

Proyecto de Innovación Docente – Convocatoria 2019/20

1. Título del proyecto

Implantación de un sistema experimental para el análisis dinámico de estructuras.

2. Responsable del proyecto

María Alcalde Rico.

3. Resumen del proyecto

Este Proyecto de Innovación Docente persigue desarrollar e implementar un sistema experimental de análisis dinámico de estructuras para apoyar de una forma eficaz la docencia del área de mecánica y estructuras. El sistema propuesto permitirá a los alumnos asimilar y entender conceptos fundamentales del análisis frecuencial aplicados a un caso práctico de la Resistencia de Materiales y del Análisis de Estructuras, desde una perspectiva atractiva, sencilla y visual.

Conocer y entender los mecanismos que gobiernan el comportamiento dinámico de las estructuras es una herramienta fundamental para el diseño de cualquier obra de ingeniería. Las cargas cíclicas aparecen prácticamente en todos los campos de estudio, desde los seísmos en ingeniería civil hasta el fenómeno de fatiga en mecánica de materiales, y cuyos fundamentos se estudian en ramas tan diversas como la mecánica o la teoría de sistemas.

El análisis dinámico de estructuras es una herramienta que persigue evaluar, cuantificar y predecir los efectos de cargas cíclicas sobre estructuras, siendo el estudio de daños en una estructura durante un seísmo un claro ejemplo.

El dispositivo propuesto en este proyecto consiste en una mesa oscilatoria y un sistema de captura de imagen, que permitirán controlar y reproducir experimentalmente las condiciones cinemáticas y dinámicas del movimiento del suelo durante un terremoto, permitiendo entender fácilmente conceptos de difícil comprensión teórica como la frecuencia natural o el fenómeno de resonancia, simplemente analizando la respuesta de una estructura real fijada a ella. Para la medida de las deformaciones de la estructura ante las cargas dinámicas se propone uso de la correlación digital de imágenes (DIC). Se trata de una técnica óptica innovadora de medida sin contacto, a diferencia de los métodos tradicionales, y que permitirá leer, interpretar y estudiar la respuesta de la estructura mediante técnicas numéricas.

Los principales beneficiados con este proyecto son los alumnos de las asignaturas de Resistencia de Materiales y de Estructuras, ya que mejorará en gran medida su aprendizaje sobre el comportamiento de las estructuras, gracias a la aplicación de técnicas experimentales innovadoras que ellos mismos podrán realizar y estudiar. El equipo permitirá a los alumnos entender de forma sencilla el comportamiento dinámico de las estructuras, pudiendo comprobar los resultados y principios estudiados en la teoría. Además, gracias al equipamiento de adquisición de datos permitirá la realización de prácticas más avanzadas a los alumnos de cursos superiores, permitiendo que validen experimentalmente los resultados teóricos de un caso práctico.

En segundo lugar, dada la versatilidad del sistema el equipo podrá utilizarse para investigación en el área de análisis frecuencial, análisis modal e incluso modelos para regulación y control automático.

En este sentido, disponer en el laboratorio de un sistema de ensayo ante cargas dinámicas implica dos vertientes: Por un lado, a nivel didáctico permite enriquecer la docencia del área de estructuras, concretamente el estudio del comportamiento dinámico de estructuras, de una manera práctica e interesante. Por otro lado, fomentará la creación de nuevas e interesantes líneas de investigación para varias áreas: análisis estructural, análisis frecuencial, optimización de sistemas dinámicos, etc. Permitiendo además la validación experimental de modelos y la verificación de métodos de análisis, que representan una vía fundamental para plantear y desarrollar producción científica.

Si bien está claro que las enseñanzas técnicas requieren el apoyo de actividades y estrategias que permitan el acercamiento de los alumnos a los contenidos mediante la experimentación como un potenciador del aprendizaje, en el área de la ingeniería mecánica su uso se hace obligatorio, ya que se trata de una ciencia que persigue entender y predecir el comportamiento físico y mecánico de los materiales.

El proyecto presentado se propone como una herramienta para apoyar la docencia de la asignatura de estructuras (pudiendo extenderse a asignaturas de mecanismos y de teoría de máquinas), y consiste en la utilización de un sistema de simulación mecánica de un sistema estructural sub-amortiguado o sin amortiguación.

