



**etsecpb**  
Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports

# ***SATLAB v1***

---

- *Manual del usuario*
- *Ejemplos de aplicación*

*Autor: Javier Alberca Rosa*

*Tutores: Jesús M. Bairán y Antonio R. Marí*



## Índice

### **INTRODUCCIÓN**

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| 1.- INTRODUCCIÓN GENERAL  | Página 1 |
| 2.- INTRODUCCIÓN A SATLAB | Página 2 |

### **PASOS A SEGUIR PARA UTILIZAR SATLAB**

- |                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| 3.- UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA SATLAB | Página 3 |
|-------------------------------------|----------|

### **EJEMPLO PRÁCTICO**

- |                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| 4.- EJEMPLO DE ENCEPADO POR ETAPAS | Página 6 |
|------------------------------------|----------|

### **RESULTADOS**

- |                |           |
|----------------|-----------|
| 5.- RESULTADOS | Página 24 |
|----------------|-----------|

### **EJECUTABLE DE MATLAB**

- |                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 6.- EJECUTABLE DE MATLAB | Página 31 |
|--------------------------|-----------|



## **1. INTRODUCCIÓN GENERAL:**

Para la realización de este ejemplo concreto del programa partiremos de unos ensayos de laboratorio documentados, estos datos han sido tratados e introducidos en el programa SATLab para comprobar y calibrar el funcionamiento de dicho programa. Estos ejemplos han sido expuestos en la Tesis del mismo.

En esta tesis se ha realizado el estudio de unos ejemplos de laboratorio, para poder validar el cálculo que realiza el programa. Que se pueden encontrar en el CAPÍTULO III: EJEMPLOS DE CÁLCULO apartado 1. Ejemplos de validación. En ese apartado se pueden ver 5 ejemplos extraídos del libro de ensayos “Examples for the design of structural concrete with Strut-and-tie Model”. Y en el apartado 2. Ejemplos de demostración, se pueden ver dos ejemplos de cálculo por etapas que puede realizar el programa SATLAB.

Para este manual se ha decidido realizar la explicación del ejemplo del apartado 2, “2.1.Ejemplo con etapas: Encepado”. La elección de este ejemplo ha sido porque es el más completo de todos, puesto que esta dotado de un cálculo primero de un encepado con dos pilotes al cual se le aplica una carga. Posteriormente en una segunda etapa, se le añade un recrecido después de una primera etapa y al finalizar el proceso de por parte de SATLAB este devuelve unos gráficos de resultados sobre las tensiones, deformaciones y fisuraciones que aparecen en la estructura que se ha introducido.

## **2. INTRODUCCIÓN A SATLAB**

SATLab es un programa que trabaja con lenguaje M de MATLAB pero no por ello es necesario tener conocimientos de MATLAB para poder utilizarlo. Ya que gracias a funciones internas de este, se ha podido crear una interfaz gráfica de fácil manejo y utilización.

Para la creación de la interfaz gráfica se utilizó el complemento GUIDE de MATLAB, el cual te permite crear ventanas, botones, tablas, etc... de forma predeterminada sin tener que introducir ningún código. Gracias a este complemento la introducción de datos a nuestro código de SATLab es de fácil manejo sin tener que introducirte en el propio código.

Otra de las funciones de MATLAB que se han utilizado y que tiene un gran peso en el estudio, es la creación de un mallado por elementos triangulares a partir de una sección introducida por coordenadas. Esto ha permitido poder hacer un estudio de la sección con mayor o menor detalle, todo depende de lo que quiera el usuario. El detalle esta directamente relacionado con el tiempo de cálculo. Con lo cual con un mallado mas detallado el cálculo es más lento. Por ello se debe escoger un mallado correcto.

Otra parte importante que ha sido la fabricación de la interfaz gráfica que es lo que el usuario puede ver en el programa. Esta parte ha sido realizada mediante la función de Matlab llamada *Guide*, a continuación se hará una pequeña introducción a esta función:

Las interfaces gráficas de usuario (GUI – Graphical User Interface en Inglés), es la forma en que el usuario interactúa con el programa o el sistema operativo de un ordenador. Una GUI contiene diferentes elementos gráficos tales como: botones, campos de texto, menús, gráficos, etc.

Una de las tantas herramientas con la que cuenta Matlab, es la creación de GUIs. La forma de implementar las GUI con Matlab es crear los objetos y definir las acciones que cada uno va a realizar. Al usar GUIDE obtendremos dos archivos:

- Un archivo FIG – Contiene la descripción de los componentes que contiene la interface.
- Un archivo M – Contiene las funciones y controles del GUI así como el callback.

Un callback se define como la acción que llevará a cabo un objeto de la GUI cuando el usuario lo active. Para ejemplificarlo, supongamos que en una ventana existe un botón el cual al presionarlo ejecutará una serie de acciones, a eso se le conoce como la función del callback.

En nuestro caso tenemos un archivo llamado *SATguide.fig* y otro llamado *SATguide.m*. Este último es el que contiene todos los callback que llaman a las diferentes funciones que hacen posible el análisis de la estructura.

A continuación se mostrará cuales son los pasos a seguir para utilizar SATLab:

### 3. UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA SATLAB

Este es el aspecto de la pantalla principal del programa cuando se ejecuta, ver fig.1.

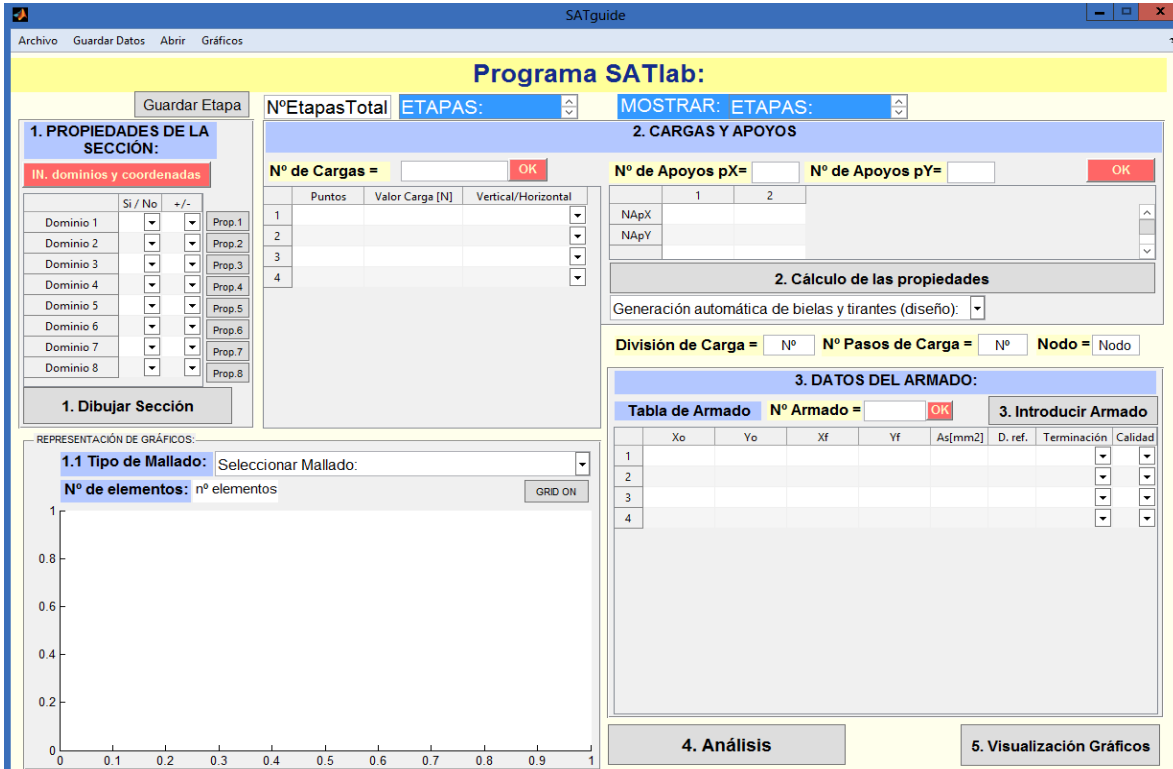


fig. 1 (Visualización de SATLab)

En la imagen fig.1 se puede ver como el programa tiene un menú arriba a la izquierda con el cual se puede guardar datos que hayamos introducido o también abrir estos datos en un futuro. Esto esta pensado para que sea más fácil la introducción de datos que ya hayamos utilizado otra vez. También tiene otras opciones como son la de Gráficos, que nos permite cargar gráficos de los ejemplos ya realizados anteriormente.

Pasos a seguir en el proceso para utilizar el programa:

## 1. PROPIEDADES DE LA SECCIÓN: **1. PROPIEDADES DE LA SECCIÓN:**

- 1) IN. Dominios y coordenadas.
- 2) Decir el/los dominio/s que se van a utilizar y sus propiedades.
- 3) Poner:
  - i. SI, para activar el dominio.
  - ii. NO, para desactivar el dominio.
- 4) Poner:
  - i. +, para decir que el dominio se suma (normal).
  - ii. -, para decir que el dominio se resta, un agujero.
  - iii. 0, para decir que el dominio no se utiliza.
- 5) Cálculo de las propiedades:
  - i. Clicar encima del botón de Prop.(nº dominio).
  - ii. Se abre una ventana donde se ven las propiedades a introducir.
  - iii. Introducir los valores de las propiedades para cada dominio
  - iv. Darle a Aplicar propiedades
- 6) Botón: 1. Dibujar Sección.
- 7) Lista: 1.1 Tipo de Mallado.
- 8) Selecciona el tipo de mallado.

## 2. CARGAS Y APOYOS: **2. CARGAS Y APOYOS**

- 1) Introducir el número de cargas luego OK.
- 2) Clicar los puntos en el dibujo donde se aplicarán las cargas.
- 3) Estos puntos que se hayan clicado se mostrarán en la tabla directamente.
- 4) Introducir el valor de cada carga y su posición al lado de cada punto.
  - i. Vertical, si actúa en vertical
  - ii. Horizontal, si actúa en horizontal
- 5) Introducir el numero de apoyos que actúan en "X" y en "Y" luego OK.
- 6) Clicar los puntos en el dibujo donde se aplicarán los apoyos.
- 7) Estos puntos que se hayan clicado se mostrarán en la tabla directamente.
- 8) Botón: 2. Calculo de las propiedades
- 9) Para generar el esquema de Bielas y Tirante aproximado:
  - i. 1. Armaduras inclinadas, Si existen armaduras inclinadas en la estructura.
  - ii. 2. Armaduras Vertical/Horizontal, si existen armaduras verticales u horizontales.

- 10) División de Carga, poner el número de divisiones que se van a hacer de la carga total para luego aplicarla en pasos.
- 11) N° Pasos de Carga, poner la cantidad de pasos que se van a aplicar en la estructura. Si se quiere llegar al 100% de la carga se debe poner el mismo número en División de Carga y en N° de Pasos de Carga.
- 12) Nodo, poner el valor del Nodo o Punto en el cual se quiera ver el gráfico Carga/desplazamiento.

