

Apriete controlado

Just take control

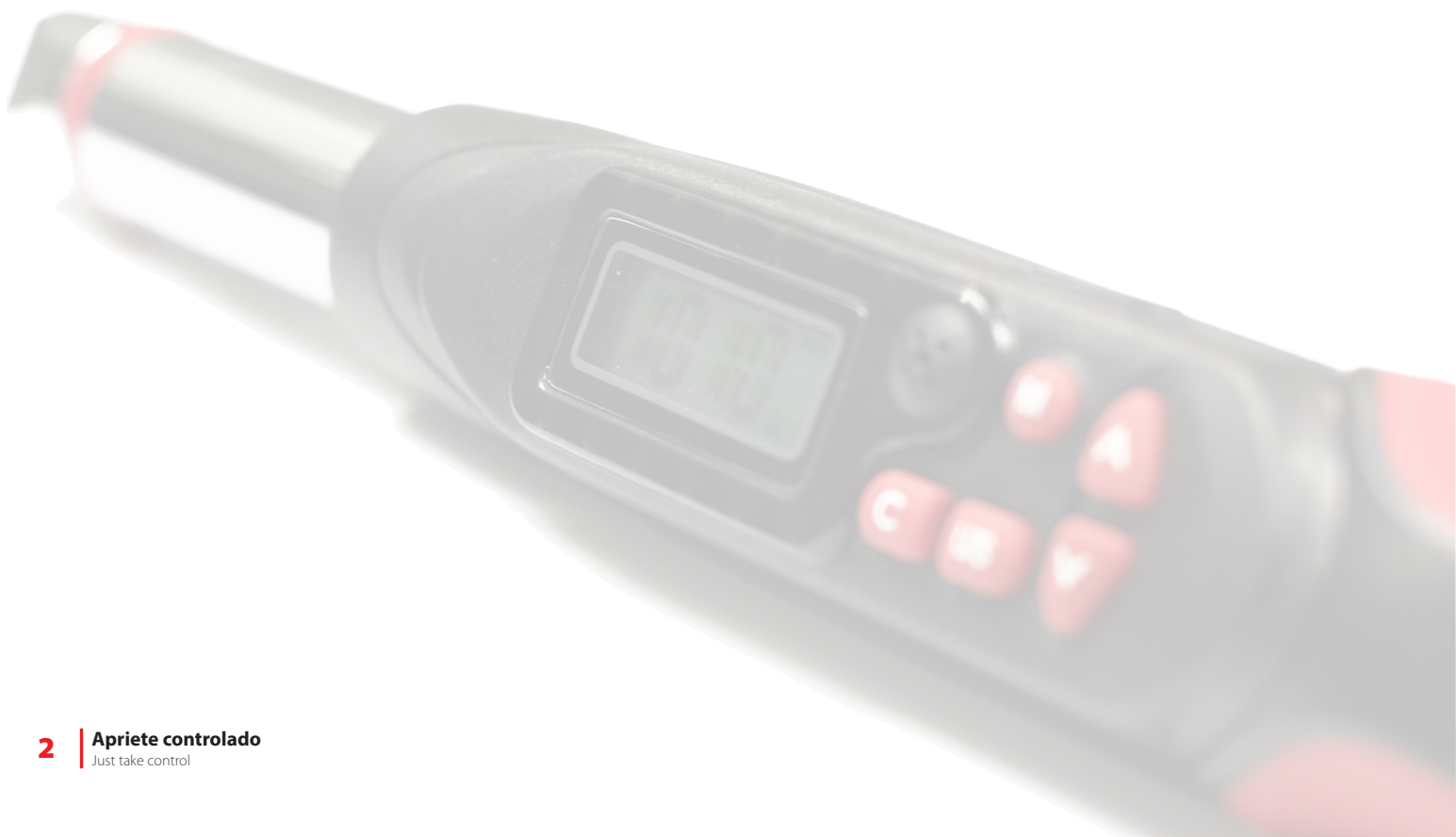


By EGA Master

Un mundo desarrollándose exponencialmente rápido, genera crecientes necesidades en materia de seguridad y aplicaciones de tecnología avanzada.

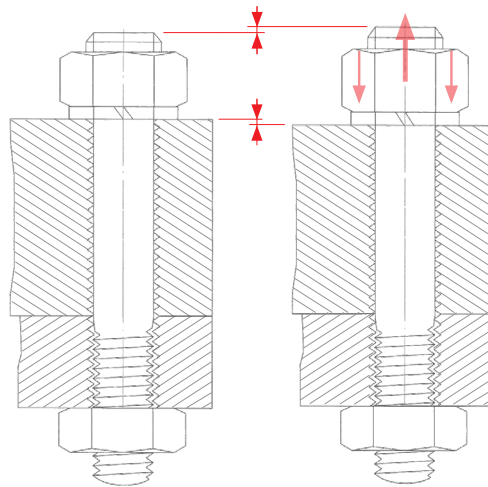
Es por ello por lo que EGA Master ha desarrollado una gama de herramientas de apriete controlado para proporcionar soluciones a algunas de estas necesidades.

