

# Memoria del trabajo de simulación de materiales

## Resumen

Este trabajo presenta la simulación de una estructura reticulada en dos hipótesis de conexión: nudos biarticulados (barras articuladas) y nudos rígidos (pórtico plano). Se implementa un flujo de preprocesado, procesado y postprocesado en MATLAB para ensamblar la matriz global de rigidez, resolver los desplazamientos, calcular tensiones y verificar el equilibrio global. Se comparan los resultados principales de ambos modelos y se discuten las diferencias observadas.

## 1. Descripción del problema

La estructura analizada está definida por un conjunto de nodos, barras, materiales, secciones y cargas verticales aplicadas en los nodos superiores. El modelo se resuelve en 2D con:

- 24 nodos y 51 barras.
- 4 apoyos en los nodos 1, 2, 8 y 9.
- 3 materiales y 3 secciones distintas.
- Cargas verticales concentradas en los nodos 1 a 9, con un total de  $-2 \times 10^6$  N.

## 2. Datos de entrada

### 2.1. Materiales

Cuadro 1: Propiedades de materiales.

Material	$E$ (Pa)	$\sigma_y$ (Pa)
1	$2,00 \times 10^{11}$	$2,50 \times 10^8$
2	$1,60 \times 10^{11}$	$2,50 \times 10^8$
3	$1,60 \times 10^{11}$	$2,10 \times 10^8$

### 2.2. Secciones

Cuadro 2: Propiedades geométricas de secciones.

Sección	$A$ (m <sup>2</sup> )	$I$ (m <sup>4</sup> )
1	0.0150	$2,80 \times 10^{-5}$
2	0.0144	$1,728 \times 10^{-5}$
3	0.0254	$5,153 \times 10^{-5}$

### 2.3. Apoyos y cargas

Los apoyos restringen los desplazamientos en  $x$  e  $y$  en los nodos 1, 2, 8 y 9. En el caso de nudos rígidos, se restringe también la rotación. Las cargas son verticales y se aplican en los nodos 1 a 9, con los valores (en N):

- Nodos 1 y 9:  $-125\,000$ .
- Nodos 2 al 8:  $-250\,000$ .

## 3. Metodología

### 3.1. Modelo con nudos biarticulados

El modelo considera dos grados de libertad por nodo (desplazamientos  $x$  e  $y$ ). La matriz de rigidez local de cada barra se calcula con  $k = EA/L$  y se transforma al sistema global mediante una matriz de rotación. La matriz global se ensambla sumando las contribuciones de cada barra y se resuelve el sistema reducido  $S_{dd}d_d = p_d - S_{dp}d_p$ .

Las tensiones axiales se obtienen como:

$$\sigma = E \frac{\Delta L}{L}, \quad (1)$$

siendo  $\Delta L$  el alargamiento/ acortamiento calculado con los desplazamientos nodales. Se comprueba el límite elástico de cada sección para identificar fallos.

### 3.2. Modelo con nudos rígidos

El modelo con nudos rígidos incorpora tres grados de libertad por nodo (traslaciones  $x$ ,  $y$  y rotación  $\theta$ ). Se emplea la matriz de rigidez local de viga de Euler-Bernoulli ( $6 \times 6$ ), y se transforma al sistema global con una matriz de rotación  $6 \times 6$ . La tensión total se aproxima como combinación de axial y flexión:

$$\sigma_{\text{total}} = \sigma_{\text{axial}} + \sigma_{\text{flex}}, \quad (2)$$

con  $\sigma_{\text{axial}} = E \Delta L/L$  y  $\sigma_{\text{flex}} = Mc/I$ .

## 4. Resultados

### 4.1. Nudos biarticulados

- Desplazamiento máximo: nodo 5,  $|u| = 1,3055 \times 10^{-2}$  m (principalmente en  $y$ ).
- Tensión máxima (valor absoluto): barra 48,  $\sigma_{\text{máx}} = -5,562 \times 10^7$  Pa.
- No se detectan barras fallidas.

Cuadro 3: Reacciones en apoyos (nudos biarticulados).