### 3. DATOS DEL ARMADO:

#### 3. DATOS DEL ARMADO:

- 1) Introducir el número de barras que hay luego OK.
- 2) En Xo,Yo se escriben las coordenadas iniciales de la barra.
- 3) En Xf,Yf se escriben las coordenadas finales de la barra.
- 4) En As[mm<sup>2</sup>] se introduce el área de acero correspondiente a la barra en todo el ancho de la sección, ej. Si es un cerco, el área de multiplica por dos.
- 5) En D. ref se escribe el diámetro de referencia.
- 6) En Terminación se introduce el tipo de terminación o anclaje de la barra:
  - i. Anclaje perfecto
  - ii. Terminación Recta
  - iii. Terminación Gancho o U
- 7) Adherencia al hormigón
  - i. Buena
  - ii. Mala
- 8) Botón: 3. Introducir Armado

Una vez esté todo introducido se tiene que decir el número de etapas que habrá:

### 4. N° de Etapas Total:

- 1) Se introduce el número de las etapas que tendremos en el cálculo de la estructura.
- 2) Asignar todos los datos introducidos en la etapa que le corresponda en el recuadro de la derecha de N°EtapasTotal.
- 3) Elegir la etapa que se quiere mostrar en el programa para su posterior análisis de los datos asignados en esa etapa.

### 5. Prueba de carga ( Análisis )

- 1) Botón: 4. Análisis
  - i. Esperar a que el programa acabe de hacer los cálculos.

### 6. Visualización Gráficos

- 1) Botón: 5. Visualización Gráficos

Ahora procederemos a ver un ejemplo concreto del cálculo de un encepado por etapas:

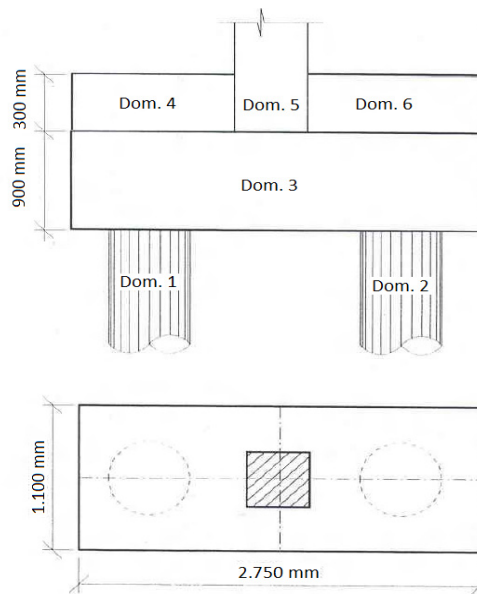
#### 4. EJEMPLO DE ENCEPADO POR ETAPAS

Encepado de dos pilotes de  $\varnothing$  550 mm, armados con  $6\varnothing 12$  mm, para cimentar un soporte de  $500 \times 500$  mm armado con  $8\varnothing 16$  mm con un esfuerzo normal  $N_d = 4.200$  kN para la primera etapa y un segundo esfuerzo de  $7.000$  kN para la segunda etapa. La separación entre ejes de pilotes es de  $1.65$  m.

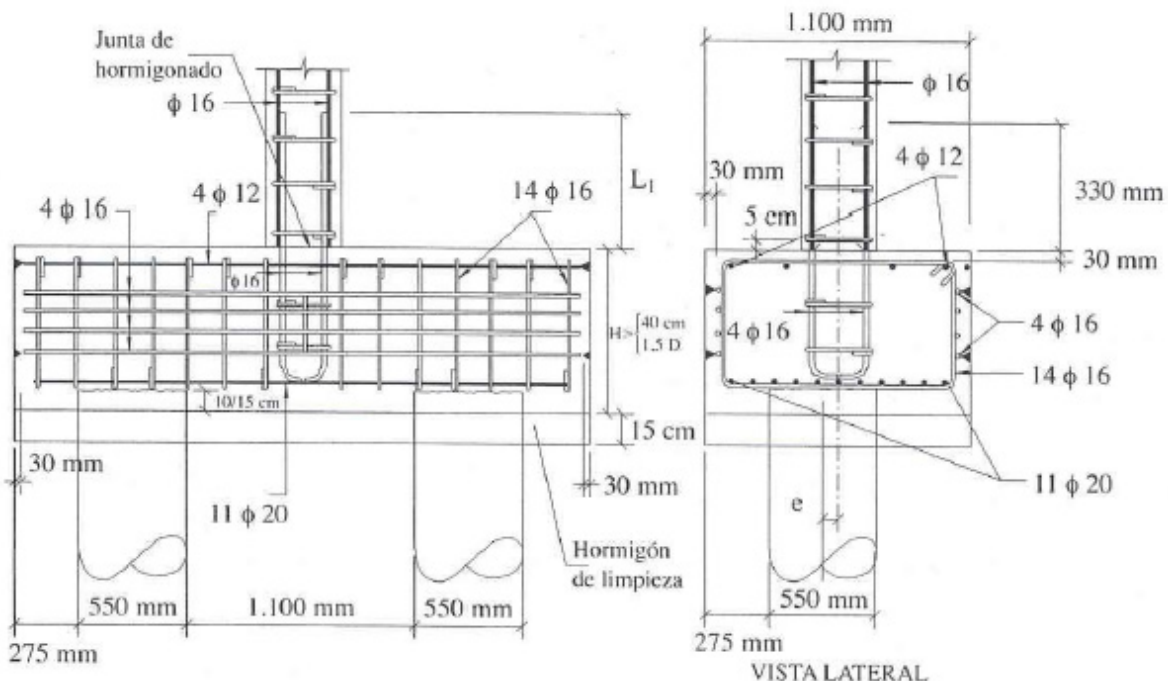
Materiales:

- Armaduras B400 S
- Hormigón HA-30/B/20/Ila

Dimensiones:



Armado:



**Primer paso: Abrir el programa.**

Para abrir el programa se puede abrir mediante el archivo SATguide.exe que esta en la carpeta del programa si lo vamos a ejecutar en un ordenador sin Matlab. En este caso se ha ejecutado el archivo SATguide.m mediante el programa Matlab.

Una vez abierto el Programa SATLab nos aparecerá una pantalla como esta donde el usuario deberá empezar a introducir los datos para su posterior proceso, ver fig.2:

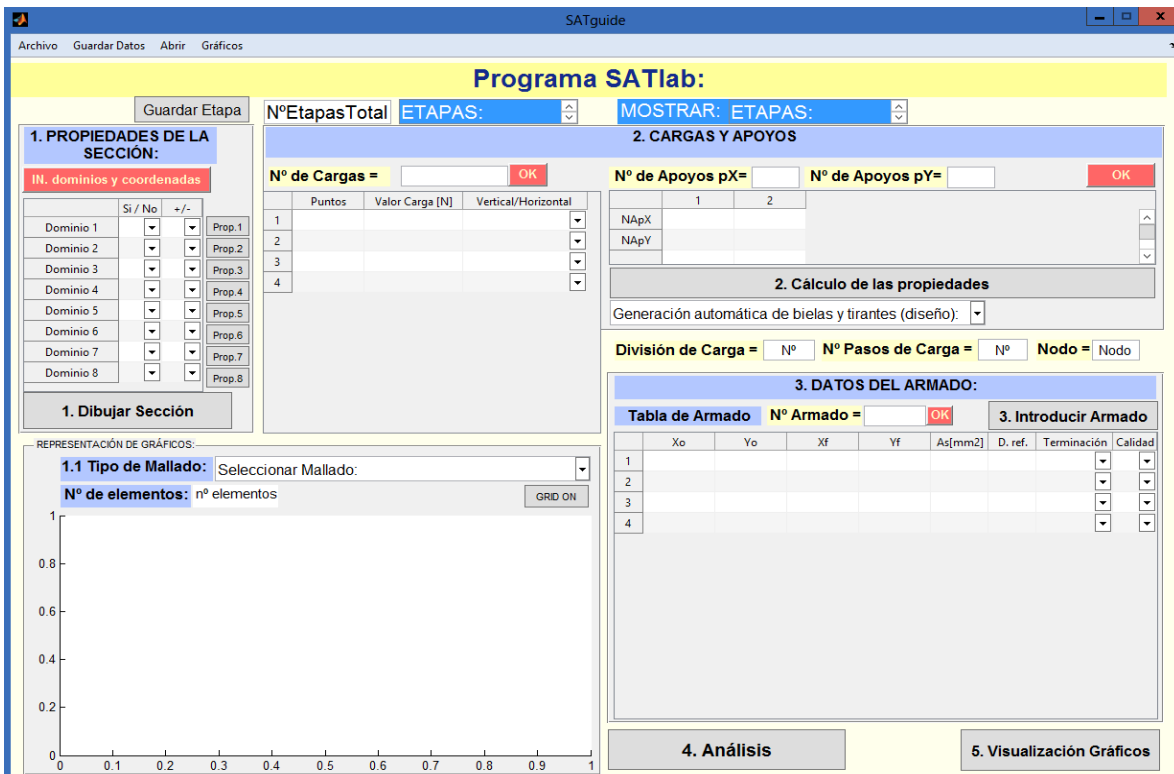


fig. 2 (Visualización de SATLab)

El primer paso para introducir las secciones es clicar sobre **IN. dominios y coordenadas** y se nos abrirá una pantalla con el programa Dominios\_table, ver fig.3:



fig. 3 (Visualización de Dominios\_table)

**Segundo Paso: TABLAS PARA INTRODUCIR COORDENADAS (Xn,Yn) DE CADA DOMINIO:**

Una vez se nos abra Dominios\_table, se deben seguir estos pasos:

1. Deberemos introducirle el número de dominios que consta nuestra estructura y seguidamente clicar en OK
2. El siguiente paso es introducir el número de puntos que introduciremos para que dibuje la estructura y darle a Enter.
3. Introducir las coordenadas (x,y) de cada punto anteriormente mencionado.
4. Seguir este proceso con todos los dominios a introducir.
5. Ahora decir a cada dominio si esta introducido como Polígono o como Elipse en desplegable (P o E).
6. El último paso es clicar encima de (Finalizar Introducción de coordenadas).

A continuación en fig.4 podemos ver como quedará el programa Dominios\_table después de introducirle todos los datos de los diferentes dominios:



fig. 4 (Resultado de como debe quedar Dominios\_table después de introducir los dom.)

**Tercer Paso: Introducir 1.PROPIEDADES DE LA SECCIÓN:**

El siguiente paso es poner en el menú desplegable (Si/No/SiEtapa), si queremos que el programa utilice ese domino (SI), por el contrario, que no se utilice ese dominio (NO) o cuando se quiera reservar un dominio para activarlo más tarde se utiliza (Si/Etapa). Y poner (+/-/0), dependiendo si queremos que el dominio se sume (+), se reste (-) o si queremos que el dominio no se utilice en ese momento (0).

El siguiente paso es introducir las propiedades a cada dominio, así se muestra en fig.5, como debe quedar el programa para su primera etapa:

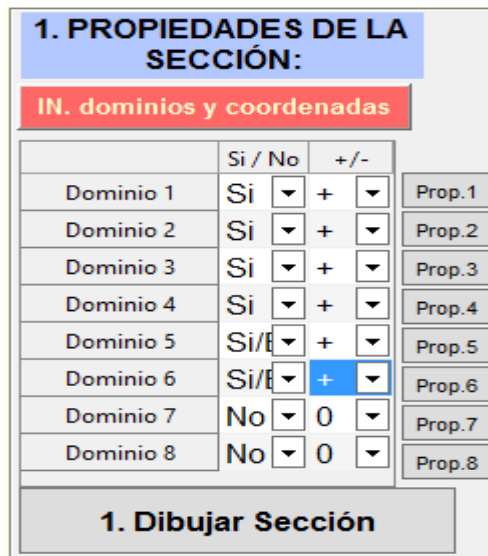
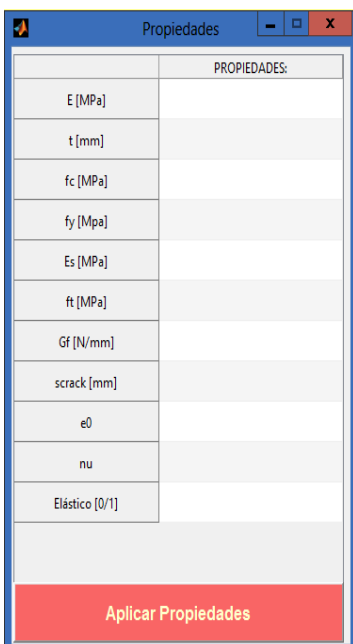


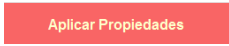
fig. 5 (Resultado de como debe quedar.)

