

Software para el análisis estructural de vigas simplemente apoyadas estáticamente determinadas bajo funciones de carga personalizadas

Software for structural analysis of simply supported beams statically determinate under custom
load functions

MARTINEZ ARRIETA, SEBASTIAN ANDRES^{1,*} Y HERNANDEZ ÁVILA, JOSE RODRIGO^{1,*}.

¹ Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil, Semillero SIES, Grupo de Investigación ESTROPTI.

* Autor por correspondencia: jose.hernandez@unisucre.edu.co

Recibido: 03 de abril de 2025

Aceptado: 09 de noviembre 2025

Publicado: 24 de noviembre de 2025

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de un software académico diseñado para apoyar el aprendizaje de conceptos fundamentales en el análisis estructural interno de una viga para el mejor entendimiento de la Fuerza Cortante y Momento Flector. El software se desarrolló en Python, se usaron técnicas de integración simbólica y numérica, facilitadas por las extensas bibliotecas de Python, para calcular y visualizar el comportamiento estructural. La aplicación hace que sea más fácil visualizar los diagramas de carga, cortante y momento, fomentando un aprendizaje activo a través de la experimentación digital. Este estudio verifica la precisión del software frente a casos teóricos clásicos, evidenciando su potencial en los ámbitos académico y profesional. Su objetivo principal es funcionar como un recurso didáctico que facilite a los estudiantes comprender la relación directa entre las funciones de carga aplicadas y las formas resultantes de los diagramas de fuerza cortante y momento flector. Se evidencia que esta herramienta es muy útil para enseñar conceptos estructurales complejos y representa una contribución significativa a la integración de las TIC en la educación en ingeniería.

Palabras clave: *Análisis estructural, Vigas, cargas personalizadas, Fuerza cortante, Momento flector.*

Abstract

This paper presents the development of academic software designed to support the learning of fundamental concepts in the internal structural analysis of a beam, facilitating a better understanding of shear force and bending moment. The software was developed in Python, using symbolic and numerical integration techniques, facilitated by Python's extensive libraries, to calculate and visualize structural behavior. The application simplifies the visualization of load, shear, and bending moment diagrams, promoting active learning through digital experimentation. This study verifies the software's accuracy against classic theoretical cases, demonstrating its potential in both academic and professional settings. Its main objective is to serve as a didactic resource that helps students understand the direct relationship between applied load functions and the resulting shapes of shear force and bending moment diagrams. This tool proves highly useful for teaching complex structural concepts and represents a significant contribution to the integration of ICT in engineering education.

Keywords: *Structural analysis, Beams, Load function, Shear force, Bending moment*

1. Introducción

El aprendizaje del análisis estructural en Ingeniería Civil requiere la comprensión de conceptos teóricos complejos, como la distribución de cargas, la fuerza cortante y el momento flector en elementos estructurales. Sin embargo, las metodologías tradicionales basadas en la enseñanza magistral presentan limitaciones en cuanto a la visualización y comprensión profunda de estos conceptos. La incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la enseñanza ha permitido el desarrollo de herramientas digitales que facilitan el aprendizaje activo, la interacción y la experimentación práctica (Ramirez, 2022). Sin embargo, la comprensión profunda de la relación entre las distribuciones de carga y los diagramas internos resultantes a menudo representa un desafío significativo para los estudiantes (Urlacher, 2015), dado que la enseñanza de conceptos complejos, como el límite, presenta una enorme dificultad (Bustos, 2013).

Las metodologías de enseñanza tradicionales, aunque esenciales para establecer las bases teóricas, a menudo carecen de las herramientas visuales e interactivas necesarias para ilustrar eficazmente cómo las funciones de carga variables impactan dinámicamente las fuerzas internas, lo que impulsa

una transición gradual hacia la incorporación de las TICs para mejorar el rendimiento académico (Bejarano, 2022).