Nodo	$R_x$ (N)	$R_y$ (N)
1	$-4,5035 \times 10^5$	$-2,3528 \times 10^5$
2	$9,8652 \times 10^5$	$1,2353 \times 10^6$
8	$-9,8652 \times 10^5$	$1,2353 \times 10^6$
9	$4,5035 \times 10^5$	$-2,3528 \times 10^5$

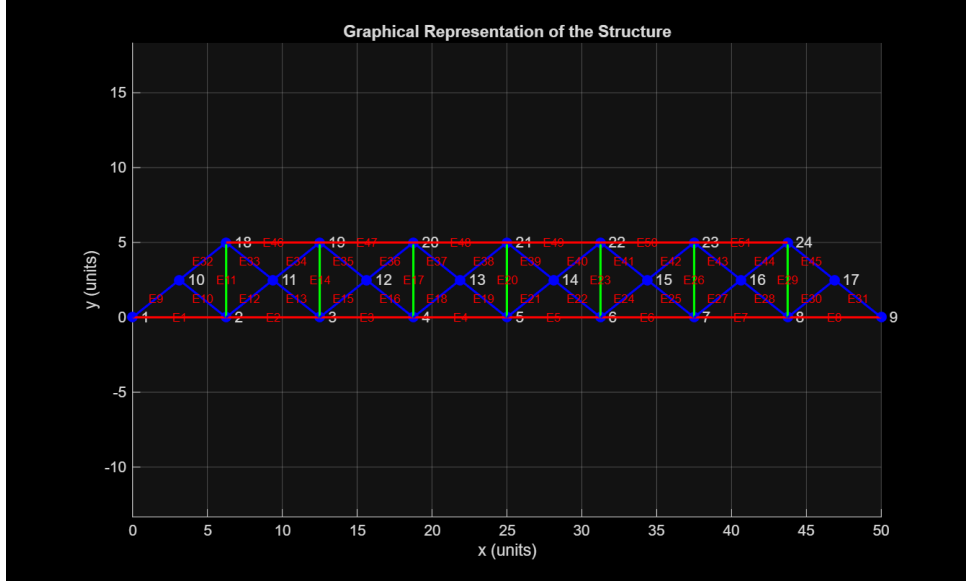


Figura 1: Estructura con nudos biarticulados.

## 4.2. Nudos rígidos

- Desplazamiento máximo: nodo 5,  $|u| = 1,3019 \times 10^{-2} \text{ m}$  (principalmente en  $y$ ).
- Tensión máxima (valor absoluto): barra 48,  $\sigma_{\text{máx}} = -5,504 \times 10^7 \text{ Pa}$ .
- No se detectan barras fallidas.

Cuadro 4: Reacciones en apoyos (nudos rígidos).

Nodo	$R_x$ (N)	$R_y$ (N)	$M$ (N·m)
1	$-4,4821 \times 10^5$	$-2,3491 \times 10^5$	$-1,53 \times 10^3$
2	$9,8239 \times 10^5$	$1,2349 \times 10^6$	$1,1453 \times 10^4$
8	$-9,8239 \times 10^5$	$1,2349 \times 10^6$	$-1,1453 \times 10^4$
9	$4,4821 \times 10^5$	$-2,3491 \times 10^5$	$1,53 \times 10^3$

## 5. Comparación y discusión

- Los desplazamientos máximos son muy similares en ambos casos, con una ligera reducción al considerar rigidez rotacional.
- La tensión máxima (compresión) también es del mismo orden, con una reducción cercana al 1 % en el modelo con nudos rígidos.
- Las reacciones muestran un equilibrio global adecuado: la suma de reacciones en  $y$  coincide con la carga total aplicada y la suma de reacciones en  $x$  es prácticamente nula.

## 6. Conclusiones

El análisis confirma que, para este caso de carga, la incorporación de rigidez rotacional modifica ligeramente los resultados sin alterar el comportamiento global. La estructura trabaja en

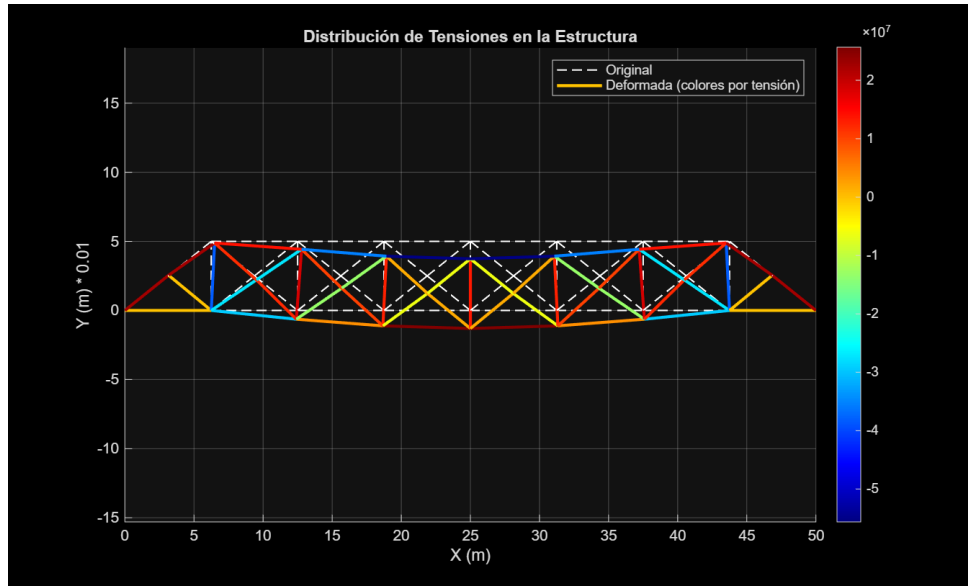


Figura 2: Deformada y distribución de tensiones (nudos biarticulados).

