

**RESUMEN** El ángulo de álabe de rodete de una turbina Kaplan es definido por cada fabricante, no existiendo una norma o metodología universal para su determinación y calibración. En un proceso de renovación de los elementos de control y regulación de una turbina resulta fundamental verificar la calibración de los órganos de regulación, con el fin de acompasar su precisión con los nuevos instrumentos, garantizando el correcto ajuste a combinatoria que permite obtener la máxima eficiencia. En este trabajo se consultó al fabricante de las turbinas para definir la referencia del ángulo y se estableció una metodología de medida basada en escaneos con instrumentación laser. La metodología establecida permitió reducir al mínimo los tiempos de indisponibilidad necesarios para el relevamiento y obtener resultados con una precisión absoluta de  $\pm 0.07^\circ$  para cada álabe y  $\pm 0.03^\circ$  para el valor medio utilizado en la combinatoria.

**Palabras clave:** álabes, palas, rodete, Kaplan, calibración, laser, 3D, ángulo, escaneo, vibraciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Referencia $0^\circ$

El fabricante define el  $0^\circ$  de referencia en base a una distancia definida entre el borde de fuga del álabe y una brida del cubo del rodete.

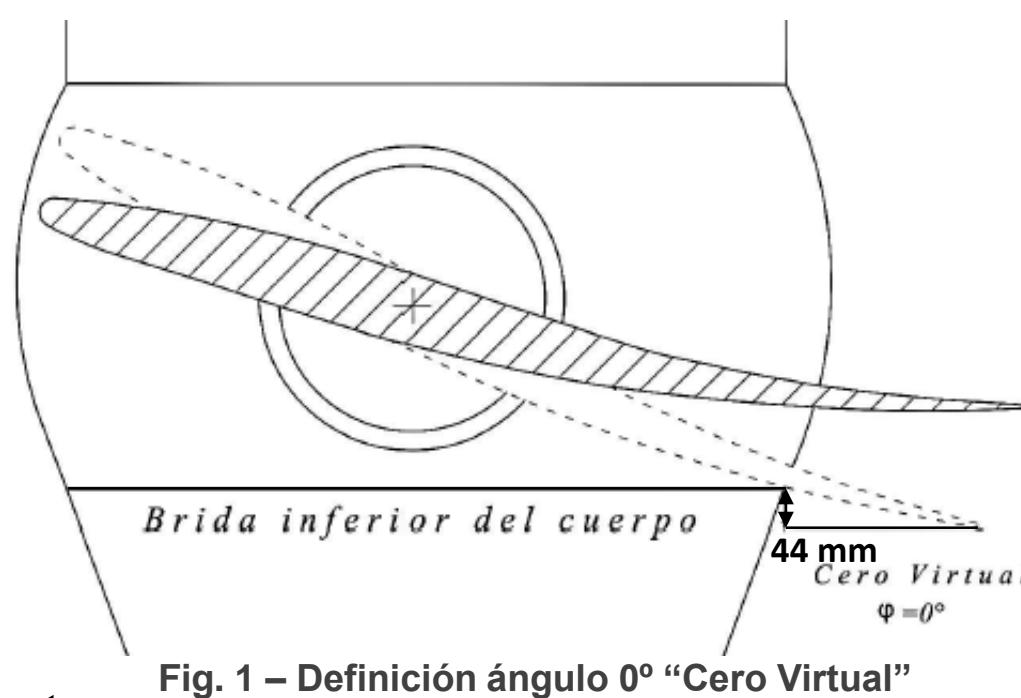


Fig. 1 – Definición ángulo  $0^\circ$  "Cero Virtual"

### Metodología de relevamiento

Se contrataron los servicios de un agrimensor, el cual mediante el uso de un Faro Laser TRIMBLE TX5 relevó una nube de puntos desde una plataforma bajo el rodete para diferentes posiciones del mismo. A partir de estos datos se define el  $0^\circ$  y se obtiene el resto de los ángulos.



Fig. 2 – Escaneo de rodete

En cada posición se registra la indicación de la referencia en el cabezal Kaplan medida con un sensor magnetorrestriectivo MLDT.



