



Formato Gmsh

Ruben Weht^{1,2} Mariano Forti^{1,3}

¹ Instituto de Tecnología Prof. Jorge Sabato

²Física del Sólido, Edificio TANDAR, weht@cnea.gov.ar, interno 7104

³División Aleaciones Especiales, Edificio 47 (microscopía), mforti@cnea.gov.ar, interno 7832

1. Nuevas Herramientas

Pra poder trabajar de aquí en adelante recomendaremos Nuevas herramientas.

Gmsh <http://geuz.org/gmsh/> es la herramienta que usaremos para pre y post proceso de las soluciones numéricas de elementos finitos.

Básicamente lo usaremos para generar en forma automática las matrices de nodos y de conectividad para los problemas a resolver.

Recomendamos también utilizar algun editor de texto de características avanzadas. Puede usar el editor de texto nativo de Matlab, o puede usar herramientas exteranas como el Notepad++ o vim.

1.1. Uso de herramientas

Recuerde que todo problema puede separarse en las etapas de Preproceso, proceso y Post Proceso. Hasta ahora las únicas herramientas usadas fueron papel y lápiz para el pre-proceso y su lenguaje de programación para el Proceso y Post Proceso. A partir de ahora se suma la necesidad de usar un software que nos permita generar los mallados (matriz de nodos y de conectividad) ya que la cantidad de elementos y nodos será arbitraria para cualquiera de los problemas. Utilizaremos Gmsh para las etapas de Preproceso y Post Proceso.

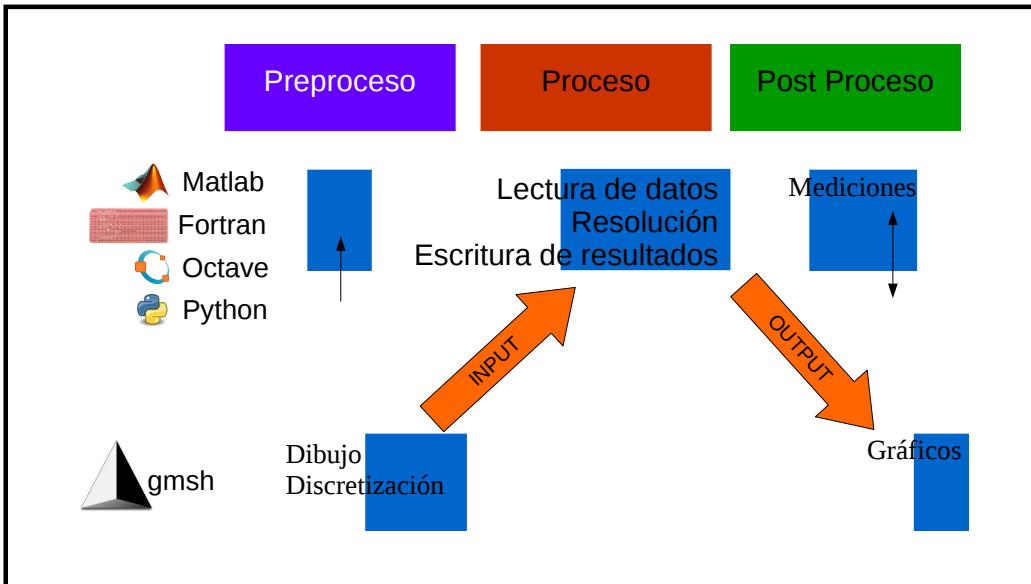


Figura 1: Esquema de la relación entre las herramientas usadas. Usaremos Archivos de texto plano para intercambiar información.

Esto implica que deberemos ser capaces de generar la comunicación entre nuestro programa de proceso o *solver* y la herramienta de pre y post proceso. Con ese fin utilizaremos archivos de texto plano con formato. Por lo tanto es necesario que recuerde las sentencias para lectura y escritura de archivos, introducidas anteriormente en la Clase Práctica de Introducción a la Programación. Este concepto se esquematiza en la Figura 1. Nuestro programa *solver* Deberá ser capaz de leer las matrices de conectividad y de nodos de las mallas generadas por Gmsh, y de escribir los resultados en un formato que pueda ser usado en esta última herramienta para visualizarlos. Estas relaciones se esquematizan en la Figura 2. Nuestro Mallador generará la matriz de nodos y la matriz de conectividad a partir de una geometría arbitraria. Toda la información se guarda en archivos de texto que deberemos poder escribir y leer .