Siguiente paso:



1. Se tiene que clicar en el botón Prop.1 para que se abra la ventana de introducir las propiedades. Lo mismo para Prop.2, Prop.3, Prop.4, etc...

Una vez se halla apretado el botón Prop.1 se abrirá una ventana llamada Propiedades, en la cual se deben introducir. En esta ventana se puede ver en que unidad se introduce cada dato. Una vez se haya finalizado la introducción de datos se clicará en el botón:



NOTA: Este proceso hay que hacerlo con cada dominio que tengamos introducido, en los dominios donde no tengamos datos no hará falta introducir ninguna propiedad.

Los datos introducidos para los dos tipos de dominios se muestran en las siguientes figuras, en fig.6:

**- Dominio 1 y 2:**

PROPIEDADES:	
E [MPa]	26000
t [mm]	550
fc [MPa]	30.2
fy [Mpa]	400
Es [MPa]	200000
ft [MPa]	3
Gf [N/mm]	0.22
scrack [mm]	450
e0	0.0022
nu	0
Elástico [0/1]	0

**Aplicar Propiedades**

**- Dominio 3, 4, 5 y 6**

PROPIEDADES:	
E [MPa]	26000
t [mm]	1100
fc [MPa]	30.2
fy [Mpa]	400
Es [MPa]	200000
ft [MPa]	3
Gf [N/mm]	0.22
scrack [mm]	450
e0	0.0022
nu	0
Elástico [0/1]	0

**Aplicar Propiedades**

fig. 6 (Resultado de como deben quedar las propiedades de los dominios.)

Al finalizar la introducción de todos los dominios que hay en la primera etapa y en la segunda ya se puede continuar con el siguiente paso, apretar el botón:

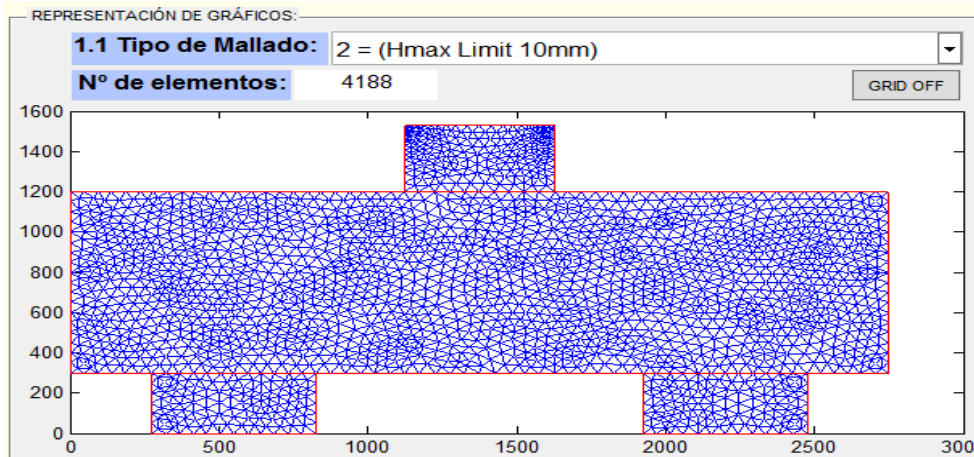
**1. Dibujar Sección**

El siguiente paso es el de seleccionar el tipo de mallado.

### **Cuarto Paso: 1.1 Tipo de Mallado:**

El siguiente paso es seleccionar el tipo de mallado que se va a crear de la sección de la estructura creada, para ello se debe seleccionar el estilo que se desee desde el menú desplegable, como muestra la figura fig.7.

Para este ejemplo el programa debe quedar como se muestra en fig.7 a continuación:



**fig. 7 (Resultado que mallado se elige y como debe quedar el mallado.)**

En el gráfico inferior se mostrará el tipo de mallado creado y también en el número de elementos que creará cada mallado. Para una mayor rapidez de cálculo intentaremos tener un número menor de elementos y para una mayor claridad de cálculo introduciremos una cantidad mayor de elementos. También cuanto mayor sea la cantidad de elementos, mayor será el tiempo de cálculo.

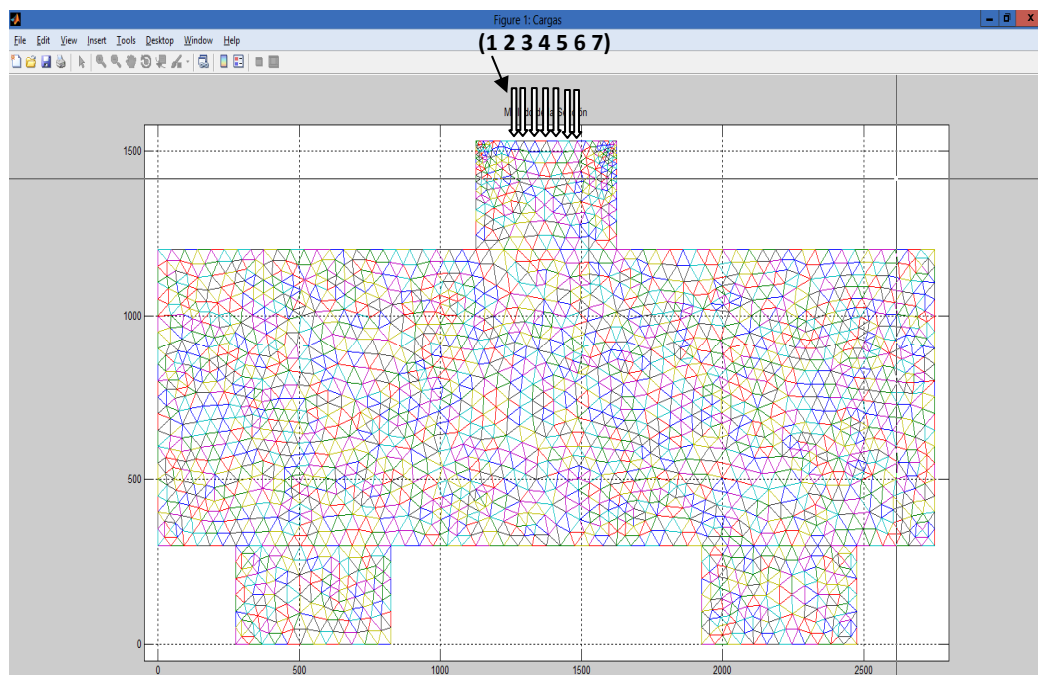
## **Quinto Paso: Introducir 2. CARGAS Y APOYOS:**

Cuando ya se haya creado el mallado deseado se procederá a completar el siguiente apartado que es el de **2. CARGAS Y APOYOS** :

### **2.1 Cargas:**

El primer paso es saber el número de cargas que vamos a aplicar a la estructura, para ello iremos a Nº de Cargas y se introducirá la cantidad total de cargas y seguidamente se debe clicar en OK.

Se abre un gráfico con el mallado introducido a pantalla completa en el cual con el ratón deberemos hacer clic en los puntos donde se aplicará la carga. El número de cargas que hayamos escrito anteriormente regirá el número de clics que se tendrán que hacer. En este ejemplo tenemos 7 cargas verticales negativas como muestra la fig.8 y en la fig.9 se muestra como queda el programa:



**fig. 8 (Mallado para introducir las 7 cargas verticales de valor -430000N.)**

Después de marcar las siete cargas se volverá a abrir el Programa con los puntos introducidos en la tabla (es importante recordar el orden de los puntos).

El siguiente paso es escribir al lado de cada punto, segunda columna, el valor de la carga (hacia arriba y hacia la derecha positiva). Y después elegir en la tercera columna si la carga es vertical u horizontal. El programa solicita las cargas en Newton. En este ejemplo concreto el resultado es el siguiente fig.9:

Nº de Cargas = <input type="text" value="7"/> <input type="button" value="OK"/>			
	Punto	Valor Carga [N]	Vertical/Horizontal
1	597	-430000	Vertical
2	32	-430000	Vertical
3	596	-430000	Vertical
4	31	-430000	Vertical
5	595	-430000	Vertical
6	30	-430000	Vertical
7	594	-430000	Vertical

fig. 9 (Resultado del programa con los datos introducidos)

## 2.2 Apoyos:

Una vez ya se haya cargado la estructura, el siguiente paso es poner los apoyos. Esto se hace con un método muy parecido al de las cargas. Para ello escribiremos en (Nº de Apoyos pX) y (Nº de Apoyos pY) la cantidad de apoyos que actúan en X y en Y, una vez introducidos la cantidad de apoyos se debe clicar en OK.

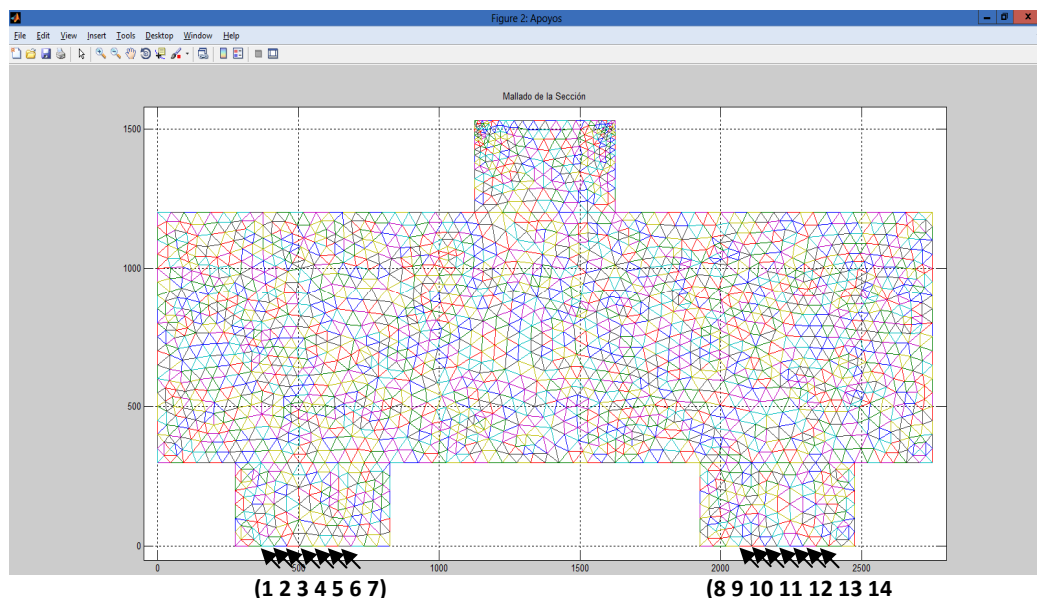


fig. 10 (Mallado para introducir los apoyos repartidos en 14 puntos.)

