

## **Seminarios del Doctorado en Ciencias Exactas e Ingeniería 2022**

**Título de Tesis:** Monitoreo, modelado basado en BIM y evaluación de la degradación estructural de edificios industriales.

**Tesista:** Paula Barboza

**Director:** Guillermo Etse

### **Resumen**

Las severas condiciones a las que están sometidas las estructuras industriales durante su vida útil y la necesidad de mantenerlas en condiciones operativas y de seguridad, teniendo en cuenta las necesidades de actualización permanente de los equipos mecánicos que soportan, exigen procedimientos eficaces y precisos de monitorización, modelación y predicción de la evolución de sus degradaciones y condiciones de seguridad. A partir de los resultados de estos procedimientos, se pueden obtener las soluciones de refuerzo y reparación más convenientes para la óptima mejora de las estructuras y cimentaciones industriales. Particularmente, en las industrias de procesamiento de minerales, como las plantas de cemento y minería, las estructuras están sometidas a severas condiciones de servicio debido a las altas cargas gravitacionales y de impacto, ocasionados por los grandes equipos dinámicos y vibratorios relacionados con las áreas de trituración, molienda y cribado.

Cada una de las actividades mencionadas implica un alto nivel de complejidad. La monitorización requiere, por un lado, la evaluación y el seguimiento de las propagaciones de las ondas en los cimientos, el estado mecánico de los materiales constitutivos, y de los componentes estructurales y no estructurales, y, por otro lado, la evaluación de las cargas gravitacionales y de impacto. Como complemento a la monitorización se requiere un conocimiento profundo de la geomecánica de los subsuelos, y la identificación de las propiedades del edificio en cada fábrica particular. Por lo tanto, se deben identificar y diseñar las tecnologías y procedimientos de monitorización más convenientes para coleccionar adecuadamente toda la información necesaria.

El modelado de las instalaciones industriales, con su planta de procesos, edificios, cimientos y suelos implicados, requiere la consideración de la más reciente metodología de modelización: Building Information Modeling (BIM), para poder apreciar toda la información sobre las construcciones existentes, teniendo en cuenta también las instalaciones mecánicas/eléctricas y los equipos utilizados. Según la definición de Eastman, esta metodología sirve para proporcionar información integra a lo largo del ciclo de vida de las estructuras. El BIM, como base de datos integrada de información coordinada, coherente y computable, puede mejorar enormemente la calidad de los proyectos en cuanto resguarda a la supervisión y actualizaciones de los proyectos industriales. Además, dado que la información BIM puede reutilizarse a lo largo del ciclo de vida, como una única fuente, contribuye a la mejor calidad, precisión y mayor consistencia de la información en el modelo de las instalaciones industriales.

En este proyecto, la información sustancial y detallada recopilada con la metodología BIM se utilizará para generar modelos matemáticos precisos para los análisis numéricos basados en el método de los elementos finitos (FEM) y, en particular, se realizará una comparación con un método innovador, que es el método de los elementos virtuales (VEM). El cual, debido a su versatilidad para la geometría de los elementos permite la generación de mallas poliédricas arbitrarias, y la implementación de nodos colgantes que permite modelar eficientemente las transiciones entre zonas con tensiones/deformaciones homogéneas y zonas de localización que requieren altas densificaciones de elementos. Se realizará una comparación con los resultados obtenidos del FEM con el objetivo de observar las ventajas relevantes del VEM para las próximas investigaciones.

Una vez desarrollados los modelos matemáticos, la información proporcionada por el sistema de monitorización implementado se utilizará para la caracterización de las propiedades mecánicas del material, y la representación adecuada de las condiciones de contorno del problema, en términos de soportes, cargas, temperatura, ondas dinámicas, etc. Además, la información del sistema de monitorización se utilizará para calibrar los modelos computacionales.

Por último, se realizarán análisis numéricos para evaluar las condiciones reales de seguridad de las instalaciones y estructuras industriales. Para ello, se considerarán diferentes índices de factores de seguridad y se identificarán los más eficaces y precisos en este proyecto.

Este proyecto de tesis doctoral tiene los siguientes objetivos principales:

1. Desarrollar un procedimiento eficiente para el modelado 3D de instalaciones reales de cemento y minería basado en la metodología BIM, que incluya toda la información civil, estructural, mecánica y eléctrica. En particular, la información mecánica y estructural de las zonas de trituración y molienda de las plantas que controlan las excitaciones dinámicas globales que se transmiten al resto de instalaciones de la planta y afectan a sus condiciones de seguridad.
2. Identificación de técnicas de monitorización eficaces para evaluar la información más relevante relativa a las fuerzas excitantes, vibraciones y condiciones mecánicas de los materiales constitutivos de las estructuras y componentes mecánicos.
3. Desarrollo de un procedimiento fiable para el análisis a través de elementos finitos a partir de los modelos 3D globales, y de métodos de calibración para definir los parámetros mecánicos de los materiales y las condiciones de contorno.
4. Definir procedimientos numéricos basados en métodos de elementos finitos y virtuales para evaluar la integridad y el estado de seguridad de las principales estructuras y edificios de las plantas cementeras y mineras bajo la consideración del estado real/actual del edificio, las cargas y las excitaciones.

Actualmente me encuentro en una etapa preliminar, realizando una evaluación de la bibliografía, recopilando el mayor número de estudios relevantes para obtener la información más actualizada sobre los temas a desarrollar en el proyecto de doctorado. El último avance que estoy realizando es el análisis de las diferentes áreas de las plantas de cemento y de minería desde el punto de vista estructural y operativo.