La evolución de la tecnología educativa ha puesto de manifiesto el potencial de las herramientas digitales para transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje, ofreciendo entornos más atractivos, eficientes y personalizados. Estas herramientas, incluyendo el software libre, también agilizan el tiempo en el análisis y diseño de estructuras, haciendo el estudio más lúdico y de mayor comprensión, y trascienden los límites del aula al eliminar restricciones espaciotemporales, lo que fomenta el aprendizaje autorregulado y la participación de los estudiantes (Estrada, 2022). La integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la educación permite presentar conceptos complejos de manera más accesible, mejorar la interacción y apoyar el aprendizaje activo y basado en la experiencia (Barrera y Sáenz, 2024; Herrera, 2023; Bejarano, 2022; Osorio, 2020), siendo crucial la inclusión de formas y medios de interacción. El desarrollo de software con lenguajes de programación como Python es cada vez más frecuente para automatizar el análisis estructural y el diseño sísmico, y para el análisis de comportamiento de pavimentos (Illanes, 2024). Las herramientas interactivas y las simulaciones pueden ayudar a los estudiantes a visualizar conceptos abstractos y a experimentar con diferentes escenarios de forma segura y controlada (Genera, 2020). Esto es crucial dado que la simulación es una técnica científica fundamental en la investigación (Ardila, 2024). En este contexto, el uso de software educativo se presenta como una estrategia innovadora para mejorar la asimilación de los principios del análisis estructural. Este artículo describe el diseño, desarrollo y validación de un software académico construido en Python para analizar vigas simplemente apoyadas sometidas a funciones de carga personalizadas, con fines educativos y de apoyo a la docencia.

2. Desarrollo

El desarrollo del software se realizó siguiendo una metodología basada en el diseño iterativo y el aprendizaje activo. Se eligió Python por su versatilidad, sintaxis sencilla y amplia disponibilidad de bibliotecas para cálculos simbólicos, numéricos y visuales. Se emplearon principalmente las librerías SymPy para el cálculo simbólico, NumPy para operaciones numéricas y Plotly para la visualización interactiva de los resultados. El programa permite al usuario definir funciones de

carga arbitrarias a lo largo de una viga simplemente apoyada y genera automáticamente los diagramas de carga, fuerza cortante y momento flector (Cortes, 2020; Rodríguez, 2001). Además, se diseñó una interfaz sencilla e intuitiva que favorece la interacción sin requerir conocimientos avanzados de programación. El flujo de trabajo del software se estructuró en tres fases: definición de la función de carga, resolución matemática mediante integración y graficación interactiva de resultados (figura 1).

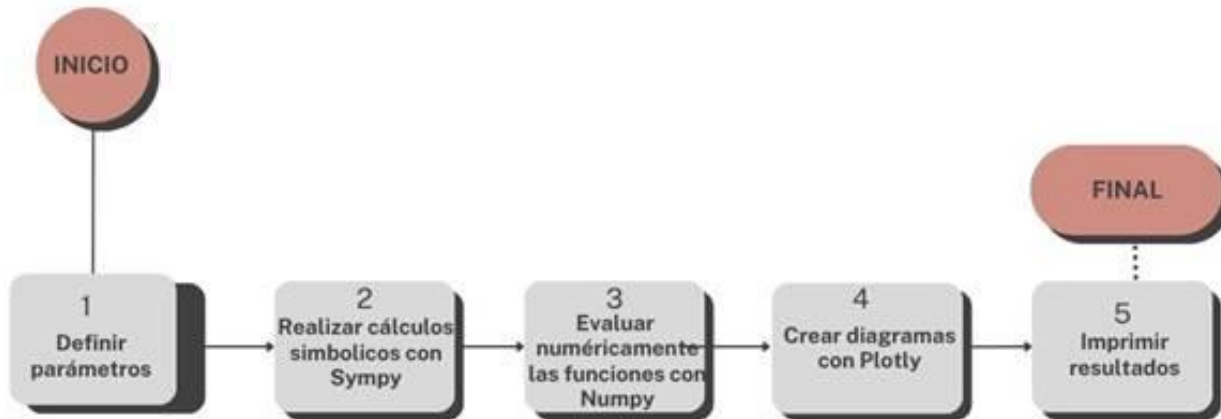


Figura 1. Flujograma del software propuesto. Creación propia

3. Resultados y discusión

Luego, el software desarrollado fue validado mediante un caso representativo de viga simplemente apoyada sometidas a una carga no convencional. Este caso fue seleccionado de una referencia clásica de análisis estructural para evaluar tanto la precisión numérica como las capacidades pedagógicas de la herramienta (Figura 2).

