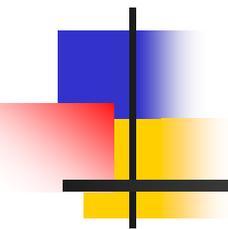


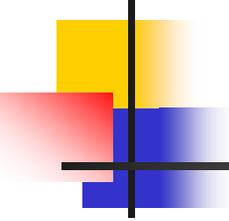
Análisis Modal Experimental De Estructuras



Urbano Lugrís Armesto

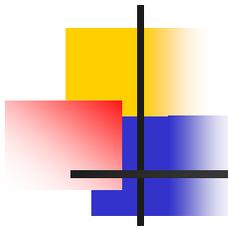
Escuela Politécnica Superior

Universidad de La Coruña



Objetivos

- Puesta a punto del equipo disponible
- Desarrollo de la metodología necesaria para llevar a cabo un análisis completo
- Análisis de dos estructuras:
 - Estructura sencilla: barra de acero
 - Estructura compleja: cuadro de bicicleta
- Correlación de resultados analíticos y experimentales



Teoría de vibraciones

- Modelo espacial: matrices de masa, rigidez y amortiguamiento

$$\left[K - \omega^2 M \right] \{ X \} e^{i\omega t} = \{ F \} e^{i\omega t}$$

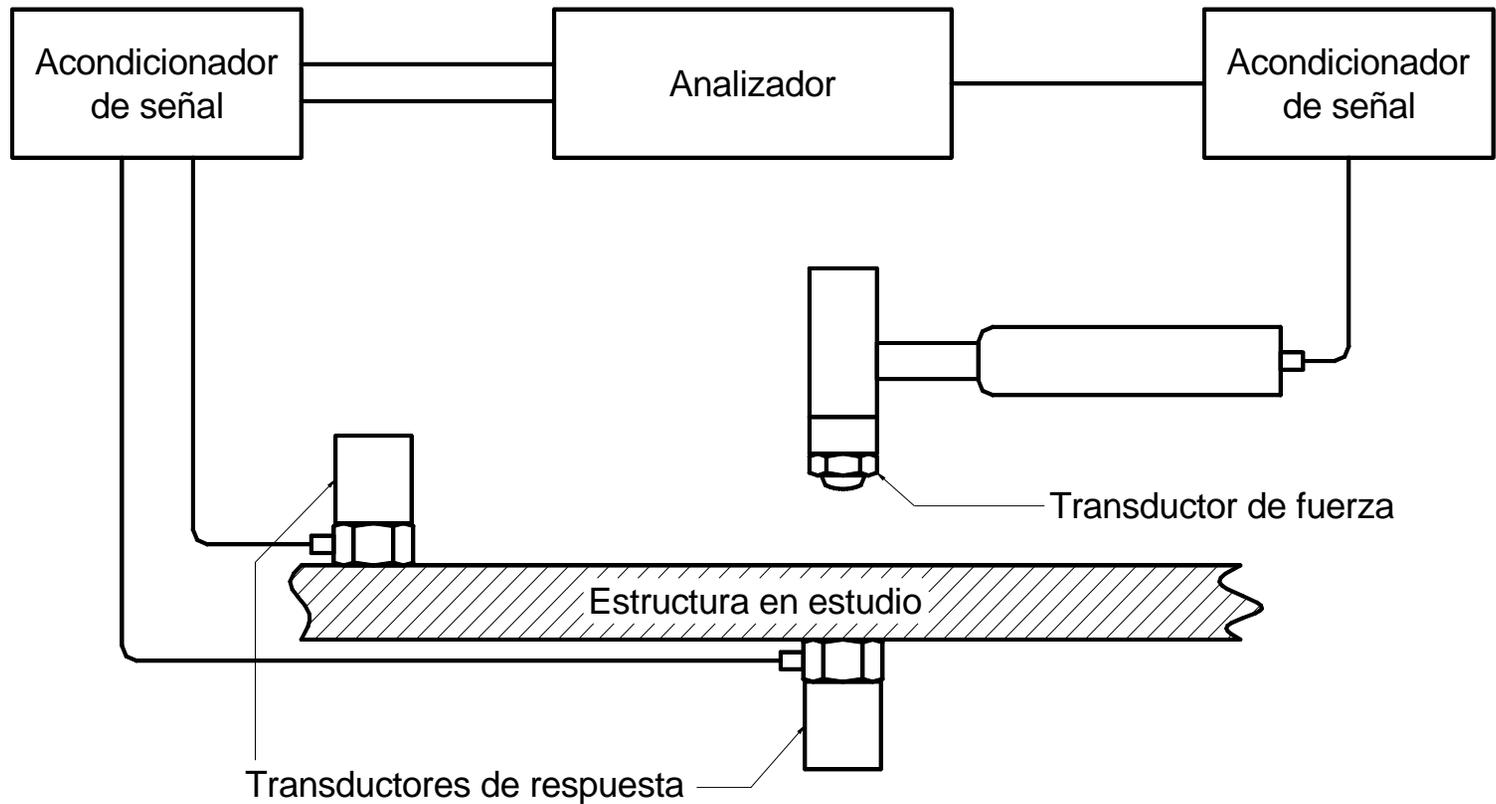
- Modelo modal: frecuencias naturales y deformadas modales

