



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TEMA:
DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA FACILITAR EL ESTUDIO DE LA
ASIGNATURA “RESISTENCIA DE MATERIALES”, UTILIZANDO EL
ENTORNO DE PROGRAMACIÓN VISUAL SIMULINK**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero e Ingeniera Civil

AUTORES: Jonathan Vinicio Panchi Panchi
María Mishell Proshunin Cetre
TUTOR: Wilson Ramiro Torres Berni

Quito - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jonathan Vinicio Panchi Panchi con documento de identificación N° 0503557050 y María Mishell Proshunin Cetre con documento de identificación N° 1751625680; manifestamos que:


Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 14 de febrero del 2023

Atentamente,



Jonathan Vinicio Panchi Panchi
0503557050



María Mishell Proshunin Cetre
1751625680

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

Nosotros, Jonathan Vinicio Panchi Panchi con documento de identificación N° 0503557050 y María Mishell Proshunin Cetre con documento de identificación N° 1751625680; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño de un Software para facilitar el estudio de la Asignatura “Resistencia de Materiales”, utilizando el entorno de programación visual Simulink”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero e Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

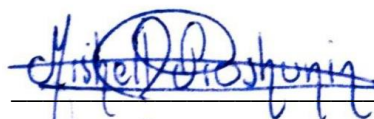
Quito, 14 de febrero del 2023

Atentamente,



Jonathan Vinicio Panchi Panchi

0503557050



María Mishell Proshunin Cetre

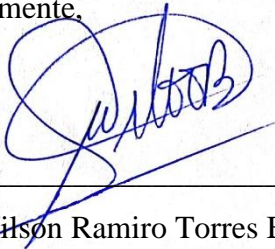
1751625680

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Wilson Ramiro Torres Berni con documento de identificación N° 1710259845, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SOFTWARE PARA FACILITAR EL ESTUDIO DE LA ASIGNATURA “RESISTENCIA DE MATERIALES”, UTILIZANDO EL ENTORNO DE PROGRAMACIÓN VISUAL SIMULINK, realizado por Jonathan Vinicio Panchi Panchi con documento de identificación N° 0503557050 y María Mishell Proshunin Cetre con documento de identificación N° 1751625680, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de febrero del 2023

Atentamente,



Ing. Wilson Ramiro Torres Berni, PhD

1710259845

DEDICATORIA

Dedico este proyecto técnico a mis padres Edwin y Rosa, quienes me han acompañado y aconsejado a lo largo de mi vida, y me han apoyado para cumplir mis sueños.

A mis hermanas, con las cuales he compartido varias experiencias y nos hemos apoyado mutuamente para alcanzar nuestros objetivos.

A toda mi familia, por su constante confianza en mí y por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida.

Vinicio Panchi

DEDICATORIA

El presente proyecto le dedico a mis queridos padres, por su amor, dedicación y sacrificio incansable en criarme y brindarme todo lo que necesitaba para alcanzar mis metas. Gracias por inculcar en mí valores fuertes y por creer en mí, aun cuando yo mismo dudaba. Este logro es en gran parte gracias a ustedes.

A mis hermanos Erick y Alexander, por ser mis mejores amigos y compañeros de aventura a lo largo de la vida. Gracias por su apoyo y por hacerme reír en los momentos más difíciles. Espero seguir siendo un orgullo para ustedes en el futuro.

A Sebastián Castillo, por su amor incondicional, apoyo incansable y por ser mi guía en los momentos difíciles. Tu amor y motivación son mi mayor inspiración. Gracias por ser mi confidente y mi mejor amigo.

Finalmente, esta dedicatoria también es a la memoria de Anderson Cevallos, mi amigo querido con quien compartí momentos inolvidables durante mis años en la universidad. Aunque su vida fue corta, su presencia y su amistad han dejado un impacto profundo en mi corazón. Descansa en paz, Anderson. Nunca serás olvidado.

Mishell Proshunin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Edwin y Rosa, por haberme dado la oportunidad de culminar mis estudios y por permitirme crecer profesionalmente. Ellos han estado ahí para mí en todo momento, brindándome su amor incondicional y motivándome a seguir adelante en mi camino. Sin ellos, no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia y amigos, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su amor y apoyo incondicional en los momentos buenos y malos. Gracias por ser una fuente constante de aliento y consejo, y por estar siempre dispuestos a ayudarme.

También quiero agradecer a mi compañera de proyecto, Mishell Proshunin, quien con su dedicación y trabajo han hecho posible la realización de este proyecto, estoy agradecido por haber tenido la oportunidad de trabajar contigo. Gracias por tu dedicación, esfuerzo y colaboración. Sin duda, será una experiencia que recordaré para siempre.

Vinicio Panchi

AGRADECIMIENTO

Con sincero agradecimiento, deseo expresar mi gratitud a mi familia, especialmente a mis padres Sergey Proshunin y Carmita Cetre por su amor y apoyo incondicional durante toda mi vida. Sin su dedicación y sacrificio, no habría sido posible llegar hasta aquí.

A mi compañero de este proyecto, Jonathan Panchi, le agradezco por su colaboración constante, paciencia y buen sentido del humor en los momentos más difíciles. Gracias por su dedicación y esfuerzo en la realización de este trabajo conjunto ya que, sin su arduo trabajo y conocimiento técnico, no hubiera sido posible llegar a este resultado.

A Sebastián Castillo, quiero expresarle mi profundo agradecimiento por su apoyo incondicional y su amor constante. Gracias por ser mi compañero de vida y por motivarme a ser la mejor versión de mí misma.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi tutor, el Ing. Wilson Torres, por su guía y asesoramiento en este proyecto. Su experiencia y conocimiento han sido de gran valor para nosotros y nos ha permitido la realización de este proyecto con éxito.

Mishell Proshunin

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema de estudio.....	2
1.2.1 Antecedentes.....	2
1.2.2 Importancia y alcances	2
1.2.3 Delimitación	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.	4
1.4.2 Objetivos específicos.	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Esfuerzos y deformaciones: Axial, Corte y Torsión.....	5
2.1.1 Propiedades mecánicas de los materiales.	5
2.1.2 Esfuerzo y deformación en elementos sujetos a fuerza axial.	5
2.1.3 Cálculo de esfuerzo normal y deformación en elementos isostáticos.	6
2.1.4 Esfuerzo y deformación en elementos sujetos a cortante.	7
2.1.5 Esfuerzo y deformación en elementos sujetos a torsión.....	8
2.1.6 Círculo de Mohr.	9
2.1.7 Esfuerzos en el Plano.....	9

2.1.8 Representación de los esfuerzos en el plano utilizando el círculo de Mohr.....	9
2.1.9 Determinación de esfuerzos principales, cortante máximo y esfuerzos en ejes inclinados con el uso del círculo de Mohr.....	9
2.2 Propiedades mecánicas del material y de la sección.	11
2.2.1 Centro de Gravedad y Centroides.	11
2.2.2 Momentos de Inercia de segundo orden.	12
2.2.3 Módulo de la Sección.	14
2.2.4 Radio de giro.	14
2.2.5 Producto inercial y polar.....	14
2.2.6 Propiedades geométricas de la sección debido a la rotación y traslación de ejes.	15
2.3 Esfuerzos y deformaciones por flexión en elementos isostáticos.....	16
2.3.1 Introducción a flexión.....	16
2.3.2 Flexión simétrica.	17
2.3.3 Flexión asimétrica.	18
2.3.4 Cálculo de esfuerzos y deformaciones en elementos sujetos a flexión simple.	19
2.3.5 Vigas de materiales diferentes	19
CAPÍTULO III	22
METODOLOGÍA	22
3.1 Tipo de investigación	22
3.2 Método de investigación.....	22
3.3 Técnicas para recopilar información	22
3.4 Proceso técnico	23

3.4.1 Diagrama de flujo para visualizar el proceso de ingreso de datos a la interfaz gráfica	24
CAPÍTULO IV	31
VERIFICACIÓN DE RESULTADOS	31
4.1 Análisis de resultados: Esfuerzos y Deformaciones.....	31
4.1.1 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a fuerza axial	31
4.1.2 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a fuerza cortante	32
4.1.3 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a momento torsor.....	34
4.2 Análisis de resultados: Propiedades geométricas de la sección.....	35
4.3 Análisis de resultados: Esfuerzos y deformaciones por flexión en elementos isostáticos.	38
Esfuerzos y Deformaciones	41
4.3.1 Flexión asimétrica	42
4.4 Análisis de resultados: Esfuerzos en el Plano	45
4.5 Análisis de resultados vigas de materiales diferentes	49
CAPÍTULO V	51
GUÍA DE USUARIO	51
5.1 Entorno gráfico “Simulink-Matlab”	51
5.2 Pasos para ingresar los datos de entrada.....	55
5.2.1 Esfuerzos sujetos a fuerza axial, cortante y torsión.....	56
5.2.2 Círculo de Mohr.....	59
5.2.3 Propiedades Mecánicas de la sección.	60

5.2.4 Flexión Asimétrica.....	64
5.2.5 Flexión Simétrica.....	67
5.2.6 Vigas de Materiales diferentes.....	77
5.3 Obtención de resultados.....	82
5.3.1 Obtención de resultados: Esfuerzos y Deformaciones	82
5.3.2 Obtención de resultados: Propiedades geométricas de la sección	84
5.3.3 Obtención de resultados: Esfuerzos y deformaciones por flexión en elementos isostáticos	85
5.3.4 Obtención de resultados: Flexión Asimétrica.....	87
5.3.5 Obtención de resultados: Esfuerzos en el Plano.....	87
5.3.6 Obtención de resultados: Vigas de materiales diferentes	88
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS	92
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tabla de las propiedades geométricas de los materiales</i>	12
Tabla 2. <i>Unidades que comprende el Plan Analítico de “Resistencia de Materiales”.</i>	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ingreso al programa</i>	25
Figura 2. <i>Proceso a seguir para obtener esfuerzos y deformaciones</i>	25
Figura 3. <i>Proceso a seguir para obtener propiedades mecánicas de la sección y flexión asimétrica</i>	26
Figura 4. <i>Proceso a seguir para obtener esfuerzos en el plano</i>	27
Figura 5. <i>Proceso a seguir calculo flexión en vigas</i>	28
Figura 6. <i>Proceso a seguir calcular vigas de materiales diferentes</i>	30
Figura 7. <i>Sección del poste circular hueco de aluminio</i>	31
Figura 8. <i>Cálculo de esfuerzo y deformación por carga axial</i>	32
Figura 9. <i>Sección de la viga de acero</i>	33
Figura 10. <i>Cálculo de esfuerzo y deformación por carga cortante</i>	33
Figura 11. <i>Sección de la barra cilíndrica de acero</i>	34
Figura 12. <i>Cálculo de esfuerzo y deformación por momento torsor</i>	34
Figura 13. <i>Sección a calcular las propiedades mecánicas</i>	35
Figura 14. <i>Dimensiones de la sección</i>	35
Figura 15. <i>Proceso de cálculo de la sección</i>	36
Figura 16. <i>Proceso de cálculo de la sección</i>	37
Figura 17. <i>Obtención de momentos de inercia principales con círculo de Mohr</i>	38
Figura 18. <i>Viga simple apoyada</i>	39
Figura 19. <i>Cálculo de fuerzas cortantes y momentos flexionantes</i>	39
Figura 20. <i>Reacciones en los apoyos</i>	40
Figura 21. <i>Diagrama de corte</i>	40
Figura 22. <i>Diagrama de momento</i>	40
Figura 23. <i>Sección transversal de la viga</i>	41

Figura 24. Cálculo de esfuerzo normal	41
Figura 25. Cálculo de esfuerzo cortante.....	42
Figura 26. Sección de perfil Z, eje neutro y momento flexionante	43
Figura 27. Cálculo de esfuerzos flexionantes y eje neutro de la sección	44
Figura 28. Elemento en esfuerzo plano	45
Figura 29. Elemento en esfuerzo plano	46
Figura 30. Círculo de Mohr correspondiente.....	47
Figura 31. Esfuerzos actuantes a un ángulo de 45°	47
Figura 32. Esfuerzos principales	48
Figura 33. Esfuerzos cortantes máximos	48
Figura 34. Sección viga	49
Figura 35. Viga transformada	49
Figura 36. Proceso de cálculo de viga para materiales diferentes	50
Figura 37. Ventana y librería de Simulink.....	51
Figura 38. Bloques principales.....	52
Figura 39. Bloque out	52
Figura 40. Componentes de la librería App Designer.....	54
Figura 41. Función “callback”	55
Figura 42. Pantalla de inicio del programa	55
Figura 43. Pantalla de inicio cálculo de esfuerzos y deformaciones por axial.....	56
Figura 44. Pantalla de inicio cálculo de esfuerzos y deformaciones por corte	56
Figura 45. Botón unidades.....	57
Figura 46. Parámetros de entrada.....	57
Figura 47. Parámetros de entrada utilizando slider	58
Figura 48. Tabla de resultados	58

Figura 49. <i>Pantalla de inicio círculo de Mohr</i>	59
Figura 50. <i>Unidades a seleccionar</i>	59
Figura 51. <i>Datos de entrada</i>	60
Figura 52. <i>Pantalla de inicio propiedades mecánicas de la sección</i>	60
Figura 53. <i>Unidades a seleccionar</i>	61
Figura 54. <i>Botones para escoger la figura</i>	61
Figura 55. <i>Datos de entrada dependiendo de la figura que se escoja</i>	62
Figura 56. <i>Botón calcular</i>	63
Figura 57. <i>Tabla para ingresar la rotación y traslación de ejes</i>	63
Figura 58. <i>Botón calcular</i>	64
Figura 59. <i>Tabla de resultados</i>	64
Figura 60. <i>Pantalla de ingreso a flexión asimétrica</i>	65
Figura 61. <i>Parámetros de entrada de magnitud y dirección</i>	65
Figura 62. <i>Botón calcular</i>	66
Figura 63. <i>Tabla de resultados de momentos y eje neutros</i>	66
Figura 64. <i>Tabla de resultados de coordenadas y esfuerzos</i>	67
Figura 65. <i>Tabla de ingreso de coordenadas.</i>	67
Figura 66. <i>Pantalla de inicio flexión en vigas.</i>	68
Figura 67. <i>Unidades a ingresar</i>	68
Figura 68. <i>Botón agregar viga</i>	69
Figura 69. <i>Tabla de ingreso de datos</i>	70
Figura 70. <i>Botón apoyos</i>	70
Figura 71. <i>Tabla de ingreso de apoyos y rótulas</i>	71
Figura 72. <i>Botón carga o momento concentrado</i>	72
Figura 73. <i>Tabla de ingreso de carga o momento</i>	72

Figura 74. <i>Botón carga distribuida</i>	73
Figura 75. <i>Tabla de ingreso de carga distribuida</i>	74
Figura 76. <i>Gráfica sección de la viga</i>	74
Figura 77. <i>Diagrama de la elástica</i>	75
Figura 78. <i>Diagrama de corte</i>	76
Figura 79. <i>Diagrama de momento</i>	77
Figura 80. <i>Pantalla de inicio vigas de materiales diferentes</i>	77
Figura 81. <i>Unidades a ingresar</i>	78
Figura 82. <i>Ingreso de momento flexionante</i>	78
Figura 83. <i>Ingreso sección de la viga</i>	79
Figura 84. <i>Botón calcular</i>	80
Figura 85. <i>Gráfica sección transversal</i>	80
Figura 86. <i>Gráfica sección transformada</i>	81
Figura 87. <i>Gráfica esfuerzo</i>	81
Figura 88. <i>Gráfica deformación unitaria</i>	81
Figura 89. <i>Tabla de resultados</i>	82
Figura 90. <i>Esfuerzo y deformación axial</i>	82
Figura 91. <i>Esfuerzos y deformaciones corte</i>	83
Figura 92. <i>Esfuerzo y deformación torsor</i>	84
Figura 93. <i>Resultados propiedades mecánicas de la sección</i>	85
Figura 94. <i>Resultados del software vigas a flexión</i>	86
Figura 95. <i>Resultados de esfuerzos</i>	86
Figura 96. <i>Resultados flexión asimétrica</i>	87
Figura 97. <i>Resultados esfuerzos en el plano</i>	88
Figura 98. <i>Resultados vigas de materiales diferentes</i>	89

RESUMEN

El presente proyecto se basa en el desarrollo de un software para la asignatura de "Resistencia de Materiales" es un proyecto de gran importancia para mejorar la experiencia de aprendizaje y enseñanza en la materia. El objetivo es utilizar la herramienta de programación Simulink para crear una herramienta pedagógica dinámica y eficiente.

Se llevó a cabo una investigación en el marco teórico de la resistencia de materiales, obteniendo un amplio conocimiento sobre los temas incluidos en el sílabo de la asignatura. Este conocimiento se utilizó para desarrollar un software que abarca los principales conceptos y teorías de la resistencia de materiales.

El software cuenta con una interfaz accesible y amigable para el usuario, lo que lo hace fácil de usar y comprender para los estudiantes. Esto mejorará su experiencia de aprendizaje y les permitirá visualizar de manera clara y sencilla los conceptos que se están trabajando.

La validación de los resultados obtenidos en el software con los resultados obtenidos de forma manual, demuestra la eficacia y precisión del programa desarrollado, permitiendo confiar en los resultados obtenidos y utilizarlos como una herramienta para el aprendizaje de la asignatura. Además, se elaboró una guía con los pasos a seguir para utilizar el software, permitiendo que tanto los estudiantes como los docentes puedan utilizar de manera eficiente el software y aprovechar al máximo sus funcionalidades.

Palabras Clave: software de aprendizaje, simulink, interfaz accesible, resistencia de materiales.

ABSTRACT

The current project focuses on the development of software for the subject of "Materials Strength." It is a highly important project to improve the learning and teaching experience in the subject. The objective is to use the Simulink programming tool to create a dynamic and efficient pedagogical tool.

A research was carried out in the theoretical framework of materials strength, obtaining a comprehensive knowledge of the topics included in the syllabus of the subject. This knowledge was used to develop software that covers the main concepts and theories of materials strength.

The software has an accessible and user-friendly interface, making it easy to use and understand for students. This will improve their learning experience and allow them to clearly and simply visualize the concepts being worked on.

The validation of the results obtained from the software with results obtained manually shows the efficacy and accuracy of the developed program, allowing confidence in the results obtained and using them as a tool for learning the subject. In addition, a guide was created with the steps to follow to use the software, allowing both students and teachers to efficiently use the software and maximize its functionality.

Keywords: learning software, simulink, accessible interface, mechanics of materials.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

La educación en ingeniería es un campo en constante evolución, en el cual se busca mejorar día a día la forma en que se enseña y se aprende. La resistencia de materiales es una asignatura fundamental para cualquier ingeniero, ya que permite comprender los conceptos y teorías relacionadas con la capacidad de los materiales para resistir cargas y deformaciones. Por lo tanto, es importante que los estudiantes de ingeniería tengan acceso a herramientas pedagógicas eficientes y dinámicas que les permitan comprender de manera clara y sencilla los conceptos de la resistencia de materiales.

En este sentido, la utilización de software educativo es una herramienta muy útil para mejorar la experiencia de aprendizaje y enseñanza en la materia. Según Martínez y López (2017), "el software educativo es una herramienta tecnológica que permite la enseñanza de una materia de manera más eficiente y dinámica, brindando una experiencia de aprendizaje más enriquecedora para el estudiante".

En el presente proyecto, se busca desarrollar un software de aprendizaje para la asignatura de resistencia de materiales, utilizando la herramienta de programación Simulink. Simulink es una plataforma de modelado y simulación que permite la creación de modelos dinámicos y sistemas complejos en un entorno gráfico de usuario intuitivo. Según García (2019), "Simulink es una herramienta de programación muy útil para la enseñanza de la resistencia de materiales, ya que permite visualizar de manera clara y sencilla los conceptos y teorías relacionadas con la materia".

1.2 Problema de estudio

1.2.1 Antecedentes

A partir del siglo XXI el uso de herramientas tecnológicas en la educación ha crecido rápidamente y los antiguos métodos de enseñanza están quedando obsoletos, por lo cual existe una problemática al momento de impartir clases de la asignatura de “Resistencia de Materiales”, generando así el desinterés por la materia. Además, a partir de la pandemia del covid-19, las clases se dictaron de manera virtual dificultando aún más el aprendizaje en los estudiantes.

Existen diferentes plataformas dedicadas al estudio de resistencia de materiales, como, MD Solid, sin embargo, el enfoque de este software se inclina más a la Ingeniería Mecánica. El cual aborda entre otros temas, resolución de vigas, columnas, recipientes a presión, y miembros sometidos a esfuerzos de flexión, torsión y axial, teniendo en cuenta las propiedades de sección, análisis en el círculo de Mohr. (Muñoz et al., 2015). Por lo tanto, una herramienta similar ayudará mucho para la enseñanza de la asignatura de “Resistencia de Materiales” en el área de Ingeniería Civil.

1.2.2 Importancia y alcances

El presente proyecto ayudará a los estudiantes que cursan la asignatura de “Resistencia de Materiales” de la Malla de Ajuste de la carrera de Ingeniería Civil, para el mejor entendimiento de la materia.

Los métodos de enseñanza utilizados tradicionalmente, han generado el desinterés en el aprendizaje del estudiante, por lo que, es necesario desarrollar nuevas técnicas de enseñanza que se adapten a la actualidad, como la herramienta tecnológica que se desarrollará en el presente proyecto.

En la actualidad las TICs van ganando terreno en el ámbito de la educación y es muy importante mantenerse actualizados. Según Coll (2004) la utilización combinada de las tecnologías multimedia e Internet hace posible el aprendizaje en prácticamente cualquier escenario como: la escuela, la universidad el hogar, el lugar de trabajo, los espacios de ocio, entre otros. Por lo cual, es importante el diseño de un software de “Resistencia de Materiales”

1.2.3 Delimitación

El presente proyecto servirá como un recurso didáctico para el docente en la asignatura de “Resistencia de materiales”, de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana campus Sur.

1.3 Justificación

El conocer los beneficios de la programación y del software Simulink nos ha motivado para aplicarlo en la asignatura de “Resistencia de Materiales”, para verificar cálculos, realizar gráficos e interpretar resultados, ingresando información o datos del problema a resolver en dicho software.

Tanto docentes como estudiantes tendrán acceso al software, beneficiando así la interacción entre profesor y alumno. Este proyecto se lo realizará a partir de la herramienta tecnológica Simulink, puesto que, la universidad cuenta con la licencia del entorno de programación Matlab y sobre este entorno funciona Simulink.

Este proyecto abarcará toda la materia de resistencia de materiales, en la malla de reajuste, de la carrera de Ingeniería Civil, de la Universidad Politécnica Salesiana. Sin embargo, el programa podría ser utilizado en las diferentes universidades que ofrezcan la especialidad en el área de Ingeniería Civil.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Desarrollar un software con la herramienta de programación Simulink, con el fin de que se convierta en una herramienta de aprendizaje de la asignatura de “Resistencia de Materiales”.

1.4.2 Objetivos específicos.

Investigar el marco teórico vinculado a la materia de Resistencia de materiales, a través del estudio de bibliografía y documentación, abarcando los temas que se encuentran en el sílabo de la asignatura

Desarrollar una interfaz accesible utilizando las herramientas de programación que nos brinda Simulink, para que el programa sea amigable con el usuario.

Analizar y verificar los resultados obtenidos en el programa, con los obtenidos de forma manual, con el fin de validar el funcionamiento del software.

Elaborar una guía con los pasos a seguir del software desarrollado, para ser aplicados tanto por los docentes como por los estudiantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Esfuerzos y deformaciones: Axial, Corte y Torsión.

Los esfuerzos axiales son aquellos que actúan en una dirección paralela al eje longitudinal de un elemento estructural. Los esfuerzos de corte actúan en una dirección perpendicular al eje longitudinal de un elemento estructural, mientras que los esfuerzos de rotación actúan en una dirección de alrededor del eje longitudinal de un elemento estructural. Estos tres tipos de esfuerzos pueden ser combinados en una estructura para producir una carga compleja.

La deformación es la respuesta de un material a un esfuerzo aplicado, y puede ser medida en unidades de longitud o ángulo.

2.1.1 Propiedades mecánicas de los materiales.

En el área de Ingeniería Civil existen varios materiales de construcción con propiedades mecánicas únicas, entre los principales están: elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad.

La sección de un material es importante al momento de diseñar una estructura. Es necesario conocer las propiedades de cada sección como: el centro de gravedad, centroide, inercia, módulo de la sección, radio de giro, entre otras. Cada una de estas propiedades nos ayuda a tomar la mejor decisión al momento de diseñar una estructura.

2.1.2 Esfuerzo y deformación en elementos sujetos a fuerza axial.

Un elemento está sometido a carga axial, cuando la carga se aplica a lo largo del eje axial de una barra y dicho eje pasa por el centroide del área de la sección transversal. Se dice que, si la carga actúa alejándose del elemento, este se estira y decimos que está

cargado a tracción, y si la carga actúa hacia el elemento, este se acorta y decimos que está en compresión (Gere y Goodno, 2009).