Las llaves dinamométricas de control de par registran el par de apriete original de la tuerca mediante un innovador sistema que registra el par en el mismo momento que la tuerca comienza a girar, gracias a su sensor de giro angular (registrando el valor de par cuando detecta un giro de 3°).



Glosario

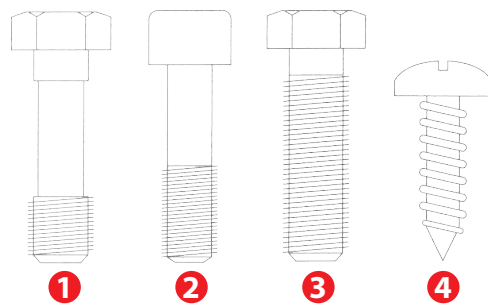
Unión roscada: unión de piezas a través de elementos roscados.



Unión **no-apretada**

Unión **apretada**

Rosca: arista helicoidal de un tornillo (rosca exterior) o de una tuerca (rosca interior), de sección triangular, cuadrada o roma, formada sobre un núcleo cilíndrico, cuyo diámetro y paso se hallan normalizados... Las roscas se caracterizan por su perfil y paso, además de su diámetro.

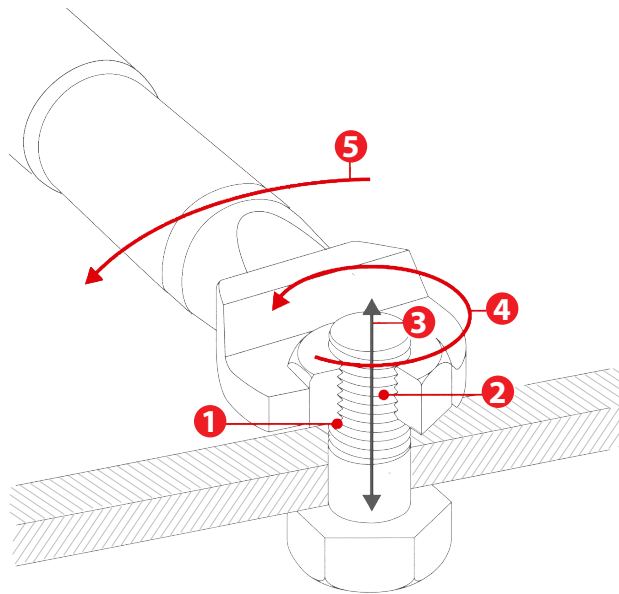


1. Tornillo **de tensión**
2. Tornillo **cabeza Allen**
3. Tornillo **cabeza hexagonal**
4. Tornillo **auto-roscante**

Apriete atornillado: fijación a través de la aplicación de tensión por medio de elementos roscados.

Tensión axial de apriete: Tensión generada en el elemento roscado longitudinal al realizar el apriete. Se mide en unidades de Fuerza por Área (Kg/mm^2 , N/mm^2 , lb/ft^2 ...)

Glosario



1. Fricción bajo la cabeza del tornillo
2. Fricción en la rosca
3. Fuerza de sujeción
4. Suma de todos los pares
5. Fuerza de apriete

Par o momento: Par de fuerzas es un sistema formado por dos fuerzas paralelas entre sí, de la misma intensidad o módulo, pero de sentidos contrarios.

Al aplicar un **par de fuerzas** a un cuerpo se produce una rotación o una torsión. La magnitud de la rotación depende del valor de las fuerzas que forman el par y de la distancia entre ambas, llamada **brazo del par**.

Un par de fuerzas queda caracterizado por su momento. El momento de un par de fuerzas, M , es una magnitud vectorial que tiene por módulo el producto de cualquiera de las fuerzas por la distancia (perpendicular) entre ellas, d . Esto es; $M=F_1d=F_2d$

Par de apriete: Par que se aplica a los elementos roscados en el apriete. Se mide en unidades de Fuerza por Distancia (Nm, Kgm, lb-ft, lb-pulgada, ...)

Ángulo de apriete: Ángulo al que se gira el elemento roscado para conseguir el apriete deseado (normalmente tras un apriete por par inicial). Se mide en grados.