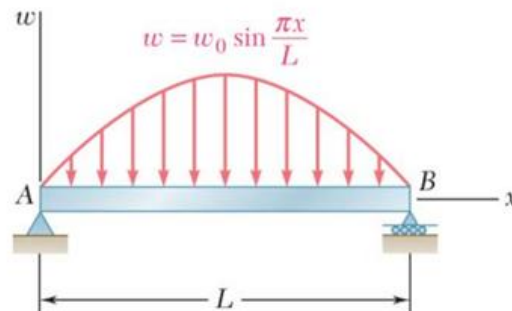


Figura 2. Tomado de Beer et al., 2017

En este caso, se analizó una configuración de carga sinusoidal como se muestra en la Figura 3, tomando una viga de $L = 5$ m y $w_0 = 15$ kN/m .

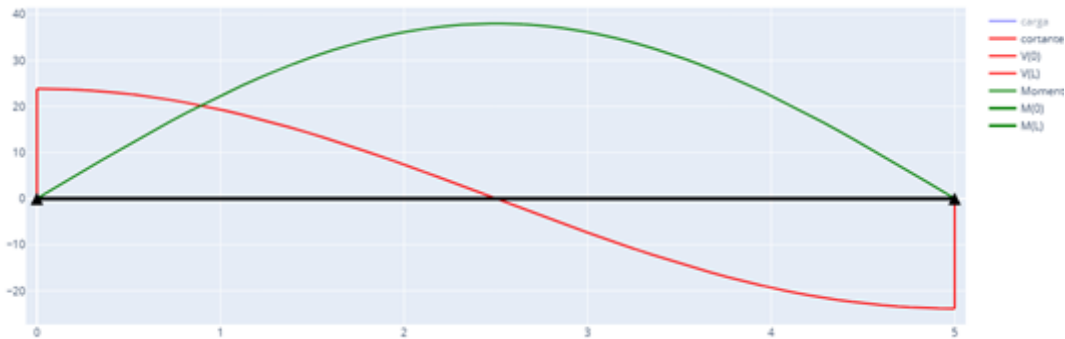


Figura 3. Diagramas de fuerza cortante y momento flector generados. Creación propia

El análisis comparativo entre los resultados obtenidos mediante el software de análisis estructural y los valores teóricos extraídos del libro de Beer et al. (2017) muestra una coincidencia notable en todos los parámetros evaluados. Para el esfuerzo cortante $V(x)$, tanto el valor máximo de 23.87 en $x = 0$ como el valor mínimo de -23.87 en $x = 5$, coinciden exactamente con los resultados teóricos (tabla 1). Además, el punto donde el cortante se anula, es decir, donde se produce el corte con el eje x , se ubica en $x = 2.5$ en ambos casos, lo que indica una correcta representación de la distribución del cortante a lo largo del eje de la viga.

Tabla 1. Validación de resultados. Creación propia

Magnitud	Resultado Software	Valor Teórico	Diferencia Absoluta
Cortante máximo (KN)	23,87	23,87	0,00
Cortante mínimo (KN)	-23,87	-23,87	0,00
Corte eje x del cortante (m)	2,5	2,5	0,00
Momento máximo (KN)	38.00	37,99	0,01
Momento mínimo de (KN-m)	0,00	0,00	0,00
Corte eje x del momento (m)	0,00	0,00	0,00

El software fue validado mediante la comparación de resultados obtenidos en casos clásicos de análisis estructural, como una viga simplemente apoyada bajo carga distribuida senoidal. Los

valores obtenidos para las magnitudes de fuerza cortante y momento flector coincidieron con los resultados teóricos de referencia (Beer et al., 2017), mostrando diferencias inferiores a 0.01 unidades en los cálculos principales (figura 4). Esta precisión confirma la validez de los métodos simbólicos y numéricos empleados. Desde el punto de vista educativo, los estudiantes reportaron una mejor comprensión al visualizar cómo las variaciones en las cargas modifican los diagramas estructurales. El uso de la herramienta también promueve la experimentación autónoma y el aprendizaje basado en problemas. Así, el software se consolida como un recurso pedagógico efectivo que complementa la enseñanza tradicional de la estática y resistencia de materiales.

