

# *Resolución gráfica de problemas de ajustes y tolerancias*

**Encarnación Peris Sanchis**

## **RESUMEN**

En este trabajo se presenta un método gráfico que pretende facilitar la resolución de problemas de ajustes y tolerancias. Así, los alumnos son capaces de resolver con mayor facilidad este tipo de problemas, al mismo tiempo que se reduce considerablemente la posibilidad de cometer errores de cálculo.

**Palabras clave:** Tolerancias, ajustes móvil, ajuste fijo o apriete, ajuste indeterminado

## 1. Introducción

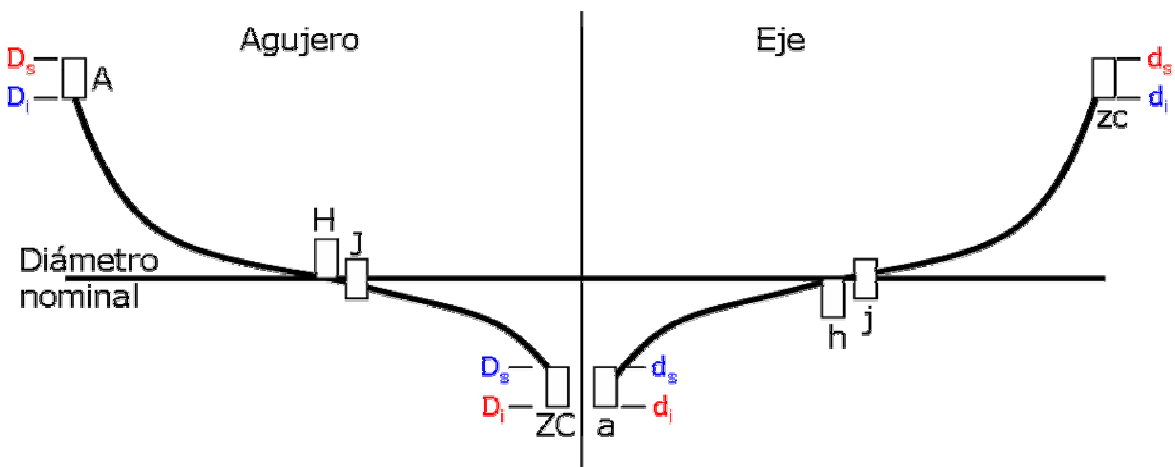
A la hora de fabricar piezas mecánicas es inevitable encontrarnos con una cierta distribución de medidas. Es muy difícil que dos piezas sean exactamente iguales, debido a pequeñas variaciones en su proceso de fabricación (ya sea debido a pequeñas irregularidades durante el proceso de mecanizado, al desgaste de las herramientas de corte, vibraciones de las máquinas, etc). Dependiendo de qué aplicación vaya a tener esa pieza y de sus condiciones de servicio, debemos decidir qué intervalos de medida van a ser aceptables y cuáles no; es decir, debemos definir los límites máximo y mínimo fuera de los cuales la pieza ya no va a ser admisible. Cuanto menor sea la distancia comprendida entre los dos límites aceptables, mayor precisión se requerirá en la fabricación de las piezas. Para ello se define la **tolerancia**, como una magnitud dimensional que indica el error máximo admitido en la medida de una determinada pieza. Para simplificar la discusión, en este trabajo consideraremos que las dimensiones a las que nos referimos son diámetros, aunque debemos tener presente que la tolerancia puede referirse a cualquier tipo de dimensión, como por ejemplo espesores, anchuras, o ángulos. Así, para la dimensión a la que hace referencia la tolerancia, deberemos considerar el **diámetro nominal** y los **diámetros máximo y mínimo**. Adicionalmente, definiremos el término **ajuste** para referirnos al tipo de acoplamiento entre dos piezas, una interior (**eje**) y una exterior (**agujero**). Así, el ajuste entre estas dos piezas podrá ser: **juego**, **indeterminado**, o **con apriete**, dependiendo de si el agujero es mayor o menor que el eje.

