

de apriete se realiza con un preapriete en unidades de fuerza seguido de un giro angular. Es importante señalar que no existe equivalencia entre grados y unidades de fuerza. Como prueba de ello baste el ejemplo siguiente: si apretamos dos tornillos que presentan diferente dificultad de roscado, si aplicamos las mismas unidades de fuerza, uno habrá roscado más que otro. Por el contrario, si apretamos ambos tornillos a 45° , los dos habrán roscado por igual aunque cueste más esfuerzo en uno que en otro caso.

En este tipo de apriete conviene tener presente dos recomendaciones:

- El apriete en grados puede realizarse de forma acumulativa, es decir, si no se puede conseguir un giro determinado en una sola etapa (por dificultades de espacio), podrán realizarse pequeños giros cuya suma sea igual al ángulo dado.
- En aprietos angulares hay que sustituir los tornillos cada vez que se intervenga sobre ellos.

Para realizar el apriete, es conveniente tener presente algunas consideraciones:

- Apretar los elementos poco a poco, efectuando una torsión total, al menos dos veces.
- Al utilizar herramientas neumáticas para realizar el apriete, pueden estirarse los tornillos o incluso romperse (el tornillo o la rosca).

Finalmente, que respecta al apriete mediante unidades de fuerza, conviene recordar cuáles son las más habituales y su equivalencia.

Tabla 10.2. Unidades de fuerza.

Sistema de medida	Unidad de medida
Métrico	Kpm (kilopondio por metro)
Inglés	Lb ft (libras por pie)
Internacional	Nm (newton por metro)

Tomando como referencia el apriete en Kpm, los cálculos prácticos más frecuentes para determinar su equivalencia en otros sistemas pueden resumirse en:

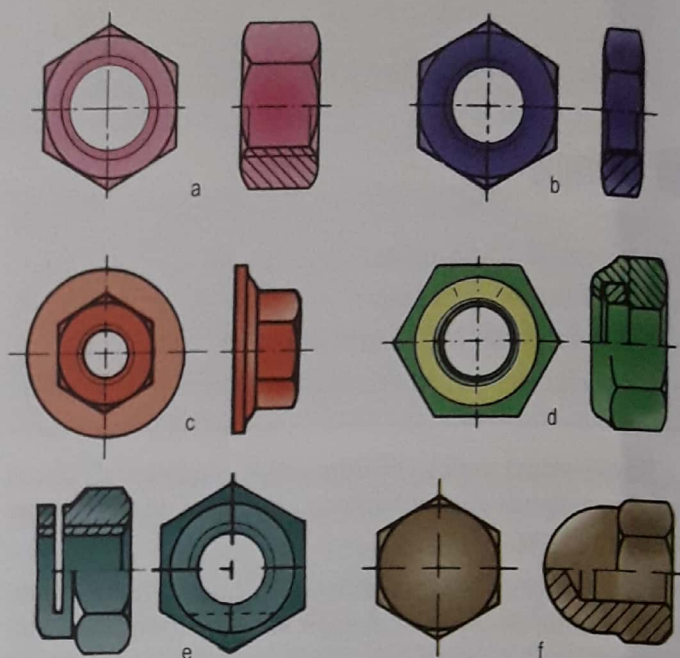
Tabla 10.3. Equivalencias entre unidades.

Para pasar de	Operación a realizar
Newton a kilos	En la práctica dividir por 10
Kilos a newton	En la práctica multiplicar por 10
Libras a kilos	Dividir por 7,23
Kilos a libras	Multiplicar por 7,23

10.1.2. Tuercas

Las tuercas son cilindros muy cortos normalmente abiertos por los extremos, su diámetro exterior tiene forma de hexágono y su diámetro interior va roscado.

Su función se debe a que cuando se la hace girar sobre la rosca de un tornillo o de un espárrago, se genera una importante fuerza de empuje que comprime la unión y mantiene unidos a los componentes del ensamblaje.



a. Tuerca hexagonal.
b. Tuerca hexagonal rebajada.
c. Tuerca de sombrerete.
d. Tuerca autoblocante.
e. Tuerca con ranuras o almenada.
f. Tuerca ciega.

Figura 10.20. Diferentes tipos de tuercas.

