



# Máster de Tecnologías de Telecomunicación

## Trabajo Fin de Máster

### Aplicación de la computación paralela mediante MPI en la formulación finita

Adrián de Pablo Sánchez

José Miguel Monzón Verona, Leopoldo Simón Rodríguez

Junio de 2017

#### Resumen:

- El objetivo de este Trabajo de Fin de Máster es el de paralelizar los programas del pre-procesado del análisis de sistemas basado en el Método de la Celda para mejorar los tiempos de ejecución de dichos programas y estudiar los resultados obtenidos.
- Palabras clave: Método de la Celda, pre-procesado, paralelización, MPI, Gmsh, PETSc, tiempo de ejecución, speedup.

#### Metodología:

- El marco teórico detrás de este trabajo es la formulación finita, concretamente el Método de la Celda (Figura 1). La formulación diferencial clásica del electromagnetismo debe reescribirse desde el punto de vista de la formulación finita (Figura 2).
- Para modelar el sistema a analizar se ha empleado el software Gmsh, un generador tridimensional de mallados de elementos finitos con un motor CAD y post-procesador incorporados (Figura 3).
- El pre-procesado está constituido por un conjunto de algoritmos que obtienen datos sobre los elementos del mallado, como los puntos, las aristas, las caras y los volúmenes; y calculan elementos necesarios para el procesamiento posterior, como las matrices de incidencia G, C y D, o las condiciones de contorno Dirichlet.
- Para paralelizar estos algoritmos se ha utilizado el entorno computacional PETSc, que incorpora la interfaz de paso de mensajes MPI.

#### Resultados:

- Paralelizar los programas del pre-procesado ha logrado alcanzar reducciones en los tiempos de ejecución de entre el 35% y el 55% utilizando dos procesadores, y de entre 45% y el 65% utilizando tres procesadores.
- La diferencia en los tiempos de ejecución entre procesadores aumenta en valor absoluto al aumentar el detalle del mallado o número de nudos del mismo (Figura 4).
- Los tiempos de ejecución disminuyen en valor relativo al aumentar el número de procesadores empleados.