2. Definición de Mallados

2.1. Geometrías

Las geometrías pueden definirse en archivos de texto plano con extensión .geo. Estos archivos de geometría pueden contener elementos de programa-

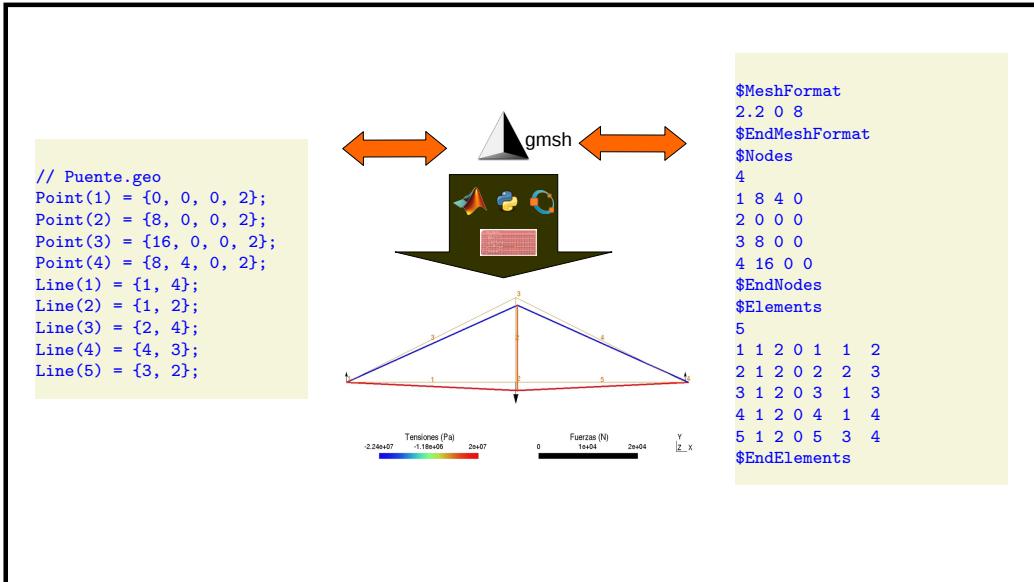


Figura 2: Ejemplo del Puente con la Geometría y matrices de conectividad y nodos dadas por Gmsh.

ción generales. Como se esquematiza en la Figura 3 es posible hacer comentarios y definir variables. La geometría se genera mediante instrucciones con sintaxis específica.

Debe tenerse en cuenta que la construcción de geometrías complejas es jerárquica. Por ejemplo, para definir un rectángulo deben definirse primero sus vértices, luego los lados, luego el borde (el lazo que contiene la superficie) y por último su superficie. En las versiones más nuevas de gmsh se han incluido instrucciones para definir estructuras complejas en pocas instrucciones pero la estructura final de la matriz de conectividad refleja siempre estas estructuras jerárquicas. Las instrucciones siempre se terminan con un punto y coma (;).

2.1.1. Factores de escala

La definición de los puntos se realiza mediante la instrucción

```
Point( i ) = { x, y , z , fe } ;
```

donde los tres primeros valores corresponden a las coordenadas cartesianas del punto, y el cuarto valor corresponde al *factor de escala*. Este número será de gran utilidad en el momento de mallar los recintos de integración, i.e. al

```

//Chapa - Ejercicio 1 Guía 2
// Variables
escala=20; L=20; H=10;
// Puntos
Point(1)={0,0,0,escala};
Point(2)={L,0,0,escala};
Point(3)={L,H,0,escala};
Point(4)={0,H,0,escala};
// triangulo inferior
Line(1)={1,2};
Line(2)={2,3};
Line(3)={3,1};
//triangulo superior
// Line(4)={1,3};
Line(5)={3,4};
Line(6)={4,1};
// defino los dos lazos
Line Loop(7) = {1, 2, 3};
Line Loop(8) = {3, 5, 6};
Plane Surface(9) = {7};
Plane Surface(10) = {8};

```

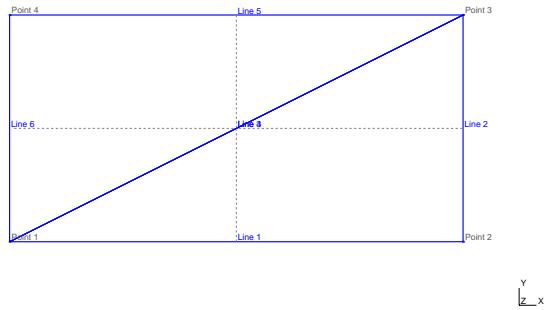


Figura 3: Generalidades del formato para escribir geometrías

generar los elementos finitos que aproximan el recinto de interés. El valor del factor de escala corresponde con el tamaño característico de los elementos finitos alrededor del punto definido. Por lo tanto, en un punto donde se necesita mayor resolución se puede usar un factor de escala pequeño, mientras que en un punto donde no se requiere gran resolución puede usarse un factor de escala grande. Los valores concretos dependen del tamaño característico en la geometría del problema en resolución.