La mayor parte de los textos que tratan el tema de ajustes y tolerancias [1-] hacen referencia al sistema ISO. Según el sistema ISO, las medidas de una pieza (ya sea eje o agujero) se indican con tres términos, que hacen referencia al diámetro nominal, la posición de su intervalo de tolerancia y el índice de calidad. Por ejemplo, la anotación **30h6** indicaría la medida de un eje cuyo diámetro nominal es de 30 mm, la posición de su tolerancia sería la h y su índice de calidad sería 6. En el caso de ejes se usan letras minúsculas, mientras que en el caso de agujeros se usan letras mayúsculas. Para un diámetro nominal comprendido entre unos determinados valores, el sistema ISO proporciona en forma de tablas los intervalos máximos y mínimos de tolerancias para ejes y agujeros. Así es necesario trabajar con dos juegos de tablas:

- La tabla de índice de calidad proporciona la diferencia absoluta (medida en micras) entre el límite superior e inferior del intervalo de tolerancia.
- Adicionalmente usaremos una segunda tabla que proporciona para cada posición de tolerancia las diferencias fundamentales para ejes y agujeros; es decir, la diferencia entre el diámetro nominal y el diámetro máximo ( $D_s$  para agujeros o  $d_s$  para ejes), o la

diferencia entre el diámetro nominal y el diámetro mínimo ( $D_i$  para agujeros o  $d_i$  para ejes).

La posición de los diferentes intervalos de tolerancia para ejes y agujeros se muestra de forma simplificada en la Figura 1. Esta figura es la base del método de resolución gráfico que se propone en este trabajo. De hecho, basta con tener presente esta representación simplificada de las diferentes posiciones de los intervalos de referencia para que la resolución de problemas de ajustes y tolerancias se simplifique considerablemente, siguiendo las pautas que a continuación describiremos e ilustraremos en forma de ejemplos.



**Figura 1.** Diagrama simplificado de las posiciones relativas de los intervalos de tolerancias para agujeros y ejes.

## 2. Interpretación del diagrama de posiciones

El diagrama de la Figura 1 muestra de forma simplificada todos los elementos necesarios que debemos considerar para resolver problemas de ajustes y tolerancias siguiendo el método de resolución que se propone en este trabajo. Versiones más completas de esta figura pueden encontrarse en la mayoría de los libros de texto, aunque aquí se han destacado los aspectos más relevantes y esenciales para resolver los problemas numéricos. La línea horizontal corresponde al diámetro nominal de la pieza, y por encima y por debajo de esta línea se distribuyen los rectángulos que representan los diferentes intervalos de tolerancia. Como ya se ha comentado anteriormente, la letra (mayúscula para agujeros y minúscula para ejes) corresponde a las diferentes posiciones posibles para los intervalos de tolerancia. Vemos que para agujeros, la posición "A" se encuentra por encima del diámetro nominal. Al llegar a la posición "H" vemos que en este caso el recuadro se encuentra situado con su lado inferior coincidiendo con el diámetro

nominal, mientras que su lado superior se encuentra por encima de éste. Las posiciones de los intervalos de tolerancia comprendidas entre la "A" y la "H" se encontrarían dispuestas a lo largo de la curva descendente, aunque no se han representado en la figura. Siguiendo con esta figura podemos ver que para agujeros, la posición "J" se sitúa con sus lados superior e inferior situados por encima y por debajo del diámetro nominal, y finalmente la posición "ZC" se sitúa por debajo del diámetro nominal. De nuevo, las posiciones comprendidas entre la "J" y la "ZC" se distribuyen a lo largo de la curva descendente de la figura. La representación que tendremos para las posiciones de los intervalos de tolerancia para ejes es precisamente la inversa a la de agujeros, como puede apreciarse en la figura.

