



Universidad de Concepción  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica

Profesor Patrocinante:  
Dr. Ing. Pedro Saavedra G.

## ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN CAJAS DE ENGRANAJES

ÁLVARO ANTONIO DEDES ROZAS

Informe de Tesis  
Para optar al Grado de

Magister en Ciencias de la Ingeniería  
con Mención en Ingeniería Mecánica

Agosto 2009

# 1 Sumario

Las cajas de engranajes están presentes en todo tipo de industria y, por lo general, son máquinas críticas dentro de su línea de producción. Por ejemplo, la detención imprevista de la caja de engranajes de un turbo generador, por alguna falla no diagnosticada a tiempo, produciría pérdidas cuantiosas a la industria. Esto justifica una constante búsqueda, desarrollo y evaluación de técnicas de análisis de vibraciones que permitan diagnosticar la condición mecánica de las cajas de engranajes.

El objetivo principal del presente trabajo es profundizar y aclarar los conocimientos existentes para abordar adecuadamente el diagnóstico y determinar la condición mecánica de las cajas de engranajes mediante el análisis de sus vibraciones, para llegar a un buen pronóstico de su comportamiento futuro.

En la primera parte del trabajo se realiza un detallado estudio de las vibraciones generadas en las cajas de engranajes, producto tanto de su funcionamiento ideal como de los errores de fabricación y montaje, que en la práctica siempre estarán presentes. Se llega a la conclusión que en una caja de engranajes real será posible identificar, en el espectro de sus vibraciones:

- Componentes producto de la variación de la rigidez debido al cambio del número de dientes en contacto; a la variación de la velocidad angular producida por alteraciones en la relación de transmisión debido a la pérdida del perfil de evolvente; y a errores de fabricación, por ejemplo en el perfil del diente.
- Pequeñas componentes a la frecuencia de rotación de las distintas ruedas del engrane debido al error de paso o aumento del desbalanceo residual, producto de un engranaje montado excéntricamente.
- Bandas laterales, a la frecuencia de giro de los engranajes, en torno a la frecuencia de engrane y sus armónicos, debido a errores de fabricación como por ejemplo el error de paso.

Las vibraciones de una caja de engranajes presentan un comportamiento no lineal con respecto a la carga transmitida, lo que dificulta la predicción del comportamiento vibratorio del equipo para distintas condiciones de carga. Este tema cobra gran importancia cuando se miden las vibraciones de cajas de engranajes donde la condición de trabajo puede variar entre una medición y otra. En el presente trabajo se estudian tres posibles causas: la variación del brazo de palanca de la fuerza de engrane producto de la deflexión de los dientes sometidos a distintas cargas; la variación de la función respuesta para distintas condiciones de carga; y la variación de la respuesta del sistema debido a modificaciones en el espesor de la película de aceite en los dientes sometidos a distinta carga. De los factores causantes de no linealidades estudiados en el presente trabajo, el espesor de la película de aceite resulta ser el más determinante en base a las pruebas realizadas.

Entre las técnicas de análisis de vibraciones más utilizadas se encuentran: el seguimiento de componentes espectrales; promedios sincrónicos en el tiempo; la señal residual; el cepstrum; la demodulación en amplitud y fase. En la última parte de este trabajo estas técnicas son aplicadas tanto a señales simuladas como a señales experimentales, con el fin de ilustrar y explicar claramente el funcionamiento de cada una de ellas. Dentro de los resultados de este análisis se llega a un práctico método para calcular el número óptimo de promedios sincrónicos a realizar cuando las

componentes a eliminar son conocidas. Con respecto a la demodulación en amplitud y fase, los resultados obtenidos al emplear esta técnica indican que el éxito de sus resultados en la tarea de discriminar entre fallas localizadas, dependerá de las características de la función respuesta del sistema, sin embargo ésta sigue siendo una poderosa herramienta a la hora de detectar fallas localizadas.

En el presente trabajo también es estudiada la variación de la velocidad angular instantánea en órdenes, ya que ha mostrado resultados prometedores en la discriminación de distintas fallas localizadas.