Otra vez se abre un gráfico con el mallado introducido a pantalla completa en el cual con el ratón deberemos hacer clic en los puntos donde se colocan los apoyos, ver fig.10. El número de apoyos que hayamos escrito

anteriormente registrará el número de clics que se tendrán que hacer. En este ejemplo tenemos 14 apoyos en X y 14 en Y, por lo tanto tendremos que hacer un total de 14 clics.

Después de marcar los catorce apoyos de la sección se volverá a abrir el SATLAB con los puntos introducidos en la tabla con los apoyos en X y en Y correspondientes. En este ejemplo concreto el resultado es el siguiente, fig.11 y fig.12:

<b>Nº de Apoyos pX=</b>		14		<b>Nº de Apoyos pY=</b>		14		OK		
	1	2	3	4	5	6	7			
NApX	732	39	733	40	734	41	735	^		
NApY	732	39	733	40	734	41	735	v		
	<							>		
<b>2. Cálculo de las propiedades</b>										

fig. 11 (Resultado del programa con los datos introducidos del 1 al 7)

<b>Nº de Apoyos pX=</b>		14		<b>Nº de Apoyos pY=</b>		14		OK		
	8	9	10	11	12	13	14			
NApX	738	44	739	45	740	46	741	^		
NApY	738	44	739	45	740	46	741	v		
	<							>		
<b>2. Cálculo de las propiedades</b>										

fig. 12 (Resultado del programa con los datos introducidos del 8 al 14)

El siguiente paso es hacer la división de pasos de cargas y el número de pasos de carga que queremos que llegue nuestro ensayo del programa. Esta opción es útil para poder ver como evoluciona la estructura según se va cargando. Y el número de pasos es útil para limitar la cantidad de pasos que calcula el programa. El tercer ajuste es elegir en que nodo queremos hacer un estudio de los pasos de carga Carga/Deformación. En el ejemplo concreto tendremos un resultado así:

**División de Carga =** 20 **Nº Pasos de Carga =** 20 **Nodo =** 31

Lo que hará el programa es separar las cargas entre 20 y luego irá cargando la estructura desde el paso 1 hasta el 20. Y mostrará un gráfico del nodo 31.

**Sexto Paso: DATOS DEL ARMADO:**

Ahora se debe proceder a introducir el armado que vamos a poner en la estructura:

Lo primero es poner la cantidad de barras que vamos a poner en N° Armado y seguidamente clicar en **OK** y se creara una tabla de (nº de barras)x8:

1. En la primera columna se introducen las coordenadas en X de la posición inicial de la barra.
2. En la segunda se introducen las coordenadas en Y de la posición inicial de la barra.
3. En la tercera columna se introducen las coordenadas en X de la posición final de la barra.
4. En la cuarta se introducen las coordenadas en Y de la posición final de la barra.
5. En la quinta columna se introduce el valor del Área de acero en mm<sup>2</sup>.
6. En la sexta columna se introduce el valor del diámetro de referencia de la barra.
7. En la séptima columna se introduce el tipo de terminación o anclaje de la barra:
  - i. Anclaje perfecto
  - ii. Terminación Recta
  - iii. Terminación Gancho o U
8. En la octava columna se introduce el tipo de adherencia de la barra al hormigón:
  - i. Buena
  - ii. Mala

En fig.13 se muestra como quedan los datos del armado introducidos en nuestro ejemplo concreto:

3. DATOS DEL ARMADO:									
Tabla de Armado		Nº Armado =		47		OK		3. Introducir Armado	
	Xo	Yo	Xf	Yf	As[mm2]	D.ref.	Terminación	Calidad	
1	30	550	2720	550	500	20	Anclaje	Bue	^
2	30	675	2720	675	400	16	Termina	Bue	≡
3	30	800	2720	800	400	16	Termina	Bue	
4	30	920	2720	920	400	16	Termina	Bue	
5	30	1045	2720	1045	400	16	Termina	Bue	
6	30	1170	2720	1170	450	20	Anclaje	Bue	
7	90	550	90	1970	400	16	Termina	Bue	
8	275	550	275	1970	400	16	Termina	Bue	
9	460	550	460	1970	400	16	Termina	Bue	
10	640	550	640	1970	400	16	Termina	Bue	
11	825	550	825	1970	400	16	Termina	Bue	
12	975	550	975	1970	400	16	Termina	Bue	∨
13	1125	550	1125	1970	400	16	Termina	Bue	^
14	1155	550	1155	1970	400	16	Termina	Bue	
15	1595	550	1595	1970	400	16	Termina	Bue	
16	1625	550	1625	1970	400	16	Termina	Bue	
17	1775	550	1775	1970	400	16	Termina	Bue	≡
18	1925	550	1925	1970	400	16	Termina	Bue	
19	2108	550	2108	1970	400	16	Termina	Bue	
20	2300	550	2300	1970	400	16	Termina	Bue	
21	2475	550	2475	1970	400	16	Termina	Bue	
22	2660	550	2660	1970	400	16	Termina	Bue	
23	1155	2000	1155	2300	400	16	Termina	Bue	
24	1595	2000	1595	2300	400	16	Termina	Bue	∨
25	1155	2300	1595	2300	400	16	Termina	Bue	^
26	1155	2175	1595	2175	400	16	Termina	Bue	
27	1155	2050	1595	2050	400	16	Termina	Bue	
28	305	30	305	270	315	20	Termina	Bue	
29	795	30	795	270	315	20	Termina	Bue	
30	305	270	795	270	630	20	Termina	Bue	
31	305	150	795	150	630	20	Termina	Bue	
32	305	30	795	30	630	20	Termina	Bue	≡
33	1955	30	1955	270	315	20	Termina	Bue	
34	2445	30	2445	270	315	20	Termina	Bue	
35	1955	270	2445	270	630	20	Termina	Bue	
36	1955	150	2445	150	630	20	Termina	Bue	∨
36	1955	150	2445	150	630	20	Termina	Bue	^
37	1955	30	2445	30	630	20	Termina	Bue	
38	458	30	458	270	630	20	Termina	Bue	
39	642	30	642	270	630	20	Termina	Bue	
40	2108	30	2108	270	630	20	Termina	Bue	
41	2292	30	2292	270	630	20	Termina	Bue	
42	30	1350	2720	1350	3465	16	Anclaje	Bue	
43	30	1475	2720	1475	400	16	Termina	Bue	
44	30	1600	2720	1600	400	16	Termina	Bue	
45	30	1720	2720	1720	400	16	Termina	Bue	≡
46	30	1845	2720	1845	400	16	Termina	Bue	
47	30	1970	2720	1970	450	16	Termina	Bue	∨

fig. 13 (Resultado del programa con los datos introducidos de todo el armado.)

### Séptimo Paso: Introducir las Etapas:

Esta es la parte del programa que hace posible la reparación o refuerzos de las estructuras a estudiar. El funcionamiento es simple de explicar, en la parte superior del programa se pueden ver 3 opciones relacionado con las etapas.

La primera opción es decir cuantas etapas hay, en nuestro ejemplo tendremos 2 etapas.

En la segunda opción se selecciona donde queremos guardar todos los datos de la estructura. Y asignar a: Etapa número 1, clicando encima y guardar los datos introducidos hasta ahora.

En la tercera opción se eligen los datos de que etapa queremos mostrar en el programa para revisar los datos introducidos. Esto es importante para cuando tengamos un ejemplo con muchas etapas. En nuestro caso le daremos a MOSTRAR: Etapa número 1.

El programa debería quedar de la siguiente manera que muestra fig.14:

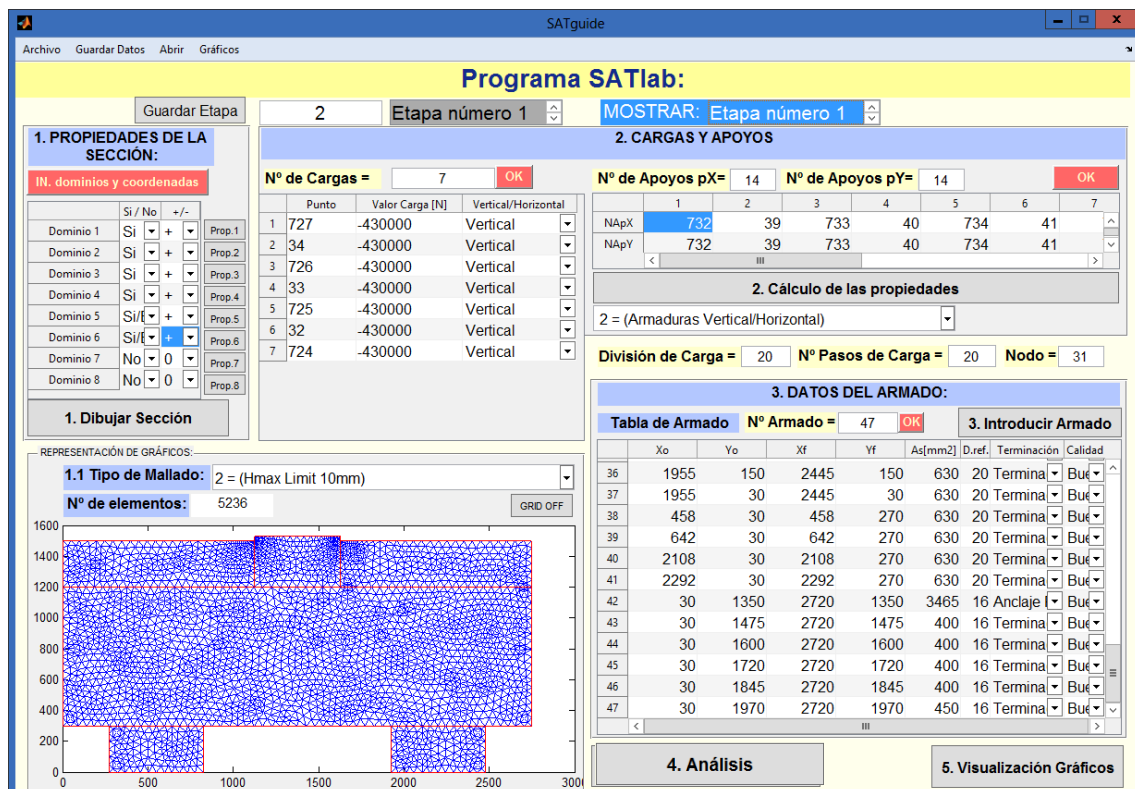


fig. 14 (Resultado de SATLAB con todos los datos introducidos de la primera etapa.)