N.m

Newton metres

Newton metro es la unidad de medida más común de esfuerzo de torsión (también llamado momento o par motor) en el Sistema Internacional de Unidades.

También se utiliza con menos frecuencia como una unidad de energía, en cuyo caso es sinónimo con la unidad SI de energía, el julio.

ft.lb

Foot pound

Pie-libra fuerza, en el sistema inglés de unidades, utilizada en los Estados Unidos y en muchos territorios de habla inglesa, es una unidad de energía que se compone de la unidad de fuerza libra y la unidad de longitud pie.

Un pie-libra fuerza equivale a 1.355 817 948 331 4004 julios en el Sistema Internacional de Unidades.

in.lb

Inch pound

Una pulgada-libra (más correctamente escrita como libra-pulgada) es el par de una libra de fuerza aplicada a una pulgada de distancia del pivote, y es igual a 1/12 de un pie-libra.

Es comúnmente usado en llaves y tornillos dinamométricos para definir el par de apriete de uniones roscadas.



1

FUNCIÓN DEL APRIETE

El apriete atornillado o unión roscada tiene como función unir fijamente elementos estructurales, transmitir fuerzas motrices o de frenado, o para sellar aperturas en la contención de líquidos y gases.

Representa uno de los procedimientos más usuales en el ensamble o montaje de piezas.

El elemento fundamental es el tornillo, que se puede describir como un perno roscado dotado de una cabeza que le sirve para el arrastre y anclaje. También existen otros elementos roscados para la unión (pernos, tuercas...)



2

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE SU CONTROL?

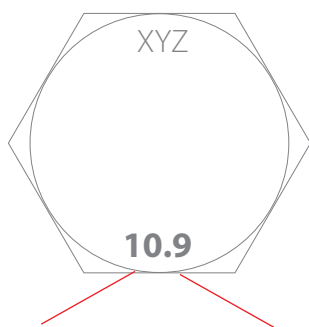
Para asegurar la fijación adecuada de los elementos durante el tiempo de servicio que requiera cada aplicación, los elementos roscados de unión deben ser cuidadosamente dimensionados, ya que deben soportar elevadas fuerzas de sujeción y esfuerzos estáticos y dinámico.

El objetivo es que las piezas unidas se comporten como si fueran una sola pieza, sin movimientos relativos.

Para ello, se debe aplicar una fuerza de tensión adecuada en la unión, que se consigue cuando se aprietan los tornillos.

La correcta selección de los elementos de apriete incluyen no solo las dimensiones, sino también en términos de su resistencia mecánica. El código de categorización de resistencia mecánica incluye 2 elementos.

El primero de los números indica la resistencia a la tracción (multiplicado por 100, nos da el resultado en N/mm^2); el segundo numero indica el limite elástico (multiplicado por el primer numero y por 10, nos da el resultado en N/mm^2). En el ejemplo de debajo, la resistencia a la tracción sería de $1000N/mm^2$ (10×100) y el limite elástico sería $900N/mm^2$ ($9 \times 10 \times 10$).



Resistencia a la tracción
1º número x 100 N/mm^2
 $10 \times 100 \text{ N/mm}^2$
1000 N/mm^2

Límite elástico
1º número x 2º numero x 10 N/mm^2
 $10 \times 9 \times 10 \text{ N/mm}^2$
900 N/mm^2

La vida útil, el rendimiento, los costes operativos y la seguridad se ven afectadas de no realizarse el apriete a la tensión axial adecuada.

**La vida útil, el
rendimiento, los
costes operativos
y la seguridad se
ven afectadas de no
realizarse el apriete
a la tensión axial
adecuada**

3

FÍSICA

DEL APRIETE

En el ensamble por uniones roscadas sin importar el método que se utilice, la finalidad es obtener una fuerza de sujeción que mantenga los componentes ensamblados. El tornillo actúa como un resorte a la tensión que genera dicha fuerza y que está en equilibrio con las partes que ensambla, comprimiéndolas.

La rigidez de la unión atornillada viene determinada por la fuerza que los tornillos ejercen en dirección axial sobre las piezas que une. Ésta fuerza viene caracterizada por la tensión que se genera en el eje roscado (perno, tornillo) al apretarlo.

La fuerza óptima para cada unión viene determinada por la función que ésta debe cumplir, por lo que el dimensionamiento, la dureza y la resistencia de los tornillos dependerá de la misma.

Aunque la magnitud que debería controlarse es la tensión axial del tornillo, es difícil y muy costoso medirlo. Por ello, existen varios métodos de apriete controlado, dependiendo de la criticidad de la medida, de la capacidad de inversión y del tiempo disponible para la operación.

