

DISEÑO DE ACCESORIOS DE SUJECCIÓN PARA LA CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE FUERZA Y PAR TORSIONAL

Martínez Juárez F, Ramírez Ahedo D, Torres Guzmán J. C.
Centro Nacional de Metrología
km 4,5 Carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro, México
Teléfono (52) 442 211 0500, fax (52) 442 211 0578
Dirección de correo electrónico: femartin@cenam.mx

Resumen: Los laboratorios de Fuerza de Masas Suspendidas, Transferencia de Fuerza, y Transferencia de Par Torsional del Centro Nacional de Metrología, comparten el objetivo de ofrecer servicios de calibración de alta exactitud en sus diferentes alcances, con el fin de mantener la correcta diseminación de las magnitudes, fuerza y par torsional.

Por tal motivo, desde que inició trazabilidad en las magnitudes fuerza y par torsional en el país, CENAM ha necesitado el adquirir equipo especializado para este fin. También ha sido necesario durante este tiempo diseñar, ajustar, fabricar y a veces maquinar piezas y accesorios. Tales accesorios facilitaron las labores de medición, pero en la actualidad algunos no son muy adecuados, esto debido a la gran variedad existente de los instrumentos de medición, que dependiendo del campo de aplicación varían diseño, tamaño, método de indicación y otras características particulares de los equipos. Por estos motivos el objetivo de este documento es diseminar las experiencias obtenidas en los laboratorios de fuerza y de par torsional a las personas que por motivos de investigación o de trabajo realicen mediciones del mismo tipo.

Con la aplicación de la normatividad al diseño de los accesorios como ejemplo norma ISO 376:2004 (E), se uniformizó la fabricación de todos los accesorios utilizados en las calibraciones de fuerza y de par torsional. Con las mejoras presentadas en este artículo las mediciones realizadas con cualquier tipo de instrumento de medición se realizan de la forma más adecuada y generando resultados de mejor calidad (repetibilidad y reproducibilidad).

1. INTRODUCCIÓN

En el laboratorio de fuerza se encuentran las máquinas patrón de masas suspendidas y de transferencia de fuerza, y en el caso del laboratorio de par torsional, este cuenta con el patrón de transferencia de Par Torsional. En estos laboratorios y con los patrones antes mencionados, se calibran equipos de medición tales como:

a) En los laboratorios de Fuerza:

- Transductores de fuerza
- Celdas de carga
- Anillos de carga
- Cápsulas de mercurio
- Dinamómetros

b) En el laboratorio de Par Torsional:

- Transductores de par torsional
- Brazos de palanca con masas

- Torquímetros de "click"
- Torquímetros de carátula graduada
- Torquímetros tipo "tester"

Fuerza y par torsional, son dos magnitudes muy utilizadas en la vida cotidiana, tanto así que las podemos encontrar en cualquier lugar, aunque en algunas ocasiones puedan pasar desapercibidas.

Algunos ejemplos de la aplicación de estas magnitudes se da para el caso de fuerza en la fabricación de automóviles, ya que estas máquinas tienen que cumplir con pruebas especializadas para que puedan resistir impactos en su estructura, ya sean por otros autos o por obstáculos que se encuentran en el camino sin poner en riesgo a las personas que van dentro del auto aún en las peores condiciones.

En el caso del par torsional, podemos poner el ejemplo del apriete de los tornillos y en este caso los que se utilizan para el ensamble de todo tipo de

motores. Hablando en especial de motores de combustión interna, que son para los que el par de apriete es más crítico para la eficiencia de un motor y donde más tornillos utilizan comúnmente. El correcto par de apriete que se da a los tornillos que se utilizan al instalarlos de acuerdo con normas específicas o fichas técnicas propias de la industria automotriz, es con el objetivo de trabajar con una eficiencia que se tiene contemplada en sus especificaciones de diseño.

Además de los ejemplos anteriores, en general podemos enumerar una amplia gama de aplicaciones que necesitan de las magnitudes de fuerza y par torsional medido y caracterizado, para satisfacer las necesidades de la industria y de las personas que se ven afectadas con la aplicación de estas dos magnitudes.