Fig. 3 – Sensor MLDT

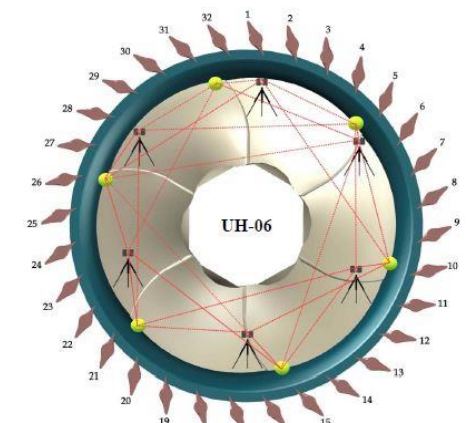


Fig. 4 – Puntos de escaneo

## RESULTADOS

Se obtiene una nube de puntos donde se pueden realizar medidas y verificaciones de forma con una precisión de aproximadamente  $\pm 2$  mm.

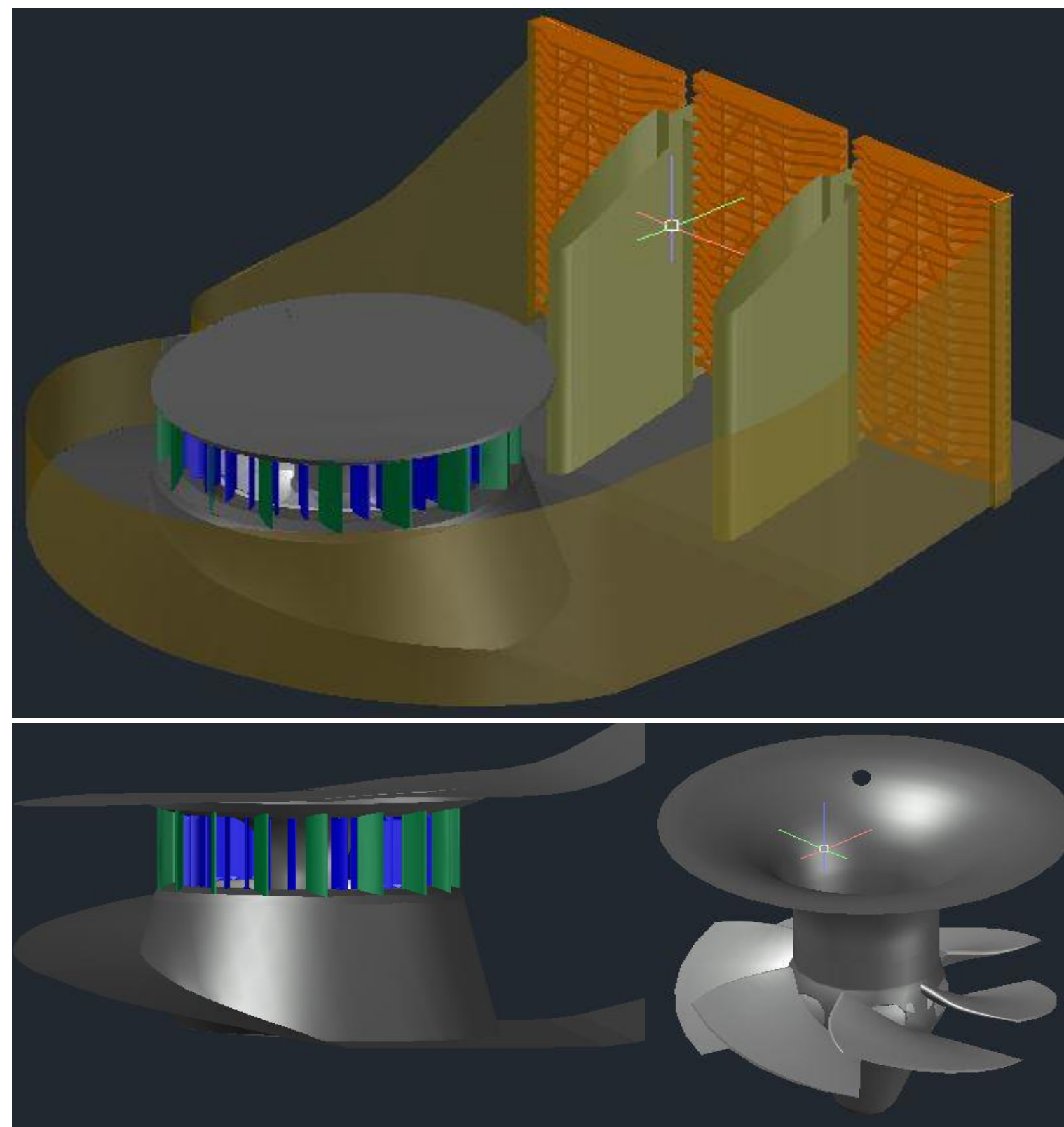


Fig. 5 – Representación 3D de cámara espiral y rodete a partir de escaneo.