### **3. Uso del diagrama para el cálculo de tolerancias: diámetro máximo y mínimo**

Ya se ha mencionado anteriormente que disponemos de unos valores tabulados de índices de calidad y diferencias fundamentales. A veces, resulta complicado para los alumnos entender qué representa y a qué corresponden cada uno de estos valores numéricos, lo que suele suponer un origen muy frecuente de error en la resolución de problemas de ajustes y tolerancias. El método gráfico que se propone en este trabajo hace que sea más fácil para los alumnos comprender a qué corresponde cada valor tabulado. Así por ejemplo, los valores de diferencias fundamentales que encontramos en la tabla pueden corresponder unas veces a  $D_s$  y otras a  $D_i$ , dependiendo de la posición del intervalo de tolerancia, lo que contribuye a aumentar la posibilidad de error de interpretación de las tablas por parte del alumno. Así, siguiendo el método gráfico que aquí se propone, bastará recordar que el valor que aparece tabulado siempre corresponde al límite más cercano al diámetro nominal, que se ha marcado en azul en la figura para que resulte más fácil de identificar.

#### **Ejemplos:**

*Supongamos que queremos calcular el diámetro máximo y mínimo para un agujero cuyas especificaciones son 25D8.*

El diámetro nominal del agujero es 25 mm. El índice de calidad sería 8. Por tanto, mirando en la tabla de índices de calidad, para un diámetro comprendido entre 18 y 30 mm, el valor de tolerancia que encontramos en la tabla es de 33  $\mu\text{m}$ . La posición del intervalo de calidad es "D", y mirando en la tabla correspondiente vemos que la diferencia fundamental es de 65  $\mu\text{m}$ . Como la posición "D" sabemos que estará comprendida entre la "A" y la "H", mirando en la figura 1 podemos ver que el recuadro correspondiente se situará por encima de la línea horizontal del diámetro nominal. Por

tanto, sabemos que el valor de  $65 \mu\text{m}$  corresponderá a  $D_i$ ; es decir, el límite más cercano al diámetro nominal. Por tanto, el diámetro mínimo será:

$$D_{\text{mín}} = D_{\text{nominal}} + D_i = 25.065 \text{ mm.}$$

Así,  $D_s$  será igual a la suma de  $D_i$  ( $65 \mu\text{m}$ ) y la tolerancia ( $33 \mu\text{m}$ ). Por tanto,  $D_s = 98 \mu\text{m}$ .

Por último, el diámetro máximo será:

$$D_{\text{max}} = D_{\text{nominal}} + D_s = 25.098 \text{ mm}$$

#### 4. Uso del diagrama para ajustes

Otro de las ventajas del método gráfico es que la simple inspección de la figura nos permite ver inmediatamente si el ajuste que tendremos entre un agujero y un eje será con juego, con apriete o indeterminado. Para ello, dibujaremos sobre la figura los dos rectángulos correspondientes al agujero y al eje en función de la posición (letra) que nos indique el ejercicio. Entonces distinguiremos tres casos:

1) Si el rectángulo del agujero está siempre por encima del rectángulo del eje, tendremos ajuste móvil o juego.

2) Si el rectángulo del agujero está siempre por debajo del rectángulo del eje, tendremos ajuste fijo o apriete.

3) Si los dos rectángulos solapan en alguno de sus puntos, tendremos ajuste indeterminado.

#### Ejemplos:

*Vamos a utilizar el diagrama para determinar si en los siguientes casos tendremos ajuste fijo, móvil o indeterminado:*