2.2. Mallados

Los Archivos de definición de los mallados se guardan en archivos de texto plano con extensión `.msh`. Son un poco más complejos. Como se esquematiza en la Figura 4 puede separarse su estructura en bloques.

2.2.1. Encabezado

El encabezado del archivo de mallado indica la versión del interprete de mallados que gmsh debe usar. Tómelo como una receta.

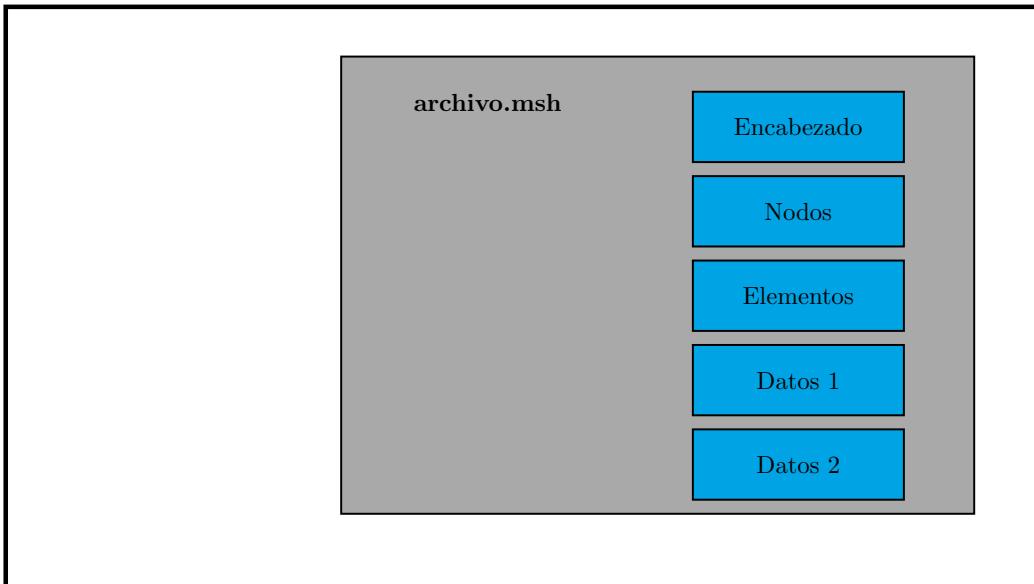


Figura 4: Esquema de la estructura en bloques del archivo de mallados

2.2.2. Definición de Matriz de Nodos

Inmediatamente después del encabezado sigue el bloque de la definición de los nodos. Como se esquematiza en la Figura 5 las etiquetas `$Nodes` y `$EndNodes` encierran la definición de los nodos. Primero debe indicarse el número de nodos presentes. Luego se definen los nodos con su índice y sus coordenadas cartesianas. Siempre se indican tres coordenadas.

2.2.3. Definición de Elementos

Luego del bloque de nodos debe seguir el bloque de los elementos, que se delimita por las etiquetas `$Elements` y `$EndElement`s como se esquematiza en la Figura 6. En primera instancia debe indicarse el número total de elementos a considerar. Debe notar que es posible tomar definiciones de elementos de distintas naturalezas. De hecho, al guardar un mallado cualquiera desde la interfaz de gmsh puede encontrarse que los puntos, líneas y demás elementos geométricos de menor jerarquía forman elementos en el archivo. Por esta razón se indica luego del numero de elemento (columna 1) el tipo de elemento. La codificación para el tipo de elemento puede encontrarse en el manual de gmsh.

Luego del tipo de elemento, debe indicarse el número de etiquetas descriptivas que siguen. estas etiquetas indican pertenencia a elementos geométricos



Figura 5: Esquema de los bloques de encabezado y de definición de Nodos

de mayor jerarquía (por ejemplo superficies). En los archivos que han sido guardados en gmsh se guardan siempre dos etiquetas.

Luego de las etiquetas sigue la matriz de conectividad para el elemento de la fila en tratamiento.

3. Resultados

Luego de la definición de la geometría y las matrices que definen el mallado (de nodos y de conectividad) es posible adhosar los resultados de los cálculos hechos por nuestro programa de proceso. Típicamente podremos agrupar estos resultados como *propiedades de nodos* y *propiedades de elementos*. Cada dato a visualizar tendrá su bloque de definición. No hay un orden específico en el cual escribir estos bloques, simplemente hay que cuidar de delimitarlos en forma correcta y que la correlación entre los datos y los elementos o nodos sea correcta.