El  $0^\circ$  de referencia se establece con una precisión absoluta de  $\pm 0.036^\circ$ , y el resto de los ángulos con un precisión relativa similar, obteniendo precisiones absolutas de  $\pm 0.07^\circ$ .

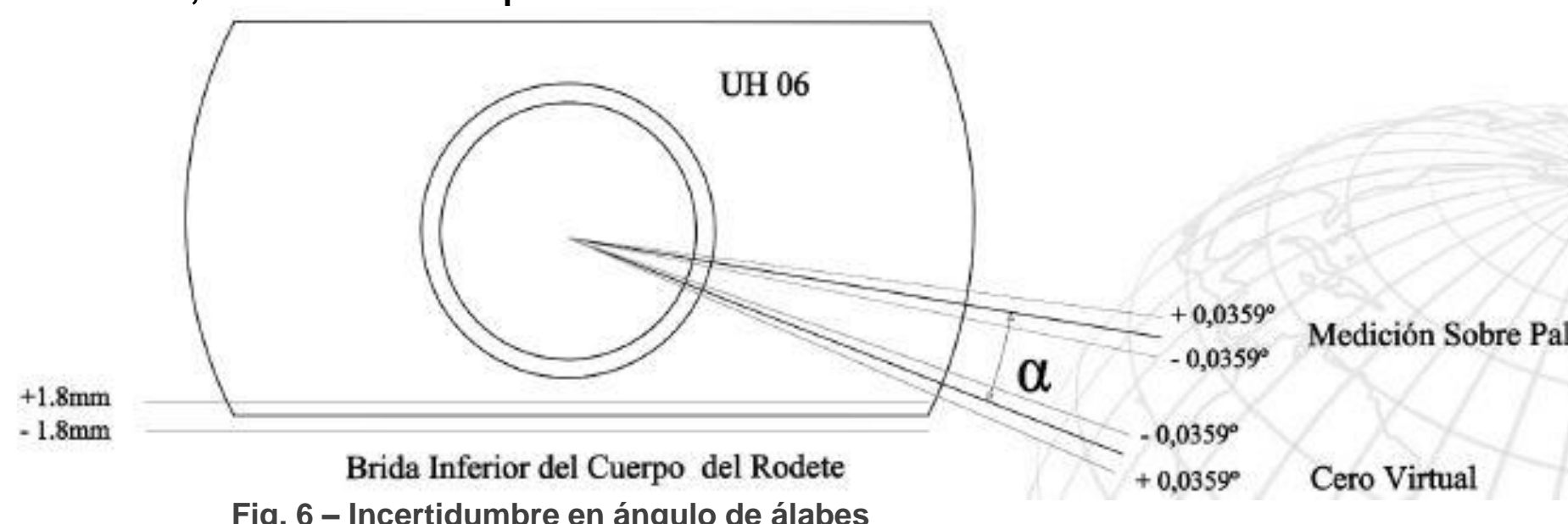


Fig. 6 – Incertidumbre en ángulo de álabes

## CONCLUSIONES

La metodología permite obtener medidas con una precisión acorde a la nueva instrumentación y los objetivos de mejorar el ajuste a combinatoria.

