

TEMA 14.

Acotación de dibujos técnicos.

21.1. Introducción.

En este capítulo vamos a introducirnos en una de las tareas o fases más importantes en la ejecución de un dibujo técnico, la acotación. Aunque se intentará abarcar la mayoría de las posibilidades que ofrece la acotación, remitimos al lector para cualquier duda o necesidad específica a la norma española que regula este procedimiento, UNE 1-039-94: “Dibujos Técnicos. Acotación” (ISO 129). Dicha norma establece los principios generales de acotación aplicables al dibujo técnico en su sentido más amplio: mecánica, electricidad, arquitectura e ingeniería civil.

Pero, ¿Cuál es el objeto de la acotación?. Podemos pensar que la consignación de la escala de un dibujo es suficiente para asegurar la correcta reproducción del objeto representado. Sin embargo hay que tener en cuenta la dificultad y pérdida de tiempo que supone la medida de magnitudes lineales y angulares sobre un plano, el error que sin lugar a dudas vamos a cometer en esa medida, las deformaciones provocadas por la reproducción reprográfica de documentos, los errores de delineación que se traducen en errores a la hora de la toma de dimensiones, etc.

Todo esto hace muy recomendable, e incluso imprescindible, la anotación de las cotas necesarias para la correcta interpretación del mecanismo, pieza, instalación, edificación, o cualquier concepto técnico expresado en forma gráfica. Como veremos más adelante, la acotación es una de las fases del dibujo en que la normalización es más estricta.

21.2. Tipos de acotación.

Antes de enumerar los distintos tipos de acotación sería conveniente conocer la definición que hace la norma del concepto de cota: “Valor numérico expresado en unidades de medida apropiadas y representado gráficamente en los dibujos técnicos con líneas, símbolos y notas”.

Los tipos de acotación se diferencian básicamente por el fin último u objetivo de la designación de cotas, distinguiendo:

a) Acotación funcional.

Es aquella cuyo objetivo primordial es el de designar las cotas fundamentales para el buen funcionamiento del objeto diseñado, por lo que correspondería a la etapa de diseño de ingeniería.

b) Acotación constructiva o de fabricación.

Su objeto es la definición de la pieza o conjunto según las características geométricas requeridas, por lo que es considerada como la acotación necesaria para el proceso de fabricación. Por tanto, recogerá todas las especificaciones de interés, incluyendo las tolerancias, para facilitar y agilizar el trabajo de taller.

c) Acotación de verificación.

En este caso pretendemos indicar las cotas y tolerancias a inspeccionar en la fase de control de calidad, generalmente la última etapa antes de la comercialización.

Generalmente es necesario emplear todas las tipologías de acotación para obtener finalmente el objeto diseñado.

Por último, algunos autores hablan de una cuarta tipología de acotación como es la de comercialización. Una de sus aplicaciones es la realización de catálogos comerciales en los que, más que la precisión y normalización del dibujo, prima la generalización de las cotas y parámetros normalizados de dimensionamiento (por ejemplo: diámetro de una tubería, presión y timbraje) y las perspectivas a varios colores para hacer agradable la presentación del producto. Otras de las aplicaciones de la acotación de comercialización serían la ejecución de planos de montaje y manuales de instrucciones en general.

21.3. Funcionalidad de las cotas.

Se dice que una cota es funcional cuando es esencial para la función de la pieza o hueco, mientras que no es funcional cuando no es necesaria para que la pieza o hueco cumpla su misión. En este último caso simplemente se usa para la construcción exacta del elemento tal y como ha sido diseñado (Figura 21.1).

Las cotas funcionales son imprescindibles y por lo tanto las más importantes y las primeras en consignarse en la definición de una pieza. Sin embargo, las cotas auxiliares solamente se disponen a título informativo, pudiendo ser deducidas a partir de otras cotas funcionales o no funcionales (Figura 21.1).

Se diferencian por la colocación entre paréntesis de la cifra de cota. Jamás deben llevar tolerancias.

21.4. Normas generales de acotación.

A continuación vamos a enumerar una serie de normas muy generales, aunque de extrema importancia en la ejecución de la acotación de un dibujo técnico.

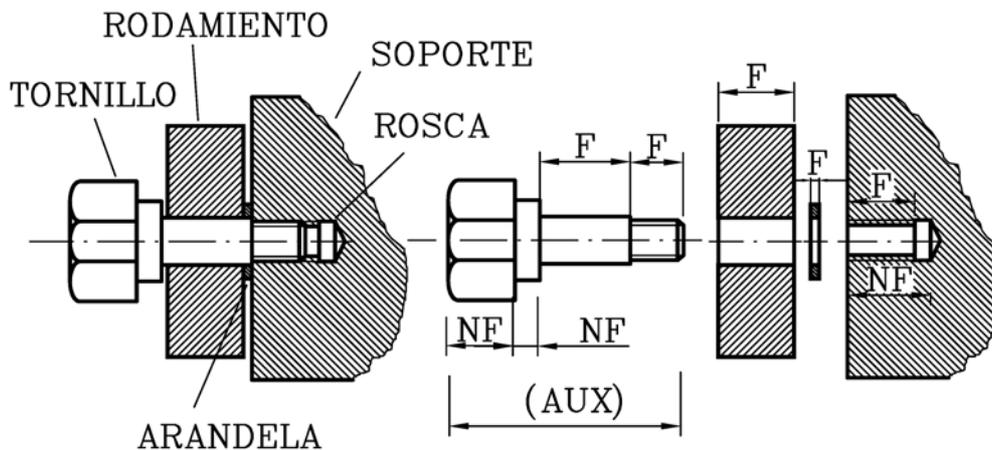


Figura 21.1. Cotas funcionales (F), no funcionales (NF) y auxiliares (AUX).

- Cada elemento o característica individual de una pieza se acotará sólo una vez en un dibujo, suprimiéndose toda acotación redundante. Esto implica el disponer de las cotas auxiliares que exclusivamente representen una ventaja para la interpretación del dibujo.
- Las cotas deberán colocarse sobre la vista, corte o sección que mejor defina la geometría de la parte del objeto a acotar.
- Todas las cotas de un dibujo deben expresarse en las mismas unidades. Por ejemplo, la unidad de medida por defecto en el caso del dibujo industrial es el milímetro, mientras que en ingeniería civil es el metro. En ambos casos no se pone como sufijo de la cifra de cota la anotación “mm” o “m”. Si fuera necesario indicar otras unidades distintas se anotará su nomenclatura (p. ej. Km) a continuación de la cifra de cota.
- Los procedimientos de fabricación o de control no deben ser especificados, a no ser que sea imprescindible. De todas formas, es sabido que una correcta y eficaz delineación constructiva exige al técnico un buen conocimiento de los procesos de fabricación de su taller o empresa.
- Las cotas funcionales deben expresarse directamente sobre el dibujo, evitando que unas dependan de otras (Figura 21.2). Las cotas no funcionales se situarán en el lugar que más convenga de acuerdo con los procesos de verificación previstos.

Obsérvese como en la figura 21.2 las cotas funcionales expresadas de forma indirecta no cumplen los requisitos de funcionamiento de la pieza expresados con las cotas funcionales directas, ya que el elemento A no presenta la misma tolerancia en el dibujo de arriba que en el de abajo. En el dibujo de abajo la tolerancia del elemento A viene dada por las siguientes expresiones:

$$(18 - 0.02) - (8 + 0.02) = 10 - 0.04$$

Valor mínimo

$$(18 + 0.02) - (8 - 0.02) = 10 + 0.04 \quad \text{Valor máximo}$$

Esto quiere decir que la tolerancia del elemento A en el dibujo de abajo sería de ± 0.04 , superior a la especificada en el dibujo de arriba de ± 0.02 (Figura 21.2).