Existen varios métodos de apriete controlado, dependiendo de la criticidad de la medida, de la capacidad de inversión y del tiempo disponible para la operación

4

MÉTODOS DE APRIETE CONTROLADO

Estos son los métodos de control de par que existen:

MÉTODO DE APRIETE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
CONTROL DE PAR	<ul style="list-style-type: none">- Es el método más empleado- El control se realiza a través del par aplicado	<ul style="list-style-type: none">- Es un método de fácil aplicación, rápido y de coste razonable- Debido a la longitud del tornillo no afecta al par, la estandarización es sencilla.- La dispersión de la tensión axial aplicada es grande y no se consigue la óptima eficiencia del tornillo
ÁNGULO DE ROTACIÓN	<ul style="list-style-type: none">- El apriete se controla a través del ángulo- El tornillo se aprieta a un ángulo concreto desde un par de referencia inicial	<ul style="list-style-type: none">- Se consigue llegar al punto de deformación plástica del tornillo, por lo que la dispersión de la tensión es pequeña y la eficiencia del apriete buena.- Debido a que se sobrepasa el límite elástico, existen limitaciones para aplicar cargas adicionales o realizar reaprietes- Es difícil calcular el ángulo necesario
GRADIENTE DE PAR	<ul style="list-style-type: none">- Usa la propiedad de que cuando se excede el límite elástico, la deformación crece rápidamente. El par y ángulos de apriete se detectan con sensores eléctricos, el límite elástico se calcula por ordenador, y el apriete se realiza en las cercanías del mismo	<ul style="list-style-type: none">- Dispersión de tensión axial reducida y alta eficiencia de apriete- El equipo es muy costoso- No es viable en trabajo en campo
MEDICIÓN DE LA ELONGACIÓN	<ul style="list-style-type: none">- Se mide la elongación del tornillo generada por el apriete- Se puede hacer con micrómetro o por ultrasonidos	<ul style="list-style-type: none">- La dispersión es muy baja, por lo que la precisión del apriete en el límite elástico es posible- La eficiencia del apriete es elevada- Se pueden aplicar cargas adicionales o reaprietes- El coste tanto de equipos como en tiempos es elevado- Poco viable en operaciones de apriete elevadas
POR CARGA	<ul style="list-style-type: none">- Se estira el tornillo a la tensión definida- Es la carga aplicada la que controla el apriete	<ul style="list-style-type: none">- La tensión axial se controla directamente- No se genera tensión de torsión en el tornillo- Tanto el equipo de carga como los tornillos son especiales.- Alto coste de ambos
POR CALENTAMIENTO	<ul style="list-style-type: none">- Se calienta el tornillo para elongarlo- El apriete se controla por temperatura	<ul style="list-style-type: none">- No se requiere ni espacio ni fuerza para el apriete- No hay relación entre temperatura y tensión axial- Difícil control del establecimiento de temperatura- Requiere medidas de prevención por manipulación de piezas calientes

5

APRIETE POR PAR

El apriete por par es un método indirecto de acercamiento al límite de tensión, y por tanto no se asegura la óptima fijación. Sin embargo, su facilidad, rapidez y coste reducido lo convierten en el método más empleado de control de uniones atornilladas.

La relación entre el par aplicado y la tensión axial conseguida se ve afectado por numerosos factores, tales como:

1. Materiales
2. Rozamiento entre las superficies de unión
3. Rosca
4. Dimensiones
5. Temperatura
6. Lubricación

La precisión del par aplicado depende de:

1. La precisión de la llave dinamométrica empleada
2. El sistema con el que la llave nos indica que el par se ha alcanzado
3. La experiencia y habilidad del operador

En la actualidad, la mayoría de las industrias prestan mucha atención a la precisión y calibración de las llaves, y obvian el factor humano y el sistema de la llave en sí.

Sin embargo, los factores que mayor error introducen en el par real aplicado son estos dos últimos, ya que la precisión de las llaves suele rondar los 2-6% de error, mientras que la habilidad del operario y el sistema de accionamiento pueden llegar a superar el 10-15% de error.

Por ello, y para lograr aprietes lo más acercados a los de diseño, es fundamental tanto la formación y entrenamiento de los operarios, así como de la selección de sistemas de llaves que faciliten la aplicación de un par efectivo correcto.

**Su facilidad, rapidez
y coste reducido
lo convierten en el
método más empleado
de control de uniones
atornilladas**

5.1 Llaves mecánicas de disparo o clic

Se trata de llaves que, al alcanzar el par seleccionado, liberan la cabeza accionadora brevemente mediante un clic, indicando al operario que debe parar de apretar. Al desconocer el operario el momento exacto en el que se alcanzará el par, unido a que el desplazamiento del clic es breve, es difícil que el operario no sobrepase el par aplicado, incluso con experiencia.