De esta forma la aplicación de la magnitud fuerza, como de la magnitud par torsional, han ido evolucionando de acuerdo a los avances de diseño estructural como a los avances de la tecnología, los cuales conforme se ha profundizado su estudio y realizado experimentos, se han obtenido resultados de comportamientos desconocidos y en su caso también características de comportamiento de las máquinas generadoras de fuerza y par torsional.

2. DESARROLLO

Para el diseño de los accesorios de calibración de la magnitud de fuerza como en el caso de la magnitud de par torsional, fue necesario contar con referencias que de algún modo pudieran tomarse como válidas para el cumplimiento de este objetivo. El tipo de referencias válidas son documentos, artículos o normas nacionales o internacionales. Esto permite seguir los pasos de investigaciones realizadas por personal con experiencia y con conocimientos en estas magnitudes y en especial en este tipo de mediciones o pruebas, calibraciones con métodos primarios.

De acuerdo con el sistema de calidad de los laboratorios de CENAM y a los procedimientos de calibración que se tienen en los laboratorios de fuerza y de par torsional, el esquema que se siguió fue con el único fin de obtener los resultados de medición de instrumentos de uso industrial lo más acordes o cercanos con los esperados en instrumentos de alta exactitud en ambas magnitudes.

La norma ISO 376:2004 (E) [1], menciona en su contenido, que, “el sistema de medición esta constituido por todo el conjunto de accesorios de calibración, el instrumento de medición y el indicador” motivo por el cual, hace referencia a la importancia de contar con accesorios de calibración adecuados para la medición.

La norma menciona además, que, “los accesorios deben ser capaces de mantener la línea de aplicación de carga para que dicha línea no sea distorsionada”.

El objetivo de este artículo es mostrar y expresar las características de diseño más importantes identificadas, durante la práctica de la transferencia de estas magnitudes, desde los patrones nacionales hacia los instrumentos de medición en general, las cuales fueron utilizadas para los accesorios de nuestro laboratorio.

2.1 Accesorios para la Magnitud Fuerza

En el caso de la magnitud de fuerza, es necesario el uso de accesorios de calibración con formas esféricas, incluyendo también botones de carga [3].

La razón por la cual es necesario el uso de accesorios del tipo esféricos es que al momento de la aplicación de la fuerza, ya sea a compresión o a tracción (dependiendo de cual sea el caso), la línea de acción en la aplicación de la fuerza sea axial al eje de carga indicado por el instrumento con el que se esta midiendo (ver Figura 1), evitando así componentes parásitas, lo cual ocasiona que durante la medición sea difícil cuantificar la influencia de los accesorios en las mediciones y su incertidumbre.

Las características principales de diseño que deben cumplir estos accesorios esféricos para el caso de calibración a tracción son las siguientes:

- Superficies esféricas en las partes de contacto,
- La superficie de contacto entre los accesorios, debe permanecer siempre lo más centrado posible y esto se logra usando centradores esféricos (ver Figura 2).

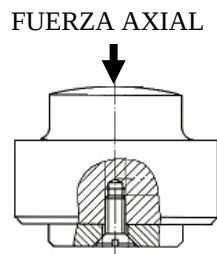


Figura 1. Aplicación axial de la fuerza.

Los accesorios del tipo esférico son diseñados de acuerdo al alcance de medición de los instrumentos con los que se requiera medir y también de acuerdo a las máquinas patrón que se utilicen.



Figura 2. Accesorios esféricos.

Además de los accesorios tipo esfera se utilizan los botones de carga. Este tipo de accesorios tienen la característica, de acuerdo a su diseño, de transmitir el esfuerzo provocado entre las superficies de la máquina que genera la fuerza como del instrumento que recibe la fuerza, estos accesorios sirven a su vez para evitar la fatiga de las piezas del patrón utilizado.

Las características principales de diseño que deben cumplir estos accesorios esféricos para el caso de calibración a compresión son las siguientes:

- Las caras de los botones de carga deben ser con un acabado de rectificado,
- La dureza del material utilizado al final del maquinado, debe de ser de por lo menos 350 N/mm^2 .

En la Figura 3, se puede observar los errores que se presentan en la aplicación de la fuerza que pueden causar desviaciones, errores o simplemente incrementos en la incertidumbre debida a la no repetibilidad.