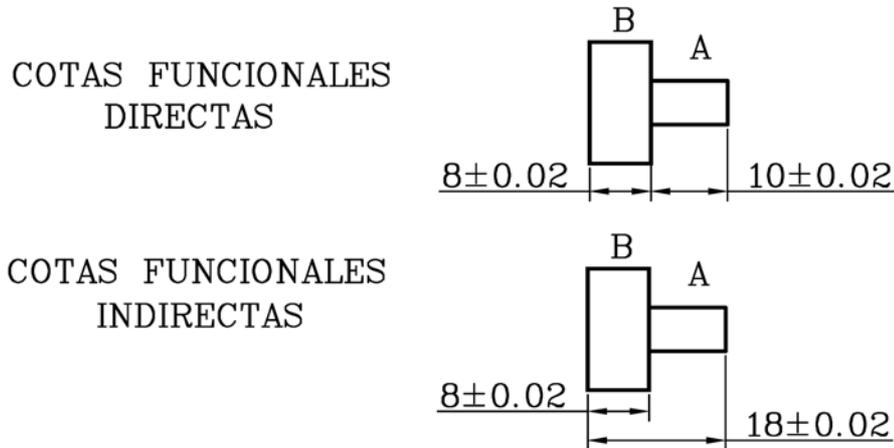


Figura 21.2. Acotación funcional directa e indirecta.

- Las cifras de cota indicarán el valor real de la dimensión acotada, sin tener en cuenta la escala del dibujo.
- Las cotas serán colocadas, siempre que sea posible, fuera del contorno del dibujo para mejorar la claridad de la representación.
- Tan importante es el no colocar cotas de más como el que el operario no tenga que calcular o deducir ninguna cota.
- Las cotas referidas a un mismo elemento de la pieza o del mecanismo deben ir lo más agrupadas posible.

21.5. Elementos de acotación.

Los elementos empleados en la acotación son los siguientes: líneas auxiliares de cota, líneas de cota, líneas de referencia, extremos de las líneas de cota, indicaciones de origen y cifra de cota.

También podemos añadir como elemento complementario la serie de signos normalizados que pretende simplificar la representación o dibujo del mecanismo o pieza deseados (Figura 21.3).

Todos los elementos de acotación se dibujan con línea continua fina.

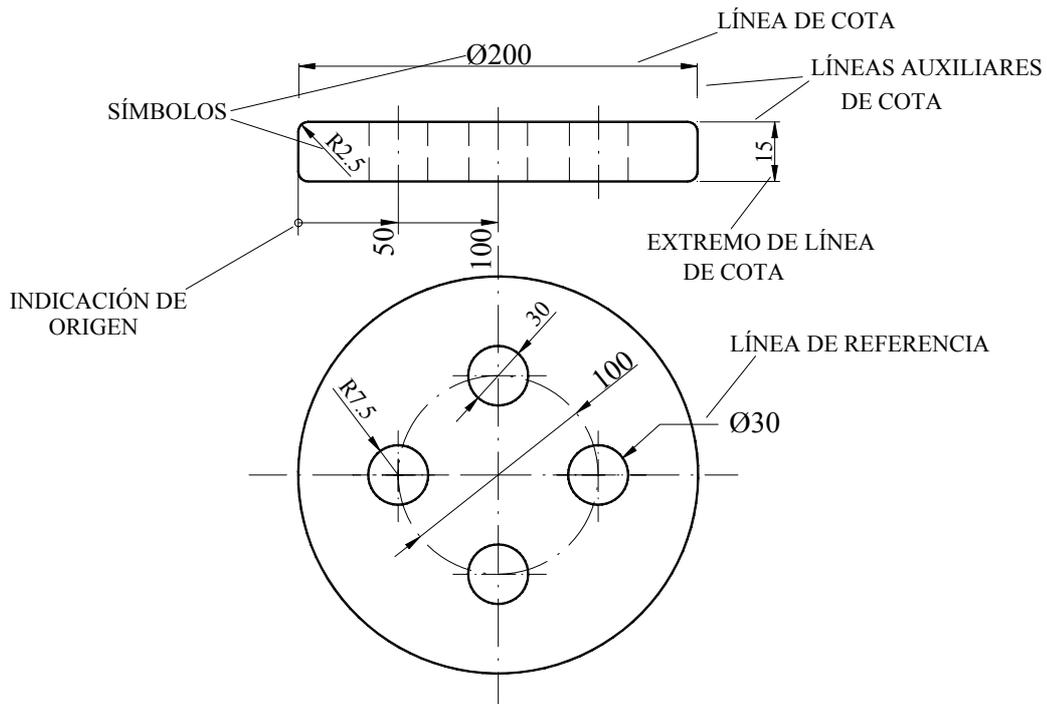


Figura 21.3. Elementos empleados en la acotación.

21.5.1.- Líneas de cota.

Son las líneas utilizadas para indicar las longitudes de los cuerpos. También se emplean en la anotación de magnitudes angulares. Serán colocadas sobre aristas vistas, evitando hacerlo sobre aristas ocultas dibujadas a trazo discontinuo. Las líneas de cota suelen ser paralelas a la magnitud a acotar (Figura 21.4).

Deben trazarse sin interrupción, aún cuando se apliquen al dimensionamiento de un elemento dibujado con rotura (Figura 21.4).

Nunca debe emplearse como línea de cota una arista de contorno o un eje de simetría, aunque sí que podrán usarse como líneas auxiliares de cota.

La separación orientativa entre líneas de cota y aristas de la pieza que acotan será de 8 mm, siendo 5 mm la separación entre líneas de cota próximas (Figura 21.4).

No deben producirse intersecciones entre líneas de cota aunque, si se producen, las líneas de cota no deben ser interrumpidas. Siempre es preferible que, de haber intersecciones, éstas se produzcan entre líneas auxiliares o entre líneas auxiliares y líneas de cota.

21.5.2.- Líneas auxiliares de cota.

Las líneas auxiliares de cota se prolongarán ligeramente sobrepasando a las líneas de cota, siendo perpendiculares a la dimensión a acotar. En casos excepcionales y para mayor claridad pueden dibujarse oblicuas a la magnitud indicada (Figura 21.5).

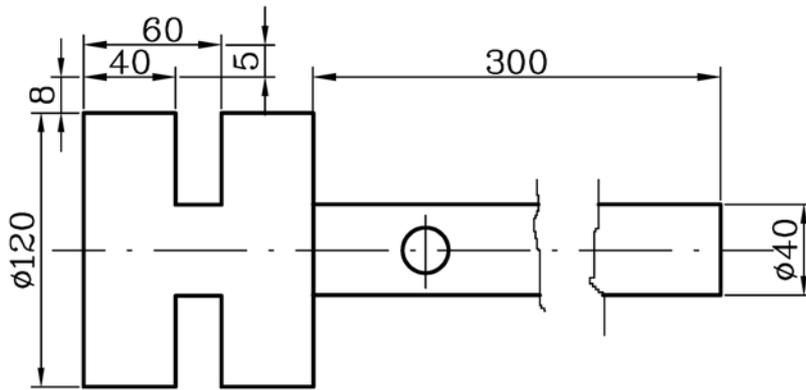


Figura 21.4. Empleo de las líneas de cota.

Las líneas auxiliares de cota se apoyarán en las prolongaciones de los contornos del elemento a acotar en el caso de achaflanados o redondeamientos (Figura 21.5).

Al igual que en el caso de las líneas de cota, debe evitarse la intersección de las líneas auxiliares de cota, así como la acotación simultánea en dos vistas al mismo tiempo (Figura 21.5).