$$[\Phi], [\bar{\omega}^2]$$

- Modelo de respuesta: matriz de respuesta o de transferencia

$$\{ X \} = [H(\omega)] \{ F \} = [\alpha(\omega)] \{ F \}$$

Sistema de adquisición de FRF experimentales



Obtención de los parámetros modales

- FRF a partir de la DFT: $\alpha_{jk}(\omega) = \frac{X_j(\omega)}{F_k(\omega)}$

- Ajuste de las FRF a una función:

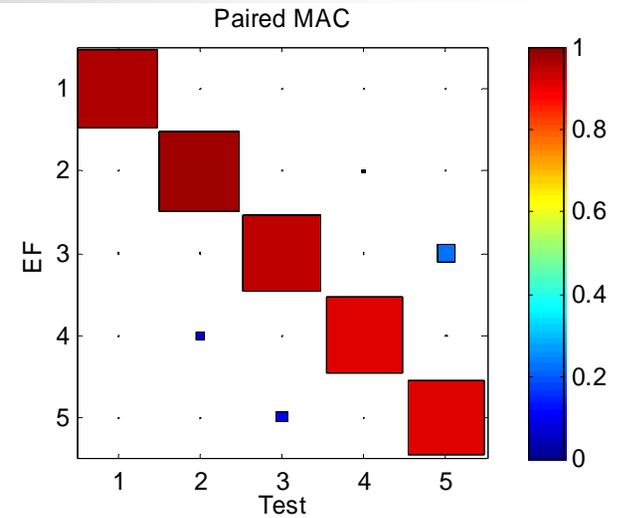
$$\alpha_{jk}(\omega) \cong \frac{-1}{\omega^2 M_{jk}^R} + \sum_{r=m_1}^{m_2} \frac{{}_r A_{jk}}{\omega_r^2 - \omega^2 + i\eta_r \omega_r^2} + \frac{1}{K_{jk}^R}$$

- Obtención de las deformadas:

$${}_r A_{jk} = \phi_{jr} \phi_{kr} \quad ; \quad \phi_{kr} = \sqrt{{}_r A_{kk}} \quad ; \quad \phi_{jr} = \frac{{}_r A_{jk}}{\phi_{kr}}$$

Correlación de resultados numéricos y experimentales

$$MAC(A, X) = \frac{\left| \sum_{j=1}^N (\psi_A)_j (\psi_X)_j^* \right|^2}{\left(\sum_{j=1}^N (\psi_X)_j (\psi_X)_j^* \right) \left(\sum_{j=1}^N (\psi_A)_j (\psi_A)_j^* \right)}$$



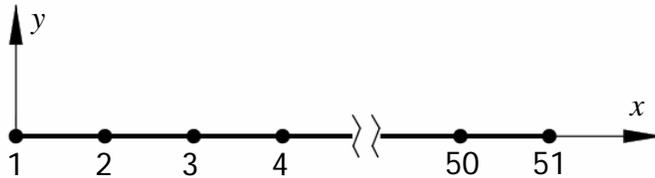
- Correlación de frecuencias naturales
- Correlación de deformadas modales
 - MAC (Modal Assurance Criterion)
 - Vale 1 para vectores proporcionales y 0 para vectores independientes
 - Se suele representar en forma matricial, comparando todos los pares de modos

