerancia estará referida a un solo plano vertical u horizontal (figs. 75/76).

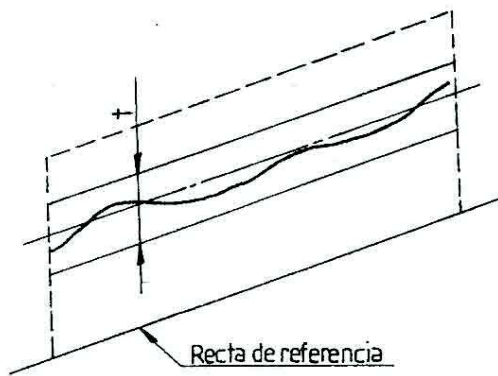


Figura 75

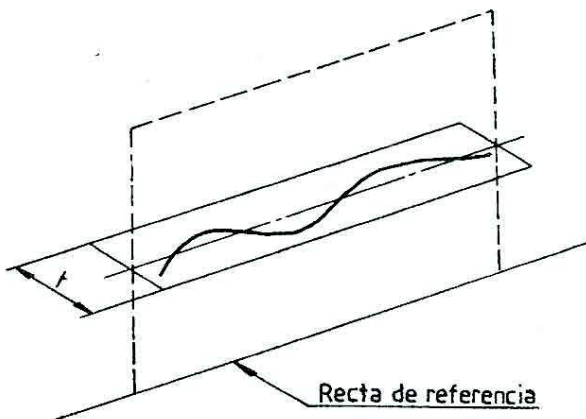


Figura 76

Ejemplo 1: El eje superior estará comprendido entre dos rectas distantes, 0,1 mm paralelas al eje inferior A, situadas en el plano vertical (figs. 77/78).

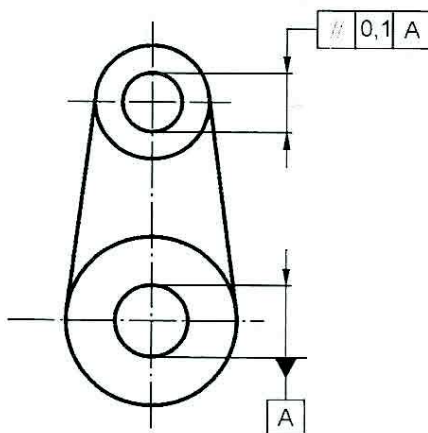


Figura 77

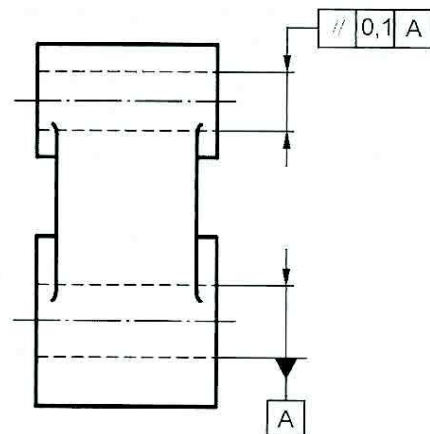


Figura 78

Ejemplo 2: El eje superior estará entre dos rectas separadas 0,1 mm paralelas al eje inferior y situadas en el plano horizontal (fig. 79).

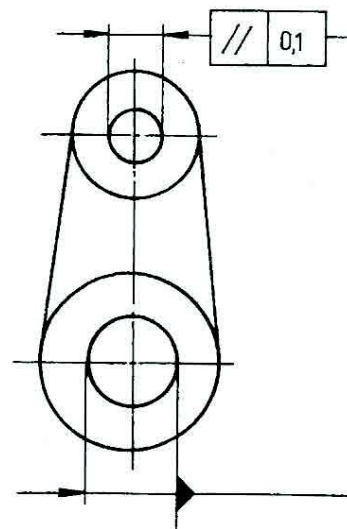


Figura 79

4.11.7.1.3 La zona de tolerancia estará limitada por un paralelepípedo de sección t_1 y t_2 y paralelo a la recta de referencia. La tolerancia estará indicada para dos planos perpendiculares entre sí (fig. 80).

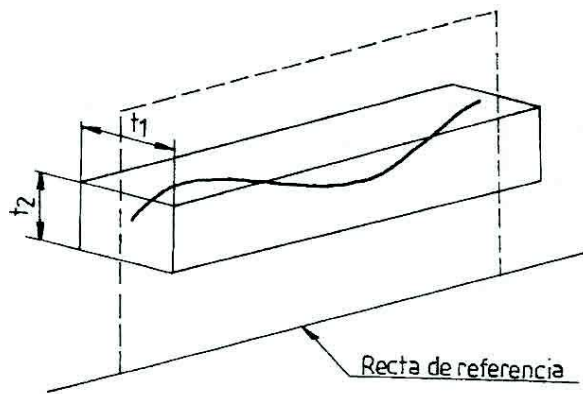


Figura 80

Ejemplo: El eje superior estará comprendido en una zona paralelepípedica de 0,2 mm en la dirección horizontal y de 0,1 mm en la dirección vertical y paralelo al eje de referencia A (figs. 81/82).

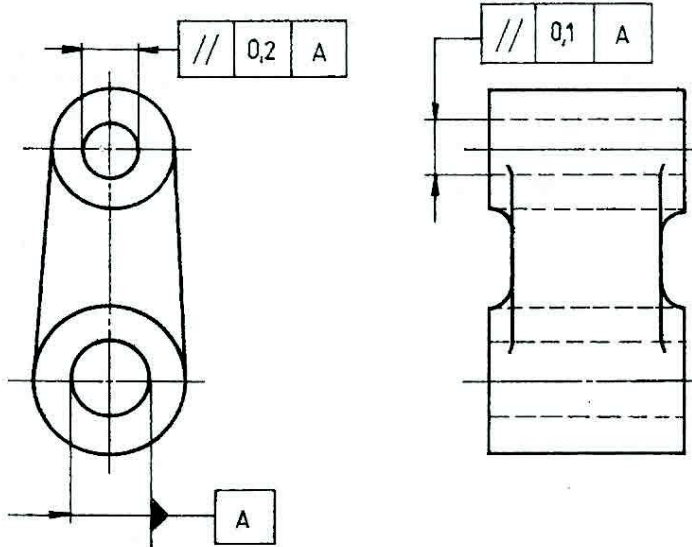


Figura 81

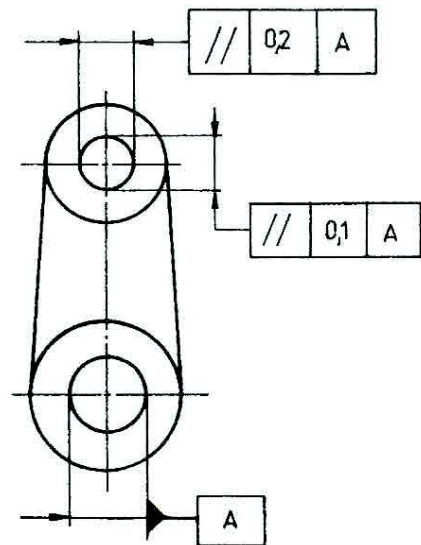


Figura 82

4.11.7.2 De una recta con respecto a un plano de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos, separados por la distancia t y paralelos al plano de referencia (fig. 83). En la práctica, esta zona quedará comprendida entre dos rectas paralelas. La tolerancia deberá estar referida a un solo plano (fig. 84).

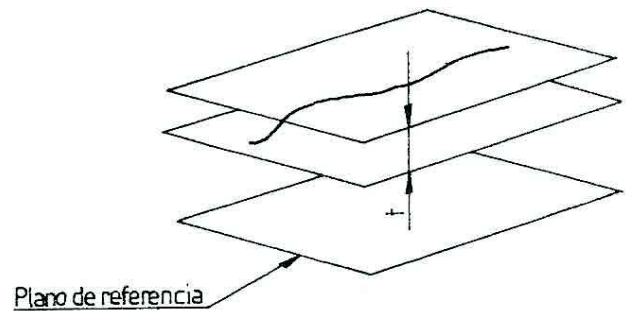


Figura 83

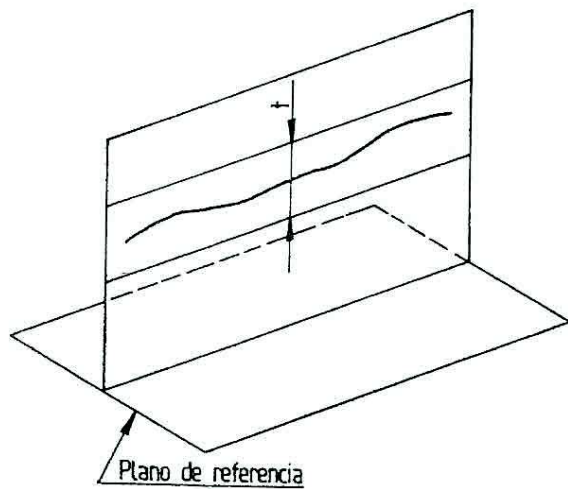


Figura 84

Ejemplo: El eje del agujero estará comprendido entre dos planos separados por la distancia de 0,01 mm y paralelos al plano de referencia (figs. 85/86).

