

**DESARROLLO DE SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA
PÓRTICOS BIDIMENSIONALES CON PYTHON**

(ANEPY)

AUTORES:

YHOAN SMITH MOSQUERA PEÑALOZA

JULIANA ANDREA GONZÁLEZ ROMAÑA

**DESARROLLO DE SOFTWARE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIEROS CIVILES**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCÓ DIEGO LUIS CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

QUIBDÓ-CHOCÓ

2023

**DESARROLLO DE SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA
PÓRTICOS BIDIMENSIONALES CON PYTHON**

(ANEPY)

AUTORES:

YHOAN SMITH MOSQUERA PEÑALOZA

JULIANA ANDREA GONZÁLEZ ROMAÑA

TUTOR:

INGENIERO FRANCISCO ABRAHAM PALACIOS MENA

Ingeniero civil, Esp. Estructuras

**DESARROLLO DE SOFTWARE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIEROS CIVILES**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCÓ DIEGO LUIS CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

QUIBDÓ-CHOCÓ

2023

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo de grado se pretenderá diseñar un software de análisis estructural para pórticos en dos dimensiones o 2D, haciendo uso del lenguaje de programación Python y toda una serie de herramienta que puedan brindar, el cual tendrá un enfoque académico educativo.

La importancia que hoy en día proyecta la tecnología en todas las áreas desde la revolución industrial enmarca un punto de eficiencia, precisión y seguridad que requieren las construcciones civiles al ser calculadas o diseñadas, teniendo en cuenta que en estas se debe proteger la integridad física de las personas y demás objetos que en ellas están o circulan. Con la implementación de software de cómputo en la ingeniería civil, se logran realizar o procesar grandes cálculos, es decir cálculos complejos, que aunque fuesen posibles de realizarse de una forma manual, estos implicarían mucho tiempo, esfuerzos y cuidado; con lo dicho no se exime de someter los resultados arrojados por los software a análisis, es de mucha importancia someter los mismos a procedimientos de veracidad, teniendo en cuenta, que estos son hechos por el mismo hombre, el cual se puede equivocar.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el Programa de Ingeniería Civil no cuenta con herramientas optimas que permitan realizar un análisis estructural, que involucre factores fundamentales para su desarrollo, como lo son: tiempo, confiabilidad y economía, siendo este un componente que afecta el desarrollo y nivel educativo de los estudiantes. La economía en el departamento del Chocó es una de las más precarias del país, lo cual imposibilita el acceso de los estudiantes de la Universidad y específicamente del Programa de Ingeniería Civil al fácil acceso a aplicativos para el desarrollo de análisis estructural como lo son: SAP2000, Cypecad, ETABS, etc., los cuales tienen grandes costos.

Cabe mencionar que para dicho acometido la única herramienta disponibles para los estudiantes de Ingeniería Civil es el aplicativo Excel de la familia Microsoft, que hasta cierto punto permite realizar un análisis, asumiendo el riesgo de cometer y contener muchos errores debido a los procesos iterativos que se insertan de forman manual.

3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del software educativo ANEPY permitirá tanto a estudiantes como a docentes contar con una herramienta que facilite el proceso de analizar pórticos en dos dimensiones, que, a su vez esta soportado en metodologías de análisis estructurales verificadas y aceptadas por la NSR10, lo que permite que los resultados sean confiables, también empleará menor tiempo de cálculo, y además el aplicativo será libre y de fácil acceso (sin costo para los usuarios).

Lo anterior aportará en el mediano y largo plazo a garantizar una mejor educación integrada con la tecnología, abriendo caminos e incentivando a toda la comunidad estudiantil a formular opciones de grado diferentes y transversalizando la Ingeniería Civil con otras Ingenierías.

4. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un software basado en el lenguaje de programación Python, que permita realizar análisis estructurales, para resolver pórticos en dos dimensiones, el cual será utilizado en el Programa de Ingeniería Civil en la Universidad Tecnológica del Chocó.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el método de análisis estructural en el cual se va a basar el software.
- Investigar acerca del lenguaje de programación Python, conocer cómo funcionan sus herramientas, y además si posee la capacidad de implementar matrices y librerías matemáticas que puedan ser útiles.
- Aprender el manejo y funcionamiento de los entornos a trabajar, que en este caso son Spyder y Jupyter notebook de la familia Anaconda.
- Desarrollo de interfaz gráfica (GUI) amigable.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Con el desarrollo del aplicativo ANEPY, se espera que su diseño permita a estudiantes y docentes tanto de Ingeniería Civil como de otras áreas, la facilidad para realizar análisis estructural en pórticos 2D, reduciendo la inexactitud que tienen estos procesos al ser realizados comúnmente de forma manual, lo que permite ahorrar tiempo y mayor confianza en los resultados obtenidos.

6. REVISION LITERARIA

Tabla 1. Revisión literaria

Título	Conceptos fundamentales - Equilibrio, indeterminación y grados de libertad
Autor	(Uribe Escamilla, 2000)
Resumen	El libro fue escrito para facilitar al estudiante el entendimiento del comportamiento de las estructuras reticulares y el aprendizaje de las técnicas de análisis tradicionales y modernas. Se hace énfasis en los conceptos fundamentales de la ingeniería estructural y en el estudio de los métodos más apropiados para cada tipo de problema.
Título	Equilibrio, indeterminación y grados de libertad
Autor	(McCormac, 2010)
Resumen	La aplicación de cargas a una estructura ocasiona que la estructura se deforme. Debido a la deformación, se producen varias fuerzas en las componentes que constituyen la estructura. Se denomina análisis estructural al calculo de las magnitud de esta fuerza, así como de las deformaciones que las causaron, lo cual es un tema muy importante para la sociedad. Este libro se dedica al análisis estructural he incluye solo unas observaciones ocasionales relativas a otras fases del diseño estructural
Título	Equilibrio, indeterminación y grados de libertad
Autor	(HIBBELER, 2011)
Resumen	El propósito de este libro es proporcionar al estudiante una presentación clara y completa de la teoría y las aplicaciones de los principios de la mecánica de materiales. Para lograr dicho objetivo, esta obra ha ido tomando forma mediante los comentarios y las sugerencias de cientos de revisores que se dedican a la enseñanza, así como muchos de los alumnos del autor. Esta edición ha sido mejorada de manera significativa en relación con la anterior, por lo que esperamos que tanto profesor como estudiante se beneficien en gran medida.
Título	Introducción al análisis matricial de estructuras : Método de rigidez
Autor	(Uribe Escamilla, 2000)
Resumen	Básicamente los métodos matriciales consisten en remplazar la estructura continua real por un modelo matemático de elementos estructurales finitos, cuyas propiedades pueden expresarse en forma matricial. Al igual que en los métodos tradicionales, el modelo idealizado se configura de manera un poco arbitraria por

	el analista. A continuación, se calculan las propiedades elásticas de cada elemento mediante la teoría de un medio elástico continuo, se efectúa el ensamblaje de las propiedades estructurales del conjunto y se procede entonces a resolver la estructura. Naturalmente, al disminuir el tamaño de los elementos se incrementa la convergencia entre el comportamiento del modelo y el de la estructura continua original.
Título	Introducción al análisis matricial de estructuras : Método de rigidez
Autor	(Panca, 2016)
Resumen	El presente texto ofrece a los lectores una explicación clara y completa de la teoría y aplicación del método matricial para el cálculo de estructuras en 2D y 3D de cerchas, vigas y marcos. Se hace hincapié a los lectores la necesidad de tener una comprensión de la teoría y práctica del Método Matricial de Rigidez en sus diferentes características de aplicación práctica, siguiendo un procedimiento didáctico y demostrando matemáticamente cada una de las fórmulas aplicadas para la solución de problemas de Análisis Estructural. Asimismo, en la presente publicación se ha incluido una introducción didáctica acerca del estudio de la teoría y práctica del Método de Elementos Finitos (MEF) que constituye la base para la solución de problemas de diversa complejidad. Debido a la experiencia adquirida en la docencia universitaria, tengo como objetivo explicar didácticamente los pasos del método matricial para el cálculo de estructuras para luego poseer una base sólida para la comprensión y aplicación del MEF.
Título	Introducción al análisis matricial de estructuras : Método de rigidez
Autor	(Rojas Rojas & Padilla Punzón, 2009)
Resumen	Este libro se ha escrito de tal manera que sea accesible para cualquier persona que este familiarizada con la aplicación de la mecánica básica para análisis estático de estructuras, temas que estudian en los primeros cursos de carrera de ingeniería civil. Los temas presentados muestran procedimientos que emplean las técnicas de álgebra matricial, y se escribieron con la finalidad que puedan servir como un material de apoyo para los estudiantes que cursan la materia de Análisis Estructural.