2.1.3 Cálculo de esfuerzo normal y deformación en elementos isostáticos.

El esfuerzo normal se caracteriza por la simbología de σ , donde el esfuerzo normal actúa perpendicular o normal a la sección transversal del miembro de carga. La ecuación para el cálculo del esfuerzo normal se basa en la del esfuerzo debido a que la fuerza que se aplica es distribuida uniformemente en toda la sección del elemento forzado, la cual es definida como:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde:

σ : Esfuerzo por axial.

F : Fuerza axial.

A : Area transversal.

Al hablar sobre deformación se deduce que cualquier elemento que soporta una carga se llega a deformar debido a la influencia que esta aplica sobre el elemento y para el cálculo de la misma se utiliza la siguiente ecuación.

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2)$$

Donde:

ϵ : Deformación por axial

σ : Esfuerzo.

E : Módulo de elasticidad

2.1.4 Esfuerzo y deformación en elementos sujetos a cortante.

Cuando se aplican fuerzas transversales a un elemento, estas generan fuerzas internas que se conocen como fuerzas cortantes. Beer et al. (2010) plantea que, al dividir la fuerza cortante entre el área de la sección transversal, se obtiene el esfuerzo cortante en la sección. Sin embargo, el esfuerzo encontrado no tiene la misma intensidad en toda el área que actúa.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (4)$$

Donde:

σ : Esfuerzo por axial.

P : Carga cortante.

A : Area transversal.

E : Modulo de elasticidad

2.1.5 Esfuerzo y deformación en elementos sujetos a torsión.

En las estructuras es bastante común por la forma que se aplican las cargas que se presenten momentos de torsión, estos se presentan alrededor del eje longitudinal. Salazar (2007) indica que, al aplicarse un momento torsor, una sección del elemento gira con respecto a la otra e inmediatamente se produce un efecto de deslizamiento o corte entre dos secciones adyacentes. Por lo tanto, se produce esfuerzos cortantes y deformaciones angulares.

$$\sigma = \frac{M * r}{J} \quad (5)$$

$$\theta = \frac{T * L}{E * J} \quad (6)$$

Donde:

σ : Esfuerzo por axial.

M : Momento torsional

r : Radio

J : Momento polar de inercia

E : Modulo de elasticidad

L : Longitud

2.1.6 Círculo de Mohr.

El círculo de Mohr es un método gráfico para determinar el estado tensional en los distintos puntos de un cuerpo, es decir que de las diferentes tensiones que existen en un elemento sometido a algún tipo de carga importa la tensión principal en donde las tensiones a corte son nulas. (Blogger, 2016).

2.1.7 Esfuerzos en el Plano

Los esfuerzos en el plano son fuerzas que actúan sobre un cuerpo y que están alineadas en un plano determinado. En cálculos estructurales, se utilizan para analizar cómo las estructuras responden a cargas y esfuerzos externos.

Existen tres tipos principales de esfuerzos en el plano:

Esfuerzo normal: Es una fuerza que actúa perpendicularmente a una superficie. Puede ser compresión o tracción.

Esfuerzo cortante: Es una fuerza que actúa a lo largo de una sección transversal y tiende a cortar o partir un material.

2.1.8 Representación de los esfuerzos en el plano utilizando el círculo de Mohr.

El círculo de Mohr es dibujado en el plano esfuerzo – tensión en el que se ve representado las tensiones normales y cortantes en cada punto de la circunferencia. En este círculo podemos obtener de forma gráfica esfuerzos principales, cortantes y sobre planos inclinados a partir de las características que tenga la circunferencia.

2.1.9 Determinación de esfuerzos principales, cortante máximo y esfuerzos en ejes inclinados con el uso del círculo de Mohr.

El círculo de Mohr es una herramienta utilizada para determinar las tensiones y deformaciones en un material sometido a cargas.

Se utiliza para representar gráficamente las tensiones normales y tangenciales en un plano bidimensional. El círculo de Mohr se utiliza para determinar los esfuerzos principales, los esfuerzos cortantes máximos y los esfuerzos inclinados en un punto.

Los esfuerzos principales son las tensiones máximas y mínimas en un punto, y se determinan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_1 = \frac{(\sigma_x + \sigma_y)}{2} + \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2}{2} + \tau^2} \quad (7)$$

$$\sigma_2 = \frac{(\sigma_x + \sigma_y)}{2} - \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2}{2} + \tau^2} \quad (8)$$

Donde:

- σ_1 es la tensión principal máxima
- σ_2 es la tensión principal mínima
- σ_x es la tensión normal en el eje x
- σ_y es la tensión normal en el eje y
- τ es la tensión cortante.

Los esfuerzos cortantes máximos se determinan utilizando la siguiente ecuación:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{2} + \tau^2} \quad (9)$$

Los esfuerzos inclinados se determinan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\sigma' = \sigma_{prom} \pm R \times \cos(\theta) \quad (10)$$

Donde:

- σ' es la tensión inclinada
- σ_{prom} es el esfuerzo promedio en esfuerzos principales.
- R es el radio.
- θ es el ángulo

2.2 Propiedades mecánicas del material y de la sección.

En el área de Ingeniería Civil existen varios materiales de construcción con propiedades mecánicas únicas, entre los principales están: elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad.

La sección de un material es importante al momento de diseñar una estructura. Es necesario conocer las propiedades de cada sección como: el centro de gravedad, centroide, inercia, módulo de la sección, radio de giro, entre otras. Cada una de estas propiedades nos ayuda a tomar la mejor decisión al momento de diseñar una estructura.

2.2.1 Centro de Gravedad y Centroide.

Se define al centro de gravedad en una sección como el punto donde se encuentra aplicada la resultante de la suma de todas las fuerzas gravitatorias que actúan sobre cada una de las partículas del mismo. (García, 2018). Es decir, en una sección cuadrada el centro de gravedad se encontrará en el centro de la misma considerándola como estable, pero si la sección tiene diferente forma su centro de gravedad es inestable y el centroide

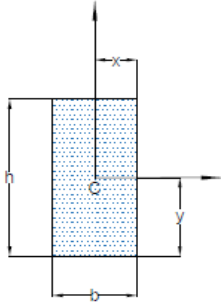
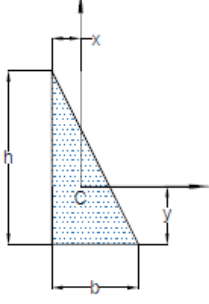
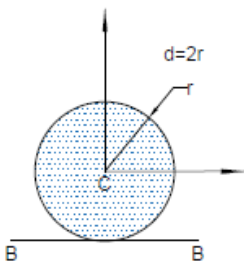
depende de la forma de la sección y es el punto en donde se concentra el área total de una figura. En la tabla 1 se muestran las ecuaciones para las diferentes figuras.

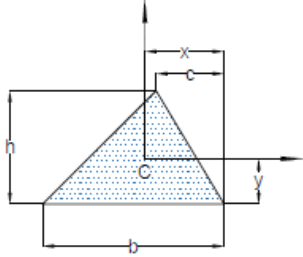
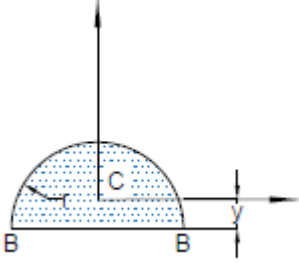
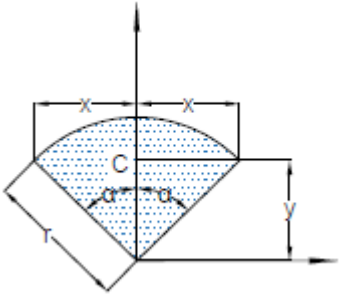
2.2.2 Momentos de Inercia de segundo orden.

También denominado momento de inercia Según Mott (2009): Indica la rigidez de una viga, es decir, su resistencia a reflexionarse cuando se somete a cargas que tienden a reflexionarla. Nos refleja cómo se distribuye la masa de una sección respecto a un eje de giro. El momento de inercia de una superficie con respecto a un eje particular se define como la suma de los productos obtenidos al multiplicar cada elemento sumamente pequeño del área que se quiere calcular por el cuadrado de su distancia al eje.

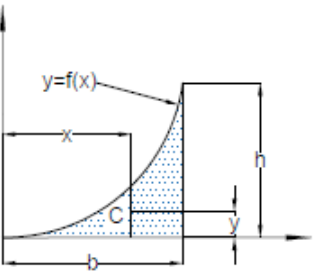
Tabla 1

Tabla de las propiedades geométricas de los materiales

Rectángulo	Triángulo Rectángulo	Círculo
		
$A = bh$ $I_x = \frac{bh^3}{3}$ $\bar{x} = \frac{b}{2}$ $I_y = \frac{hb^3}{3}$ $\bar{y} = \frac{h}{2}$ $I_{xy} = 0$	$A = \frac{bh}{2}$ $I_x = \frac{bh^3}{36}$ $\bar{x} = \frac{b}{3}$ $I_y = \frac{hb^3}{36}$ $\bar{y} = \frac{h}{3}$ $I_{xy} = -\frac{b^2h^2}{72}$	$A = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$ $I_x = I_y = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{\pi d^4}{64}$ $I_{xy} = 0$
Triángulo	Semicírculo	Sector circular

		
$A = \frac{bh}{2} \quad I_y = \frac{bh}{36}(b^2 - bc + c^2)$ $\bar{x} = \frac{b+c}{3} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{72}(b-2c)$ $\bar{y} = \frac{h}{3}$ $I_x = \frac{bh^3}{36}$	$A = \frac{\pi r^2}{2}$ $\bar{y} = \frac{4r}{3\pi}$ $I_x = \frac{(9\pi^2 - 64)r^4}{72\pi} \approx 0.1098r^4$ $I_y = \frac{\pi r^4}{8}$ $I_{xy} = 0$	$\alpha = \text{ángulo en radianes } \left(\alpha \leq \frac{\pi}{2}\right)$ $A = \alpha r^2$ $\bar{x} = r \sin \alpha$ $\bar{y} = \frac{2r \sin \alpha}{3 \alpha}$ $I_x = \frac{r^4}{4}(\alpha + \sin \alpha \cos \alpha)$ $I_y = \frac{r^4}{4}(\alpha - \sin \alpha \cos \alpha)$ $I_{xy} = 0$

Extradós General


$A = \frac{bh}{n+1} \quad I_x = \frac{bh^3}{3(3n+1)}$ $\bar{x} = \frac{b(n+1)}{n+2} \quad I_y = \frac{hb^3}{n+3}$ $\bar{y} = \frac{h(n+1)}{2(2n+1)} \quad I_{xy} = \frac{b^2h^2}{4(n+1)}$

Nota. Se encuentran las ecuaciones de centroide, momento de inercia, áreas y producto inercial. Elaborado por: Los autores.

2.2.3 Módulo de la Sección.

Para el diseño de vigas o elementos que estén sometidos a flexión se calcula el módulo de la sección ya que este considera la distancia del eje centroidal de la sección transversal a la fibra más externa de una viga y la inercia de la misma definido por la siguiente ecuación.

$$S = \frac{I}{c} \quad (11)$$

2.2.4 Radio de giro.

Este primordialmente se utiliza para el diseño de columnas, miembros esbeltos, o secciones largas que están sometidas a cargas de compresión axiales, ya que estos comúnmente fallan por inestabilidad elástica, al aplicar una carga moderada por encima de la carga crítica, el elemento comenzará a pandearse y llegará al colapso. Se define al radio de giro como la raíz cuadrada de la inercia sobre el área de la sección transversal.

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (12)$$

2.2.5 Producto inercial y polar.

También conocido como momento polar de inercia J este es utilizado para representar a la rigidez de un perfil que se encuentre sometido a torsión el cual tiene una unidad de medida a la cuarta potencia, y este se calcula como la suma de los momentos de inercia del área utilizado en secciones circulares con la siguiente fórmula donde D es el diámetro de la figura.

$$J = \frac{\pi * D^4}{32} \quad (13)$$

2.2.6 Propiedades geométricas de la sección debido a la rotación y traslación de ejes.

Las propiedades geométricas de una sección transversal son las dimensiones y características geométricas que definen su forma y tamaño. Estas propiedades incluyen el área, el momento de inercia, el radio de giro y el centro de gravedad, entre otros. Estas propiedades son importantes en cálculos estructurales, ya que afectan a la resistencia, rigidez y estabilidad de una estructura.

La rotación y traslación de los ejes puede afectar a las propiedades geométricas de una sección transversal. La rotación de los ejes afecta al momento de inercia, mientras que la traslación de los ejes afecta al área y al centro de gravedad.

La rotación de los ejes se refiere al cambio en el ángulo de orientación de los ejes con respecto a un sistema de referencia. Cuando se rotan los ejes, el momento de inercia de la sección cambia. El momento de inercia de una sección transversal con respecto a un eje se lo realiza en base a lo antes descrito en el círculo de Mohr.

La traslación de los ejes se refiere al cambio en la posición de los ejes con respecto a un sistema de referencia. Cuando se trasladan los ejes, el área y el centro de gravedad de la sección transversal cambian. El área y el centro de gravedad de una sección transversal con respecto a un eje son diferentes al área y el centro de gravedad de la misma sección con respecto a otro eje. La base teórica para llevar a cabo la traslación de ejes es el teorema de Steiner.

2.3 Esfuerzos y deformaciones por flexión en elementos isostáticos.

Los elementos isostáticos son aquellos que tienen secciones transversales constantes y resisten esfuerzos y deformaciones principalmente por flexión. Los ejemplos de estos elementos incluyen vigas, techos, losas, etc; En este tipo de estructuras, los esfuerzos y deformaciones causados por flexión son los más relevantes para su diseño y análisis.

La flexión es un esfuerzo que tiene lugar cuando una carga es aplicada en un extremo de un elemento y produce una curva en su sección transversal. Los esfuerzos debidos a la flexión son normales y son llamados esfuerzos normales de flexión, estos pueden ser positivos o negativos, siendo la primera compresión y la segunda tracción.

La deformación debida a la flexión es conocida como deformación por flexión y se mide en términos de la curvatura producida en el elemento. La curvatura se puede expresar en términos del radio de curvatura o la deflexión en un punto específico.

Para analizar estos esfuerzos y deformaciones, se utilizan las ecuaciones de la flexión. Estas ecuaciones permiten calcular los esfuerzos normales de flexión, la deformación por flexión y la deflexión en diferentes puntos a lo largo del elemento isostático. Estas ecuaciones se basan en el equilibrio, la continuidad y las condiciones de contorno.

2.3.1 Introducción a flexión.

La flexión se estudia en elementos que soportan cargas perpendiculares a su eje longitudinal, por lo general estos elementos son tipo viga. Según Hibbeler (2011):

Debido a las cargas aplicadas, las vigas desarrollan una fuerza cortante y un momento flexionante internos que, en general, varían de punto a punto a lo largo del eje de la viga. Para diseñar apropiadamente una viga es necesario primero determinar la

fuerza cortante máxima y el momento flexionante máximo en la viga. Las deflexiones y giros se calculan en cualquier punto de una viga que se encuentra a flexión.

2.3.2 Flexión simétrica.

La flexión simétrica se refiere a la flexión que tiene lugar en un elemento isostático cuando las cargas aplicadas son simétricas con respecto a su eje central. Es importante mencionar que se refiere a la simetría en relación a la distribución de cargas, no necesariamente se refiere a la forma geométrica de la sección transversal.

En flexión simétrica, el esfuerzo normal máximo y mínimo están situados en el centro de la sección transversal y son iguales en magnitud, pero de signo opuesto. El esfuerzo normal máximo es compresión y el esfuerzo normal mínimo es tracción. La deformación es igual en ambos lados de la sección transversal.

La ecuación fundamental para analizar la flexión simétrica es conocida como la ecuación de flexión de Euler-Bernoulli y se formula como:

$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} \quad (14)$$

donde:

- M es el momento flector en un punto dado en la viga.
- E es el módulo de elasticidad del material.
- I es el momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje neutro.
- y es la deflexión en un punto dado.
- x es la posición a lo largo del eje longitudinal.

2.3.3 Flexión asimétrica.

El momento flector se desarrolla alrededor de un eje diferente a los dos ejes que son principales en la inercia. que tiene lugar en un elemento isostático cuando las cargas aplicadas no son simétricas con respecto a su eje central. Esto significa que las cargas pueden ser aplicadas de manera desigual en ambos extremos del elemento, o que el elemento mismo puede tener una sección transversal asimétrica.

En flexión asimétrica, el esfuerzo normal máximo y mínimo no están situados en el centro de la sección transversal, y pueden tener valores diferentes. La deformación no es igual en ambos lados de la sección transversal.

La ecuación fundamental para analizar la flexión asimétrica es conocida como la ecuación de flexión de Timochenko y se formula como:

$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} + GJ \frac{d^2\theta}{dx^2} \quad (15)$$

Donde:

- M es el momento flector en un punto dado en la viga.
- E es el módulo de elasticidad del material.
- I es el momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje neutro.
- y es la deflexión en un punto dado.
- x es la posición a lo largo del eje longitudinal.
- J es el torsor de inercia de la sección transversal.
- G es el módulo de corte del material.
- θ es el ángulo de giro en un punto dado.

Esta ecuación se basa en considerar el efecto de los esfuerzos cortantes, que no son considerados en la ecuación de Euler-Bernoulli, además de los esfuerzos de flexión.

2.3.4 Cálculo de esfuerzos y deformaciones en elementos sujetos a flexión simple.

El esfuerzo a flexión de una viga es directamente proporcional a la magnitud del momento flexionante, no está demás decir que se deben diseñar las vigas para que estas sean seguras ya que al aplicar cargas perpendiculares al eje mayor de una viga esta se va a flexionar para calcular el esfuerzo máximo que soportara la viga por flexión se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (16)$$

Donde:

σ : Esfuerzo máximo de las fibras más externas de la viga

M : Momento flexionante de la sección.

c : Distancia del eje centroidal de la viga a las fibras más externas

I : Momento de inercia de la sección transversal con respecto a su eje centroidal

2.3.5 Vigas de materiales diferentes

Para construir una viga existen variedad de materiales en esta investigación nos centraremos en los más comunes como lo son: hormigón armado, madera y acero.

2.3.5.1 Análisis de vigas de materiales diferentes.

En el análisis de vigas de materiales diferentes, es importante tener en cuenta las diferencias en las propiedades mecánicas de cada material, como el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson, la densidad, entre otros. Estos factores pueden

afectar significativamente el comportamiento estructural de la viga y deben ser considerados en el diseño y análisis.

Cuando se analizan vigas de materiales diferentes, es necesario utilizar las ecuaciones de flexión correspondientes para cada material. Por ejemplo, si una viga está compuesta por dos secciones de diferentes materiales, se debe utilizar la ecuación de flexión correspondiente para cada sección, tomando en cuenta el módulo de elasticidad y el momento de inercia del material.

Además de las ecuaciones de flexión, también es importante considerar las características geométricas de la sección transversal. Por ejemplo, si una viga tiene una sección transversal compuesta por diferentes materiales, el área y el momento de inercia de la sección transversal deben ser calculados de manera diferente en comparación con una viga de un solo material.

2.3.5.2 Análisis elástico de vigas de hormigón armado.

Es un método utilizado para determinar las respuestas estáticas de una viga de hormigón armado bajo cargas aplicadas. Este análisis se basa en la suposición de que el material (hormigón y acero) se comporta de manera elástica y lineal, es decir, que la estructura no se encuentra en su límite de capacidad de resistencia.

En el análisis elástico de vigas de hormigón armado, se considera que el hormigón y el acero se comportan de manera independiente. El esfuerzo en el acero se considera como una tracción, y el esfuerzo en el hormigón se considera como compresión.

El tamaño de las armaduras, se selecciona de tal forma que el esfuerzo en el acero nunca exceda su límite elástico.

Para el análisis de vigas de hormigón armado, se utilizan las ecuaciones de flexión y las ecuaciones que describen la relación entre carga y deformación. Se deben tener en

cuenta las propiedades mecánicas de cada material, como el módulo de elasticidad, la relación entre la compresión y la tracción, entre otros.

Una vez obtenidos los resultados del análisis, se comparan los esfuerzos y deformaciones con los valores permisibles para cada material. Si los resultados son aceptables, la estructura se considera adecuada. Si los resultados indican que la estructura está en condición de falla, se deben realizar cambios en el diseño o se deben aplicar métodos de refuerzo adicionales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

El presente proyecto se basa en el diseño de una herramienta tecnológica que servirá de ayuda para el mejor entendimiento de la asignatura de “Resistencia de Materiales”. Por lo cual, es necesario conocer los temas fundamentales que permitan el desarrollo de este trabajo. Requiriendo así, el uso de la investigación básica y bibliográfica, donde la primera servirá para obtener una mejor comprensión del tema de estudio, mientras que la segunda ayudará a recolectar todo el material bibliográfico necesario.

3.2 Método de investigación

La información para el desarrollo del presente proyecto se encuentra de manera muy generalizada, es decir, engloba diversas temáticas de la ingeniería, por lo que, es necesario el uso del método deductivo. Según Gómez (2019):

El método deductivo es el procedimiento racional que va de lo general a lo particular. Posee la característica de que las conclusiones de la deducción son verdaderas, si las premisas de las que se originan también lo son. Por lo tanto, todo pensamiento deductivo nos conduce de lo general a lo particular. De este modo, si un fenómeno se ha comprobado para un determinado conjunto de personas, se puede inferir que tal fenómeno se aplica a uno de estos individuos.

Por lo tanto, este método de investigación nos permite identificar información orientada específicamente al tema de estudio.

3.3 Técnicas para recopilar información

Este proyecto requiere una amplia base de datos que garantice la resolución de problemas bajo métodos previamente establecidos, para lo cual, se requiere conocer el

marco teórico que maneja la asignatura de “Resistencia de Materiales”, basándose en el plan analítico ofertado por la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana. Por ello, se aplicará la revisión bibliográfica como técnica de recopilación de información

3.4 Proceso técnico

Existen varios textos y autores que hablan sobre la “Resistencia de Materiales”. Ruiz y Díaz (2015) indican que el objetivo principal es el de proporcionar medios para analizar y diseñar estructuras o componentes capaces de soportar las cargas y acciones a las que éstos están o pueden estar sometidos durante su vida útil.

El Plan Analítico de la asignatura de “Resistencia de Materiales”, muestra los temas que se dictan a los estudiantes, los cuales se estudiarán a fondo, para obtener información necesaria, que contribuya al desarrollo de este proyecto. Este Plan Analítico cuenta con cuatro unidades que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Unidades que comprende el Plan Analítico de “Resistencia de Materiales”

UNIDAD	TEMA
1	Esfuerzos y deformaciones: Axial, Corte y Torsión.
2	Propiedades mecánicas del material y propiedades geométricas de la sección.
3	Esfuerzos y deformaciones por flexión en elementos isostáticos.
4	Esfuerzos en el plano: Círculo de Mohr.

Elaborado por: Los autores

Una vez conocidos los métodos de resolución y el material teórico, se procederá a crear la interfaz con las herramientas que brinda el entorno de programación Simulink. Según Rubio y Raffo (2009) para utilizar el programa correctamente es importante tener conocimiento de todas las herramientas y tener claro cuáles son las opciones más importantes para realizar las simulaciones de manera correcta. Por lo cual, es necesario familiarizarse con el programa Simulink, con la ayuda de textos que se refieren al mismo.

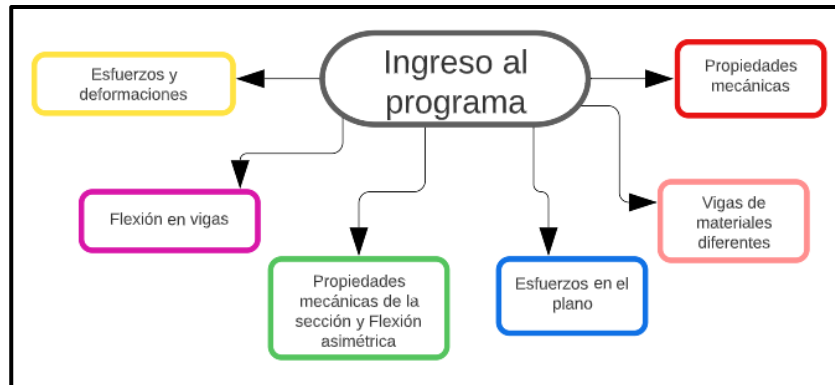
Después de conocer el programa Simulink, se procede a realizar los diferentes algoritmos, tomando en cuenta el Plan Analítico mostrado en la Tabla 1. Cada algoritmo tendrá la finalidad de resolver problemas específicos relacionados con la asignatura de “Resistencia de Materiales” orientados a la Ingeniería Civil. Para esto el programa cuenta con librerías y cada librería cuenta con bloques de operaciones básicas y complejas donde el usuario va armando cada bloque para construir un programa que alcance el resultado pretendido.

Todo programa requiere de una validación de resultados, por lo que, una vez terminado el proceso de programación, se ingresará datos, controlará variables, ejecutará el programa y verificará resultados. En “Resistencia de Materiales” se manejan diferentes datos referentes al material que será estudiado, así que, al ejecutar el programa se debe contar con la información solicitada por el sistema.

