

**SISTEMA DE CONTROL PARA EL PATRÓN NACIONAL DE PAR TORSIONAL**

J. Galván, D. Ramírez, J. Torres

Centro Nacional de Metrología CENAM

km 4,5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro, México

Tel. (52) 4 211 0500, e-mail : jgalvan@cenam.mx

**Resumen:** El desarrollo continuo de la tecnología y el aumento de su complejidad, demandan intervalos de medición más amplios, una mayor exactitud y una mayor diversidad de los patrones que se emplean para establecer las unidades o sistemas de medida. La metrología de Par Torsional es de gran importancia y es una magnitud de uso común en los sectores industrial, técnico y científico de nuestro país. La realización, cuantificación y diseminación de esta magnitud con los más altos niveles de confiabilidad en México, son tareas asignadas al Laboratorio de Par Torsional del CENAM.

Para la realización de esta magnitud se cuenta con el Patrón Nacional de Par Torsional el cual es un sistema, que en su diseño original, era operado manualmente lo que originaba un elevado uso de horas-hombre en el desarrollo de una calibración. El presente trabajo muestra la automatización del patrón y los beneficios que se obtienen al contar con un sistema basado en el control automático.

**Abstract:** The continuous development of the technology and the increase of its complexity, demands wider intervals of measurement, a greater exactness and a greater diversity of the standards used in order to establish the units or measuring systems. Torque metrology is of great importance and a quantity of common use for industry, technical development and research. The realization, quantification and dissemination of this quantity is a task assigned to CENAM's Torque Laboratory.

For the dissemination of this quantity the Torque National Standard relies on a system, which, in its original design, was operated manually originating high consumption of man-hours in the development of a calibration. This work presents the standard automation and the benefits of the automatic control system.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Par Torsional es una magnitud derivada de la Fuerza aplicada a un cuerpo, a una distancia perpendicular a un eje, tal que se genere en él una rotación alrededor de ese eje. Para la realización de esta magnitud, el laboratorio cuenta con el Patrón Nacional de Par Torsional que es una máquina diseñada y construida en cooperación con el Phisikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania. Fue la primer máquina en su tipo a nivel mundial y esta basada en un sistema de transferencia formado por un conjunto de transductores de alta exactitud, un motor - reductor de velocidad, un sistema de alineamiento, un cojinete de aire como elemento de apoyo, una placa de contra reacción y un sistema automático de control.

Actualmente, la aplicación del par requerido se efectúa por medio del sistema de control que opera bajo un programa automático. En su forma original el patrón operaba en modo manual y la aplicación del par requerido en el proceso de calibración se efectuaba por medio de botones que controlaban el arranque y paro del motor, la velocidad del motor, la fuerza del par aplicado, el sentido de giro del motor. La adquisición de las lecturas se hacía manualmente anotándose en una bitácora. Este proceso manual requería demasiadas horas - hombre para la realización de una calibración.



mediciones durante una calibración. Todo es operado manualmente por el metrologo, haciendo un proceso de calibración largo y con elevado empleo de horas-hombre.

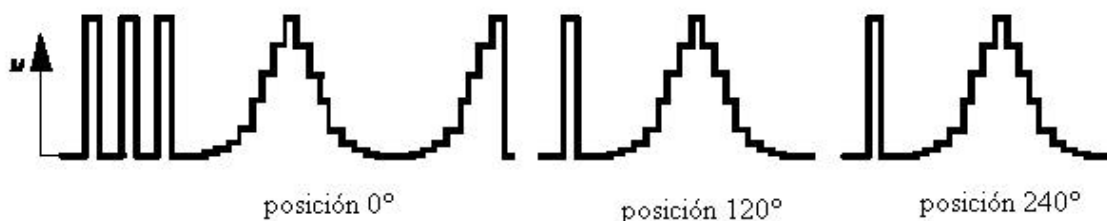


Figura 2. Secuencia de calibración en Par Torsional.