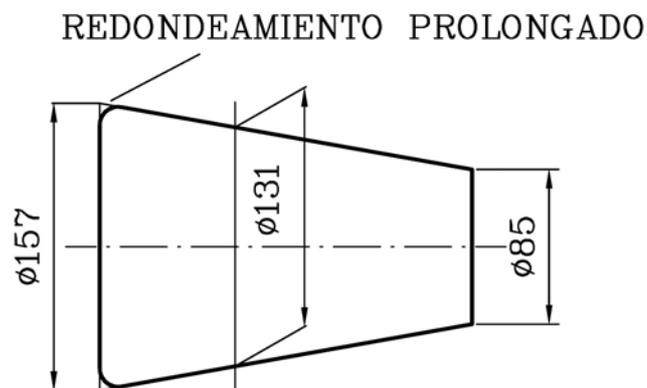


Figura 21.5. Empleo de las líneas auxiliares de cota.

21.5.3.- Líneas de referencia.

Son utilizadas para obtener mayor claridad en la lectura del dibujo (Figura 21.6). Algunas de sus utilidades son:

- Para sacar una cifra de cota de un lugar donde no cabe o es de difícil interpretación.
- Para evitar intersecciones de líneas auxiliares o de cota.
- Para designar inscripciones como acabado superficial, tolerancias geométricas, símbolos, etc.

d) Para designar el código o número de pieza en un dibujo de conjunto correspondiente a su lista de despiece. A este respecto, la norma UNE-EN ISO 6433-96 sobre indicación de referencias a elementos que componen conjuntos y/o a la identificación de elementos individuales que figuran con detalle sobre un mismo dibujo, establece los requisitos generales sobre el uso de referencias. Como recomendaciones básicas destacamos que las referencias se escribirán con números árabes, aunque también se permite el uso de letras mayúsculas. Deben destacar sobre las demás anotaciones, por lo que se emplearán caracteres de mayor altura o se colocarán en el interior de un círculo de línea llena fina, o bien una combinación de estas dos posibilidades. Por último, la referencia a elementos de un dibujo de conjunto debería adaptarse a un orden de numeración determinado: orden de montaje, orden de importancia de los componentes, o cualquier otro tipo de orden razonable.

De todas formas su empleo debe ser limitado y su longitud la mínima posible. Suelen ser líneas quebradas con un tramo oblicuo y otro horizontal sobre el que se coloca la inscripción.

El extremo de la línea de referencia puede ser (Figura 21.6):

- Una flecha, si acaba en el contorno o arista del objeto.
- Un punto negro, si acaba en el interior del contorno.
- Sin punto ni flecha, si acaba en una línea de cota.

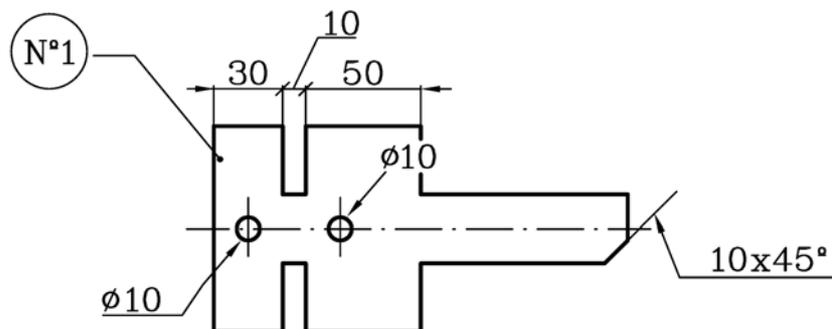


Figura 21.6. Empleo de las líneas de referencia.

21.5.4.- Extremos e indicación de origen.

Todas las líneas de cota deben tener los extremos limitados, pudiendo definirse con flechas o trazos oblicuos normalizados. El origen de medidas se representa por círculos de aproximadamente 3 mm de diámetro (Figura 21.7). Generalmente el uso de trazos oblicuos se limita al dibujo de construcción y estructuras metálicas.

Sólo se empleará un tipo de flecha en cada dibujo. Su ángulo en el vértice estará comprendido entre 15° y 90°. Si fuera necesario por falta de espacio, la flecha puede ser sustituida por trazos o por puntos (Figura 21.6).

El tamaño de los extremos será proporcional al tamaño del dibujo. Orientativamente se puede sugerir un tamaño 4-5 veces superior al grosor de las líneas del dibujo.

Aunque las flechas suelen colocarse en la parte interior de las líneas de cota, la norma permite su colocación en la parte exterior si faltara espacio, prolongándose la línea de cota para poder anotar las cifras de cota (Figura 21.7).

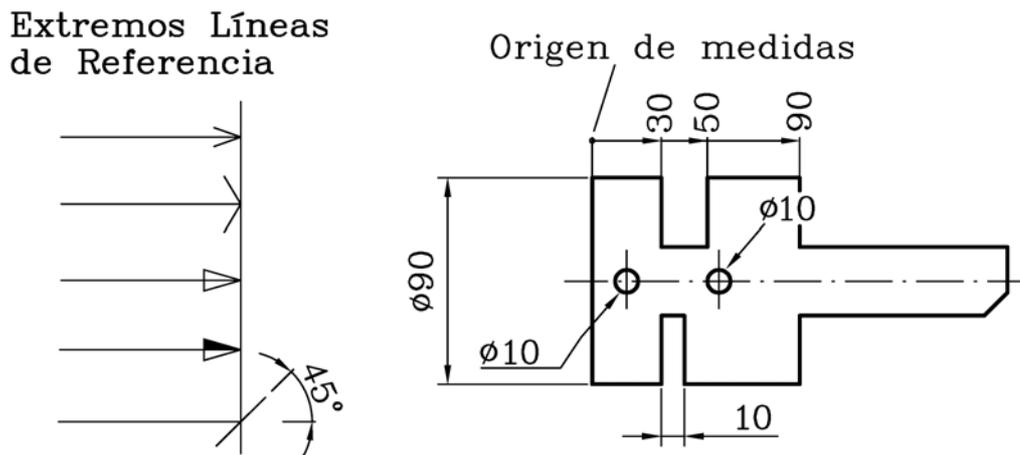


Figura 21.7. Extremos e indicación de origen.

21.5.5.- Cifras de cota.

Expresan la dimensión de la longitud o ángulo a acotar. Su tamaño debe ser suficiente para asegurar su legibilidad y reproducción. Como recomendación debería ser superior a cinco veces el grosor de las líneas de dibujo, y nunca menor de 2.5 mm. Igualmente todas las cifras de cota de un mismo dibujo deben tener igual tamaño y no deben ser atravesadas por ninguna línea.

La norma diferencia entre dos métodos para la inscripción de las cifras de cota, métodos que no deben combinarse dentro de un mismo dibujo.

a) Método 1.

Las cifras se dispondrán paralelamente a sus líneas de cota, preferentemente en el centro y encima, ligeramente separadas de la línea de cota (Figura 21.8, izquierda).

Las cifras se anotarán para posibilitar su lectura desde abajo o desde la derecha del dibujo (Figura 21.8, centro). Por otra parte, las cotas de magnitudes angulares se dispondrán como muestra la figura 21.8 (derecha).