Tipos de tuercas

- **Tuercas hexagonales.** Se utilizan como contratuercas o tuercas de inmovilización para mantener en su sitio a otras tuercas convencionales. La contratuerca se aprieta contra la tuerca convencional para evitar que esta se salga.
- **Tuercas de sombrerete.** Se emplean para distribuir mejor la fuerza de apriete con el fin de evitar deformaciones.
- **Tuercas autoblocantes.** Suelen tener un engaste de plástico cuyo ajuste forzado evita que la tuerca se afloje o salga. El anillo de plástico tiene un diámetro interior menor que el diámetro exterior del tornillo. Durante el proceso de apriete, y una vez que el tornillo entra en contacto con el anillo, el avance queda frenado debido a la diferencia de diámetros, de tal manera que al introducirse

el tornillo en el citado anillo, al frenado mecánico producido por el contacto de los hilos de las roscas, se le une la fuerza de fricción del plástico sobre dichos hilos, ya que este material, al ser muy elástico, se adapta perfectamente al perfil de las roscas. Estas tuercas deben desecharse una vez extraídas.

- **Tuercas almenadas o con ranuras.** Como su mismo nombre indica, tienen unas ranuras o cortes en la parte superior, en las que se introduce una horquilla de seguridad u otro sistema de bloqueo para inmovilizarlas junto al tornillo. La tuerca almenada consiste en una tuerca hexagonal a la cual se le han practicado ranuras que coinciden con el eje de sus caras. A su vez en el tornillo o espárrago se le realiza un taladro, perpendicular al eje longitudinal. Una vez apretada la tuerca se introduce un pasador a través de las ranuras de la misma y el agujero del tornillo; a este pasador se le separan las puntas, siendo prácticamente imposible que la tuerca pueda aflojarse.

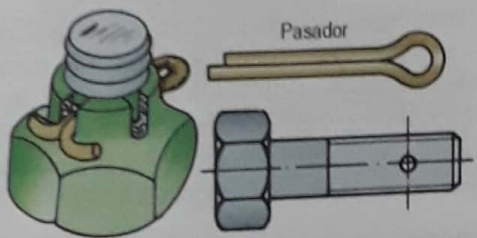


Figura 10.21. Tuerca almenada y su aplicación.

- **Tuercas ciegas.** Están cerradas en uno de sus extremos, y se utilizan tanto por cuestiones estéticas como para mantener limpias y secas las roscas.

■ ■ ■ Otros tipos de tuercas

- **Tuercas enjauladas.** La característica principal de este tipo de tuercas, es que están encerradas en una especie de jaula (de ahí su nombre). Se emplean en aquellas uniones en que es difícil tener acceso a la tuerca para su inmovilización durante el apriete/aflojamiento. También, y debido a la movilidad de la tuerca a lo largo y ancho de su alojamiento, compensan tolerancias de acabado en el montaje. Estas jaulas normalmente se introducen a presión en alojamientos que las piezas tienen a tal fin, o llevan un soporte autoadhesivo.
- **Tuercas para chapa (grapas).** Consisten en unas pequeñas chapas elásticas (dobles o simples) que suelen ir montadas a presión, y que sirven para fijar tornillos (normalmente roscachapa) en paneles, guardanidos, tapicerías, molduras, etc.



Figura 10.22. Tuercas enjauladas de aplicación en zonas de difícil acceso.

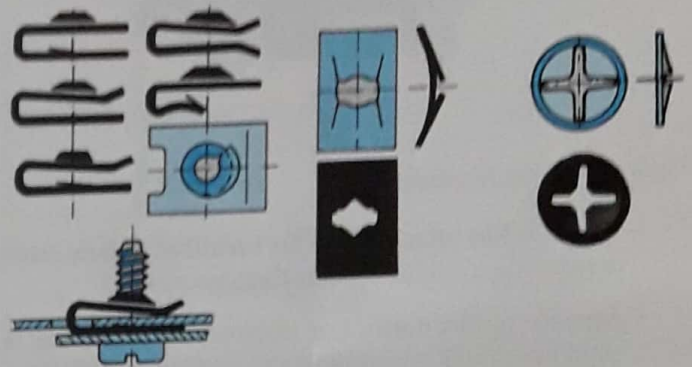


Figura 10.23. Tuercas (grapas) para unir chapas o materiales delgados.

■ ■ ■ 10.1.3. Elementos complementarios en las uniones atornilladas

Existen una serie de elementos que se utilizan en los ensamblajes con tornillos/tuercas, cuya función es tratar de impedir que la unión se debilite o falle.

Las causas principales por las que un montaje roscado puede fallar, son:

- **La relajación de la tensión aplicada (carga).** Un montaje roscado se «relaja» cuando se produce un cambio permanente en la longitud axial del tornillo o cuando cambia la temperatura. Esto reduce la tensión del tornillo y, consecuentemente, la fuerza de sujeción. Los cambios de longitud permanentes pueden producirse por:
 - » **Asentamiento.** Las caras rugosas de ciertos elementos del ensamblaje (arandelas, tuercas, etc.) se «aplanan» bajo la presión ejercida por el tornillo.
 - » **Disminución del espesor de las piezas ensambladas.** Este efecto aparece cuando la presión superficial de la cara de apoyo del tornillo o tuerca, sobrepasa el límite de resistencia a la compresión de los materiales de las piezas ensambladas.