régimen elástico en ambos modelos y no se identifican fallos. Los resultados obtenidos permiten validar el flujo de simulación y sirven como base para comparar hipótesis de conexión en estructuras reticuladas.

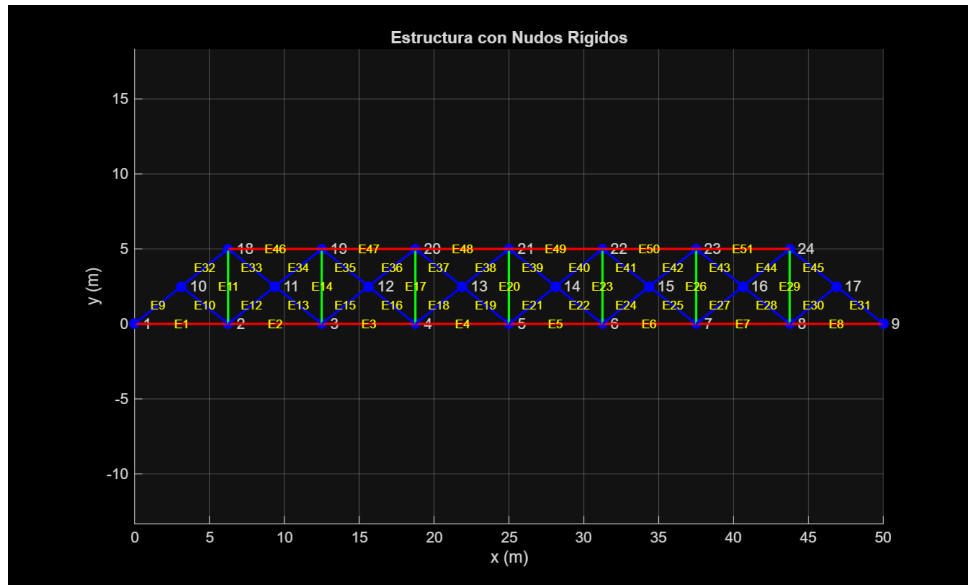


Figura 3: Estructura con nudos rígidos.

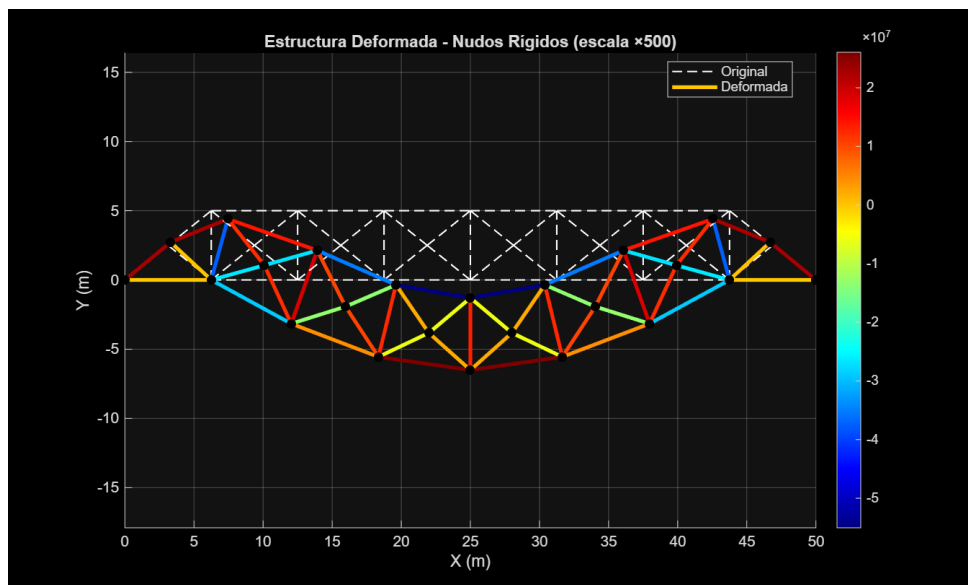


Figura 4: Deformada y distribución de tensiones (nudos rígidos).