5.2 Llaves mecánicas de deslizamiento

Una vez alcanzado el par fijado, el sistema libera la llave del mango donde se aplica el esfuerzo, y por tanto el sobreapriete. Los inconvenientes son el coste y la robustez del sistema mecánico. Por ello, solo se fabrican en llaves de rangos de par reducidos.

5.3 Llaves digitales

La llave indica tanto el par que el usuario va a aplicando, e informa tanto por medio de luces como sonidos que nos acercamos al par seleccionado, de modo que el operario se prepara para dejar de aplicar fuerza sobre la llave a medida que nos acercamos al objetivo. Permiten además registrar los datos históricos para su comprobación, emisión de certificados, etc.

En cualquiera de las versiones, existen variantes:

Prefijadas: Las llaves tienen un par prefijado, que el usuario no puede modificar. Es útil en aquellas aplicaciones donde siempre se aplique el mismo par, ya que se elimina la posibilidad de error humano en la selección del par correcto.

De cabezas intercambiables: Permiten intercambiar los cabezales entre carraca para vasos, llaves fijas o estrella, dependiendo de la aplicación a realizar. En operaciones donde el acceso sea complicado o donde los aprietes varíen frecuentemente, es la solución más flexible y versátil.



6

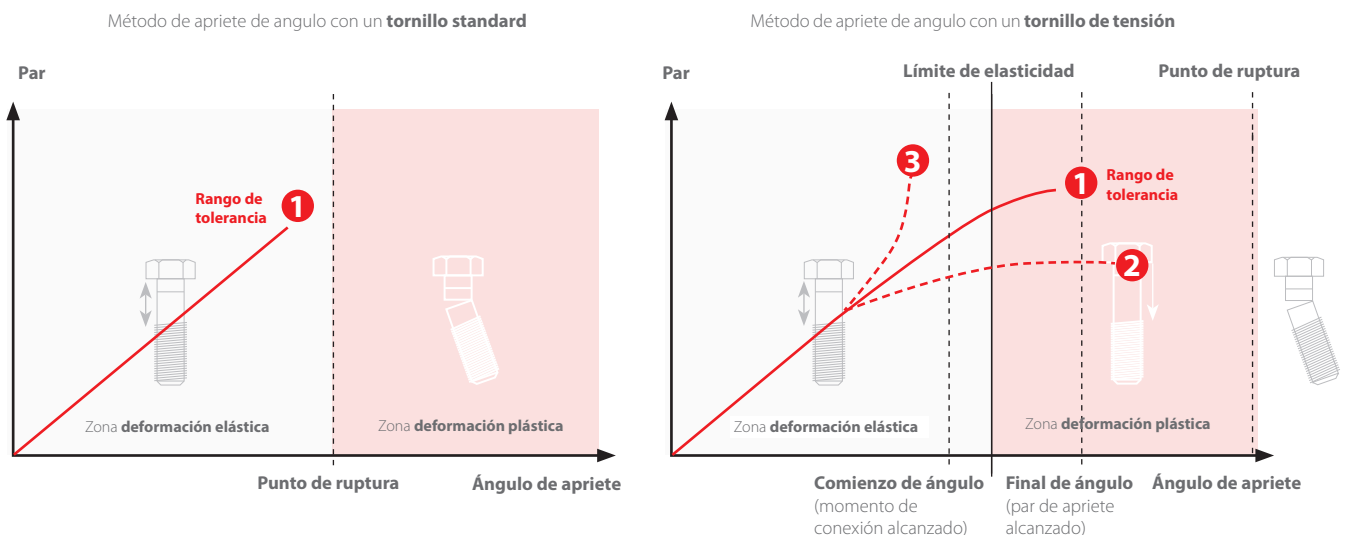
APRIETE POR ÁNGULO

El par de apriete no está directamente relacionado con la tensión axial del tornillo. El par depende de la fricción entre tuerca/cabeza del tornillo y las superficies de unión, y, por tanto, un mismo par ejercerá distinta tensión en el eje roscado dependiendo de las dimensiones, material, temperatura y lubricación de tuerca, cabeza de tornillo y superficie de apoyo.

En este método se aplica un par torsional preliminar llamado *pretorque*. Posteriormente se aplica un ángulo determinado. Dichos valores de *pretorque* y de ángulo deben estar especificados y son únicos para cada ensamble, aunque el ángulo especificado generalmente es de 90°, y su tolerancia puede oscilar entre $\pm 5^\circ$ y $\pm 15^\circ$ dependiendo del diseño propio del ensamble y de los medios para efectuarlo.

