

EVALUACIÓN DE ESFUERZOS DE ESTRUCTURA EN PROTOTIPO VIRTUAL UTILIZANDO PLA COMO MATERIAL DE MANUFACTURA

Alejandro Palacios Méndez¹, Ilse Jusery Santa Rosa Vargas¹, Miguel Ángel García Maldonado¹, Germán Aníbal Rodríguez Castro², Alfonso Meneses Amador²

¹Tecnológico Nacional de México, Poza Rica

²Grupo Ingeniería de Superficies, SEPI ESIME Zacatenco

²Instituto Politécnico Nacional

alejandro.palacios@itspozarica.edu.mx, Ilse.santarosa@itspozarica.edu.mx, miguel.garcia@itspozarica.edu.mx, garodriguezc@ipn.mx, amenesesa@ipn.mx

Boletín No. 105, 1o. de noviembre de 2024

Resumen

Con el desarrollo de la tecnología, en materiales, técnicas computacionales, ingeniería de software, entre otros; se ha permitido el desarrollo de los prototipos virtuales que han contribuido de forma positiva al desarrollo de diseño, dentro de este desarrollo tecnológico se tiene el dibujo asistido por computadora (CAD) e ingeniería asistido por computadora (CAE). El CAD en el desarrollo de modelos en 2D o 3D y el CAE hace uso de estos modelos para la evaluación del comportamiento bajo ciertas condiciones de trabajo. En el presente se utilizan estas herramientas de prototipos virtuales para determinar los esfuerzos de una armadura propuesta con el propósito de elaborar un prototipo rápido (RP) mediante la impresión 3D utilizando PLA como material de manufactura. Para evaluar y validar el modelo realizado en SolidWorks Simulation, se realizan cálculos por métodos clásicos para determinar las fuerzas y esfuerzo de la armadura propuesta. Después de realizar la comparación de resultados, la armadura en estudio soporta las cargas propuestas encontrando factores de seguridad elevados, en tensión y compresión.

Palabras Clave: prototipos virtuales, CAD, CAE, SolidWorks, elemento finito, impresión 3D.

1. Introducción

Según Francisco y Víctor (2003), la ingeniería concurrente aplicada al diseño de producto define que:

Un "prototipo" es un modelo físico o virtual de una pieza, subconjunto, mecanismo, producto de las interfaces; realizado con el propósito de proporcionar información en las fases de diseño y desarrollo del producto, validar o experimentar sobre alguno de sus requerimientos funcionales o características. (p.497).

Los prototipos virtuales reducen el ciclo de diseño y desarrollo del producto, la utilidad de estos ayudan a recopilar información que provee la evaluación del prototipo rápido para agilizar decisiones en el desarrollo del diseño, pudiendo verificar características o requerimientos necesarios (Francisco y Víctor, 2003).

Dentro de estos prototipos virtuales entra la simulación por CAE utilizando modelos CAD adecuados para cada simulación en 2D o 3D, que ayudan a dimensionar y preseleccionar elementos que conforman el producto bajo condiciones de carga que estará expuesto el producto.

En este trabajo se evalúa por un método teórico clásico (Riley et al., 2007) y mediante un prototipo virtual modelado en SolidWorks Simulation los esfuerzos de la armadura mostrada en la Figura 1. Con el propósito de verificar si son eficientes para realizar experimentos a escala utilizando la impresión 3D para su manufactura con materiales clásicos como el PLA y basado en los resultados, elaborar estructuras complejas. Para el estudio se realiza la simplificación clásica del modelo de la estructura en 2D.