7. LOCALIZACIÓN DE ÁREA DE DESARROLLO

Figura 1. Chocó- Colombia



Fuente: Wikipedia

Localización de desarrollo UTCH:

Latitud: 5° 40'54,231"

Longitud: 76°38'48,114"

Figura 2. Quibdó-Chocó



Fuente: Wikipedia

8. METODOLOGÍA

ANEPY se diseñará en un lenguaje de programación conocido como Python en conjunto con la Distribución Anaconda y Qt Designer, ya que son software que facilitan la programación debido a las herramientas que poseen. para la creación de ANEPY se hizo uso de los diversos módulos o librerías presentes en Python, Anaconda y Qt Designer, los cuales se describen posteriormente, cabe resaltar que para esto fue necesario conocer todo lo relacionado con el análisis estructural y operaciones con matrices lo cual eran necesarias para la creación del código.

Para el diseño ANEPY fue necesario tomar como guía o referencia videos varios canales de YouTube y son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Referencias de videos de apoyo

Nombre del Canal	Nombre del Video o Lista	Enlace
Marcelo Pardo	Pórticos: Ensamblaje de Matriz de rigidez en Matlab u Octave por método de rigidez	https://www.youtube.com/watch?v=7l3D9vObqul
Code Ingeniería	Análisis Matricial de Armaduras con Python - hasta video 13	https://www.youtube.com/playlist?list=PLbbvNGUWKt8gyVEPuul4uhFm5gQYIQG9z
Tech With Tim	PyQt5 Tutorial - QMessageBox and Popup Windows	https://www.youtube.com/watch?v=GkgMTyiLtWk
John Ortiz Ordoñez	Python Curso V2: 456 Explorador de Archivos con el Componente Visual QTreeView	https://www.youtube.com/watch?v=-LA6TmO0Vo8
Contenido Digital	2 - Tutorial Python Con Interfaz Gráfica PyQt Eventos y Abrir Otra Ventana	https://www.youtube.com/watch?v=2-gZKRD4CYs
Jie Jenn	PyQt5 Tutorial Basic Example of how to use the KeyPress (KeyPress) event of the QWidget class	https://www.youtube.com/watch?v=823ProFM4us

Softwares utilizados:

1.3 DISTRIBUCIÓN ANACONDA

De la Distribución Anaconda en versión su versión 2., se utilizaron:

1.3.1 IDE o entornos de desarrollo

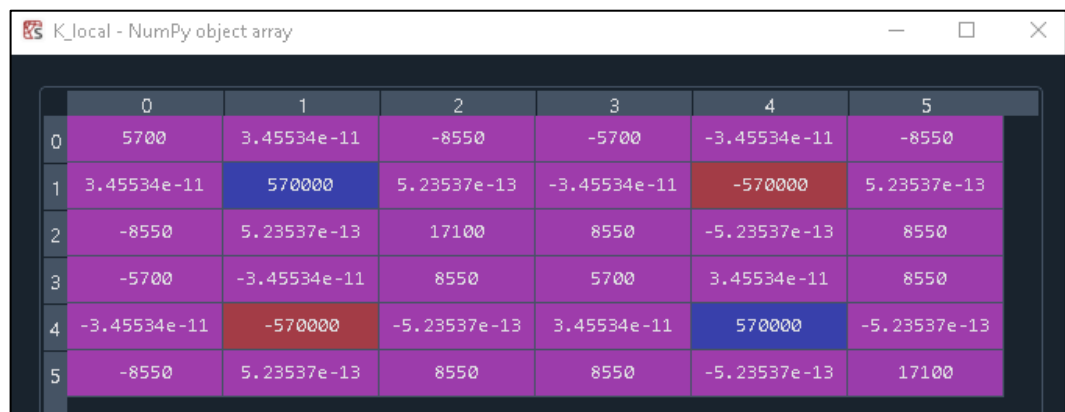
- **Jupyter:** En este IDE fue donde inicio el desarrollo de ANEPY y posteriormente se trasladó Spyder por la facilidad de representación de las matrices, figura 3.