3.4.1 Diagrama de flujo para visualizar el proceso de ingreso de datos a la interfaz gráfica

Figura 1

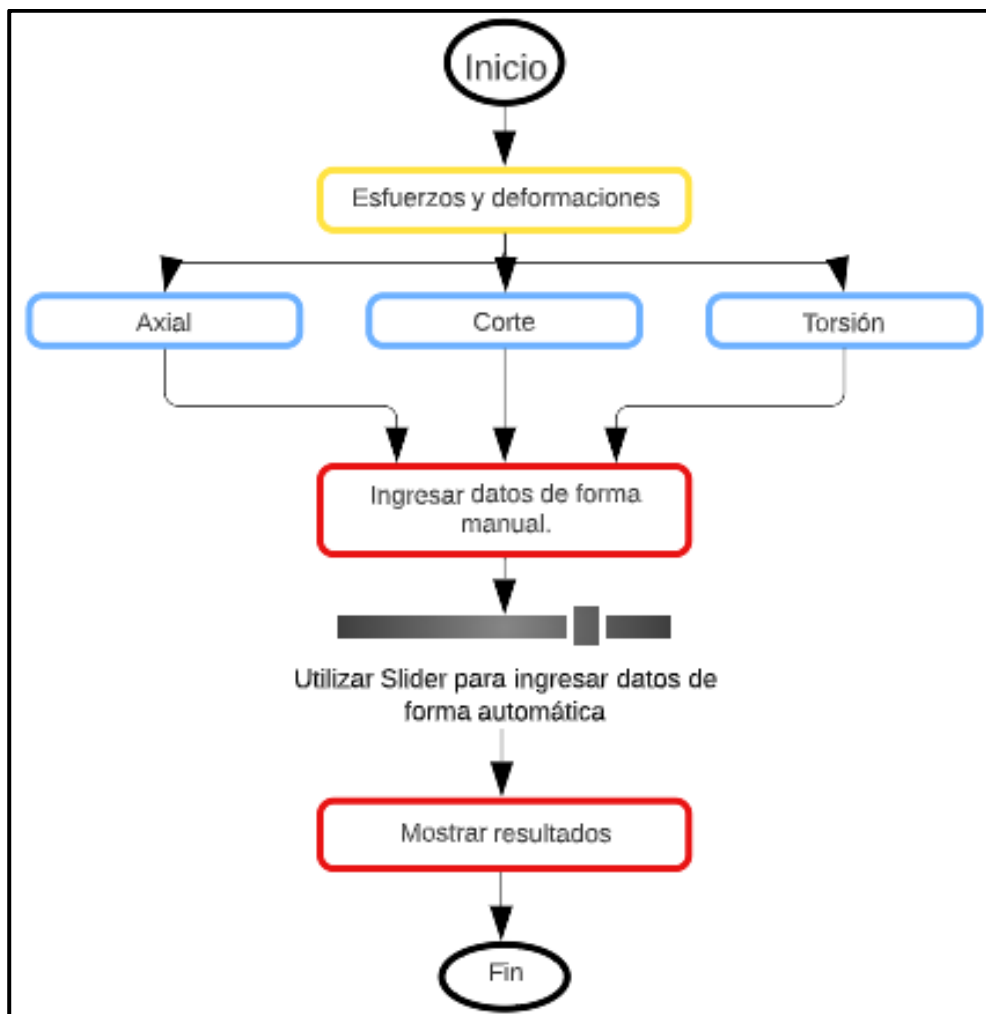
Ingreso al programa



Elaborado por: Los autores.

Figura 2

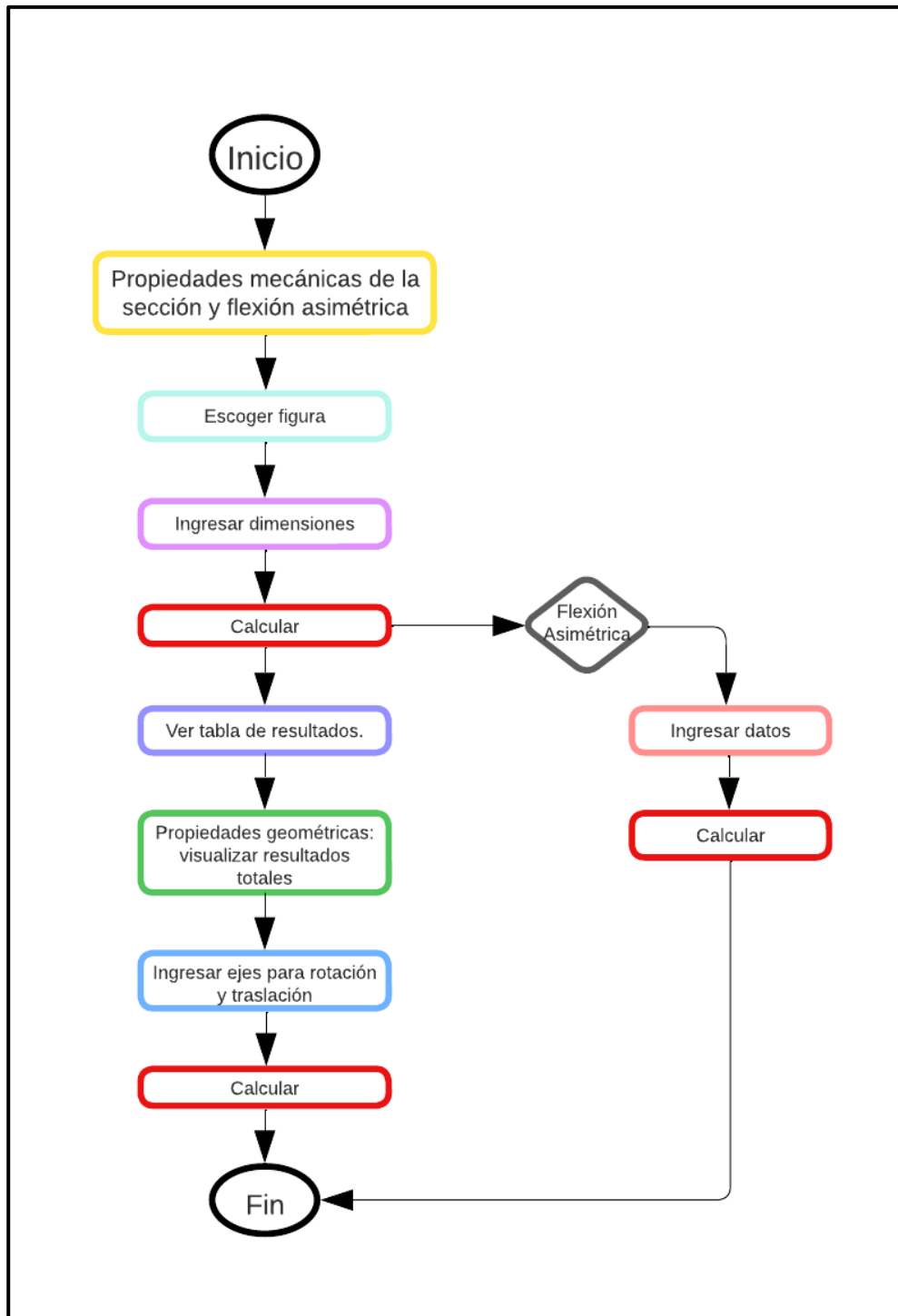
Proceso a seguir para obtener esfuerzos y deformaciones.



Elaborado por: Los autores.

Figura 3

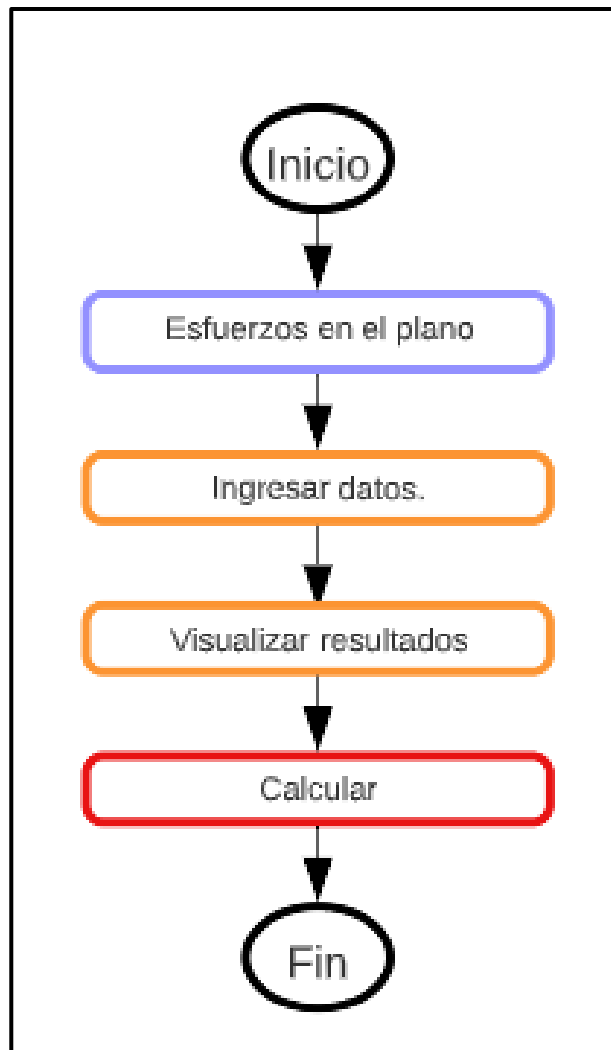
Proceso a seguir para obtener propiedades mecánicas de la sección y flexión asimétrica.



Elaborado por: Los autores.

Figura 4

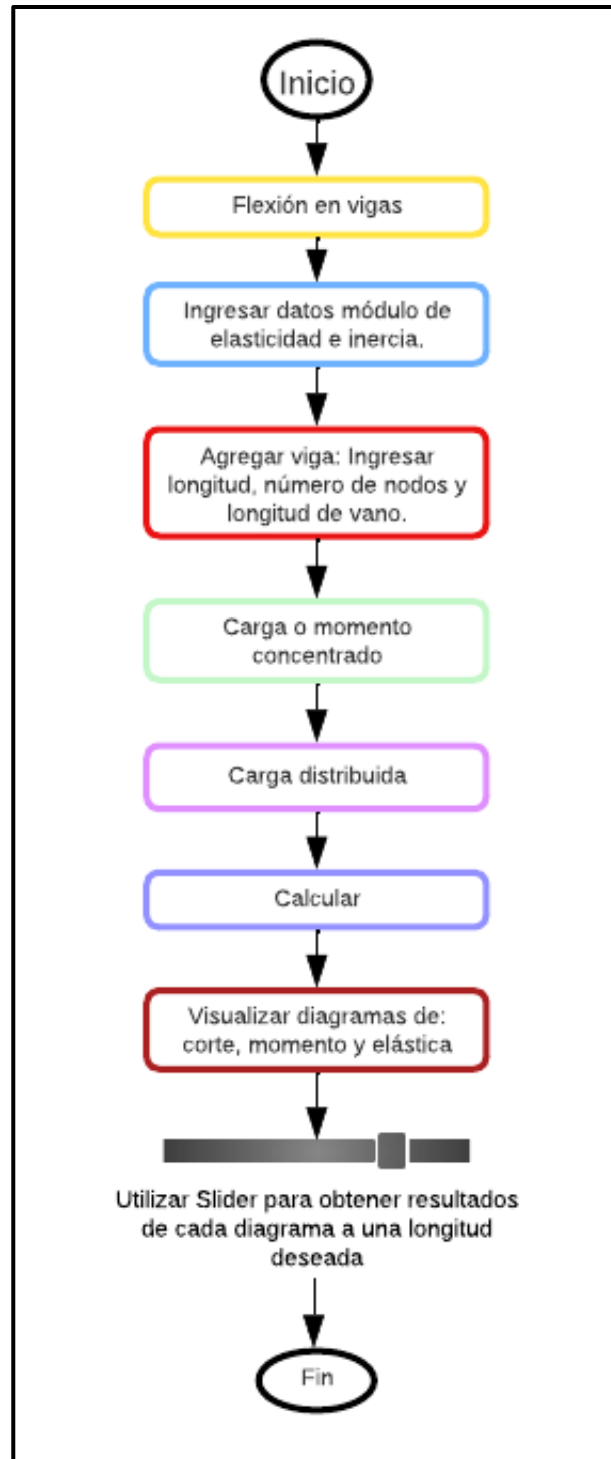
Proceso a seguir para obtener esfuerzos en el plano.



Elaborado por: Los autores.

Figura 5

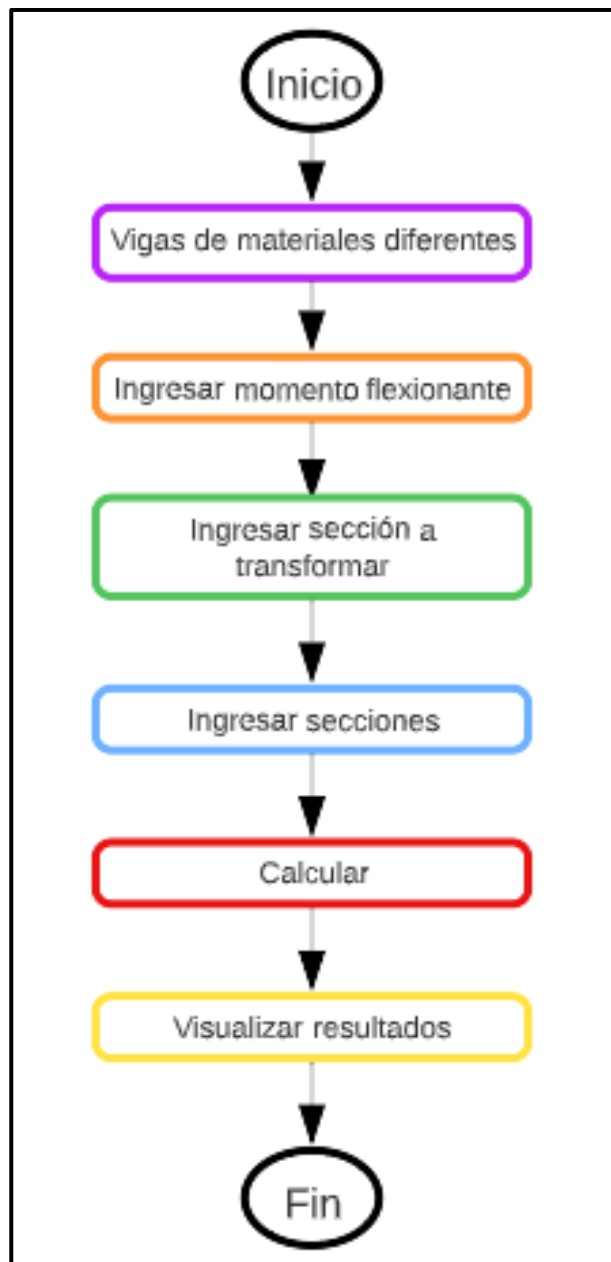
Proceso a seguir calculo flexión en vigas.



Elaborado por: Los autores.

Figura 5

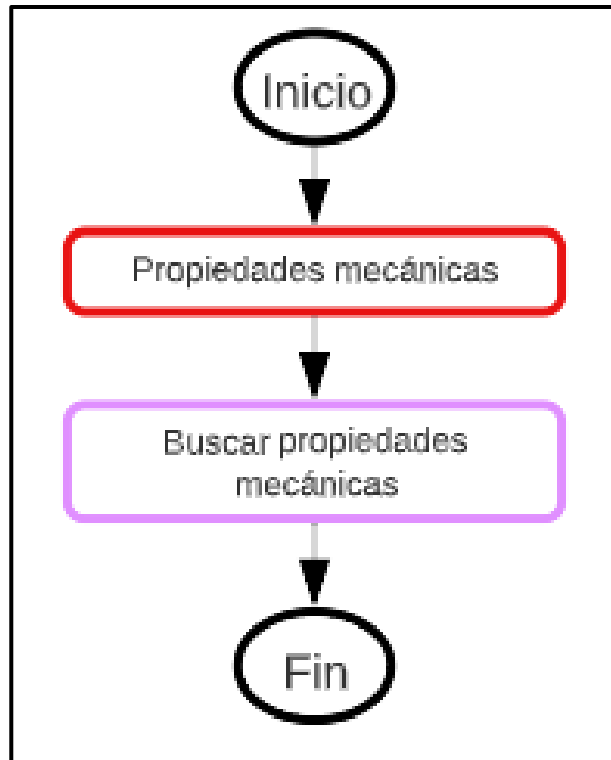
Proceso a seguir calcular vigas de materiales diferentes.



Elaborado por: Los autores.

Figura 6

Proceso a seguir calcular vigas de materiales diferentes.



Elaborado por: Los autores.

CAPÍTULO IV

VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

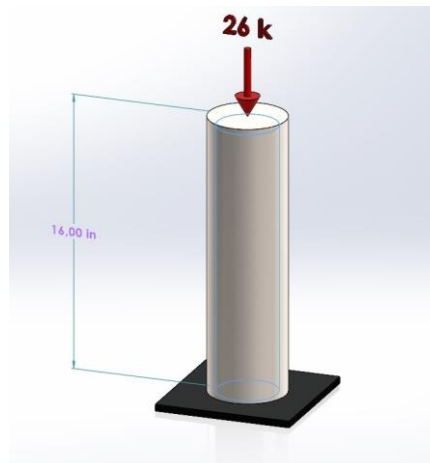
4.1 Análisis de resultados: Esfuerzos y Deformaciones

4.1.1 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a fuerza axial

Un poste corto, construido con un tubo circular hueco de aluminio, soporta una carga de compresión de 26 kips . Los diámetros interior y exterior del tubo son $d_1 = 4.0$ in y $d_2 = 4.5$ in, respectivamente, y su longitud es 16 in. Módulo de elasticidad del aluminio 70Gpa

Figura 7

Sección del poste circular hueco de aluminio



Elaborado por: Los autores.

Figura 8

Cálculo de esfuerzo y deformación por carga axial.

Datos

$$L := 16 \text{ in}$$

$$\phi_1 := 4 \text{ in}$$

$$\phi_2 := 4.5 \text{ in}$$

$$P := 26 \text{ kip} = 26000 \text{ lbf}$$

$$E := 70 \text{ GPa}$$

$$A := \frac{\pi}{4} \cdot (\phi_2^2 - \phi_1^2) = 3.338 \text{ in}^2$$

Esfuerzo

$$\sigma := \frac{P}{A} = 7789 \text{ psi}$$

Deformación

$$\delta := \frac{P \cdot L}{A \cdot E} = 0.012 \text{ in}$$

$$\varepsilon := \frac{\delta}{L} = 7.672 \cdot 10^{-4}$$

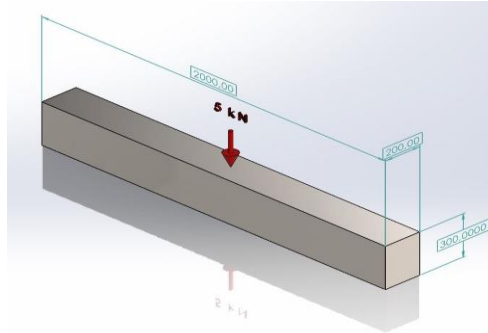
Elaborado por: Los autores.

4.1.2 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a fuerza cortante

Considere una viga de acero de 2 metros de longitud y una sección transversal de 20 cm x 30 cm. La viga está sujeta a una carga cortante de 5 kN. Determinar esfuerzo y deformación. El módulo de elasticidad para el acero es de 200 GPa.

Figura 9

Sección de la viga de acero



Elaborado por: Los autores.

Figura 10

Cálculo de esfuerzo y deformación por carga cortante.

Datos

$$L := 2 \text{ m}$$

$$b := 20 \text{ cm}$$

$$h := 30 \text{ cm}$$

$$F := 5 \text{ kN}$$

$$E := 200 \text{ GPa} = 20000 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$A := b \cdot h = 600 \text{ cm}^2$$

Esfuerzo

$$\sigma := \frac{F}{A} = 83333.333 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Deformación

$$\varepsilon := \frac{\sigma}{E} = 0$$

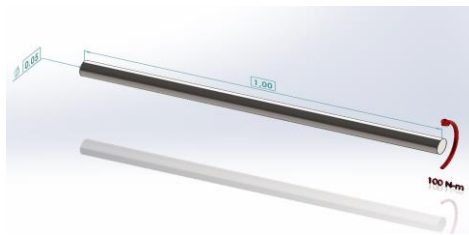
Elaborado por: Los autores.

4.1.3 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a momento torsor

Considere una barra cilíndrica de acero de 1 metro de longitud y un radio de 2.5cm. La barra está sujeta a un momento torsor de 100 Nm. El módulo de elasticidad del acero es 80GPa

Figura 11

Sección de la barra cilíndrica de acero



Elaborado por: Los autores.

Figura 12

Cálculo de esfuerzo y deformación por momento torsor.

Datos

$$L := 1 \text{ m}$$

$$r := 2.5 \text{ cm}$$

$$T := 100 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$E := 80 \text{ GPa}$$

$$J := \frac{\pi \cdot r^4}{2} = 0 \text{ m}^4$$

Esfuerzo

$$\sigma := \frac{T \cdot r}{J} = 4074366.543 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Deformación

$$\theta := \frac{T \cdot L}{E \cdot J} = 0.002 \text{ rad}$$

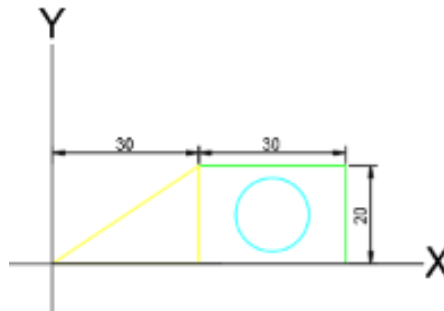
Elaborado por: Los autores.

4.2 Análisis de resultados: Propiedades geométricas de la sección

Determinar las propiedades mecánicas de la sección. Determine los momentos de inercia principales y la orientación de los ejes principales para el área de sección transversal con respecto a un eje que pase a través del centroide.

Figura 13

Sección a calcular las propiedades mecánicas



Nota. Se muestran las dimensiones de la sección. Elaborado por: Los autores.

Figura 14

Dimensiones de la sección

Figura 1	Figura 2	Figura 3	
$h_1 := 20 \text{ cm}$	$h_2 := 20 \text{ cm}$	$d := 15 \text{ cm}$	$r := \frac{d}{2} = 7.5 \text{ cm}$
$b_1 := 30 \text{ cm}$	$b_2 := 30 \text{ cm}$		

Elaborado por: Los autores.

Figura 15

Proceso de cálculo de la sección

	Área(cm ²)	Xi(cm)	Yi(cm)
Triángulo 1	$A_1 := \frac{h_1 \cdot b_1}{2} = 300 \text{ cm}^2$	$X_1 := \frac{2 \cdot b_1}{3} = 20 \text{ cm}$	$Y_1 := \frac{1 \cdot h_1}{3} = 6.667 \text{ cm}$
Rectángulo 1	$A_2 := h_2 \cdot b_2 = 600 \text{ cm}^2$	$X_2 := 45 \text{ cm}$	$Y_2 := 10 \text{ cm}$
Círculo 1	$A_3 := -\frac{\pi \cdot d^2}{4} = -176.715 \text{ cm}^2$	$X_3 := 45 \text{ cm}$	$Y_3 := 10 \text{ cm}$
$\Sigma A := A_1 + A_2 + A_3 = 723.285 \text{ cm}^2$			
	Ai*Xi(cm ³)	Ai*Yi(cm ³)	
Triángulo 1	$A_1 \cdot X_1 = 6000 \text{ cm}^3$	$A_1 \cdot Y_1 = 2000 \text{ cm}^3$	
Rectángulo 1	$A_2 \cdot X_2 = 27000 \text{ cm}^3$	$A_2 \cdot Y_2 = 6000 \text{ cm}^3$	
Círculo 1	$A_3 \cdot X_3 = -7952.156 \text{ cm}^3$	$A_3 \cdot Y_2 = -1767.146 \text{ cm}^3$	
$\Sigma AxX := A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 = 25047.844 \text{ cm}^3$			
$\Sigma AxY := A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2 + A_3 \cdot Y_2 = 6232.854 \text{ cm}^3$			
$x_c := \frac{\Sigma AxX}{\Sigma A} = 34.631 \text{ cm}$		$y_c := \frac{\Sigma AxY}{\Sigma A} = 8.617 \text{ cm}$	
	Ix(cm ⁴)	Iy(cm ⁴)	Ixy(cm ⁴)
Triángulo 1	$I_{x1} := \frac{b_1 \cdot h_1^3}{36} = 6666.667 \text{ cm}^4$	$I_{y1} := \frac{b_1^3 \cdot h_1}{36} = 15000 \text{ cm}^4$	$I_{xy1} := \frac{b_1^2 \cdot h_1^2}{72} = 5000 \text{ cm}^4$
Rectángulo 1	$I_{x2} := \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} = 20000 \text{ cm}^4$	$I_{y2} := \frac{b_2^3 \cdot h_2}{12} = 45000 \text{ cm}^4$	$I_{xy2} := 0$

Elaborado por: Los autores.

