



LabAE-EPNA v 2.00

Laboratorio conceptual de Análisis de Estructuras.

Estructuras planas de nudos articulados

1. [Introducción](#)
2. [Fundamentos teóricos](#)
3. [Instalación de la aplicación](#)
4. [Inicio de la aplicación](#)
5. [Entorno gráfico de la aplicación](#)
6. [Entrada de datos](#)
7. [Salida de resultados](#)
8. [Referencias](#)

[Anexo. Ejemplo de archivo de datos \(Ejs41y43_LAE.dat\)](#)

1. [Introducción](#)

El objetivo de la aplicación LabAE-EPNA es convertirse en una herramienta, fácil de utilizar, visual, e interactiva, de apoyo al aprendizaje del análisis de estructuras planas de nudos articulados.

LabAE-EPNA permite, de forma muy sencilla, analizar estructuras de nudos articulados con fuerzas aplicadas en los nudos y variaciones de temperatura o faltas de ajuste de las barras.

LabAE-EPNA tiene tres posibilidades de análisis: método de los nudos para estructuras isostáticas simples, formulación matricial del método de los nudos para estructuras isostáticas, y formulación matricial por el método de los desplazamientos para analizar cualquier estructura plana de nudos articulados, isostática o hiperestática. Con la utilización de estas tres formas de análisis, se busca facilitar el entendimiento de las ecuaciones fundamentales de equilibrio, compatibilidad y comportamiento.

La aplicación permite generar, de forma sencilla, muchos casos diferentes de una estructura. Además de los resultados (reacciones, esfuerzos y desplazamientos, la aplicación muestra la secuencia en la que se aplican las relaciones fundamentales para resolver el problema.

2. [Fundamentos teóricos](#)

LabAE-EPNA analiza estructuras planas de nudos articulados.

LabAE-EPNA tiene tres posibilidades para el análisis estructuras planas de nudos articulados: 1) método de los nudos, 2) formulación matricial del método de los nudos, y 3) formulación matricial por el método de los desplazamientos. Con la utilización de estas tres formas de análisis, se busca facilitar el entendimiento y la forma de aplicación de las ecuaciones fundamentales de equilibrio, compatibilidad y comportamiento.

Los conceptos básicos pueden encontrarse en el capítulo 2 Conceptos básicos del Análisis de Estructuras; el método de los nudos en los capítulos 3 Estructuras de nudos articulados y 4 Esfuerzos en estructuras isostáticas de nudos articulados, y el método de los desplazamientos en los capítulos 7 Análisis de estructuras de nudos articulados y 3 El método de los desplazamientos, de la referencia Martí, P. *Análisis de Estructuras*. Editorial Síntesis, Madrid, 2020.

La formulación matricial del método de los nudos puede encontrarse en el capítulo 6 Estructuras articuladas isostáticas. Cálculo de esfuerzos, de la referencia Martí, P. *Análisis de Estructuras*. Métodos clásicos y matriciales, Horacio Escarabajal Editores, Cartagena, 2007.

3. [Instalación de la aplicación](#)

La aplicación se instala haciendo doble clic en el archivo de instalación “Instalador_LabAE-



EPNA_v2.00”. Aparece el icono de la aplicación (figura 1) y se prepara la instalación de la misma.



Figura 1. Preparación de la instalación de LabAE-EPNA.

En unos segundos aparece el diálogo de inicio de la instalación (figura 2).

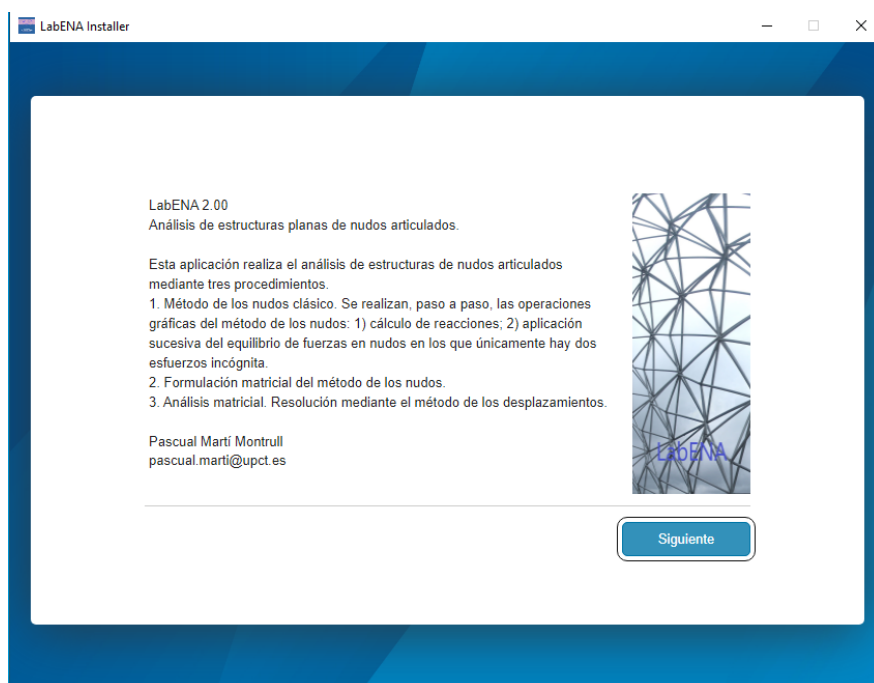


Figura 2. Inicio de la instalación de LabAE-EPNA.

