

5 Guión de las prácticas para el alumno

En este apartado se describirán los principales puntos que deberá contener el guión de prácticas que realicen los alumnos en el ensayo de la unión atornillada.

5.1 Primera parte de la práctica

En esta primera parte de la práctica se busca que el alumno asimile los conceptos vistos en teoría. Principalmente la relación que existe entre par aplicado a la unión atornillada y la fuerza de apriete que aparece en esta, y también para que sepan calcular la tensión que aparece durante el apriete, para que esta no se supere el límite elástico del tornillo.

5.1.1 Cálculos previos a la primera parte de la práctica

El enunciado de la práctica se debe incluir una descripción de la unión atornillada, que contenga las características y dimensiones de los elementos de la misma (tornillo y casquillos principalmente), así como una descripción de los distintos montajes de casquillos posibles para obtener distintas formas de aplicación de fuerza que separen los elementos de la unión.

Conocidos los datos geométricos de la unión y que los coeficientes de rozamiento pueden tomar valores entre 0.08 y 0.2, deberán calcular:

1. Fuerza que aparece en el tornillo durante el apriete para no superar el 60% del límite elástico en el caso más desfavorable.
2. El par de apriete para alcanzar la fuerza de apriete obtenida en el apartado anterior en función de los coeficientes de rozamientos.

5.1.2 Calibración del circuito extensométrico

Como se ha visto, hay una relación lineal entre la fuerza a tracción a la que sometemos el tornillo (F_t) y la tensión de salida del puente (V_o) de modo que se cumple:

$$F_t = \frac{2ES}{KV_s} V_o$$

Como puede que no se conozcan todos los parámetros exactamente, lo mejor es calibrar el puente para obtener una relación lineal del tipo:

$$F_t = f(V_o) = A \cdot V_o + B$$

donde A debe tomar un valor próximo a $\frac{2ES}{KV_s}$ y B se debe a la fuerza inducida por peso del conjunto suspendido.

Se montará el conjunto de casquillos y tornillo en la máquina de ensayos a tracción, pero sin apretar el tornillo para no introducir una fuerza de apriete inicial en el tornillo.

Se deberán realizar tres series de 10 medidas, incrementado la carga hasta una carga máxima de tracción próxima al 40% del límite elástico. Se elige este límite tan bajo para tener un alto coeficiente de seguridad, ya que aparte de la tracción, en el ensayo se tendrán otros factores que pueden provocar plastificación, como la concentración de tensiones por el rebaje del tornillo, o el efecto del torsor.

El valor máximo al que se llegará, siendo el diámetro rebajado del tornillo 10mm y clase de resistencia 8.8 será:

$$F_{tmax} = 0.4 \cdot \sigma_{elas} \frac{\pi d^2}{4} = 0.4 \cdot 640 \text{ N/mm}^2 \cdot 78.54 \text{ mm}^2 = 20106 \text{ N} \approx 20 \text{ KN}$$

Nuestros valores de carga serán:

| Medida | 1º | 2º | 3º | 4º | 5º | 6º | 7º | 8º | 9º | 10º |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Carga (KN) | 0 | 2 | 4 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |

Convendrá elegir cuidadosamente la tensión de alimentación del puente (V_s), para que se obtengan unos valores de salida de tensión entre 0 y 10 voltios para no saturar el equipo.

Se realizaran las tres series de medida, registrando los valores de salida de tensión del puente con cada carga, y con los dichos datos, se obtiene la relación lineal de la fuerza de tracción en el tornillo con el voltaje de salida:

$$F_t(N) = A \cdot V_o(v) + B$$

5.1.3 Ensayo de Par de apriete-Fuerza de apriete.

Como se ha visto en teoría la relación Par de apriete-Fuerza de apriete cumple la siguiente ecuación:

$$T_t = F \left(\mu_c \cdot r_c + \tan(\varphi' + \alpha) \cdot \frac{d_m}{2} \right)$$

A priori no se pueden conocer con esta ecuación que fuerza aparecerá en la unión al aplicar un par determinado con la llave dinamométrica, ya que no se conocen exactamente los coeficientes de rozamiento en la rosca (μ) y en la superficie de contacto entre tuerca y piezas unidas (μ_c), así que para obtener el valor de estos coeficientes realizaremos una serie de ensayos con distintos estados de lubricación.

