

Vibraciones no lineales en maquinaria industrial

Fernando Bolaños Balari (,**) y Daniel Torres Tomás (**)*

() Bruel & Kjaer Ibérica, S.A., (**) Ingeniería La Salle (Barcelona)*

INTRODUCCIÓN

En la maquinaria rotativa industrial se da, con relativa frecuencia, la presencia de vibraciones de origen no lineal. Estas vibraciones no lineales pueden hallarse, frecuentemente, por causa de procesos muy irregulares, así como por defectos estructurales, en los que la rigidez de alguna estructura o subestructura presenta carácter no lineal, tal podría ser el caso de fundamentos o bases no planas, elementos estructurales con tensiones residuales, etc.

No obstante uno de los casos más típicos de comportamientos no lineal, suele presentarse en maquinaria de muy alta velocidad de rotación, en maquinaria con cojinetes antifricción y en ejes en los que es posible la presencia de velocidad crítica (o velocidades críticas) en el campo de velocidades de trabajo de estos equipos.

En la bibliografía, pueden consultarse algunas de las manifestaciones espectrales que tienen lugar en estos sistemas físicos, con estas características. El conocimiento de estas manifestaciones es fundamental, para el diagnóstico de cualquier anomalía y su solución, o cuanto menos, mejora. No obstante, hay que tener en cuenta que las manifestaciones no lineales, tanto en los estados estacionarios de trabajo, como los de respuesta frecuencial; aunque son muy plurales, también es cierto que pueden darse agrupaciones, aunque no únicas, de “familias de rasgos característicos”.

ESTUDIOS DE UN TURBOCOMPRESOR CENTRÍFUGO

La figura 1 muestra el esquema de la instalación que nos ocupa, en ella se señalan, también los niveles vibratorios hallados en esta instalación, en cada uno de los cojinetes, en dos direcciones normales entre sí, denominadas Vertical y Horizontal. Los sensores utilizados en estas medidas han sido los transductores de desplazamiento o de corrientes de Foucault. Estos sensores están destinados, entre otras aplicaciones, a la traza de la órbita de diversas secciones del rotor, en este caso, del Compresor, estas órbitas se trazan a modo de curvas de Lissajous. Naturalmente, estas señales pueden tratarse, como las acelerométricas, realizarse sus Transformaciones de Fourier, análisis de señales temporales, etc, etc.