Con este método generalmente el tornillo se alarga un poco más allá del límite elástico, llegando a la zona plástica, o sea a la deformación permanente.

Con este método generalmente el tornillo se alarga un poco más allá del límite elástico

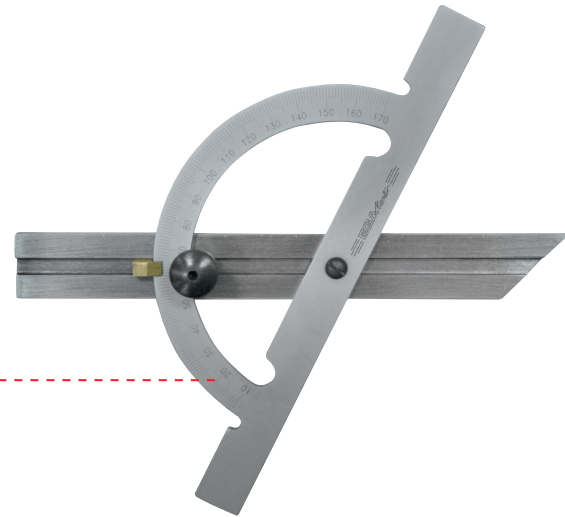


Se considera que la deformación es permanente cuando, de acuerdo con la Norma ISO 868, dicha deformación o alargamiento llega a ser de un 0.2 % adicional respecto a la longitud original del tornillo. Este método puede ser aplicado a cualquier ensamble en el que el tornillo sea el elemento más débil del ensamble

y se emplea generalmente en ensambles de seguridad. En este método, la fuerza de sujeción tiende a ser constante y generalmente es independiente de la fricción y de la dispersión de par torsional. Un punto a considerar es que generalmente los tornillos ya ensamblados con este método, al desensamblarse no pueden ser reutilizables, o sea se tienen que desechar.

6.1 Medición angular por goniómetro

Una vez aplicado el **pretorque**, se mide con un goniómetro el ángulo a aplicar, se marca, y se aprieta hasta girar la tuerca el ángulo indicado.



6.2 Medición angular digital

Existen llaves dinamométricas digitales que permiten tanto aplicar el **pretorque** (par) así como inmediatamente aplicar el ángulo correspondiente. Primero nos avisa tanto del momento cuando logramos el valor de **pretorque**, para posteriormente indicarnos el momento cuando se obtiene el ángulo deseado. Es probablemente el medio más rápido y preciso para el apriete de par angular, con un coste asumible.



7

VERIFICACIÓN DEL PAR DE APRIETE

Existen distintas variables que pueden hacer que los aprietes no se realicen adecuadamente:

1. **Error humano: se olvida de apretar** una o varias tuercas consecutivas)
2. **Error humano: selecciona el par inadecuado**, o se confunde de escala.
3. **Llave mal calibrada**

Por ello, en procesos donde se realizan un gran número de aprietes controlados, y/o por numerosas personas, suele resultar conveniente realizar un control estadístico sobre los aprietes realizados, a fin de asegurarnos de que los aprietes se han realizado correctamente.

El método se basa en aplicar un par a una tuerca ya apretada hasta que se mueva, y registrar el par al que la tuerca se ha movido.

El procedimiento es complejo y su precisión reducida, debido a que existen numerosos condicionantes que desvirtúan la medición.

1. **La destreza y sensibilidad del usuario** en detectar cuando la tuerca se mueve
2. **Toda tuerca apretada de un par X, requerirá de un par X+Y para conseguir moverlo** (debido a que no solo se deberá superar el par estático al que apretamos con anterioridad, sino también la fuerza dinámica para poder moverla)

Todo ello hace que los métodos de control existentes sean un método fiable para conocer si la tuerca había sido apretada a un par cercano al requerido...pero no para lograr un dato preciso del par al que estaba apretado. Básicamente, sirve

El método se basa en aplicar un par a una tuerca ya apretada hasta que se mueva, y registrar el par al que la tuerca se ha movido

para conocer si el operario había apretado la tuerca a valores cercanos a los que debía, o no.

Se puede realizar aplicando un par de sobreapriete, o un par de aflojamiento.

7.1 Dinamométricas de dial

El usuario aprieta (o afloja) la tuerca, mirando el par que va ejerciendo en el dial. Cuando percibe que la tuerca se mueve, cesa en aplicar par. La aguja de referencia mostrará el valor máximo de par que el usuario ha aplicado antes de parar. El par indicado nos informará si el par original se encontraba cerca del par de diseño.