3.0.1. Datos de Nodos

Un *bloque de datos de nodo* se delimita por las etiquetas `$NodeData` y `$EndNodeData` como se indica en la Figura 7. Debe indicarse el número de

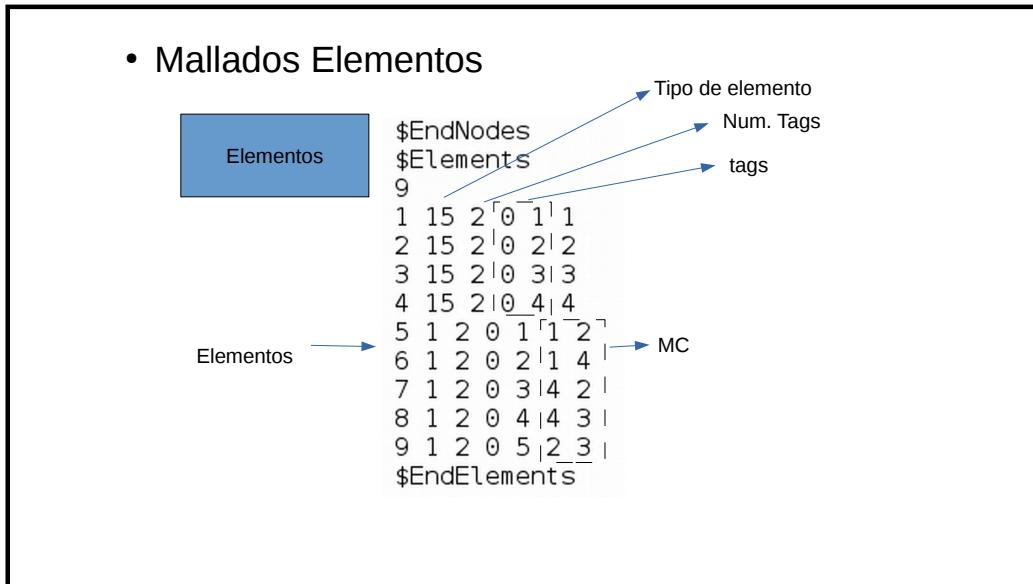


Figura 6: Esquema del contenido del bloque de elementos

títulos que identifican al bloque, luego deben especificarse los títulos entre comillas dobles.

Luego se indica que sigue una etiquetas real. Esta etiqueta indica el valor de tiempo para el cual corresponde el bloque de datos. Puede repetirse la especificación de bloques de igual título para distintos valores de tiempo lo cual permite generar una película de una propiedad con variación temporal.

Sigue a esto el número de etiquetas enteras. Estas especifican el índice temporar, la dimensionalidad del dato (escalar =1, vectorial =3, tensorial =6).

Por último, se indica el número de datos a escribir. en general hay un dato por cada nodo.

Deben escribirse los datos especificando el nodo al cual corresponde.

3.0.2. Datos para los Elementos

La estructura del bloque de datos para los elementos es similar a la correspondiente para los nodos. En esta caso el bloque estará delimitado por las etiquetas **\$ElementData** y **\$EndElementData** como se esquematiza en la Figura 8