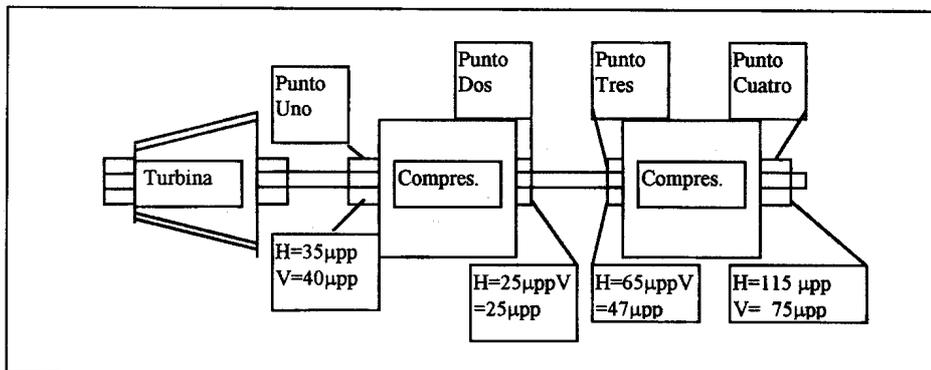


Figura 1

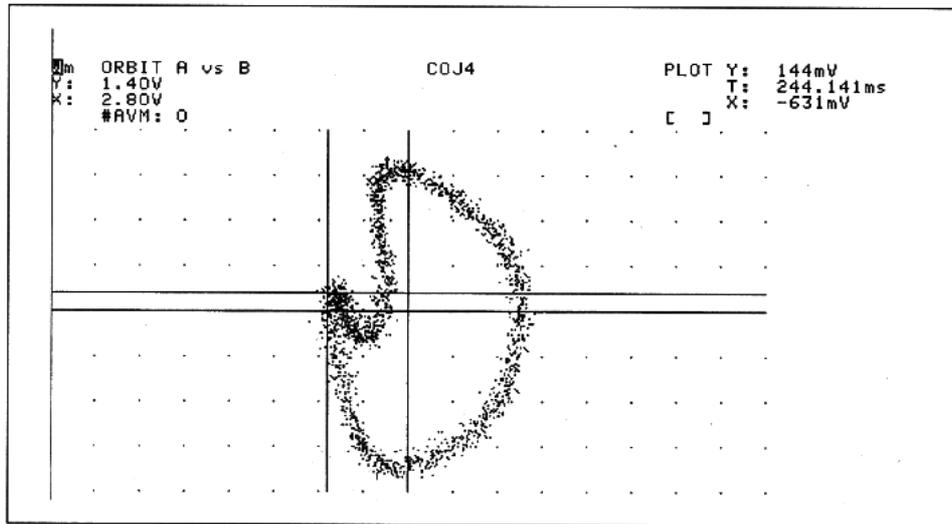


Figura 2

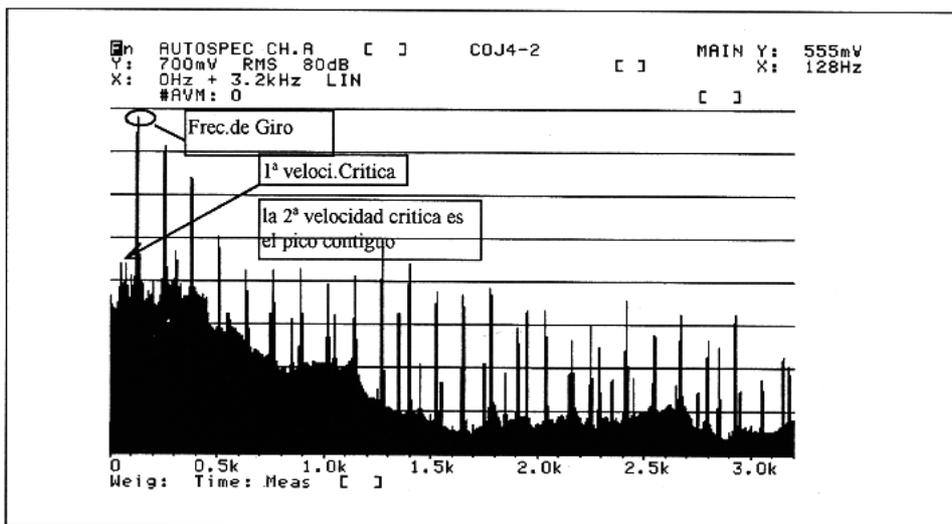


Figura 3

En la instalación que nos ocupa hay que tener en cuenta los parámetros siguientes:

Frecuencia Rotación Compresor: 128Hz.

Juego o holgura total cojín.4=0.22 mm

Obsérvese que las medidas se han realizado en valores de pico a pico (pp), y que los valores se presentan en micras (μ). Es muy importante observar el gran valor observado en el punto de medida 4 del Compresor, en cuya dirección Horizontal el nivel total hallado fue de 115 μ pp, lo que es, en general, totalmente inaceptable, y sospechoso de riesgo grave de desencadenamiento de problemas aún mayores y potencialmente catastrófico para la instalación.

Con objeto de diagnosticar las causas potenciales de esta vibración, tan violenta, en el cojitene 4 se procedieron a la medida y análisis de datos como veremos a continuación.

Durante la presentación de esta comunicación se mostrará la **baja repetibilidad** de algunas de las experiencias de diagnóstico realizadas, tales como los diagramas de Bode en los arranques o las paradas del equipo rotativo (magnitud y fase).