### 3. AUTOMATIZACIÓN DEL PATRÓN NACIONAL DE PAR TORSIONAL

#### 3.1 Lógica de control

Se estructuró la lógica de control para la realización del programa de la siguiente forma:

- ✧ Primero arranca el motor desde 0 hasta el 100% del alcance de medición del instrumento a calibrar y para el motor, después de un lapso de 15 s se arranca nuevamente en sentido contrario hasta el valor de 0, espera 15 s y comienza el ciclo hasta realizar 3 precargas.
- ✧ Arranca el motor y para en el 10% del alcance de medición, espera 15 s para toma de lectura del analizador de datos y almacenamiento en hoja de cálculo. Arranca el motor y para en el 20%, tras una espera de 15 s, toma la lectura y continua de la misma forma al punto siguiente (30%), repite la operación sucesivamente hasta el 100%.
- ✧ La secuencia descrita anteriormente se repite en forma descendente, del 100% a 0.
- ✧ El operador realiza el cambio de posición al instrumento y ejecuta nuevamente el programa de control para iniciar la secuencia en la posición a 120° y después a 240°.
- ✧ Este mismo procedimiento se ejecuta tanto en sentido horario como en sentido antihorario; todo de acuerdo a la secuencia de calibración mostrada en la Figura 2.

## 3.2 Material y equipo utilizado

### Software

Windows 95	LabVIEW versión 5.0	NI-DAQ ver. 6.1
------------	---------------------	-----------------

### Hardware

PC pentium	Tarjeta PC-DIO 24 PNP	Tarjeta de interfase PC - Sistema de control	Tarjeta para la etapa de potencia
------------	-----------------------	--	-----------------------------------

#### 3.2.1 Software de programación

Se utilizó el lenguaje de programación LabVIEW, por su versatilidad y facilidad de uso. Trabaja en Windows, utilizando notación en diagrama de bloques y lenguaje gráfico “G”.

#### 3.2.2 Etapa de control

Para desarrollar la interfase de la PC al sistema, se integró la tarjeta de interfase de entradas y salidas digitales PCDIO24 PNP de National Instruments. Esta tarjeta funciona con un ambiente de programación de instrumentación virtual (LabVIEW) y una etapa de potencia. La tarjeta maneja entradas y salidas digitales, cuenta con 3 puertos (A, B y C) y 24 líneas digitales ó 24 canales de entrada y salida digitales. Los puertos se pueden configurar como entradas o salidas, es compatible con lógica TTL.

Para la operación de la tarjeta se utilizó un manejador de interfases, el NI-DAQ DRIVER Software de National Instruments. NI-DAQ son unas librerías de funciones que el programa llama en su operación para realizar la interfase. Estas funciones incluyen:

Adquisición de datos	Digital, entradas y salidas	Conteo/Tiempos Operativos
----------------------	-----------------------------	---------------------------

#### 3.2.3 Tarjeta de interfase PC-Sistema de control

Para hacer la conexión entre la salida de la tarjeta PCDIO 24, instalada dentro del CPU de la computadora, y la etapa de potencia se hizo una tarjeta de interfase. En el conector de 8

pinos, en los pines 1 y 2 se encuentran la diferencia de potencial eléctrico (5 Vcc) y la tierra (fuente eléctrica de la computadora), del pin 3 al 8 son las salidas digitales, [Figura 3].

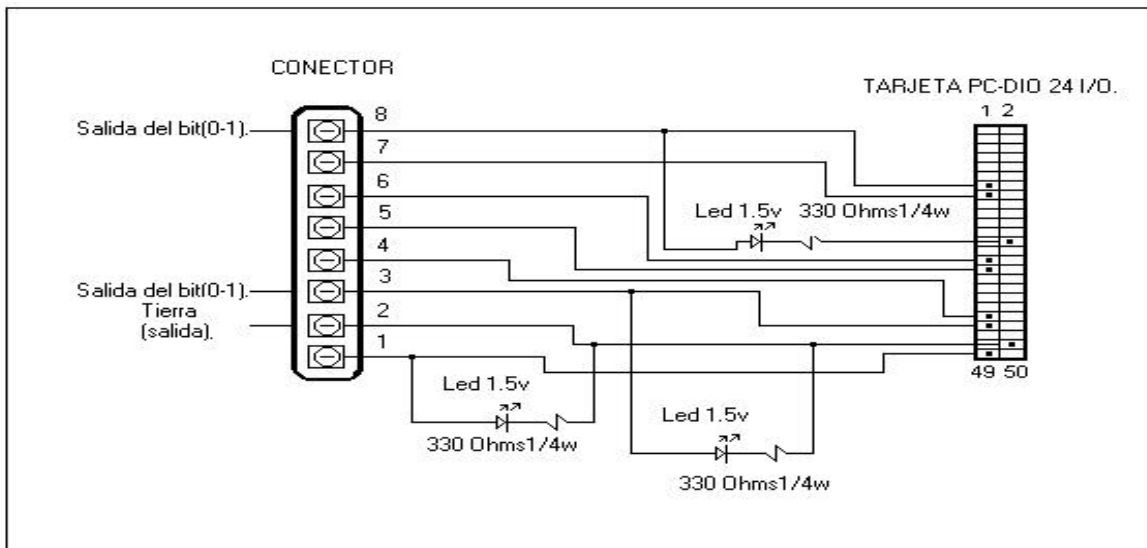


Figura 3. Tarjeta de interfase PC-Sistema de control.

