

# Capítulo 1

## Resumen del proyecto y nomenclatura

El presente proyecto fin de carrera se encuadra dentro del proyecto de investigación del Plan Nacional titulado “Análisis del flujo, sedimentación de partículas y oxigenación en tanques de producción de peces y crustáceos. Optimización y parámetros de diseño” del Grupo de Mecánica de Fluidos de la Universidad de Sevilla.

### 1.1. Descripción del problema

El objetivo de este proyecto es realizar una simulación de la evolución temporal de un flujo turbulento homogéneo e isotrópico, en un cubo extendido periódicamente en las tres coordenadas espaciales, que por comodidad se ha elegido de lado  $2\pi$ . Para esta simulación se va a emplear un cluster (ver capítulo 5) que nos permite superar las limitaciones intrínsecas a esta simulación. Dado que el campo de estudio es un cubo, para poder simularlo dividimos cada lado en  $N$  puntos en los que vamos a realizar los cálculos. Por tanto, tenemos necesidades de memoria del orden de  $N^3$ , lo que significa que las simulaciones requerirán de grandes recursos de memoria y los cálculos serán muy costosos en tiempo ya que con un  $N$  típico de valor 128 con precisión simple las necesidades son del orden de 8MB por matriz y en los cálculos se usan por encima de 12 matrices.

En la simulación del flujo turbulento se va a usar un método pseudoespectral [22] en el que se resuelven las ecuaciones de Navier-Stokes utilizando el espacio físico y el de Fourier de forma que se minimicen los costes computacionales.

Para la paralelización del código se va a utilizar el estándar MPI (Message Passing Interface). Su uso ofrece una interfaz que gestiona los procesos de sincronización e intercambio de información entre los distintos nodos del cluster.

### 1.2. Estructura del proyecto

Este proyecto se va a estructurar en diferentes capítulos que cubren los distintos aspectos de su elaboración. En el capítulo 2 se hace una breve introducción a la turbulencia en el que se describe las propiedades de la misma así como una descripción de los conceptos y parámetros que vamos a utilizar. En el capítulo 3 se hace una breve introducción al análisis de Fourier ya que es la base sobre la que se apoya el desarrollo teórico de este proyecto. En él se describe su expresión matemática así como las propiedades que se van a utilizar. En el capítulo 4 se hace el desarrollo teórico del método pseudoespectral que se utiliza para obtener las ecuaciones

que nos proporcionan la evolución temporal del campo de velocidades en el cubo. En el capítulo 5 se hace una descripción del cluster que se usa para ejecutar el código. Se indican tanto sus características como los pasos necesarios para su correcta configuración. En el capítulo 6 se analiza la resolución del problema. Se describen los conceptos más importantes de la simulación, se da una explicación de la implementación del código y del sistema de configuración en tiempo real y, por último, se explican los puntos a los que se ha aplicado la paralelización. En el capítulo 7 se explican los resultados que ofrece el programa y que proporcionan una descripción del estado instantáneo del campo de velocidades, así como una serie de estadísticas que lo caracterizan, como son el espectro, la gráfica de invariantes u otros parámetros. Finalmente, en el capítulo 8 se hace una breve descripción del proyecto y las posibles líneas de investigación que podrían ampliarlo.

### 1.3. Nomenclatura

En este documento, usamos la siguiente nomenclatura:

- Escalares: Texto normal en cursiva (por ejemplo,  $\nu$ ).
- Números adimensionales: Texto normal (por ejemplo, Re).
- Vectores: Texto en negrita (por ejemplo,  $\mathbf{v}$ ).
- Componente de un vector: Texto con separación y subíndice ( $\mathbf{v}|_j$ ).
- Serie de Fourier: Texto con llave superior (por ejemplo  $\widehat{\mathbf{f}}$  es la serie de Fourier de la función vectorial  $\mathbf{f}$ ).
- Coeficientes de una serie de Fourier: Texto con llave superior y subíndice (por ejemplo  $\widehat{\mathbf{f}}_k$  es el k-ésimo coeficiente de la serie de Fourier de  $\mathbf{f}$ ).
- Valor medio en el espacio: Texto entre los símbolos  $\langle \cdot \rangle$ . Por ejemplo, el valor medio de  $f$  en el espacio se calcula:

$$\langle f \rangle = \frac{1}{N^3} \sum_{n_1=0}^{N-1} \sum_{n_2=0}^{N-1} \sum_{n_3=0}^{N-1} f(n_1, n_2, n_3). \quad (1.1)$$