Llegados a este punto se puede ver los primeros resultado del apartado 2.3:

### 2.3 Tensión-Deformación:

Cuando ya tengamos asignada los datos de la primera etapa se puede proceder a hacer clic en el botón ( **2. Cálculo de las propiedades** ). Esperamos un rato a que calcule y grafique. Nos aparecerán unos gráficos de la sección con las tensiones y deformaciones elásticas. En nuestro ejemplo concreto resultan estos gráficos de la fig.15:

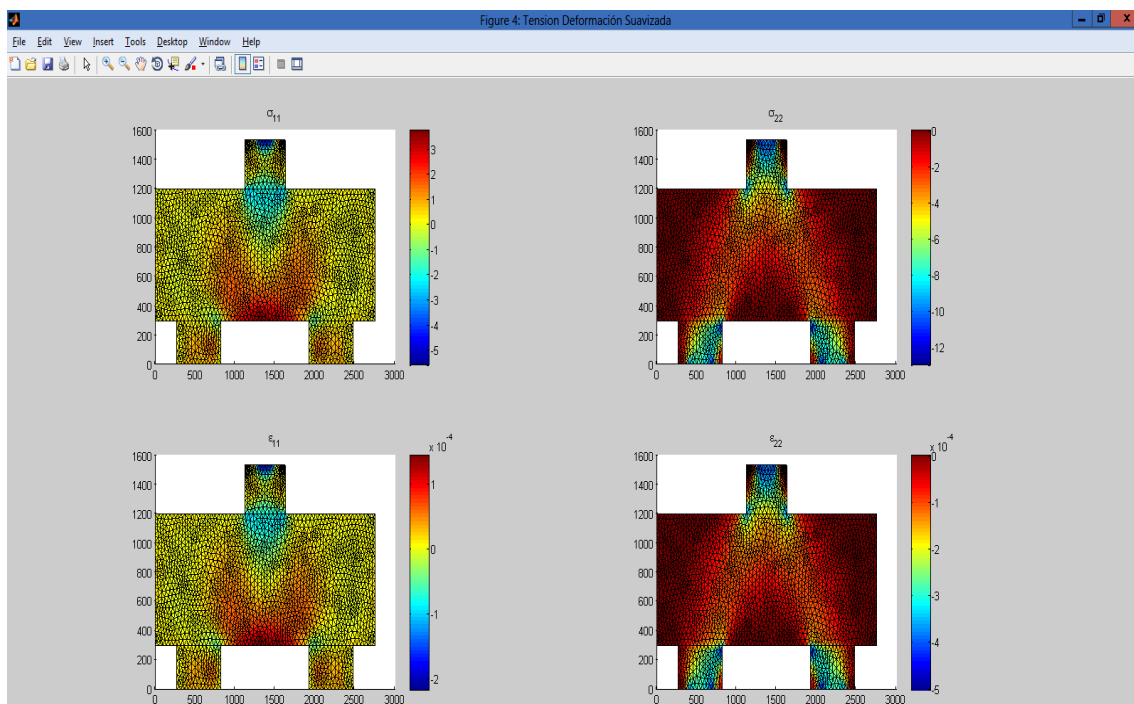


fig. 15 (Resultado de tensiones en direcciones principales y las deformaciones en direcciones principales en rango elástico)

Ahora podemos ver el esquema de Bielas y tirante, vamos al desplegable siguiente y seleccionamos 2=(Armaduras Vertical/Horizontal), véase fig.16:

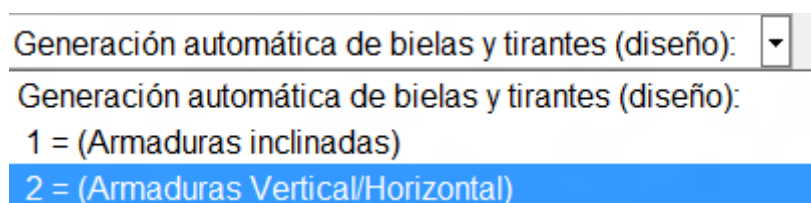


fig. 16 (Generador de diagrama (Struts And Tie).)

Esperaremos un rato a que calcule y cuando termine nos mostrará un esquema como este que se muestra en fig.17:

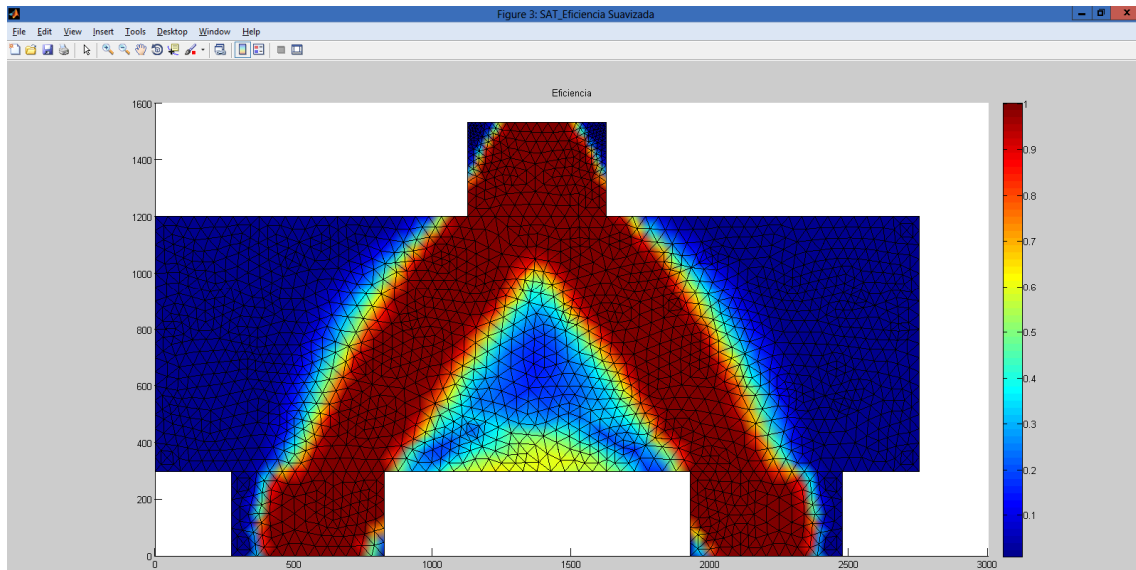


fig. 17 (Resultado del diagrama de Bielas y Tirantes.)

**Octavo Paso: Introducir los datos de la segunda etapa:**

Llegados a este paso lo que se debe hacer es activar los dominios del recrecido, véase fig.18, cambiar (SI/Etapa) por (SI) en los nuevos dominios:

**1. PROPIEDADES DE LA SECCIÓN:**

**IN. dominios y coordenadas**

	Si / No	+/-	
Dominio 1	Si	+	Prop.1
Dominio 2	Si	+	Prop.2
Dominio 3	Si	+	Prop.3
Dominio 4	Si	+	Prop.4
Dominio 5	Si	+	Prop.5
Dominio 6	Si	+	Prop.6
Dominio 7	No	0	Prop.7
Dominio 8	No	0	Prop.8

**1. Dibujar Sección**

fig. 18 (Activar los 2 dominios, 5 y 6)

El siguiente paso es apretar el botón **1. Dibujar Sección** para crear el mallado de la estructura y volver a seleccionar el tipo de mallado que se seleccionó en la primera etapa, véase fig.19 :

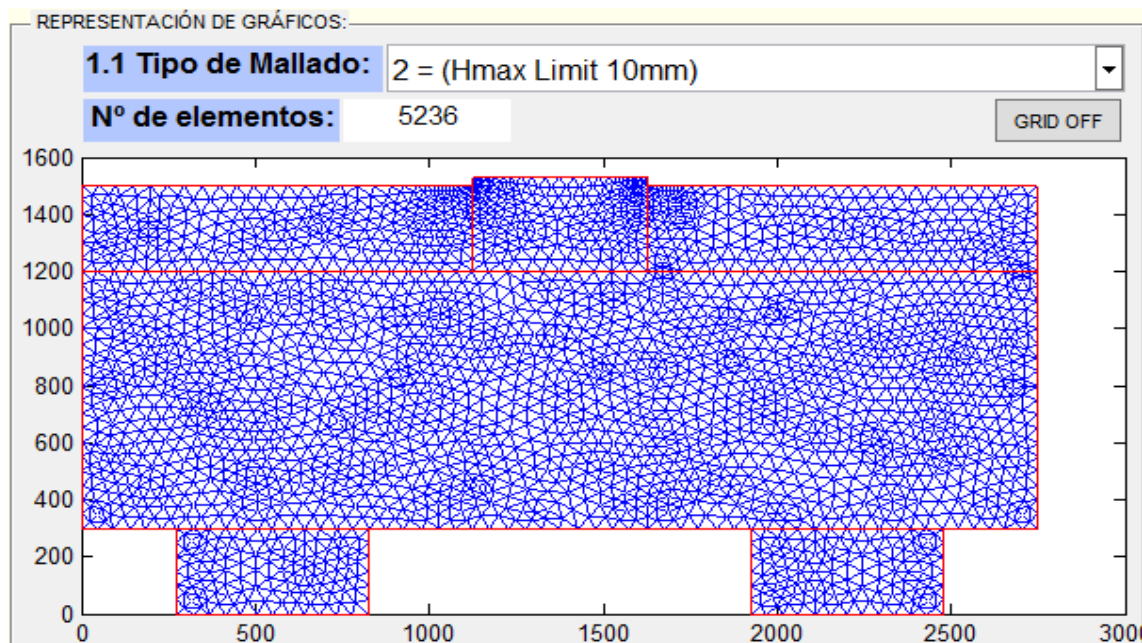


fig. 19 (Resultado que mallado se elige y como debe quedar el mallado.)

El siguiente paso es introducir la carga que se aplicará a la nueva estructura con el recreado, véase “**Quinto Paso: Introducir 2. CARGAS Y APOYOS:**”. El resultado de las nuevas cargas en la ventana gráfica es el siguiente, fig.20:

Nº de Cargas =		7	OK
	Punto	Valor Carga [N]	Vertical/Horizontal
1	727	-450000	Vertical
2	34	-450000	Vertical
3	726	-450000	Vertical
4	33	-450000	Vertical
5	725	-450000	Vertical
6	32	-450000	Vertical
7	724	-450000	Vertical

fig. 20 (Nuevas cargas para etapa 2)

Ahora se añaden los apoyos otra vez, véase “**Quinto Paso: Introducir 2. CARGAS Y APOYOS:**”. El resultado de los apoyos en la ventana gráfica es el siguiente, fig.21 y fig.22:

Nº de Apoyos pX=		14	Nº de Apoyos pY=		14	OK	
	1	2	3	4	5	6	7
NApX	732	39	733	40	734	41	735
NApY	732	39	733	40	734	41	735
	<						>
<b>2. Cálculo de las propiedades</b>							

fig. 21 (Resultado del programa con los datos introducidos del 1 al 7, etapa 2)

Nº de Apoyos pX=		14	Nº de Apoyos pY=		14	OK	
	8	9	10	11	12	13	14
NApX	738	44	739	45	740	46	741
NApY	738	44	739	45	740	46	741
	<						>
<b>2. Cálculo de las propiedades</b>							

fig. 22 (Resultado del programa con datos introducidos del 8 al 14, etapa 2)

Los apoyos son los mismos, pero para verificarlos se repiten.

Ahora se guardan y activan los datos de la etapa 2 para el refuerzo de la estructura a estudiar. El funcionamiento es como en la etapa 1 pero solo se modifican la segunda y tercera opción.

En la segunda opción se selecciona donde queremos guardar todos los datos de la estructura. Y asignar a: Etapa número 2, clicando encima y guardar los datos introducidos hasta ahora.

En la tercera opción se eligen los datos de que etapa queremos mostrar en el programa para revisar los datos introducidos. Esto es importante para cuando tengamos un ejemplo con muchas etapas. En nuestro caso le daremos a MOSTRAR: Etapa número 2.