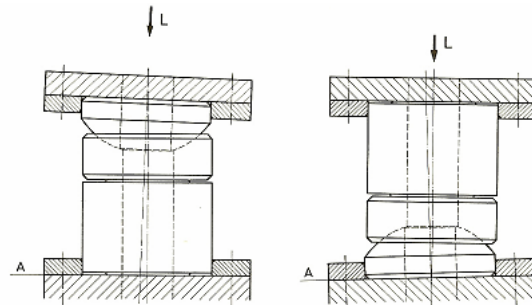


Figura 3. Botones de carga.



Figura 4. Botón de carga.

En la Figura 4; El botón de carga está diseñado de tal manera que es plano de sus caras superior e inferior, esta característica de diseño se utiliza en conjunto con la cara superior esférica del instrumento de fuerza y por lo tanto no se recomienda si el instrumento de fuerza tiene la superficie superior de forma plana.

En las fotografías de las siguientes figuras 5 y 6 se puede observar varios tipos de accesorios, los cuales no siguen las recomendaciones de diseño que indica la norma ISO 376:2004 (E), por tal motivo no son muy recomendados, ya sea por la dificultad de montaje o por la dispersión en las lecturas medidas. En la fotografía 5 se muestra un accesorio con una forma conoidal.



Figura 5. Accesorio cónico.

En la figura 6 tenemos a un accesorio de forma semi-esférico, a simple vista puede parecer esférico, aunque en realidad cerca del centro tiene una forma plana.



Figura 6. Accesorio semi-esférico.

La Figura 7 muestra la forma correcta del accesorio especialmente diseñado para un tipo específico de transductor de fuerza. (Celda de carga de la marca HBM, tipo C6).



Figura 7. Accesorio adecuado.

2.2 Magnitud Par torsional

En el caso de la magnitud de par torsional, el tipo de accesorios que mencionaremos es completamente diferente a los usados en la magnitud de fuerza, ya que el diseño del patrón es otro. Aunque en el caso

de par torsional, al momento de la generación de la magnitud, tanto el patrón como el instrumento a medir, tienen que tener el mismo eje axial para no incluir componentes parásitas como en el caso de fuerza.

Como ejemplo, mencionaremos el diseño de una mesa que se utiliza para soportar y mantener a los instrumentos que no son fáciles de montar (ver Figura 8). Esta mesa se diseñó para facilitar la calibración de instrumentos del tipo de reloj y los del tipo "tester" principalmente, ya que los del tipo reloj son difíciles de sujetar y los del tipo "tester" tienen varios alcances y no siempre en la misma conexión, que dependiendo del alcance de medición se selecciona aun siendo el mismo instrumento.



Figura 8. Mesa porta instrumentos.

Podemos ver también en la Figura 9 un accesorio que se diseñó para la calibración de instrumentos de medición de par torsional que son del tipo "brazo de palanca", en este accesorio se acopla y sujeta el brazo de palanca para que al aplicarle un par torsional este instrumento no se mueva, con lo cual se mejora notablemente la transferencia de la magnitud [4].



Figura 9. Estructura soporte para instrumentos de brazos de palanca.

3. RESULTADOS

3.1 Resultados en la magnitud Fuerza

Con el uso de los accesorios de montaje en la magnitud de fuerza fue notable la mejora obtenida, ya que ahora se asegura y es más fácil aplicar la fuerza axialmente y de un modo natural con los apoyos esféricos.

Es notable dicha mejora, ya que como se muestra en las Figuras 9 y 10, la linealidad del comportamiento del resultado de las mediciones es más homogéneo. Se observa en la Figura 9 que no existe una tendencia en las lecturas por lo que esto causa que dicha dispersión no sea asociada al instrumento de medición sino a la reproducibilidad de las lecturas debido a las diferentes posiciones de calibración.

3.2 Resultados en la magnitud Par Torsional

En el caso de par torsional, el diseño de la mesa para el montaje de los instrumentos de medición hizo posible que el tiempo de montaje sufriera un decremento, ya que eliminó tiempos muertos por la falta de accesorios que son útiles para la medición, además de que evitó el tener un gran inventario de accesorios para cada equipo diferente que llega a medición.