Equipo de medida y software

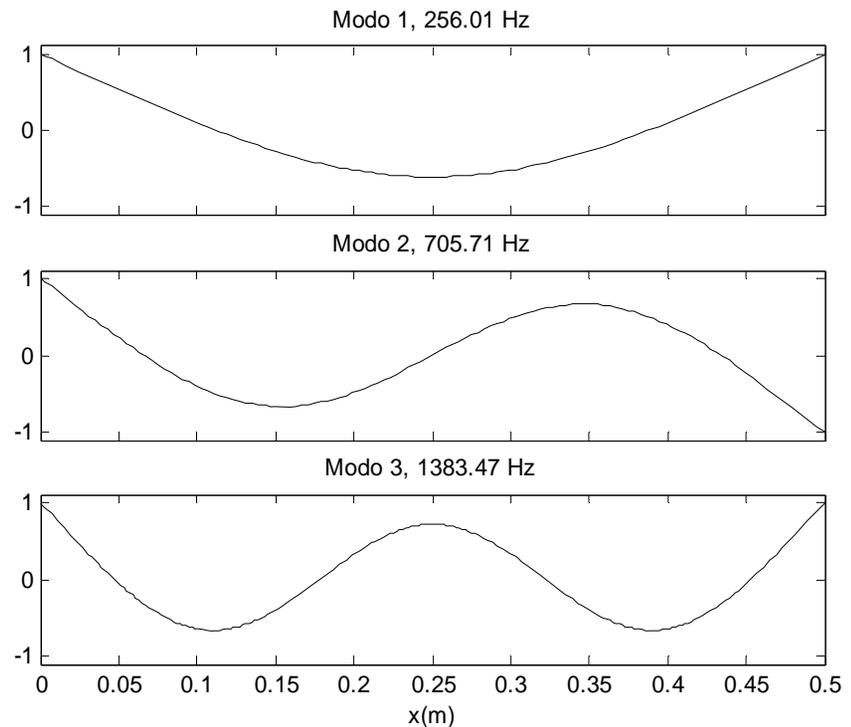
- Equipo para adquisición de curvas FRF
 - Analizador HP35670A de dos canales
 - 2 acelerómetros
 - 1 martillo
 - 2 acondicionadores
- Software: Structural Dynamics Toolbox (SDT)
- Paquete de funciones para el entorno MATLAB que permite:
 - Análisis por elementos finitos
 - Definición y optimización del modelo reducido
 - Extracción de los parámetros modales a partir de las FRF
 - Correlación de resultados numéricos y experimentales



Análisis de una barra de acero mediante elementos finitos

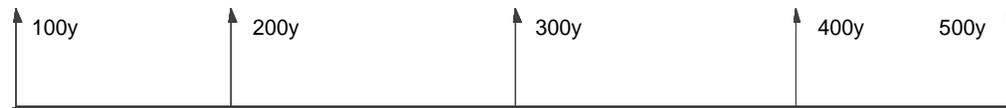


- Barra de acero de 0,5 m de longitud, con sección cuadrada de 12 mm de lado
- Se discretiza utilizando 50 elementos Viga 3D
- Sólo se permiten desplazamientos en el plano xy
- 51 nudos con 3 GDL cada uno=153 GDL