El programa debería quedar de la siguiente manera que muestra fig.23:

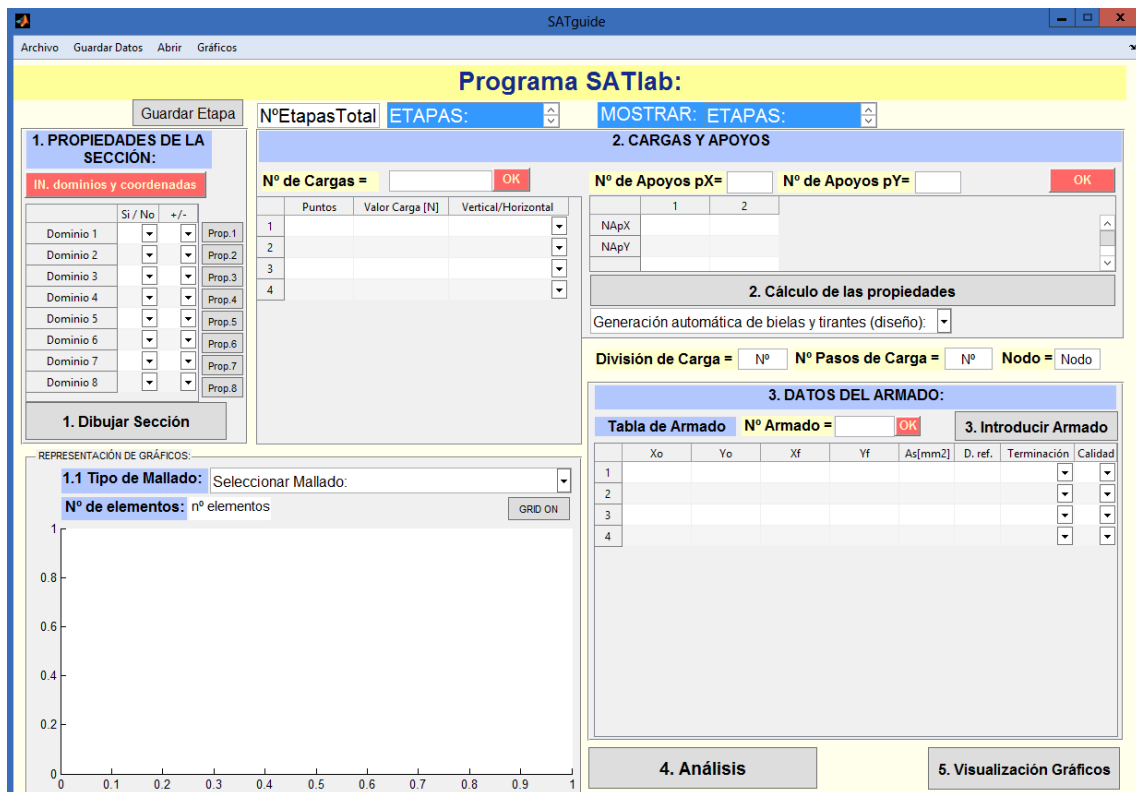


fig. 23 (Resultado de SATLAB con todos los datos introducidos de la segunda etapa.)

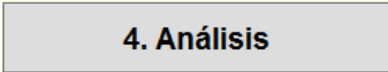
## **Noveno Paso: Botón: 4. Análisis:**

Una vez se tengan todos los datos introducidos:

1. DATOS DE LA SECCIÓN: ✓
2. PROPIEDADES DE LA SECCIÓN: ✓
3. DATOS DEL ARMADO: ✓
4. ETAPAS 1 y 2: ✓

Hasta este punto deberemos tener todo los datos que se han comentado hasta ahora introducidos y si todo esta correcto podemos seguir.

Se puede proceder a clicar en el botón:



**4. Análisis**

Ahora deberemos esperar a que el programa haga los pasos de carga. Este proceso puede tardar entre 5 a 30 minutos, todo depende del detalle del mallado, de los pasos de carga, de la cantidad de datos introducidos y la velocidad del PC donde se ejecute.

De aquí obtendremos 4 ventanas nuevas, que son las siguientes:

(Figure) con el gráfico del **Nodo de Carga**.

(Figure) con unos gráficos de **Tracción-Compresión por etapas**.

(Figure) con unos gráficos de la **Tracción homogenizada**.

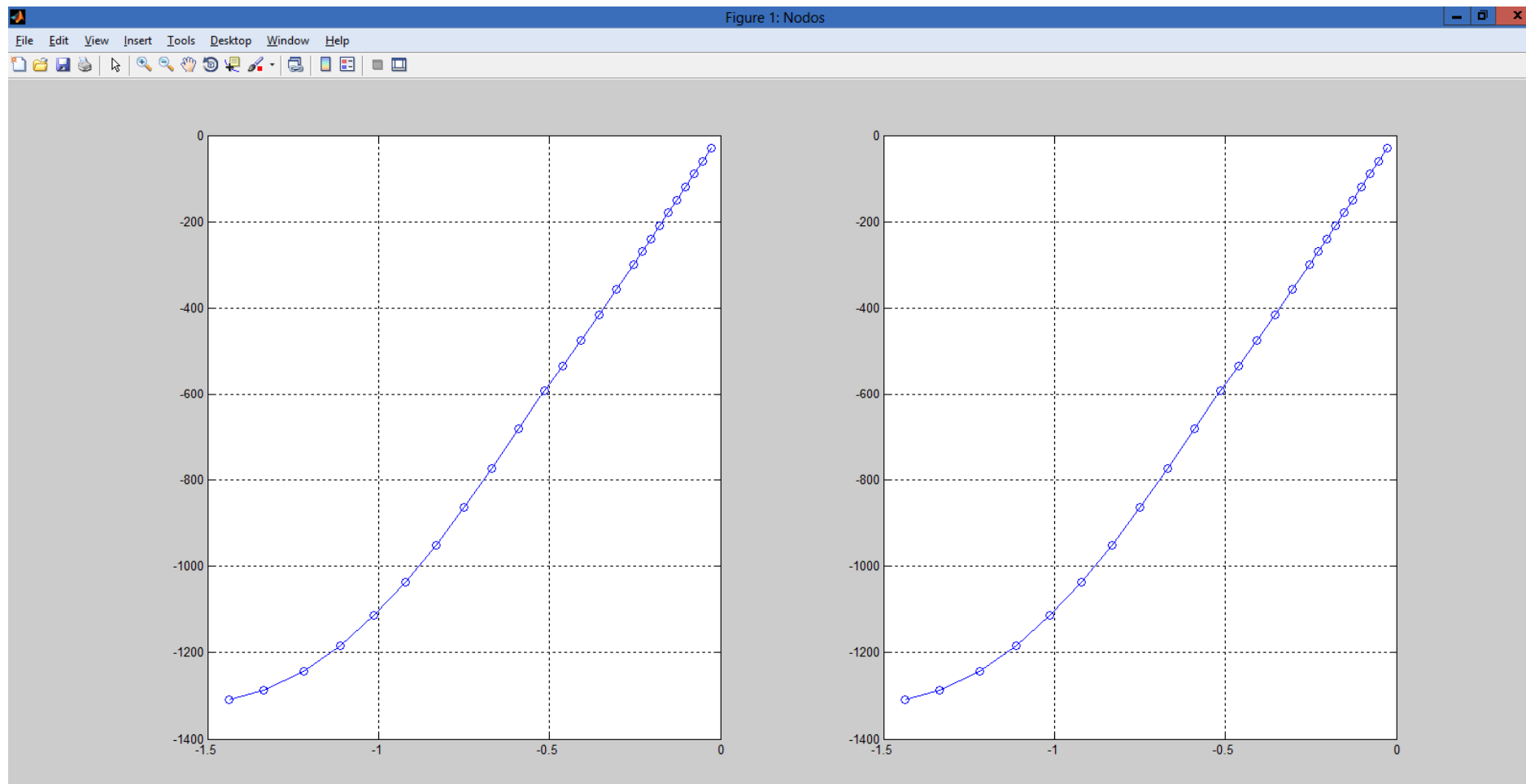
(Figure) con unos gráficos de la **Fisuración de la estructura**.

(Figure) con unos gráficos de la **Fisuración homogenizada**.

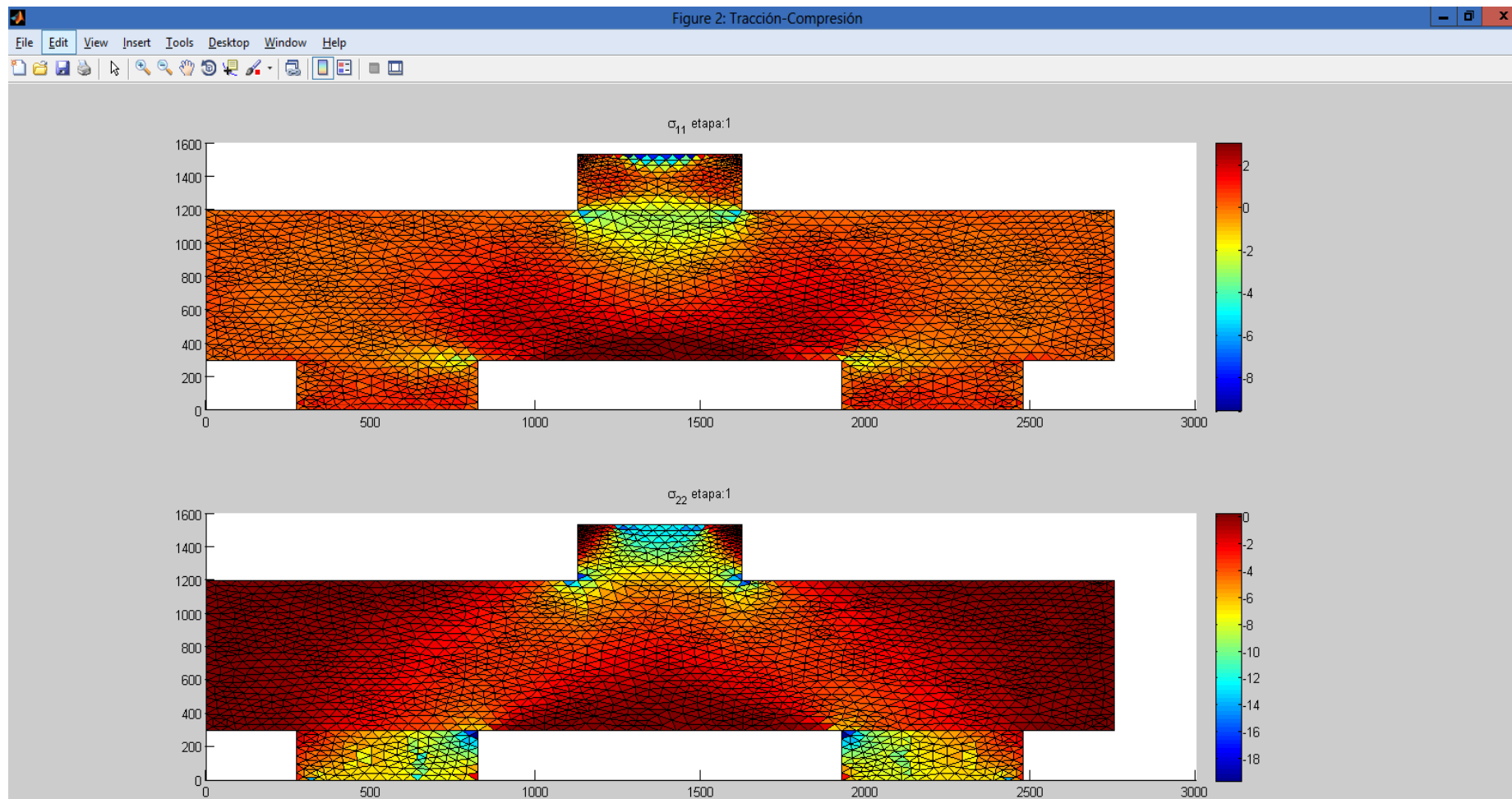
En cada gráfico de los anteriores se podrá ver a que paso de carga corresponde.