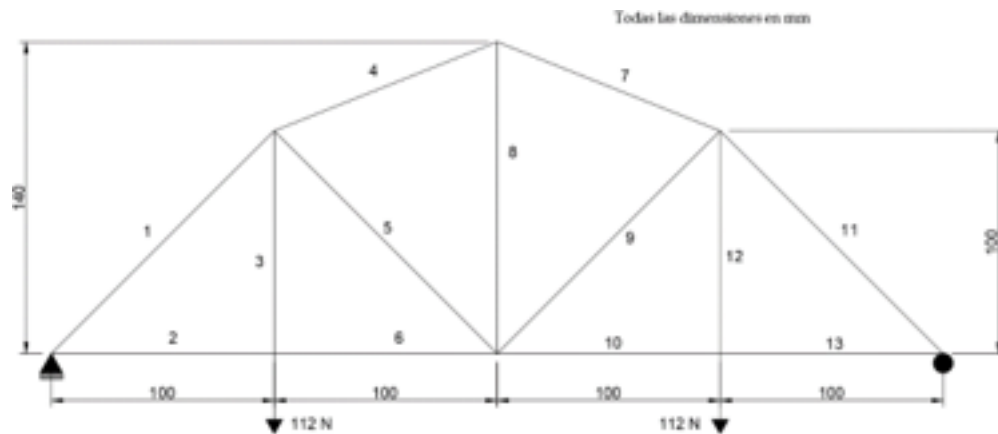


Figura 1 Armadura en estudio.

2. Metodología

Para realizar el análisis de la estructura, se dibuja un modelo alámbrico de la armadura, con dimensiones al centro de unión de los elementos. Este modelo se realizó en SolidWorks y se ilustra en la Figura 2. La armadura propuesta para el análisis está conformada por trece elementos.

El área de sección transversal planteada para realizar el estudio es rectangular (3x10 mm), debido a que es una sección transversal fácil y rápida para imprimir en 3D. El material utilizado para el estudio es PLA. Los datos de las propiedades mecánicas para realizar el análisis de esfuerzos, se tomaron de la ficha técnica del fabricante Ultimaker. El módulo de elasticidad a tracción es de 2346.5 MPa; el esfuerzo de tracción a la deformación 49.5 MPa; el esfuerzo de tracción a la rotura 45.6 MPa; y la gravedad específica es de 1.24.

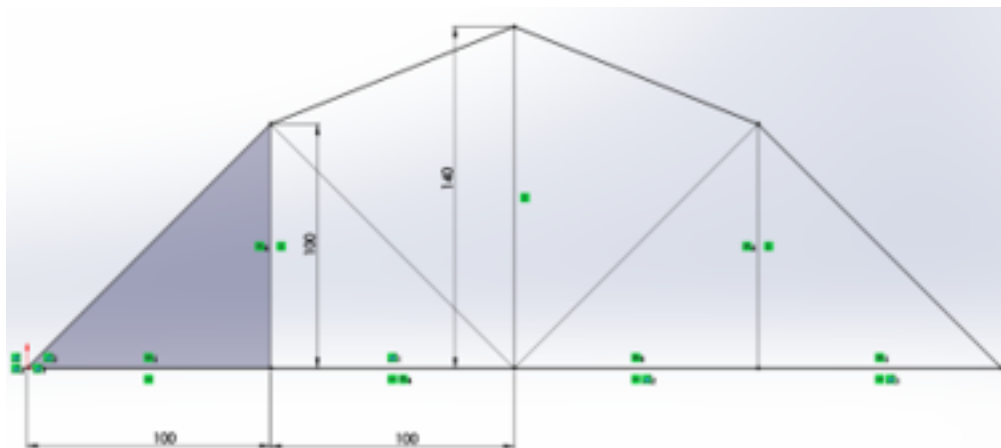


Figura 2 Estructura alámbrica base para análisis por FEM.

Como el tamaño del área de la sección transversal no está incluida en la biblioteca del software, se debe de dibujar y asignar en la biblioteca, para poder ser utilizada y asignada como miembro estructural.

En la Figura 3. Se aprecia la asignación de los miembros estructurales sobre la entidad alámbrica, dando a esta las propiedades geométricas de área y material a utilizar para la simulación por el método de elementos finitos. En la misma Figura 1. Se observa la numeración de los elementos y la ubicación de las ocho juntas de unión generadas por el software y las condiciones de frontera.