### 3.2.4 Etapa de potencia

Para la etapa de potencia se integraron 2 contactores eléctricos de 127 V/60 Hz al sistema de control ya existente y controlados por la tarjeta de potencia, [Figura 4].

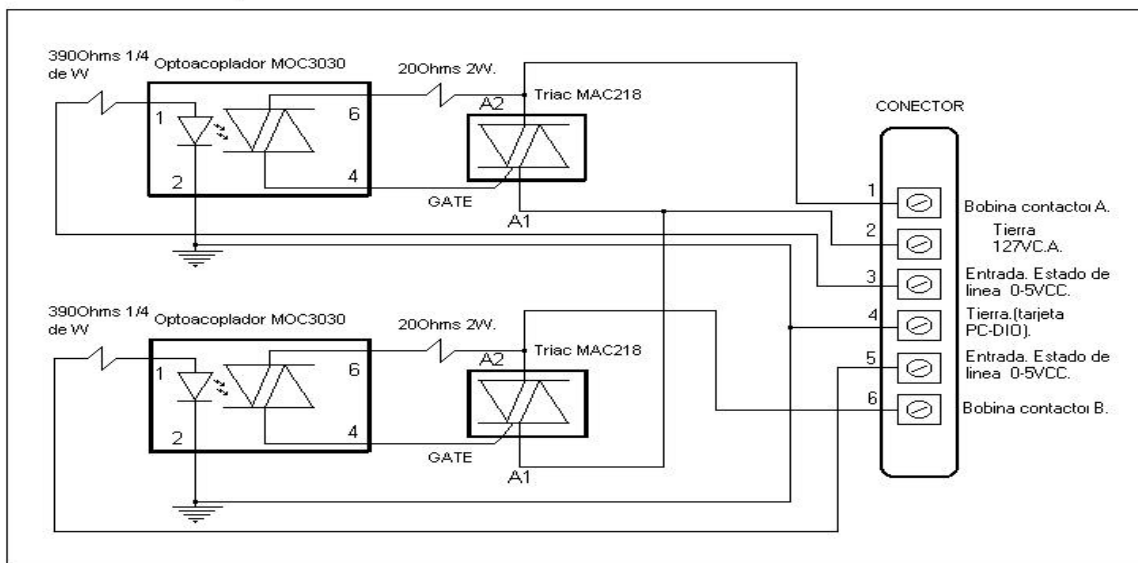


Figura 4. Tarjeta de potencia.

### 3.3 Programa de control

El programa se ejecuta siguiendo el procedimiento de calibración [2.1] y la lógica de control [3.1]. La calibración se inicia con la toma de lecturas de tres precargas a carga máxima. El programa automático realiza las tres primeras series en posición 0°. Se divide en ocho puntos proporcionales el tiempo de operación al alcance de medición (tiempo total en llegar a la carga máxima, ya que el programa opera en función de temporizadores) y en cada punto se toman las lecturas [Fig. 6]. La primer lectura se hace al 10% del alcance máximo de medición y así sucesivamente hasta llegar a los 8 puntos de lectura en el 100% del tiempo definido. En las primeras series se toma una lectura de ascenso y descenso, y después otra en ascenso para regresar a cero par aplicado en un tiempo constante.

El programa se detiene después de las tres primeras series para que el instrumento sujeto a calibración pueda girarse a 120° y continuar con una precarga. En la siguiente serie el programa toma 8 puntos en incrementos de 10% hasta llegar a 100%, en ascenso y en la misma proporción toma lecturas en descenso. Esta misma serie se repite para 240°, [Fig. 2].

Para el proceso de calibración se requiere un programa abierto, que realice la calibración de una manera automática y que se ajuste para cualquier alcance de medición del instrumento a calibrar, dentro del intervalo de 1Nm hasta 2kNm. El programa deberá contener en cada uno de los puntos de comparación una subrutina de tiempos de espera para poder tomar la lectura del analizador de datos (toma la lectura de los transductores ya sea en mV/V o Nm).