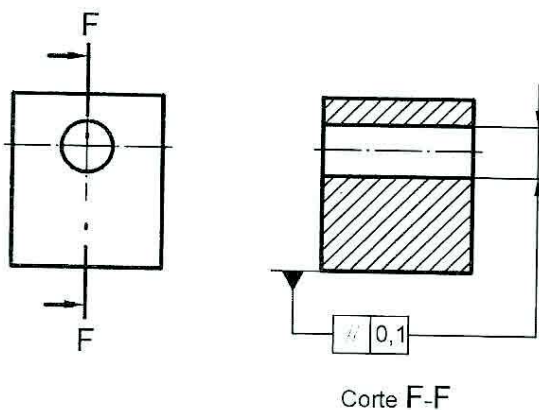


Figura 85

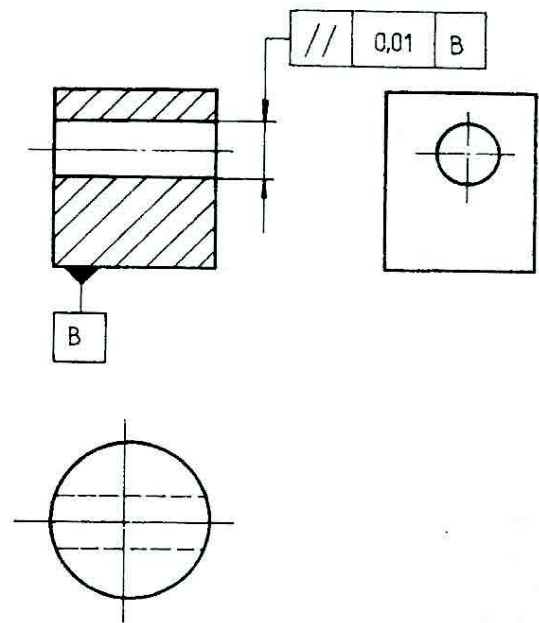


Figura 86

4.11.7.3 De una superficie con respecto a una recta de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos, separados por la distancia t y paralelos a la recta de referencia (fig. 87).

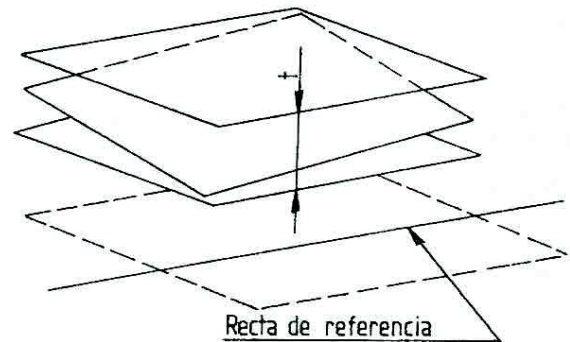


Figura 87

Ejemplo: La superficie deberá estar comprendida entre dos planos paralelos separados por la distancia de 0,1 mm y paralelos al eje del agujero C (recta de referencia) (figs. 88/89).

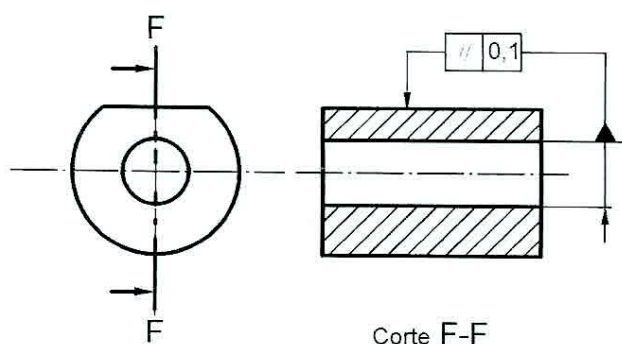


Figura 88

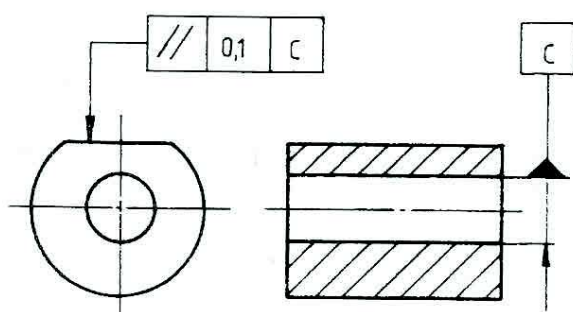


Figura 89

4.11.7.4 De una superficie con respecto a un plano de referencia. La zona de tolerancia deberá estar limitada por dos planos paralelos, separados por la distancia t y paralelos al plano de referencia (fig. 90).

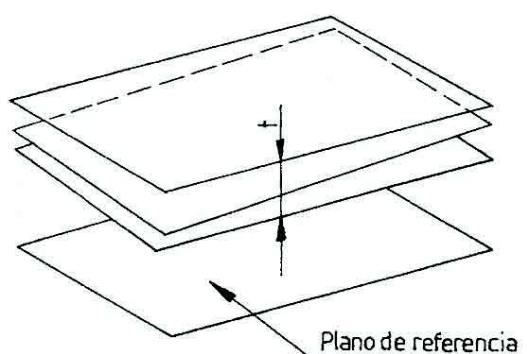


Figura 90

Ejemplo 1: La superficie superior estará comprendida entre dos planos paralelos separados por la distancia de 0,01 mm y paralela a la su-

perficie inferior D, (plano de referencia), (fig. 91).

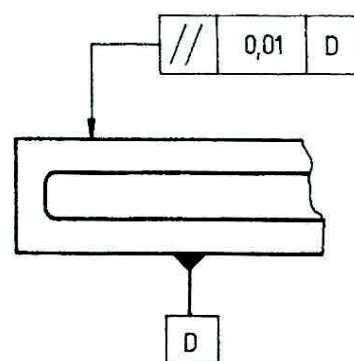


Figura 91

Ejemplo 2: En una longitud de 100 mm, tomada en cualquier dirección, en la superficie superior, todos los puntos de una superficie estarán comprendidos entre dos planos separados por la distancia de 0,01 mm y paralelos a la superficie inferior (plano de referencia) (fig. 92).

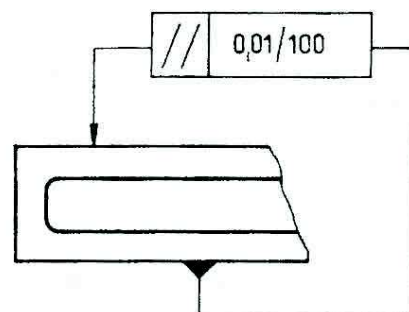


Figura 92

4.11.8 Tolerancia de perpendicularidad

4.11.8.1 De una recta con respecto a otra recta de referencia. La zona de tolerancia deberá estar limitada por dos planos paralelos, separados por la distancia t , y perpendiculares a la recta de referencia (fig. 93). Esta zona quedará reducida al espacio comprendido entre dos planos paralelos cuando se considera a la tolerancia de un solo plano.

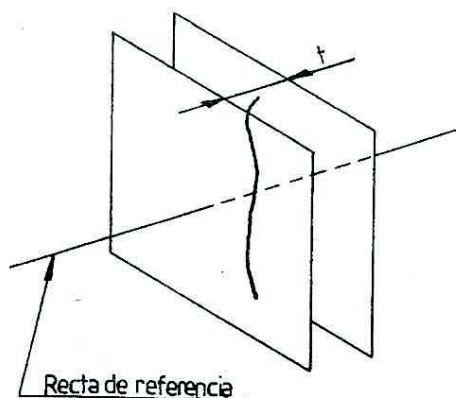


Figura 93

Ejemplo: El eje del agujero oblicuo estará comprendido entre dos rectas paralelas separadas por la distancia de 0,06 mm, perpendiculares al eje del agujero horizontal A (recta de referencia), (fig. 94).

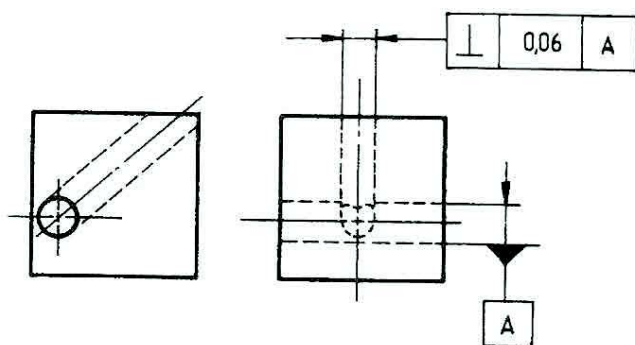


Figura 94

4.11.8.2 De una línea con respecto a un plano de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por un cilindro de diámetro t , perpendicular al plano de referencia. El valor de la tolerancia será precedido por el símbolo ϕ (fig. 95).

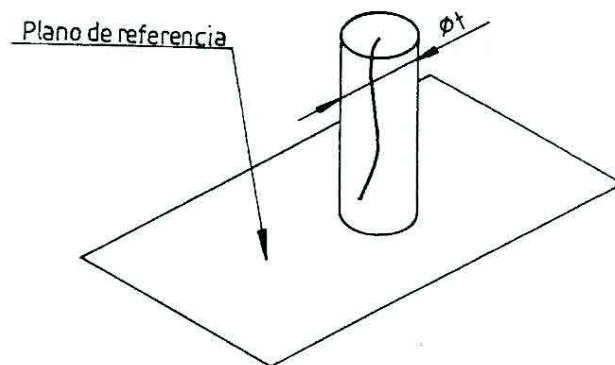


Figura 95

Ejemplo: El eje del cilindro cuya cota está relacionada con la zona de tolerancia, deberá estar comprendida en una zona cilíndrica de 0,01 mm de diámetro y perpendicular a la superficie A, (plano de referencia), (fig. 96).