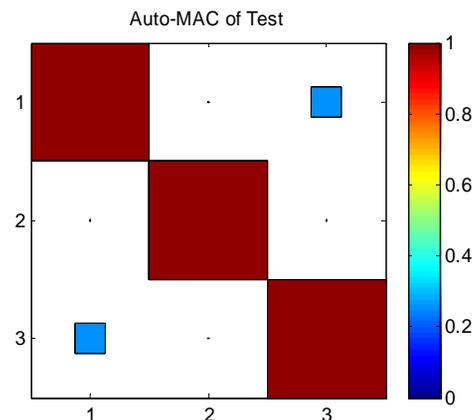


Modelo reducido para análisis experimental

- Se escogen los cinco puntos de máxima amplitud del modo 3



- Comprobación de la validez del modelo reducido: autocorrelación o AutoMAC



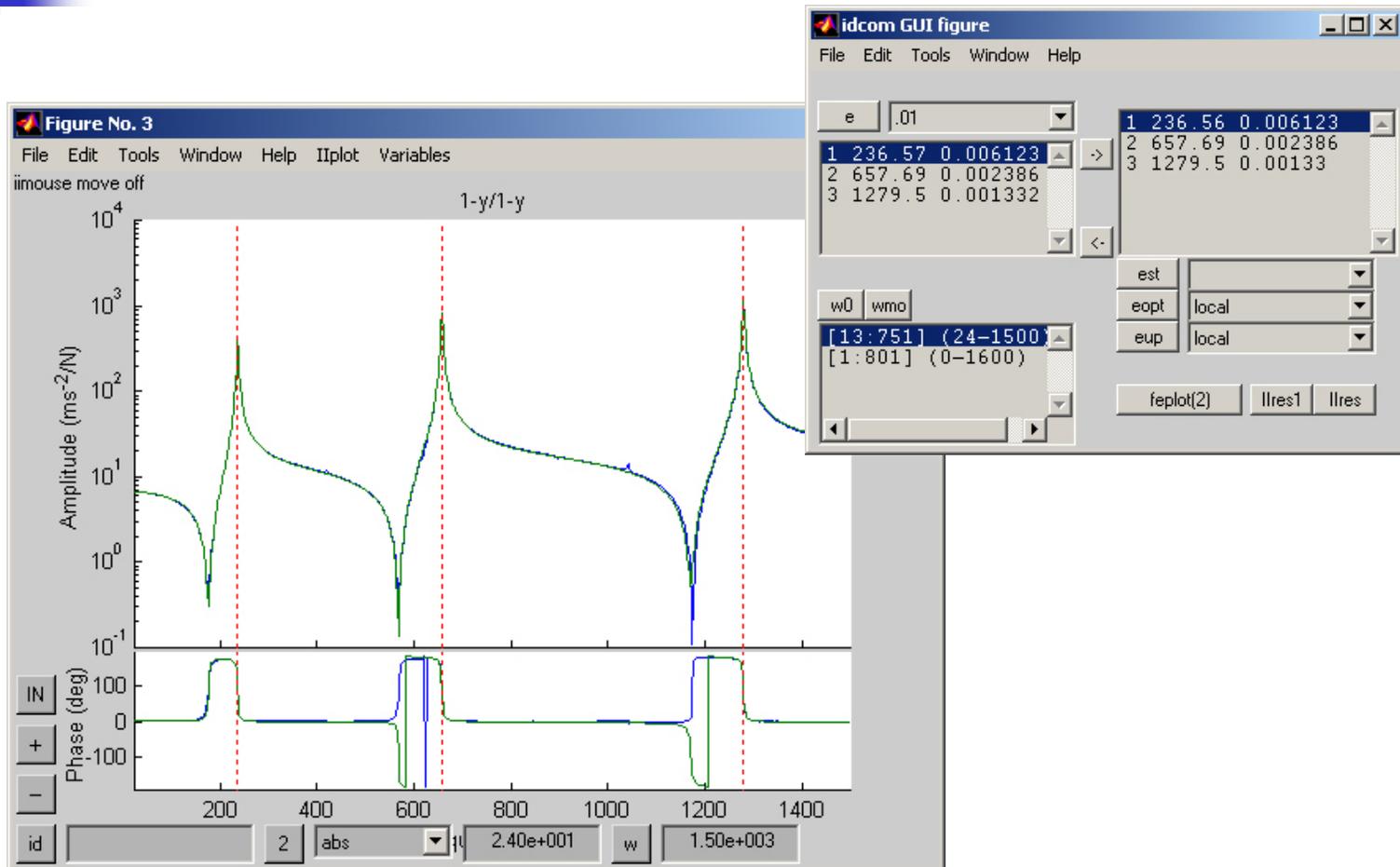
Montaje del acelerómetro



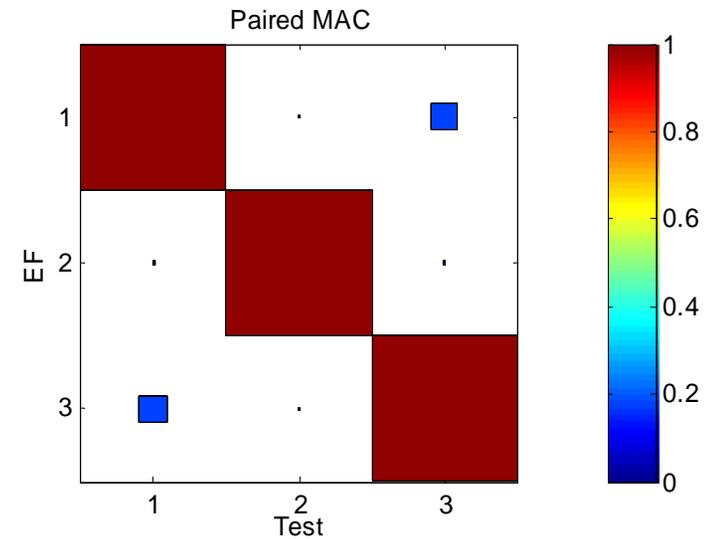
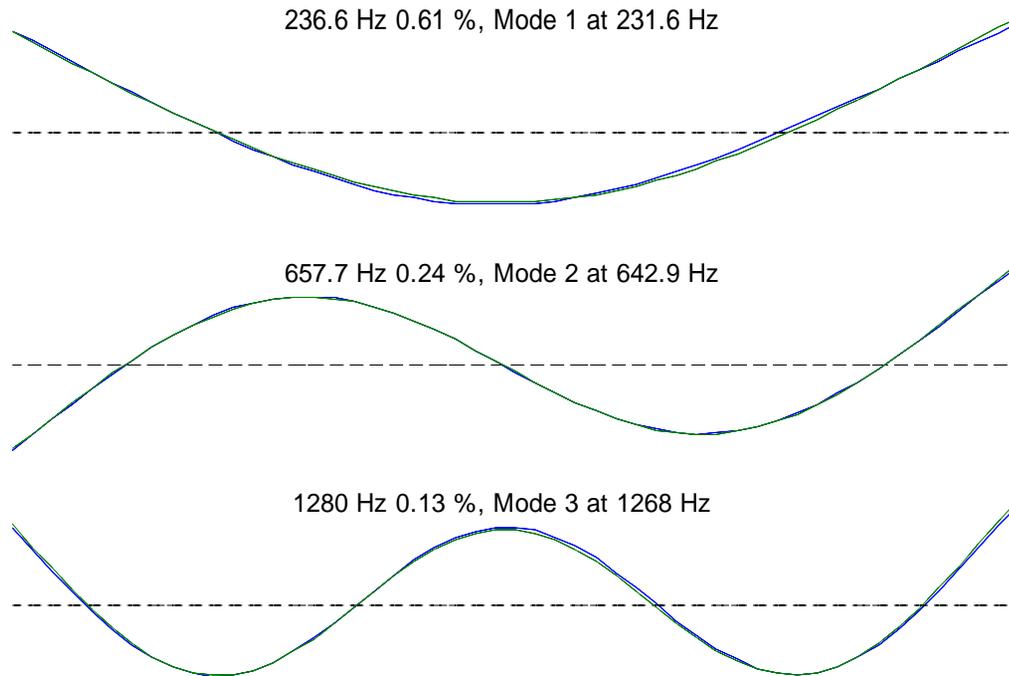
Montaje para el análisis experimental de la barra