Pulsando “Siguiente” aparece un diálogo (figura 3) para definir el directorio de instalación de la aplicación. Se debe marcar la opción “Agregar atajo al escritorio” si se quiere generar un acceso directo a la aplicación en el escritorio

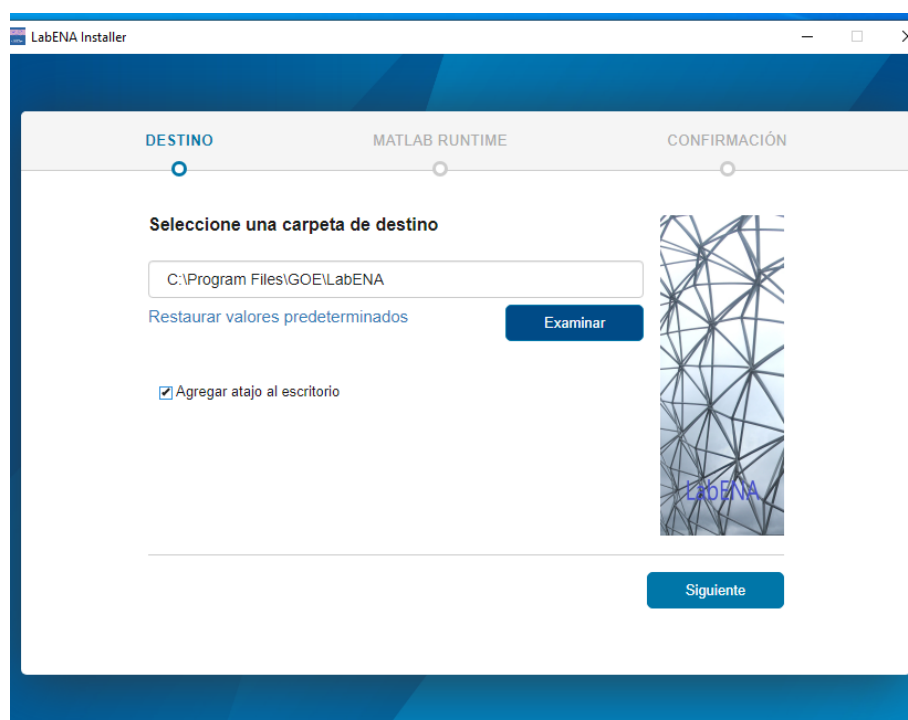


Figura 3. Directorio de instalación de LabAE-EPNA y opción marcada para generar un icono de acceso directo.

Pulsando “Siguiente” aparece un diálogo (figura 4) de confirmación de datos e inicio de la instalación.

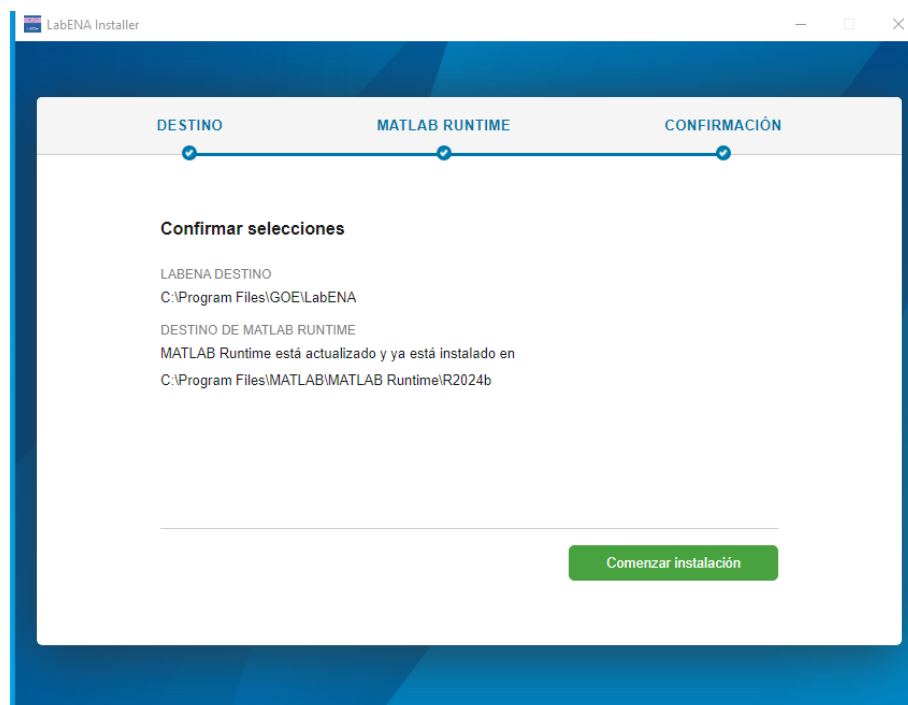


Figura 4. Confirmación de selecciones para iniciar la instalación.