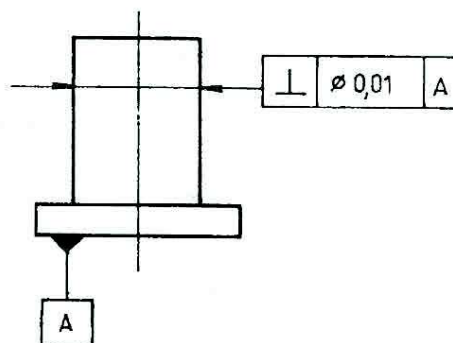


Figura 96

4.11.8.2.1 La zona de tolerancia estará limitada por dos rectas paralelas separadas por la distancia t , y perpendiculares al plano de referencia, si la tolerancia estuviera referida a un solo plano (fig. 97).

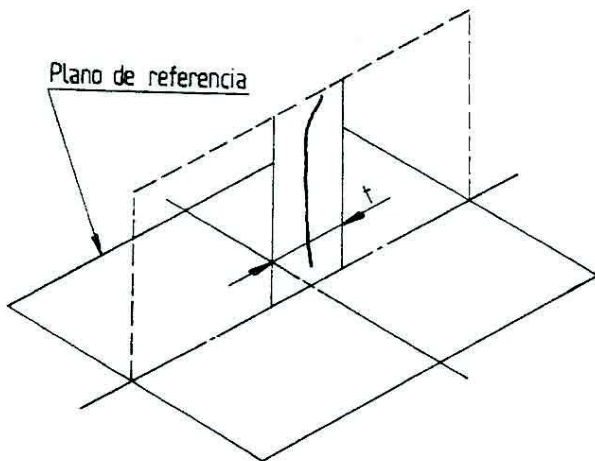


Figura 97

Ejemplo: El eje del cilindro cuya cota está relacionada con la zona de tolerancia, estará comprendida entre dos rectas paralelas separadas por la distancia de 0,1 mm, perpendiculares al plano de referencia, y situadas en el plano indicado (fig. 98).

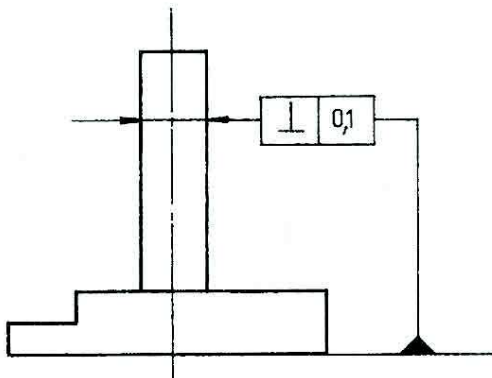


Figura 98

4.11.8.2.2 La zona de tolerancia estará limitada por un paralelepípedo de sección $t_1 \times t_2$, perpendicular al plano de referencia, si la tolerancia estuviera referida a dos planos perpendiculares entre sí (fig. 99).

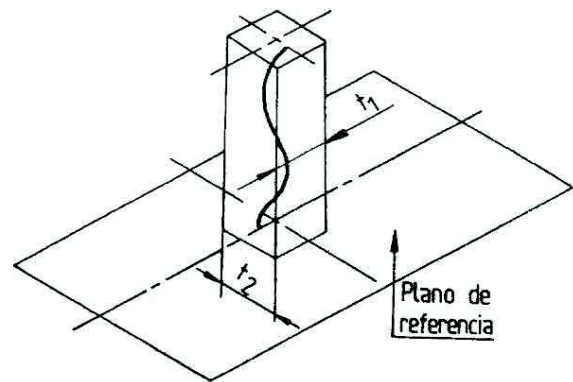


Figura 99

Ejemplo: El eje del cilindro quedará comprendido en una zona paralelepípedica de 0,1 mm x 0,2 mm, perpendicular al plano de referencia (fig. 100).

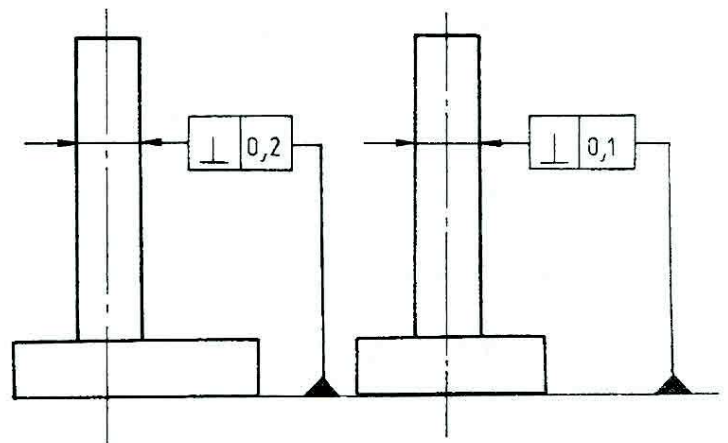


Figura 100

4.11.8.3 De una superficie con respecto a la recta de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos, separados por la distancia t , perpendiculares a la recta de referencia (fig. 101).

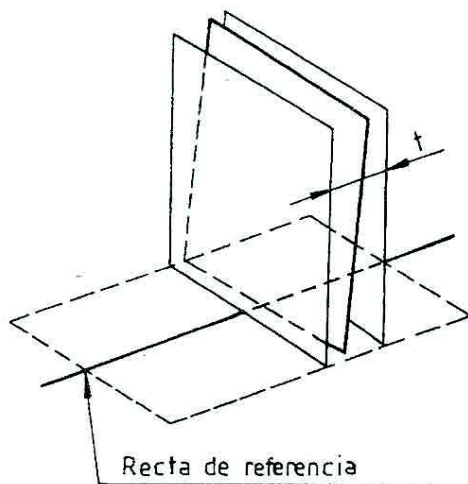


Figura 101

Ejemplo: La cara derecha de la pieza quedará comprendida entre dos planos paralelos separados por la distancia de 0,08 mm, perpendiculares al eje A (recta de referencia), (fig. 102).

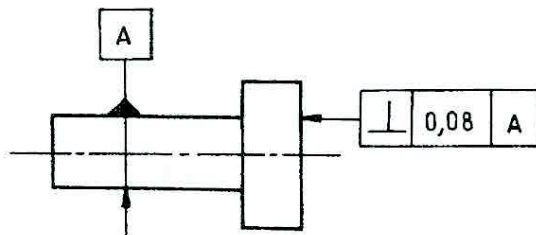


Figura 102

4.11.8.4 De una superficie con respecto a un plano de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos, separados por la distancia t , perpendiculares al plano de referencia (fig. 103).

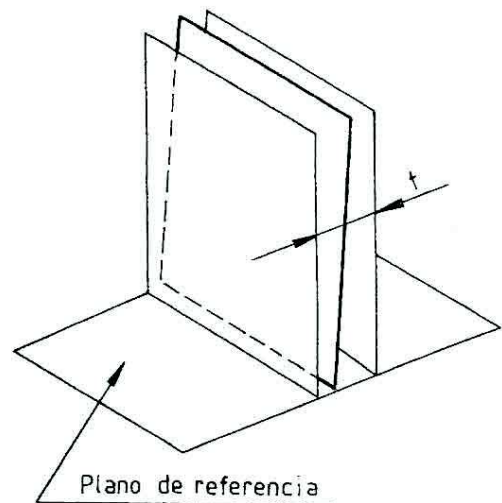


Figura 103

Ejemplo: La superficie vertical estará comprendida entre dos planos paralelos separados por la distancia de 0,08 mm, perpendiculares a la superficie horizontal A (plano de referencia), (fig. 104).

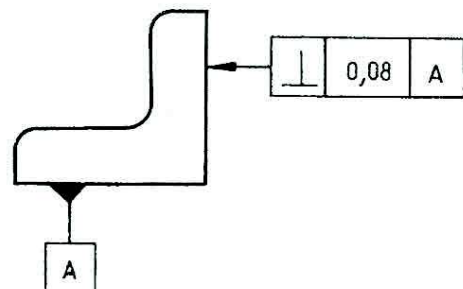


Figura 104

4.11.9 Tolerancia de inclinación

4.11.9.1 De una línea con respecto a una recta de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por dos rectas paralelas, separadas por la distancia t , e inclinadas según un ángulo especificado, respecto de la recta de referencia (fig. 105).

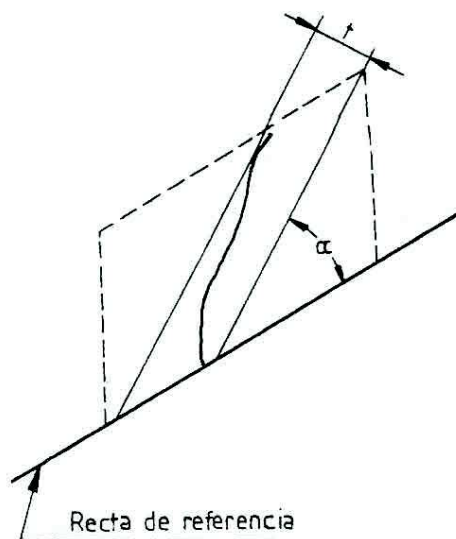


Figura 105

Ejemplo: El eje del agujero estará comprendido entre dos líneas rectas paralelas, separadas por la distancia de 0,08 mm con un ángulo de 60° respecto al eje horizontal A, (recta de referencia), (fig. 106).