7.2 Dinamométricas digitales de control de par

Al igual que con las de dial, el usuario aprieta (o afloja) la tuerca, hasta que ésta se mueve. La propia llave detecta el movimiento (3°) y registra el par que se estaba aplicando cuando sucedió el movimiento. Es un procedimiento más preciso que el de dial, ya que se elimina el componente humano. También disponen de trazabilidad del par aplicado, así como de valor pico. Dispone de 4 unidades de medición.



Es conveniente realizar un control estadístico sobre los aprietes realizados, a fin de asegurarnos de que los aprietes se han realizado correctamente

8

CALIBRACIÓN Y CORRECCIÓN DE ERROR

La calibración es el proceso de comparar los valores obtenidos por una llave dinamométrica con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar).

Según la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, la calibración es "Una operación que, bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa una relación entre los valores y las incertidumbres de medida provistas por estándares e indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas y, en un segundo paso, usa esta información para establecer una relación para obtener un resultado de la medida a partir de una indicación".

De esta definición se puede deducir que para calibrar un instrumento o un estándar se necesita disponer de uno de mayor precisión (patrón) que proporcione el valor convencionalmente verificable, el cual se utilizará para compararlo con la indicación del instrumento que está siendo sometido a la calibración.

La calibración es medir la diferencia entre la medida que ofrece el instrumento de medición, y la real. Un certificado de calibración es aquel certificado que nos indica (asegura o certifica) las diferencias entre la medición y la realidad.

Corregir el error es ajustar el instrumento de modo que las diferencias entre medición y realidad sean inferiores a un porcentaje determinado (normalmente, el porcentaje de error de diseño).

Los principales motivos que pueden provocar la necesidad de que se realice la calibración de los instrumentos de medición son:

- Se ha agotado un periodo de tiempo específico
- Se ha agotado un cierto volumen de uso (horas de trabajo)
- Cuando un instrumento ha recibido un golpe o vibraciones fuertes que pueden haber causado que este se descalibre
- Cambios de temperatura superiores a los aceptables
- Siempre que las observaciones obtenidas sean cuestionables

El proceso de calibración se inicia con el diseño del instrumento de medida que ha de ser calibrado. El diseño tiene que ser capaz

La calibración es medir la diferencia entre la medida que ofrece el instrumento de medición, y la real

de “soportar la calibración” a través de su intervalo de calibración. Es decir, el diseño tiene que ser capaz de tomar medidas que se encuentren dentro de la “tolerancia ingenieril” cuando se utiliza en condiciones ambientales durante un periodo de tiempo razonable.

El mecanismo exacto para la asignación de valores de tolerancia varía según el país o el tipo de industria. En general, los fabricantes de equipos de medida, asignan la tolerancia en la medición, sugieren un intervalo de calibración y especifican el rango de utilización y almacenaje normales. El hecho de tener un diseño de estas características aumenta la probabilidad de que los instrumentos de medida actuales se comporten de la manera esperada.

El siguiente paso es definir el proceso de calibración. La selección del estándar o estándares es la parte más visible del proceso de calibración. Idealmente, el estándar ha de tener menos de una cuarta parte de la incertidumbre de medida que viene dada por el aparato que ha de ser calibrado. El proceso consiste en elegir un estándar que cumpla la norma anteriormente mencionada sobre la incertidumbre de medida y hacerlo servir para comparar su medida con la del aparato calibrado.

Después de elegir un estándar con un grado de incerteza más ajustado y se repita la operación anterior. Este proceso se repite hasta que se llegue al estándar con la mayor certeza posible del cual se dispone en el laboratorio de calibración o de metrología. Este proceso establece la trazabilidad de la calibración.

Hay que decir que este proceso de calibración mediante estándares está, prácticamente siempre, precedido de una inspección visual del instrumento, donde se comprueba que este no presente ningún daño físico que se pueda apreciar a simple vista.

Los resultados de esta inspección se denominan comúnmente como los datos “*as-found*” de la inspección (datos del instrumento, tal como se han encontrado). Normalmente todo el proceso de calibración es encargado a un único técnico especializado que será el que se ocupe de documentar que la calibración se ha completado con éxito.

El proceso que se ha explicado anteriormente es un reto difícil y caro. El coste del soporte técnico correspondiente a un

**Corregir el error es
ajustar el instrumento
de modo que las
diferencias entre
medición y realidad
sean inferiores
a un porcentaje
determinado**

equipamiento ordinario es, en general, de aproximadamente el 10% del precio de compra original en base anual. Otra maquinaria más exótica y/o compleja puede resultar aún más cara de mantener.