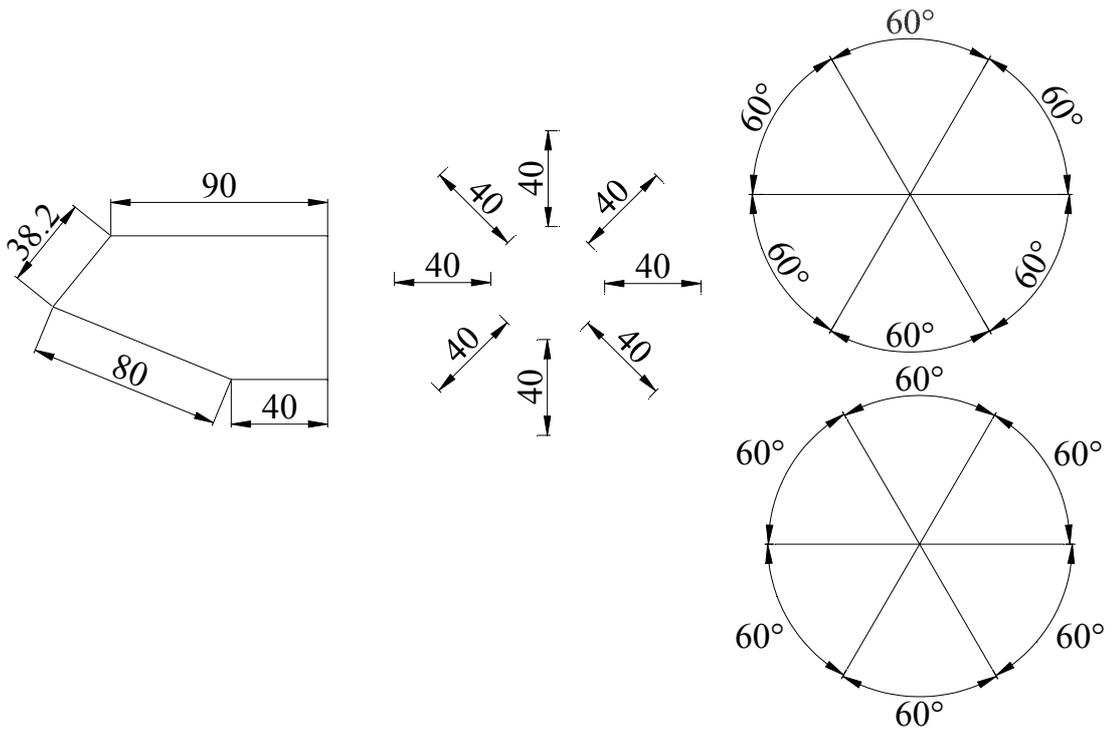


Figura 21.8. Aplicación del método 1 de inscripción de cifras de cota.

b) Método 2.

Las cifras se dispondrán siempre para poder leerse desde abajo del dibujo. En las líneas de cota no horizontales la cifra interrumpirá a la línea de cota para colocarse aproximadamente en su centro (Figura 21.9, izquierda).

Las cifras de cota de magnitudes angulares se colocarán según la figura 21.9 (derecha).

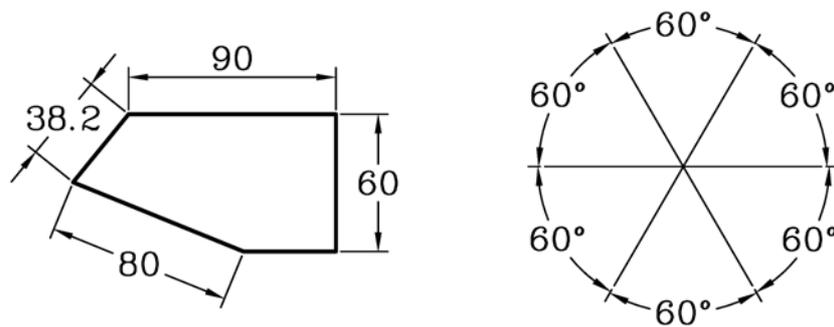


Figura 21.9. Aplicación del método 2 de inscripción de cifras de cota.

Algunos casos particulares de inscripción de cifras de cota pueden ser:

- En la acotación de piezas simétricas puede interrumpirse la línea de cota sobrepasando ligeramente al eje de simetría, por lo que la cifra de cota no estará centrada (Figura 21.10).
- Si nos faltara espacio, la cifra de cota puede disponerse en la prolongación de la línea de cota o incluso por encima de ésta en el caso de una línea de cota no horizontal (Figura 21.10).
- En el caso de cotas fuera de escala la cifra de cota debe subrayarse con línea continua gruesa para señalar esta excepción (Figura 21.10).

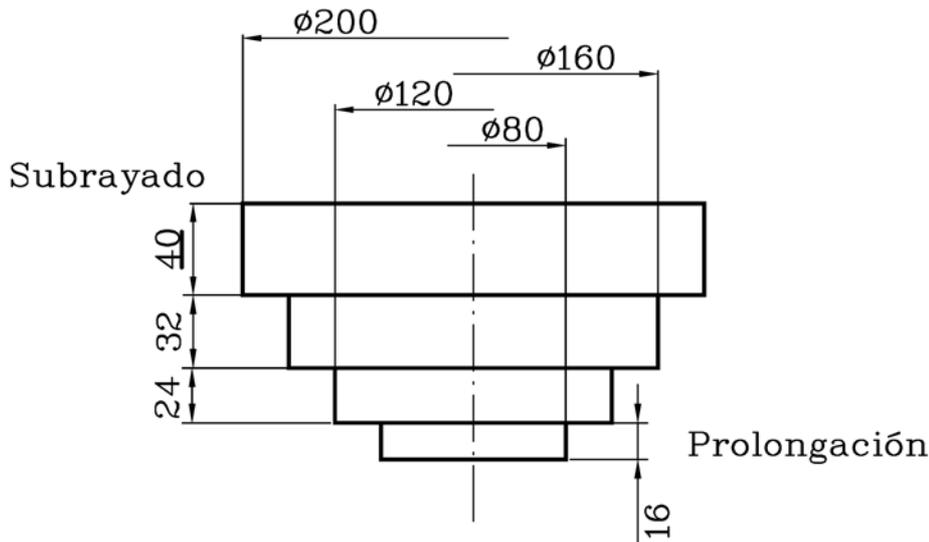


Figura 21.10. Casos particulares en la inscripción de cifras de cota.

21.5.6.- Letras y símbolos complementarios.

Están constituidos por signos convencionales o abreviaturas que se añaden para aclarar la medida acotada. Podemos destacar los símbolos de diámetro, radio, esfera, cuadrado, cruz de San Andrés, conicidad e inclinación.

El símbolo de diámetro, Φ , antecede a la cifra de cota cuando en la vista dada no se aprecia la forma circular como tal (Figura 21.11). La altura de dicho símbolo debe ser idéntica a la de la cifra de cota. También se permite utilizar el símbolo Φ cuando el círculo a acotar sea muy pequeño o no esté completamente dibujado.

El símbolo de radio, R, se dispondrá en las acotaciones de arcos y redondeamientos cuyo ángulo incluido sea inferior a 180° . Siempre será necesario añadir este símbolo, incluso aunque esté perfectamente identificado el centro de curvatura (Figura 21.12).

En las acotaciones de elementos esféricos siempre se antepondrá la letra S al símbolo que corresponda, R si acotamos su radio, o Φ si acotamos su diámetro (Figura 21.12).

Cuando una pieza lleve todos los redondeamientos iguales podrá acotarse situando debajo de la misma la notación: “los redondeamientos no acotados tiene R = ?”.

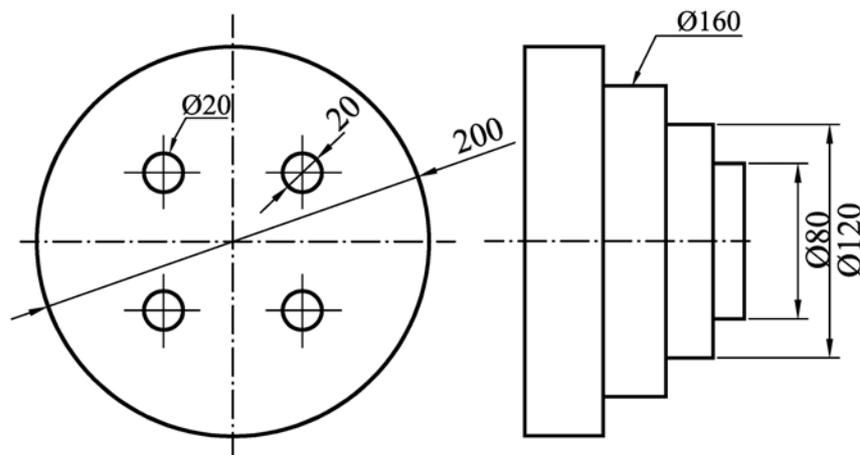


Figura 21.11. Acotación de diámetros.