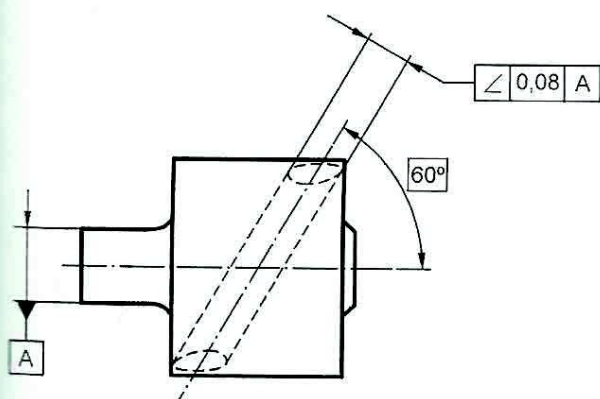


Figura 106

4.11.9.1.1 Si la línea considerada y la recta de referencia no pertenecieran al mismo plano, la zona de tolerancia afectará a la proyección de la línea considerada sobre un plano que contuviera la recta de referencia y que resultare paralelo a la línea considerada (fig. 107).

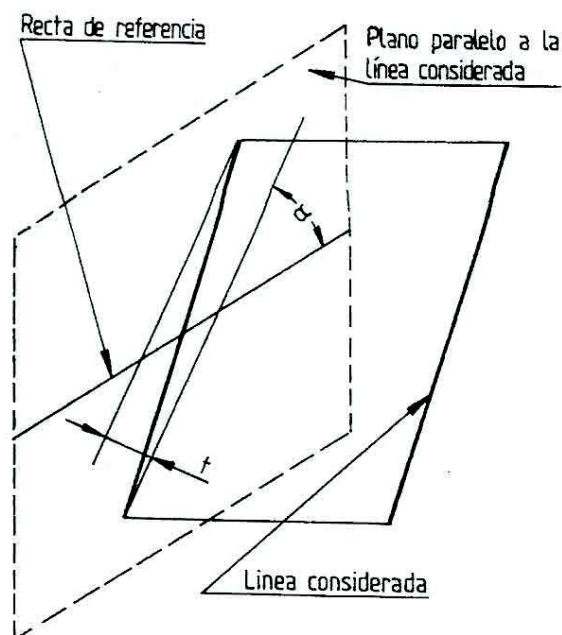


Figura 107

4.11.9.2 De una línea con respecto a un plano de referencia. La zona de tolerancia deberá estar limitada por dos rectas paralelas separadas por la distancia t , e inclinadas según un ángulo especificado, respecto al plano de referencia (fig. 108).

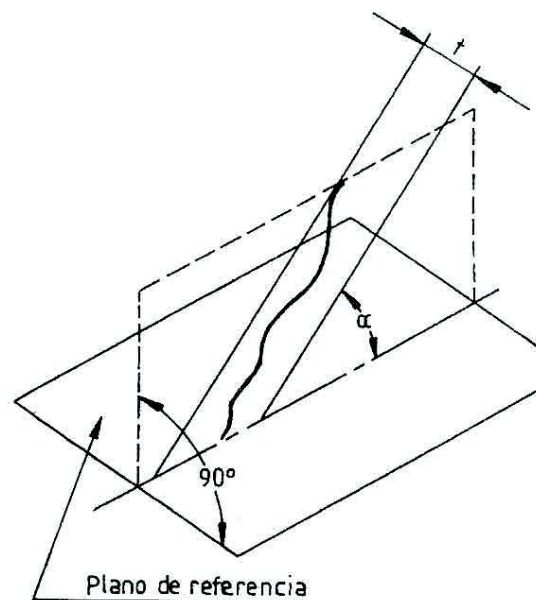


Figura 108

Ejemplo: El eje del agujero quedará entre dos líneas paralelas separadas por la distancia de 0,08 mm, con un ángulo de 80° respecto al plano A (plano de referencia), (fig. 109). Si el valor fue dado para conceder la tolerancia de inclina-

ción de una recta en más de un plano o más de una dirección, la zona de tolerancia podrá ser especificada en forma de cilindro agregando el símbolo ϕ .

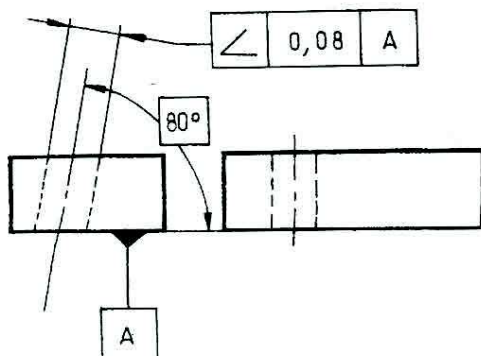


Figura 109

4.11.9.3 De una superficie con respecto a una recta de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos separados por la distancia t e inclinados según un ángulo especificado, respecto a la recta de referencia (fig. 110).

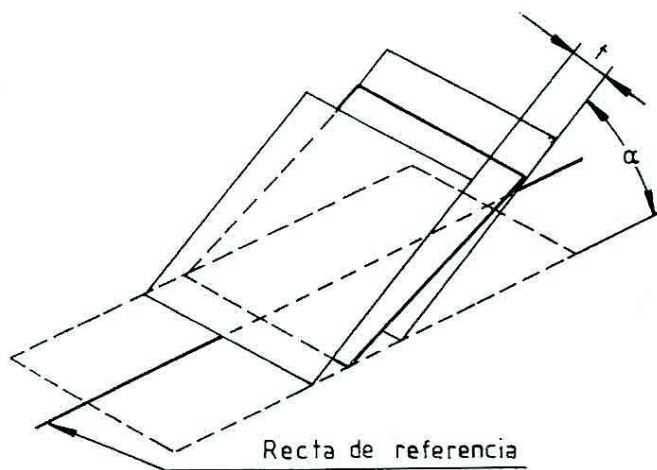


Figura 110

Ejemplo: La superficie inclinada deberá estar comprendida entre dos planos separados por la distancia de 0,1 mm, con un ángulo de 75° respecto al eje horizontal A (recta de referencia), (fig. 111).

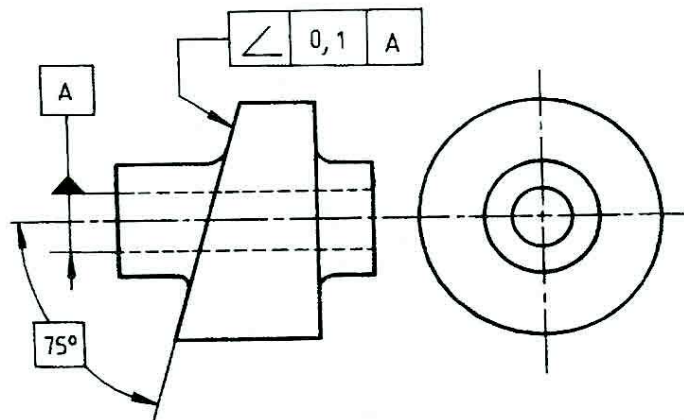


Figura 111

4.11.9.4 De una superficie con respecto a un plano de referencia. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos separados por la distancia t , e inclinados según un ángulo especificado, respecto al plano de referencia (fig. 112).

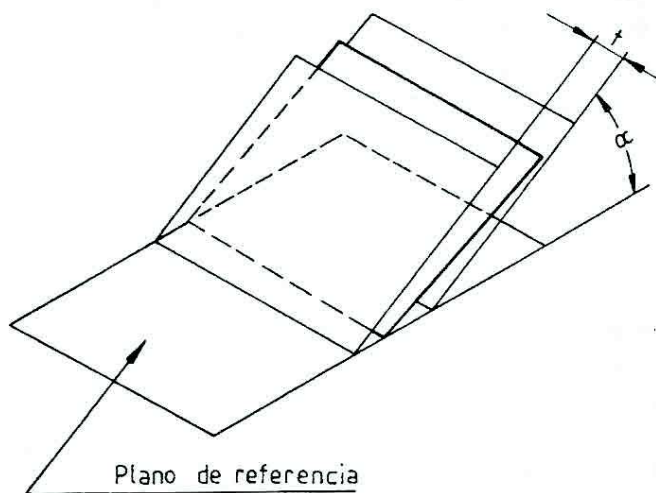


Figura 112

Ejemplo: La superficie inclinada deberá quedar comprendida entre dos planos separados por la distancia de 0,08 mm, con un ángulo de 40° respecto al plano A, (plano de referencia), (fig. 113).

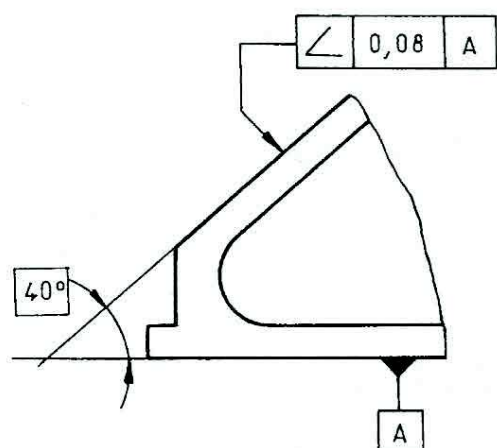


Figura 113

4.11.10 Tolerancia de posición

4.11.10.1 De un punto. La zona de tolerancia deberá ser una esfera o un círculo de diámetro t , cuyo centro coincidirá con la posición teórica del punto considerado (figs. 114/115).

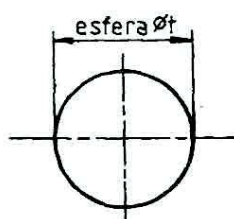


Figura 114

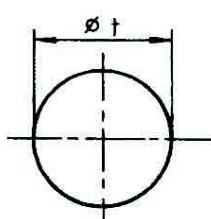


Figura 115

Ejemplo: El punto de intersección deberá estar contenido en un círculo de 0,3 mm de diámetro, cuyo centro coincidirá con la posición teórica del punto considerado (figs. 116/116 a).