Figura 16

Proceso de cálculo de la sección

$$\text{Círculo 1} \quad I_{x_3} := -\frac{\pi \cdot r^4}{4} = -2485.049 \text{ cm}^4 \quad I_{y_3} := -\frac{\pi \cdot r^4}{4} = -2485.049 \text{ cm}^4 \quad I_{xy_2} := 0$$

$$I_x := I_{x_1} + I_{x_2} + I_{x_3} = 24181.618 \text{ cm}^4$$

$$I_y := I_{y_1} + I_{y_2} + I_{y_3} = 57514.951 \text{ cm}^4$$

$$A_i(x_i - x_c)^2$$

$$A_i(y_i - y_c)^2$$

$$\text{Triángulo 1} \quad A_1 \cdot (X_1 - x_c)^2 = 642.168 \text{ m} \cdot \text{cm}^3 \quad A_1 \cdot (Y_1 - y_c)^2 = 11.416 \text{ m} \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{Rectángulo 1} \quad A_2 \cdot (X_2 - x_c)^2 = 645.141 \text{ m} \cdot \text{cm}^3 \quad A_2 \cdot (Y_2 - y_c)^2 = 11.469 \text{ m} \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{Círculo 1} \quad A_3 \cdot (X_3 - x_c)^2 = -190.01 \text{ m} \cdot \text{cm}^3 \quad A_3 \cdot (Y_3 - y_c)^2 = -3.378 \text{ m} \cdot \text{cm}^3$$

$$\Sigma Ax := A_1 \cdot (Y_1 - y_c)^2 + A_2 \cdot (Y_2 - y_c)^2 + A_3 \cdot (Y_3 - y_c)^2 = 1950.753 \text{ cm}^4$$

$$\Sigma Ay := A_1 \cdot (X_1 - x_c)^2 + A_2 \cdot (X_2 - x_c)^2 + A_3 \cdot (X_3 - x_c)^2 = 109729.871 \text{ cm}^4$$

$$I_x \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$I_y \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$I_x := I_x + \Sigma Ax = 26132.371 \text{ cm}^4$$

$$I_y := I_y + \Sigma Ay = 167244.822 \text{ cm}^4$$

$$I_{xy} := ((I_{xy1} + A_1 \cdot (Y_1 - y_c) \cdot (X_1 - x_c)) + A_2 \cdot (Y_2 - y_c) \cdot (X_2 - x_c) + A_3 \cdot (Y_3 - y_c) \cdot (X_3 - x_c)) = 19630.649 \text{ cm}^4$$

Módulo de sección

$$S_x := \frac{I_x}{y_c} = 3032.505 \text{ cm}^3$$

$$S_y := \frac{I_y}{x_c} = 4829.387 \text{ cm}^3$$

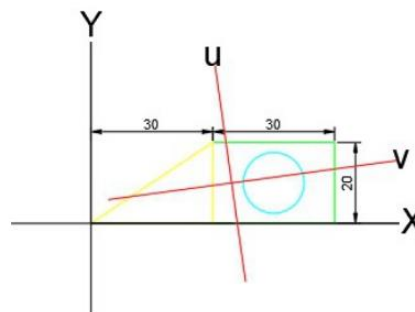
Momentos de inercia máximos y mínimos

Ángulos de inclinación

$$\theta_p := \frac{-I_{xy}}{(I_x - I_y)} = 0.278$$

$$\theta_p := \text{atan}(\theta_p) = 0.271$$

$$\theta_p := \frac{\theta_p \cdot 180}{\pi} = 7.774$$



Elaborado por: Los autores.

Figura 17

Obtención de momentos de inercia principales con círculo de Mohr.

Momentos inercia respecto a u y v

$$I_{max} := \frac{Ix + Iy}{2} + \sqrt{\left(\frac{Ix - Iy}{2}\right)^2 + I_{xy}^2} = 169924.813 \text{ cm}^4 \quad I_{min} := \frac{Ix + Iy}{2} - \sqrt{\left(\frac{Ix - Iy}{2}\right)^2 + I_{xy}^2} = 23452.38 \text{ cm}^4$$

Con el círculo de Mohr, determine los momentos de inercia principales y la orientación de los ejes principales mayores para el área de la sección transversal de la viga.

$$C := \frac{Ix + Iy}{2} = 96688.597 \text{ cm}^4$$

$$Ix = 26132.371 \text{ cm}^4$$

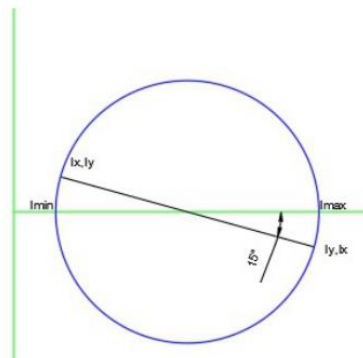
$$Ic := C - Ix = 70556.225 \text{ cm}^4$$

$$OA := \sqrt{Ic^2 + I_{xy}^2} = 73236.216 \text{ cm}^4$$

$$Imax := C + OA = 169924.813 \text{ cm}^4$$

$$Imin := C - OA = 23452.38 \text{ cm}^4$$

Son los mismos momentos máximos que sacamos por ejes paralelos



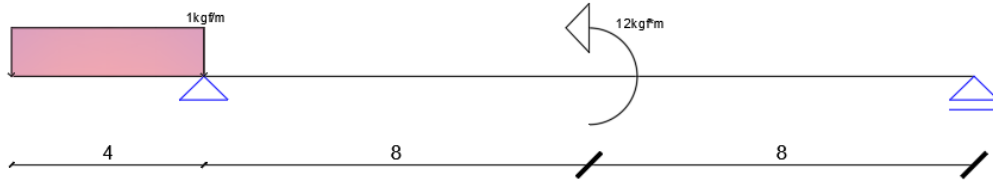
Elaborado por: Los autores.

4.3 Análisis de resultados: Esfuerzos y deformaciones por flexión en elementos isostáticos.

Calcule reacciones, dibuje los diagramas de fuerza cortante y de momento flexionante para esta viga.

Figura 18

Viga simple apoyada



Nota. Fuente: Autores

Figura 19

Cálculo de fuerzas cortantes y momentos flexionantes

$$\Sigma Mb := 4 \text{ kgf} (2 \text{ m}) + 12 \text{ kgf} \cdot \text{m} + R_c (16 \text{ m})$$

$$R_c := \frac{20 \text{ kgf} \cdot \text{m}}{16 \text{ m}} = -1.25 \text{ kgf}$$

$$R_b := -4 \text{ kgf} + R_c$$

$$R_b := 5.25 \text{ kgf}$$

Diagrama de corte

Punto A

$$0 - 4 \text{ kgf} = -4 \text{ kgf}$$

Punto B

$$-4 \text{ kgf} + R_b = 1.25 \text{ kgf}$$

Punto D

$$-1.25 \text{ kgf} + 1.25 \text{ kgf} = 0 \text{ kgf}$$

Diagrama de momento

$$M_a := 0 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_b := \frac{1 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \cdot (4 \text{ m})^2}{2} = -8 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_c := -8 \text{ kgf} \cdot \text{m} + (1.25 \text{ kgf} \cdot 8 \text{ m}) = 2 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

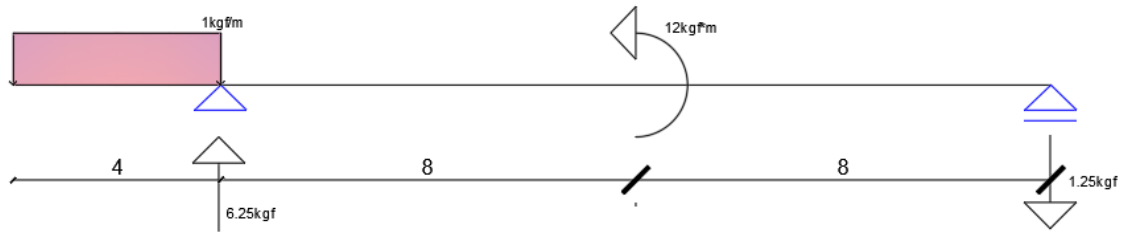
$$M_c := 2 \text{ kgf} \cdot \text{m} - 12 \text{ kgf} \cdot \text{m} = -10 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_D := 0 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Elaborado por: Los autores.

Figura 20

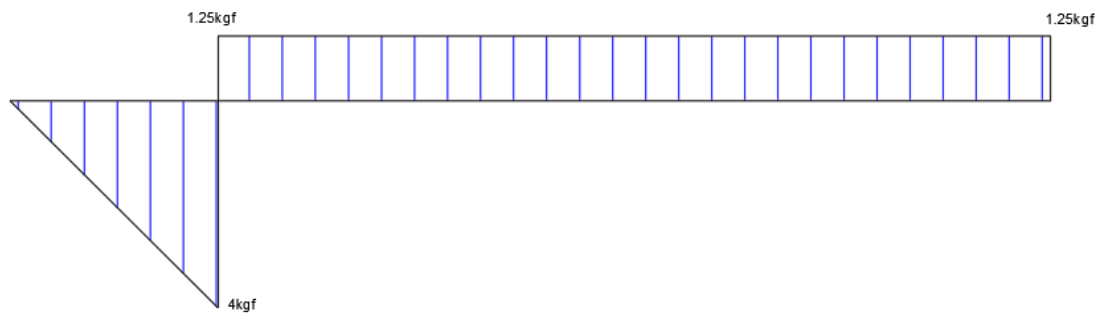
Reacciones en los apoyos.



Elaborado por: Los autores.

Figura 21

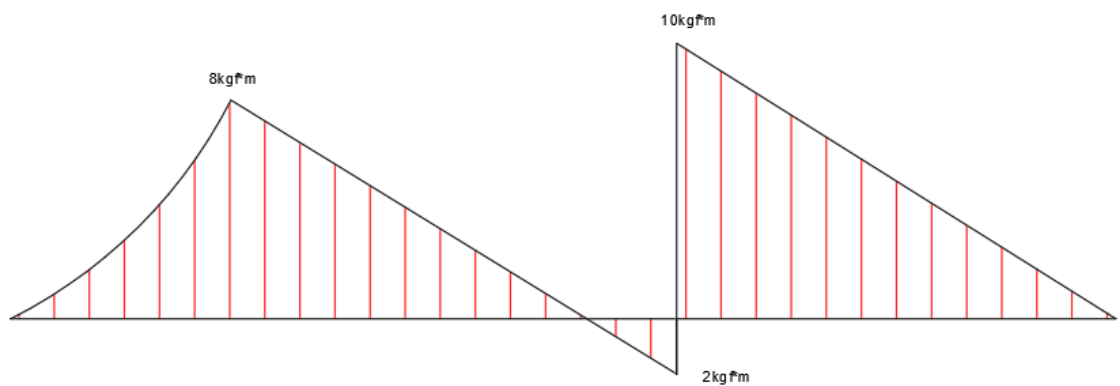
Diagrama de corte



Elaborado por: Los autores.

Figura 22

Diagrama de momento



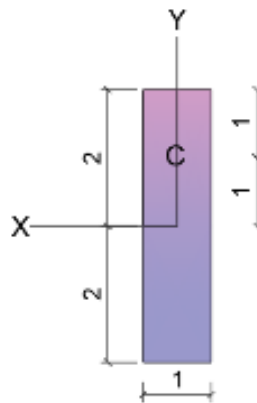
Elaborado por: Los autores.

Esfuerzos y Deformaciones

La sección transversal de la viga es rectangular con ancho $b = 1$ in y altura $h = 4$ in. La viga está apoyada de manera adecuada contra el pandeo lateral. Determine el esfuerzo normal en el momento máximo y cortante máximo de la viga

Figura 23

Sección transversal de la viga



Elaborado por: Los autores.

Figura 24

Cálculo de esfuerzo normal

$$I := \frac{1 \text{ m} \cdot (4 \text{ m})^3}{12} = 5.333 \text{ m}^4$$

$$M_{\text{max}} := -10 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{max}} := -4 \text{ kgf}$$

$$\sigma_c := \frac{-M_{\text{max}} \cdot 1 \text{ m}}{I} = 1.875 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$b := 1 \text{ m}$$

$$h_c := 1 \text{ m}$$

Elaborado por: Los autores.

Figura 25

Cálculo de esfuerzo cortante

$$y_c := \frac{1 \text{ m}}{2} \left(\frac{(4 \text{ m})^2}{4} - (1 \text{ m})^2 \right) = 1.5 \text{ m}^3$$

$$A_c := h_c \cdot b = 1 \text{ m}^2$$

$$Q_c := A_c \cdot y_c = 1.5 \text{ m}^5$$

$$\tau_c := \frac{V_{\max} \cdot Q_c}{I \cdot b} = -1.125 \text{ kgf}$$

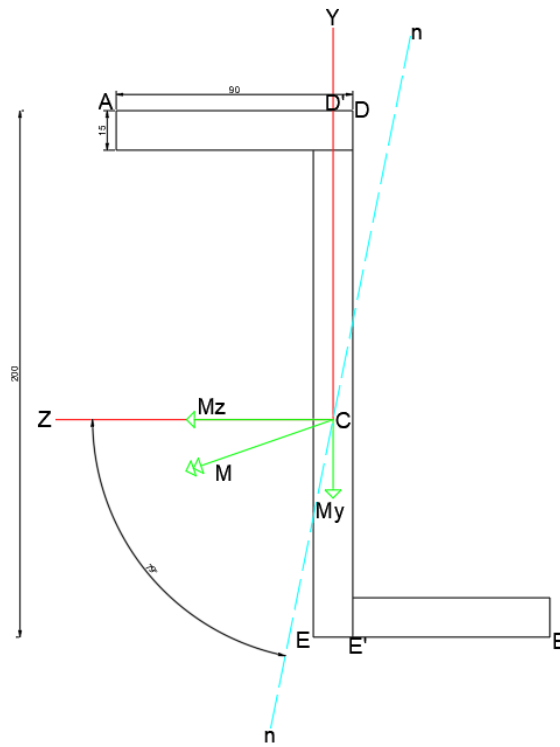
Elaborado por: Los autores.

4.3.1 Flexión asimétrica

Un perfil Z se somete a un momento flexionante $M = 3 \text{ kN}\cdot\text{m}$ a un ángulo $u = -20^\circ$ con respecto al eje z , como se muestra en la figura. Encuentre los esfuerzos normales en A , B , D y E y también determine la posición del eje neutro. Utilice los datos numéricos siguientes: $h = 200 \text{ mm}$, $b = 90 \text{ mm}$, espesor $t = 15 \text{ mm}$.

Figura 26

Sección de perfil Z, eje neutro y momento flexionante



Elaborado por: Los autores.

Figura 27

Cálculo de esfuerzos flexionantes y eje neutro de la sección

$$h := 200 \text{ mm}$$

$$b := 90 \text{ mm}$$

$$t := 15 \text{ mm}$$

Propiedades de la sección transversal

$$I_z := 32.6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad I_y := 2.4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\theta_{p1} := 19.2^\circ$$

Coordenadas (y, z) de los puntos A, B, D, D', E y E'.

$$\theta := -20 \cdot \frac{\pi}{180} \text{ rad}$$

$$y_A := \frac{h}{2} \cdot \cos(\theta_{p1}) + \left(b - \frac{t}{2}\right) \cdot \sin(\theta_{p1}) = 121.569 \text{ mm}$$

$$z_A := \left(b - \frac{t}{2}\right) \cdot \cos(\theta_{p1}) - \frac{h}{2} \cdot \sin(\theta_{p1}) = 45.024 \text{ mm}$$

$$y_B := -y_A = -121.569 \text{ mm}$$

$$z_B := -z_A = -45.024 \text{ mm}$$

$$y_D := \frac{h}{2} \cdot \cos(\theta_{p1}) - \frac{t}{2} \cdot \sin(\theta_{p1}) = 91.971 \text{ mm}$$

$$z_D := -\frac{h}{2} \cdot \sin(\theta_{p1}) - \frac{t}{2} \cdot \cos(\theta_{p1}) = -39.969 \text{ mm}$$

$$y_{D'} := \frac{h}{2} \cdot \cos(\theta_{p1}) = 94.438 \text{ mm}$$

$$z_{D'} := -\frac{h}{2} \cdot \sin(\theta_{p1}) = -32.887 \text{ mm}$$

$$y_{E'} := -y_{D'} = -94.438 \text{ mm}$$

$$z_{E'} := -z_{D'} = 32.887 \text{ mm}$$

$$y_E := -y_D = -91.971 \text{ mm}$$

$$z_E := -z_D = 39.969 \text{ mm}$$

Momentos flexionantes (kN*m)

$$M := 3 \text{ kN} \cdot \text{m} = 3000 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

$$M_y := M \cdot \sin(\theta) = -1026.06 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

$$M_z := M \cdot \cos(\theta) = 2819.078 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

Esfuerzos flexionantes en A, B, D y E

$$\sigma_A := \frac{M_y \cdot z_A}{I_y} - \frac{M_z \cdot y_A}{I_z} = -0.03 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{D'} := \frac{M_y \cdot z_{D'}}{I_y} - \frac{M_z \cdot y_{D'}}{I_z} = 0.006 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_B := \frac{M_y \cdot z_B}{I_y} - \frac{M_z \cdot y_B}{I_z} = 0.03 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{E'} := -\sigma_{D'} = -0.006 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_D := \frac{M_y \cdot z_D}{I_y} - \frac{M_z \cdot y_D}{I_z} = 0.009 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_E := \frac{M_y \cdot z_E}{I_y} - \frac{M_z \cdot y_E}{I_z} = -0.009 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

Ubicación del eje neutro

$$\beta := \frac{I_z}{I_y} \cdot \tan(\theta) = -4.944$$

$$\text{atan}(\beta) := -78.56^\circ$$

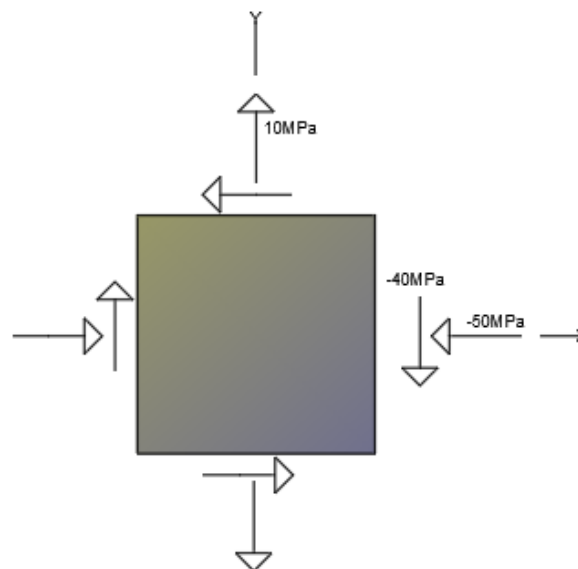
Elaborado por: Los autores.

4.4 Análisis de resultados: Esfuerzos en el Plano

En un punto sobre la superficie de un eje de un generador los esfuerzos son $\sigma_x = -50$ MPa, $\sigma_y = 10$ MPa y $\tau_{xy} = -40$ MPa. Utilice el círculo de Mohr para determinar las siguientes cantidades: (a) los esfuerzos que actúan sobre un elemento inclinado a un ángulo $u = 45^\circ$, (b) los esfuerzos principales y (c) los esfuerzos cortantes máximos. (Considere sólo los esfuerzos en el plano y muestre los resultados en diagramas de elementos orientados de manera apropiada.)

Figura 28

Elemento en esfuerzo plano



Elaborado por: Los autores.

Figura 29

Elemento en esfuerzo plano

$$\sigma_x := -50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y := 10 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} := -40 \text{ MPa}$$

$$\theta := 45^\circ$$

$$\sigma_{prom} := \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = -20 \text{ MPa}$$

$$R := \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = 50 \text{ MPa}$$

$$\tan ACP_2 := \text{atan}\left(\frac{4}{3}\right)$$

$$\tan ACP_2 := 53.13^\circ$$

$$DCP_2 := 90^\circ - \tan ACP_2$$

$$DCP_2 := 36.87^\circ$$

Punto D

$$\sigma_{x1} := \sigma_{prom} - (R) \cdot \cos(36.87^\circ) = -60 \text{ MPa}$$

$$\tau_{x1y1} := (R) \cdot \sin(36.87^\circ) = 30 \text{ MPa}$$

Punto D'

$$\sigma_{x1} := \sigma_{prom} + (R) \cdot \cos(36.87^\circ) = 20 \text{ MPa}$$

$$\tau_{x1y1} := -(R) \cdot \sin(36.87^\circ) = -30 \text{ MPa}$$

Esfuerzos principales

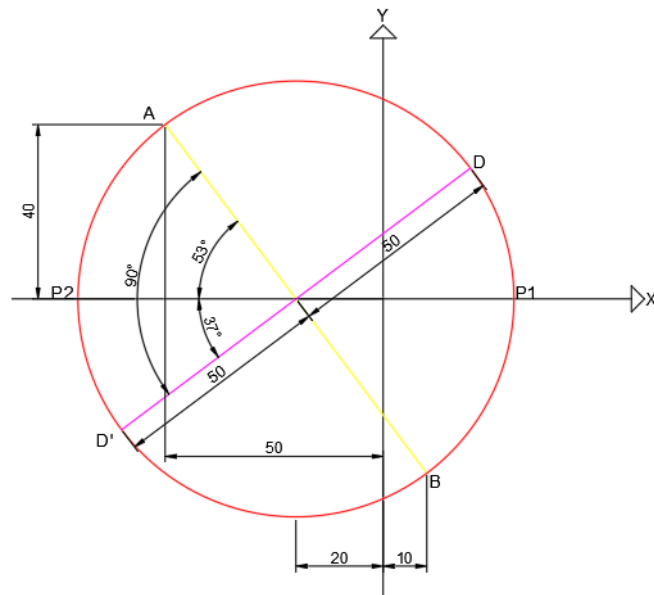
$$\sigma_1 := \sigma_{prom} + R = 30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 := \sigma_{prom} - R = -70 \text{ MPa}$$

Elaborado por: Los autores.

Figura 30

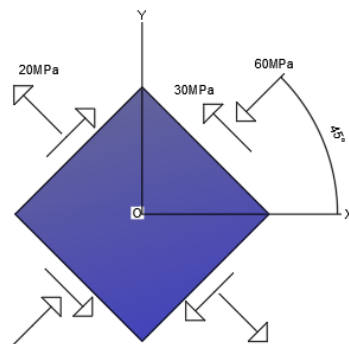
Círculo de Mohr correspondiente



Elaborado por: Los autores.

Figura 31

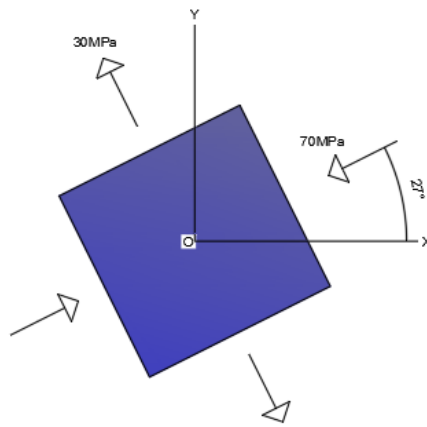
Esfuerzos actuantes a un ángulo de 45°



Elaborado por: Los autores.

Figura 32

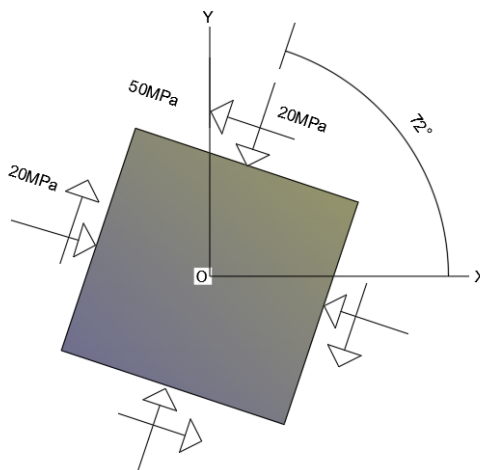
Esfuerzos principales



Elaborado por: Los autores.

Figura 33

Esfuerzos cortantes máximos



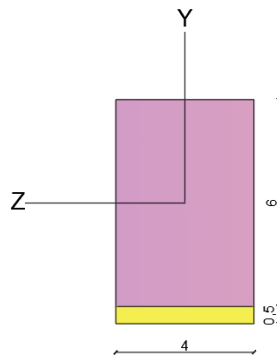
Elaborado por: Los autores.

4.5 Análisis de resultados vigas de materiales diferentes

La viga compuesta que se muestra en la figura 6.10a está formada de una viga de madera (con dimensiones reales 4.0 in \times 6.0 in) y una placa de refuerzo de acero (ancho de 4.0 in y espesor de 0.5 in). La viga está sometida a un momento flexionante positivo $M = 60$ k-in. Utilizando el método de la sección transformada, calcule los esfuerzos máximos de tensión y compresión en la madera (material 1) y los esfuerzos máximo y mínimo de tensión en el acero (material 2) si $E_1 = 1500$ ksi y $E_2 = 30,000$ ksi.