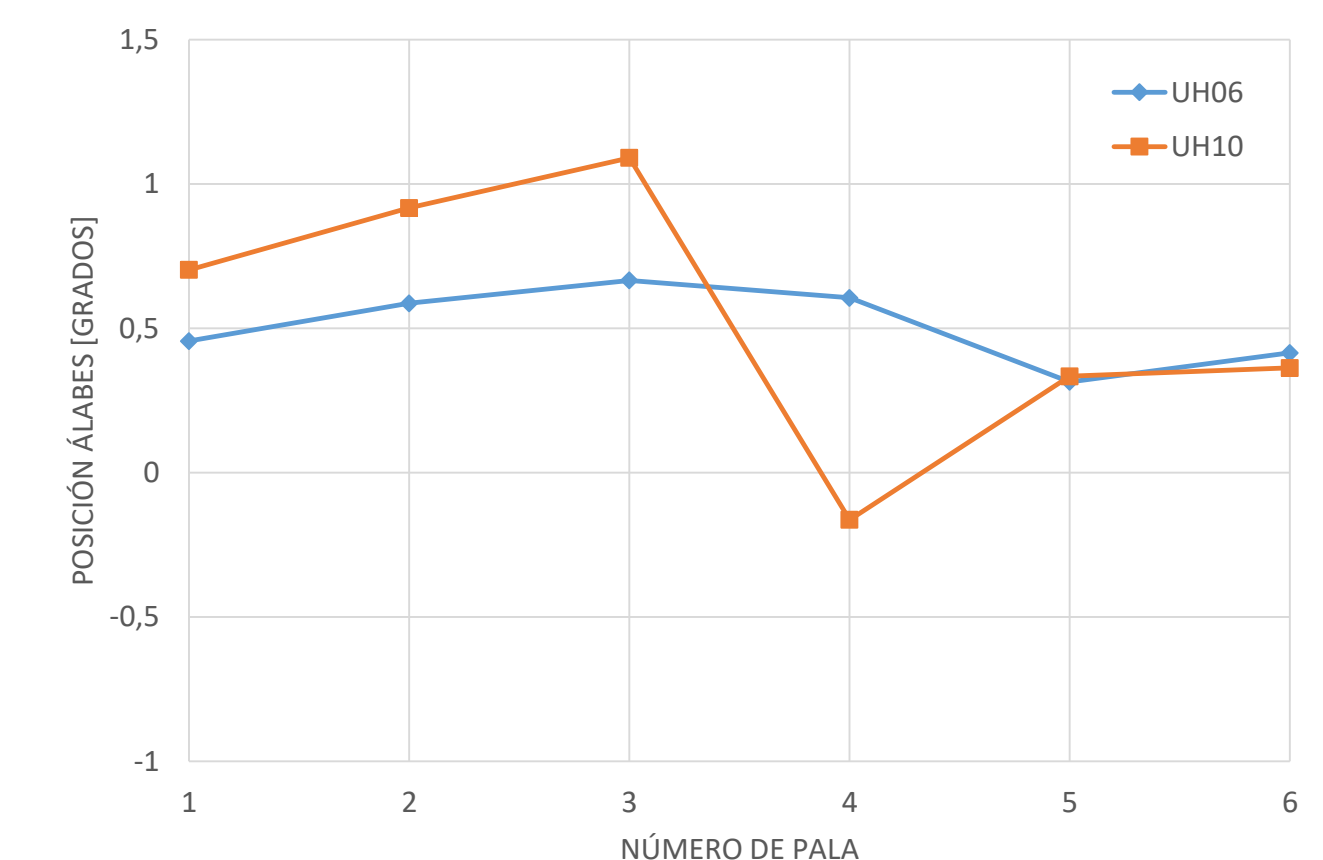


Fig. 7 – Diferencias angulares en palas UH06 y UH10

A su vez se obtiene información sobre diferencias en la posición de cada álabe que puede vincularse a las medidas de vibraciones.