**Ahora se muestra los resultados del ejemplo concreto (del encepado por etapas):**

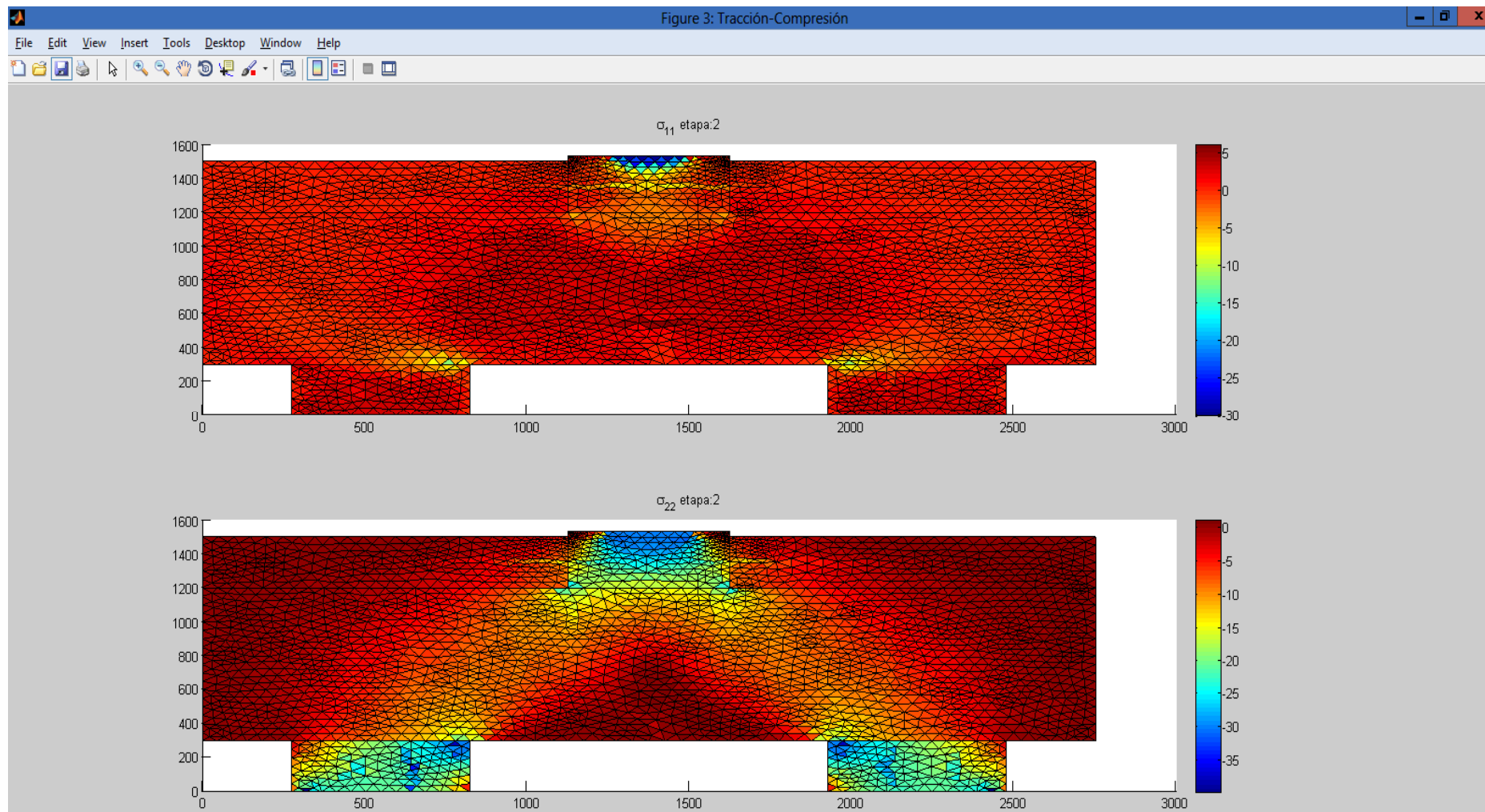
(Figure 24) con el gráfico del **Nodo de Carga**.: (Nodo 33)



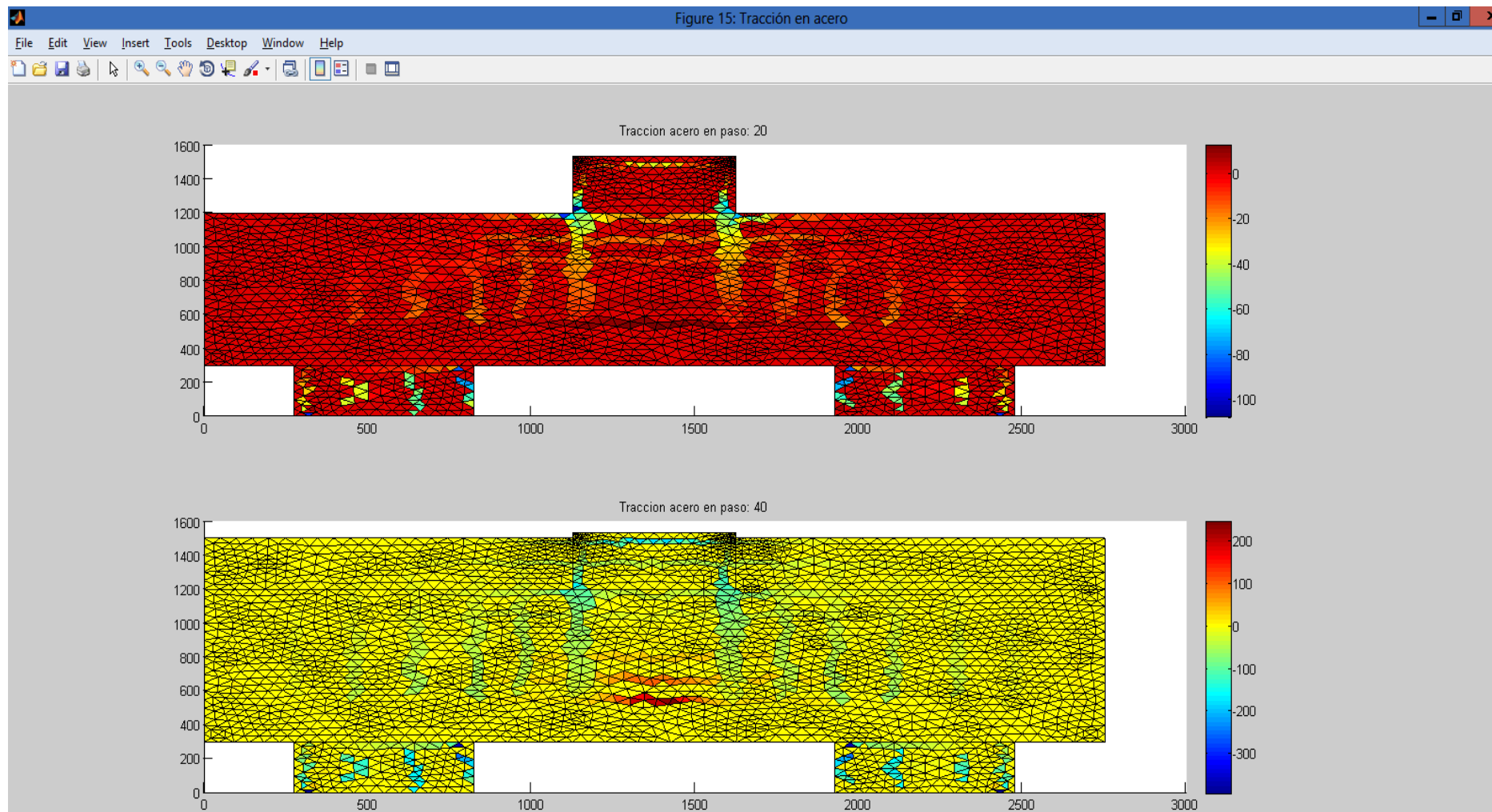
(Figure 25) con unos gráficos de **Tracción-Compresión por etapas**. (ETAPA 1)



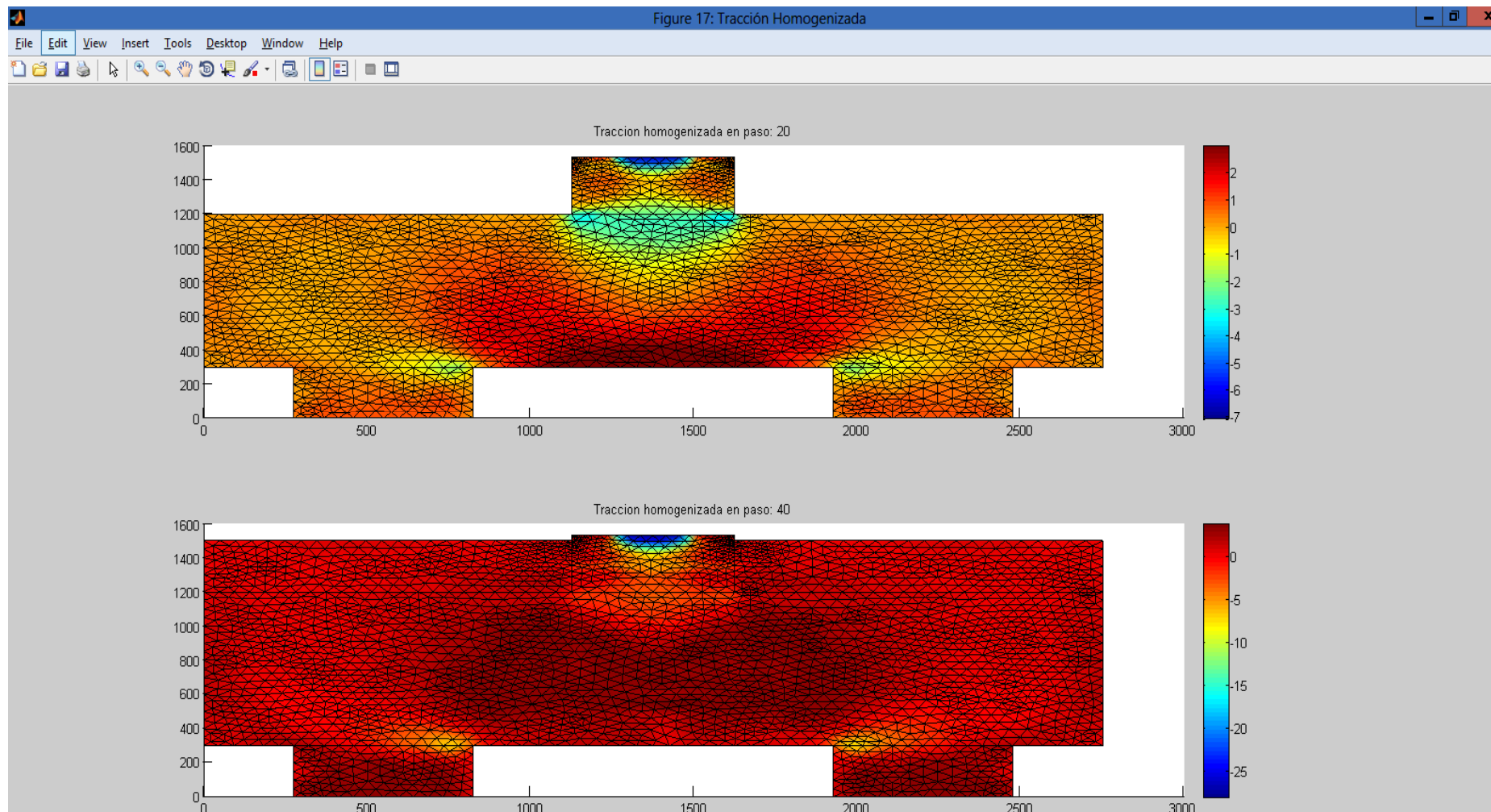
(Figure 26) con unos gráficos de **Tracción-Compresión por etapas**. (ETAPA 1 = Paso 20) y (ETAPA 2 = Paso 40)