Pulsando “Comenzar instalación” se inicia la instalación. La primera vez que se instala el programa este proceso puede durar unos minutos, ya que el instalador tiene que descargar e instalar un software de MATLAB (“MATLAB Runtime”) que carga los archivos necesarios para

que funcione la aplicación, aunque no se tenga instalado MATLAB. En las instalaciones posteriores la instalación es mucho más rápida, ya que no es necesario volver a descargar e instalar el “MATLAB Runtime”. Cuando finaliza la instalación aparece el diálogo de la figura 5.

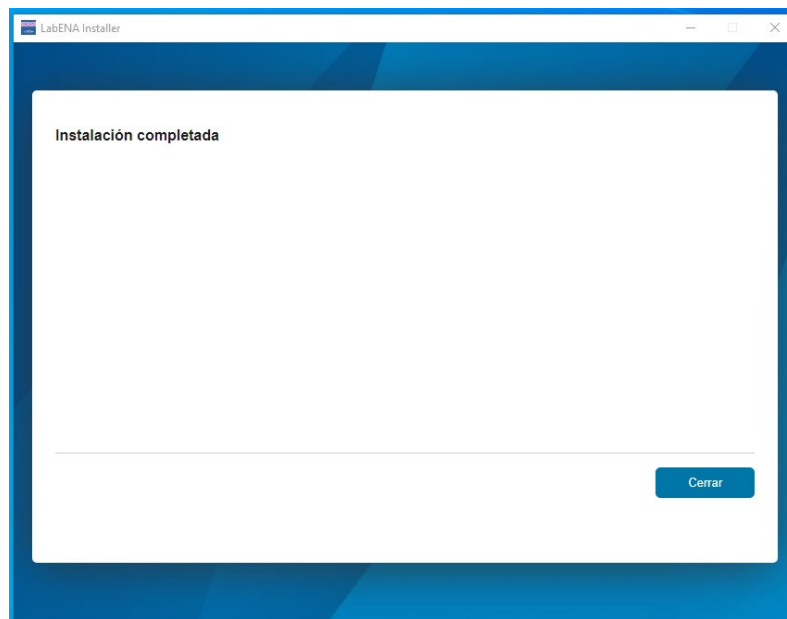
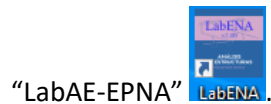


Figura 5. Fin de la instalación.

4. Inicio de la aplicación

Una vez finalizada la instalación, se puede ejecutar el programa haciendo doble clic en el icono



En primer lugar, aparece el icono de la aplicación, que permanece mientras se carga la misma.



Figura 6. Carga de la aplicación LabAE-EPNA.

A continuación, aparece un diálogo de identificación del usuario. Este diálogo aparece, tanto para usuarios registrados como no registrados, la primera vez que se entra en la aplicación después de instalarla.

Figura 7. Diálogo de identificación del usuario.

Usuarios registrados. Como identificación, el usuario tiene que introducir el identificador y la Contraseña con el que está registrado en la aplicación.

Usuarios no registrados. Como identificación, el usuario tiene que introducir las iniciales de Usuario No Registrado (UNR). De esta forma se tiene acceso a las funcionalidades completas la aplicación durante un mes desde la instalación. El campo “Contraseña” no tiene que rellenarlo.

Si un usuario marca “Recordar usuario en este equipo”, ya no se le volverá a solicitar la identificación ni la contraseña mientras no utilice el botón de la barra de herramientas de “Cierre de la sesión”.

5. Entorno gráfico de la aplicación

Una vez validada la identificación, aparece el entorno gráfico (figura 8), con los datos de una de las estructuras incluidas en la aplicación.

