

GEMELO DIGITAL CON PARÁMETROS ALEATORIOS

Oscar Möller, Germán Lucero, Juan Pablo Ascheri

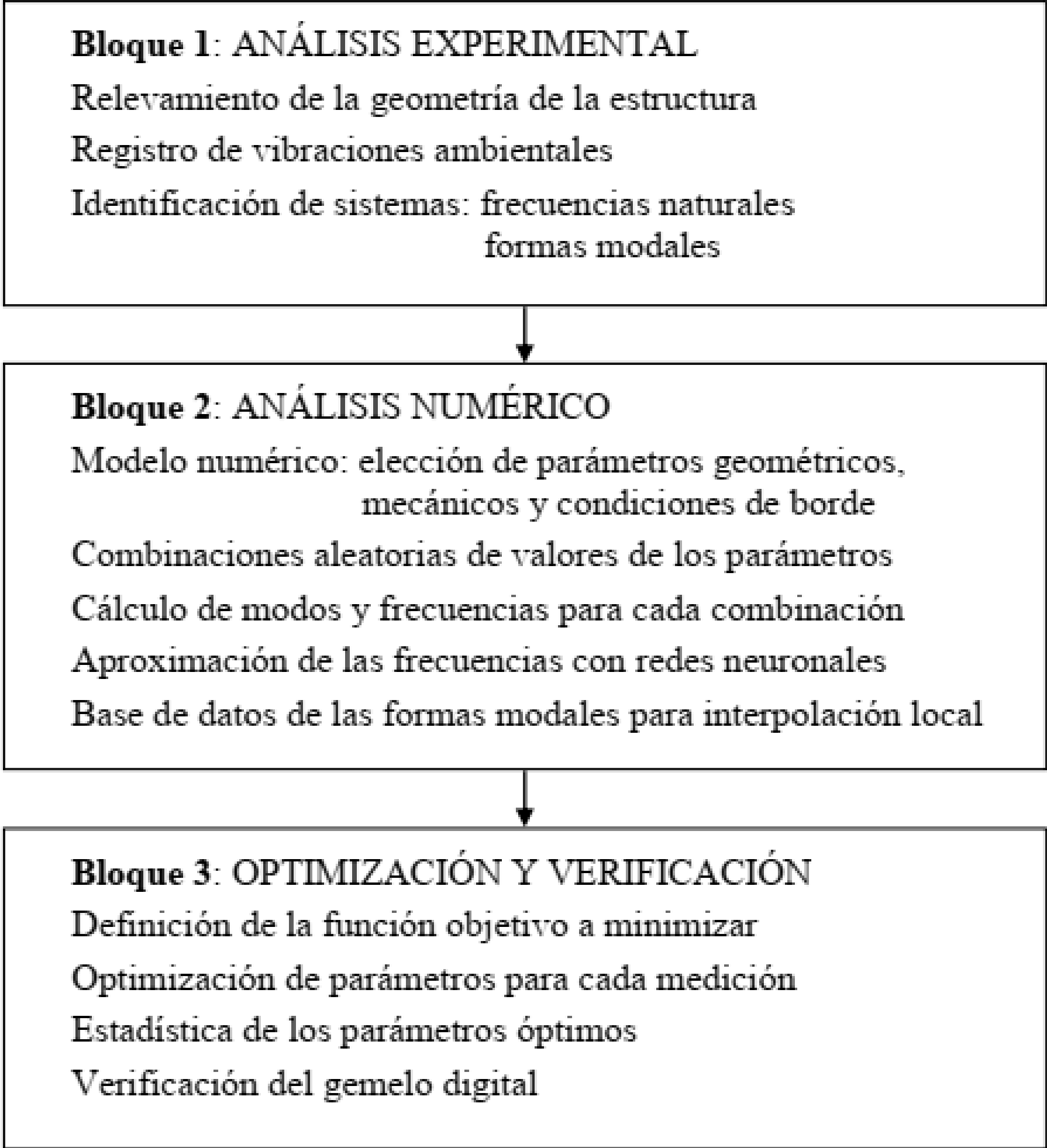
moller@fceia.unr.edu.ar — lucero@fceia.unr.edu.ar — jascheri@fceia.unr.edu.ar