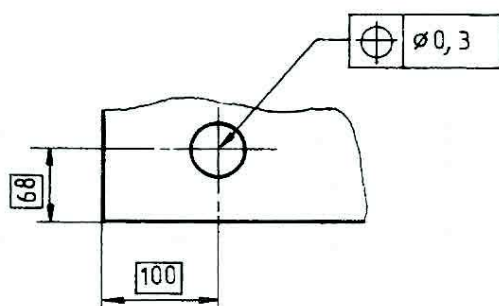


Figura 116

Algunas posiciones extremas del agujero

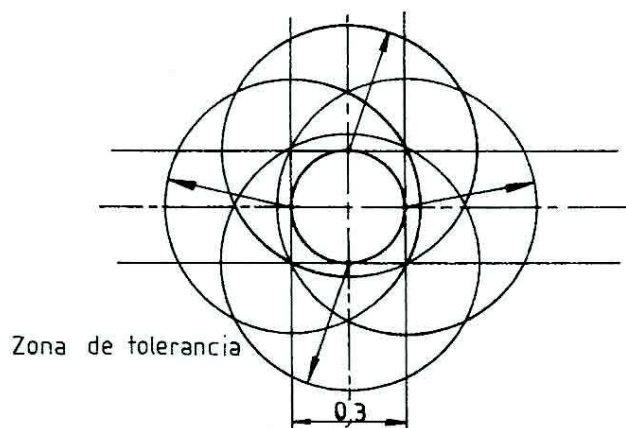


Figura 116 a

4.11.10.2 De una línea en un solo plano. La zona de tolerancia estará limitada por dos rectas paralelas, separadas por la distancia t , dispuestas simétricamente con respecto a la posición teórica considerada. La tolerancia será determinada para un solo plano (fig. 117).

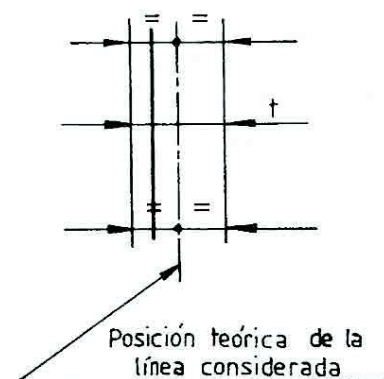


Figura 117

Ejemplo: Cada línea estará comprendida entre dos rectas separadas por la distancia de 0,05 mm, dispuestas simétricamente con respecto a la posición teórica de la línea considerada (fig. 118).

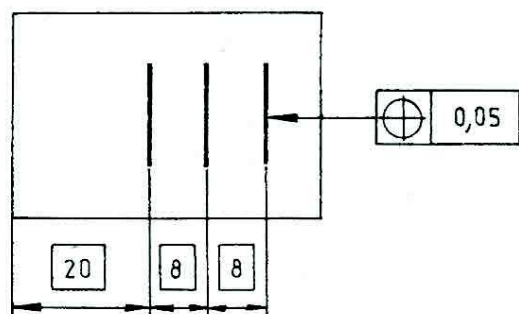


Figura 118

4.11.10.3 De una línea en dos planos. La zona de tolerancia estará limitada por un paralelepípedo de sección $t_1 \times t_2$, cuyo eje estará en la posición teórica de la línea considerada. La tolerancia estará determinada entre dos planos perpendiculares entre sí (fig. 119).

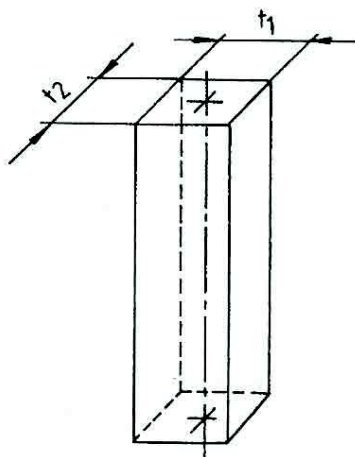


Figura 119

Ejemplo: Cada uno de los ejes correspondientes a los agujeros estará contenido en una zona paralelepípedica de 0,05 mm en el plano horizontal y 0,2 mm en el plano vertical, cuyo eje se encontrará en la posición teórica del eje del agujero considerado (fig. 120). La posición teórica del eje de los agujeros implica asimismo el paralelismo y la ortogonalidad de las zonas de tolerancia con respecto al plano del dibujo.

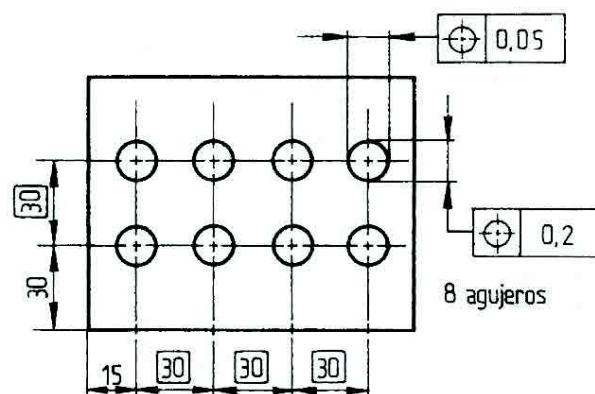


Figura 120

4.11.10.4 De una línea en varias direcciones. La zona de tolerancia estará limitada por un cilindro de diámetro t , cuyo eje estará en la posición teórica de la línea considerada. El valor de la tolerancia será precedido del símbolo ϕ (fig. 121).

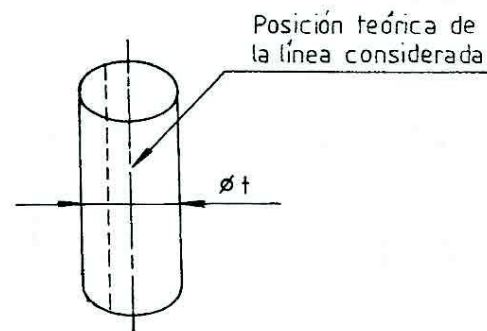


Figura 121

Ejemplo 1: El eje del agujero quedará contenido en una zona cilíndrica de 0,08 mm de diámetro, cuyo eje se encontrará en la posición teórica de la línea considerada (fig. 122).

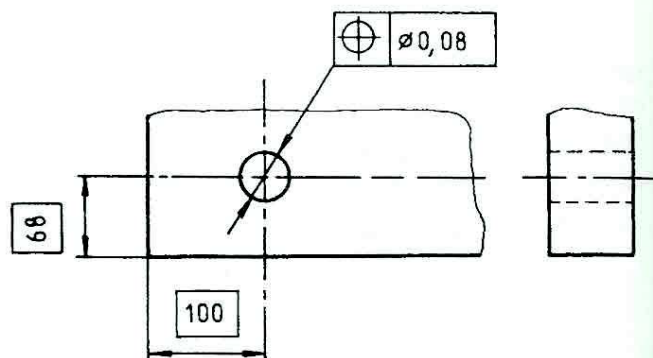


Figura 122

Ejemplo 2: Cada uno de los ejes de los correspondientes agujeros estará contenido en una zona cilíndrica de 0,1 mm de diámetro, cuyo eje deberá estar en la posición teórica especificada. No hay acumulación de errores, y la variación permitida entre ejes y diagonales será la misma para cada agujero (fig. 123).

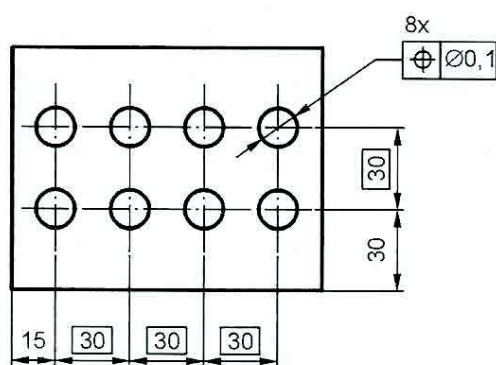


Figura 123

4.11.10.5 De una superficie o de un plano medio. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos separados por la distancia t , dispuestos simétricamente con respecto a la posición teórica de la superficie considerada (fig. 124).

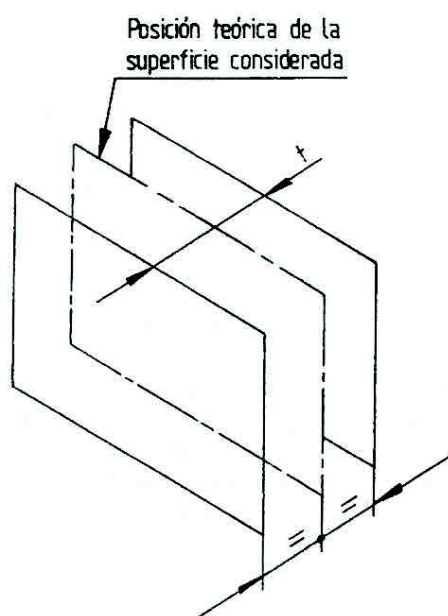


Figura 124

Ejemplo: La superficie estará comprendida entre dos planos paralelos separados por la distancia de 0,05 mm, dispuestos simétricamente con respecto a la posición teórica especificada del plano considerado, con respecto al plano de referencia A y al eje del cilindro B (fig. 125).