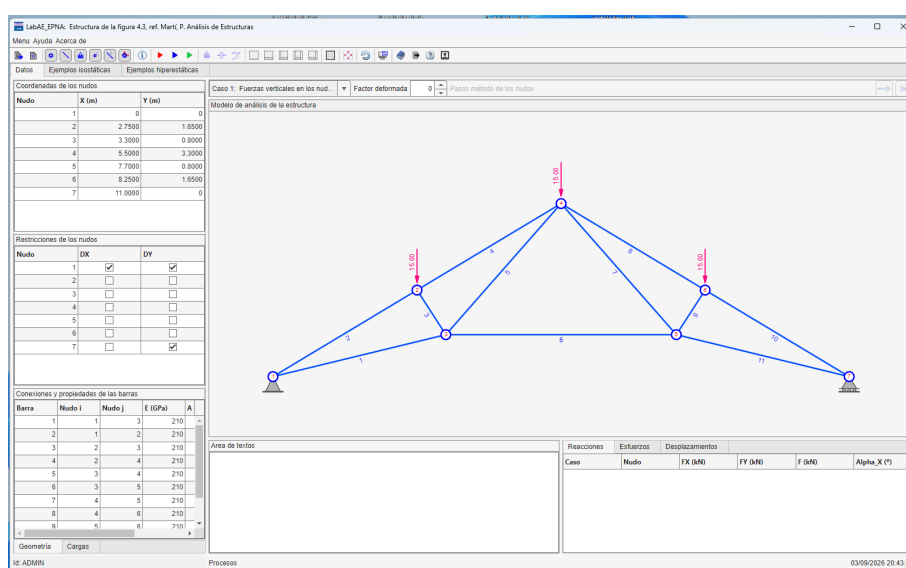


Figura 8. Entorno gráfico de la aplicación con datos de una estructura.

En la parte superior izquierda de la pantalla aparecen tres pestañas: “Datos”, “Ejemplos isostáticas” y “Ejemplos hiperestáticas”. El contenido del entorno gráfico de la aplicación es el siguiente:

Pestaña “Datos”

En la parte inferior, esta pestaña contiene otras dos pestañas: “Geometría” y “Cargas”.

The screenshot displays the LabENA software interface. The main window is titled 'LabENA: Estructura de la figura 4.3, ref. Martí, P. Análisis de E'. It features a menu bar and a toolbar. The 'Datos' tab is active, showing three sub-tabs: 'Datos', 'Ejemplos isostáticas', and 'Ejemplos hiperestáticas'. The 'Datos' sub-tab contains three tables:

Nudo	C-X (m)	C-Y (m)
1	0	0
2	2.7500	1.6500
3	3.3000	0.8000
4	5.5000	3.3000
5	7.7000	0.8000
6	8.2500	1.6500
7	11.0000	0

Nudo	Rest-X	Rest-Y
1	☒	☒
2	☐	☐
3	☐	☐
4	☐	☐
5	☐	☐
6	☐	☐
7	☐	☒

Barra	Nudo i	Nudo j	E (GPa)	A (cm)
1	1	3	210	
2	1	2	210	
3	2	3	210	
4	2	4	210	
5	3	4	210	
6	3	5	210	
7	4	5	210	
8	4	6	210	
9	5	6	210	
10	6	7	210	
11	5	7	210	

At the bottom of the 'Datos' sub-tab, there are two more sub-tabs: 'Geometría' and 'Cargas'. The 'Cargas' sub-tab is currently selected, showing a table with columns: 'Caso', 'Elemento', 'inc. T (°C)', 'inc. ajuste (mm)', and 'Fa'. The table is empty.

Figura 9. Pestañas de la pestaña “Datos”: “Geometría” y “Cargas”.

Pestaña “Geometría”. Tiene tres tablas:

1. Nudos: coordenadas. Se muestran las coordenadas de los nudos de la estructura. Las columnas 2 y 3 de la tabla son editables.
2. Nudos: restricciones. Se muestran los grados de libertad restringidos en los apoyos de la estructura. Las columnas 2 y 3 de la tabla son editables.

3. Barras: definición. Se muestran las conexiones (nudo inicial – nudo final), módulo de elasticidad del material, área de la sección transversal y coeficiente de dilatación térmica. Las columnas 2 a 6 de la tabla son editables.

Pestaña “Cargas”. Tiene tres tablas:

1. Fuerzas en nudos. Se muestran, para cada caso de carga, las fuerzas aplicadas en los nudos. las coordenadas de los nudos de la estructura. Las columnas 3 y 4 de la tabla son editables.
2. Acciones en las barras. Se muestran, para cada caso de carga, las acciones aplicadas en las barras (variación de temperatura y falta de ajuste). Las columnas 3 y 4 de la tabla son editables.
3. Combinaciones. Se muestran, para cada combinación, los casos simples que intervienen en la combinación y los factores por los que se multiplican.

Ventana: Modelo de análisis. Es una ventana gráfica en la que se muestra inicialmente el modelo de análisis (geometría, condiciones de apoyo y cargas aplicadas), y los resultados una vez realizado el análisis (Figura 10, superior).

Área de texto. Es una ventana para la salida de textos con los resultados del análisis (Figura 10, inferior izquierda).