Esta mesa se diseñó con el objetivo de ser flexible, en la altura y posicionamiento, ya que se pueden acoplar horizontalmente y verticalmente sin ningún problema además de ser giratoria, por lo que facilita el no tener que desmontar la base de contra-reacción para acoplar algún instrumento diferente. Esta mesa se diseñó con tolerancias muy pequeñas de maquinado, lo que garantiza que su influencia en los resultados de las mediciones serán menores a las que se obtenían con los accesorios anteriores [2].

3.3 Impacto de resultados en las mediciones

En las gráficas de las figuras siguientes, se muestra el comportamiento de los equipos de medición sin accesorios y con accesorios adecuados.

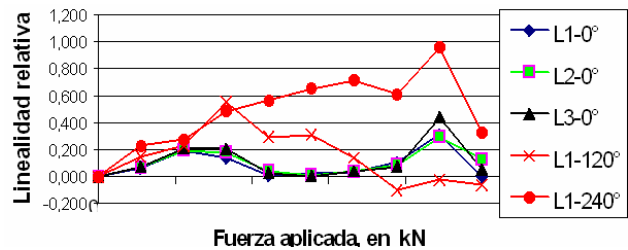


Figura 9. Gráfica de linealidad, sin accesorios de montaje.

Es notable el comportamiento de los equipos utilizando accesorios adecuados.

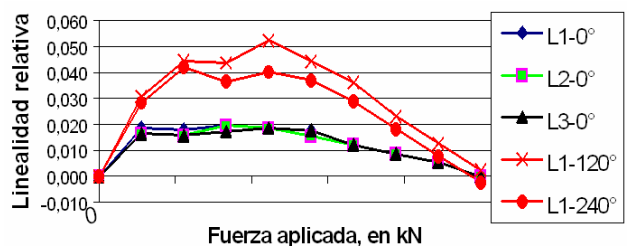


Figura 10. Gráfica de linealidad, con accesorios adecuados de montaje.

Después de lo que acabamos de observar en las gráficas y en los resultados obtenidos, es importante recalcar que cuando se realicen mediciones en instrumentos de medición de fuerza, par torsional o de cualquier otra magnitud que contemple contacto físico, es necesario tomar en cuenta los accesorios adecuados, ya que no solo le corresponde la responsabilidad de realizar la magnitud lo más adecuadamente posible a la cadena más alta de la trazabilidad sino también esa responsabilidad tiene que ser compartida con los laboratorios secundarios o en los laboratorios internos que se encuentran en las industrias.

4. CONCLUSIONES

Con los nuevos accesorios desarrollados y fabricados, para la transferencia de fuerza y par torsional, se ha logrado un avance significativo en la transferencia de las magnitudes de fuerza y de par torsional, logrando por consiguiente que las mediciones finales tengan mejores características metrológicas como son la linealidad, repetibilidad, reproducibilidad, histéresis y esto a su vez con un mejor resultado en la incertidumbre de la medición.

Con los accesorios y el sistema de mesa presentado, se ofrece la posibilidad de la calibración de la mayoría de los diferentes instrumentos que existen en el mercado nacional e internacional. Esto debido a la versatilidad que este sistema ofrece en la calibración de herramientas y de transductores de par torsional y cumpliendo con la normatividad solicitada.

Es claro que cuando no se utilizan accesorios adecuados, los resultados nunca podrán ser los esperados.

REFERENCIAS

- [1] Norma ISO 376:2004 (E)
Metallic materials- Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines.
- [2] Peschel, D.: Mechanical Parasitic Components and Their Influence on the Calibration of Torque Transducers. 13th International Conference on Force and Mass Measurement, Helsinki (Finland), 10.-14. May 1993; 1993.
- [3] Jorge C. Torres Guzmán, Daniel A. Ramírez Ahedo, Alejandro Cardenas Moctezuma. Publicación técnica – CENAM “Medición y calibración de Fuerza”, CNM-MMS-PT-004, 1^{ra} edición octubre 2005
- [4] Daniel A. Ramírez Ahedo, Jorge C. Torres Guzmán, J. Jesús Galván Mancilla. Publicación técnica – CENAM “Metrología de Par Torsional”, CNM-MMF-PT-002, 2^{da} edición octubre 2005.