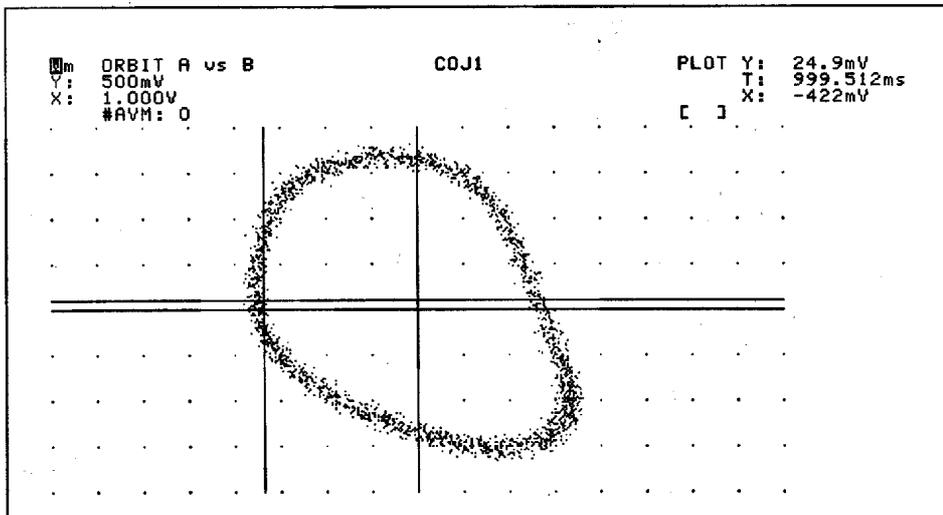


Figura 4

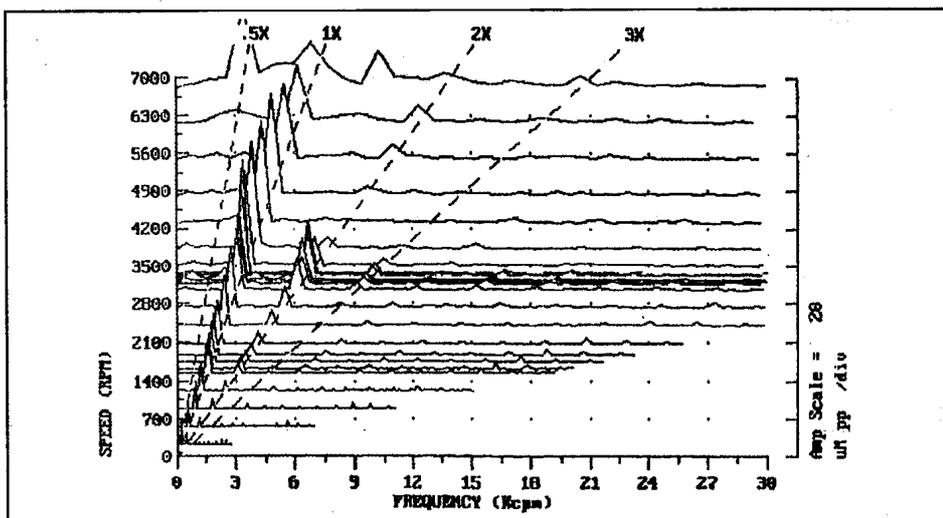


Figura 5

En la figura 2 puede observarse el movimiento orbital del cojinete 4, en el que aparece un impacto claro del rotor, en la zona en la que la redondez de la órbita es la peor (donde se produce una doblez de radio contrario al de la órbita). Este golpe es claro. A modo de referencia de normalidad, observemos la forma geométrica y la escala de la órbita del cojinete nº 1, (en la figura 4) vemos su forma muchísimo más redondeada y su amplitud muy inferior a la reseñada del cojinete 4.

Observemos, además, en la figura 3, el espectro del cojinete 4 dirección Horizontal, el espectro tiene un contenido armónico muy elevado, presenta formación de bandas laterales, que es característico de comportamiento de rotor impactando en cojinete anisotrópico, para algunas relaciones específicas entre la velocidad de giro, frecuencias naturales del rotor del Compresor, y varios datos físicos y geométricos del cojinete 4. Esta formación de bandas laterales, también se comenta en la presentación.

Otra característica importante a tener en cuenta en el análisis espectral es el alto nivel de ruido en la zona del suelo espectral. Este nivel alto de señal "del suelo espectral" es característica, también de impacto

mecánico. Observemos que este nivel es muy superior a baja frecuencia, e incluso las velocidades críticas del rotor en su alojamiento son visibles, estando la primera de ellas en la zona de 50 Hz. Este extremo puede observarse en el diagrama de parada que muestra la figura 5.

En esta figura 5, puede verse claramente un diagrama en cascada de la vibración del cojinete 4, en la dirección de máximo nivel. La figura es explícita, en el contenido armónico de los espectros de parada del turbo-compresor, en la presentación de frecuencias subsincronas en altas velocidades de giro, por inestabilidad de la película de aceite de los cojinetes, y es muy evidente la excitación de la velocidad crítica del rotor, por incremento de **todo el suelo** espectral en la zona de 3.200 RPM aprox., esta zona de frecuencia natural en torno de 53 Hz, ajusta con la hipótesis dada en el espectro individualizado y de nivel logarítmico de la figura 3. Conviene observar que la primera velocidad crítica no se excita muy bien, por no ser ventral en un cojinete extremo. En la presentación se darán detalles de medidas de fases que también contribuyen al diagnóstico de los fallos.

LA “LESIÓN” DETECTADA Y CONCLUSIONES

En el caso que nos ocupa, un fijación deficiente del filtro de aspiración del compresor, hizo que este fuera succionado por el mismo, entrando en el rodete, rompiendo algún alabe, generando desequilibrio mecánico, y provocando choque entre los residuos de filtro y de rodete sueltos y el propio rodete deteriorado en giro. Los experimentos conducentes al diagnóstico y pronóstico de la lesión se realizaron de forma satisfactoria y preventiva de problemas mayores.