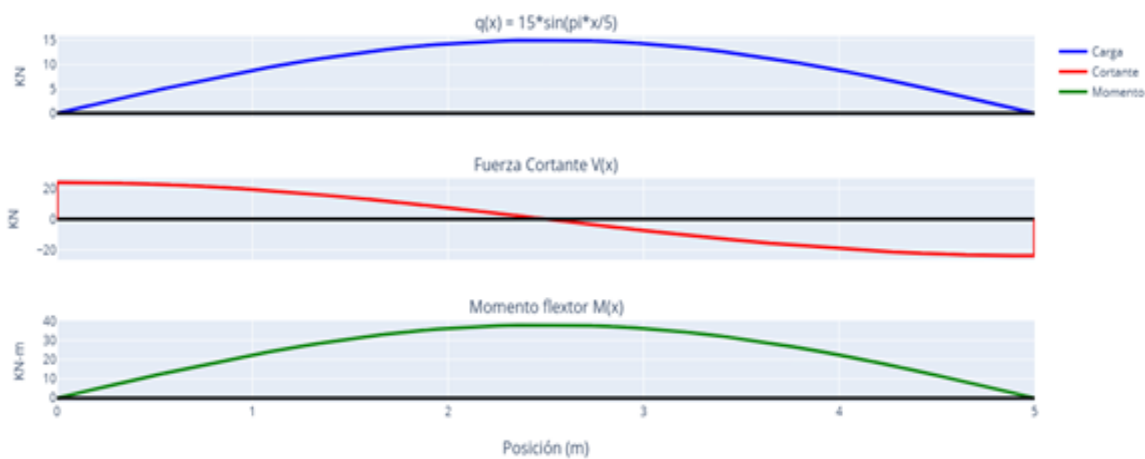


Figura 4. Diagramas de carga, fuerza cortante y momento flector individualizados. Creación propia

4. Conclusiones

El desarrollo de este software educativo demuestra la viabilidad y efectividad del uso de herramientas digitales de código abierto en la enseñanza de la Ingeniería Civil. Su precisión numérica, facilidad de uso y capacidad de visualización lo convierten en una alternativa didáctica valiosa para fortalecer el aprendizaje de conceptos estructurales complejos. Entre sus principales ventajas destacan la posibilidad de ingresar funciones de carga personalizadas, la generación automática de diagramas interactivos y la validación frente a modelos teóricos. Para futuras versiones, se propone ampliar las condiciones de apoyo, incluir diagramas de deformación y vincular el software con normativas estructurales nacionales como la NSR-10. Finalmente, esta

experiencia reafirma el potencial de las TIC para transformar la educación en ingeniería y fomentar la innovación pedagógica desde las aulas universitarias.

Agradecimientos

A la Universidad de Sucre, al Grupo de Investigación ESTROPTI y Semillero de Investigación SIES.

Referencias bibliográficas

- Ardila Palacio, W. A. (2024). *Diseño de una estrategia educativa para la ilustración del concepto de cantidad de sustancia a través del uso de herramientas tecnológicas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Barrera Bermeo, X. E. y Silva Sáenz, A. I., (2024). *Desarrollo de una interfaz orientada al diseño y análisis de desempeño de pavimentos flexibles usando el lenguaje Python*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2017). *Mecánica vectorial para ingenieros: estática* (11ª ed.). McGraw-Hill.
- Bejarano Rodríguez, A. (2022). *Incidencia del uso de software educativo en el fortalecimiento de competencias matemáticas en estudiantes del grado tercero de la Institución Educativa Cerritos, municipio El Retorno, Guaviare* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Bustos González, I. (2013). *Propuesta didáctica: La enseñanza del concepto de límite en el grado undécimo, haciendo uso del GeoGebra* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Cortés Martínez, H., (2020). *Motivaciones, creencias y temores en la experiencia del usuario con las TIC*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Estrada Perea, B. M. (2022). *Definición de un metamodelo basado en usabilidad y conocimiento pedagógico para el diseño de aplicaciones de software educativo* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia].
- Gerena González, J. O. (2020). *Desarrollo de un laboratorio virtual de geotecnia enfocado en el*

- ensayo de compresión triaxial modalidad compresión axial* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Illanes Huaman, J. (2024). *Automatización de elementos finitos con Python para análisis de estructuras en concreto en 2D e introducción al análisis en 3D y sísmico* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Martínez Herrera, D. H., (2023). *Tesis de desarrollo de software para asistir el diseño de estructuras de alcantarillado*. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Osorio-Pita, M. I., Cabas-Gómez, P. E., & Córdoba-Buenaños, E. (2020). Implementación de una estrategia webquest por medio de las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento [tac] para el fortalecimiento de la lecto-escritura en la educación media. *AiBi Revista De Investigación, Administración E Ingeniería*, 8(S1), 152-158.
- Rodríguez Galicia, D. I., (2001). *Aplicación del MATLAB en Ingeniería Civil*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.