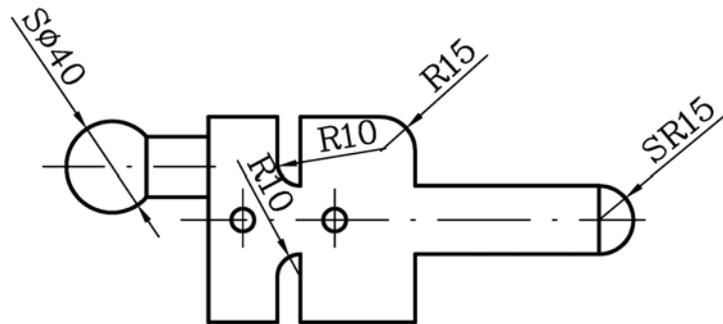


Figura 21.12. Acotación de radios y elementos esféricos.

El símbolo de cuadrado se antepondrá a la cifra de cota cuando la forma cuadrada no se aprecie correctamente en la vista dada (Figura 21.13).

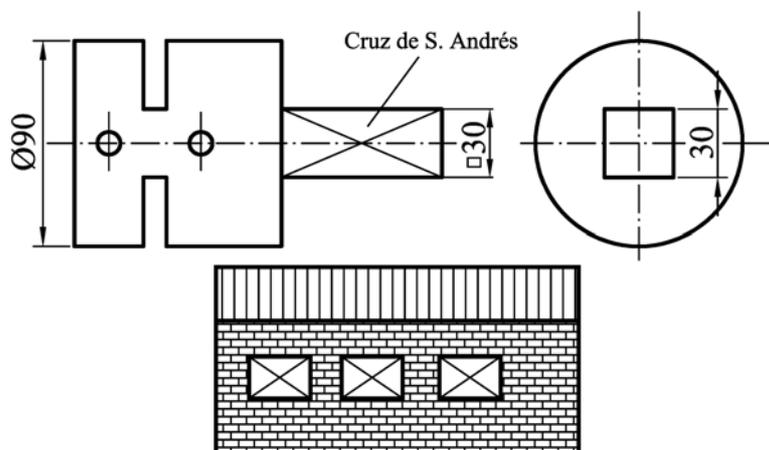


Figura 21.13. Acotación de elementos cuadrados e indicación de superficies planas.

La cruz de San Andrés o cruz diagonal se emplea para señalar una superficie plana incluida en una superficie curva, generalmente de una pieza de revolución. Esto evita tener que emplear vistas adicionales para transmitir esta información. Este es el caso de ejes y árboles mecánicos, que a veces llevan tallados chaveteros o terminan con forma troncopiramidal (Figura 21.13).

Una aplicación específica, en dibujos de edificaciones, de las cruces de San Andrés es la indicación de aberturas de cuatro lados en planos perpendiculares al punto de vista. Por ejemplo ventanas en paredes de edificios.

La conicidad, definida por la norma UNE 1-122-96 (ISO 3040), establece la relación entre la diferencia de los diámetros de dos secciones de un cono y la distancia entre ellos (Figura 21.14). En los dibujos se sustituye la palabra “conicidad” por un símbolo cónico.

$$\text{Conicidad} = C = \frac{D - d}{L} = 2 \cdot \text{tang}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

La inclinación o pendiente se entiende como la relación entre la diferencia de las alturas perpendiculares a la base en poliedros con una cara inclinada (Figura 21.15).

$$\text{Inclinación} = I = \frac{H - h}{L} = \text{tang}(\alpha)$$

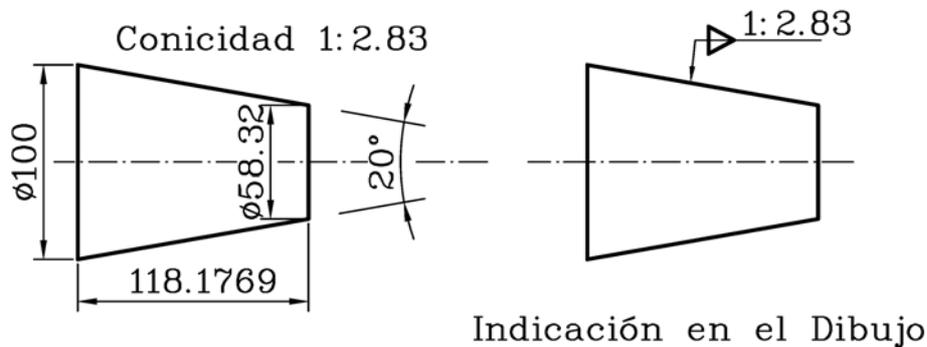


Figura 21.14. Indicación de la conicidad de una forma cónica.

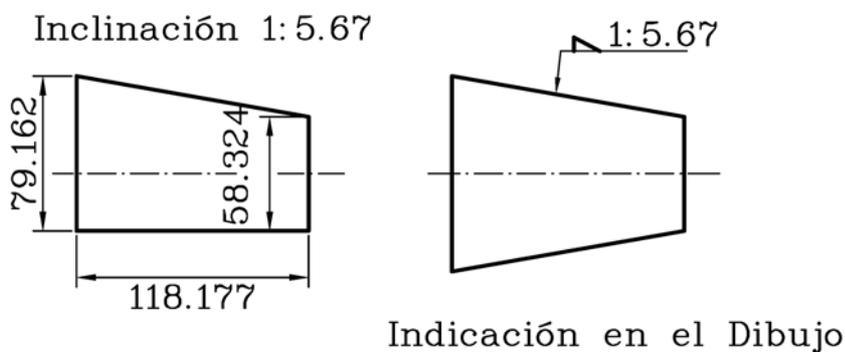


Figura 21.15. Indicación de la inclinación de una cara oblicua en un poliedro.

21.6. Disposición de las cotas en los dibujos técnicos.

El tipo de acotación empleado en un dibujo dependerá del objetivo del mismo, la idea que pretende comunicar, ya sea orientada al funcionamiento, fabricación o verificación del diseño.

21.6.1.- Acotación en serie y acotación a partir de un elemento común.

La acotación en serie se emplea cuando la concatenación de medidas no afecta a la tolerancia de cada elemento.

Obsérvese como el error cometido en la fabricación de la pieza depende directamente del número de elementos que acotamos (Figura 21.16).

En la acotación a partir de un elemento común, acotación en paralelo, todas las medidas parten de una misma base de medida (arista o plano base), por lo que los errores no son acumulativos (Figura 21.16).