- **Autoaflojamiento.** Cuando el ensamblaje está sometido a cargas alternas o a vibraciones, disminuye el efecto de bloqueo provocado por la fricción de las roscas y la fricción bajo la cabeza del tornillo y tuerca con las superficies de contacto; por lo que la tuerca se afloja liberando la tensión.

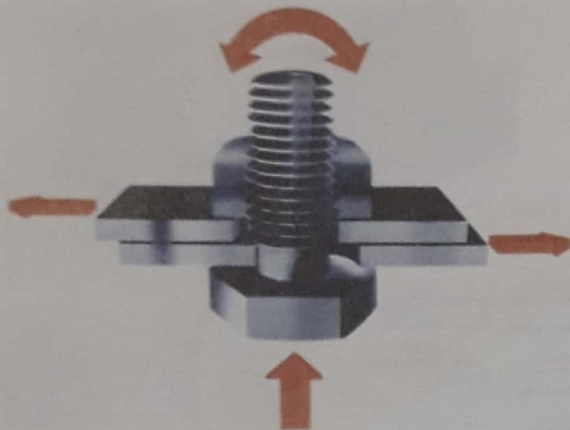


Figura 10.24. Efecto del autoaflojamiento.

- **Inadecuada selección de los tornillos.** Siendo estos demasiado grandes o demasiado pequeños.
- **Apriete inadecuado.** Los dispositivos para evitar la separación del ensamblaje, se pueden clasificar en tres grupos:
 - » En el primero, estarían todos aquellos dispositivos que facilitan el asentamiento de la tuerca y tornillo o como compensación de diámetros o espesores de piezas. Son arandelas con diferentes tamaños y materiales.
 - » En el segundo, estarían todos aquellos dispositivos que evitan que se desenrosque la tuerca cuando la unión requiere un juego para permitir el movimiento de alguna de sus piezas. Entre ellos se pueden citar: los pasadores y las presillas que se detallan en las uniones articuladas.
 - » En el tercer grupo se encuentran los dispositivos que impiden que los montajes roscados se aflojen por las vibraciones. En este grupo estarían: los tornillos y tuercas con estriados de enclavamiento, arandelas de fijación y productos adhesivos fijadores de roscas (fijatornillos).

Arandelas

Se definen así los medios que se utilizan debajo de los tornillos, tuercas y otros elementos, para proteger la superficie de apoyo en la pieza y así, al disponer de más superficie de contacto, ofrecer una mayor fuerza de sujeción o inmovilización de la unión.

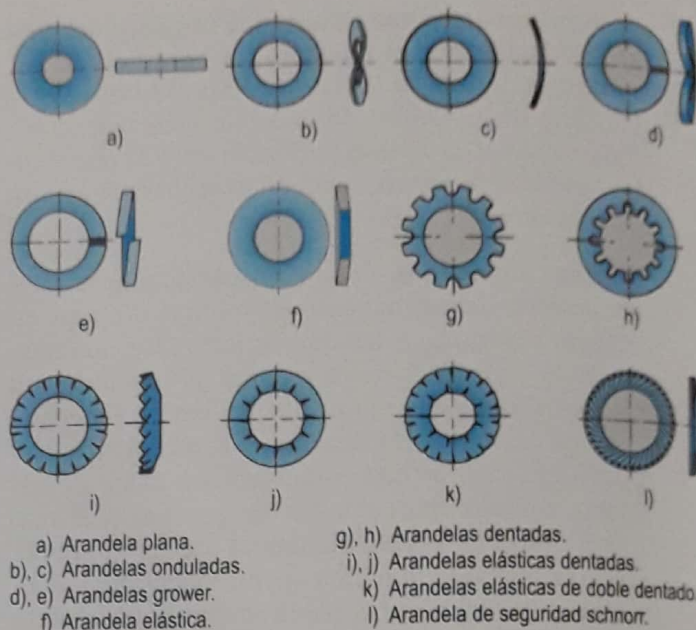


Figura 10.25. Diferentes tipos de arandelas.