Figura 34

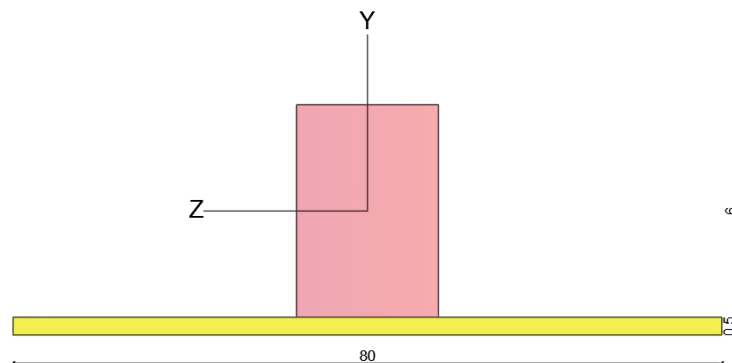
Sección viga



Nota. Viga de madera y acero. Elaborado por: Los autores.

Figura 35

Viga transformada



Elaborado por: Los autores.

Figura 36

Proceso de cálculo de viga para materiales diferentes

$$M := 60 \text{ kip} \cdot \text{in} = 6779.09 \text{ J}$$

Madera

Placa acero

$$h_m := 6 \text{ in}$$

$$h_a := 0.5 \text{ in}$$

$$b_m := 4 \text{ in}$$

$$b_a := 4 \text{ in}$$

$$E_m := 1500 \text{ ksi}$$

$$E_a := 30000 \text{ ksi}$$

$$n := \frac{E_a}{E_m} = 20$$

$$r := n \cdot b_a = 80 \text{ in}$$

$$h1 := \frac{\frac{h_a}{2} \cdot h_a \cdot r + \left(\left(h_a + \frac{h_m}{2} \right) \cdot h_m \cdot b_m \right)}{h_m \cdot b_m + h_a \cdot r} = 1.469 \text{ in}$$

$$h2 := h_m + h_a - h1 = 5.031 \text{ in}$$

$$I_T := \frac{b_m \cdot h_m^3}{12} + h_m \cdot b_m \cdot \left(h2 - \frac{h_m}{2} \right)^2 + \frac{r \cdot h_a^3}{12} + r \cdot h_a \cdot \left(h1 - \frac{h_a}{2} \right)^2 = 231.271 \text{ in}^4$$

Esfuerzos normales de la madera en los puntos 1 y 2

$$\sigma_1 := -\frac{M \cdot h2}{I_T} = -1.305 \frac{\text{kip}}{\text{in}^2}$$

$$\sigma_2 := -\frac{M \cdot (h1 - h_a)}{I_T} = -0.251 \frac{\text{kip}}{\text{in}^2}$$

Esfuerzos normales de la madera en los puntos 3 y 4

$$\sigma_3 := -\frac{M \cdot h1}{I_T} \cdot n = -7.621 \frac{\text{kip}}{\text{in}^2}$$

$$\sigma_4 := -\frac{M \cdot (h1 - h_a)}{I_T} \cdot n = -5.027 \frac{\text{kip}}{\text{in}^2}$$

Elaborado por: Los autores.

CAPÍTULO V

GUÍA DE USUARIO

5.1 Entorno gráfico “Simulink-Matlab”

Para poder utilizar el programa Simulink de manera correcta es importante estar familiarizado con las herramientas.

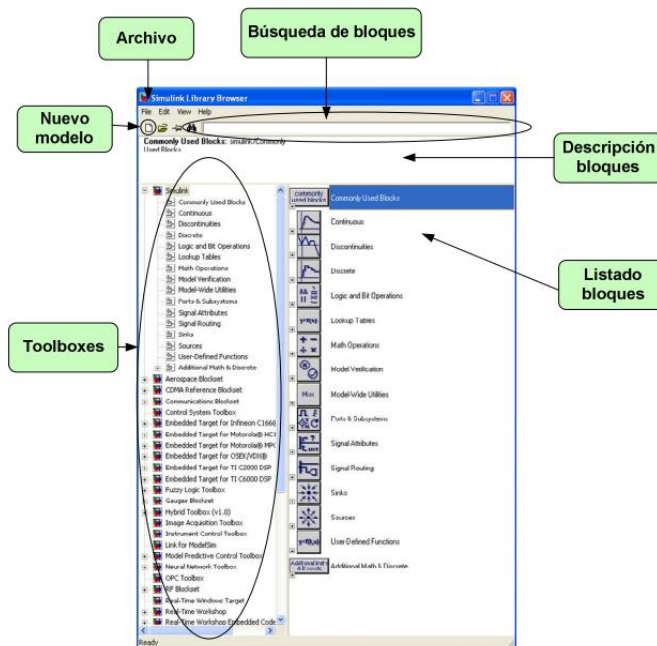
Una vez que se inicia una sesión en Matlab, Simulink lo puede iniciar con el comando:

```
>>simulink
```

Esto abre la ventana de control del Simulink con sus respectivas herramientas, y para iniciar hacer clic en “file” luego en “new” del menú. Con ello abre una ventana donde se puede empezar a trabajar.

Figura 37

Ventana y librería de Simulink

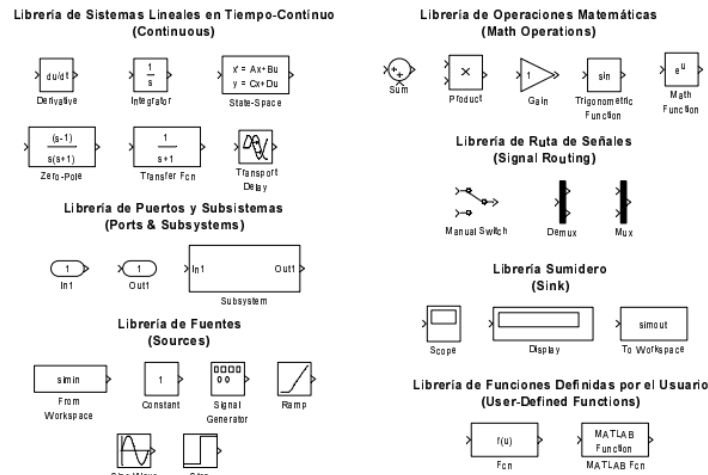


Nota. Ventana y librería de Simulink. Fuente: Rubio y Raffo (2009)

El estudiante puede personalizar cada uno de los bloques según las necesidades del problema que quieren solucionar, a través de una ventana de configuración accesible mediante un doble clic en el bloque elegido.

Figura 38

Bloques principales

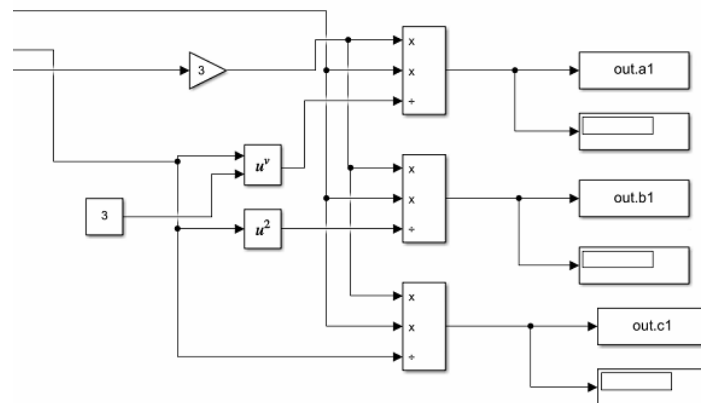


Nota. Bloques principales. Fuente: Rubio y Raffo (2009)

Para exportar el código hacia la interfaz gráfica “appdesigner” se utiliza el bloque “out” al final de los resultados obtenidos como se muestra en la figura 36.

Figura 39

Bloque out.



Nota. Se muestra la forma en la que se exportan los datos. Fuente: Autores.

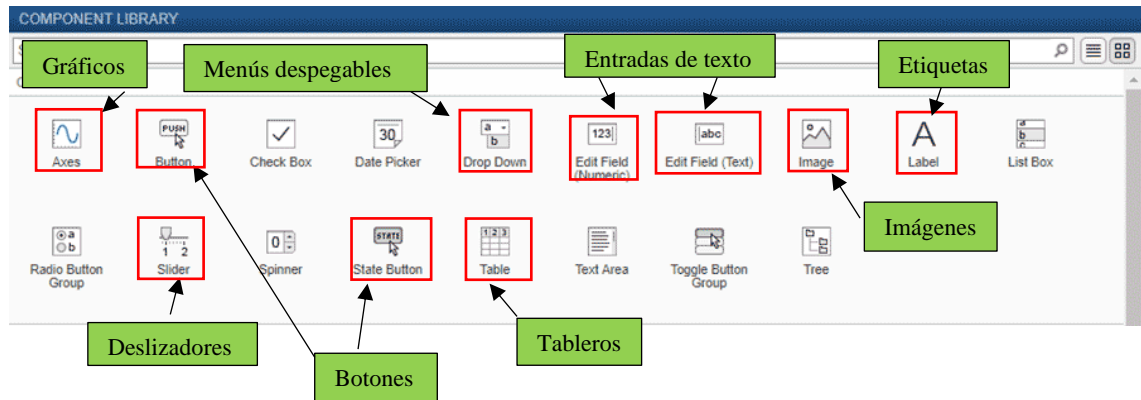
Una vez que se haya realizado el código en simulink se exportarán los resultados a la interfaz gráfica de appdesigner el cual es un entorno de desarrollo integrado en MATLAB que se utiliza para crear aplicaciones gráficas de usuario personalizadas. Con App Designer, se puede escribir el código necesario para realizar tareas y probar la aplicación en una sola herramienta. App Designer proporciona una amplia gama de herramientas y componentes que te permiten crear aplicaciones con una experiencia de usuario atractiva e intuitiva.

En la librería las herramientas que utilizamos para el desarrollo del software fueron:

1. **Botones (Button):** Te permiten crear botones interactivos que realizan una tarea específica en la aplicación.
2. **Entradas de texto (Edit Field):** Te permiten aceptar entrada de usuario en forma de texto.
3. **Deslizadores (Slider):** Te permiten crear barras deslizantes para controlar valores numéricos en la aplicación.
4. **Menús desplegables (Drop Down):** Te permiten crear menús desplegables que proporcionan opciones para el usuario.
5. **Tableros (Table):** Te permiten organizar los componentes en un formato de pestañas o de paneles.
6. **Gráficos (Axes):** Te permiten visualizar datos en forma de gráficos, como líneas, barras, pastel, etc.
7. **Etiquetas (Label):** Te permiten agregar textos informativos en la aplicación.
8. **Imágenes (Image):** Te permiten agregar imágenes en la aplicación.

Figura 40

Componentes de la librería App Designer.



Nota. Fuente: Autores

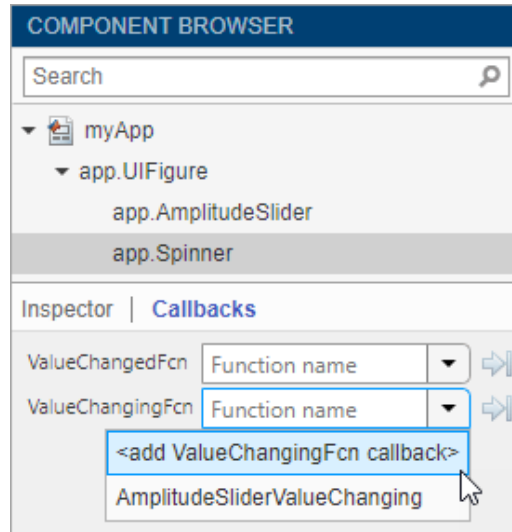
Las herramientas utilizadas anteriormente son llamadas por el callback; que es una función que se ejecuta en respuesta a un evento en la interfaz de usuario de una aplicación desarrollada con App Designer en MATLAB. Un evento puede ser una acción del usuario, como hacer clic en un botón, o un cambio en los datos de la aplicación, como la actualización de un gráfico.

Los "Callbacks" son esenciales para hacer que una aplicación interactúe con los usuarios y para realizar tareas específicas en respuesta a esas interacciones. Los "Callbacks" pueden ser utilizados para agregar valores a la aplicación.

Por ejemplo, un "Callback" puede ser utilizado para tomar un valor de entrada del usuario, realizar cálculos con ese valor y agregar el resultado a una tabla o gráfico en la interfaz de usuario. Figura 38.

Figura 41

Función “callback”



Elaborado por: Los autores.

5.2 Pasos para ingresar los datos de entrada

Al ejecutar el programa se visualizará como en la figura 42, se deberá seleccionar el tema a calcular.

Figura 42

Pantalla de inicio del programa



Elaborado por: Los autores.

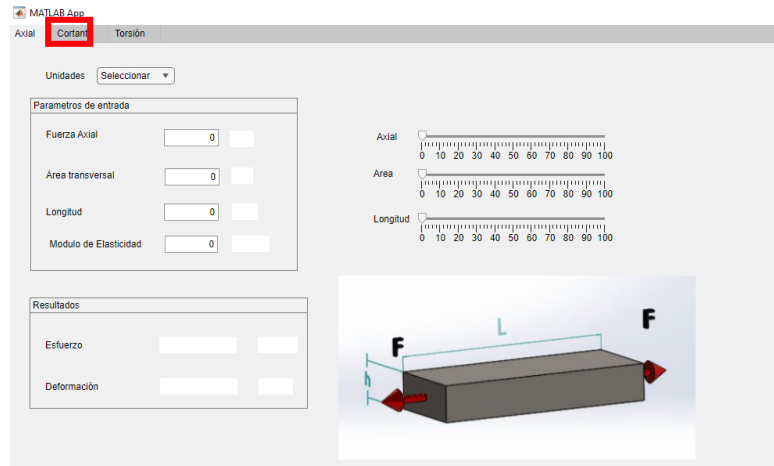
5.2.1 Esfuerzos sujetos a fuerza axial, cortante y torsión.

La pantalla de inicio se visualiza de la siguiente forma

Se puede intercambiar para axial, corte y torsión al dar clic en las diferentes pestañas.

Figura 43

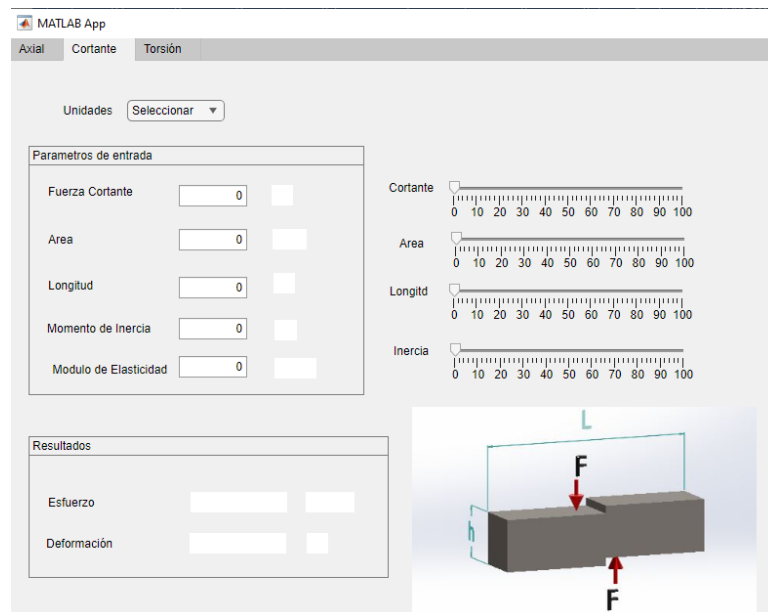
Pantalla de inicio cálculo de esfuerzos y deformaciones por axial



Elaborado por: Los autores.

Figura 44

Pantalla de inicio cálculo de esfuerzos y deformaciones por corte.

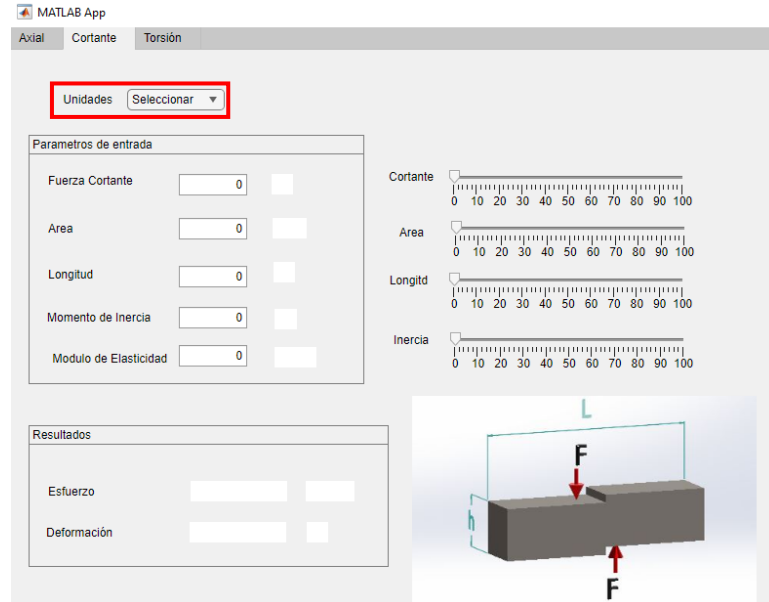


Elaborado por: Los autores.

1. Seleccionar las unidades en las que se ingresarán los datos.

Figura 45

Botón unidades

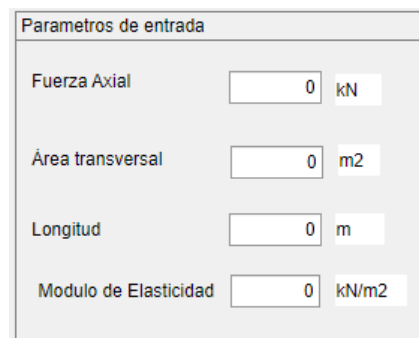


Elaborado por: Los autores.

2. Ingresar los parámetros de entrada de forma manual o utilizando el “Slider” sólo colocando el mouse y recorriendo la flecha.

Figura 46

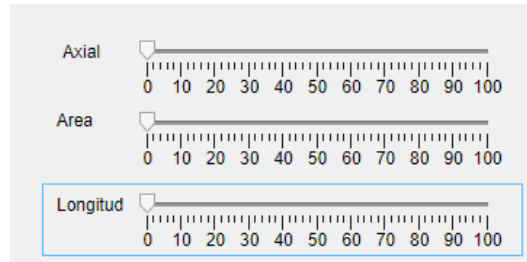
Parámetros de entrada



Elaborado por: Los autores.

Figura 47

Parámetros de entrada utilizando slider



Elaborado por: Los autores.

3. Los resultados aparecerán de forma automática a medida que se ingresen los datos.

Figura

Figura 48

Tabla de resultados

Resultados	
Esfuerzo	<input type="text"/>
Deformación	<input type="text"/>

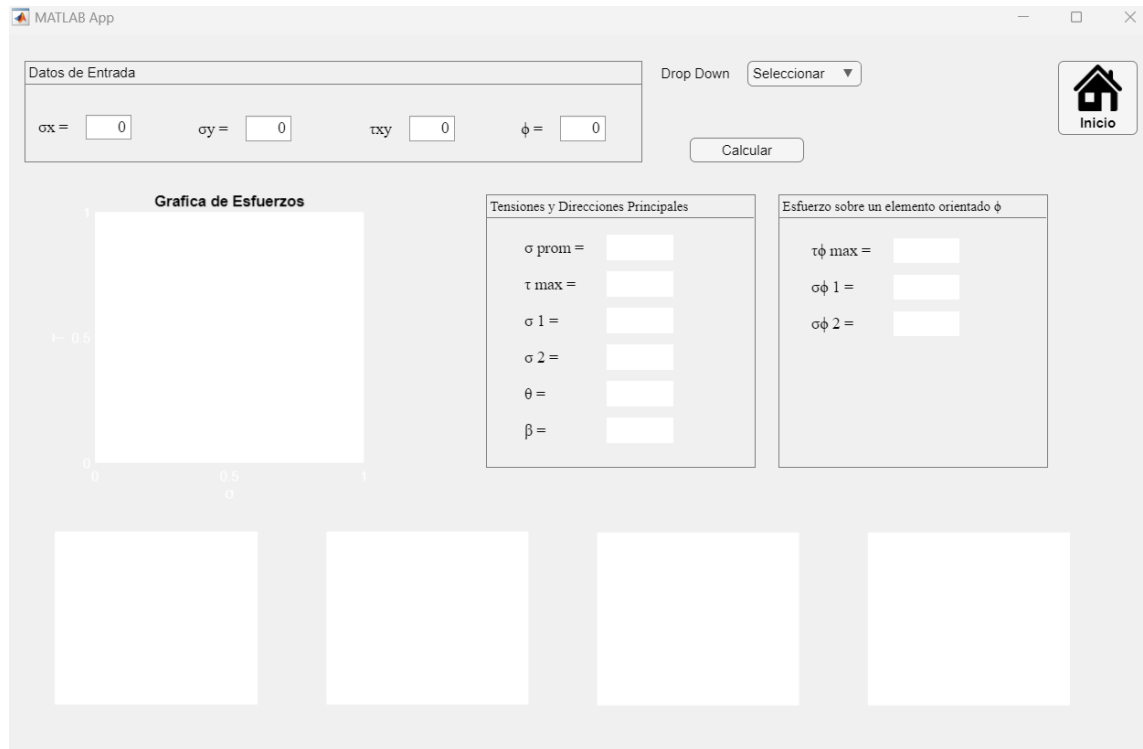
Elaborado por: Los autores.

5.2.2 Círculo de Mohr

La pantalla de inicio se visualiza de la siguiente forma

Figura 49

Pantalla de inicio círculo de Mohr

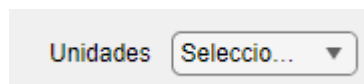


Elaborado por: Los autores.

1. Seleccionar las unidades en las que se ingresarán los datos.

Figura 50

Unidades a seleccionar

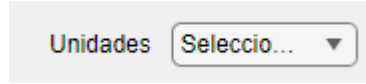


Elaborado por: Los autores.

1. Seleccionar las unidades en las que se ingresarán los datos.

Figura 53

Unidades a seleccionar

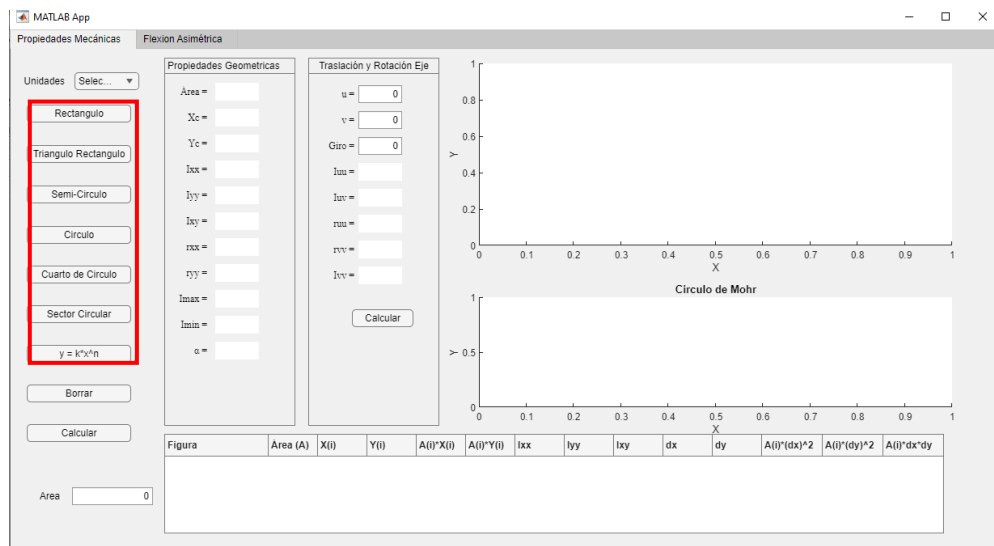


Elaborado por: Los autores.

2. Seleccionamos la figura que queremos ingresar para el cálculo.

Figura 54

Botones para escoger la figura.



Elaborado por: Los autores.

3. Aquí definimos las dimensiones de la figura antes escogida, es importante mencionar que para colocar la figura en el plano se debe tener en cuenta las coordenadas (x,y) y la orientación se la puede definir mediante el ángulo.

Figura 55

Datos de entrada dependiendo de la figura que se escoja

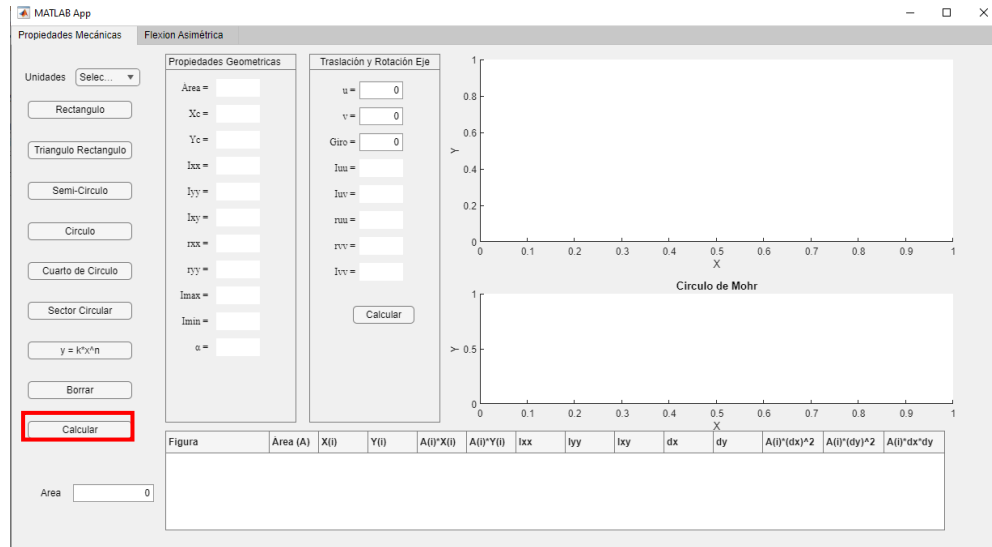


Elaborado por: Los autores.

