**XIV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ESTRUCTURAS, GEOTECNIA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

**ESTRUCTURAS 2025**

**XIV COLOQUIO DE ANÁLISIS, DISEÑO Y MONITOREO ESTRUCTURAL**

**Análisis Modal a una Estructura en distintos estados de daño y en condiciones controladas de laboratorio.**

***Modal Analysis of a structure in different damage states and under controlled laboratory conditions.***

**Arniela Arocha Mora1, Ernesto Luciano Chagoyen Méndez2, Jorge O. Hernández3, Rachel Rodríguez Álvarez4, Maylen Alfonso González5, Daniela Gutiérrez Díaz6.**

1- Arniela Arocha Mora. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, e-mail: arnielaarocha@gmail.com

2- Ernesto Luciano Chagoyén Méndez, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, e-mail: elchagoyen@gmail.com

3- Jorge O. Hernández. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, e-mail: johernandez@uclv.cu

4- Rachel Rodríguez Álvarez. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, e-mail: rralvarez@uclv.cu

5- Maylen Alfonso González. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, e-mail: maaaalfonso@gmail.com

6- Daniela Gutiérrez Díaz. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

**Resumen:**

El Análisis Modal (MA) constituye una herramienta esencial en la caracterización dinámica de estructuras de Ingeniería Civil, permitiendo estimar parámetros como frecuencias naturales, formas modales y razones de amortiguamiento. En Cuba, su aplicación en condiciones controladas de laboratorio es incipiente, y aún más escasa en estructuras con daño inducido. Este estudio tuvo como objetivo aplicar el MA a una estructura metálica de cuatro niveles, primero en estado sano y luego introduciendo daño progresivo en diferentes niveles, con el propósito de evaluar la sensibilidad del método ante alteraciones estructurales localizadas.

La investigación se desarrolló en el Laboratorio VIBRAS de la UCLV, combinando modelación numérica (FEM, SBM), adquisición experimental de datos mediante acelerómetros y procesamiento con softwares especializados como MATLAB, LabView, SAP2000 y MACEC. Se enfocó en modos globales no rotacionales y se aplicaron técnicas de identificación del sistema basadas en el subespacio combinado (CSI/ref).

Los resultados evidenciaron una alta correlación entre las formas modales experimentales y las simuladas (MAC > 0.98), y una desviación de hasta ±5 Hz entre frecuencias medidas y modeladas. Se observaron cambios modales relevantes vinculados a la localización del daño, lo que confirma la viabilidad del MA como herramienta diagnóstica.

Se concluye que el análisis modal, complementado con una metodología rigurosa de adquisición y procesamiento de datos, permite no solo caracterizar estructuras sino también detectar y localizar daños con alta precisión. Los resultados fortalecen su uso potencial en evaluación estructural, calibración de modelos y mantenimiento predictivo.

***Abstract:***

*Modal Analysis (MA) is an essential tool for the dynamic characterization of Civil Engineering structures, allowing the estimation of parameters such as natural frequencies, mode shapes, and damping ratios. In Cuba, its application under controlled laboratory conditions is still emerging, and even less common when dealing with structures with induced damage. This study aimed to apply MA to a four-story steel structure, first in an undamaged state and then by progressively introducing damage at different levels, in order to evaluate the method’s sensitivity to localized structural alterations.*

*The research was carried out at the VIBRAS Laboratory of UCLV, combining numerical modeling (FEM, SBM), experimental data acquisition using accelerometers, and signal processing with specialized software such as MATLAB, LabView, SAP2000, and MACEC. The study focused on non-rotational global modes, and system identification techniques based on combined subspace methods (CSI/ref) were applied.*

*The results showed a high correlation between the experimental and simulated mode shapes (MAC > 0.98), and a deviation of up to ±5 Hz between measured and modeled frequencies. Significant modal changes associated with damage location were observed, confirming the feasibility of MA as a diagnostic tool.*

*It is concluded that modal analysis, when complemented by a rigorous methodology for data acquisition and processing, enables not only structural characterization but also the accurate detection and localization of damage. The results support its potential use in structural assessment, model calibration, and predictive maintenance.*

**Palabras Clave:** Identificación Estructural; Vibraciones Ambientales; Ensayo Experimental; Modelación Numérica; Daño Localizado; Evaluación Dinámica.

***Keywords:*** *Structural Identification; Ambient Vibrations; Experimental Testing; Numerical Modeling; Localized Damage; Dynamic Assessment.*