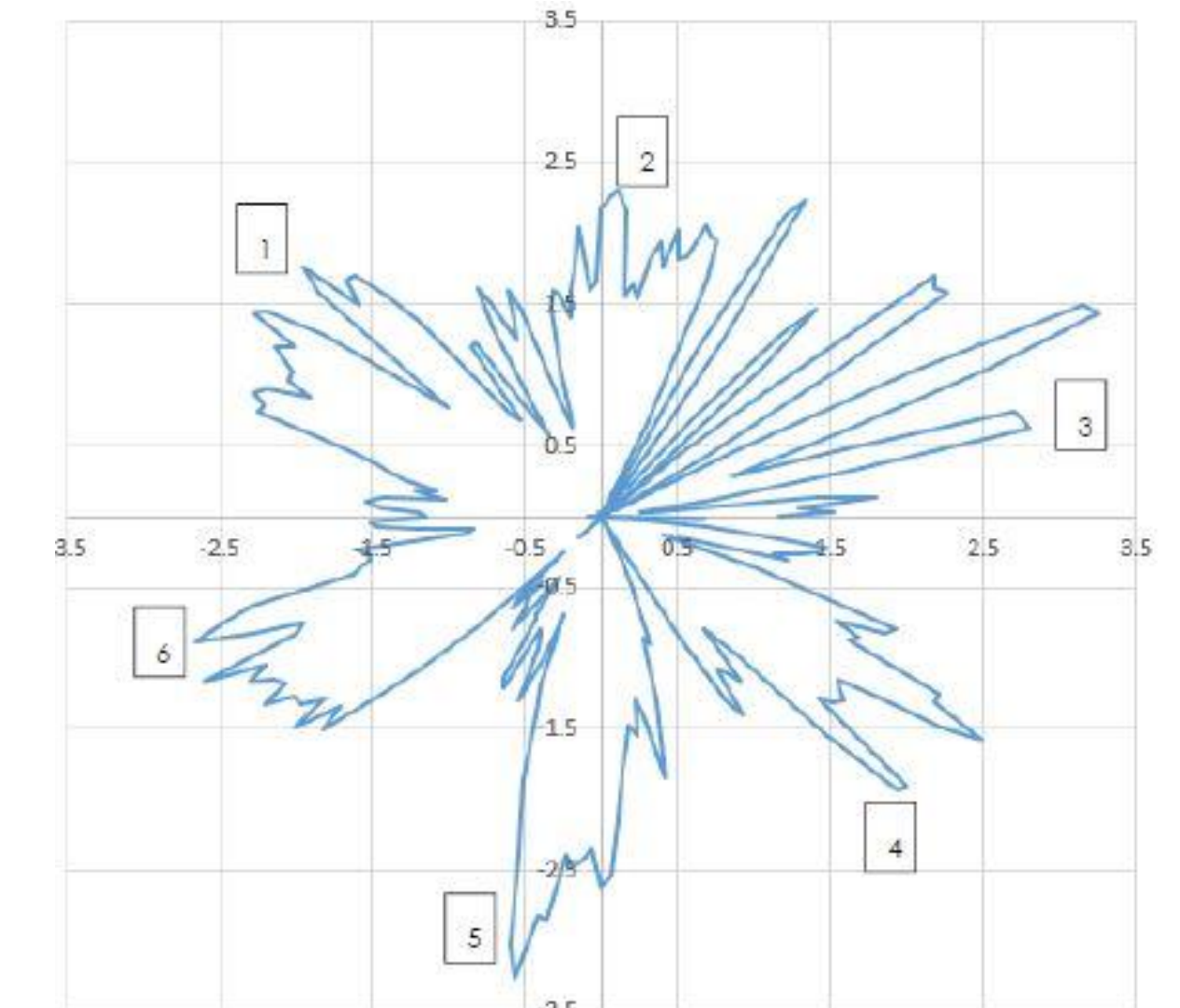


Fig. 8 – "Polar Waveform" promedio vibración cojinete UH10

## BIBLIOGRAFÍA

- Cataldo, J., Rodríguez, N, y Rovira; I, "ANÁLISIS DEL EFECTO DE LAS INCERTIDUMBRES SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL", Acuerdo CTM-SG y FJR, 2020
- Amato, Walter, "SERVICIO DE ESCANER LÁSER 3D UH10 Y UH06", Junio 2020 y Junio 2021
- Turboatom "DIBUJO ESQUEMÁTICO DE COORDENADA DE BORDE DE SALIDA DE PALA A RODETE"
- T. Foggia, S. Cuby, P. Roumieu, M. Shaw, L. Tomas, P. Gavin, H. Piot "REFURBISHMENT OF CNR'S LOW HEAD TURBINES AT THE BEAUCAIRE SCHEME"