1. Aplicar cinco veces un par $T_t = 15 N \cdot m$ y cinco veces un par $T_t = 20 N \cdot m$, sin lubricación en la rosca y sin lubricación en la superficie de contacto entre tuerca y piezas.
2. Aplicar cinco veces un par $T_t = 15 N \cdot m$ y cinco veces un par $T_t = 20 N \cdot m$, sin lubricación en la rosca y con lubricación en la superficie de contacto entre tuerca y piezas.
3. Aplicar cinco veces un par $T_t = 15 N \cdot m$ y cinco veces un par $T_t = 20 N \cdot m$, con lubricación en la rosca y sin lubricación en la superficie de contacto entre tuerca y piezas.
4. Aplicar cinco veces un par $T_t = 15 N \cdot m$ y cinco veces un par $T_t = 20 N \cdot m$, con lubricación en la rosca y con lubricación en la superficie de contacto entre tuerca y piezas.

Dependiendo del tiempo para la realización de la práctica se puede hacer una o dos series de cada cinco medidas.

Con los resultados calcular $\mu^{no\ lubricado}$, $\mu_c^{no\ lubricado}$, $\mu^{lubricado}$ y $\mu_c^{lubricado}$.

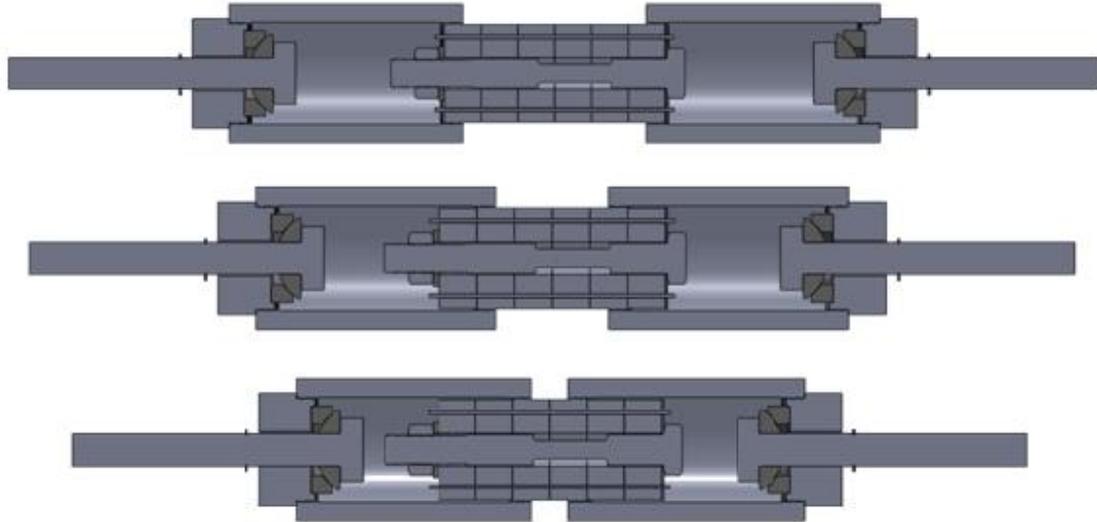
5.2 Segunda parte de la práctica

En esta parte de la práctica se aplicaran una serie de fuerzas separadoras sobre la unión pretensada, para los tres distintos montajes de la unión atornillada que harán que la fuerza separadora actúe en distintas zonas de la unión.

5.2.1 Cálculos previos a la segunda parte de la práctica

Conocidos los datos geométricos de la unión, y las distintas formas de aplicar una fuerza separadora a los elementos unidos, se deberán calcular:

1. Rigidez del tornillo.
2. Rigidez del conjunto casquillos de la unión.
3. Calcular la fuerza que aparece en el tornillo y en el conjunto de casquillos, si a una unión pretensada con una fuerza F se le somete a una fuerza separadora P , que actúa en:
 - a. Los casquillos exteriores de la unión.
 - b. Los casquillos intermedios de la unión.
 - c. Los casquillos interiores de la unión.



5.2.2 Calibración del circuito extensométrico

Si esta segunda parte de la práctica se realiza en una sesión diferente a la primera parte de la práctica, habrá que recalibrar el circuito extensométrico.

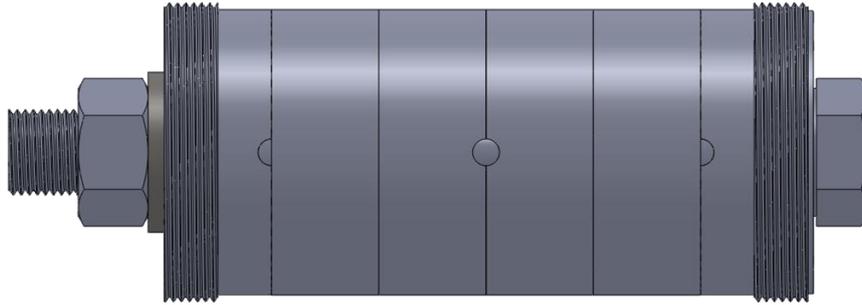
Se procede de la misma forma expuesta en el apartado 5.1.2, para obtener de nuevo una relación lineal entre la fuerza a tracción a la que sometemos el tornillo (F_t) y la tensión de salida del puente (V_o), del tipo:

$$F_t(N) = A \cdot V_o(v) + B$$

5.2.3 Ensayo de la unión atornillada ante una fuerza separadora.

En este apartado de la práctica, se ensayará el comportamiento de la unión atornillada ante una fuerza separadora aplicada en distintas zonas de las piezas unidas.

