

## **RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL**

**Título:** Optimización de un Modelo de Cimentación de una Máquina Industrial Rotativa

**Autor:** Juan Luis Terrádez Marco

**Directores:** Antonio Hospitaler Pérez  
Vicente Albero Gabarda

---

El objetivo de esta tesis doctoral es el definir de un modelo de diseño de la cimentación de una máquina rotativa sometida a acciones dinámicas que permita la optimización de la cimentación.

Partiendo del conocimiento existente se determina un modelo de diseño general de la cimentación para una máquina industrial rotativa definiendo:

- 1) Los parámetros de operación de una máquina industrial rotativa
- 2) Las propiedades del suelo
- 3) Las restricciones de operación de la máquina basada en las Normas
- 4) El modelo de cimentación elegido
- 5) La curva de arranque de máquina
- 6) Las impedancias del suelo y su conexión máquina-cimentación
- 7) El modelo matemático de cálculo dinámico de la cimentación

Y considerando el movimiento y las acciones en dirección vertical en el eje -Z, el deslizamiento y el balanceo de la máquina acoplado en el eje -X.

Se define una función “coste” asociada al modelo de diseño de la cimentación que permita la optimización. Se analiza el espacio de soluciones de la cimentación y se plantean tres metaheurísticas basada en la búsqueda de soluciones “por entornos” para la optimización: Descendent Local Search (DLS), Simulated Annealing (S.A.) and Late Acceptance Hill Climbing (LAHC).

La tesis está dividida en 12 capítulos.

El capítulo 1 está destinado a los conceptos generales y formales. describe el preámbulo, la notación, la lista de figuras y el índice de la tesis.

En el capítulo 2 se hace un análisis del estado del arte en dos vertientes:

- El cálculo de cimentaciones sometidas a acciones dinámicas. Se estudia el camino recorrido en el cálculo dinámico de cimentaciones y la aportación de los distintos autores considerando la base de conocimiento existente y cuál va a ser la que se aplique a esta tesis.
- Se analizan las propuestas de optimización de las cimentaciones por diversos autores, todas ellas basadas en cimentaciones sencillas sometidas únicamente a desplazamientos verticales.

En el capítulo 3 se estudian los parámetros que caracterizan el suelo y sus propiedades dinámicas, determinando un modelo de suelo y sus impedancias que posteriormente se empleará en el cálculo de la cimentación.

El capítulo 4 caracteriza las acciones que va a haber sobre la cimentación como consecuencia de la operación de la máquina. La máquina debe cumplir las restricciones que imponen la Normas respecto a las vibraciones a las que se somete la maquinaria industrial.

En el capítulo 5 se hace un repaso de las metodologías de cálculo dinámico de las cimentaciones describiendo las formulaciones de Richart y Barkan que son las bases para el modelo matemático del cálculo dinámico de la cimentación.

El capítulo 6 plantea las ecuaciones que se van a aplicar para el cálculo dinámico de la cimentación, dando lugar a las 27 “variables de salida” del modelo de cálculo:

- Movimientos verticales en la dirección del eje vertical  $-Z$  ( $z, \dot{z}, \ddot{z}$  ,)
- Movimientos horizontales en la dirección del eje  $-X$  ( $x, \dot{x}, \ddot{x}$  ,)

- Movimientos de balanceo (rocking) respecto de un eje situado en la vertical del centro de gravedad del conjunto y sito en la base de la cimentación ( $\varphi, \dot{\varphi}, \ddot{\varphi}$ )

Se considera para cada una de las masas que componen el modelo (3 masas), desplazamientos, velocidad y aceleraciones en función del tiempo.

En el capítulo 7 se plantea como va a funcionar la máquina, determinando los parámetros de operación y las restricciones que se van a imponer tanto a las variables de entrada del modelo de diseño como las variables de salida. Se plantea como función a optimizar, la función coste de la cimentación, objetivo de la tesis.

El capítulo 8 analiza el espacio de los vectores “solución de la cimentación”,  $\mathbf{S}$ , mediante la técnica de “Random Walk” (paseo aleatorio) caracterizándolo para plantear estrategias en la búsqueda del óptimo. Se determinan un total de 2.000 soluciones factibles de la cimentación y los valores de la función coste.

Los capítulos 9, 10 y 11 desarrollan el plan experimental y están dedicados a la optimización de la cimentación. En cada uno de los capítulos se emplea una técnica metaheurística para la optimización de la cimentación: Descent Local Search, Simulated Annealing and Late Acceptance Hill Climbing.

El capítulo 12 analiza comparativamente los resultados obtenidos a partir del comportamiento dinámico de la cimentación durante el transitorio de arranque y en el régimen permanente de operación. Se incluyen en este capítulo las conclusiones y futuras líneas de investigación.