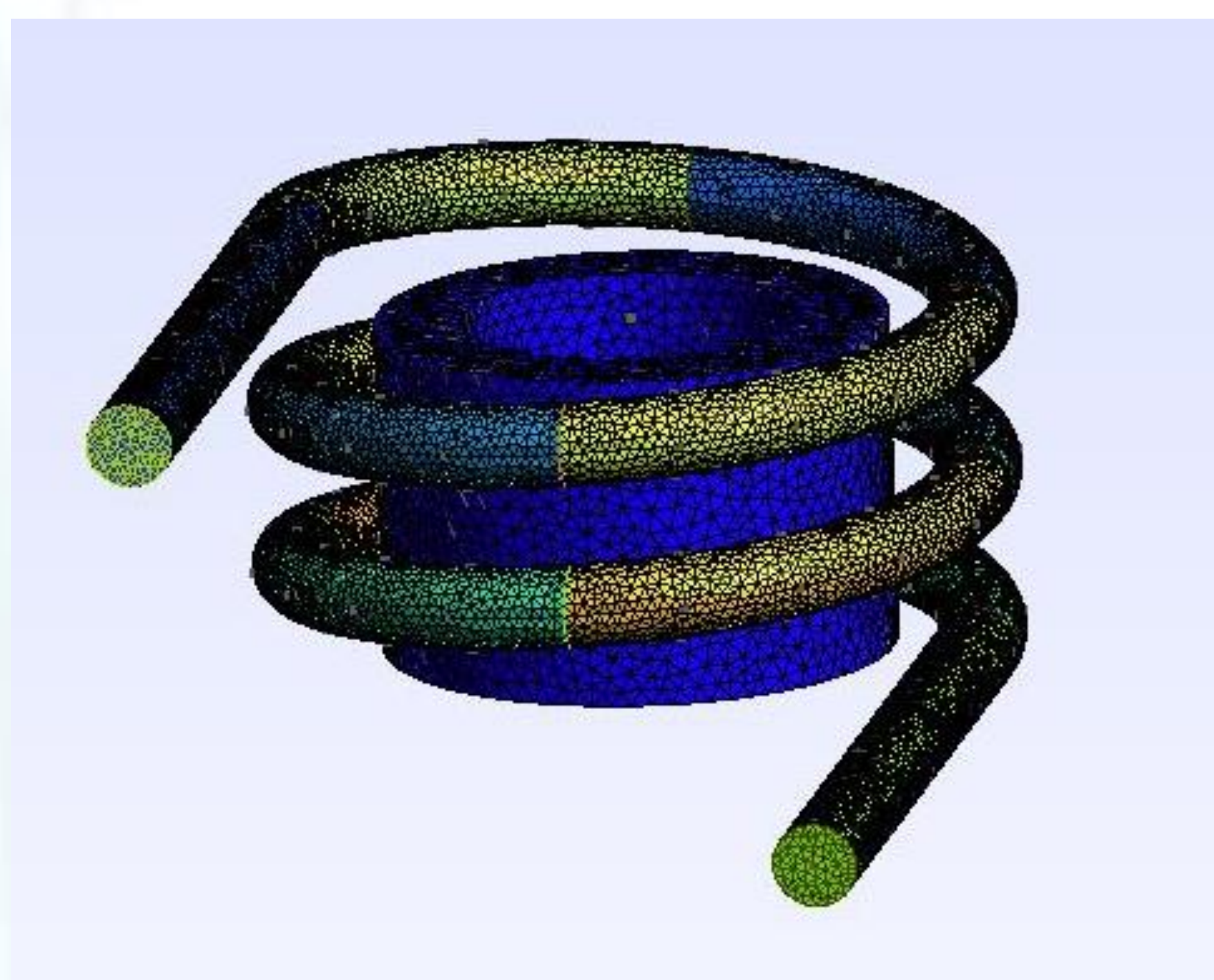


Figura 3. Mallado de una bobina eléctrica y de su núcleo ferromagnético

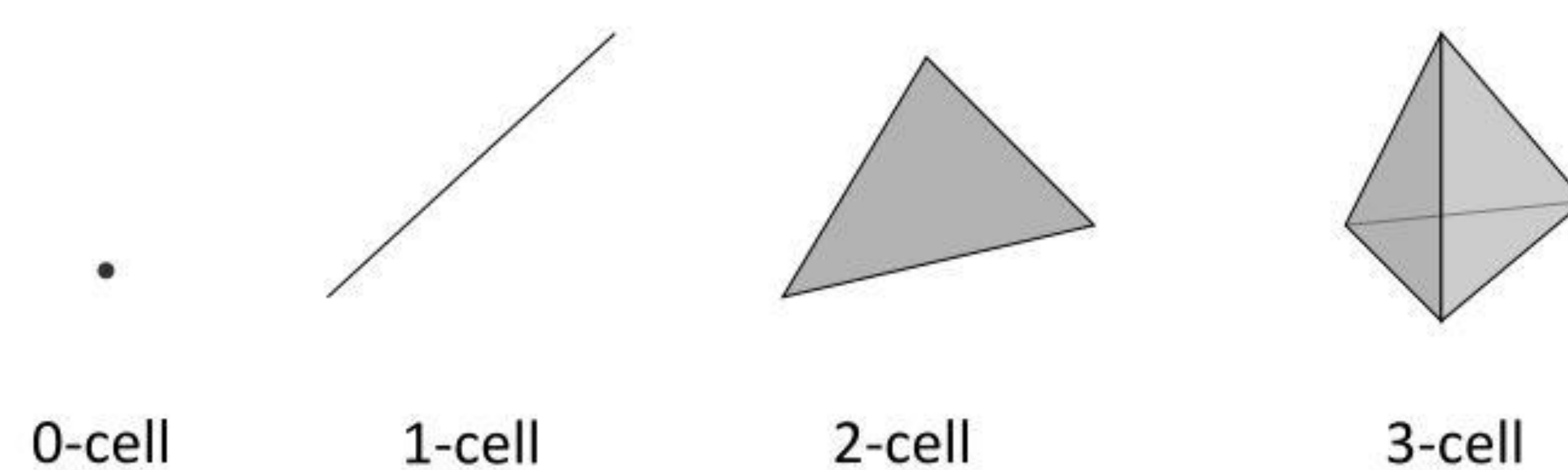


Figura 1. Elementos físicos del Método de la Celda

$$\begin{bmatrix} \{[C]^T[M_v][C] + j\omega[M_\sigma]\}_{ixl} \\ [-j\omega[G]^T[M_\sigma]\}_{nxt} \\ [-j\omega[I_c][M_\sigma]\}_{b4xl} \\ [0]_{b2xl} \\ [0]_{nxt} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [M_\sigma][G]_{lx\eta} \\ [-G]^T[M_\sigma][G]_{nx\eta} \\ [I_c][M_\sigma][G]_{b4x\eta} \\ [0]_{b2x\eta} \\ [0]_{nx\eta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [0]_{ixn} \\ [0]_{\eta xn} \\ [0]_{b4xn} \\ [Y_2][A_2]^T_{b2xn} \\ [A_1][Y_1][A_1]^T_{nxn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [0]_{ixb2} \\ [0]_{nxb2} \\ [0]_{b4xb2} \\ [Z_2]_{b2xb2} \\ [A_2]_{nxb2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [0]_{ixb2} \\ [0]_{nxb4} \\ [-1]_{b4xb4} \\ [0]_{b2xb4} \\ [A_4]_{nxb4} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} [a]_{lx1} \\ [v_i]_{\eta x1} \\ [v_n]_{nx1} \\ [I_2]_{b2x1} \\ [I_4]_{b4x1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [I_f]_{lx1} \\ [0]_{\eta x1} \\ [0]_{nx1} \\ [W_2]_{b2x1} \\ [-A_3 I_j]_{b4x1} \end{bmatrix}$$

