

## ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE TÉCNICAS TIPO FEM Y FFT PARA HOMOGENEIZACIÓN DE MATERIALES

### PERFORMANCE ANALYSIS OF FEM AND FFT TECHNIQUES FOR MATERIAL HOMOGENIZATION

Rolando Yera<sup>a</sup>, Néstor O. Rossi Cabral<sup>a</sup>, Sebastian Toro<sup>a</sup> y Alfredo E. Huespe<sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup>*CIMEC-UNL-CONICET, Predio Conicet Dr Alberto Cassano, CP 3000 Santa Fe, Argentina.*

<sup>b</sup>*Centre Internacional de Metodes Numerics en Enyinyeria (CIMNE).*

<sup>c</sup>*E.T.S dEnginyers de Camins, Canals i Ports, Technical University of Catalonia (Barcelona Tech) Campus Nord UPC, Mòdul C-1, c/ Jordi Girona 1-3, 08034, Barcelona, Spain.*

**Palabras clave:** homogenización, esquemas FFT, FEM, eficiencia computacional.

**Resumen.** Se realiza una comparación, en términos de eficiencia computacional y exactitud, entre técnicas de homogenización computacional de materiales compuestos utilizando FEM y los métodos basados en la Transformada Rápida de Fourier (FFT), esquema básico (H. Moulinec y P. Suquet, *Comp Meth Appl Mech Engrg*, 157:69-94 (1998)), y el esquema acelerado (D. J. Eyre y G. W. Milton, *EPJ Applied Physics*, 6:41-47 (1999)). El objetivo es determinar cuál de ambas técnicas es más eficiente para ser utilizada en problemas de diseño de metamateriales mediante homogeneización inversa, formulados como un problema de optimización topológica. Altos factores de contraste penalizan enormemente la performance del FFT, no obstante, no está claramente identificada en la bibliografía si, aun así, esquemas basados en FFT resultan viables frente a FEM para los problemas específicos de homogeneización a los cuales este trabajo está direccionado. La comparación está particularmente direccionada a problemas elásticos lineales de microestructuras 2D y 3D, con alto rango de complejidades microestructurales. Se estudia la performance de los métodos basados en FFT usando dos operadores de Green diferentes.

**Keywords:** homogenization, FFT schemes, FEM, computational performance

**Abstract.** A comparison in terms of computational performance and accuracy between computational homogenization techniques of composite materials, using FEM and schemes based on Fast Fourier Transforms (FFT), is performed. The basic scheme (H. Moulinec and P. Suquet, *Comp Meth Appl Mech Engrg*, 157:69-94 (1998)) and the accelerated scheme (D. J. Eyre and G. W. Milton, *EPJ Applied Physics*, 6:41-47 (1999)) are particularly evaluated. The aim is to determine the most efficient technique to be used in metamaterial design problems by means of inverse homogenization formulated as a topology optimization problem. High contrast factors penalize the FFT performance, however, in the bibliography, it is not clearly identified if FFT based-techniques result viable compared to FEM for the specific problems of homogenization to which this work is oriented. The comparison is particularly oriented to elastic linear problems of 2D and 3D micro-structures, with a large complexity range of micro-architectures. The performance of the FFT based-methods is studied using two different Green operators.