La extensión del programa de calibración expone las creencias principales de la organización involucrada. La integridad de la organización puede verse fácilmente en entredicho según el programa de calibración que se haya establecido. En general, se trata de que cada máquina de una organización tenga planeado un proceso de calibración concreto para ella. Por ejemplo, si una empresa dispone de varias máquinas iguales, las máquinas más viejas se emplearán para los trabajos menos sufridas y, por lo tanto, necesitarán de una calibración limitada. Las máquinas que se emplean a menudo y de las cuales depende el proceso de producción, en cambio, se habrán de calibrar de forma más habitual y con unas tolerancias bastante ajustadas. Por otra parte, cada máquina se habrá de calibrar solo en relación a la operación/faena que desarrolle. Esto se refiere a que, aunque la máquina realmente pueda realizar muchos más trabajos de las que realmente hace en el proceso de producción, solo se ha de calibrar la faena que realmente haga de forma activa. El resto de los procesos de calibración resultará innecesario.

Este proceso de escoger y diseñar el proceso de calibración se ha de realizar para todos los instrumentos básicos que estén presentes en la organización.

A fin de mejorar la calidad de la calibración a favor de que organizaciones externas acepten los resultados obtenidos, es deseable que las medidas correspondientes sean fácilmente convertibles al **Sistema Internacional de Unidades**. La acción de establecer la trazabilidad se puede realizar haciendo una comparación formal con un estándar que puede estar relacionado de forma directa o indirecta con los estándares nacionales, los internacionales o los materiales de referencia certificados. Los sistemas de gestión de la calidad requieren un sistema de metrología efectivo que incluya la calibración formal, periódica y documentada de todos los instrumentos de medida. Las normas ISO 9000 e ISO 17025 establecen que estas acciones tengan una alta trazabilidad e indican cómo se ha de cuantificar.

Este proceso de escoger y diseñar el proceso de calibración se ha de realizar para todos los instrumentos básicos que estén presentes en la organización



9

REGISTRO Y COMUNICACIÓN DE DATOS

Otro de los aspectos cada vez más importantes es el registro de los datos. No basta con asegurar al cliente que los aprietes se han realizado, sino que cada vez con mayor asiduidad el cliente exige la demostración de que así es.

9.1 REGISTRO MANUAL

Se anotan los aprietes en papel, y después se trasladan a un certificado. Sus inconvenientes son:

1. Error humano tanto al registrar como al trasladar los datos al certificado
2. Se le añade al usuario una tarea que interrumpe el proceso de apriete, lo que afecta en la concentración y puede ser motivo de error en la secuencia de apriete.
3. Proceso poco eficiente

9.2 COMUNICACIÓN DE DATOS POR CABLE

Es la propia llave dinamométrica la que guarda los datos de los aprietes, y después el usuario es capaz de descargarlos en el ordenador a través de un cable. Es un sistema que evita el error humano, así como la interrupción en el apriete. El único inconveniente es que el operario se tiene que desplazar periódicamente a descargar los datos, y que, si la llave sufre algún problema, se podrían llegar a perder los datos almacenados aún sin descargar.

9.3 COMUNICACIÓN DE DATOS REMOTA

Es la propia llave la que registra los valores y los transmite en tiempo real al ordenador, de forma que existe integridad de datos, no existe riesgo de pérdida de datos, y el operario solo debe estar centrado en realizar los aprietes correctamente.

No basta con asegurar al cliente que los aprietes se han realizado, sino que cada vez con mayor asiduidad el cliente exige la demostración de que así es

9.4 COMUNICACIÓN DE DATOS REMOTA BIDIRECCIONAL

Existe una nueva modalidad de llave digital que no solo es capaz de comunicar los registros de pares aplicados remotamente, sino que también es capaz de ajustar en la llave el par al que se debe apretar una tuerca siguiendo las instrucciones del proceso de apriete que el sistema de producción le indique. De este modo, el operario no podrá equivocarse en la selección del par correcto, o de la unidad de medida correcta...reduciendo los errores posibles, y liberando al operario para que pueda centrar el 100% de su atención en realizar un apriete lo más preciso posible.



10

OTRAS FUNCIONES

Hoy en día es posible añadir funcionalidades de producción gracias al desarrollo de software y hardware adicional que interactúe con los datos y registros generados por las llaves dinamométricas digitales:

1. Impedir avanzar en procesos hasta asegurar que los aprietes se han realizado correctamente
2. Impedir realizar aprietes erróneos
3. Automatizar certificados de registro de aprietes (para el cliente)
4. Relacionar llaves y útiles de apriete a través de geolocalización
5. Etc.

11

BIBLIOGRAFÍA

- Especificación Técnica de Par Torsional + Ángulo y sus Características Metrológicas en VWM, por Antonio Castillo M.
- Apriete, elasticidad, tornillo, torque, por bombeerman018
- Wikipedia