Figura 3. Ejemplo matriz en Jupyter

```
Matriz de rigidez global: [[ 2.8016 -0. 560.315 -2.8016 0. 560.315 ]
[ -0. 498.0577 0. 0. -498.0577 0. ]
[ 560.315 0. 149417.325 -560.315 -0. 74708.6625]
[ -2.8016 0. -560.315 2.8016 -0. -560.315 ]
[ 0. -498.0577 -0. -0. 498.0577 -0. ]
[ 560.315 0. 74708.6625 -560.315 -0. 149417.325 ]]
```

- **Spyder:** Es un gran IDE, presenta muchas herramientas que a la hora de programar facilitan el desarrollo. Spyder posee un Explorador de Variables, donde se pueden visualizar después de ejecutar el script, permitiendo esta herramienta una visualización, verificación y control de los resultados arrojados.

Figura 4. Ejemplo matriz en Spyder



	0	1	2	3	4	5
0	5700	3.45534e-11	-8550	-5700	-3.45534e-11	-8550
1	3.45534e-11	570000	5.23537e-13	-3.45534e-11	-570000	5.23537e-13
2	-8550	5.23537e-13	17100	8550	-5.23537e-13	8550
3	-5700	-3.45534e-11	8550	5700	3.45534e-11	8550
4	-3.45534e-11	-570000	-5.23537e-13	3.45534e-11	570000	-5.23537e-13
5	-8550	5.23537e-13	8550	8550	-5.23537e-13	17100

1.3.2 Librerías:

- Numpy: Se utiliza para las conformación y operaciones con matrices
- Matplotlib: Se utiliza para generar gráficas y dibujos.

1.4 QT DESIGNER (QTD)

El diseño visual de la GUI fue desarrollado en Qt designer y el funcional haciendo uso de Python, con la librería principal de QtD PyQt en su versión 5(PyQt5). Figura 5. (Code Ingeniería, 2022; Pardo, 2019)

1.5 ESTRUCTURA DE ANEPY

El software ANEPY está compuesto por 18 script Python, los cuales se presentan en la Figura 6., estos poseen funciones propias o complementarias, algunos están nombrados con siglas que hacen referencia a la función que desempeñan, posteriormente se describirán.

Figura 5. Ventana principal ANEPY

ANEPY - [Previsualizar] - Qt Designer

Archivo Vista Herramientas Acerca de

Archivo:

INGRESE DATOS

Cantidad de elementos: 0 Cantidad de nodos: 0

Elemento	Nodo inicial	Nodo final	Base	Altura	Mod. E	Nodo	Coord. x	Coord. y
-1358566.5...								

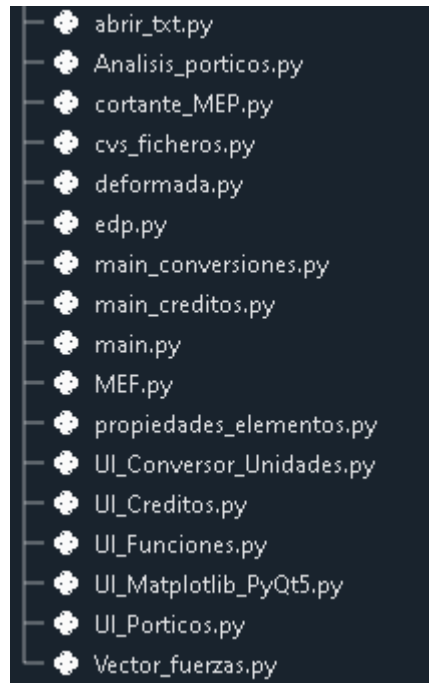
Cantidad de fuerzas: 0 Cantidad de fuerzas W: 0

