

RESUMEN

En este Trabajo Fin de Máster, propuesto por el Grupo de investigación en Metrología Óptica de la Universidad de Vigo, se ha caracterizado acústicamente una placa del material AptFlex SF5048 [4] a partir de las gráficas de respuesta en frecuencia para el nivel de reducción de eco, la pérdida por inserción y el coeficiente de disipación de potencia. Puesto que los polímeros muestran un comportamiento lineal visco-elástico a frecuencias ultrasónicas (véase [1]), la ecuación del movimiento para un sólido visco-elástico viene dada por

$$\rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2} - \text{div}(\boldsymbol{\sigma}) = \mathbf{0},$$

donde ρ es la densidad de masa, $\mathbf{u}$ es el campo de desplazamiento y $\boldsymbol{\sigma}$ es el tensor de tensiones. La ley constitutiva para un sólido visco-elástico es (véase [3])

$$\sigma_{ij}(t) = \int_{-\infty}^t C_{ijkl}(t - \tau) \frac{\partial \varepsilon_{kl}(\tau)}{\partial t} d\tau, \quad \varepsilon = \frac{\nabla \mathbf{u} + \nabla \mathbf{u}^t}{2},$$

donde ε y C son el tensor de deformaciones y de elasticidad, respectivamente. Imponiendo soluciones armónicas, es decir, $C(t) = \text{Re}(\hat{C}(\omega)e^{-i\omega t})$, siendo ω la frecuencia angular, y de forma análoga a como ocurre en la ley de Hooke, supondremos que la acción de $\hat{C}$ sobre un tensor R viene dada por

$$\hat{C}_{ijkl}(\omega) R_{kl} = \frac{\nu E(\omega)}{(1 - 2\nu)(1 + \nu)} R_{kk} \delta_{ij} + \frac{E(\omega)}{(1 + \nu)} R_{ij},$$

donde ν es el coeficiente de Poisson, $E(\omega) = E'(\omega) - iE''(\omega)$ es el módulo de Young complejo y δ_{ij} es la delta de Kronecker. Suponiendo conocidos la densidad de masa ρ y el coeficiente de Poisson ν (véase [1]), los valores que caracterizan al sólido visco-elástico son $E'(\omega)$ y $E''(\omega)$. Con este propósito, se ha resuelto numéricamente un problema inverso para

ajustar un conjunto discreto de medidas experimentales, dependientes de la frecuencia, tales como el nivel de reducción de eco ER^{exp} . Así, para cada frecuencia ω , la parte real e imaginaria del módulo de Young se calculan como la solución del problema de minimización

$$(E'(\omega), E''(\omega)) = \arg \min_{E', E'' > 0} |ER^{\text{exp}} - \widehat{ER}(E', E'', \omega)|, \quad (1)$$

donde $\widehat{ER}(E', E'', \omega)$ es el nivel de reducción de eco para un módulo de Young complejo dado $E' - iE''$.

RESULTADOS

Para resolver el problema de minimización (1) se ha utilizado un algoritmo del tipo Trust Region Reflective (véase [2]). Los resultados numéricos se muestran en las Figs. 1 y 2.