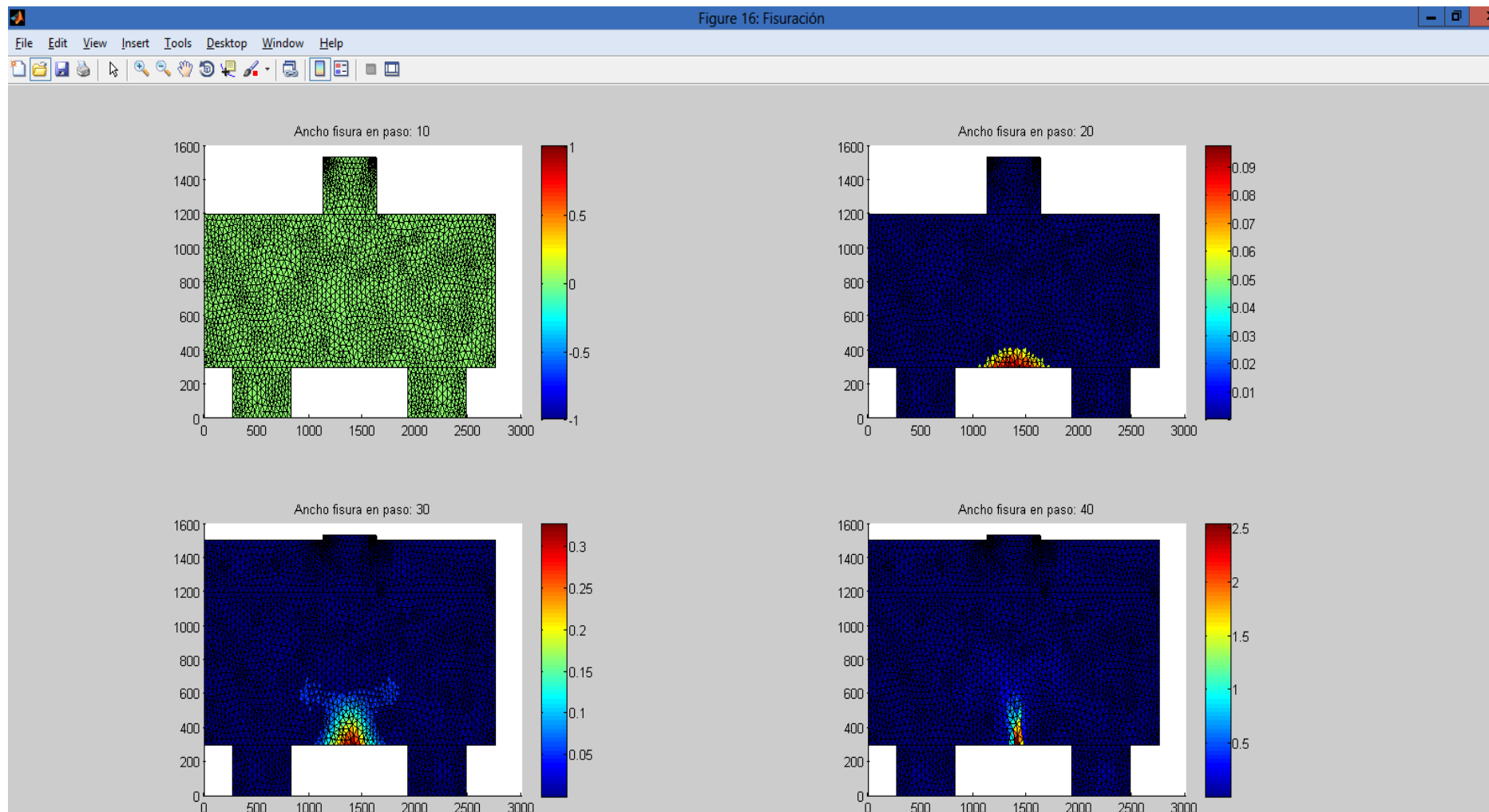
(Figure 27) con unos gráficos de la **Tracción en el acero y compresión**. (ETAPA 1 = Paso 20) y (ETAPA 2 = Paso 40)



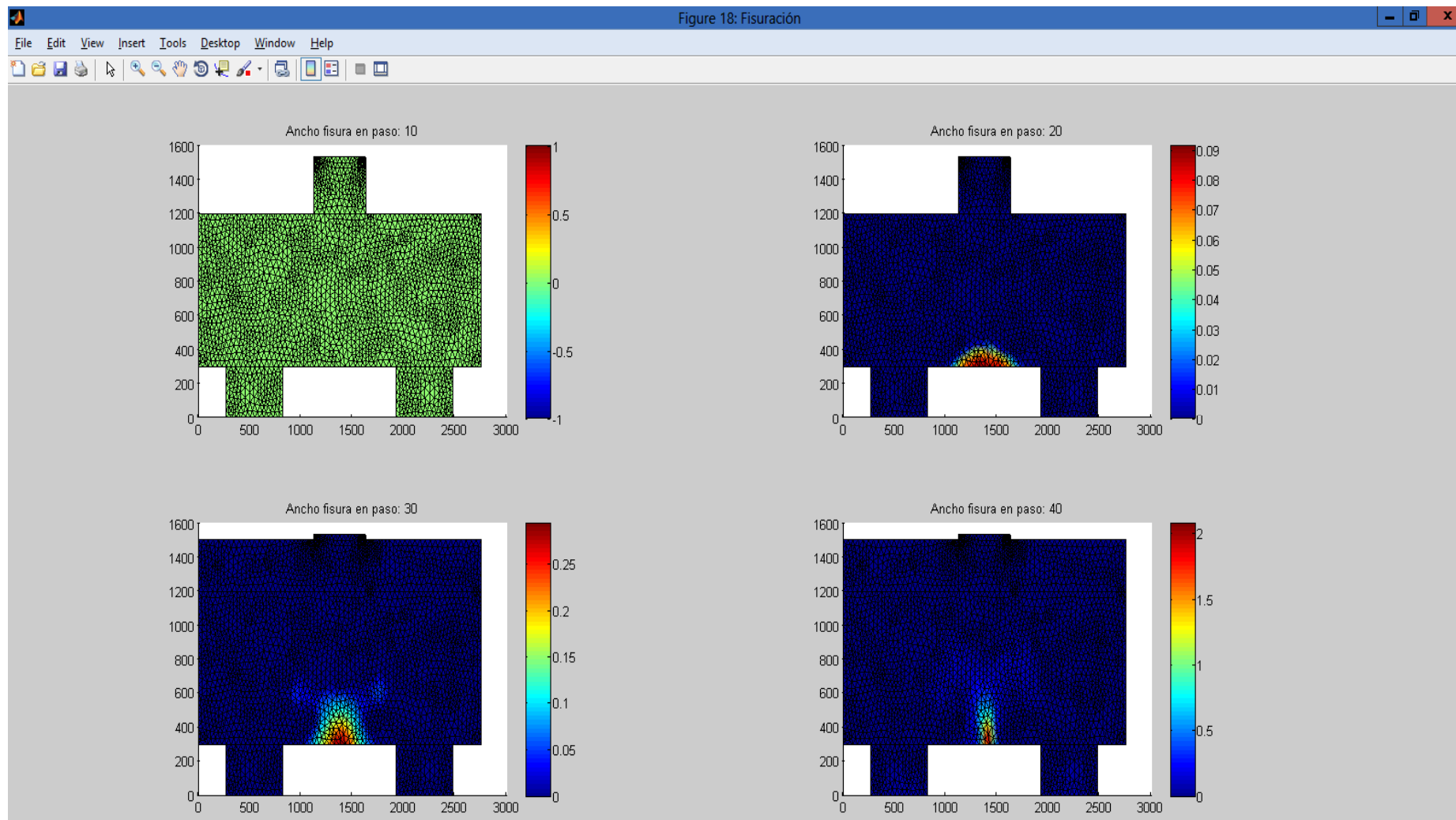
(Figure 28) con unos gráficos de la **Tracción homogenizada**. (ETAPA 1 = Paso 20) y (ETAPA 2 = Paso 40)



(Figure 29) con unos gráficos de la ***Fisuración de la estructura***. (ETAPA 1 = Paso 15 y 20) y (ETAPA 2 = Paso 30 y 40)



(Figure 30) con unos gráficos de la ***Fisuración homogenizada***. (ETAPA 1 = Paso 15 y 20) y (ETAPA 2 = Paso 30 y 40)



## 6. EJECUTABLE DE MATLAB

Si se dispone de algún compilador de C/C++ es posible configurar a MATLAB para que lo utilice en lugar del que ya trae por default (el octavo de la lista). En este ejemplo se escogerá el Lcc así:

```
>> mbuild -setup
Please choose your compiler for building standalone MATLAB applications:

Would you like mbuild to locate installed compilers [y]/n? n

Select a compiler:
[1] Borland C++Builder version 6.0
[2] Borland C++Builder version 5.0
[3] Borland C++Builder version 4.0
[4] Borland C++Builder version 3.0
[5] Borland C/C++ version 5.02
[6] Borland C/C++ version 5.0
[7] Borland C/C++ (free command line tools) version 5.5
[8] Lcc C version 2.4
[9] Microsoft Visual C/C++ version 7.1
[10] Microsoft Visual C/C++ version 7.0
[11] Microsoft Visual C/C++ version 6.0

[0] None

Compiler: 8

Your machine has a Lcc C compiler located at
C:\MATLAB7\sys\lcc. Do you want to use this compiler [y]/n? y

Please verify your choices:

Compiler: Lcc C 2.4
Location: C:\MATLAB7\sys\lcc

Are these correct?([y]/n): y
```

Una vez terminada la configuración se procede a crear el ejecutable. Si hay varias funciones, entonces sólo se hace el ejecutable de la función principal (la que llama a las demás). También es posible hacer ejecutables al mismo tiempo de funciones que no estén relacionadas entre sí. Ejemplo:

```
mcc -B sgl SATguide.m
```

Otro ejemplo:

```
mcc -m SATguide.m
```

En ambos casos el resultado es el mismo. Se crean dos archivos \*.c, un archivo \*.ctf y un archivo \*.exe.

```
mcc -m funcion1.m funcion2.m
```

Los archivos \*.m deben ser de tipo función. No es posible hacer un ejecutable de un archivo de tipo guión (script).

Para que el ejecutable funcione en una PC sin MATLAB:

1. Hay que copiar el MATLAB Component Runtime (MCR) en el PC sin MATLAB. Se encuentra en C:\MATLAB7\toolbox\compiler\deploy\win32.
2. Luego hay que instalar el MCR en alguna carpeta, por ejemplo C:\Carpeta\_de\_MCR.
3. Después hay que crear una variable de entorno de usuario que se llame Path y su valor debe ser C:\Carpeta\_de\_MCR\v70\runtime\win32. Eso se hace en Propiedades de Mi PC (clic derecho en Mi PC y luego clic en Propiedades). Luego un clic en Opciones Avanzadas y un clic en Variables de entorno. Después se agrega una nueva variable de entorno de usuario. En las variables de sistema ya hay una que se llama Path, pero no hay que tocarla.