• Mallados – Datos de Nodos

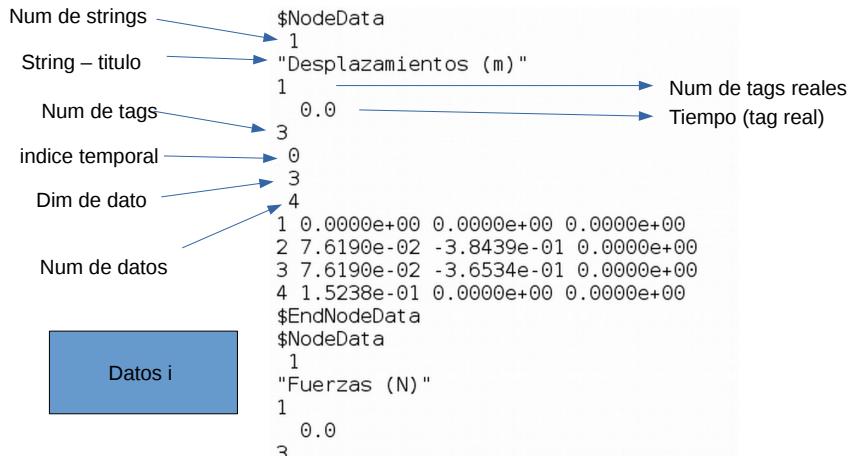


Figura 7: Esquema del bloque de datos para los nodos

• Mallados – Datos de Elementos

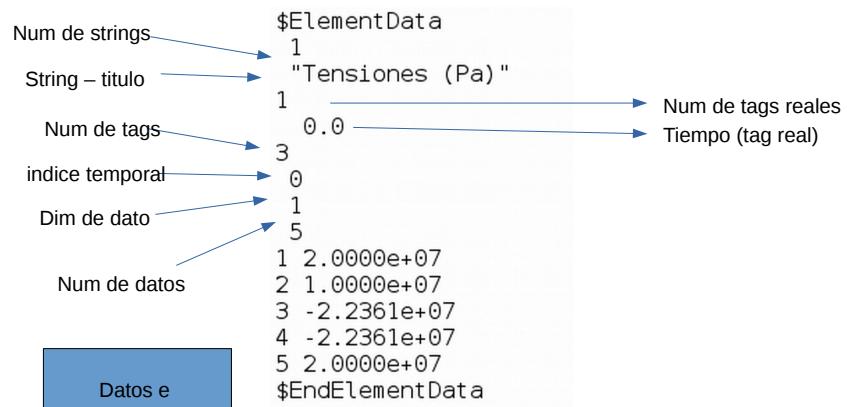


Figura 8: Esquema del bloque de datos para los Elementos

Formato Gmsh

Modelización de Propiedades y Procesos 2020

Ruben Weht^{1,2} Mariano Forti^{1,3}

¹Instituto de Tecnología Prof. Jorge Sabato

²Física del Sólido, Edificio TANDAR, weht@cnea.gov.ar, interno 7104

³División Aleaciones Especiales, Edificio 47 (microscopía), mforti@cnea.gov.ar, interno 7832