Área de texto. Es una ventana para la salida de textos con los resultados del análisis (Figura 10, inferior derecha).

Resultados. Hay tres pestañas, correspondientes a las tablas de resultados de Reacciones, Esfuerzos y Desplazamientos.

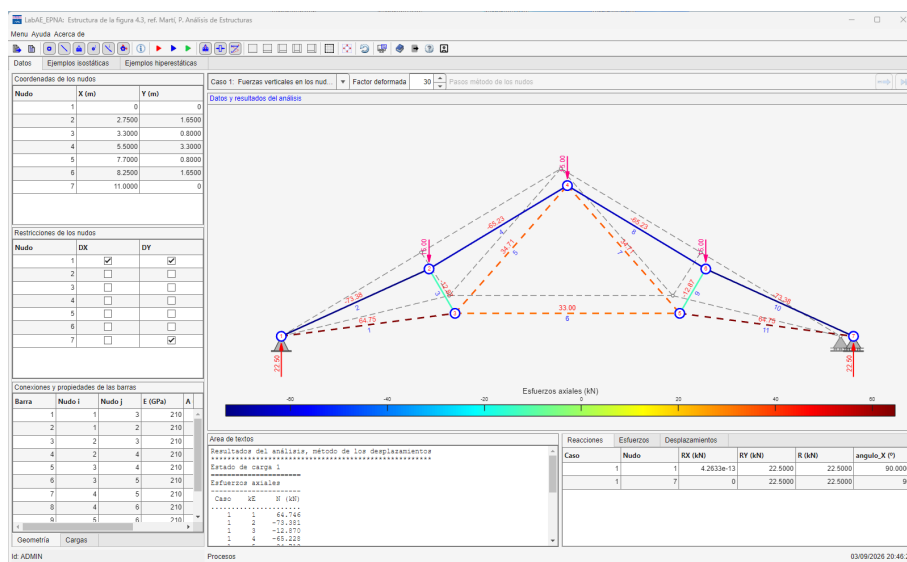


Figura 10. Ventana del modelo de análisis, área de texto y resultados.

Pestaña “Ejemplos isostáticos”

Contiene 12 estructuras isostáticas (simples, compuestas y complejas), cuyos datos pueden cargarse pulsando los botones inferiores de cada estructura.

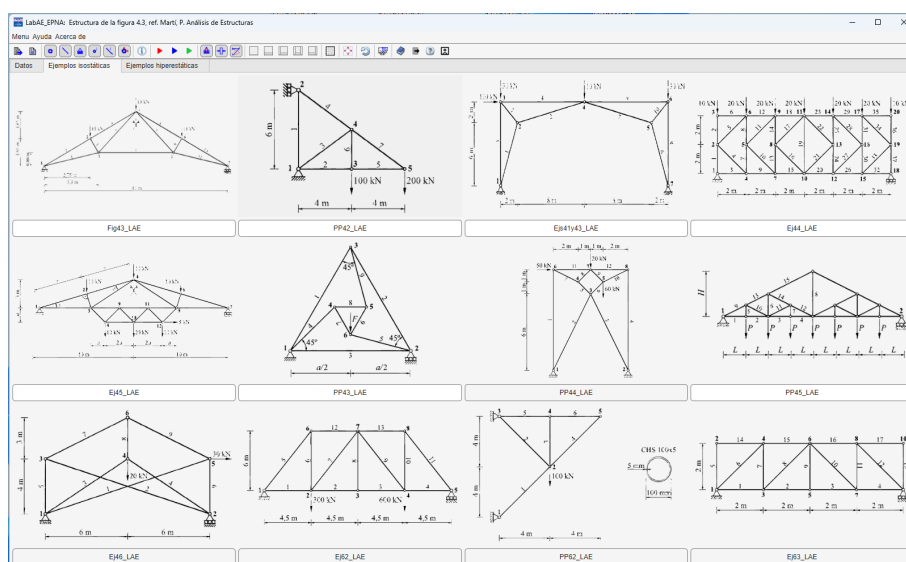


Figura 11. Ejemplos de estructuras isostáticas.

Pestaña “Ejemplos hiperestáticas”

Contiene 4 estructuras hiperestáticas, cuyos datos pueden cargarse pulsando los botones inferiores de cada estructura.