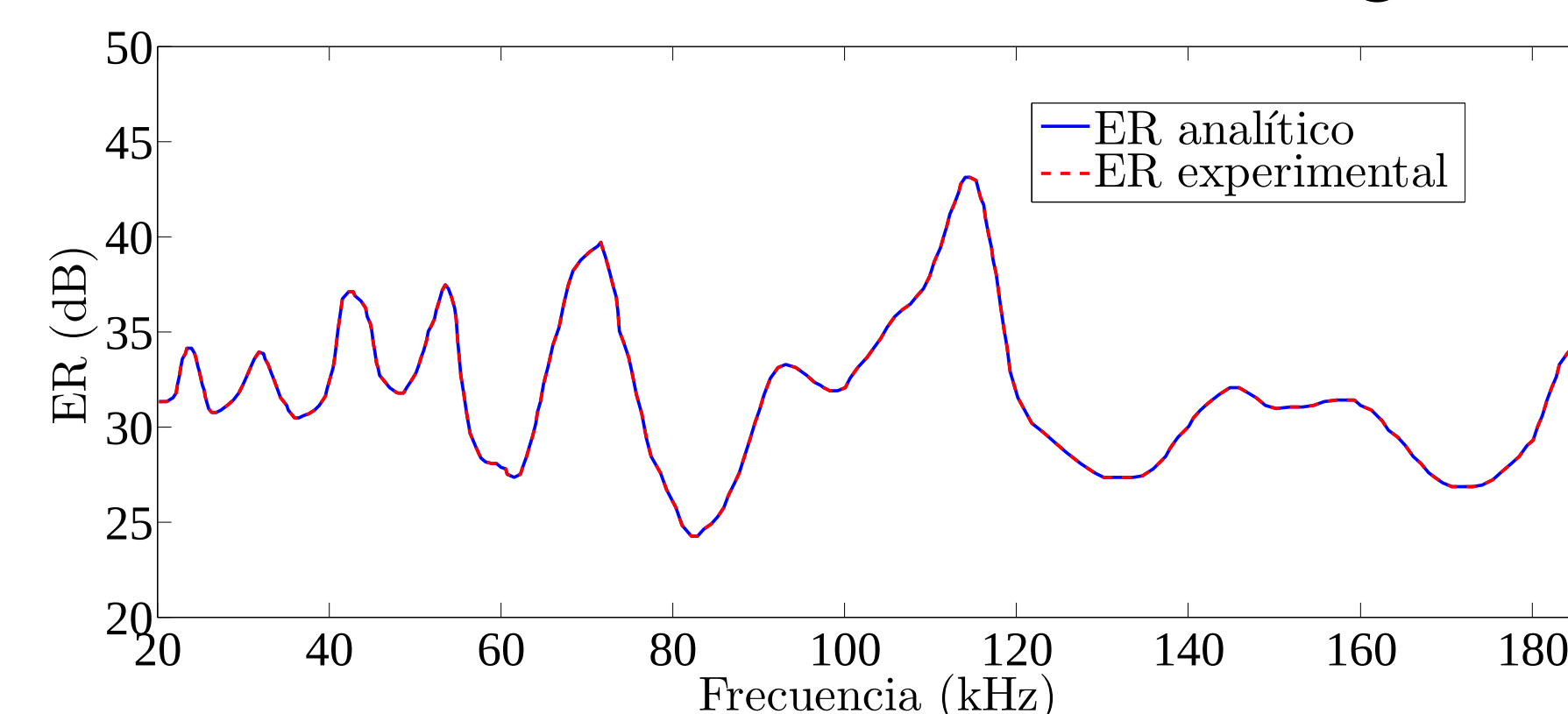


Fig. 1: Representación gráfica del nivel ER tanto experimental como analítico con respecto a la frecuencia, considerando el problema de minimización descrito en (1).