INTRODUCCIÓN

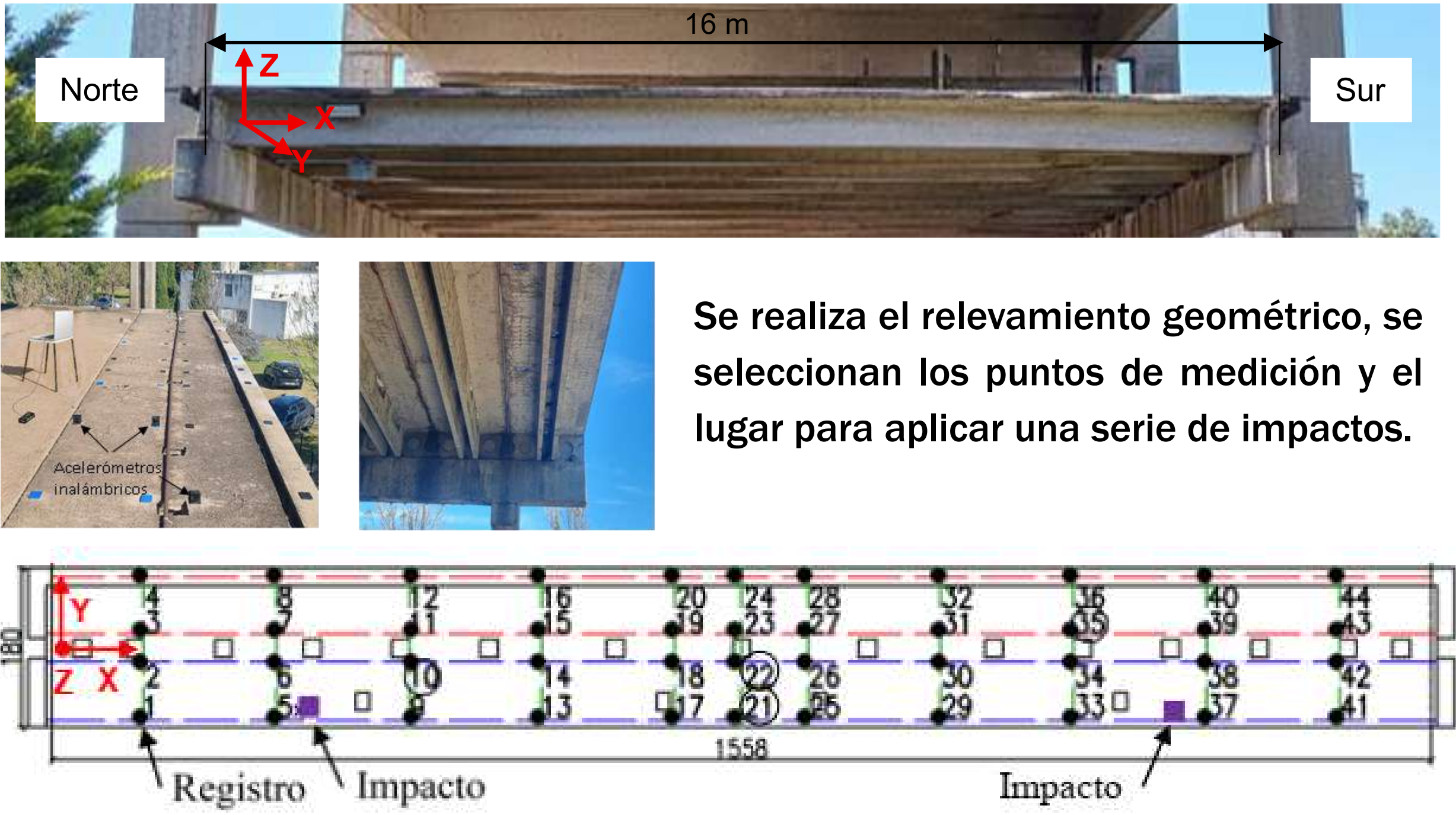
En el análisis dinámico de estructuras, un tema de interés actual es la generación de modelos numéricos suficientemente representativos de la estructura real para ser aplicados a la detección de daños dentro del monitoreo de la salud estructural, que tiene gran impacto económico sobre los programas de mantenimiento y reparación de infraestructura como por ejemplo puentes.

Se desarrolla una metodología para calibrar estadísticamente los parámetros de un modelo numérico, denominado “gemelo digital”, a partir de la identificación de frecuencias naturales de vibración y formas modales obtenidas de mediciones experimentales, aplicada a una viga de hormigón de 16m de luz perteneciente a un entrepiso prefabricado de un edificio ubicado en el CUR .