Figura 2. Sistema matricial de ecuaciones electromagnéticas de la formulación finita

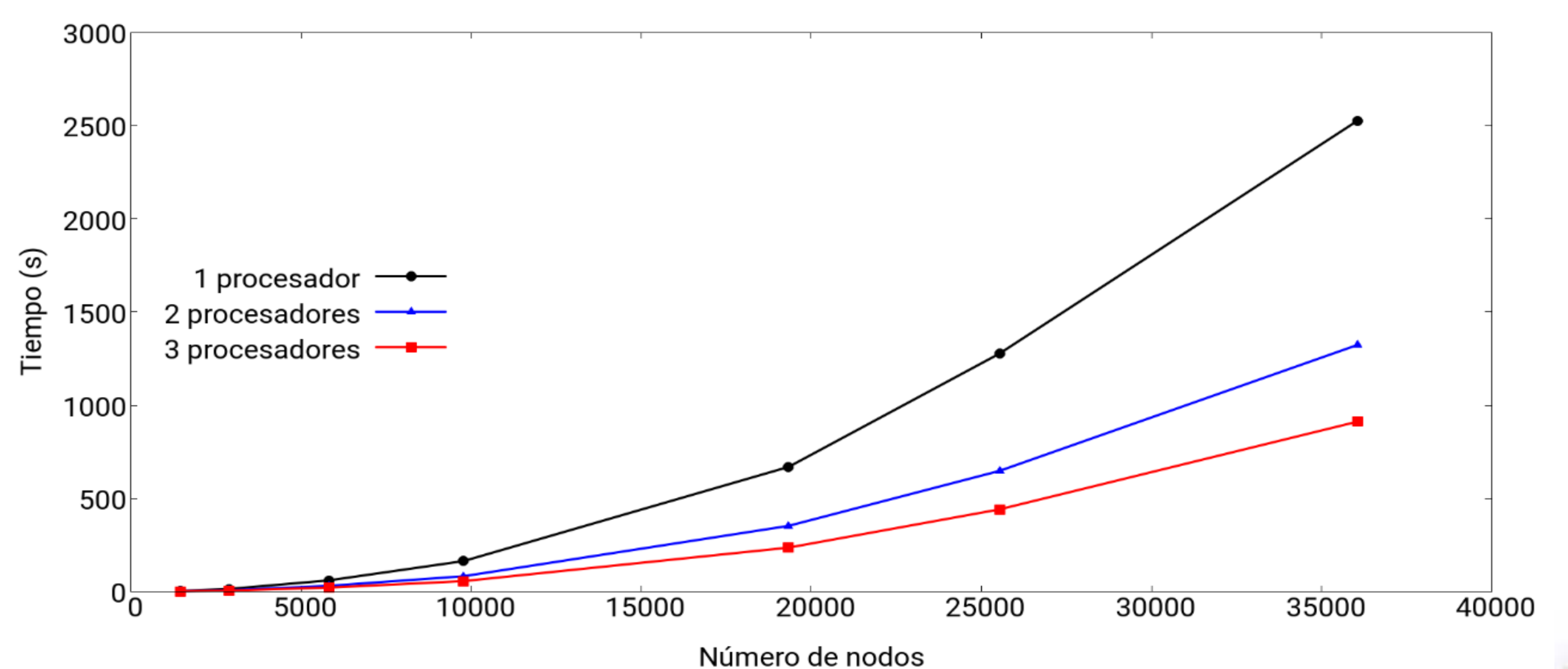


Figura 4. Gráfico comparativo de los tiempos absolutos de ejecución del programa Matriz D en uno, dos y tres procesadores

#### Conclusiones:

- En este trabajo se ha demostrado que paralelizar los algoritmos que constituyen el pre-procesado ha reducido sus tiempos de ejecución y ha permitido aumentar el detalle de la simulaciones.
- De esta forma, se abre la puerta al análisis transitorio, el cual incrementaría los tiempos de ejecución proporcionalmente al tiempo asignado a dicho análisis.
- De los resultados obtenidos se pueden predecir mejoras en la reducción de los tiempos de ejecución al emplear una máquina con un mayor número de procesadores.