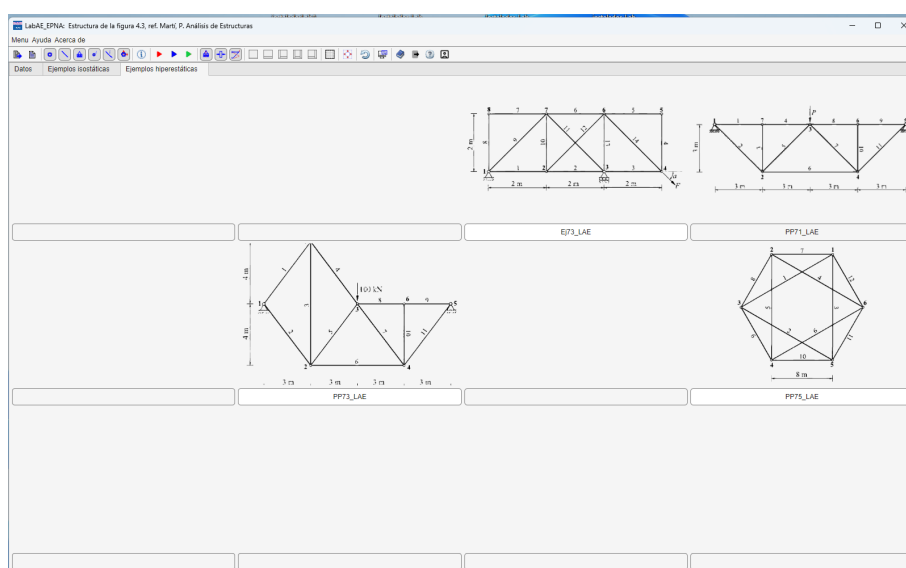


Figura 12. Ejemplos de estructuras hiperestáticas.

Barra de herramientas. (Figura 13) En esta barra están los botones para realizar las diferentes utilidades de la aplicación.



Figura 13. Barra de herramientas.

Las diferentes operaciones y procesos que se pueden realizar, de izquierda a derecha, son:



Cargar archivos de datos.

-  Activa/desactiva la representación de nudos.
-  Activa/desactiva la representación de barras.
-  Activa/desactiva la representación de apoyos.
-  Activa/desactiva la numeración de nudos.
-  Activa/desactiva la numeración de barras.
-  Activa/desactiva la representación de fuerzas puntuales.
-  Clasificación de la estructura.
-  Análisis gráfico por el método de los nudos.
-  Análisis con la formulación matricial del método de los nudos
-  análisis por el método de los desplazamientos.
-  Representación de reacciones.
-  Representación de esfuerzos axiales.
-  Deformada de la estructura.
-  Layout "Dibujo".
-  Layout "Datos+Dibujo+Resultados+Gráficos".
-  Layout "Dibujo+Resultados+Gráficos".
-  Activa/desactiva la cuadrícula de los ejes.
-  Activa/desactiva amplificar ejes.
-  Regenera la ventana principal y borra las ventanas auxiliares.
-  Captura y guarda el contenido de la pestaña activa (Datos/Ejemplos isostáticas/ Ejemplos hiperestáticas)
-  Manual de usuario. Se visualiza el archivo pdf del manual de usuario de la aplicación.

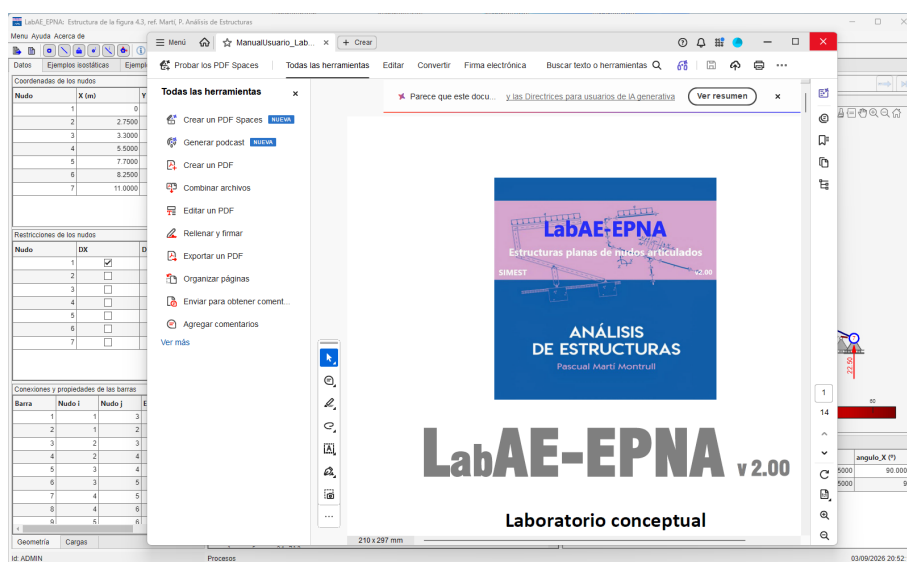


Figura 14. Manual de usuario.

➔ Cerrar sesión (Se solicitará identificación en el próximo inicio).

🔍 Acerca de LabAE-EPNA.

6. Entrada de datos

La entrada de datos se puede realizar por dos procedimientos:

1. Mediante el menú, seleccionando y cargando un archivo de datos (*.dat).
2. Utilizando uno de los ejemplos disponibles en la aplicación. Para este procedimiento basta con seleccionar el caso deseado, y hacer doble clic en el pie de figura de este. Los ejemplos muestran las posibilidades de LabAE-EPNA para diferentes estructuras.