#### 3.3.1 Modo de programación

La programación se diseñó para ejecutar las subrutinas requeridas para una calibración. En la programación se utilizaron secuencias, casos booleanos de falso o verdadero, ciclos “for”, “while”, contadores, y un sin número de controladores e indicadores. Para los datos

de salida hacia el puerto se utilizó un subprograma configurado para que escriba el estado de línea en el puerto. En el programa se repite el mismo procedimiento, las subrutinas comprenden poner al bit en estado alto o bajo, en dos diferentes líneas de direccionamiento.

### 3.3.2 Estructura del programa de control

El programa de control esta estructurado para enlazar la lógica de operación con el panel frontal [Fig. 5] y seleccionar el modo de operación deseado; automático o semiautomático.

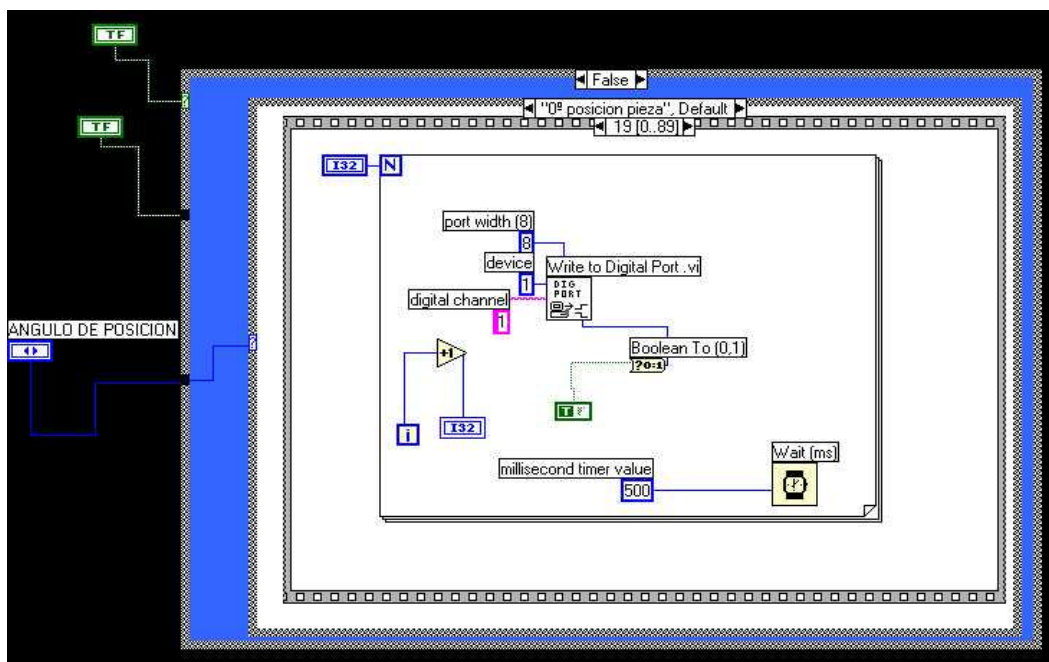


Figura 5. Diagrama de bloques de una subrutina del programa de control.

Al elegir modo **automático** o **semiautomático** del panel frontal, el programa llama un “case”. Si es modo **automático** envía un falso y llama un subprograma con tres casos, el caso 1 corre el programa para la operación a 0°, el caso 2 es para 120° y el caso 3 para 240°. Para cada caso existe un programa que envía un bit al puerto en estado alto o bajo, con subrutinas de tiempo variable. Si eligió modo **semiautomático** envía un verdadero y ejecuta un subprograma que pregunta el sentido de giro, dado con booleano falso o



verdadero, si es falso opera el sentido horario, si es verdadero el antihorario. Para operar estos casos, se cuenta con un botón booleano que los activa o desactiva, el botón apaga y prende directamente el motor. Todos los subprogramas utilizan secuencias de operación, estas sirven para realizar la operación de escribir al puerto el número de veces que se requiera. Cabe hacer mención que toda la parte de automatización (software, tarjetas, etc.) se integró al sistema de control ya existente que operaba manualmente el Patrón [Fig. 7].