Identificación mediante SDT



Comparación de resultados analíticos y experimentales



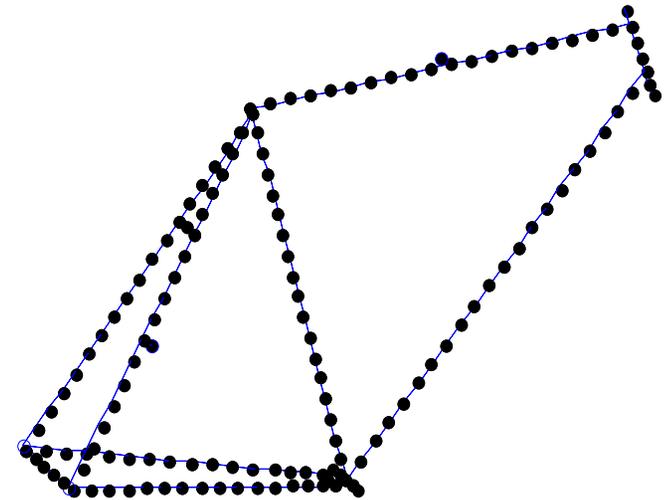
Análisis de un cuadro de bicicleta

- Estructura tridimensional
- GDL en direcciones arbitrarias
- Necesidad de más de un punto de respuesta
- Acelerómetros en posiciones fijas



Modelo de elementos finitos

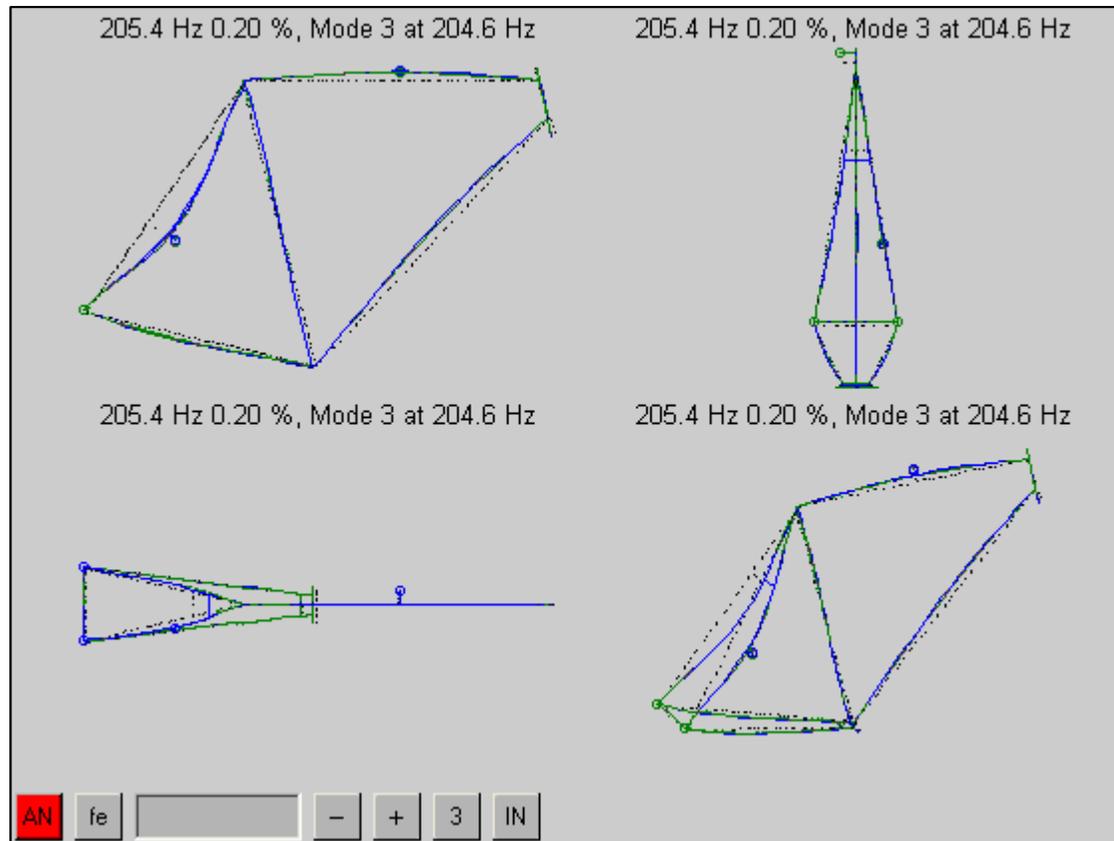
- Cuadro dividido en 147 elementos
Viga 3D
- 141 nudos con 6 GDL = 846 GDL
- Barras de sección variable
- Elementos Viga 3D de sección constante
- Discretización empleando secciones diferentes para cada elemento
- Dificultad en la localización de los nudos
- Tubos de espesor desconocido