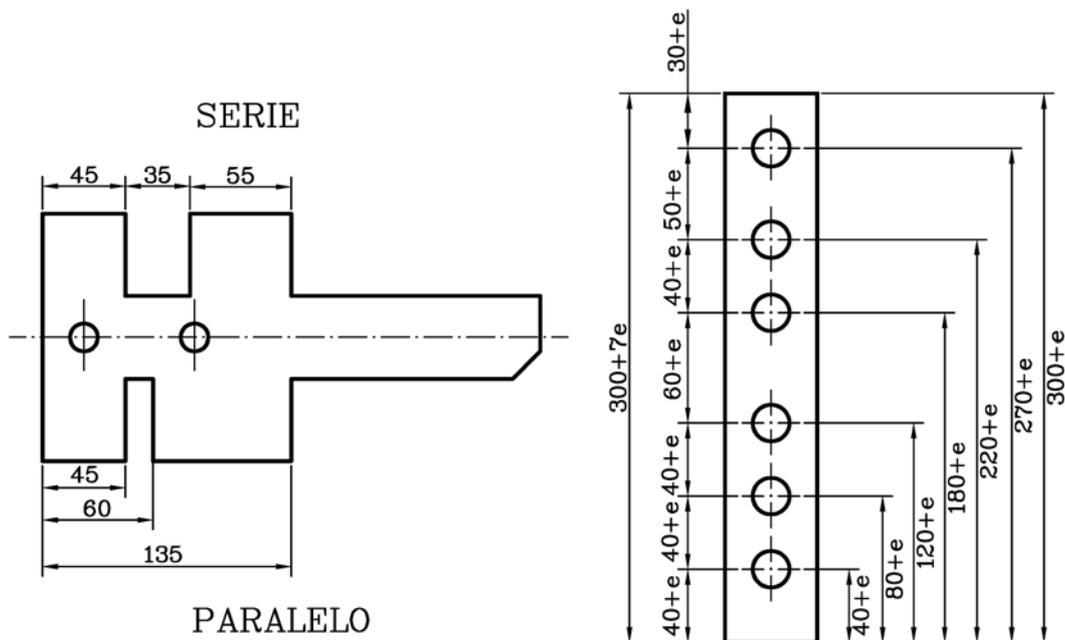


Figura 21.16. Acotación en serie y acotación en paralelo.

Una variante de la acotación en paralelo es la denominada acotación mediante cotas superpuestas, en la que las cotas se disponen alineadas respecto a un origen común. En este caso las cotas se dispondrán según las dos opciones que muestra la figura 21.17.

En algunos casos puede resultar muy útil el empleo de cotas superpuestas bidireccionales, tal y como puede apreciarse en la figura 21.18.

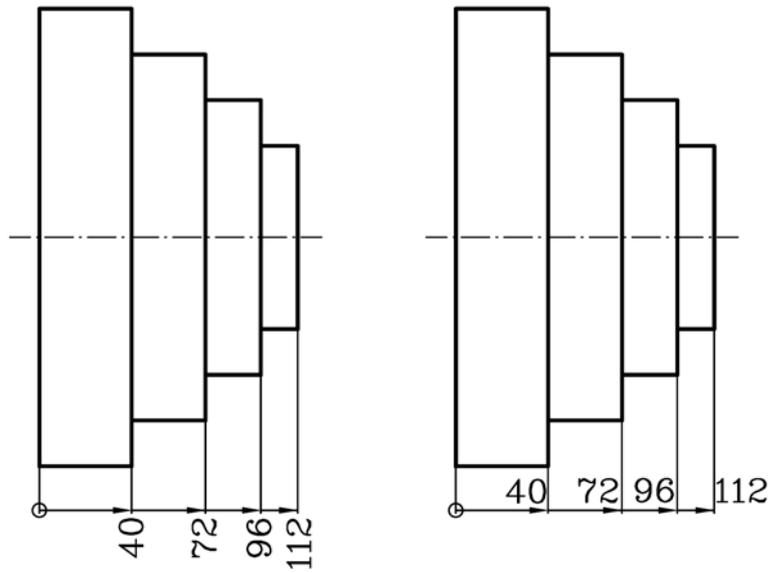


Figura 21.17. Acotación mediante cotas superpuestas.

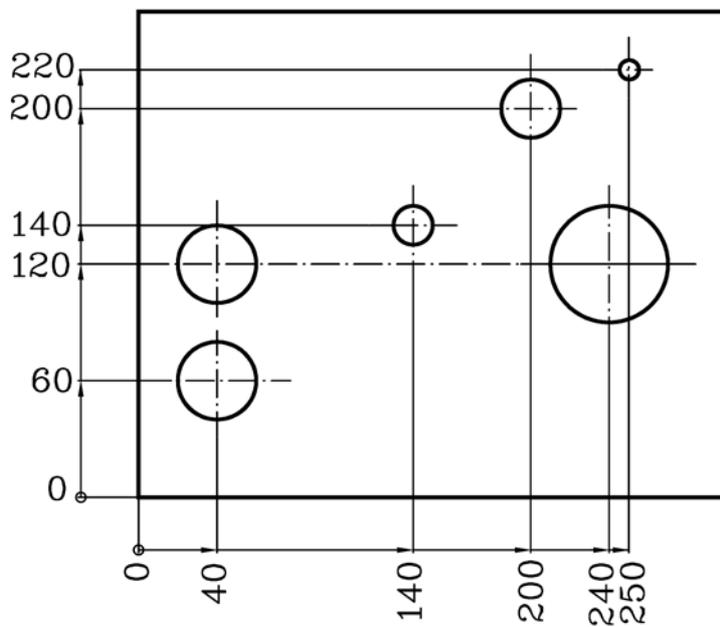


Figura 21.18. Acotación mediante cotas superpuestas bidireccionales.

21.6.2.- Acotación por coordenadas.

Resulta ventajosa para la situación de coordenadas de centros de taladros en una chapa, vértices de parcelas, etc.

En la figura 21.19 y 21.20 mostramos dos ejemplos de acotación por coordenadas. En la figura 21.19 (derecha) se supone que todos los agujeros tienen el mismo diámetro, por lo que sólo se indica su situación.

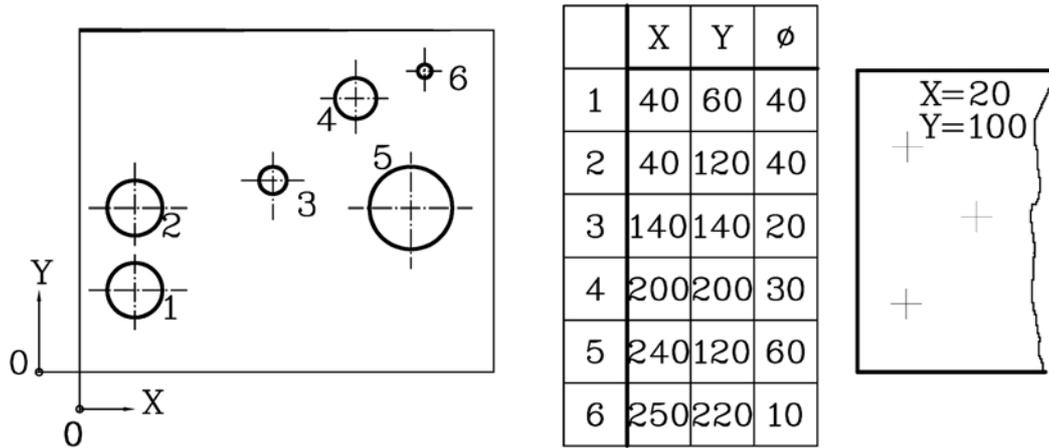


Figura 21.19. Acotación de la situación de agujeros sobre una superficie.