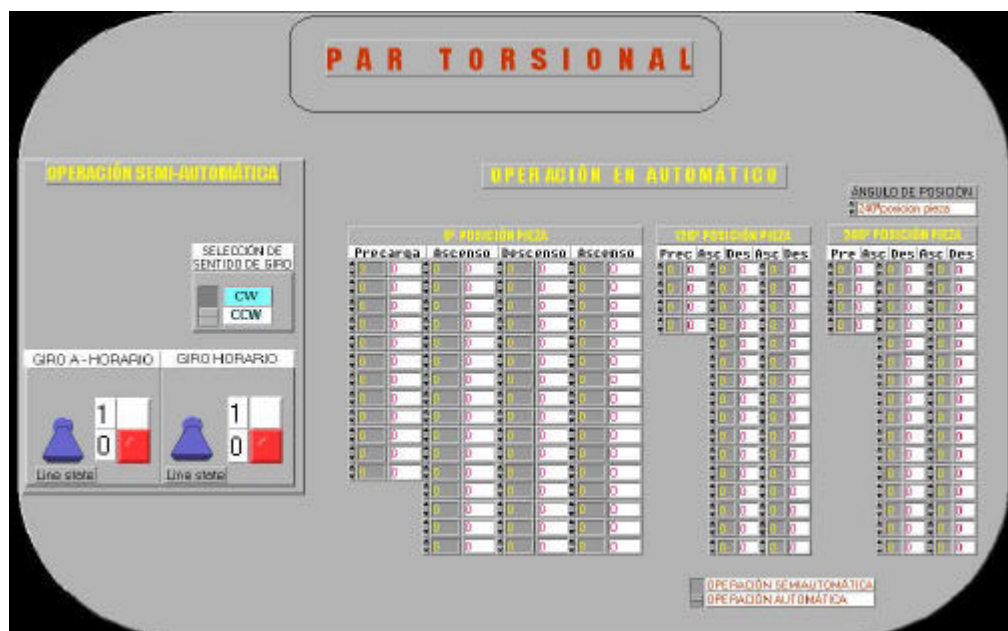


Figura 6. Panel frontal de control.



Figura 7. Sistema de Control del Patrón Nacional de Par Torsional.

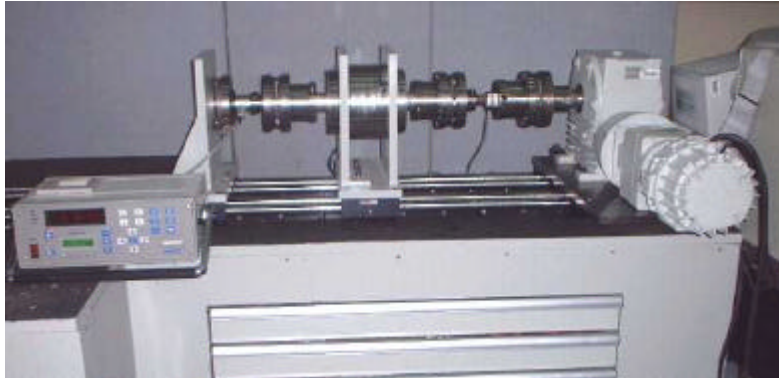


Figura 8. Patrón Nacional de Par Torsional.

## CONCLUSIONES

El sistema de control automatizado otorgó una serie de beneficios en la operación y uso del patrón de par torsional. Dentro de estos beneficios se cuentan:

- ✧ Reducción considerable en tiempo de calibración de un instrumento de medición,
- ✧ Mínima intervención del metrólogo durante la calibración,
- ✧ Mejor control sobre las variables involucradas en el proceso,
- ✧ Mayor control en la toma de lecturas, asegurando una mejor calidad de las mediciones.

Se recomienda mejorar la secuencia de operación del programa de control para arrancar y parar el motor en los puntos de medición deseados, el programa trabaja actualmente en base al tiempo, la secuencia deberá realizarse en función de la relación de diferencia de potencial eléctrico a unidades de medición,  $mV/V - Nm$ . Otra recomendación es tener la adquisición de datos en forma automática con la comunicación del indicador y la PC.

## BIBLIOGRAFÍA

- D. Ramírez, J. Torres, J. Galván, *Metrología de Par Torsional*, (CENAM), 45, (1999).
- J. Galván, D. Ramírez, *Calibración de dispositivos de medición de Par Torsional*, procedimiento de calibración 722-AC-P.131, (CENAM), 6, (2001).