METODOLOGÍA PROPUESTA



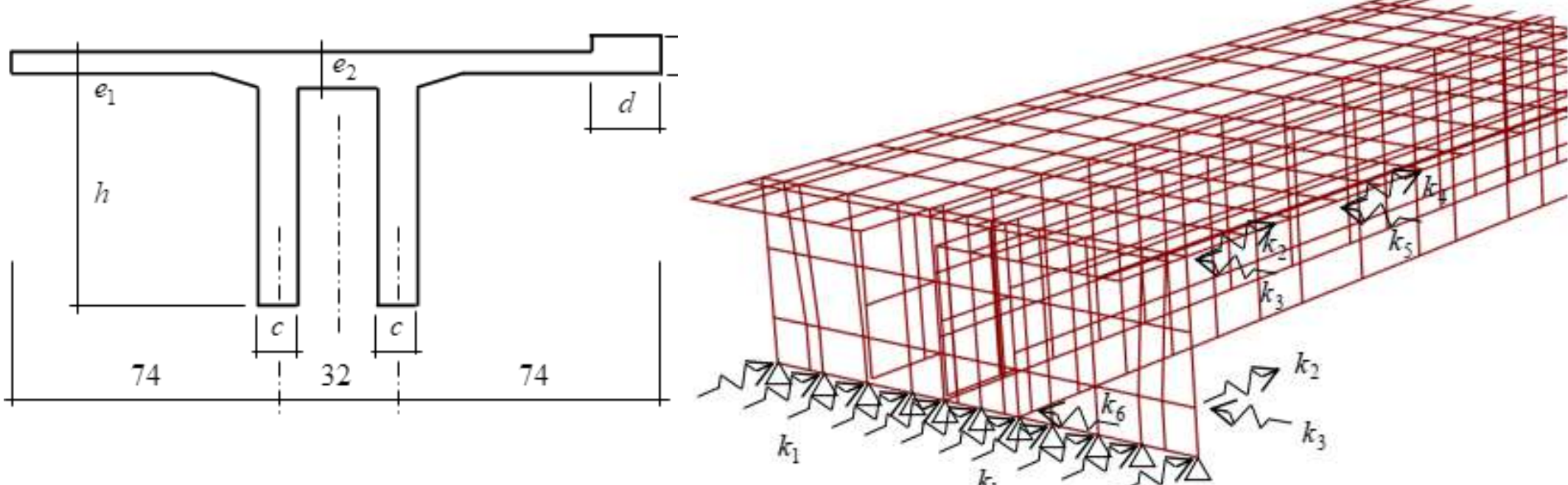
ANÁLISIS EXPERIMENTAL



Se registran las respuestas de aceleración – tiempo con 3 acelerómetros cubriendo 44 puntos de medición. Aplicando métodos de identificación de sistemas se extraen las 10 primeras frecuencias y formas modales. Debido a las incertidumbres en las mediciones y en los métodos de identificación, los valores identificados presentan variaciones que definen la estadística de las frecuencias y formas modales

