

Modelado numérico de la capa límite turbulenta en presencia de efectos de flotabilidad

MACARENA GÓMEZ-MÁRMOL

Dpto. E.D.A.N., Univ. de Sevilla

macarena@us.es

Resumen

En el océano como es bien conocido existen dos capas límites básicas, la superficial producida por la fricción del viento y la profunda producida por la fricción con el fondo. Ahora bien, fenómenos tales como la evaporación, las precipitaciones, el calor solar o los vientos en superficie generan una nueva capa conocida como la capa de mezcla. Esta capa se caracteriza por tener densidad casi-constante y su espesor en general no tiene relación con el de la capa límite superficial. En la capa de mezcla el modelado de la turbulencia se complica adicionalmente, debido a que el fluido no es homogéneo y está estratificado. En concreto, los factores principales que intervienen en el desarrollo de la turbulencia son las fuerzas de flotabilidad y de cizalladura. Como es habitual en el modelado de la turbulencia, para atacar el problema de cierre de las ecuaciones se introduce la viscosidad turbulenta. Esta viscosidad debe recoger los efectos físicos que determinan la turbulencia. Es por esta razón que en este caso, se toma en función del número de Richardson de gradiente. Este número adimensional establece la razón entre las fuerzas desestabilizadoras representadas por la cizalladura y las estabilizadoras representadas por la flotabilidad, y viene expresado por:

$$R_i = \frac{-g}{\rho_0} \frac{\partial_z \rho}{|\partial_z u|^2},$$

donde ρ es la densidad, u la velocidad, g la gravedad y ρ_0 es la densidad característica del agua. En función de las diferentes parametrizaciones de la viscosidad turbulenta como función del número de Richardson de gradiente se obtienen los distintos modelos de turbulencia. Los más utilizados y contrastados físicamente de este tipo son los de Pacanowski-Philander ([3]) y Large-Gent ([2]). Paradójicamente, encontramos en estos modelos rangos del número de Richardson que corresponden a situaciones físicas reales, para los que el modelo deja de ser válido porque la viscosidad turbulenta se hace negativa. Los modelos de turbulencia así elaborados constituyen sistemas de ecuaciones en derivadas parciales de tipo parabólico, de gran dificultad desde el punto de vista del Análisis Matemático. En nuestro trabajo hacemos un estudio de la existencia de soluciones de equilibrio del modelo, así como su estabilidad lineal. Aplicando este estudio a los modelos antes mencionados probamos que hay situaciones físicamente posibles para las cuales existen varias soluciones de equilibrio, pudiendo ser algunas de ellas inestables matemáticamente. Proponemos una ligera modificación de estos modelos clásicos que conduce a viscosidad turbulenta siempre positiva y unicidad de solución de equilibrio. Sin embargo, sigue existiendo un pequeño rango de valores del número de Richardson para los cuales la solución es inestable matemáticamente. Para validar nuestro modelo hemos realizado varios tests de comparación con los modelos de Pacanowski-Philander y Large-Gent, llegando a resultados similares, ganando además en estabilidad numérica. Por último, hemos realizado test basados en datos experimentales reales en mares tropicales donde los resultados de nuestro modelo mejoran los de los modelos clásicos anteriores.

Referencias

- [1] A.C. Bennis, T. Chacón Rebollo, M. Gómez Mármol, R. Lewandowski, *Stability of some turbulent vertical models for the ocean mixing boundary layer*, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00121202>.
- [2] W. Large, P.Gent, *Validation of vertical mixing in an equatorial ocean model using large eddy simulations and observations*, *Journal of Physical Oceanography*, Volume 29, (1998), 449–464.
- [3] Pacanowski, Philander, *Parameterization of vertical mixing in numerical models of tropical oceans*, *Journal of Physical Oceanography*, Volume 11, (1981), 1443–1451.