

## MEDICIÓN DE CIRCULARIDAD

M. Arsiniega<sup>(2)</sup>, D. Bellelli<sup>(1)</sup>, B. Gastaldi<sup>(1)</sup>, J. M. Lerda<sup>(1)</sup>, R. Milne<sup>(1)</sup>, Y. Sabadin<sup>(2)</sup>, M. A. Tabbia<sup>(1)</sup>

bellelli@inti.gob.ar

<sup>(1)</sup>Depto. de Mediciones y Calibraciones Ind. Centro – Laboratorio de Metrología Dimensional y Presión

<sup>(2)</sup>FCEFYN - UNC

Palabras Clave: error de circularidad; incertidumbre de circularidad, separación de errores

### INTRODUCCIÓN

La medición de formas abarca desde la determinación de rectitud o planitud, hasta la cilindridad y la circularidad, pasando por el paralelismo o la perpendicularidad. Las piezas fabricadas que forman parte de componentes móviles de una máquina deben respetar las tolerancias de diseño por lo que es necesario conocer y cuantificar la magnitud del defecto de forma que los caracteriza. Esta medida será un indicador de calidad del producto, del óptimo o inadecuado funcionamiento de las máquinas donde se emplearan dichas piezas.

Los equipos utilizados para medir los defectos de forma son las llamadas máquinas de medición de forma o de errores de forma. Estos instrumentos son de dos tipos básicos: de mesa giratoria, en los que gira la pieza, mientras el palpador permanece estacionario en contacto con ella o de palpador giratorio, en el cual la pieza permanece estacionaria, mientras el palpador gira en torno a ella en contacto con su superficie (Figura 1).

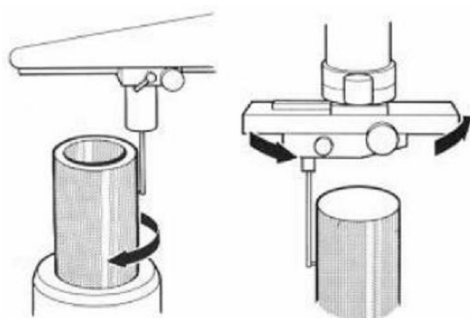


Figura 1. Medición de forma con mesa giratoria o con palpador giratorio

### 1.1 Errores de circularidad

Esta medición releva completamente el contorno de la pieza y la determinación de la circularidad se realiza a partir de la evaluación de irregularidades características (ondulaciones y distancias pico – valle) que surgen en la pieza

como consecuencia de las operaciones de mecanizado (Figura 2).

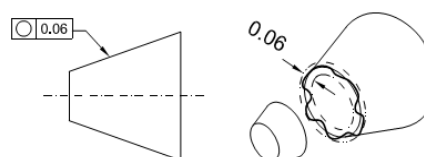


Figura 2. Medición de circularidad sobre pieza cónica con tolerancia de 0,06 mm

Estos equipos usan los datos de medición para generar círculos de referencia, cuyas dimensiones definen el valor de circularidad. Los datos crudos son procesados por el método de mínimos cuadrados, este establece que el círculo es ajustado al perfil medido, de modo que la suma de los cuadrados de los alejamientos de los datos del perfil desde este círculo es un mínimo (Figura 3). El valor de circularidad es entonces definido, como la diferencia entre los máximos alejamientos del perfil desde este círculo (pico más alto a valle más bajo).

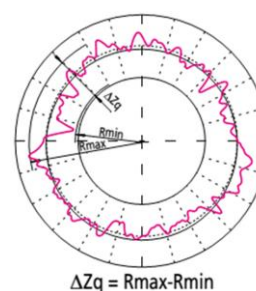


Figura 3. Método del círculo de mínimos cuadrados

### 1.2 Información de la señal

Los valores obtenidos en la medición de circularidad medidos son afectados enormemente por la variación del valor del filtro de corte utilizado. Es necesario fijar el filtro apropiadamente según la evaluación requerida. La señal obtenida de la medición (Figura 4) se puede descomponer en señales más simples de diferentes frecuencias. Cada una de estas señales simples describe diferentes

características de la pieza sometida a medición. Por lo tanto, aplicando el filtro adecuado es posible analizar una o más características individuales de la pieza en cuestión. Por ejemplo: el primer armónico indica excentricidad de la pieza con relación al eje de rotación del equipo de medición o desde la quinta hasta la quinceava armónica se aprecian las marcas de la herramienta sobre el material o defectos del proceso de mecanizado como se puede apreciar en la figura 5.