Comisión Nacional
de Energía Atómica



Formato Gmsh

Nuevas Herramientas



Gmsh – generador de mallas

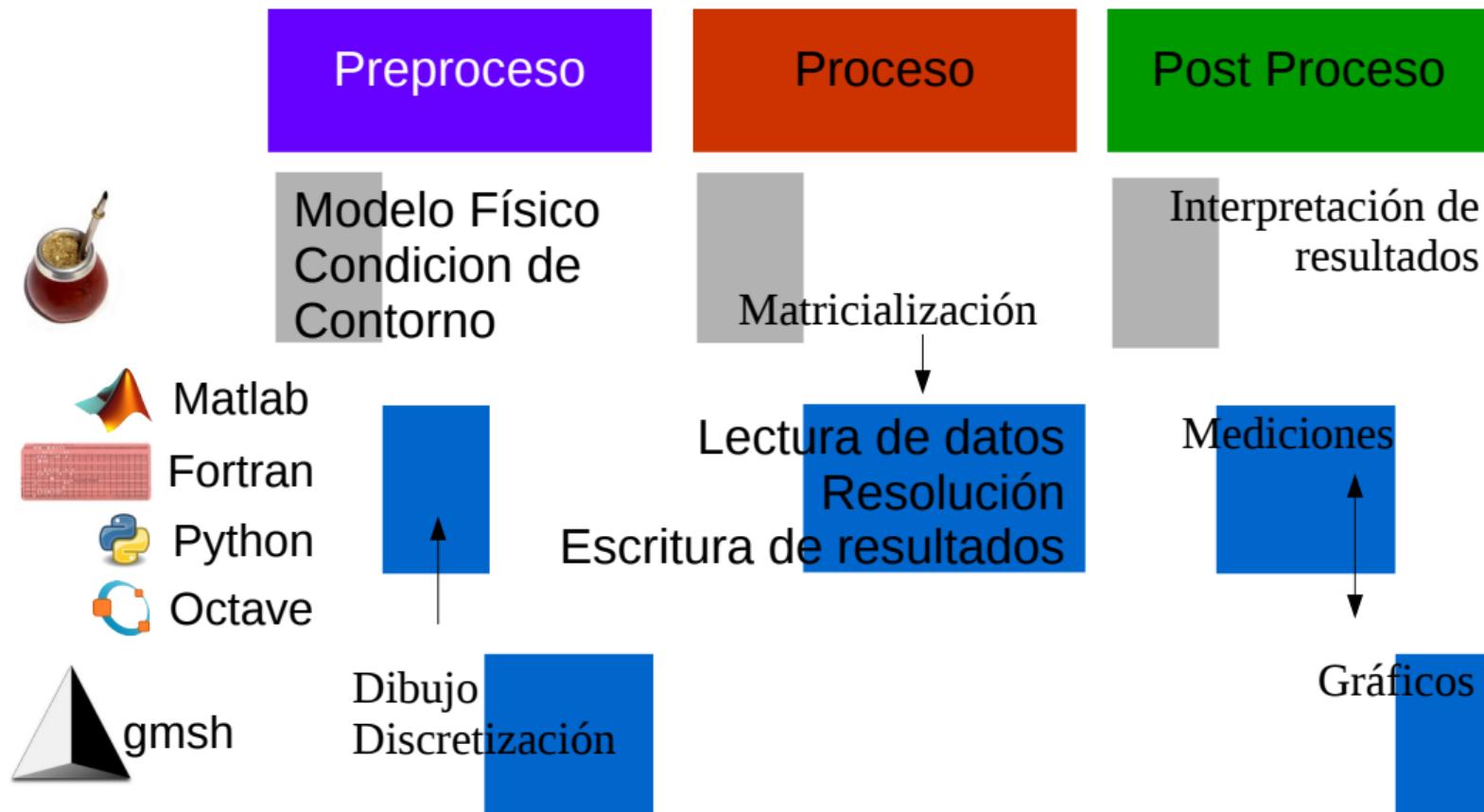
<http://geuz.org/gmsh/>



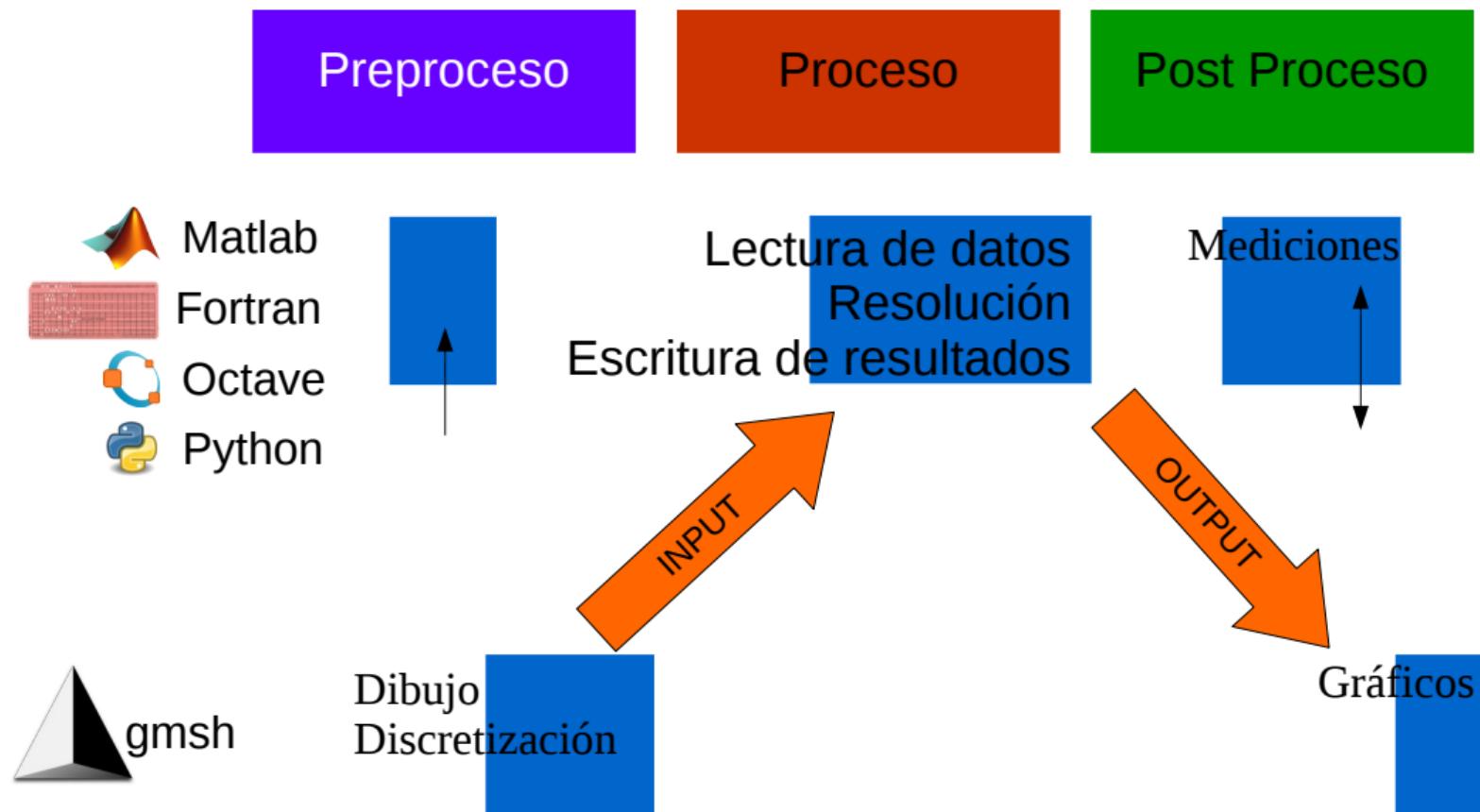
Editor de texto

<https://notepad-plus-plus.org/>

Uso De Herramientas

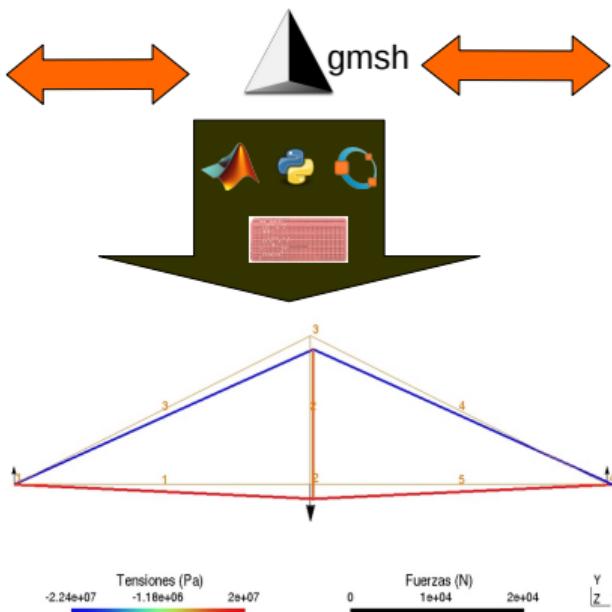


Comunicación entre Herramientas



Flujo de trabajo

```
// Puente.geo
Point(1) = {0, 0, 0, 2};