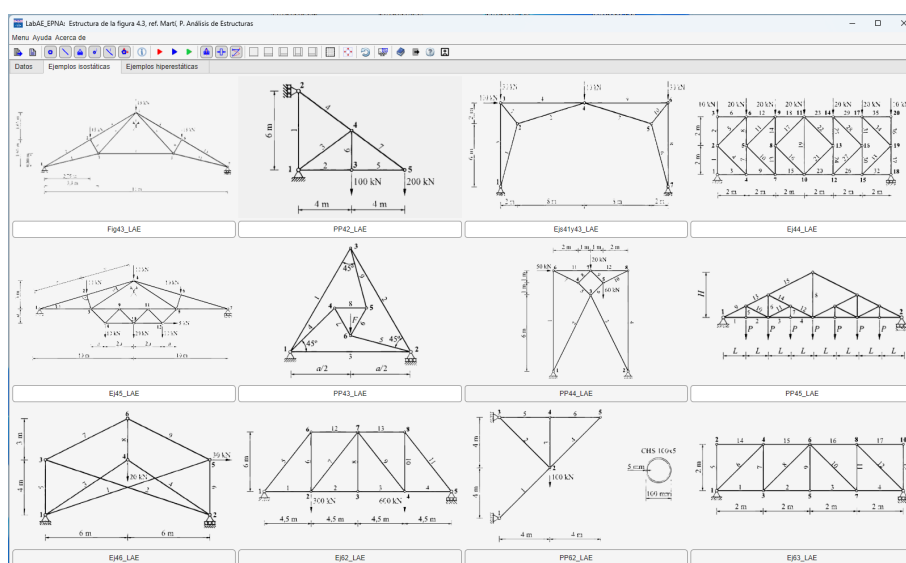


Figura 15. Ejemplos disponibles en LabAE-EPNA.

3. Cambiando los valores de los datos del caso inicial o de uno de los ejemplos de la aplicación. Se parte del caso inicial, o se carga uno de los ejemplos y se cambian los valores de este. Al realizar cambios en los datos, el modelo de análisis se actualiza inmediatamente.

7. Salida de resultados

La salida de los resultados del caso se realiza: 1) a través de las ventanas gráficas, 2) a través de las tablas de resultados, y 3) a través del área de textos.

En las figuras 16 a 18 se muestran los resultados de tres casos, analizados con el método de los nudos, formulación matricial del método de los nudos y método de los desplazamientos.

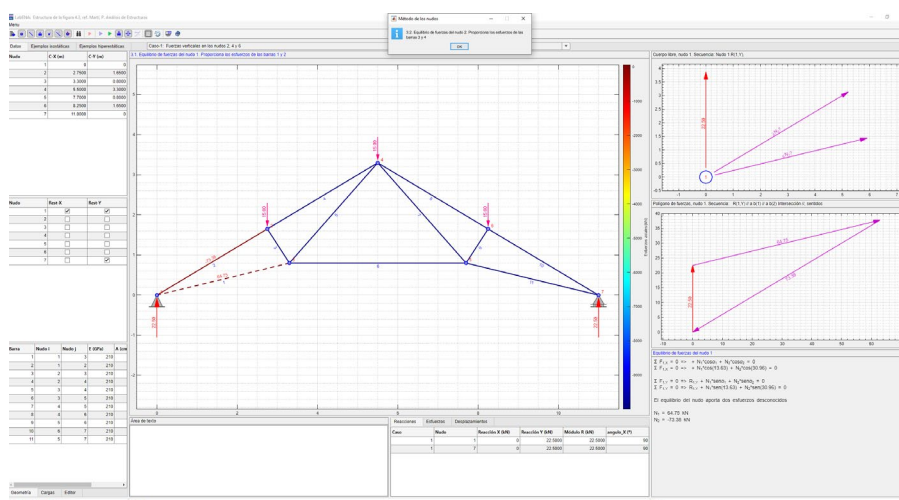


Figura 16. Ejemplo Fig43_LAE. Estructura isostática simple.
Análisis paso a paso por el método de los nudos.