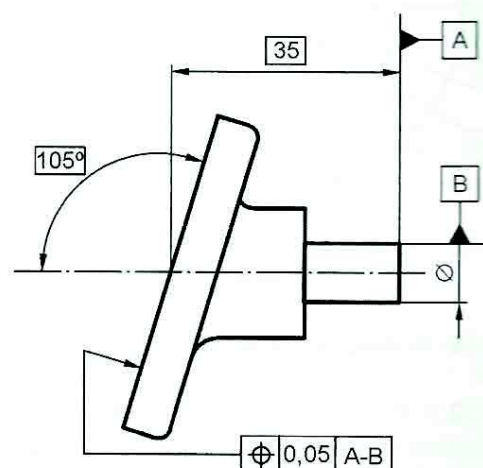


Figura 125

4.11.11 Tolerancia de concentricidad

4.11.11.1 De un punto. La zona de tolerancia estará limitada por un círculo de diámetro t , cuyo centro coincidirá con el centro teórico de referencia (fig. 126).

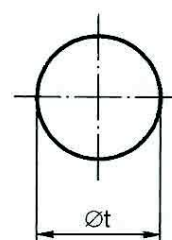


Figura 126

Ejemplo: El centro del círculo estará incluido en la zona de tolerancia, y deberá estar contenido en un círculo de 0,01 mm de diámetro, concéntrico al centro teórico del círculo A (centro de referencia), (fig. 127).

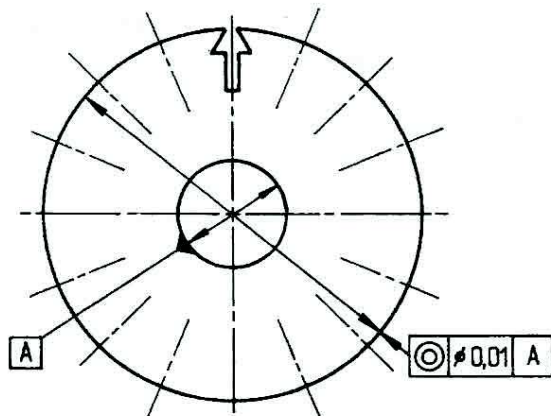


Figura 127

4.11.12 Tolerancia de coaxialidad

4.11.12.1 De una línea o de un eje. La zona de tolerancia estará determinada por un cilindro de diámetro t , cuyo eje coincidirá con el eje de referencia. El valor de la tolerancia será precedido del símbolo ϕ (fig. 128).

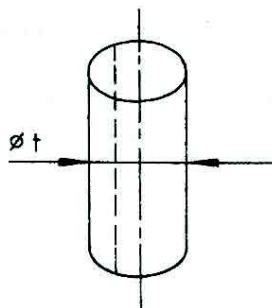


Figura 128

Ejemplo 1: Los ejes del cilindro de izquierda y derecha deberán estar contenidos en la zona cilíndrica de 0,04 mm de diámetro (fig. 128 a).

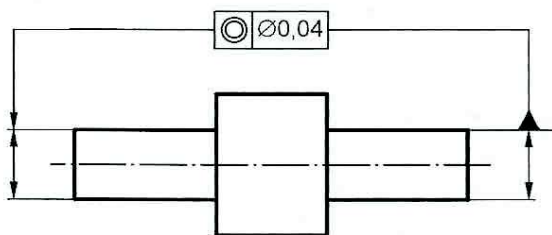


Figura 128 a

Ejemplo 2: El eje del cilindro cuya cota está incluida en la zona de tolerancia, deberá estar contenido en la zona cilíndrica de 0,08 mm de diámetro coaxial al eje de referencia A y B (fig. 129).

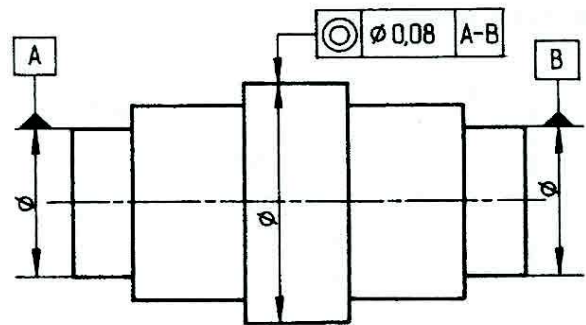


Figura 129

4.11.13 Tolerancia de simetría

4.11.13.1 De una recta y de un eje. La zona de tolerancia estará limitada por dos rectas paralelas o dos planos paralelos separados por la distancia t , dispuestos simétricamente con relación al eje o planos de referencia. La tolerancia será determinada para un solo plano (fig. 130).

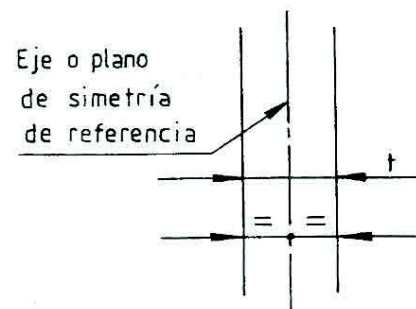


Figura 130

Ejemplo: El eje del agujero estará comprendido entre dos planos paralelos separados 0,08 mm, dispuestos simétricamente con respecto al plano de simetría común a las ranuras de referencia A y B (fig. 131).

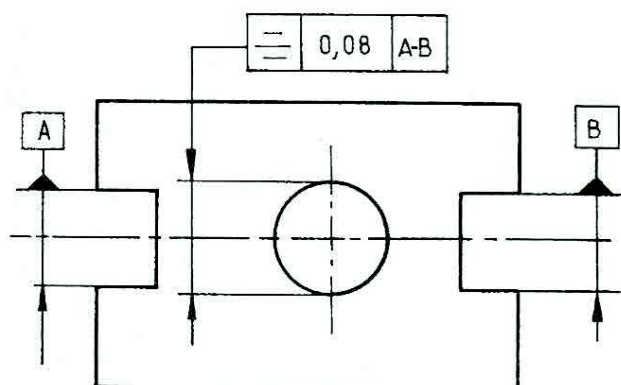


Figura 131

4.11.13.2 De una recta y de un eje en dos planos. La zona de tolerancia estará limitada por un paralelepípedo de sección t_1 y t_2 , cuyo eje coincidirá con el eje de referencia si la tolerancia estuviera determinada en dos planos perpendiculares entre sí (fig. 132).

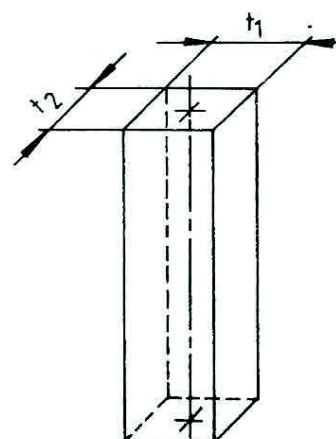


Figura 132

Ejemplo: El eje del agujero estará comprendido en una zona paralelepípedica de 0,1 mm en dirección horizontal y 0,05 mm en dirección vertical, cuyo eje coincidirá con los ejes de referencia A y B – C y D (fig. 133).

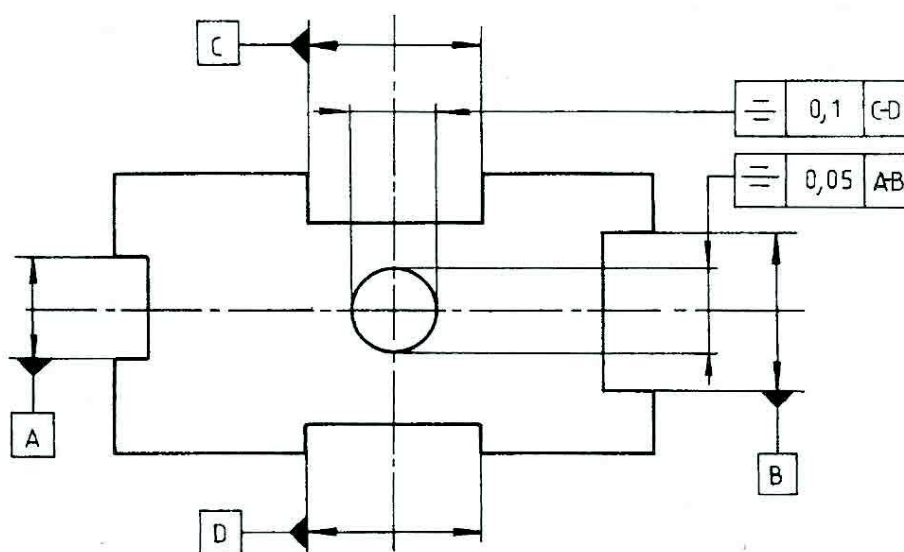


Figura 133

4.11.13.3 De un plano medio. La zona de tolerancia estará limitada por dos planos paralelos, separados por la distancia t , dispuestos simétricamente al plano de simetría de referencia (fig. 134).

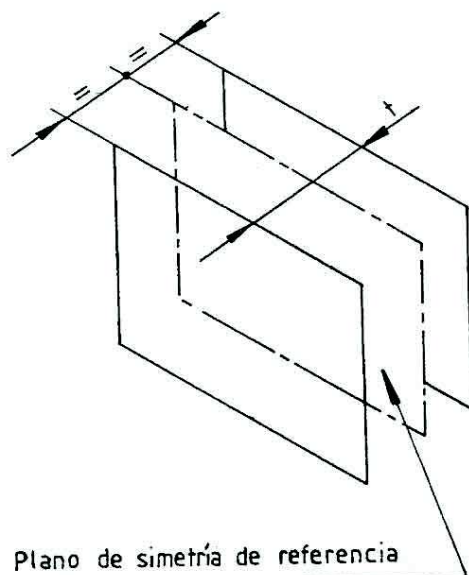


Figura 134

Ejemplo 1: El plano de simetría de la ranura estará comprendido entre dos planos paralelos separados entre sí por 0,08 mm, y dispuestos simétricamente con respecto al plano de simetría de referencia A (fig. 135).

