

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 $-2 \times 10^6 \text{ N}$.

2. Datos de entrada

2.1. Materiales

Cuadro 1: Propiedades de materiales.

Material	E (Pa)	σ_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^2)	I (m^4)
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 ΔL 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 θ). Se emplea la matriz de rigidez local de viga de Euler-Bernoulli (6×6), y se transforma al sistema global con una matriz de rotación 6×6 . 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	$4,5035 \times 10^5$	$-2,3528 \times 10^5$

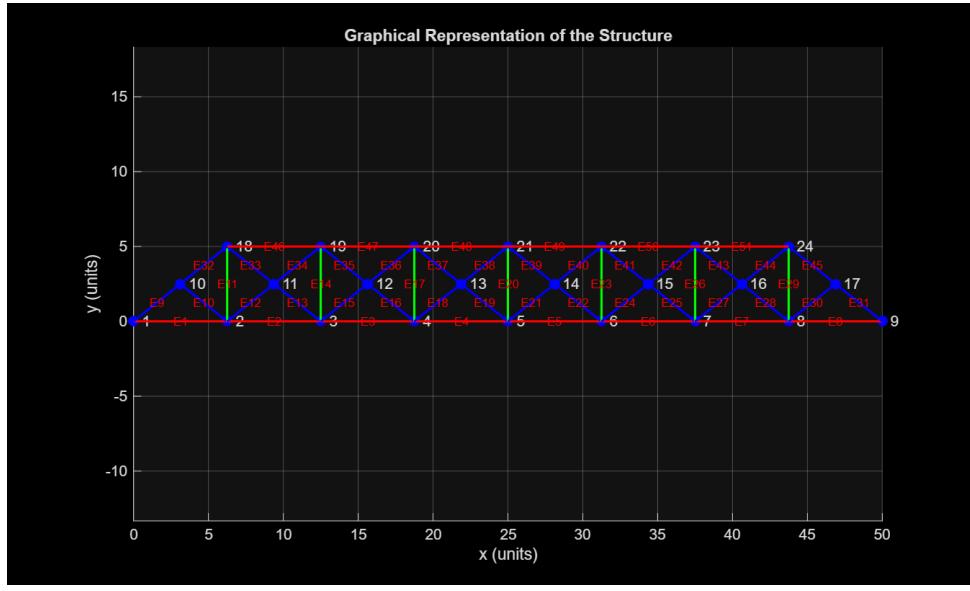


Figura 1: Estructura con nudos biarticulados.

4.2. Nudos rígidos

- Desplazamiento máximo: nodo 5, $|u| = 1,3019 \times 10^{-2}$ m (principalmente en y).
- Tensión máxima (valor absoluto): barra 48, $\sigma_{\max} = -5,504 \times 10^7$ 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

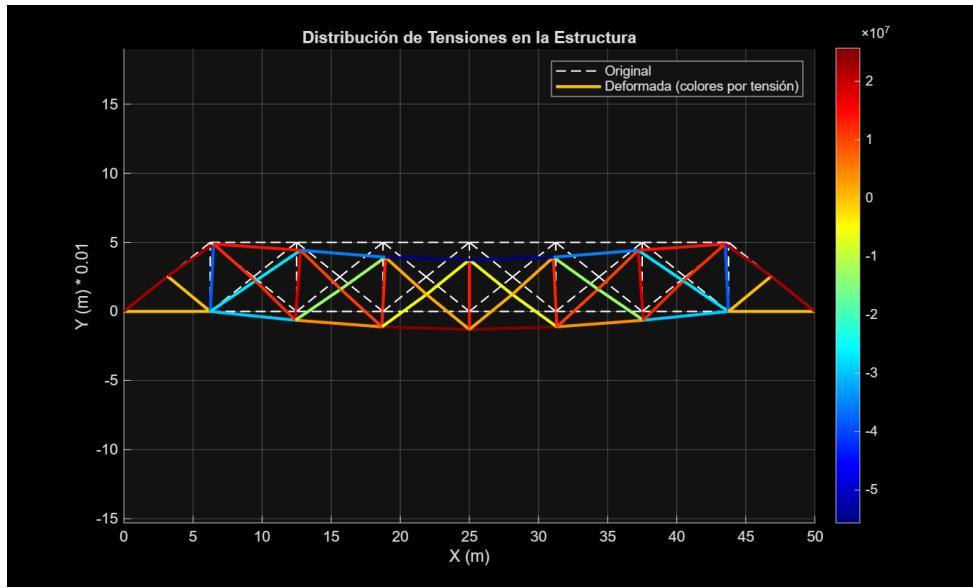


Figura 2: Deformada y distribución de tensiones (nudos biarticulados).