La innovación radica en que se propone que este sistema sea utilizado por los alumnos en dos fases diferentes:

- En primer lugar, los alumnos tendrán un primer contacto con el sistema antes de la docencia relativa al análisis dinámico de estructuras. En esta sesión, los alumnos propondrán una estructura clásica sencilla (pórtico, celosía), y se les pedirá que deduzcan, de forma cualitativa, cómo será la respuesta (deformación) de la estructura ante una carga dinámica y qué ocurrirá al aumentar la frecuencia de la excitación sinusoidal, tras lo cual podrán comprobar qué ocurre realmente y si la realidad que observan es diferente de la que intuían.

El objetivo de esta parte es que los alumnos observen físicamente el concepto de respuesta en frecuencia, que generalmente tiende a ir en contra de la intuición de los alumnos, que intuyan que la deformación crecerá más y más al aumentar la frecuencia de la excitación. La realidad es que la deformación crecerá hasta alcanzar un determinado valor (frecuencia natural de la estructura) para después disminuir hasta hacerse prácticamente inexistente cuando la frecuencia es muy alta.

La realización previa de este sencillo experimento predispondrá a los alumnos de una fuerte motivación y una base excelente para explicar en una clase magistral el concepto de análisis en frecuencia y el fenómeno de resonancia mediante métodos analíticos. Esta experiencia puede aprovecharse para ilustrar fenómenos históricos conocidos, como la catástrofe del puente de Tacoma Narrows en 1938 (<https://www.youtube.com/watch?v=nFzu6CNtqec>) o cómo la resonancia sirve para diseñar un rascacielos resistente a terremotos).

- La segunda sesión tendrá lugar después de estudiar el análisis frecuencial, gracias al cual los alumnos aprenderán las herramientas necesarias para predecir el fenómeno de resonancia de una estructura. Como trabajo previo a la sesión de laboratorio, se propondrá a los alumnos que calculen la respuesta en frecuencia de las estructuras con las que experimentaron en la primera sesión. En el laboratorio, los alumnos volverán a experimentar con las estructuras, pero esta vez comprobarán que la respuesta que observan se corresponde con la que han podido predecir en clase. Gracias al sistema de captura de imagen, se podrán tomar datos experimentales para realizar una validación rigurosa, y se propondrá a los alumnos elaborar un informe en el que evalúen la bondad de las predicciones y la naturaleza de las diferencias que puedan apreciar (generalmente el modelo que estudian en clase es una simplificación del modelo real).

La combinación de estas dos sesiones constituye una innovación a nivel metodológico de aprendizaje significativo, ya que comienza con la observación por sí mismo de un fenómeno desconocido, y experiencial, ya que la clase magistral arranca a partir de esta primera experiencia de los alumnos para asociar los conocimientos, ayudando además a incentivar la motivación del alumno.

La innovación que supone el proyecto es puramente metodológica. Se ha optado por proponer la creación de la mesa en lugar de adquirir un equipo comercial por varios motivos:

- En primer lugar, se trata de una herramienta que no se encuentra en el mercado con fines académicos, y la gama de equipos profesionales disponibles tienen unos costes extraordinariamente altos. Está claro que las prestaciones de estos equipos destinados a un uso profesional son muy altas, pero para el ámbito académico al que se pretenden destinar consideramos que constituyen una inversión innecesaria.
- En segundo lugar, se ha planificado la propuesta de dos TFGs para el grado de Ingeniería Electromecánica:
 - El primero se basa en el diseño estructural, construcción y validación experimental del sistema mecánico.

- El segundo se basa en la programación, calibración y validación experimental del sistema de reconocimiento de imagen.
- En tercer lugar, disponer de un equipo de fabricación propia proporciona una gran versatilidad para el futuro que no proporciona un equipo comercial, tanto a nivel mecánico (como implementar ensayos más complejos) como a nivel de software (implementar nuevas estrategias de análisis y post-procesado de datos). Un equipo comercial, por lo general, no es permisivo con modificaciones físicas y por supuesto tampoco con el software comercial.