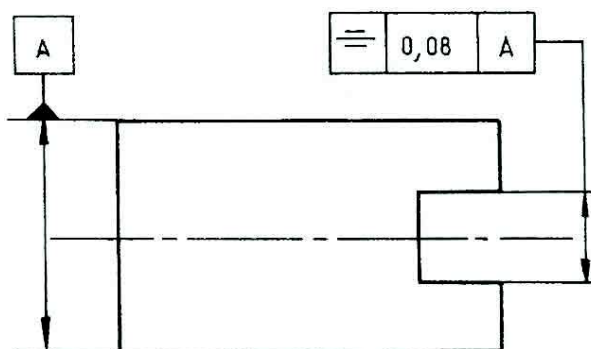


Figura 135

4.11.14 Tolerancia de oscilación

4.11.14.1 Representará la variación máxima t de la posición del elemento considerado, con

respecto a un punto fijo en el recorrido de una vuelta completa en torno al eje de referencia, sin separación axial relativa de la pieza y del instrumento de medición. La tolerancia de oscilación afectará separadamente a cada sección de medición. Salvo especificación contraria, esta variación será medida en la dirección indicada por la recta sobre el elemento afectado por la tolerancia. La tolerancia de oscilación podrá limitar los defectos de planicidad, ya que la suma de esos defectos podrá exceder el valor de la tolerancia de oscilación especificada. Consecuentemente, la tolerancia de oscilación no determinará la suma de rectitud y del ángulo de la generatriz del eje de referencia ni la planicidad de una superficie (figs. 136/138/139).

4.11.14.2 La zona de tolerancia estará limitada en cada plano perpendicular al eje, por dos círculos concéntricos separados por la distancia t (fig. 136).

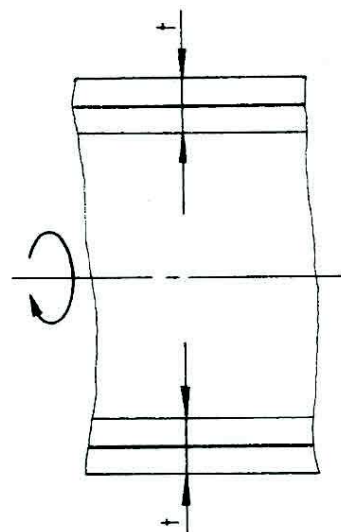


Figura 136

Ejemplo: El juego radial no sobrepasará de 0,1 mm en cada plano de medición, durante una vuelta completa en torno al eje de referencia (fig. 137).

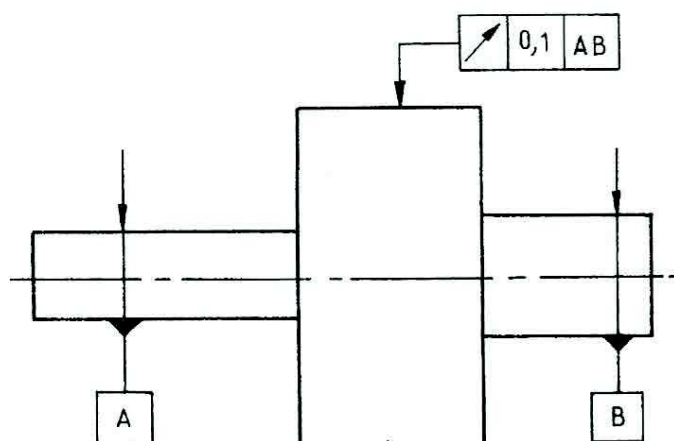


Figura 137

4.11.14.3 La zona de tolerancia estará limitada, en este caso, por las generatrices perpendiculares a esos elementos, afectados, por tolerancia, y que darán origen a dos círculos coaxiales, separados por la distancia t , del cono teórico considerado (fig. 138).

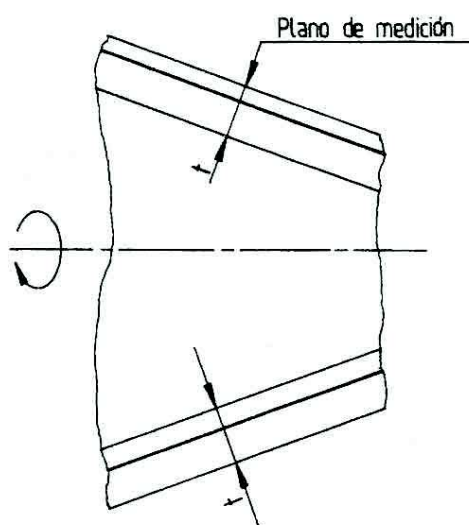


Figura 138

Ejemplo: Durante una rotación completa en torno al eje de la superficie de referencia C, la oscilación, en dirección de la flecha del cono considerado, no deberá sobrepasar de 0,1 mm (fig. 139).

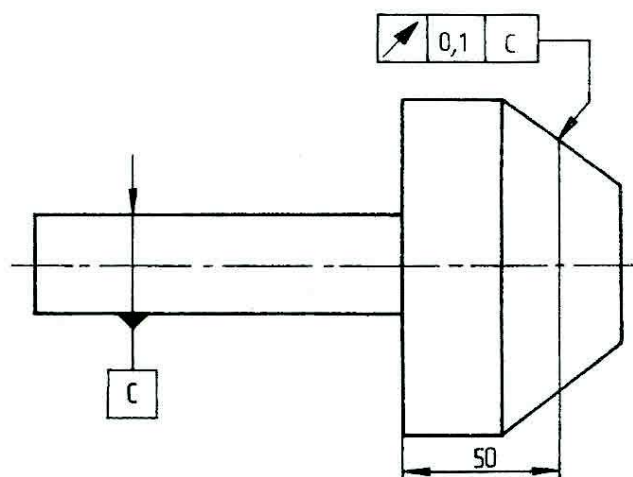


Figura 139

4.11.14.4 La zona de tolerancia deberá estar limitada, en cada punto de medición por dos circunferencias separadas por la distancia t , sobre el cilindro de medición (fig. 140).

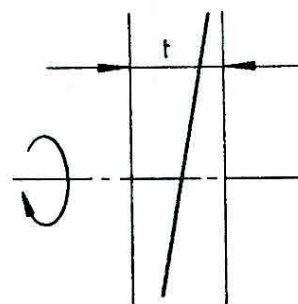


Figura 140

Ejemplo 1: La oscilación no deberá sobrepasar 0,1 mm, en cada punto de medición del cilindro durante una vuelta completa, en torno del eje de referencia D (fig. 141).

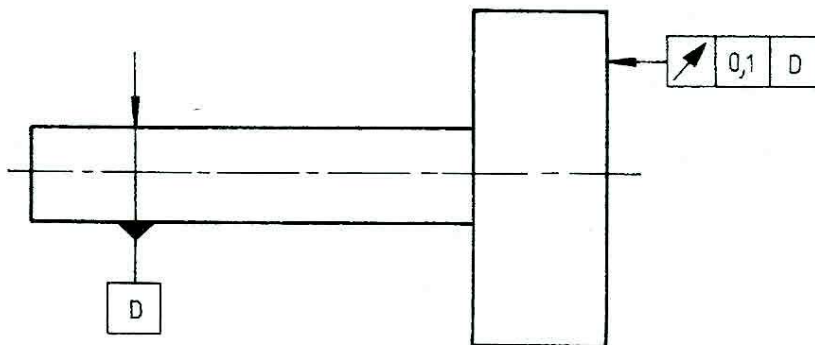


Figura 141

Ejemplo 2: Durante una vuelta completa, la superficie de ajuste para el centrado del semiacoplamiento, deberá presentar una oscilación radial no mayor de 0,1 mm con respecto a la

cara de apoyo del semiacoplamiento y una oscilación axial de 0,2 mm con relación al eje de referencia E y F (fig. 142).

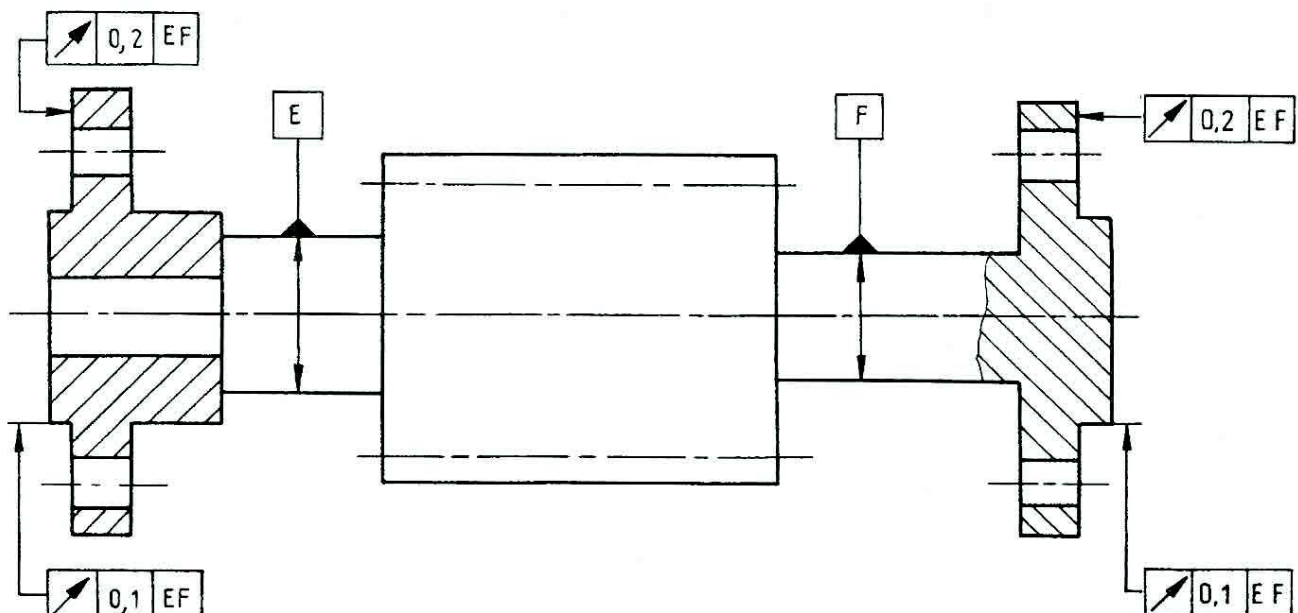


Figura 142

5 ANEXO

5.1 Ejemplos de aplicación de indicadores para tolerancias de forma y de posición:

Cigüeñal (fig. 143).