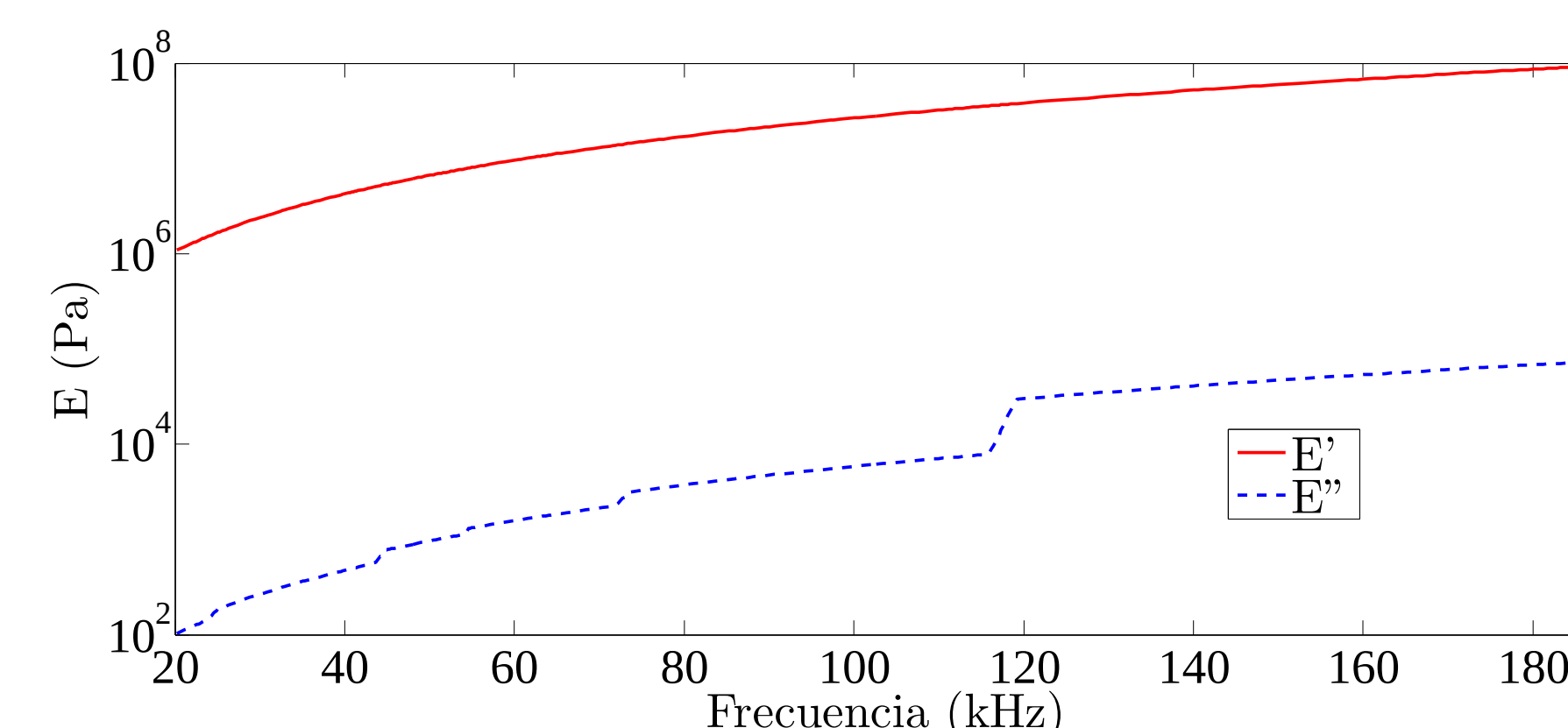


Fig. 2: Representación gráfica con respecto a la frecuencia de la parte real e imaginaria del módulo de Young calculado.

Una vez hallado el módulo de Young complejo, se han realizado simulaciones numéricas utilizando COMSOL Multiphysics para observar sus propiedades absorbentes. Se ha considerado un tanque de agua (véase Fig. 3) y, dentro de él, varias placas de material absorbente (resaltadas en gris) excitadas acústicamente con un transductor (resaltado en magenta).

