

# motor tico

BOLETÍN BI-MENSUAL PREPARADO POR [WWW.MOTORTICO.COM](http://WWW.MOTORTICO.COM), COSTA RICA



MAYO-JUNIO 2017

## La Importancia del Balanceo Dinámico en Máquinas Eléctricas Rotativas

Por: Lic. Martín Lémoli, Analista de Vibraciones Categoría 3 (Argentina) - [mlemoli@hotmail.com](mailto:mlemoli@hotmail.com)

Ing. Daniel Ahumada, Jefe de Producción en Ferroman S.A. (Chile)

**U**na de las principales fuentes de vibración en máquinas eléctricas rotativas es el desbalance mecánico del rotor, lo cual se relaciona con la actuación de fuerzas no deseadas en la máquina. Los departamentos de confiabilidad y mantenimiento deben ocuparse en identificar la presencia de cualquier desbalance fuera de los rangos admisibles para evitar daños prematuros, y evitar así paradas no programadas con las afectaciones respectivas.

### Introducción

Al revisar el desempeño y funcionamiento de cualquier máquina eléctrica rotativa, uno de los aspectos más importantes es constatar que el desbalance mecánico se encuentra dentro de un rango admisible de funcionamiento. Esto se verá reflejado en el estado vibratorio de la máquina. Así, al realizar un análisis de vibración, es posible determinar si la causa-raíz es un desbalance y cuáles medidas son necesarias para corregir esta situación. En este boletín se revisan algunas consideraciones al respecto.

### Definición de desbalance

El desbalance produce un aumento de las amplitudes de vibración en máquinas rotativas. Esta condición se presenta porque el centro de gravedad de un cuerpo que gira no coincide con su centro de rotación. La Fig. 1 muestra un caso de excentricidad, ya que el centro de gravedad y de rotación no coinciden.

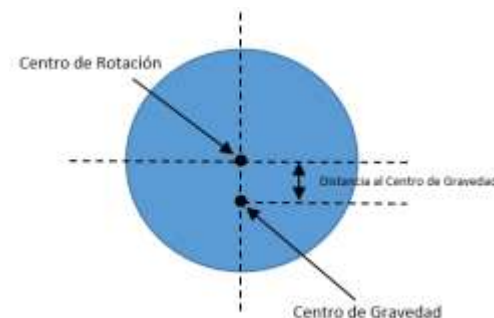


Figura 1 Cuerpo con excentricidad que produce desbalance

La presencia de un desbalance en el rotor provoca la aplicación de una fuerza centrífuga, la cual es proporcional a la velocidad de giro. Si la fuerza es de magnitud considerable, se puede reducir la vida útil de los rodamientos y/o cojinetes hidrodinámicos, lo que a su vez puede incidir en el aumento adicional de la vibración. Las fuerzas causadas por el desbalance son proporcionales al cuadrado de la velocidad, es decir, que

las máquinas de alta velocidad deberán ser balanceadas con mayor nivel de precisión, que aquellas de baja velocidad. La siguiente ecuación explica el desbalance dinámico que opera en un rotor de una máquina:

$$F = mr\omega^2$$

donde  $F$  es la fuerza de desbalance,  $m$  es la masa no equilibrada,  $r$  es la distancia al eje de rotación, y  $\omega$  es la velocidad de rotación. Por ejemplo, cuando dos masas no equilibradas actúan en un cuerpo rotante, aparecen sus respectivas fuerzas perturbadoras, como lo muestra la Fig. 2.

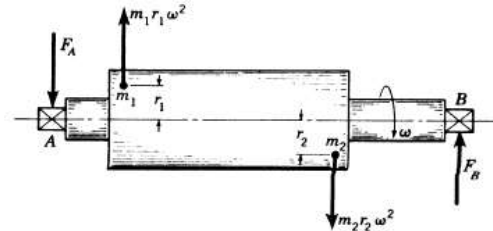


Figura 2 Rotor de máquina mostrando desbalance dinámico en dos puntos  $m_1$  y  $m_2$ .

Entre las causas más comunes en un desbalance están las siguientes:

- Distorsión mecánica o térmica.
- Cavidades en fundiciones.
- Tolerancias de maquinado que permiten errores de montaje.
- Componentes excéntricos.
- Corrosión y desgaste.
- Adhesión de material de proceso o del ambiente.
- Componentes rotos o curvados.
- Defectos ocasionados en la fundición.
- Mala aplicación de las chavetas y chaveteras.
- Tolerancias en los cojinetes o rodamientos.
- Asimetría del diseño.
- Distorsión en servicio.

Para contrarrestar el desbalance producido por cualquiera de las causas anteriores, se recurre a procedimientos de balanceo, dinámico y estático, como medida para disminuir sus efectos perjudiciales.

En resumen, existen dos tipos de desbalance en los rotores: desbalance estático y dinámico. El desbalance estático se da cuando el centro de gravedad no está sobre el eje de rotación. Mientras que el desbalance dinámico es el definido al inicio de esta sección. Ver Fig. 3.