Portaempaquetadura (fig. 144).

Rueda dentada (fig. 145).

Rodillo (fig. 146).

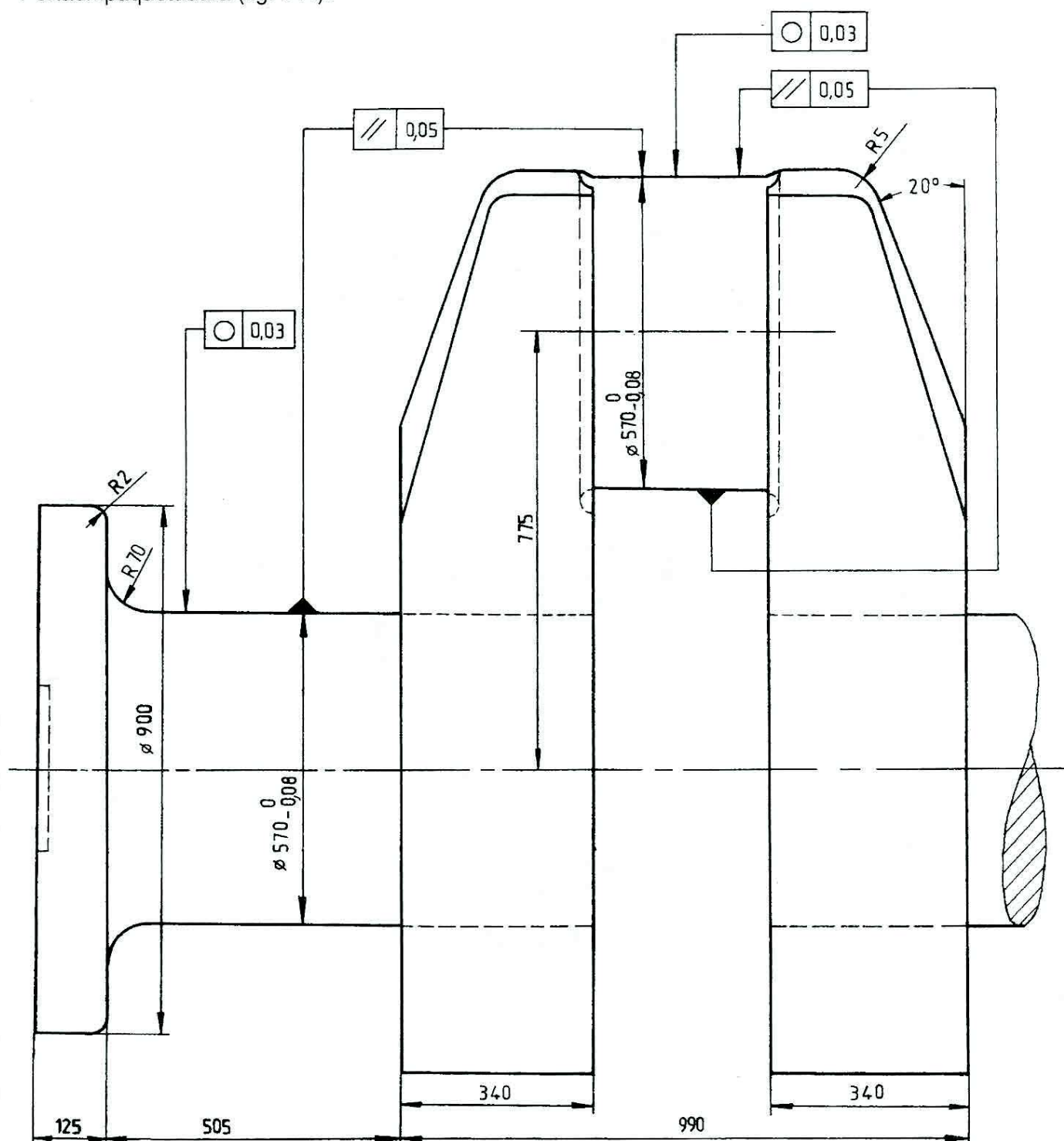
Eje portafresa (fig. 147).

Pista de rodillos cónicos (fig. 148).

Pista de rodamiento de bolillas (fig. 149).

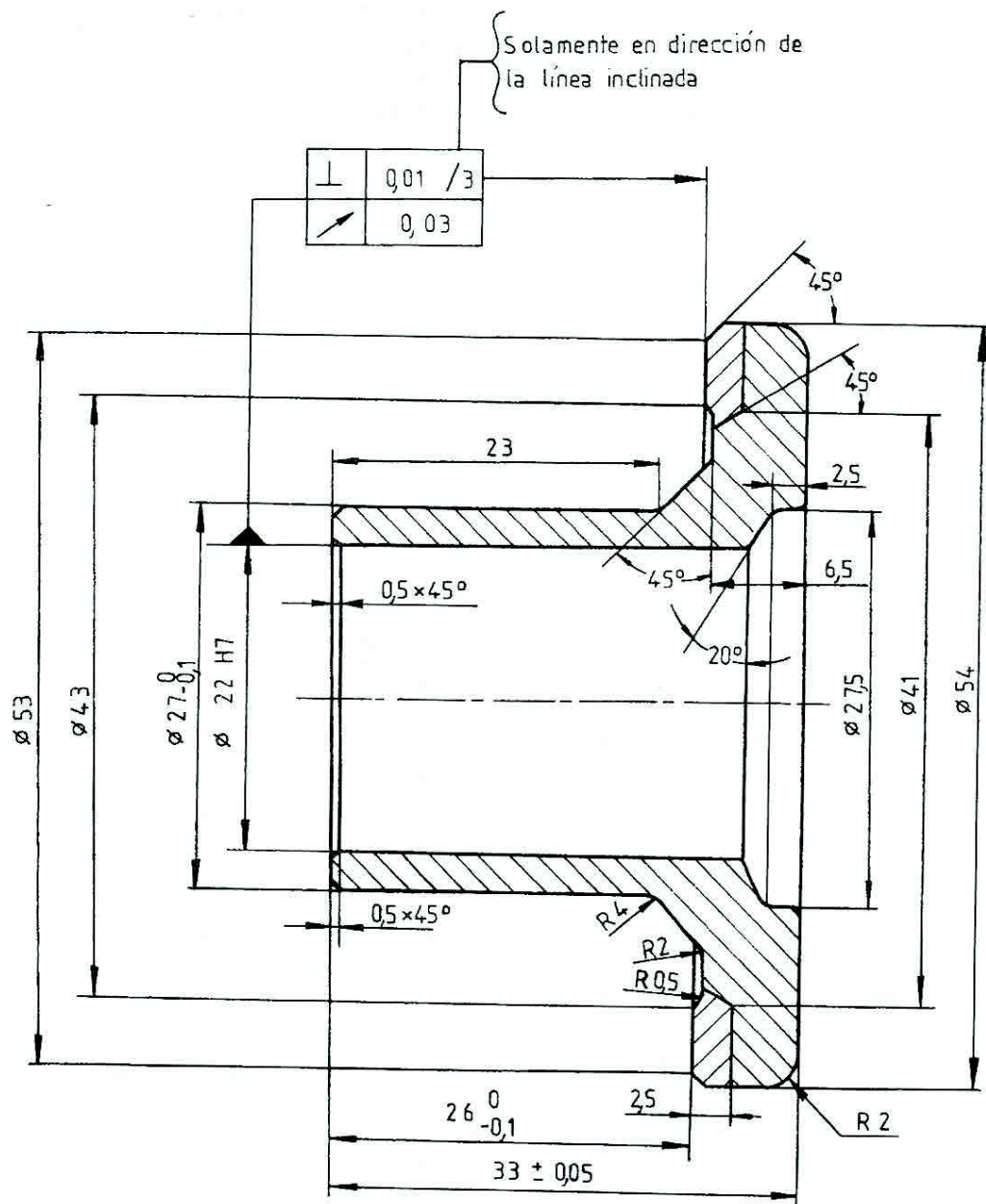
Leva (fig. 150).

Árbol de levas (fig. 151).



Observación: Las medidas indicadas en el ejemplo, son de orientación Cigüeñal

Figura 143



Observación: Las medidas indicadas en el ejemplo, son de orientación Portaempaquetadura

Figura 144