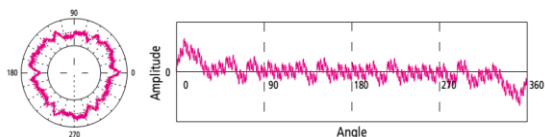


Figura 4. Datos crudos de una medición de circularidad

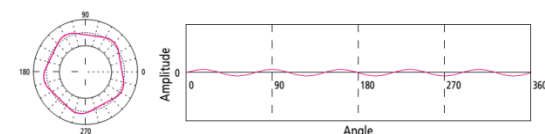


Figura 5. Desbalance en el método o proceso de maquinado, marcas de la herramienta sobre el material o por efecto del proceso de mecanizado

### OBJETIVOS

Brindar el servicio de calibración de patrones de circularidad para desarrollo de método de calibración de máquinas de circularidad de menor capacidad, como también calibración de patrones de circularidad, anillos y tapones patrón. Medición de palpadores y esferas para desarrollo de nuevos sistemas de medición en MMCs. Participar en intercomparaciones y control de agencias SAC.

### DESARROLLO

Se utilizó un plato neumático federal de un antiguo equipo de circularidad analógico como mesa giratoria, un palpador digital con su módulo de visualización para el relevamiento de la pieza a medir, una placa de adquisición de datos para la capturar las mediciones generadas por el módulo de visualización del palpador digital, un dispositivo de estabilización térmica del aire comprimido que alimenta el plato neumático, un encoder rotativo acoplado a la mesa giratoria y un sensor láser para generar las señales de control del sistema de medición. Además, un algoritmo de cómputo para el procesamiento de los datos con el cual se aplica diferentes frecuencias de cortes, un método de separación de errores y el cálculo de incertidumbre de la medición.

### RESULTADOS

La forma común de expresar los resultados es en su representación polar, útil para apreciar a

simple vista los picos y valles del perfil de la pieza medida y la posición angular de los mismos (Figura 6). La mejor capacidad alcanzada por el método,  $U(k=2)$  es de 70 nm.

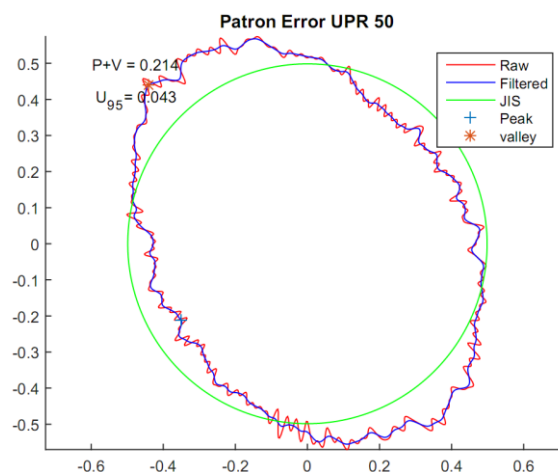


Figura 6. Medición de un anillo de 80 mm de diámetro en el que se aprecia la señal sin procesar, la señal luego de aplicar un filtro con una frecuencia de corte  $\omega_c = 50$  UPR y el círculo de mínimo cuadrados

### CONCLUSIONES

Se validó el sistema y el algoritmo de cómputo calibrando una semiesfera patrón calibrada por el PTB, luego se participó en una intercomparación internacional de patrones de diámetros entre 10 laboratorios, logrando resultados muy satisfactorios (Figura 7).

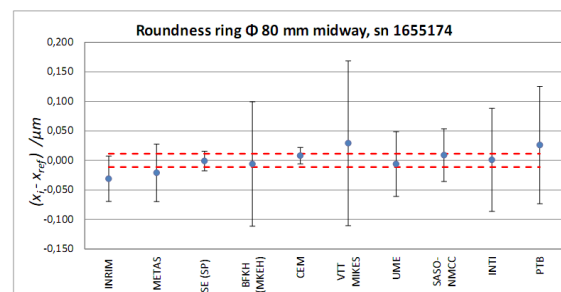


Figura 7. Resultado de la medición de circularidad d anillo de 80 mm incluido en la intercomparación de patrones de diámetro EURAMET.L K4.2015

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASME B46.1. "Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay)", American Society of Mechanical Engineers, 2009

ASME 89.3.1. "Measurement of Out of Roundness", American Society of Mechanical Engineers, 1972

ISO/TS 12181.1. "Part 1: Geometrical product specifications – Roundness", "Part. 2: Specification operators", International Organization for Standardization, 2011

Bala Muralikrishnan; Jay Raja "Computational Surface and Roundness Metrology". Springer, London, 2019.