##### - 46E11/f10 (Figura 2a)

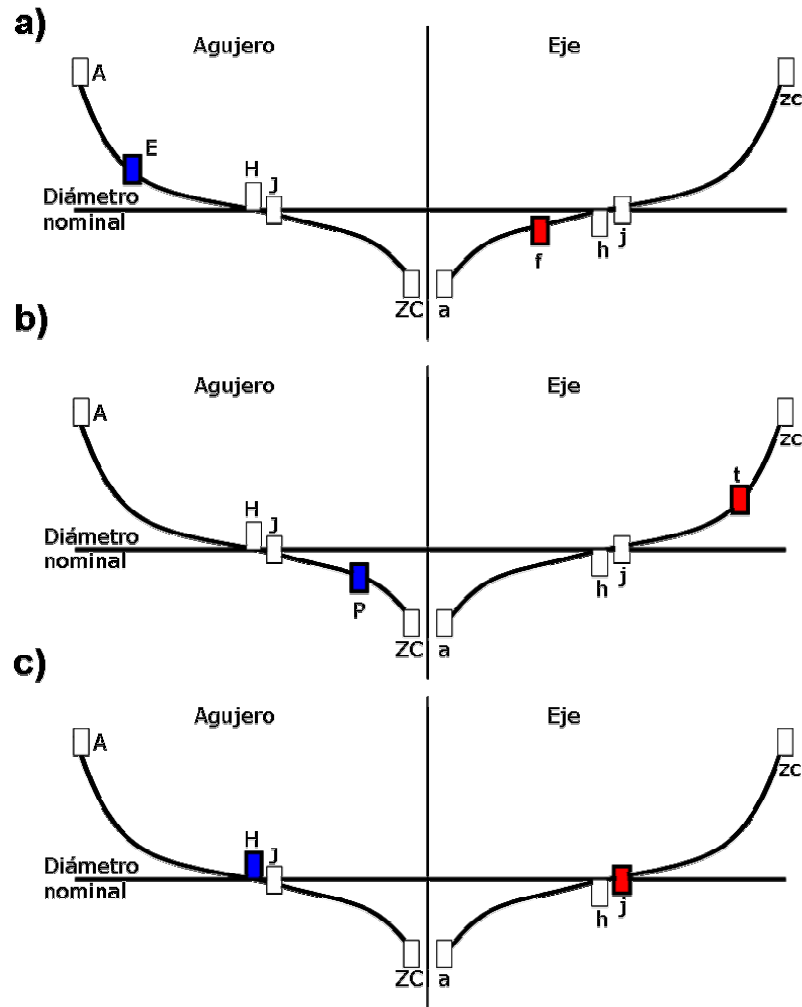
Agujero de 46 mm de diámetro nominal, posición de tolerancia "E" e índice de calidad "11", y eje del mismo diámetro nominal, posición de tolerancia "f" e índice de calidad "10." Para el agujero, vemos en el diagrama que la posición "E" está por encima del diámetro nominal (ya que está comprendida entre "A" y "H"). Por el contrario, la posición "f" se encuentra por debajo de la línea del diámetro nominal (ya que está comprendida entre "a" y "h"). Por tanto, podemos afirmar que en este caso tendremos claramente ajuste móvil o con juego.

##### - 120P8/t8 (Figura 2b)

El intervalo de tolerancia "P" para el agujero está por debajo del diámetro nominal, mientras que el intervalo de tolerancia "t" del eje está por encima. Por tanto, en este caso tendremos claramente ajuste fijo o apriete.

##### - 60H7/j6 (Figura 2c)

Para el agujero tenemos un intervalo de tolerancia "H", que según el diagrama de la figura se sitúa por encima del diámetro nominal pero de manera que  $D_i$  coincide con éste. Para el eje, la posición "j" se encuentra por encima y por debajo del diámetro nominal. Por tanto, en este caso tendremos solapamiento de los dos rectángulos y, por tanto, tendremos un ejemplo de ajuste indeterminado.



**Figura 2.** Uso del diagrama para los diferentes ajustes de los ejemplos anteriores: a) ajuste móvil o juego; b) ajuste fijo o apriete; c) ajuste indeterminado.

## 5. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un método gráfico muy sencillo e intuitivo que puede facilitar a los alumnos la comprensión de los casos posibles en el estudio de ajustes y tolerancias. La aplicación de este método reduce considerablemente los errores cometidos por los alumnos, ya que les ayuda a entender la información que proporcionan las tablas de tolerancias del sistema ISO de una forma más visual. Además, el método

permite también, en ciertos casos, saber a priori cómo será el ajuste entre un agujero y un eje en función de las correspondientes especificaciones de tolerancias.

## **6. Bibliografía**

- 1 GÓMEZ GONZÁLEZ, S. (2007) *Control de calidad en fabricación mecánica*. Editorial Ceysa.
- 2 FÉLEZ MINDÁN, J. y MARTÍNEZ MUNETA, M<sup>a</sup>.L. (1995) *Dibujo industrial*. Editorial Síntesis.
- 3 CASILLAS, A. L. (2008) *Cálculos de taller*. Editorial Máquinas.