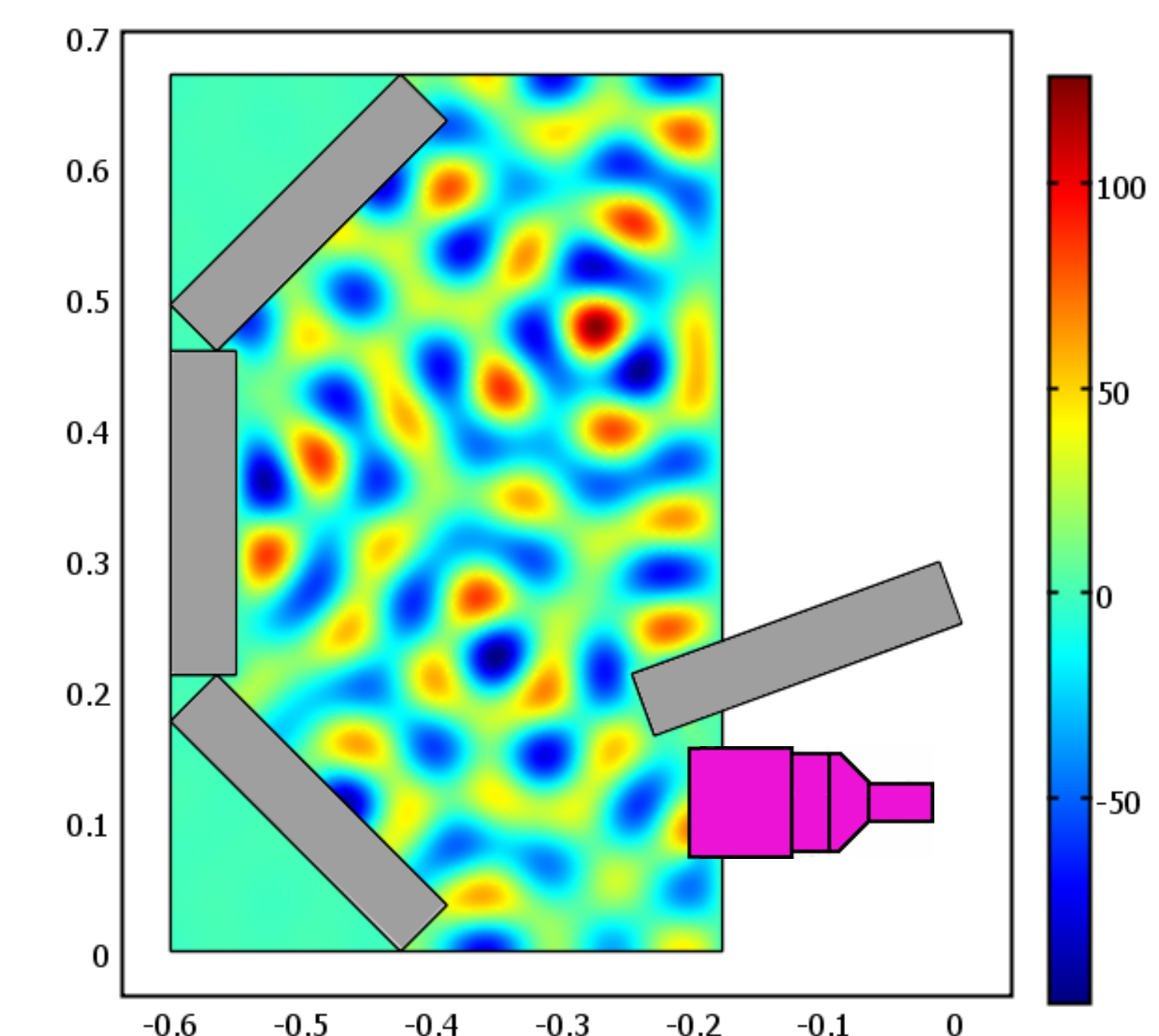


Fig. 3: Parte real del campo de presiones a 20 kHz.

REFERENCIAS

- [1] V. G. Jayakumari, R. K. Shamsudeen, R. Ramesh, T. Mukundan. Modeling and validation of polyurethane based passive underwater acoustic absorber. J. Acoust. Soc. Am., **130**(2):724-730, 2011
- [2] T. F. Coleman, Y. Li. A reflective Newton method for minimizing a quadratic function subject to bounds on some of the variables. SIAM Journal on Optim., **6**:418-445, 1996
- [3] M. E. Gurtin and E. Sternberg. On the linear theory of viscoelasticity. Archive for Rational Mechanics and Analysis, **11**:291-356, 1962
- [4] Precision Acoustics, *Aptile SF5048 data sheet*. Available at: <http://www.acoustics.co.uk/product/aptile-sf5048/>.