Para las condiciones de frontera de desplazamiento, se coloca en la junta uno la restricción de movimiento en los ejes x, y, z. En la junta 2, las restricciones de movimiento se hacen a los ejes y, z; dejando libre el eje x, lo que permite el desplazamiento sobre ese eje. Las cargas propuestas se colocan en las juntas 2 y 4 con un valor de 112 N como se ilustra en la Figura 1.

El modelo de la armadura que se muestra en la Figura 3. Tiene el aspecto de un sólido tridimensional, pero al emplear miembros estructurales el software identifica este tipo de elementos como vigas para poder realizar el análisis por elemento finito y no como un sólido tridimensional.

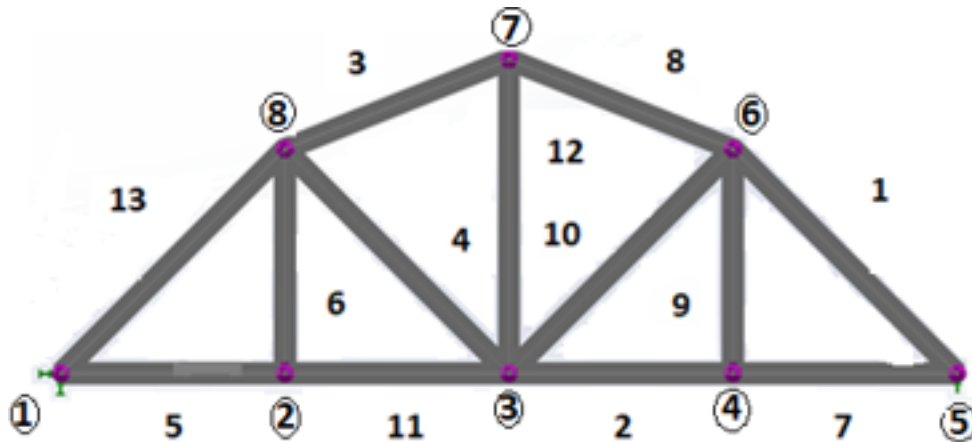


Figura 3 Modelo con condiciones de frontera e identificación de viga.

3. Resultados

El análisis de armaduras ha sido ampliamente estudiado, y existen diversos métodos para su estudio, dentro de estos se tiene la determinación de cargas internas de cada elemento por el método de los nodos.

Conociendo el valor de las cargas se evalúan los esfuerzos en los elementos utilizando la fórmula de esfuerzo. En la Tabla 1. Se muestra los resultados de las fuerzas internas de cada elemento y los esfuerzos de los mismos. La referencia numérica de los elementos de la Tabla 1. Está en relación con la Figura 1. En la Tabla 1. Se aprecia que el elemento con mayor fuerza y esfuerzo son los elementos 1 y 11 que se encuentran a compresión con un valor de esfuerzo de 5.294 MPa, esto debido a la simetría de la armadura. De igual forma para los elementos 2, 3, 6, 10, 12 y 13 tienen un valor de esfuerzo considerable de 4.066 MPa a tensión.

Cuadro 1 Fuerzas y esfuerzos de los elementos que conforma la armadura.

Elemento	Fuerza en N	Esfuerzo en MPa
1	-158.391	-5.294
2	112	4.066
3	112	4.066
4	-86.163	-2.872
5	-45.252	-1.508
6	112	5.294
7	-86.163	-2.872
8	63.996	2.133
9	-45.252	-1.508
10	112	4.066
11	-158.391	-5.294
12	112	4.066
13	112	4.066

Los esfuerzos axiales calculados en el programa se pueden visualizar en la Figura 4. Los elementos en rojo muestran el valor máximo de los esfuerzos a tensión; en relación con la Figura 3. Corresponden a los elementos 5, 6, 11, 2, 9 y 7 con un valor 3.63 MPa.