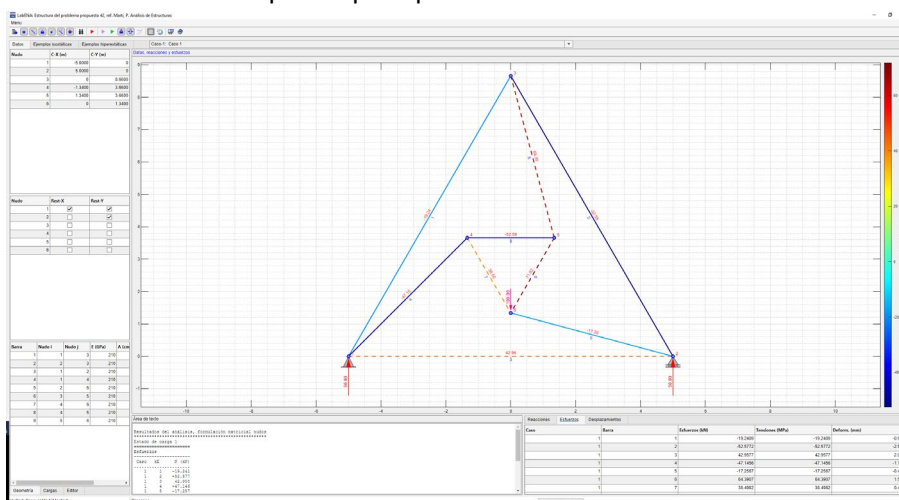


Figura 17. Ejemplo PP42_LAE. Estructura compuesta.
Análisis con la formulación matricial del método de los nudos.

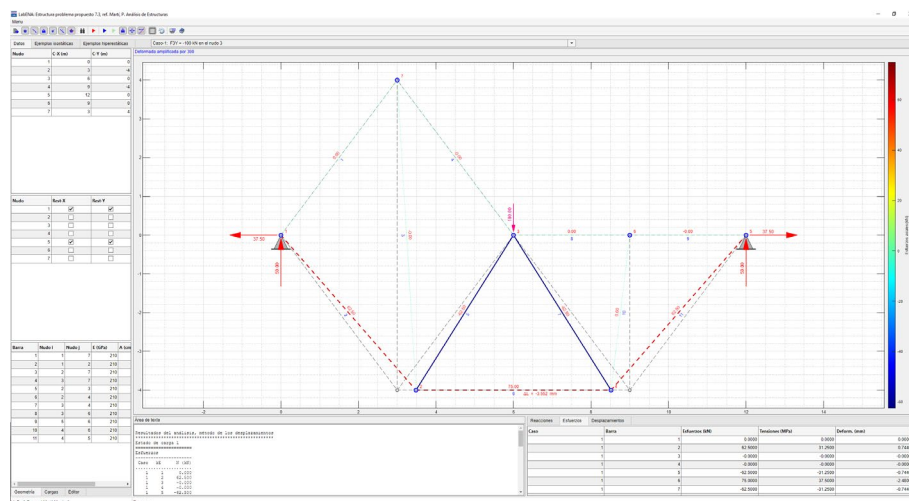


Figura 18. Ejemplo PP73_LAE. Estructura hiperestática.
Análisis por el método de los desplazamientos.

8. Referencias

-  Martí, P. *Análisis de Estructuras*. Ed. Síntesis, Madrid, 2020.
-  Martí, P. *Análisis de Estructuras. Métodos clásicos y matriciales*, Horacio Escarabajal Editores, Cartagena, 2007.

Anexo. Ejemplo de archivo de datos (Ejs41y43 LAE.dat)

TITULO "Ejemplos 4.1 y 4.3, ref. Martí, P. Análisis de Estructuras"

NUDOS

1	0.000	0.000
2	2.000	6.000
3	0.000	8.000
4	10.000	8.000
5	18.000	6.000
6	20.000	8.000
7	20.000	0.000

BARRAS

1	1	2	210e6	10.0e-4	12e-6
2	2	4	210e6	10.0e-4	12e-6
3	1	3	210e6	10.0e-4	12e-6
4	3	4	210e6	10.0e-4	12e-6
5	2	3	210e6	10.0e-4	12e-6
6	5	7	210e6	10.0e-4	12e-6
7	4	5	210e6	10.0e-4	12e-6
8	6	7	210e6	10.0e-4	12e-6
9	4	6	210e6	10.0e-4	12e-6
10	5	6	210e6	10.0e-4	12e-6

RESTRICCIONES

1	1	1
7	1	1

CASOS_CARGA

CASO 1 "Fuerzas en los nudos 3, 4 y 6"

FUERZAS_NUDOS

3	100.0	-30.0
4	0.0	-10.0
6	0.0	-30.0

CASO 2 "Fuerza vertical en nudo 4"

FUERZAS_NUDOS

4	0.0	-10.0
---	-----	-------

CASO 3 "Fuerza horizontal en nudo 3"

FUERZAS_NUDOS

3	100.0	0.0
---	-------	-----

CASO 4 "Fuerzas verticales en los nudos 3 y 6"

FUERZAS_NUDOS

3	0.0	-30.0
6	0.0	-30.0

COMBINACIONES

COMB 1 "Superposición casos 2 a 4: 2*1.0 + 3*1.0 + 4*1.0"

2	1.00	3	1.00	4	1.00
---	------	---	------	---	------