

## ESTUDIO COMPUTACIONAL DE MÚLTIPLES RECOLECTORES DE ENERGÍA PIEZOELÉCTRICOS A PARTIR DE VIBRACIONES INDUCIDAS POR VÓRTICES

### COMPUTATIONAL STUDY OF MULTIPLE PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTERS FROM VORTEX-INDUCED VIBRATIONS

José M. Ramírez<sup>a</sup>, Facundo Castañón<sup>a</sup>, Julián Espeche<sup>a</sup> y C. Martín Saravia<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Grupo de Investigación en Multifísica Aplicada (GIMAP), Universidad Tecnológica Nacional FRBB (UTN), 11 de Abril 461, 8000 Bahía Blanca, Argentina

**Palabras clave:** Vibraciones inducidas por vórtices, interacción entre recolectores, recolector de energía piezoeléctrico, CFD, OpenFOAM, método de volúmenes finitos.

**Resumen.** En este trabajo, se presenta y valida experimentalmente una formulación acoplada para modelar múltiples recolectores piezoeléctricos de energía basada en el fenómeno de vibraciones inducidas por vórtices. La formulación matemática se realizó acoplando las ecuaciones de Navier-Stokes para flujo de fluido incompresible, la ley de Gauss para ecuaciones piezoeléctricas y un sistema masa-resorte-amortiguador para representar el cuerpo rígido oscilante. La formulación acoplada se implementó numéricamente en una nueva librería de OpenFOAM. Simulaciones numéricas para casos de prueba seleccionados fueron validadas mediante experimentos. Después de validar los resultados numéricos, se simularon varios escenarios de trabajo de tres recolectores piezoeléctricos de energía en tándem con el objetivo de evaluar la aplicabilidad de la formulación numérica. Los resultados obtenidos mostraron que la interacción entre cilindros jugó un papel importante tanto en el ancho de banda de sincronización como el voltaje de salida. El ancho de banda de sincronización de los tres recolectores en tándem fue 500 % más grande en comparación de un recolector aislado.

**Keywords:** Vortex-induced vibrations phenomenon, multiple interacting harvesters, piezoelectric energy harvester, computational fluid dynamics, OpenFOAM, finite volume method.

**Abstract.** In this work, a coupled formulation for modeling multiple piezoelectric energy harvesters based on vortex-induced vibrations phenomenon at arbitrary locations is presented and experimentally validated. The mathematical formulation was performed by coupling the Navier–Stokes equations for incompressible fluid-flow, the Gauss law for piezoelectric equations, and a mass-spring-damper system representing the oscillating rigid body. The coupled formulation was numerically implemented into a new OpenFOAM library. The numerical simulations for selected test cases were validated by experiments. After validating the numerical results, several working scenarios of three piezoelectric energy harvesters in tandem were simulated in order to evaluate the applicability of the proposed numerical formulation. The results obtained showed that the interaction between cylinders played an important role in both synchronization bandwidth and output voltage. The synchronization bandwidth for three harvesters in tandem was 500 % wider than that of an isolated harvester.