Se comenzará por el montaje que aplica la fuerza separadora desde los extremos de la unión. Para ello se tendrá que colocar los casquillos de manera que los casquillos roscados queden en los extremos y en el centro los que tengan orificio para la salida de cables:



Hay que tener cuidado al insertar el tornillo en los tres primeros casquillos, ya que debemos pasarlo con los cables que salen de las galgas extensométricas, después situar los cables en el hueco de los casquillos centrales para que al cerrarlo con el siguiente casquillo no sufran daños.

Después se dará un par de apriete $T_t = 30 N \cdot m$ con la llave dinamométrica, y se habrá de anotar el valor de tensión de salida que obtenemos para conocer qué fuerza de apriete se producirá en el tornillo.

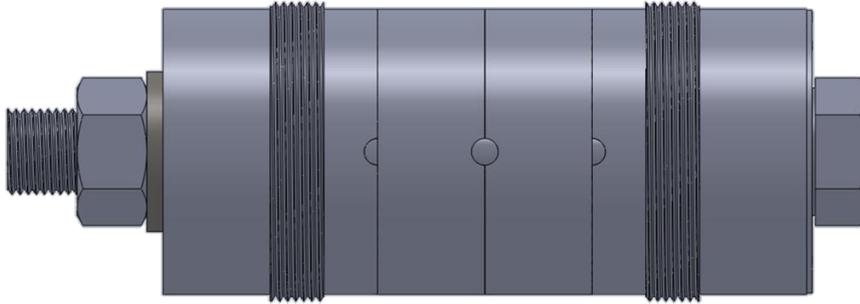
Tras el apriete, se roscarán los tubos de conexión al casquillo de la rótula a los casquillos roscados, teniendo cuidado con los cables que salen de los casquillos, y finalmente se roscarán los casquillos con las rótulas. Entonces el conjunto estará listo para montarlo en la máquina de ensayos de tracción. Cuando este colgado de la mordaza superior de la máquina se puede poner la tensión de salida en cero para registrar incrementos de fuerza en el tornillo, o bien mantener el valor que se había alcanzado en el apriete para tener la tracción total alcanza en el tornillo.

Se aplicará una tracción controlada, desde 0 e incrementando 2 KN hasta llegar a los 20 KN. Mientras se registraran los valores de tensión de salida. Estos irán aumentando linealmente con un incremento en la tensión constante, dicho incremento cambiara de valor a una cierta fuerza aplicada, lo que indicará la separación de las piezas unidas.

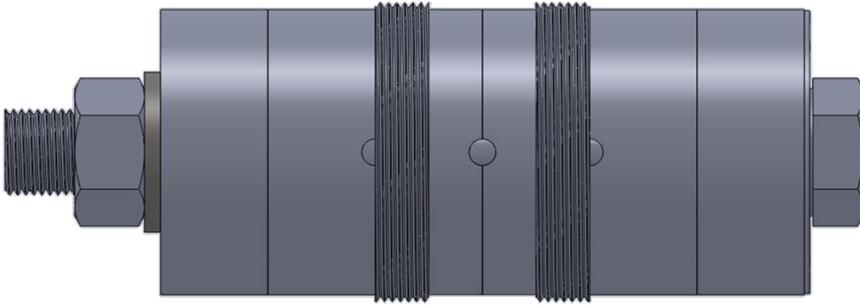
Una vez descargado, se anotará el valor de la tensión de salida, ya que, el apriete inicial del tornillo puede haber sufrido una variación. Otra vez, se repite el mismo proceso de carga y registro de los valores de tensión de salida.

Con esto se habrá terminado con este montaje, y se tendría que repetir el proceso para los otros dos montajes posibles. En ambos casos, habría que variar el orden de colocación de los casquillos, para que la fuerza de separación actúe en otra zona de la unión:

- Para que la fuerza separadora actúe en la zona intermedia de la unión, los casquillos deben estar montados en el orden que muestra la siguiente imagen.



- Para que la fuerza separadora actúe en la zona interna de la unión, los casquillos roscados deben estar en la zona central de la unión como muestra la siguiente figura.



5.2.4 Comparación de los resultados teóricos y los obtenidos en los ensayos.

Finalmente los alumnos deberán realizar un informe que incluya los cálculos teóricos realizados para la práctica y compararlos con los valores obtenidos en los ensayos.