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.

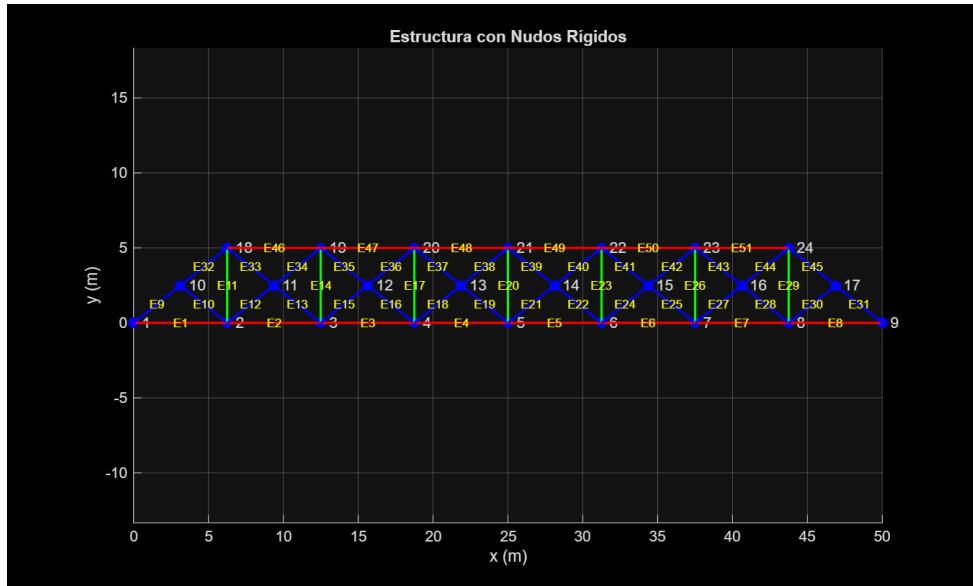


Figura 3: Estructura con nudos rígidos.

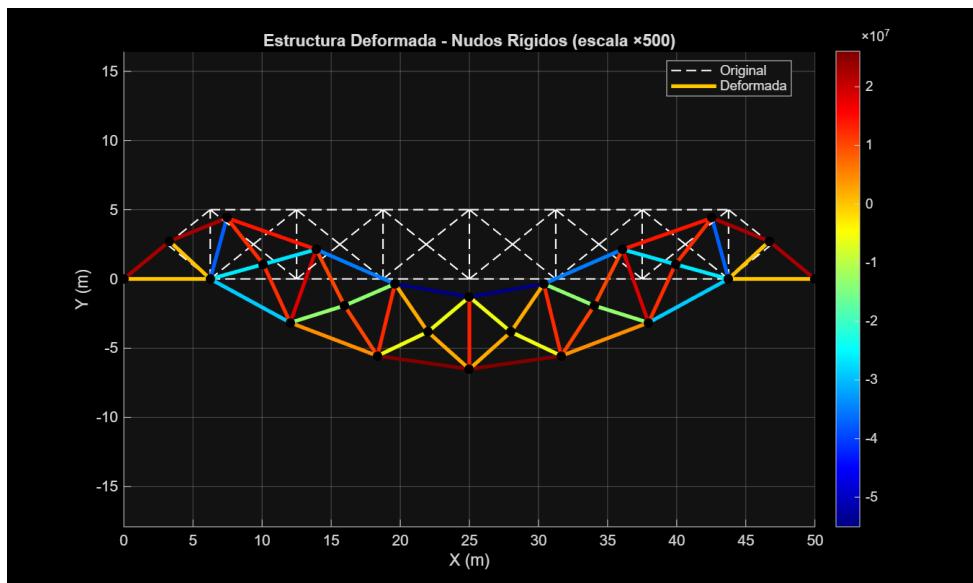


Figura 4: Deformada y distribución de tensiones (nudos rígidos).