Nodo	Fx	Fy	Mz	Elemento	W i	W f

Cantidad de Restricciones: 0 Tipos de apoyos:

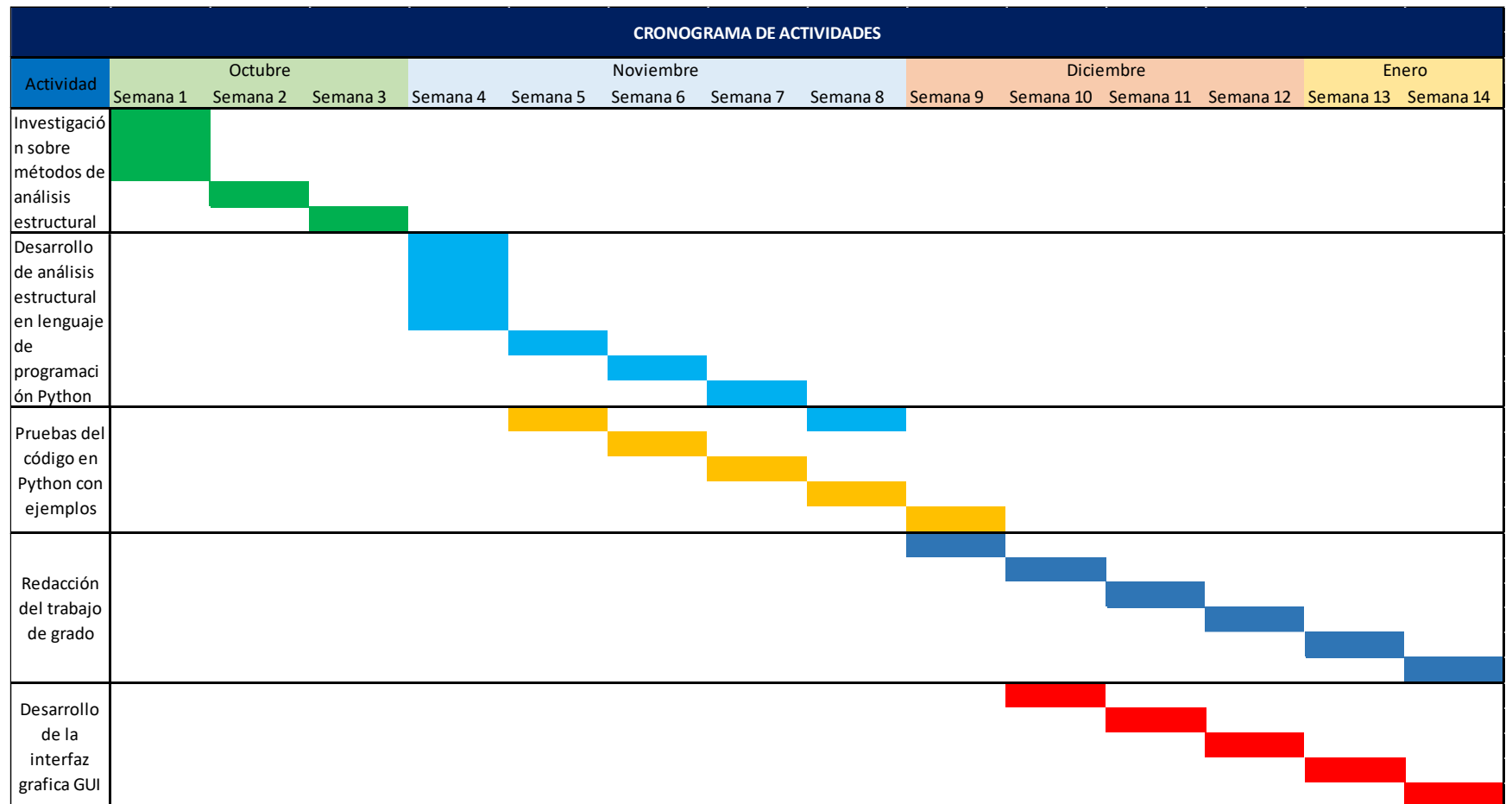
Tipo	Nodo	Can. Restricciones

Figura 6. Estructura de datos



9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Figura 7. Cronograma de actividades