4. Al ingresar todas las figuras requeridas presionar el botón calcular.

Figura 56

Botón calcular



Elaborado por: Los autores.

5. Para realizar la rotación y traslación de ejes utilizaremos las coordenadas “u”, “v” y el ángulo del giro el cual se desee calcular.

Figura 57

Tabla para ingresar la rotación y traslación de ejes.

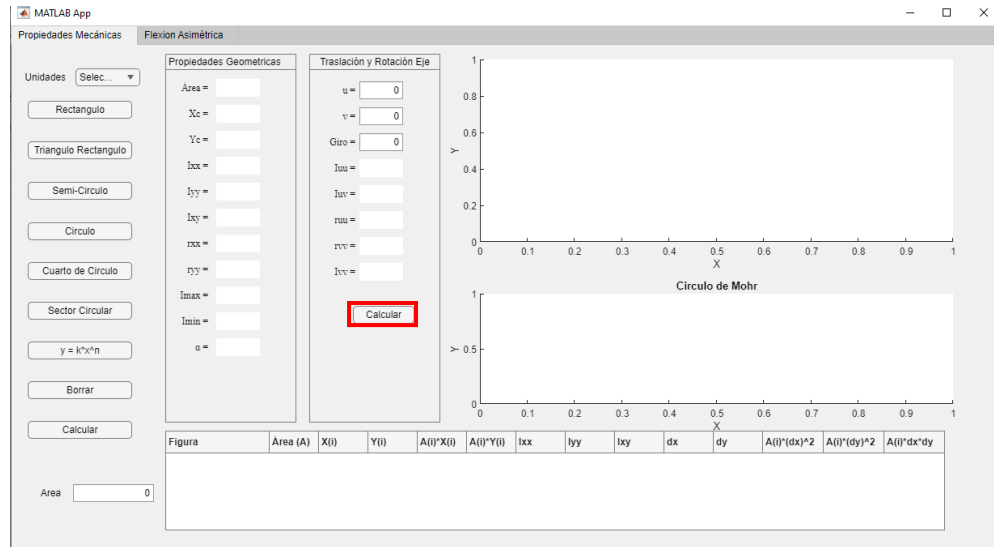
Traslación y Rotación Eje	
u =	<input type="text" value="0"/>
v =	<input type="text" value="0"/>
Giro =	<input type="text" value="0"/>

Elaborado por: Los autores.

6. Al presionar calcular se obtendrá resultados respecto a las nuevas coordenadas.

Figura 58

Botón calcular



Elaborado por: Los autores.

- En la tabla se obtendrán los resultados de cada figura de acuerdo al orden en el que se ingresaron.

Figura 59

Tabla de resultados

Figura	Área (A)	X(i)	Y(i)	A(i)*X(i)	A(i)*Y(i)	Ixx	Iyy	Ixy	dx	dy	A(i)*(dx)^2	A(i)*(dy)^2	A(i)*dx*dy

Elaborado por: Los autores.

5.2.4 Flexión Asimétrica

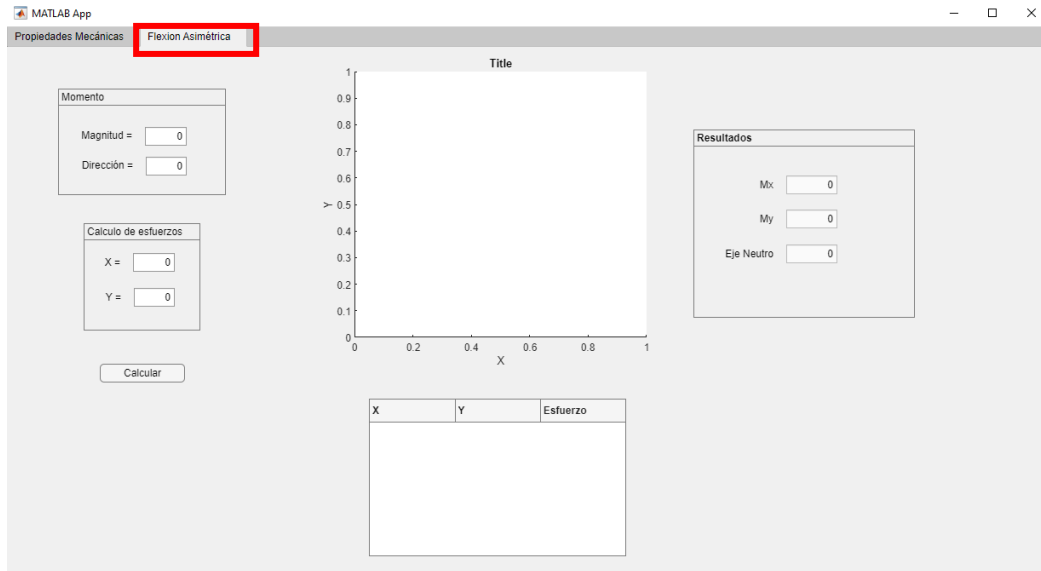
Al ingresar la pantalla de inicio se visualiza de la siguiente forma, este tema se encuentra dentro de la pestaña de propiedades mecánicas debido que al ingresar la figura en el tema de propiedades mecánicas esta misma se reflejará en la ventana de flexión asimétrica.

Las unidades que se ingresan en la sección de propiedades mecánicas son las mismas que se utilizarán para Flexión Asimétrica.

Nota: En la gráfica que se muestra la sección su eje “x” se encuentra invertido, donde los valores positivos en “x” se encuentran al lado izquierdo del eje “y”.

Figura 60

Pantalla de ingreso a flexión asimétrica

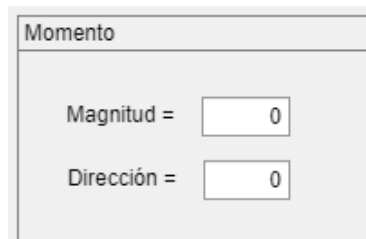


Elaborado por: Los autores.

1. Una vez ingresada la figura en la pestaña de propiedades mecánicas y al estar ya calculada la sección, seleccionar la pestaña de flexión asimétrica.
2. Ingresar la magnitud y la dirección a la que se va a encontrar el momento flexionante.

Figura 61

Parámetros de entrada de magnitud y dirección

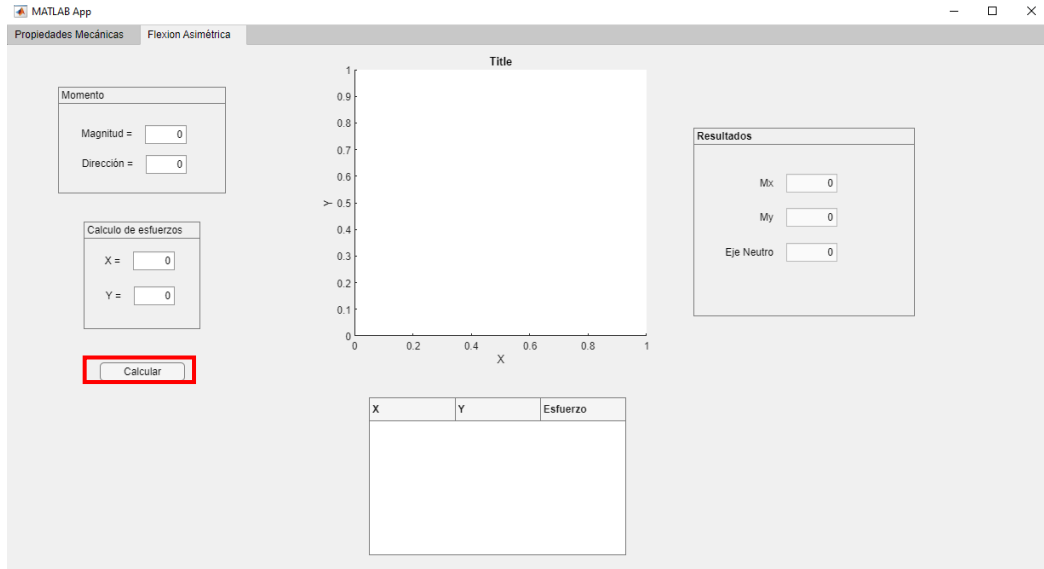


Elaborado por: Los autores.

3. Presionar el botón calcular

Figura 62

Botón calcular

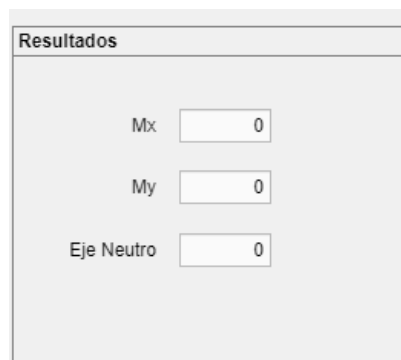


Elaborado por: Los autores.

4. Se visualizarán los momentos flexionantes de la sección en M_x y M_y y la ubicación del eje neutro.

Figura 63

Tabla de resultados de momentos y eje neutros



Elaborado por: Los autores.

5. En la siguiente tabla se encontrarán las coordenadas de los puntos y los esfuerzos en cada esquina perimetral de la sección ingresada.

Figura 64

Tabla de resultados de coordenadas y esfuerzos.

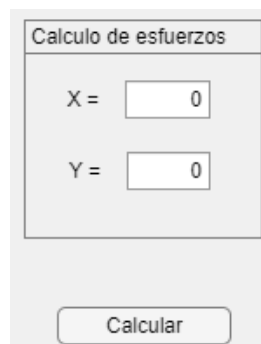
X	Y	Esfuerzo

Elaborado por: Los autores.

- Si se desea calcular el esfuerzo en un punto específico se deberá ingresar sus coordenadas en “x” y “y”.

Figura 65

Tabla de ingreso de coordenadas.



Calculo de esfuerzos

X =

Y =

Calcular

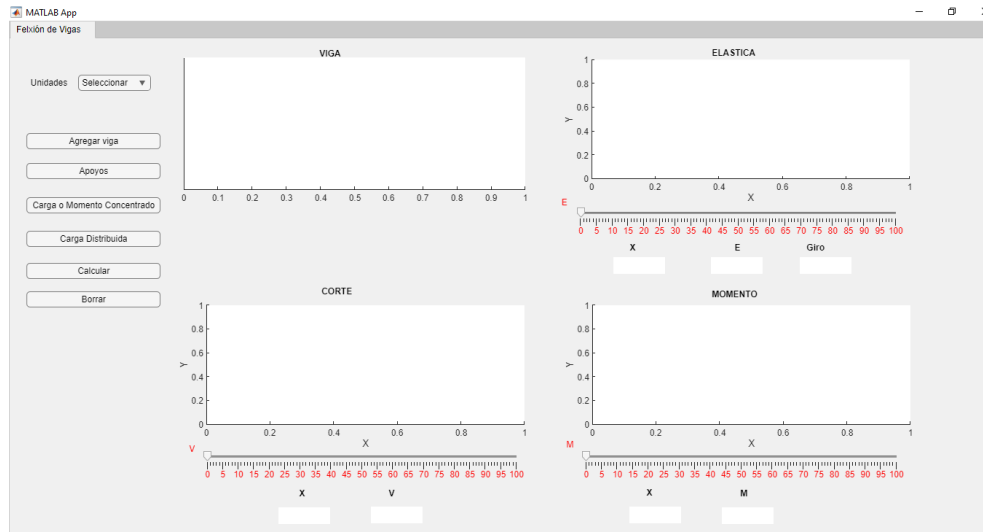
Elaborado por: Los autores.

5.2.5 Flexión Simétrica.

Al ingresar la pantalla de inicio se visualiza de la siguiente forma.

Figura 66

Pantalla de inicio flexión en vigas.

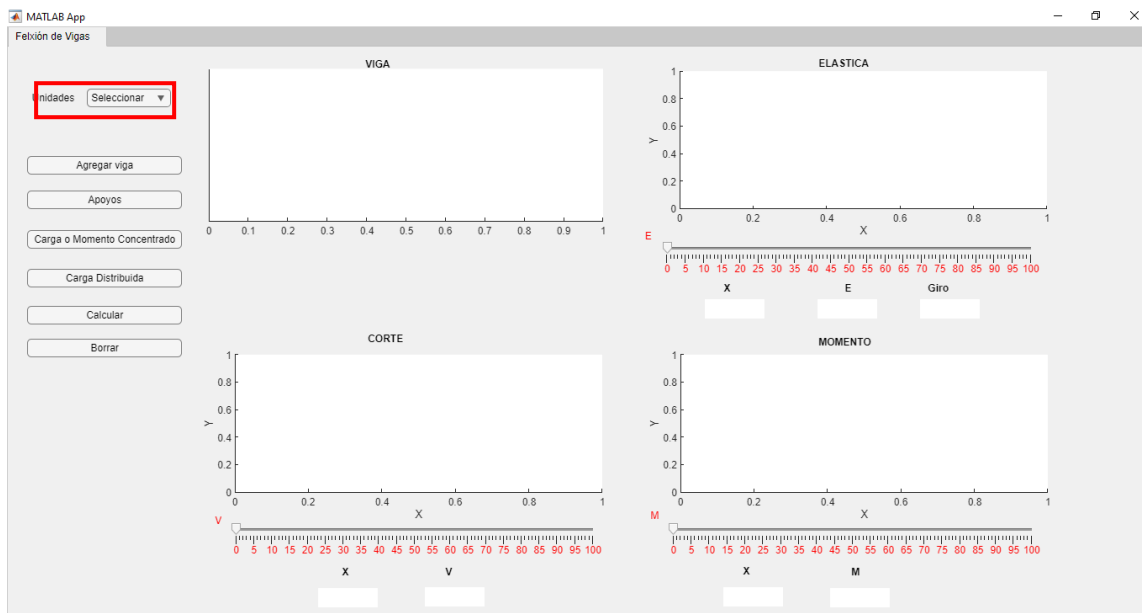


Elaborado por: Los autores.

1. Ingresar las unidades

Figura 67

Unidades a ingresar

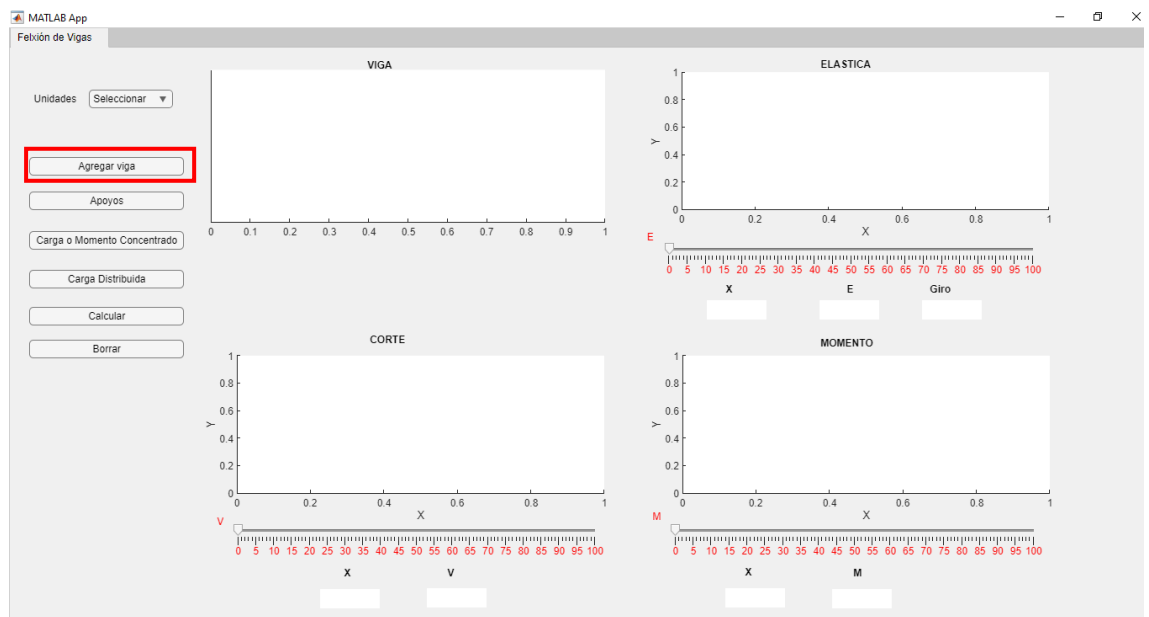


Elaborado por: Los autores.

2. Al presionar “Agregar viga” Ingresamos la longitud total de la viga, e ingresamos el número de nodos que va a tener la viga en esta sección, es importante tener en cuenta que los nodos son posiciones en la viga donde se encuentran los apoyos, cargas puntuales, distribuidas, momentos concentrados y articulaciones.

Figura 68

Botón agregar viga.

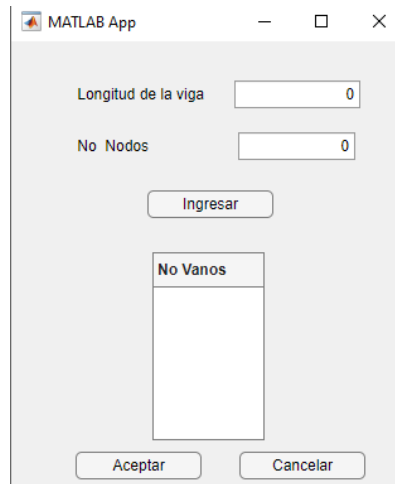


Elaborado por: Los autores.

En longitud de vanos se ingresará la longitud existente entre cada nodo de la viga; a continuación, presionamos aceptar.

Figura 69

Tabla de ingreso de datos.

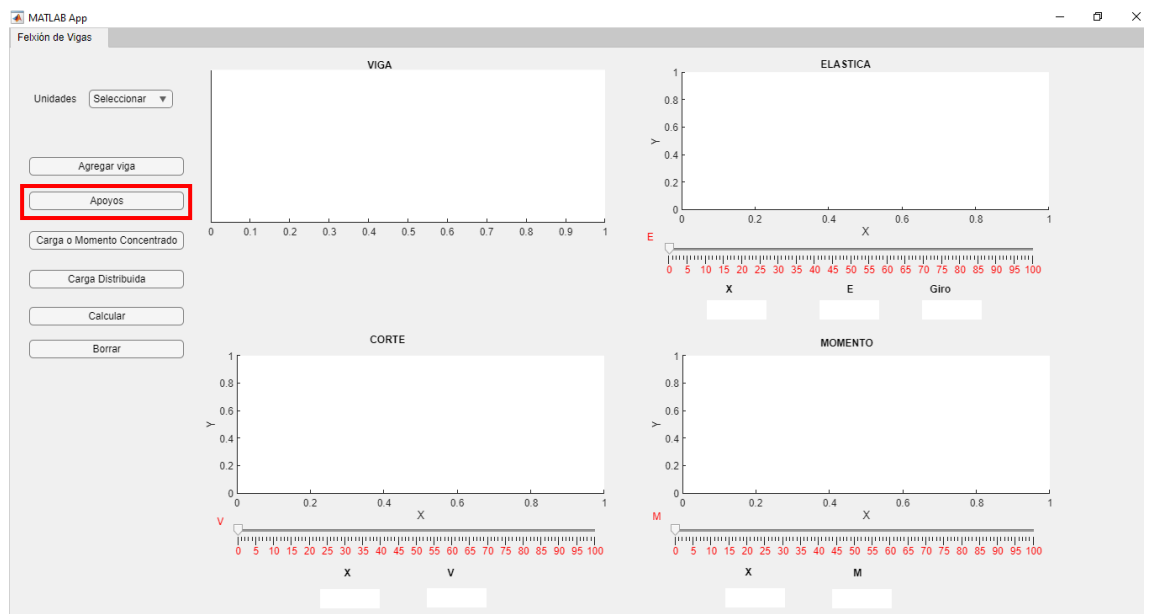


Elaborado por: Los autores.

3. Para los apoyos seleccionar el botón “apoyos”.

Figura 70

Botón apoyos



Elaborado por: Los autores.

Ingresar el número de apoyos de la viga y presionar “ingresar”.

- En la columna “Posición” de la tabla, colocar la posición en la que se encuentra el apoyo.
- Si tenemos un apoyo articulado o deslizante colocar en la columna “Restricción vertical” el valor de 1 y en el resto de columnas 0.
- Para un empotramiento colocar en las columnas “Restricción vertical” y “Restricción al giro” el valor de 1.
- En el caso de que la viga tenga una rótula en la columna de “Rótula” tendrá el valor de 1 y las demás serán 0.

Presionamos aceptar

Figura 71

Tabla de ingreso de apoyos y rótulas

The screenshot shows a MATLAB App window with the following elements:

- A text input field labeled "No" containing the value "0".
- An "Ingresar" button below the input field.
- A table with the following structure:

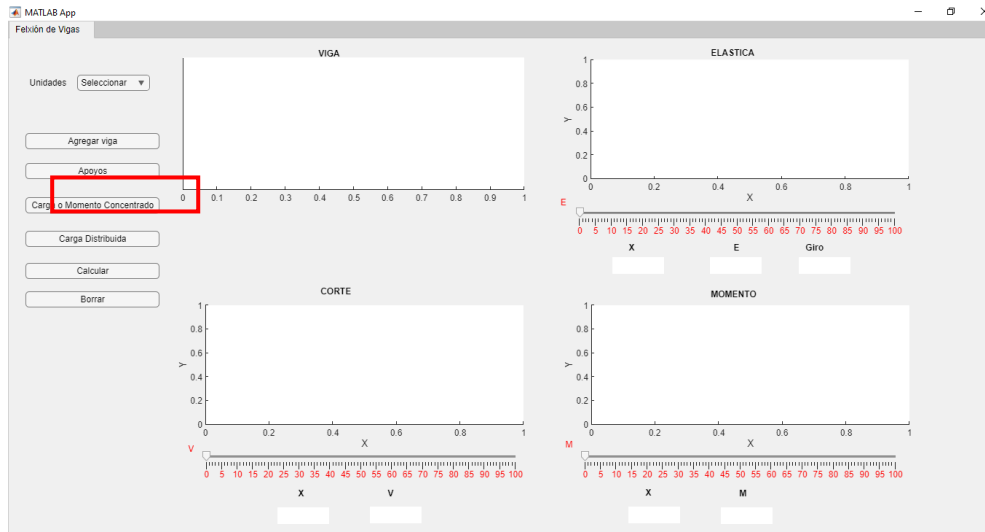
No	Restriccion Vertical	Restriccion Giro	Rótula
0	0	0	0
- "Aceptar" and "Cancelar" buttons at the bottom of the window.

Elaborado por: Los autores.

4. Presionar carga o momento concentrado para ingresar las cargas y momentos que tiene la viga.

Figura 72

Botón carga o momento concentrado



Elaborado por: Los autores.

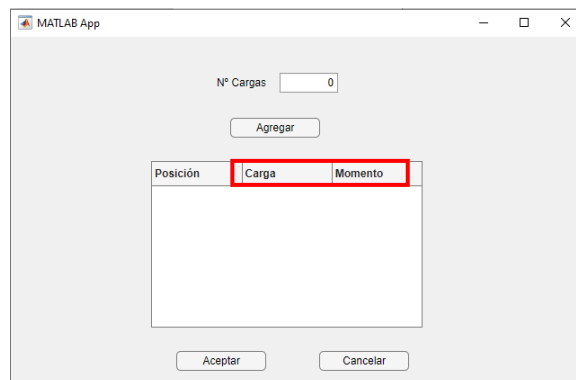
Se ingresará el número total de cargas y momentos que tiene la viga y colocamos agregar.

En la sección de “Posición” ingresamos el número del nodo en el que se encuentra la carga puntual o el momento concentrado.

En la columna “carga” y “momento” ingresaremos la magnitud de los mismos.

Figura 73

Tabla de ingreso de carga o momento.