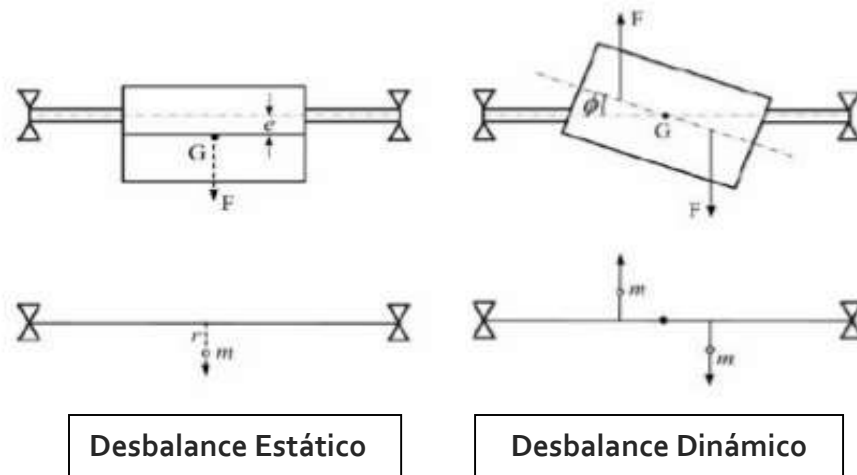


Figura 3 Los dos tipos de desbalance mecánico en rotores

#### Concepto de balanceo dinámico

El balanceo consiste en ajustar la distribución de la masa de una parte rotante, de manera que las fuerzas debido a efectos centrífugos se reduzcan a niveles admisibles. Como efectos del balanceo están los siguientes: *i)* se reduce el consumo de energía en máquinas; *ii)* se reduce los niveles de vibración; y *iii)* se incrementa la vida útil de los rodamientos y/o cojinetes. Se debe aclarar que en la realidad es imposible conseguir un balance perfecto.

Con el balanceo se corrigen o se reducen las fuerzas generadoras de perturbaciones vibratorias. Los esfuerzos sobre el bastidor (Carcasa) de un mecanismo, o sobre los soportes, pueden variar de manera significativa durante un ciclo completo de operación y provocar vibraciones que, muchas veces, pueden alcanzar amplitudes peligrosas, es decir, en rangos no admisibles de funcionamiento. Y, aunque no lo fueran, las vibraciones someten los cojinetes a cargas repetidas que provocan fatiga en las partes de la máquina. La Fig. 4 muestra la forma de compensar la distribución de las masas, para que quede uniformemente distribuida alrededor de su centro de rotación. Con el procedimiento de balanceo se logra acercar lo más posible el centro de masa al centro de rotación.

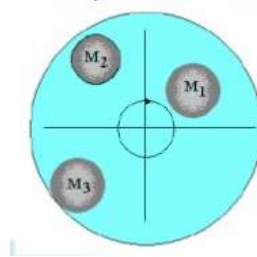


Figura 4 Proceso de balanceo de un cuerpo rotante

Un desbalance permisible o aceptable puede ser determinado por:

- Experiencia o historial sobre máquinas similares.
- En la etapa de diseño por la selección de rodamientos.
- Normas seguidas en la industria (Ej.: ISO 1940/1 o VDI 2060).

#### Caso de estudio

Un motor eléctrico de 1025HP, 3.3kV, 2974RPM presentó problemas de excesiva vibración durante su operación. El motor fue revisado en varias oportunidades por el usuario de forma no exitosa, por lo que el problema persistía. Posteriormente, se realizó un peritaje mecánico más detallado, con lo cual llegamos a la conclusión de que el eje del rotor estaba flectado (doblado). Con esta información, se recomendó detener el motor para evitar un posible daño mayor. La solución planteada a la problemática encontrada fue la fabricación y montaje de un nuevo eje para el rotor. La Fig. 5 muestra una fotografía del motor, detallando el rotor y el eje.



Figura 5 Motor eléctrico de 1025HP balanceado dinámicamente

Uno de los requerimientos más importantes y exigentes para que este trabajo tenga un resultado satisfactorio es realizar un correcto procedimiento de balanceo dinámico en dos planos. El proceso final deberá alcanzar valores de desbalance residual dentro de los niveles exigidos por la normativa utilizada. En este caso, el balanceo del rotor se hizo en dos etapas. En la primera, el desbalance residual alcanzó los niveles de  $918\text{ g}\cdot\text{mm}$  para el plano 1, y  $1.134\text{ g}\cdot\text{mm}$  para el plano 2, con el balanceo realizado a una velocidad de 1.230RPM. En este nivel cumplía con la recomendación de la Norma ISO 1940- Calidad del grado de Balanceo G2.5, sin embargo, este residuo se magnificará cuando el motor gire a la velocidad nominal, transformándose en  $4.350\text{ g}\cdot\text{mm}$  para el plano 1, y  $13.050\text{ g}\cdot\text{mm}$  para el plano 2 a la velocidad de 2974RPM. Esto fue verificado cuando en la máquina de balanceo se hizo girar a la velocidad de régimen. Seguidamente, se hizo un segundo balanceo a una velocidad de 2.974RPM, con un nivel residual de  $1.050\text{ g}\cdot\text{mm}$  y  $600\text{ g}\cdot\text{mm}$  en el Plano 1 y Plano 2, respectivamente, como resultado final. De esta forma se cumplía el requerimiento de la normativa, y el proceso de balanceo en dos planos estaría dentro de un rango admisible de funcionamiento, con ello el motor podía volver a operar dentro de una condición segura y confiable.

NOTA: la unidad  $\text{g}\cdot\text{mm}$  (gramos x milímetro) corresponde al desbalance residual, es decir es el peso que debe ser agregado o removido en un radio de corrección para un plano dado.

#### Conclusión

Se debe resaltar el hecho de que cuando se está en presencia de un desbalance no admisible, se deben tomar los recaudos necesarios para minimizar los esfuerzos que genera la presencia de dicha fuerza excitatriz sobre la máquina, con el objetivo de aumentar su confiabilidad.