10. PRESUPUESTO Y FUNTES DE FINANCIACION

Las fuentes de financiación que se utilizaran en este proyecto son propias. A continuación, se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Presupuesto

PRESUPUESTO				
Ítems	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
1	Computador portátil hp Procesador AMD Ryzen	2	\$ 1,800,000.00	\$ 3,600,000.00
2	Table digitalizadora Gaomon S620	1	\$ 190,000.00	\$ 190,000.00
			Valor Total	\$ 3,790,000.00

11. BIBLIOGRAFÍA

- Code Ingeniería. (2022, January 16). *Análisis Estructural de Armaduras con Python*. [Archivo de Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLbbvNGUWKt8gyVEPuul4uhFm5gQYIQG9z>
- HIBBELER, R. C. (2011). *MECÁNICA DE MATERIALES* (Octava edición, Vol. 8). PEARSON EDUCACIÓN.
- McCormac, J. (2010). *Análisis de estructuras-métodos clásico y matricial*. Alfaomega Grupo Editor.
- Panca, Q. (2016). *Análisis matricial de estructuras - Introducción al método de elementos finitos* (1st ed.). Empresa Editora Macro EIRL.
- Pardo, M. (2019). *Matriz de rigidez de viga*. <https://marcelopardo.com/matriz-de-rigidez-de-viga/>
- Rojas Rojas, R., & Padilla Punzón, H. M. (2009). *Análisis estructural con matrices* (Editorial Trillas Sa De Cv, Ed.).
- Uribe Escamilla, J. (2000). *Análisis de estructuras*. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

12.ANEXOS

Figura 8. Ventana principal ANEPY

INGRESE DATOS

Cantidad de elementos:

Cantidad de nodos:

Elemento	Nodo inicial	Nodo final	Base	Altura	Mod.
1	1	3	25	25	217370.6
2	2	4	25	25	217370.6
3	3	4	25	50	217370.6
4	3	5	25	25	217370.6
5	4	6	25	25	217370.6
6	5	6	25	50	217370.6

Nodo	Coord. x	Coord. y
1	0	0.0
2	500	0
3	0	400
4	500	400

Cantidad de fuerzas:

Cantidad de fuerzas W:

Nodo	Fx	Fy	Mz
3	700	0	0
5	1000	0	0

Elemento	W i	W f
1 3	-12	-12
2 6	-12	-12

Cantidad de Restricciones:

Tipos de apoyos:

