

# Sesión 6. Cálculo Paralelo en Elmer

M. Meis<sup>1,2</sup> y F. Varas<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Vigo, <sup>2</sup>Vicus Desarrollos Tecnológicos, S.A.,

<sup>3</sup>Universidad Politécnica de Madrid

Introducción a la Simulación Numérica Multifísica con  
ELMER

6–7 de julio de 2015



Unión Europea  
FEDER



Invertimos en su futuro



# Proyecto CloudPYME

El proyecto CloudPYME (ID 0682\_CLOUDPYME2\_1\_E) está cofinanciado por la Comisión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), dentro de la tercera convocatoria de proyectos del Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España-Portugal 2007-2013 (POCTEP).



Unión Europea  
FEDER



Invertimos en su futuro

# Plan

- 1 Cálculo paralelo en Elmer
  - Cuestiones generales
  - Paralelización en Elmer

# Plan

- 1 Cálculo paralelo en Elmer
  - Cuestiones generales
  - Paralelización en Elmer

# Plan

- 1 Cálculo paralelo en Elmer
  - Cuestiones generales
  - Paralelización en Elmer

# Temas generales sobre cálculo paralelo

- El problema es dividido y ejecutado (como mínimo) en más de un procesador simultáneamente
- Los procesadores necesitan comunicarse durante la ejecución
  - Para este propósito una biblioteca pasando mensaje es usado
  - Elmer usa Interfaz de Paso Mensaje (MPI)
- El cálculo paralelo es beneficioso cuando una ejecución en serie toma demasiado tiempo
  - Resolución de sistemas lineales
  - En menor medida, proceso de ensamblado
- Ejecuciones en paralelo requieren ajustes y testeo → Pensar cuidadosamente si realmente necesitas hacer ejecuciones en paralelo

# Resolvedores en paralelo

- Las ejecuciones en paralelo el sistema lineal de ecuaciones son resueltos
  - Métodos iterativos
  - Métodos directos (de tipo multifrontal)
- Los resolvedores no necesitan la matriz entera
- Los resolvedores iterativos necesitan
  - multiplicación matriz–vector
  - producto punto para los vectores
  - una norma para los vectores
- Se obtiene un archivo de resultados para cada partición

# Plan

- 1 Cálculo paralelo en Elmer
  - Cuestiones generales
  - Paralelización en Elmer



# Generalidades de la implementación

## Características

- Elmer utiliza descomposición de dominios para la distribución de carga
- Biblioteca de comunicación: MPI
- Biblioteca de algoritmos para la partición de mallas
  - Metis
  - Scotch
  - Herramienta ElmerGrid
- Portabilidad
  - Sistemas operativos: Windows, Linux
  - Sistemas con memoria compartida (*multi-core*) y distribuida (*multi-processor*)

# Generalidades de la implementación

## Características

- Algoritmos para unificar los archivos de resultados
- La implementación no realiza balance de carga interna
- Todos los *solvers* de Elmer pueden ser usados en cálculos paralelos (en principio)
- En principio, las funciones definidas por el usuario funcionan en paralelo sin ninguna modificación especial

# Estrategias numéricas

## Métodos numéricos

- Métodos iterativos de tipo *Krylov*
- Bibliotecas especiales:
  - Hypre (familia de algoritmos de resolvidores y preconditionadores)
  - MUMPS (resolvidor directo multifrontal)

# Desafíos de las ejecuciones en paralelo

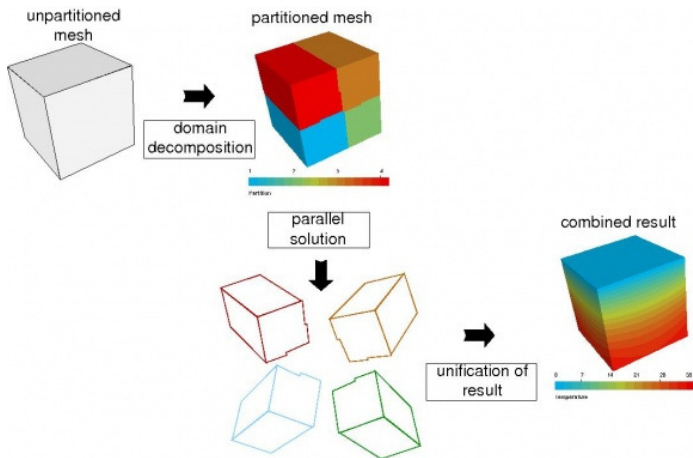
## Desafíos numéricos

- El preconditionamiento es realizado localmente sobre cada partición, excepto para preconditionamiento multimalla
  - Reduce la efectividad del preconditionamiento
  - Especialmente problemático con ecuaciones difíciles (por ejemplo Navier–Stokes) o con un gran número de particiones
- Ejecuciones en paralelo sólo corren con elementos *normales*
  - p-elementos, elementos discontinuos de Galerkin no son soportados

## Desafíos modelos

- Paralelización de todos los modelos

# Concepto general de una ejecución en Elmer



# Establecimiento de ejecuciones en paralelo

## Requerimientos

Compilación en paralelo

## Pasos

- Particionado de la malla
- Definición del archivo SIF
- Ejecución en paralelo (comando **mpirun**)
- Unificación de los archivos de resultados

# Ejemplo

Partir la malla

```
ElmerGrid 14 2 filename -metis 4
```

Ejecutar la resolución en paralelo (ES necesario el archivo ELMERSOLVER\_STARTINFO)

```
mpirun -np 4 ElmerSolver_mpi
```

Unificar archivos de resultadosElmerGrid

```
ElmerGrid 15 3 filename.ep
```