



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA

---

**TURBULENCIA DE SUBMESOESCALA: MEZCLA  
VERTICAL Y DISIPACIÓN DE ENERGÍA EN FRENTES  
SUPERFICIALES DEL OCEANO**

Profesor Guía: Andrés Sepúlveda

Tesis para optar al grado académico  
de Doctor en Ciencias Físicas

---

Autor  
Pablo Eduardo Cornejo Olivares  
Concepción - Chile  
2016

# Resumen

Introduciendo modificaciones triviales en las ecuaciones de conservación se ha expandido el ámbito de aplicación de un código CFD genérico a la descripción de la dinámica de fluidos geofísicos incluyendo el efecto de la rotación de la Tierra y la estratificación de la columna de agua. Sobre la base de este código modificado fue implementado un modelo no-hidroestático de alta resolución describiendo la dinámica de submesoescala en un frente oceanográfico superficial de latitud media. Se simuló un sistema periódico empleando tres diferentes metodologías para describir la turbulencia: 1) URANS-Reynolds Stress Model (RMS, modelo de turbulencia de siete ecuaciones), 2) LES-Standard Smagorinsky (SS, modelo de turbulencia algebraico), y 3) LES-Modified Smagorinsky, introduciendo una corrección para grillas no-isotrópicas (MS). Esta modificación permitió mejorar las predicciones del campo de flujo respecto al modelo estandar manteniendo un bajo costo computacional respecto al modelo RSM. Se investigó la distribución de velocidad vertical y el flujo espectral de energía en el rango de submesoescala/pequeña-escala y se indagó en los procesos fluido-dinámicos que los provocan en ausencia de cualquier forzante atmosférico. Cerca de la superficie (25 m) fueron encontradas condiciones de submesoescala ( $Ro \sim 1$ ,  $Ri \sim 1$ , altas velocidades verticales), intensa actividad frontogenética e inestabilidades simétricas no forzadas. Cálculos del flujo espectral de energía usando transectas a lo largo del frente predicen en promedio en la zona cercana a la superficie una cascada directa de energía cuyo mecanismo de disipación se encuentra relacionado a regiones con condición de frontogénesis activa o inestabilidad simétrica y estiramiento de tubos de vórtices. El error en el balance de fuerzas muestra que los procesos que promueven la cascada directa de energía se encuentran parcialmente balanceados. Bajo la capa de mezcla la actividad frontogenética fue encontrada casi imperceptible, no fueron observadas condiciones de submesoescala ( $Ro < 0,4$ ), tampoco condiciones para la ocurrencia de ninguna de las inestabilidades bajo análisis y los cálculos del flujo espectral de energía cinética predicen la predominancia de una cascada inversa. Para la ocurrencia de la cascada directa de energía, las regiones dominadas por actividad frontogenética o inestabilidades simétricas deben también proveer en superposición condiciones para el estiramiento de tubos de vórtices, caso contrario, en dichas zonas podría eventualmente tener lugar cascada inversa