Point(2) = {8, 0, 0, 2};
Point(3) = {16, 0, 0, 2};
Point(4) = {8, 4, 0, 2};
Line(1) = {1, 4};
Line(2) = {1, 2};
Line(3) = {2, 4};
Line(4) = {4, 3};
Line(5) = {3, 2};
```



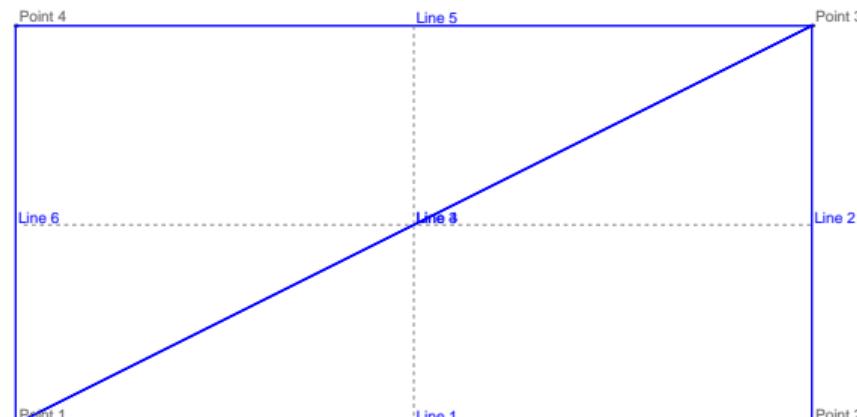
```
$MeshFormat
2.2 0 8
$EndMeshFormat
$Nodes
4
1 8 4 0
2 0 0 0
3 8 0 0
4 16 0 0
$EndNodes
$Elements
5
1 1 2 0 1 1 2
2 1 2 0 2 2 3
3 1 2 0 3 1 3
4 1 2 0 4 1 4
5 1 2 0 5 3 4
$EndElements
```