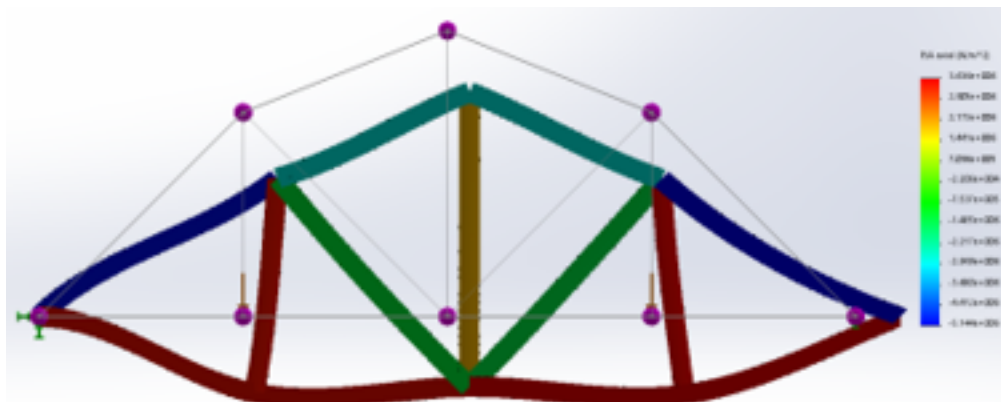


Figura 4 Diagrama de esfuerzos axiales.

El valor máximo de los esfuerzos a compresión pertenece a los elementos 13 y 1 teniendo un valor de 5.03 MPa. En la Tabla 2. Se encuentra la relación de todos los valores de cada elemento de la armadura. Es importante mencionar que a diferencia de la Tabla 1. Se tienen dos valores de resultado por elemento, esto se debe a que el programa considera a los elementos como vigas.

Cuadro 2 Fuerzas y esfuerzos de los elementos que conforma la armadura considerados como vigas.

No. de viga	Juntas	Fuerza Axial(N)	Esfuerzo Axial(N/m ²)
1	1,2	154.311, -154.311	-5.14E+06, -5.14E+06
2	1,2	108.829, -108.829	3.63E+06, 3.63E+06
3	1,2	-85.0165, 85.0165	-2.83E+06, -2.83E+06
4	1,2	37.5918, -37.5918	-1.25E+06, -1.25E+06
5	1,2	-105.252, 105.252	3.51E+06, 3.51E+06
6	1,2	-104.29, 104.29	3.48E+06, 3.48E+06
7	1,2	-109.088, 109.088	3.64E+06, 3.64E+06
8	1, 2	85.0296, -85.0296	-2.83E+06, -2.83E+06
9	1, 2	-108.028, 108.028	3.60E+06, 3.60E+06
10	1, 2	41.5598, -41.5598	-1.39E+06, -1.39E+06
11	1, 2	-106.02, 106.02	3.53E+06, 3.53E+06
12	1, 2	60.7213, -60.7213	2.02E+06, 2.02E+06
13	1,2	150.76, -150.76	-5.03E+06, -5.03E+06

4. Conclusiones

En el caso del análisis teórico de la armadura, el elemento con un valor máximo a compresión tiene un factor de seguridad de 9.35, y a tensión 12.17. Por lo que, la estructura no tendrán ningún problema para soportar la carga propuesta.

Al realizar el estudio con el software basado en elemento finito, el factor de seguridad para los elementos a compresión máximos encontrados es de 9.84, los elementos a tensión máxima se estimó un factor de seguridad de 13.63. Conociendo estos resultados al igual que en los cálculos teóricos la estructura es resistente a las cargas propuestas.

Si bien existe una diferencia entre los cálculos teóricos y los obtenidos con el software, los valores son próximos, esta divergencia en los resultados es debida al tipo de elemento utilizado (viga) que no es el ideal para el cálculo de las estructuras que están sujetas a cargas de tensión y compresión.

Basado en los resultados, la estructura resistirá las cargas utilizando el área y material propuesto para la impresión 3D del prototipo.

Referencias

- [1] Aguayo, F. y Soltero, V. (2002). *Metodología del diseño industrial: un enfoque desde la ingeniería concurrente*. Editorial Alfaomega ISBN: 9701509161.
- [2] Riley, W. Sturges, L. y Morris, D. (2007). *Mechanics of Materials*. Editorial Johnwiley & Sons, INC.