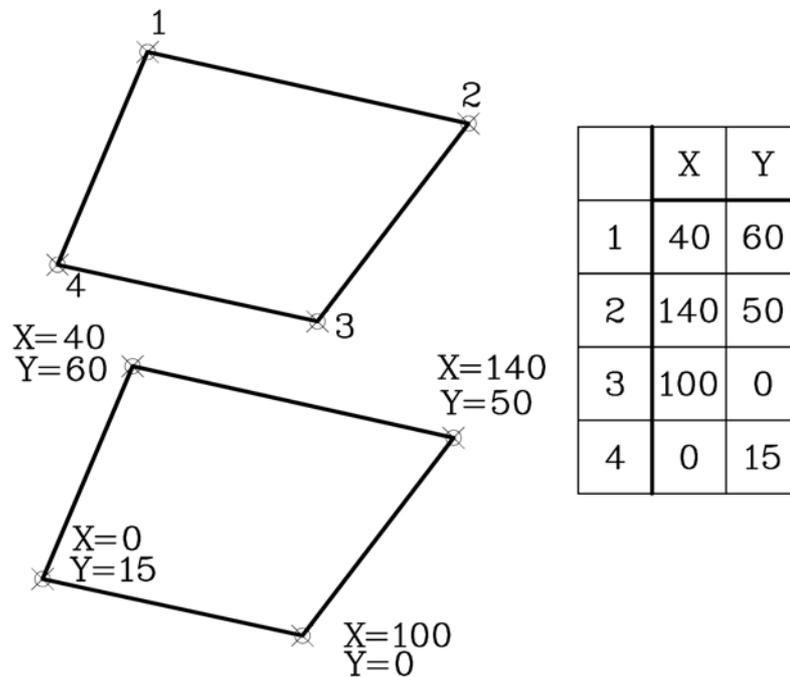


Figura 21.20. Indicación de las coordenadas de los vértices de una parcela agrícola.

21.6.3. Acotación combinada.

La norma permite la combinación de todas las tipologías de disposición de cotas estudiadas, lo que es lo más común en la mayoría de los dibujos técnicos, pues se satisfacen las necesidades tanto de fabricación como de verificación.

21.7. Casos particulares.

21.7.1.- Cuerdas, arcos y ángulos.

En la acotación de cuerdas, arcos y ángulos, normalmente de circunferencia, se adoptarán las indicaciones de la figura 21.21.

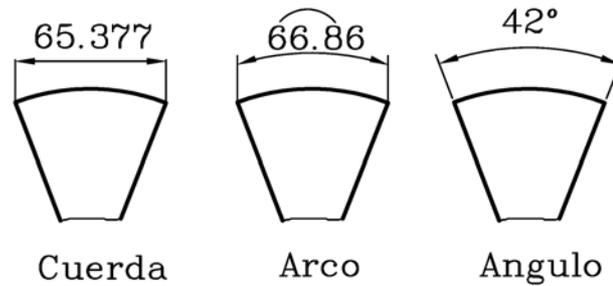


Figura 21.21. Acotación de cuerdas, arcos y magnitudes angulares.

21.7.2.- Elementos equidistantes.

Se emplean para la acotación de elementos repetitivos y dispuestos regularmente, tanto linealmente como angularmente, a lo largo de la pieza (taladros, nervios, radios, etc.). En este caso, y con el objetivo de simplificar su representación, puede emplearse la disposición de cotas de la figura 21.22.

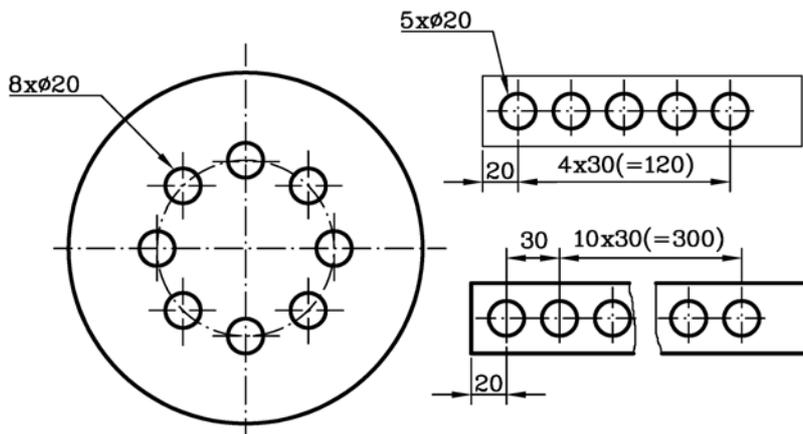


Figura 21.22. Acotación simplificada de elementos equidistantes y elementos repetitivos.

21.7.3.- Elementos repetitivos.

Si es posible definir varios elementos de un mismo tamaño con una sola cota, es recomendable hacerlo, tanto por claridad como por rapidez en el dibujo. En la figura 21.22 tenemos ejemplos de acotación de elementos repetitivos.

21.7.4.- Chaflanes y avellanados.

Los chaflanes o biselados exteriores suelen rematar generalmente las intersecciones de aristas de piezas industriales. Deben acotarse tal y como se recoge en la figura 21.23. Caso de realizarse el chaflán bajo un ángulo de 45° puede emplearse la notación simplificada mostrada en la misma figura 21.23.

Igualmente la norma ofrece dos posibilidades para la acotación de elementos avellanados (Figura 21.24).

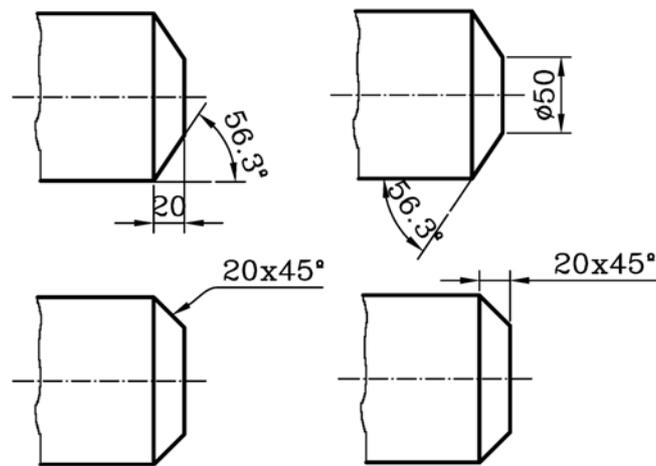


Figura 21.23. Acotación de chaflanes.

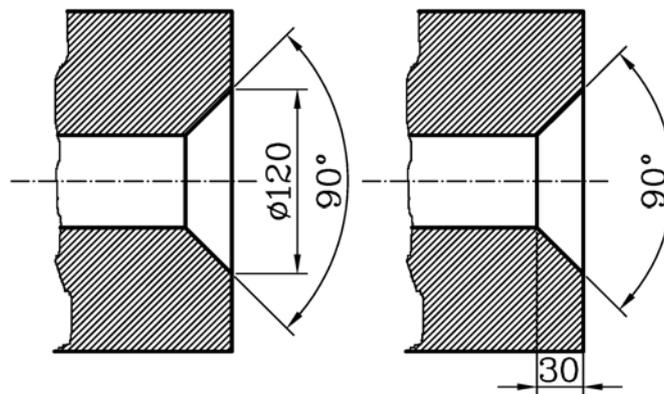


Figura 21.24. Acotación de avellanados.

21.7.5.- Otras indicaciones.

Cuando la pieza dibujada presenta varios elementos repetidos puede acotarse tal y como se muestra en la figura 21.25 (izquierda), permitiendo la norma la supresión de las líneas de referencia si se desea.

En piezas simétricas parcialmente dibujadas deben prolongarse las líneas de cota más allá del eje de simetría (Figura 21.25, derecha).

En la figura 21.26 observamos la acotación de una pieza de maquinaria en sus vistas convencionales, representándose también su perspectiva isométrica para mayor claridad.