Entre los tipos de arandelas más comunes, se encuentran:

- Las **arandelas planas** se usan para ampliar el área de sujeción y así repartir el esfuerzo de compresión. En algunos casos, evitan que las cabezas de tornillos atraviesen piezas de plástico o chapa. Las que son de fibra, evitan las vibraciones o fugas, aunque no permiten esfuerzos de compresión altos.
- **Arandelas grower.** Estas arandelas se emplean para el frenado de tuercas o tornillos. Suelen ser de perfil cuadrado, construidas de acero de alto límite de elasticidad. Tienen los bordes en arista viva y a diferente altura, de tal manera, que al comprimirse, ejercen una presión vertical sobre la unión (efecto muelle). Al girar la tuerca o tornillo para realizar el apriete, lo hace de tal forma que estas aristas no se clavan sobre la superficie de la pieza y del tornillo o tuerca, pero al intentar aflojarlos, esas aristas se clavan en la pieza y en la tuerca o tornillo, impidiendo que se aflojen.
- **Arandelas dentadas.** Su función es similar a las arandelas grower, pero en vez de estar cortadas para obtener las dos aristas de agarre, estas tienen en la periferia cierta cantidad de dientes tallados de tal forma, que cuando se aprieta el tornillo o la tuerca, no se enganchan, pero sí cuando se intentan aflojar. Son muy duras, y tienden a romperse si se las somete a grandes presiones. Estas arandelas pueden encontrarse con dentado interior, exterior y con doble dentado.
- Las **arandelas de seguridad schnorr** consiguen una gran transmisión de fuerza y un buen cierre, a través de la forma inclinada del dentado. Están construidas

de forma que puedan utilizarse también en superficies avellanadas, tornillos allen interior y en tornillos cilíndricos.

■ ■ ■ Fijadores de roscas

Estos productos suelen ser adhesivos anaeróbicos (reaccionan en ausencia de oxígeno y en contacto con metales) líquidos monocomponentes que llenan por completo las holguras microscópicas entre los flancos de las roscas. Al entrar en contacto con el metal, y en ausencia de aire, curan (endurecen) y se convierten en plásticos termoestables sólidos y tenaces. El adhesivo se enclava en la rugosidad superficial para evitar cualquier movimiento de las roscas.



Figura 10.26. Aplicación de un producto fijador de roscas.

Su aplicación puede realizarse a mano o mediante dispositivos especiales de dosificación. En algunos casos, se utilizan tornillos con adhesivo preaplicado en unas pequeñas cápsulas que se rompen al apretar el tornillo.



Figura 10.27. Productos fijadores de roscas.

Cuando se ha de realizar la aplicación es importante tener en cuenta algunas consideraciones:

- Impregnar toda la longitud de la rosca, que debe estar limpia, seca y exenta de aceites o cualquier producto

que puedan retrasar o incluso evitar el curado anaeróbico del adhesivo.

- En agujeros ciegos roscados es esencial aplicar el adhesivo en el fondo, para evitar que sea expulsado hacia fuera por la compresión del aire cuando se introduce el tornillo.



Figura 10.28. Tornillos con fijador preaplicado.

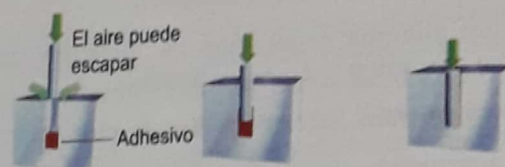


Figura 10.29. Aplicación de fijadores de roscas en agujeros ciegos.

Los fijadores de roscas no solo evitan el movimiento relativo, sino que también sellan la unión; de tal manera que impiden el paso de la humedad y la corrosión, que de otra forma pudieran reducir la vida del ensamblaje.

■ ■ ■ 10.1.4. Uniones atornilladas de aluminio

La utilización del aluminio como material para la fabricación de elementos del automóvil, plantea algunas dificultades como la corrosión por contacto. Esto se debe a que al entrar en contacto diversos metales que se hallan alejados unos de otros en la serie de tensiones electroquímicas, se produce corrosión por contacto en presencia de un electrolito (agua + sal).

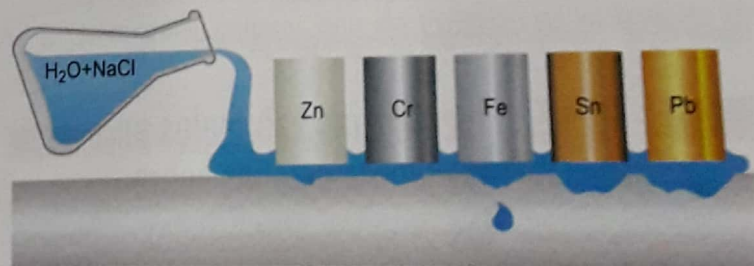


Figura 10.30. Grado de corrosión por contacto de algunos metales con el aluminio, cuando se añade electrolito (sal + agua).