Formato Gmsh

Definición de Mallados

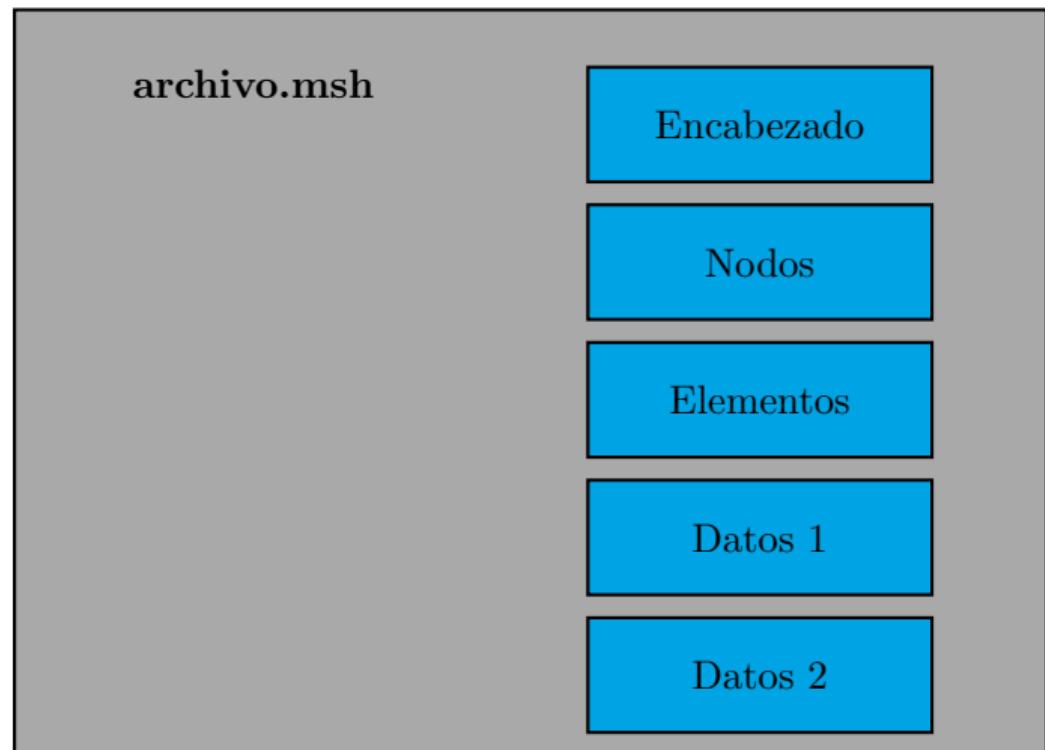
Geometrías

```
//Chapa - Ejercicio 1 Guía 2
// Variables
escala=20; L=20; H=10;
// Puntos
Point(1)={0,0,0,escala};
Point(2)={L,0,0,escala};
Point(3)={L,H,0,escala};
Point(4)={0,H,0,escala};
// triangulo inferior
Line(1)={1,2};
Line(2)={2,3};
Line(3)={3,1};
//triangulo superior
// Line(4)={1,3};
Line(5)={3,4};
Line(6)={4,1};
// defino los dos lazos
Line Loop(7) = {1, 2, 3};
Line Loop(8) = {-3, 5, 6};
Plane Surface(9) = {7};
Plane Surface(10) = {8};
```



Y
z
X

Estructura de los Mallados



Encabezado del archivo de mallado

Encabezado

```
$MeshFormat  
2.2 0 8  
$EndMeshFormat  
$Nodes  
4  
1 0 0 0  
2 20 0 0  
3 20 10 0  
4 0 10 0  
$EndNodes
```

Nodos

¡ Chequear versión de mallado !
Inmediatamente despues del
encabezado:

Número de Nodos
Nodos

Definición de Elementos

• Mallados Elementos

Elementos

Elementos

```
$EndNodes  
$Elements  
9  
1 15 2 | 0 | 1 | 1  
2 15 2 | 0 | 2 | 2  
3 15 2 | 0 | 3 | 3  
4 15 2 | 0 | 4 | 4  
5 1 2 0 1 | 1 | 2 |  
6 1 2 0 2 | 1 | 4 |  
7 1 2 0 3 | 4 | 2 |  
8 1 2 0 4 | 4 | 3 |  
9 1 2 0 5 | 2 | 3 |  
$EndElements
```

Tipo de elemento

Num. Tags

tags

MC

Formato Gmsh

Resultados

Datos de Nodos

• Mallados – Datos de Nodos

Num de strings → \$NodeData
String – título → 1 "Desplazamientos (m)"
Num de tags → 1 → Num de tags reales
Num de tags → 0.0 → Tiempo (tag real)
indice temporal → 3
Dim de dato → 0
Dim de dato → 3
Dim de dato → 4
Num de datos → 1 0.0000e+00 0.0000e+00 0.0000e+00
Num de datos → 2 7.6190e-02 -3.8439e-01 0.0000e+00
Num de datos → 3 7.6190e-02 -3.6534e-01 0.0000e+00
Num de datos → 4 1.5238e-01 0.0000e+00 0.0000e+00
\$EndNodeData
\$NodeData
1 "Fuerzas (N)"
1 0.0

Datos i

Datos para Elementos

• Mallados – Datos de Elementos

Diagrama que muestra la correspondencia entre los datos de los strings y los datos de los elementos.

Num de strings	\$ElementData
String – titulo	1 "Tensiones (Pa)"
Num de tags	1 0.0
indice temporal	3
Dim de dato	0
Num de datos	1 1 2.0000e+07 2 1.0000e+07 3 -2.2361e+07 4 -2.2361e+07 5 2.0000e+07
	\$EndElementData

Datos e