ANÁLISIS NUMÉRICO

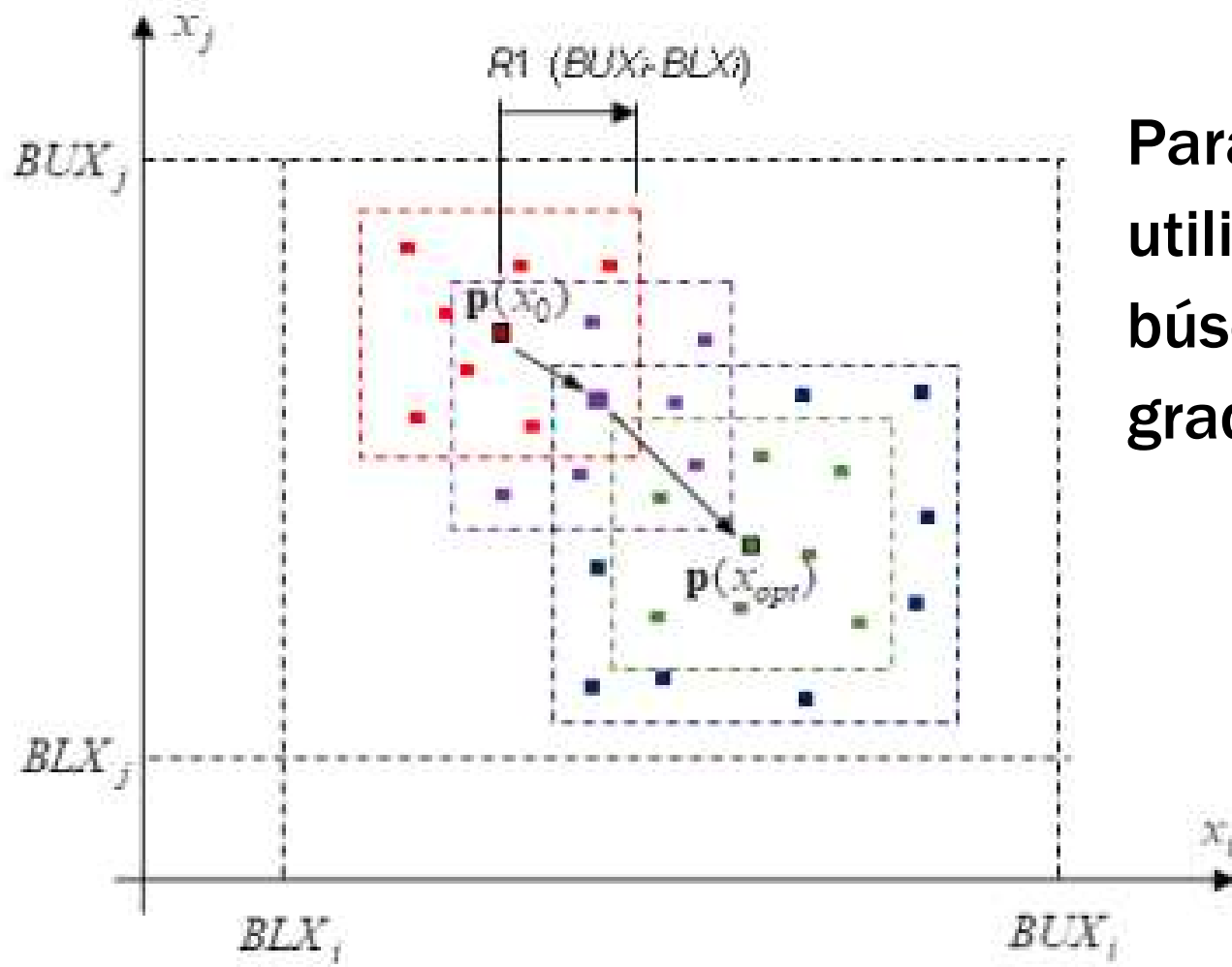
Se proponen tres modelos numéricos paramétricos. (1) Discretización con elementos de cáscara plana; (2) Discretización con elementos de barra; (3) Discretización con elementos sólidos. Para cada modelo se definen 15 parámetros para caracterizar la geometría, las propiedades elásticas y las condiciones de borde. Se generan 536 combinaciones aleatorias de los parámetros dentro de límites que tienen significado físico. Para cada combinación se calculan las 10 primeras frecuencias y formas modales con el modelo numérico. Los 536 resultados discretos de cada frecuencia se aproximan con redes neuronales, y las formas modales, normalizadas con la matriz de masa, forman una base de datos para aplicar interpolación local durante la optimización



OPTIMIZACIÓN

Para evaluar en qué medida un conjunto de parámetros p del modelo numérico predice un comportamiento de la estructura que se aproxime a los resultados experimentales, es necesario definir una función objetivo Π que refleje la diferencia entre los resultados del modelo numérico y el comportamiento real.

$$\Pi(p(x)) = \sum_{i=1}^m w_i \left(\frac{f_{ie} - f_{in}(x)}{f_{ie}} \right)^2 + \sum_{i=1}^m w_i g(MAC_i)$$
$$\text{con } g(MAC_i) = \frac{(1 - \sqrt{MAC_i})^2}{MAC_i}, \quad MAC_i = \frac{(\Phi_{in}^T \Phi_{ie})^2}{(\Phi_{in}^T \Phi_{in})(\Phi_{ie}^T \Phi_{ie})}$$



Para minimizar la función objetivo Π , se utiliza un algoritmo de optimización por búsqueda aleatoria sin cálculo de gradientes.

VERIFICACIÓN

Con la estadística de los parámetros de cada modelo numérico se generan aleatoriamente 50 conjuntos y se calculan las frecuencias y formas modales. Se verifica que la densidad de probabilidades de esas frecuencias se aproxime a las experimentales, y que el índice MAC entre las formas modales promedio numéricas y experimentales supere un valor aceptable.

CONCLUSIONES

Resulta importante considerar todas las incertidumbres presentes en las variables del problema. La comparación entre las estadísticas de las frecuencias y formas modales con respecto a las experimentales fue muy satisfactoria. El modelo numérico calibrado predice con precisión los modos fundamentales, demostrando un desempeño consistente y adecuado para representar la viga real, y que pueden ser utilizados en estimaciones de confiabilidad y probabilidad de estados de daño.