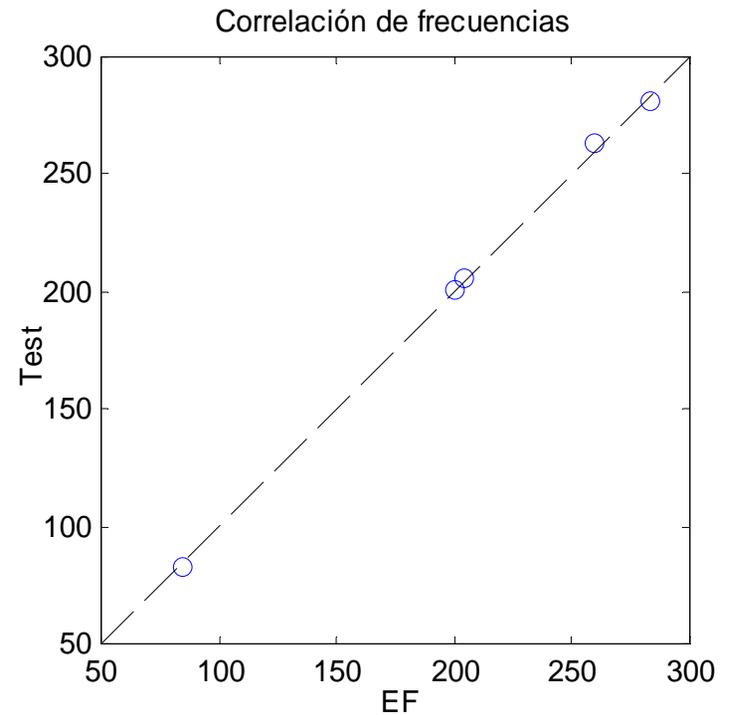
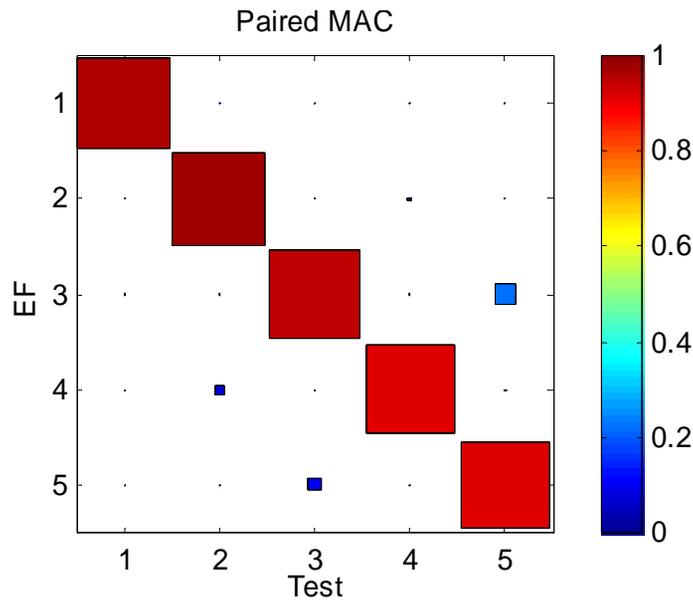
Montaje para el análisis modal del cuadro de bicicleta

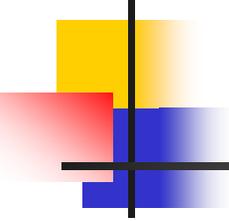


Resultados del análisis modal del cuadro de bicicleta



Correlación de resultados





Conclusiones

- El análisis de la barra ha permitido:
 - Ajustar el sistema de medida correctamente
 - Comprobar su rango útil de funcionamiento
 - Adquirir conocimiento de las funciones de SDT
- Análisis del cuadro de bicicleta:
 - Análisis modal completo de una estructura tridimensional
 - Realización de un modelo de elementos finitos complejo
 - Ensayo con excitación y medición de la respuesta en direcciones arbitrarias
 - Test MIMO con varios puntos de excitación y respuesta