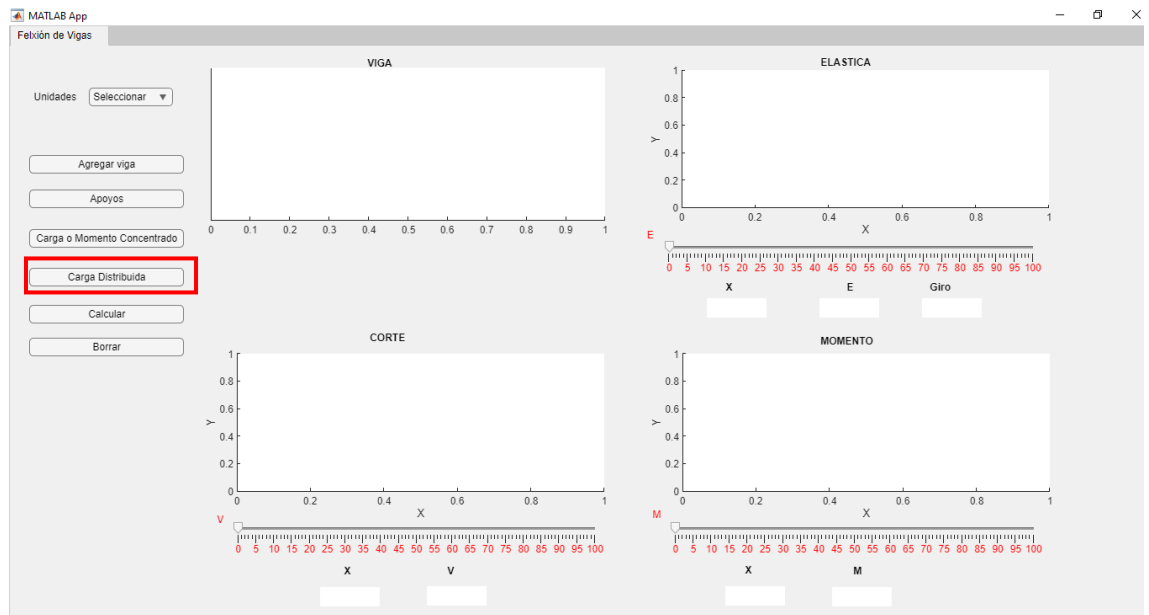
Elaborado por: Los autores.

Presionar aceptar

5. Seleccionar la opción de carga distribuida.

Figura 74

Botón carga distribuida

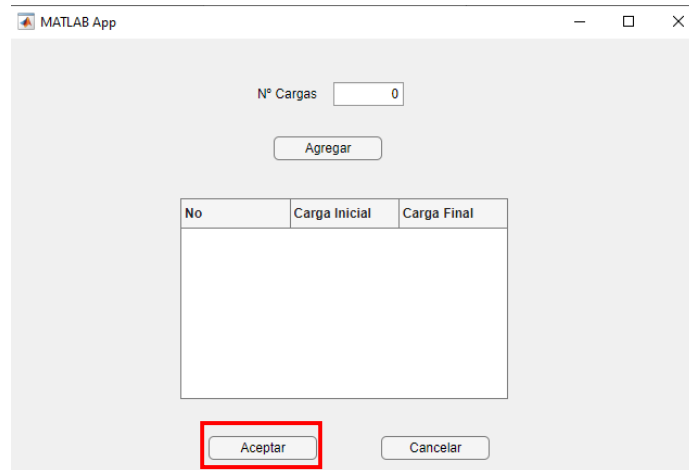


Elaborado por: Los autores.

- Ingresar el número de cargas distribuidas totales que tiene la viga.
- En la columna “Posición” colocar el número del nodo en el que se encuentra la parte inicial de la carga distribuida.
- En carga inicial colocar el valor inicial que tiene la carga distribuida y en carga final el valor final de la misma, así se podrá ingresar cargas rectangulares, trapezoidales o triangulares.
- Presionar aceptar.

Figura 75

Tabla de ingreso de carga distribuida



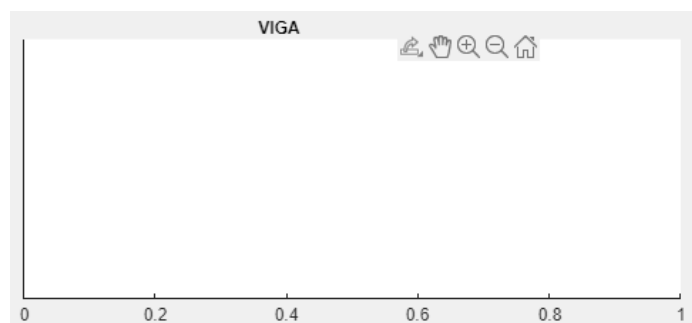
The image shows a MATLAB App window titled "MATLAB App". It contains a form for entering distributed load data. At the top, there is a text input field labeled "N° Cargas" with the value "0". Below it is a button labeled "Agregar". In the center, there is a table with three columns: "No", "Carga Inicial", and "Carga Final". The table is currently empty. At the bottom, there are two buttons: "Aceptar" (highlighted with a red box) and "Cancelar".

Elaborado por: Los autores.

6. Presionar calcular
7. En la sección “viga” se visualizará la viga con sus dimensiones, cargas, momentos introducidos.
También aparecerán las reacciones de la misma.

Figura 76

Gráfica sección de la viga.

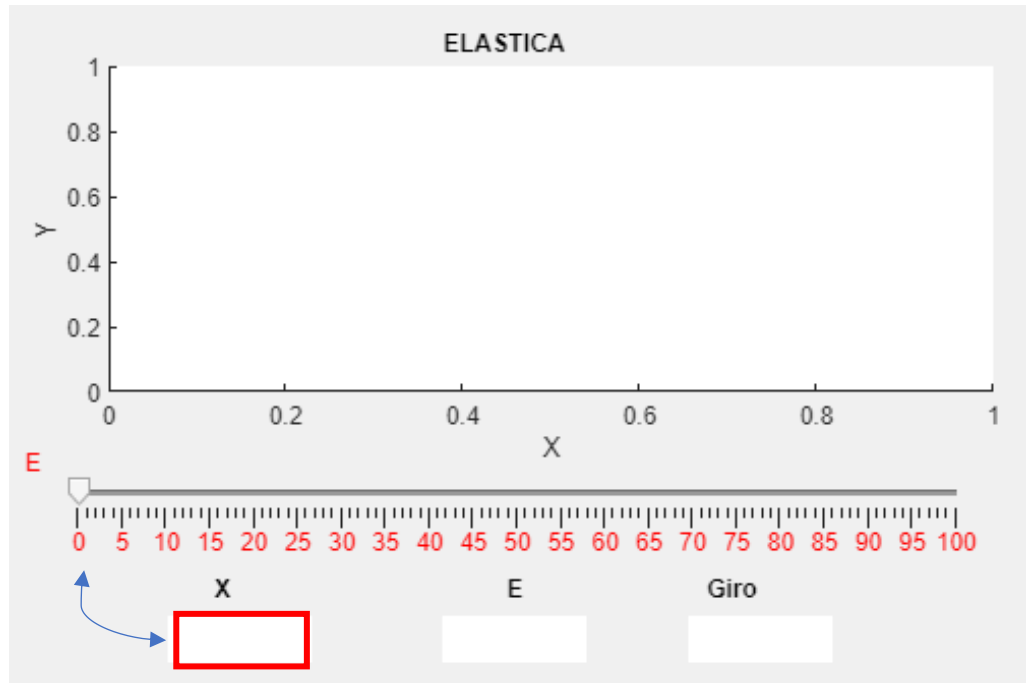


Elaborado por: Los autores.

8. En la gráfica “Elástica” se visualizará el diagrama de la elástica de la viga juntamente con el “slider” se podrá deslizar para visualizar los valores de la elástica y el giro a cada longitud que se requiera.

Figura 77

Diagrama de la elástica

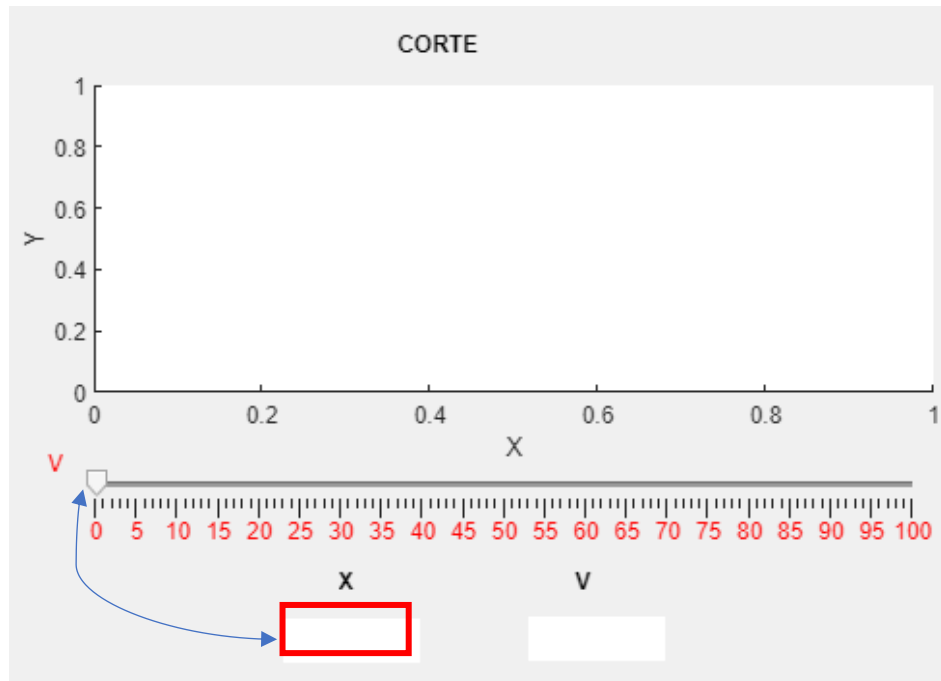


Elaborado por: Los autores.

9. En la gráfica "Corte" se visualizará el diagrama de corte de la viga juntamente con el "slider" se podrá deslizar para visualizar los valores de corte a cada longitud que se requiera.

Figura 78

Diagrama de corte

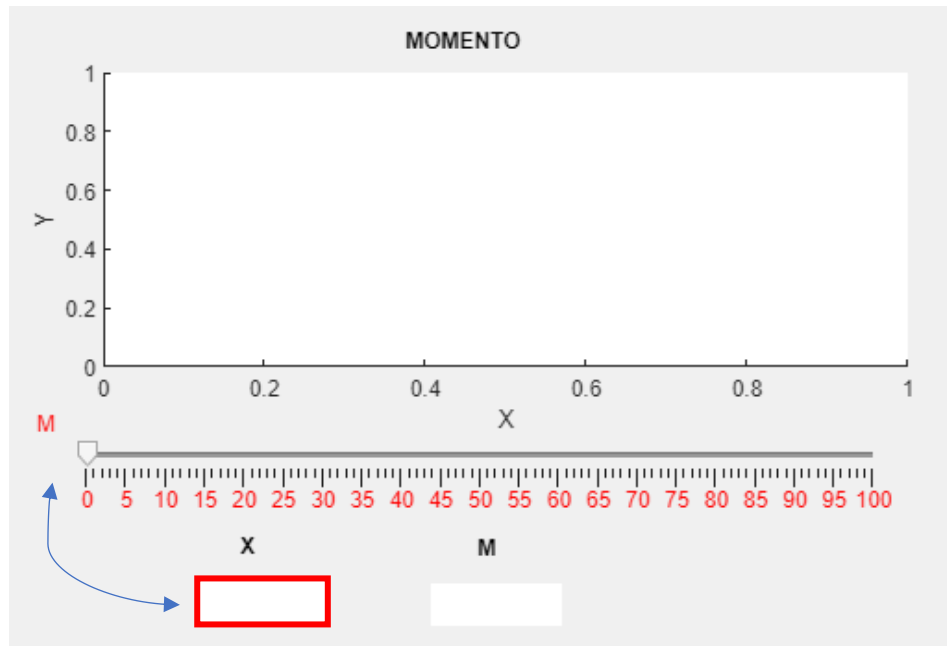


Elaborado por: Los autores.

10. En la gráfica "Momento" se visualizará el diagrama de momento de la viga juntamente con el "slider" se podrá deslizar para visualizar los valores de momento a cada longitud que se requiera.

Figura 79

Diagrama de momento.



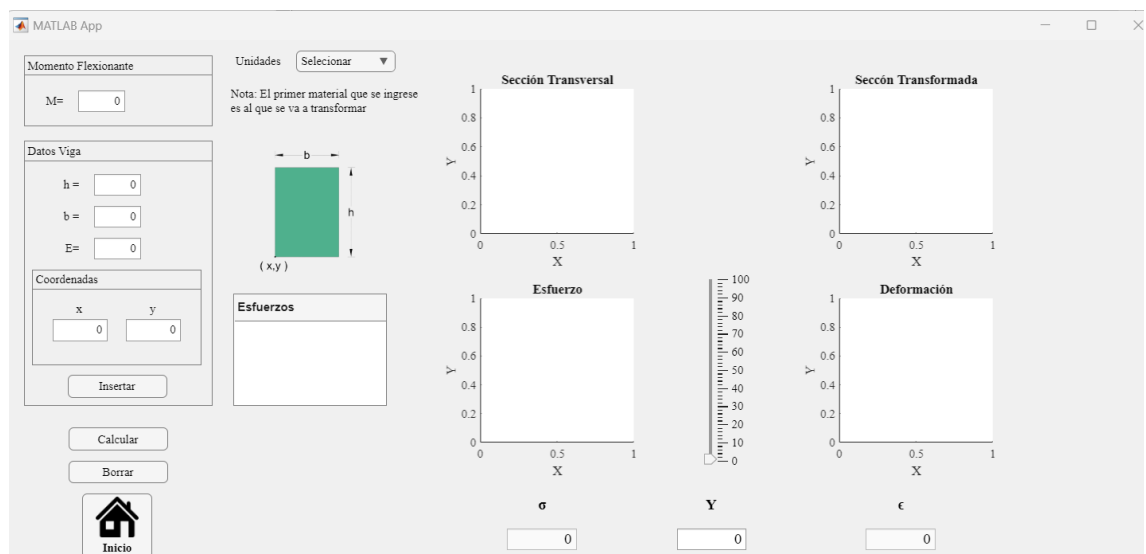
Elaborado por: Los autores.

5.2.6 Vigas de Materiales diferentes

Al ingresar la pantalla de inicio se visualiza de la siguiente forma.

Figura 80

Pantalla de inicio vigas de materiales diferentes

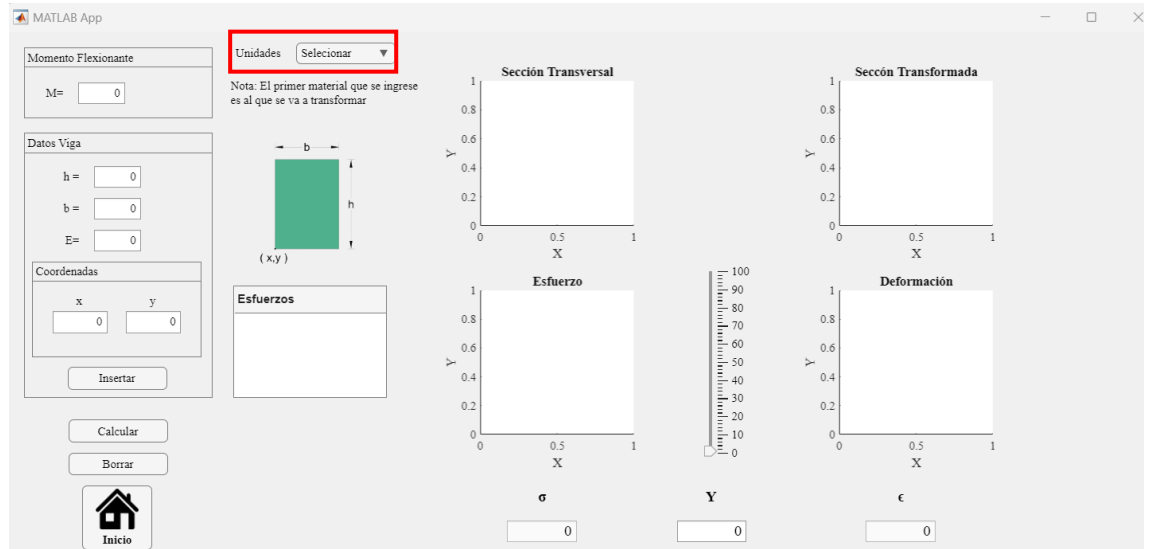


Elaborado por: Los autores.

1. Ingresar las unidades.

Figura 81

Unidades a ingresar.

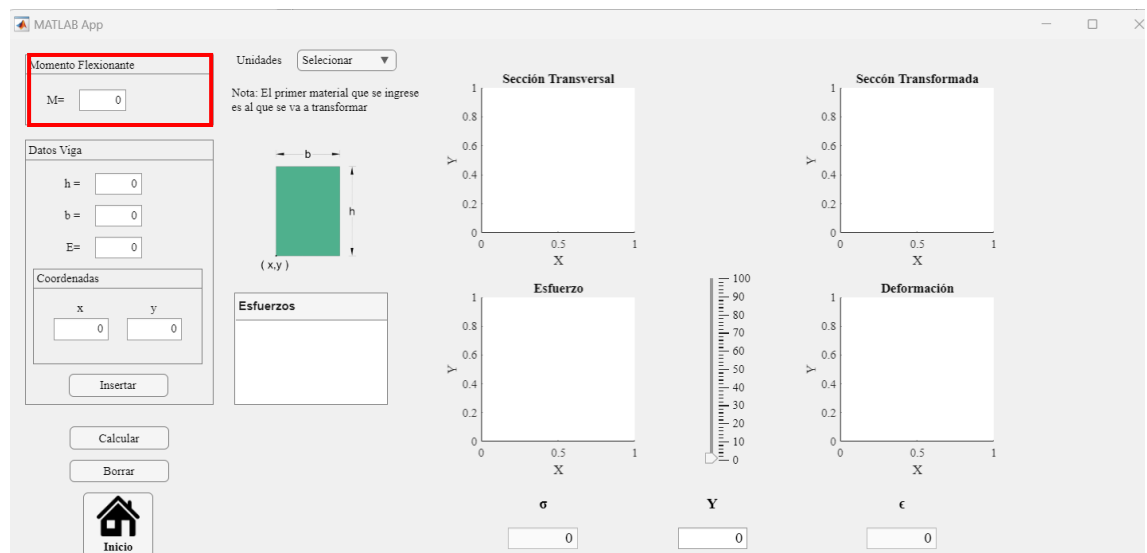


Elaborado por: Los autores.

2. Ingresar el momento flexionante de la sección.

Figura 82

Ingreso de momento flexionante



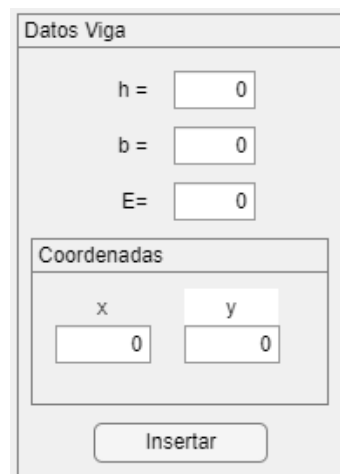
Elaborado por: Los autores.

3. Ingresar las dimensiones de la viga y su módulo de elasticidad, es importante mencionar que, el primer material que se ingrese es a la que se va a transformar los materiales siguientes.

Es decir, si tengo dos secciones una de madera y la otra es una placa de acero y quiero que se transforme a madera ingresaré primero los datos de la madera y después los datos de la placa de acero.

Figura 83

Ingreso sección de la viga



El formulario 'Datos Viga' contiene los siguientes campos de entrada:

- h =
- b =
- E =

Debajo de estos campos hay un subformulario 'Coordenadas' con:

- x
- y

En la parte inferior del formulario principal hay un botón 'Insertar'.

Elaborado por: Los autores.

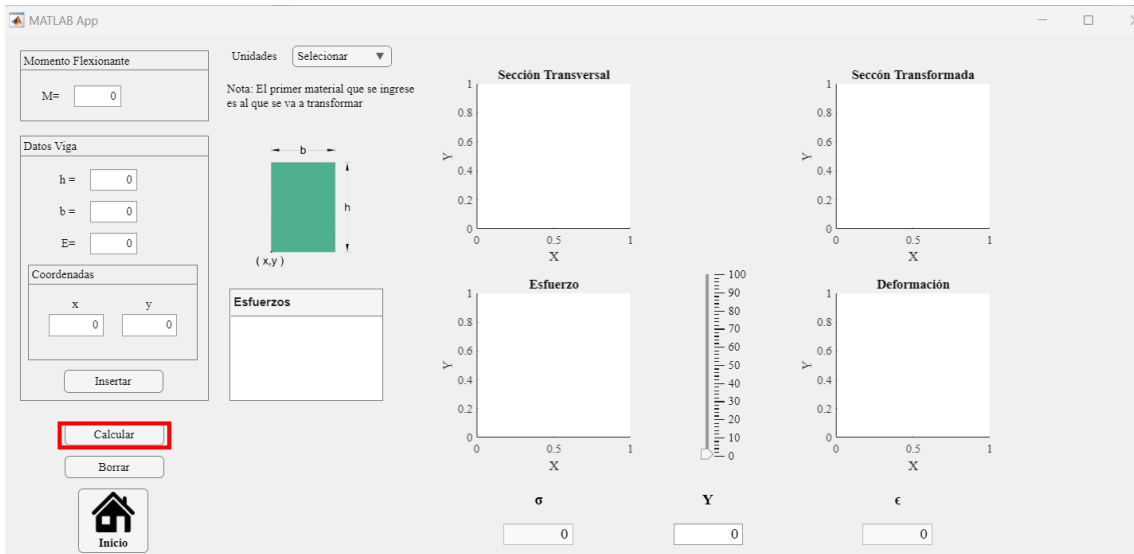
Donde:

- h: Altura de la sección transversal.
- b: Ancho de la sección transversal.
- E: módulo de elasticidad.
- x: ubicación horizontal de la sección en el plano.
- y: ubicación vertical de la sección en el plano.

4. Presionar el botón calcular.

Figura 84

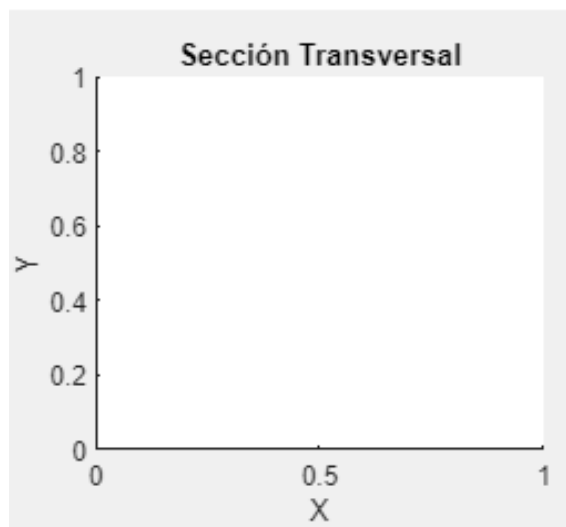
Botón calcular



En la gráfica “Sección Transversal” se muestra la sección transversal de la viga con el eje en su centroide y también la ubicación donde están calculados los esfuerzos.

Figura 85

Gráfica sección transversal

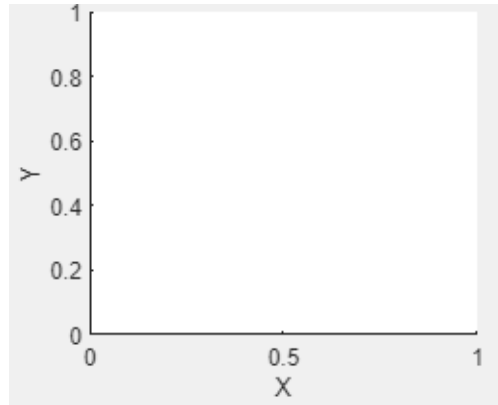


Elaborado por: Los autores.

En la gráfica “Sección Transformada” se muestra la sección a la que se transformó la viga.

Figura 86

Gráfica sección transformada

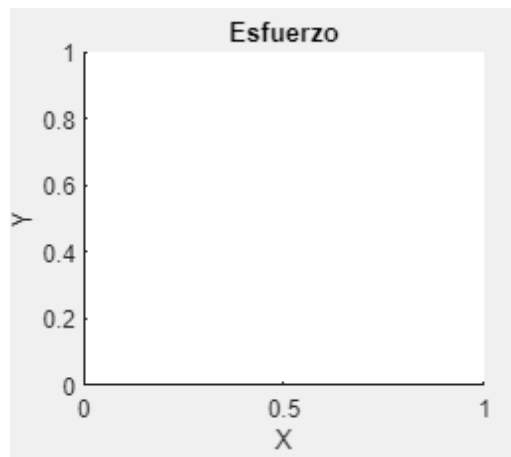


Elaborado por: Los autores.

En la gráfica “Esfuerzo” se visualizará el diagrama de esfuerzos.

Figura 87

Gráfica esfuerzo

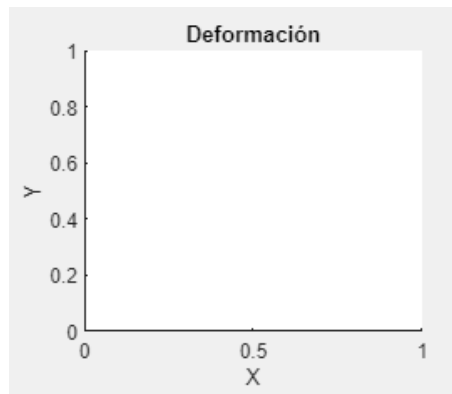


Elaborado por: Los autores.

En la gráfica “Deformación” se muestra el diagrama de deformación unitaria.

Figura 88

Gráfica deformación unitaria.



Elaborado por: Los autores.

Los resultados de esfuerzos se visualizarán en la tabla “Esfuerzos” con una numeración de acuerdo a los puntos mencionados anteriormente.