Tipo	Nodo	Can. Restricciones
Empotrado	1	
Empotrado	2	

Simple Articulado Empotrado

Figura 9. Visualización de pórticos y fuerzas concentradas en los nodos

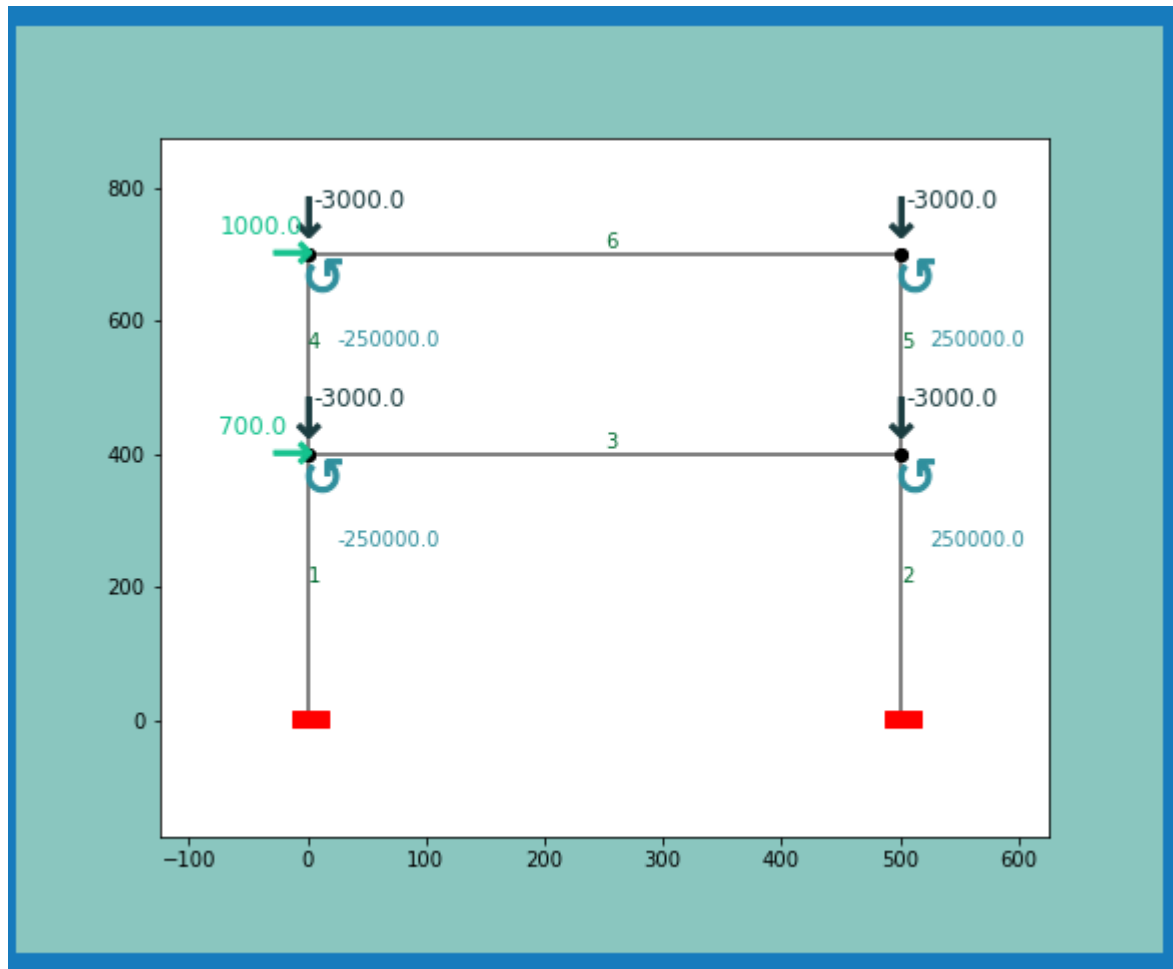


Figura 10. Matrices de rigidez local y global de un elemento

Datos por Elemento					
L	A	Mod E	Iz	Angulo	
400.0	625.0	217370.65	32552.0833	90	
Matriz de Rigidez Local de elemento:					
1	2	3	4	5	6
339641.64...	0.0	0.0	-339641.6...	0.0	0.0
0.0	1326.7252	265345.03...	0.0	-1326.7252	265345.03...
0.0	265345.03...	70758675...	0.0	-265345.0...	35379337...
-339641.6...	0.0	0.0	339641.64...	0.0	0.0
0.0	-1326.7252	-265345.0...	0.0	1326.7252	-265345.0...
0.0	265345.03...	35379337...	0.0	-265345.0...	70758675...
Matriz de Rigidez Global de elemento:					
1	2	3	4	5	6
1326.7252	0.0	-265345.0...	-1326.7252	-0.0	-265345.0...
0.0	339641.64...	0.0	-0.0	-339641.6...	0.0
-265345.0...	0.0	70758675...	265345.03...	-0.0	35379337...
-1326.7252	-0.0	265345.03...	1326.7252	0.0	265345.03...
-0.0	-339641.6...	-0.0	0.0	339641.64...	-0.0
-265345.0...	0.0	35379337...	265345.03...	-0.0	70758675...

Elemento: 1

Figura 11. Deformada de la estructura