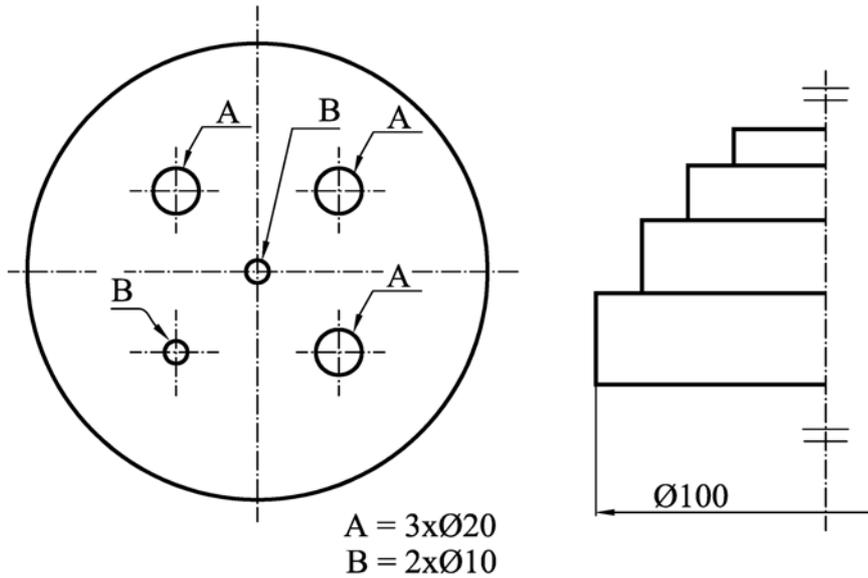


Figura 21.25. Acotación de elementos repetidos y piezas simétricas.

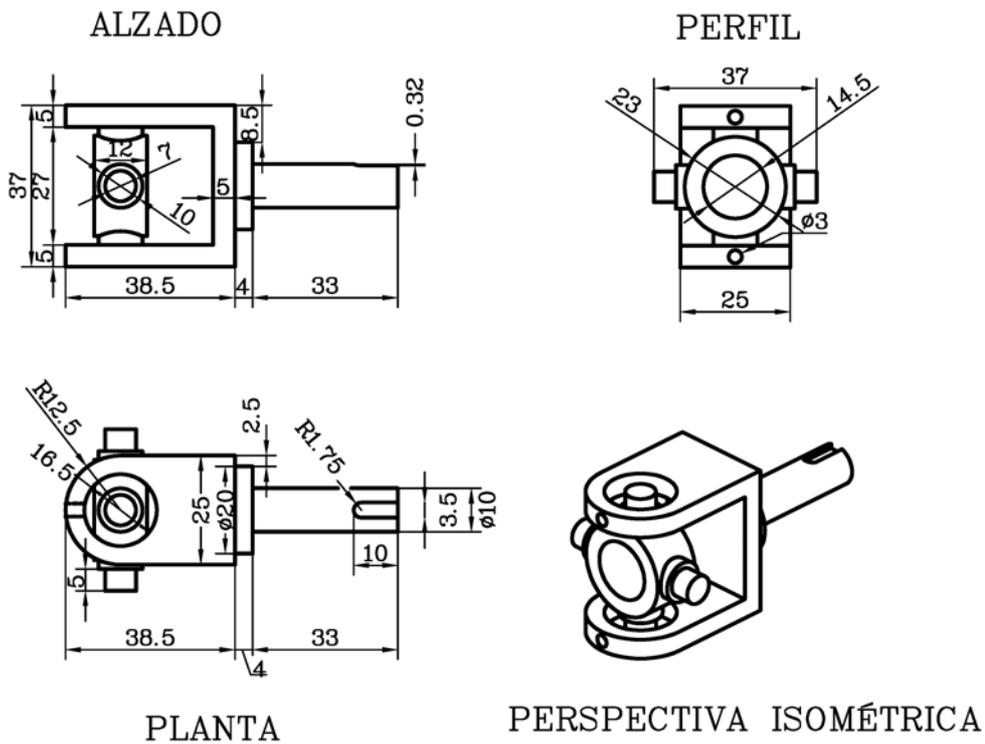


Figura 21.26. Acotación completa de un mecanismo de maquinaria.

21.7.6. Indicación de niveles.

Los niveles o cotas en un dibujo deben expresarse en las unidades apropiadas a partir de un nivel de base cero o de referencia perfectamente definido.

El nivel de base cero se indicará en las vistas de alzado mediante una flecha cuyos lados forman un ángulo de 90° y tiene una mitad ennegrecida (Figura 21.27, a).

Si deseamos indicar el nivel cero respecto a una altitud de referencia se empleará la notación de la figura 21.27 (b).

Los niveles de forjados en edificación se anotan según aparece en la figura 21.27 (c).

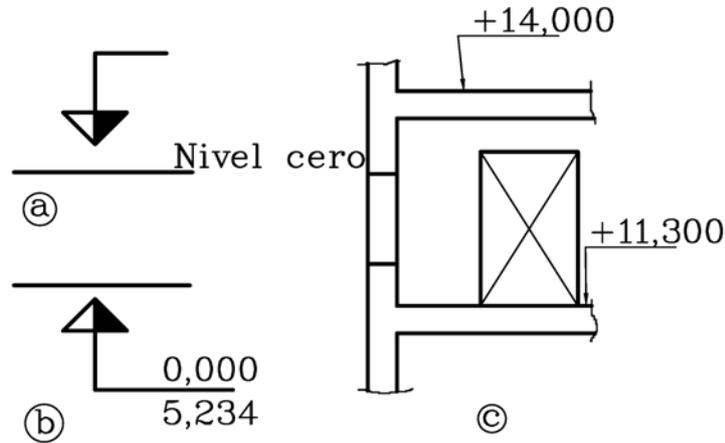


Figura 21.27. Indicación de niveles en dibujo técnico.

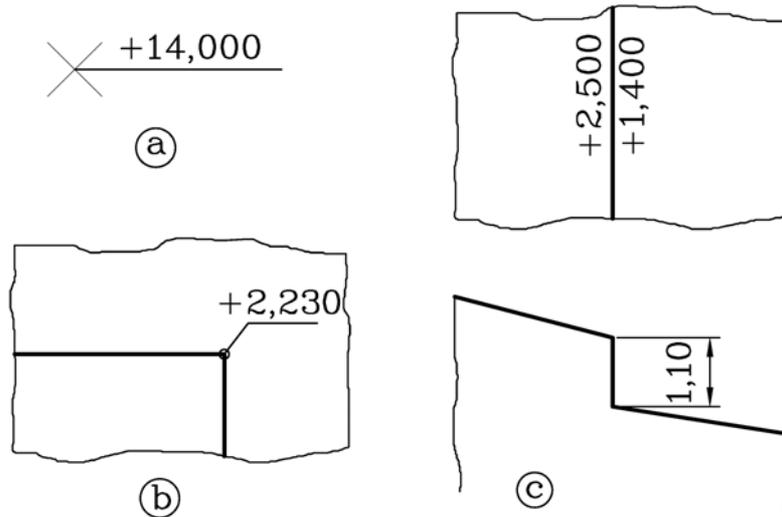


Figura 21.28. Indicación de niveles de puntos y de contornos en su vista en planta.

Cuando queremos especificar niveles sobre vistas en planta utilizaremos la notación de la figura 21.28. Por ejemplo, la cota de un punto específico se indica según la figura 21.28 (a). Si la situación del punto viene dada por la intersección de dos líneas, la X puede sustituirse por un círculo (Figura 21.28, b).

Si deseamos definir la cota de un contorno se dispondrá su cifra indicativa paralela al contorno a acotar.

Si se disponen dos cifras a cada lado del contorno significa que en realidad hablamos de dos contornos superpuestos en la vista en planta, aunque en realidad a diferente nivel (Figura 21.28, c).

Por último, y para terminar, indicar que todos los programas CAD del mercado disponen de módulos de acotación más o menos eficaces o completos. MicroStation™ y AutoCad™, por ejemplo, disponen de herramientas de acotación razonablemente completas, pero no acotan solos. Además, sea cual sea el software empleado, siempre debemos comprobar que utiliza la norma de acotación vigente, pues los programadores suelen permitir cierta flexibilidad en el formato de las cotas, debiendo el usuario seleccionar la opción más adecuada a su país, entorno e incluso cliente.