

## USO DE SIMETRÍAS EN LA HOMOGENIZACIÓN INVERSA DE UN PROBLEMA ELÁSTICO

### MAKING USE OF SYMMETRIES IN THE ELASTIC INVERSE HOMOGENIZATION PROBLEM

Carlos G. Méndez<sup>a</sup>, Juan M. Podestá<sup>a</sup>, Sebastián Toro<sup>a</sup>, Alfredo Huespe<sup>a</sup> y Javier Oliver<sup>b</sup>

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

<sup>b</sup>CIMNE, Campus Nord UPC, Modul C-1, c/ Jordi Girona 1-3, 08034, Barcelona, Spain.

**Palabras clave:** Multiescala, simetrías, homogenización inversa elástica, optimización topológica.

**Resumen.** Una adecuada elección de la celda unidad y de las simetrías impuestas pueden facilitar significativamente el proceso de diseño de muchas clases de materiales extremos como las microestructuras de Vigdergauz o los nuevos diseños propuestos por Sigmund (J Mech Phys Solids, 48(2), 397-428 (2000)). En este trabajo hacemos un análisis exhaustivo de la conexión entre la simetría geométrica de la distribución de material en la microestructura y las propiedades del tensor elástico homogenizado. Siempre considerando estructuras periódicas, analizamos todas las redes de Bravais y todos los posibles grupos planos (grupos de papel de pared) a fin establecer la forma en la cual las simetrías de esos patrones se reflejan en el tensor elástico resultante. Como celda unidad adoptamos celdas de Wigner-Seitz, las cuales son celdas primitivas (mínimo volumen) que preservan todas las simetrías de la red de Bravais subyacente y simplifican la implementación de los grupos planos. Se presentan varios casos que ejemplifican la búsqueda de nuevas clases de materiales extremos, en los cuales se puede ver cómo aparecen distintas clases de microestructuras dependiendo de las simetrías impuestas.

**Keywords:** Multiscale, symmetries, elastic inverse homogenization, topology optimization.

**Abstract.** An adequate choice of the unit cell and the symmetries imposed in the design process can significantly facilitate the design of finding of many classes of composites as the microstructures of Vigdergauz or new ones proposed by Sigmund (J Mech Phys Solids, 48(2), 397-428 (2000)). In this work, we make a comprehensive analysis of the connection between the symmetry of the material distribution in the microstructure and the properties of the resulting elastic tensor. Considering periodic structures, we analyze all the possible Bravais lattices and all the plane (wallpaper) groups in order to study the way in which the symmetries of these patterns are reflected in the homogenized elastic tensor. For the unit cell we adopt Wigner-Seitz cells, which are primitive cells that preserve all the symmetries of the subjacent Bravais lattice and simplify the implementation of plane groups. Some examples regarding the search of new classes of extreme materials are shown, where it can be seen how different composites classes emerge depending on the enforced symmetries.