Figura 89

Tabla de resultados

Esfuerzos

Elaborado por: Los autores.

5.3 Obtención de resultados

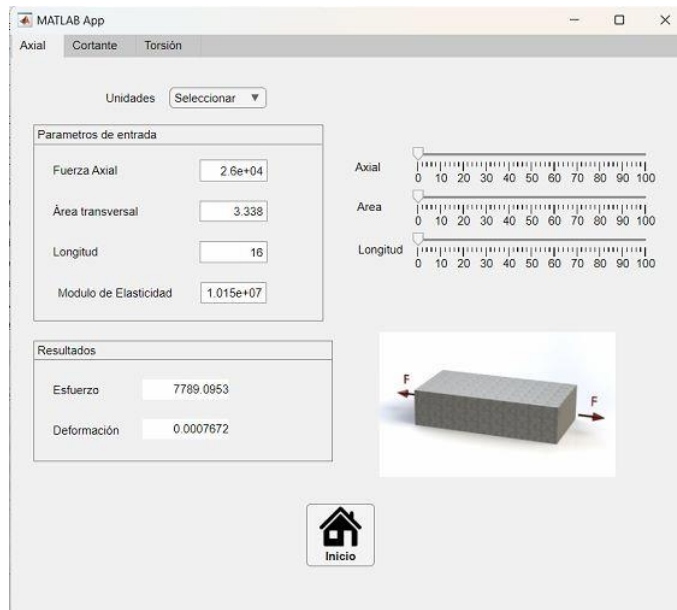
5.3.1 Obtención de resultados: Esfuerzos y Deformaciones

5.3.1.1 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a fuerza axial

De acuerdo a los cálculos obtenidos en la sección 4.1.1 se verifican que son los mismos con el software.

Figura 90

Esfuerzo y deformación axial



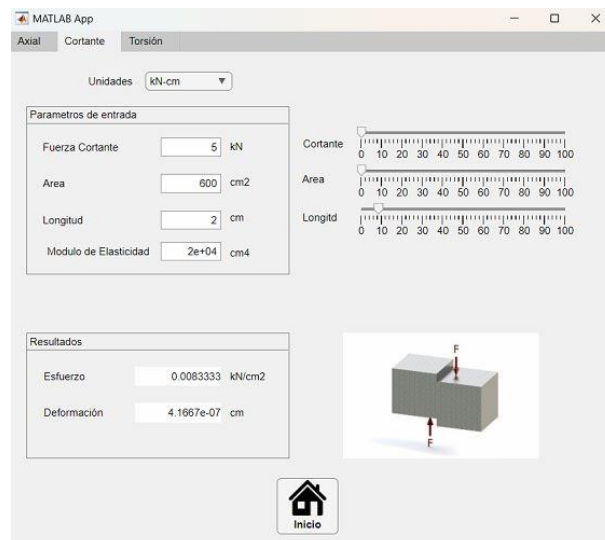
Elaborado por: Los autores.

5.3.1.2 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a fuerza cortante

De acuerdo a los cálculos obtenidos en la sección 4.1.2 se verifican que son los mismos con el software.

Figura 91

Esfuerzos y deformaciones corte



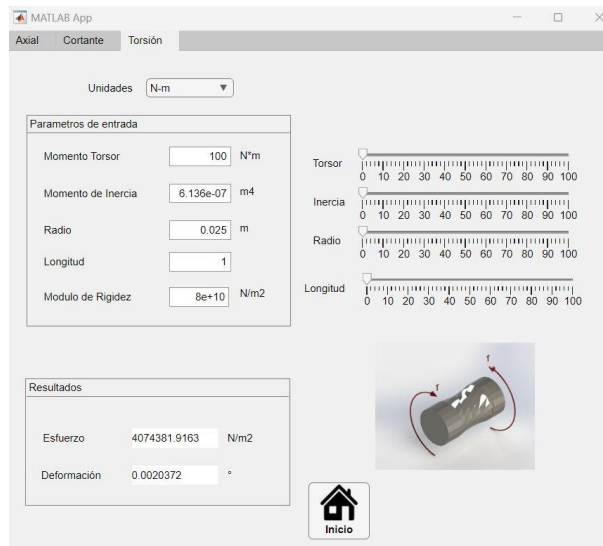
Elaborado por: Los autores.

5.3.1.3 Esfuerzos y Deformaciones sujetos a momento torsor.

De acuerdo a los cálculos obtenidos en la sección 4.1.3 se verifican que son los mismos con el software.

Figura 92

Esfuerzo y deformación torsor



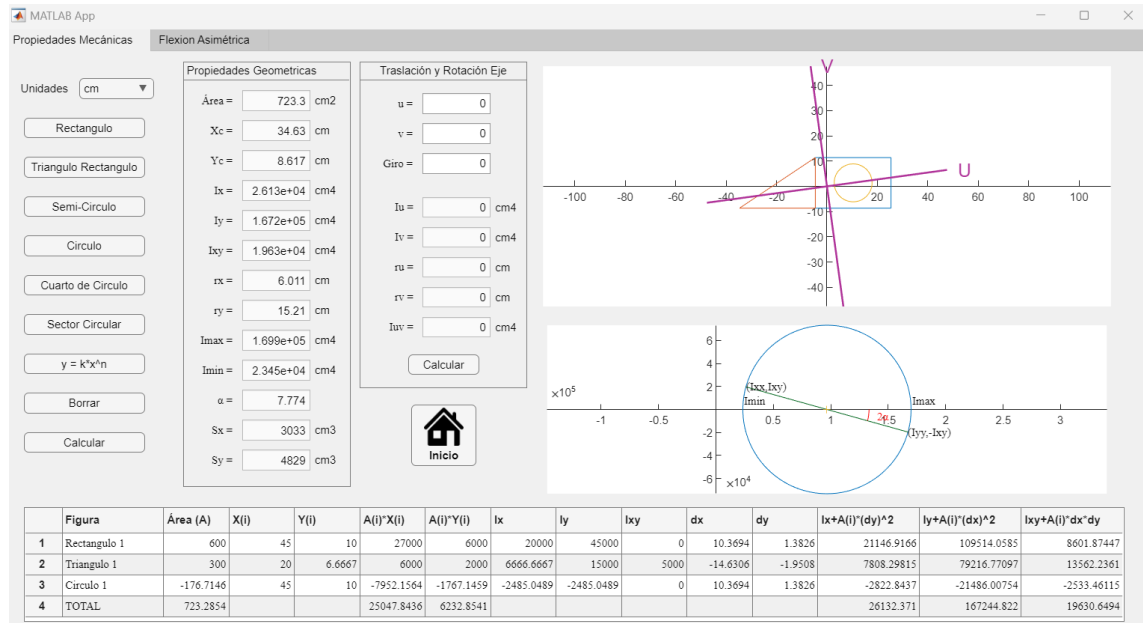
Elaborado por: Los autores.

5.3.2 Obtención de resultados: Propiedades geométricas de la sección

Después de haber realizado los cálculos manuales los cuales se encuentran en la sección 4.2 se puede comprobar que los resultados con el software son los mismos.

Figura 93

Resultados propiedades mecánicas de la sección



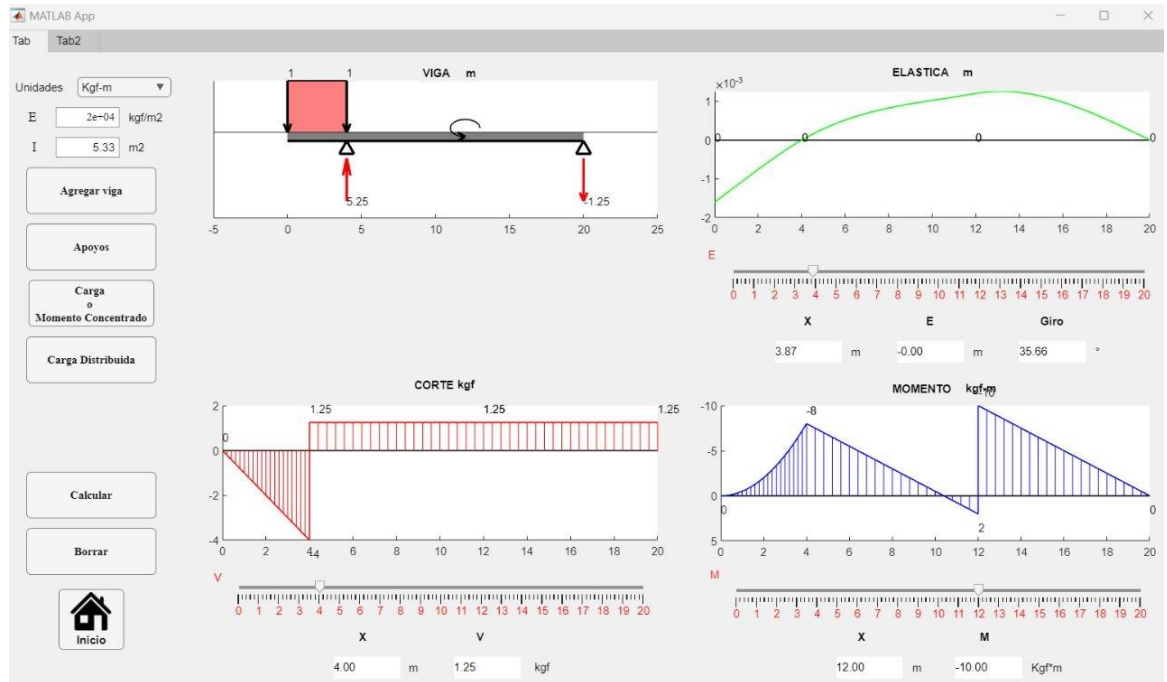
Elaborado por: Los autores.

5.3.3 Obtención de resultados: Esfuerzos y deformaciones por flexión en elementos isostáticos.

Podemos verificar que son los mismos resultados obtenidos manualmente en la sección 4.3

Figura 94

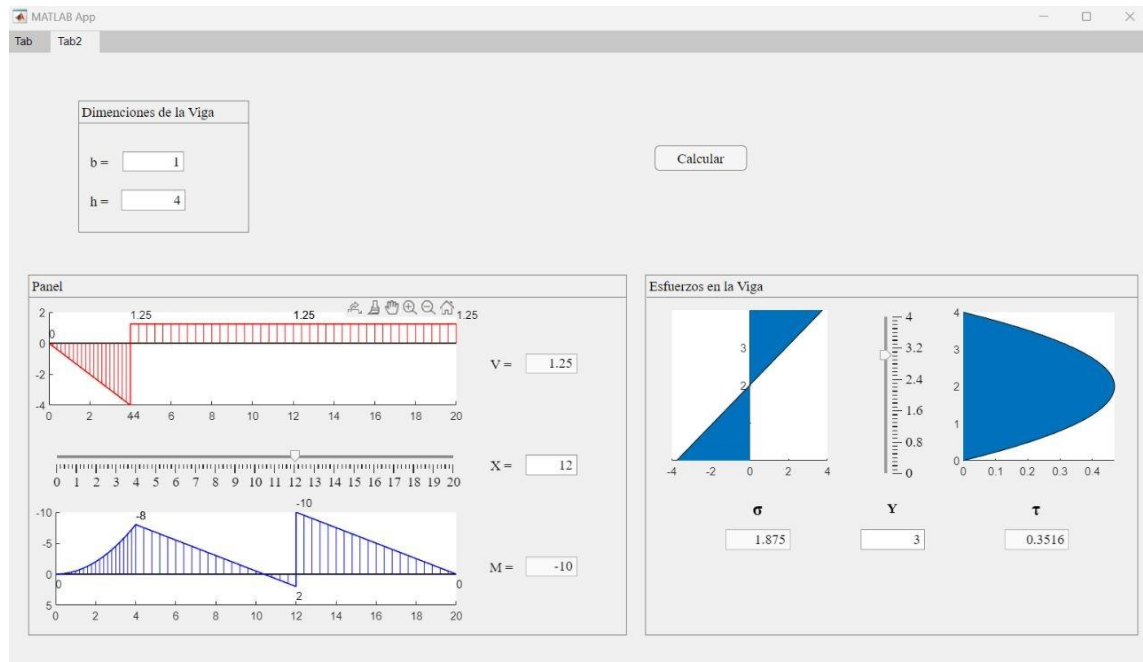
Resultados del software vigas a flexión



Elaborado por: Los autores.

Figura 95

Resultados de esfuerzos.



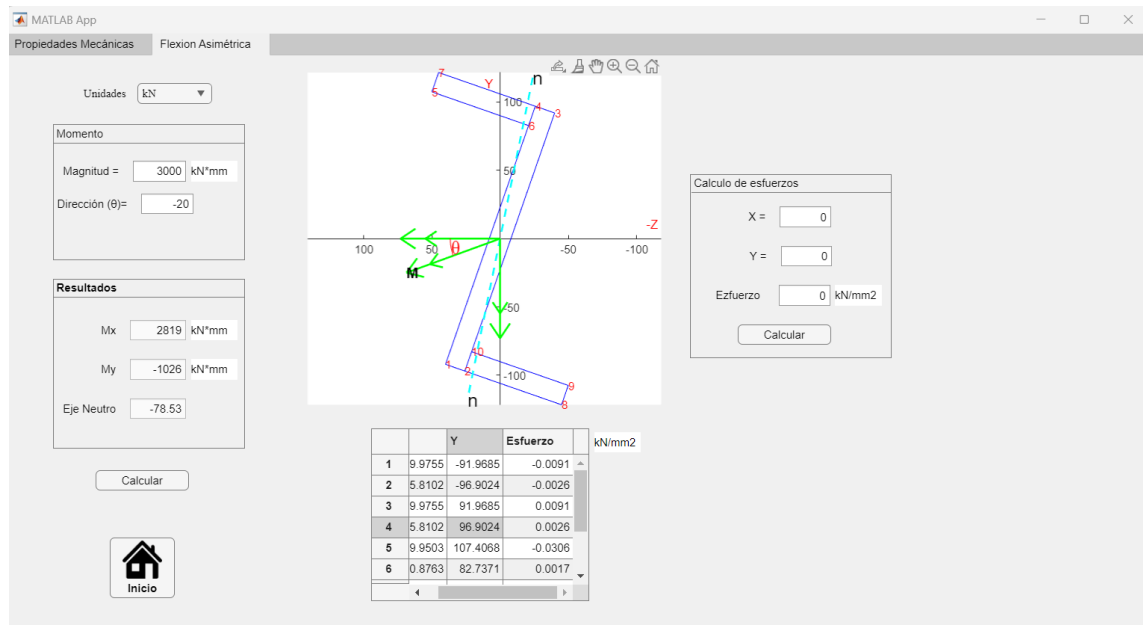
Nota. Esfuerzos por normal y cortante. Elaborado por: Los autores.

5.3.4 Obtención de resultados: Flexión Asimétrica

Se verifica que los resultados de la sección 4.3.1 calculados manualmente son los mismos que los obtenidos mediante el software.

Figura 96

Resultados flexión asimétrica



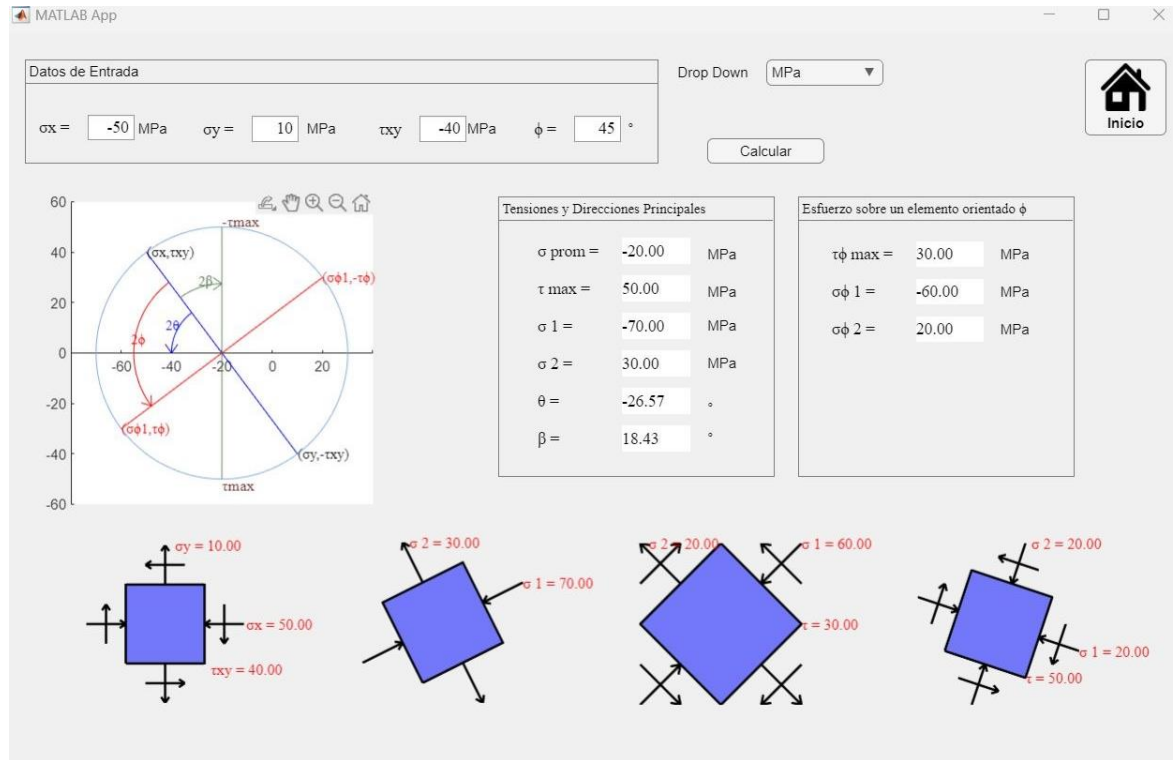
Elaborado por: Los autores.

5.3.5 Obtención de resultados: Esfuerzos en el Plano

Podemos verificar que los resultados de esfuerzos principales, máximos y ángulos son los mismos obtenidos manualmente en la sección 4.4

Figura 97

Resultados esfuerzos en el plano



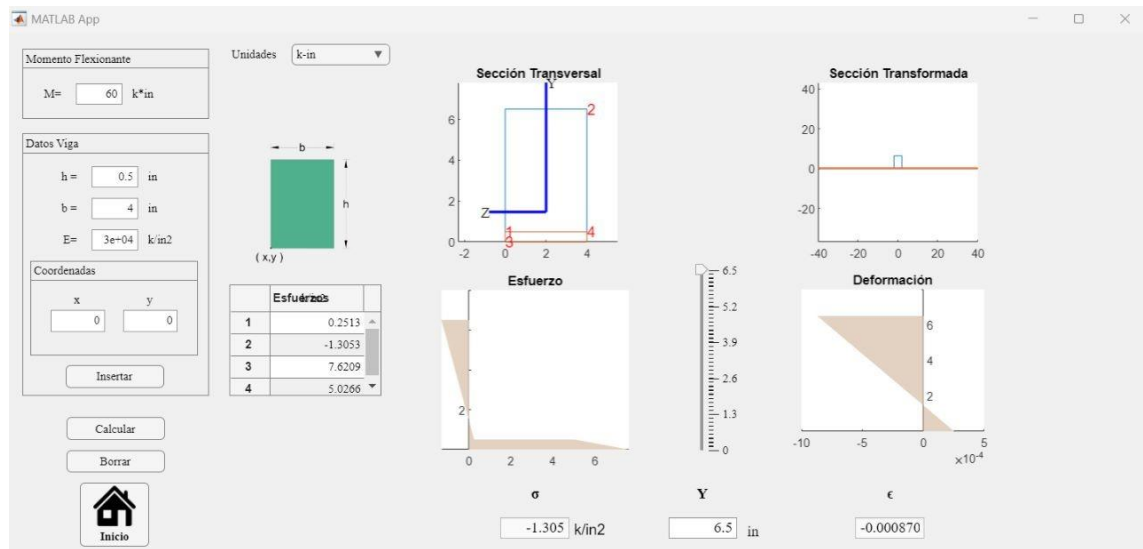
Nota. Resultados de esfuerzos. Elaborado por: Los autores.

5.3.6 Obtención de resultados: vigas de materiales diferentes

Se verifica que los resultados calculados de forma manual en la sección 4.5 de esfuerzos en la madera y en el acero son iguales a los obtenidos en el software.

Figura 98

Resultados vigas de materiales diferentes



Nota. Resultados de esfuerzo y deformación. Elaborado por: Los autores.

CONCLUSIONES

El desarrollo de un software con la herramienta de programación Simulink para la asignatura de "Resistencia de Materiales" es una importante herramienta pedagógica que permitirá a los estudiantes y docentes de la asignatura tener una experiencia más dinámica y eficiente en el aprendizaje y enseñanza de los conceptos de la resistencia de materiales.

Junto con la investigación que se realizó del marco teórico, se obtuvo un amplio conocimiento de los temas que se encuentran en el sílabo de la asignatura, profundizando en el desarrollo de un software que abarca los principales conceptos y teorías de la resistencia de materiales.

El desarrollo de una interfaz accesible y amigable con el usuario, permitirá que el software sea fácil de utilizar y de comprender para los estudiantes, lo que, a su vez, mejorará su experiencia de aprendizaje y les permitirá visualizar de manera clara y sencilla los conceptos que se están trabajando.

La validación de los resultados obtenidos en el software, con los resultados obtenidos de forma manual, potencia la eficacia y precisión del programa desarrollado, lo que permite confiar en los resultados obtenidos y utilizarlos como una herramienta para el aprendizaje de la asignatura.

Por último, la elaboración de una guía con los pasos a seguir para utilizar el software, permitirá que tanto los estudiantes como los docentes puedan utilizar de manera eficiente el software y aprovechar al máximo sus funcionalidades.

En general, el desarrollo de este software de aprendizaje de "Resistencia de Materiales" utilizando Matlab-Simulink es una valiosa iniciativa que permitirá a los estudiantes y docentes tener una experiencia más eficiente y satisfactoria en la materia.

RECOMENDACIONES

Asegurarse de tener una comprensión sólida de los conceptos básicos de Resistencia de Materiales antes de utilizar el software.

Usar la guía de usuario para entender cómo utilizar el software de manera efectiva.

Realice simulaciones de ejemplos y compare los resultados con los obtenidos de forma manual, con el software.

Usar el software en combinación con otros recursos, como libros y clases, para tener una comprensión más completa y profunda de la materia.

REFERENCIAS

Beer, F., Johnston, E., DeWolf, J. y Mazurek, D. (2010). *Mecánica de Materiales* (5th ed.). McGraw Hill.

https://www.academia.edu/29086135/MECANICA_DE_MATERIALES_beer

Coll, C. (2004). Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación. Una mirada constructivista. *Revista Electrónica Sinéctica*, 25.

<https://www.redalyc.org/pdf/998/99815899016.pdf>

Cuevas, E., Zaldívar, D., Pérez, M. (2010). *Procesamiento digital de imágenes con Matlab y Simulink*. Universidad ICESI.

Gere, J. y Goodno, B. (2009). *Mecánica de materiales* (J. León, Trad.; 7th ed.). Cengage Learning Editores. (Original work published 2009).

https://www.academia.edu/39357223/S%C3%A9ptima_edici%C3%B3n_Mec%C3%A1nica_de_materiales_S%C3%A9ptima_edici%C3%B3n

Gil, M. (2003). *Introducción rápida a Matlab y Simulink para ciencia e ingeniería*. Ediciones Díaz de Santos.

Gilat, A. (2005). *MATLAB una introducción con ejemplos prácticos*. Editorial Reverté.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=dAvjPaUFdAMC&oi=fnd&pg=PA5&dq=matlab&ots=DseIk9ocCa&sig=wxkufSfaxKbWrc3f9EGq1daJSnI#v=onepage&q=matlab&f=false

Gomez, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. Red Tercer Milenio S.C.

http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf

Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de Materiales* (8th ed.). Pearson Education.

<https://fddocuments.ec/document/resistencia-de-materiales-hibbeler-8-edicion.html?page=273>

Mott, R. (2009). *Resistencia de materiales* (5th ed.). Pearson Educación.

[https://www.academia.edu/44116009/Resistencia de Materiales 5ta Ed ROBERT L MOTT](https://www.academia.edu/44116009/Resistencia_de_Materiales_5ta_Ed_ROBERT_L_MOTT)

Moore, H. (2007). *MATLAB para ingenieros*. Pearson Educación.

https://www.academia.edu/16853591/MATLAB_Para_Ingenieros?from=cover_page

Muñoz, E., Lezcano, J. y Álvarez, J. (2015). *Puente grúa monorriel para desplazamiento de motores en Colanta sede San Pedro*. Tecnológico Pascual Bravo Institución

Universitaria. https://datospdf.com/download/puente-grua-5a4baa5fb7d7bcb74fc30465_pdf

Pérez, C. (2002). *MATLAB y sus aplicaciones en las ciencias y la ingeniería*. Pearson Educación.

<https://pavisva.files.wordpress.com/2016/01/matlab-y-sus-aplicaciones-a-la-ingenieria.pdf>

Rubio, A. y Raffo, G. (2009). *Manual de Simulink para la asignatura de teoría de sistemas*. Universidad de Sevilla. <http://ecoterso.comuna.cat/ManualSimulink.pdf>

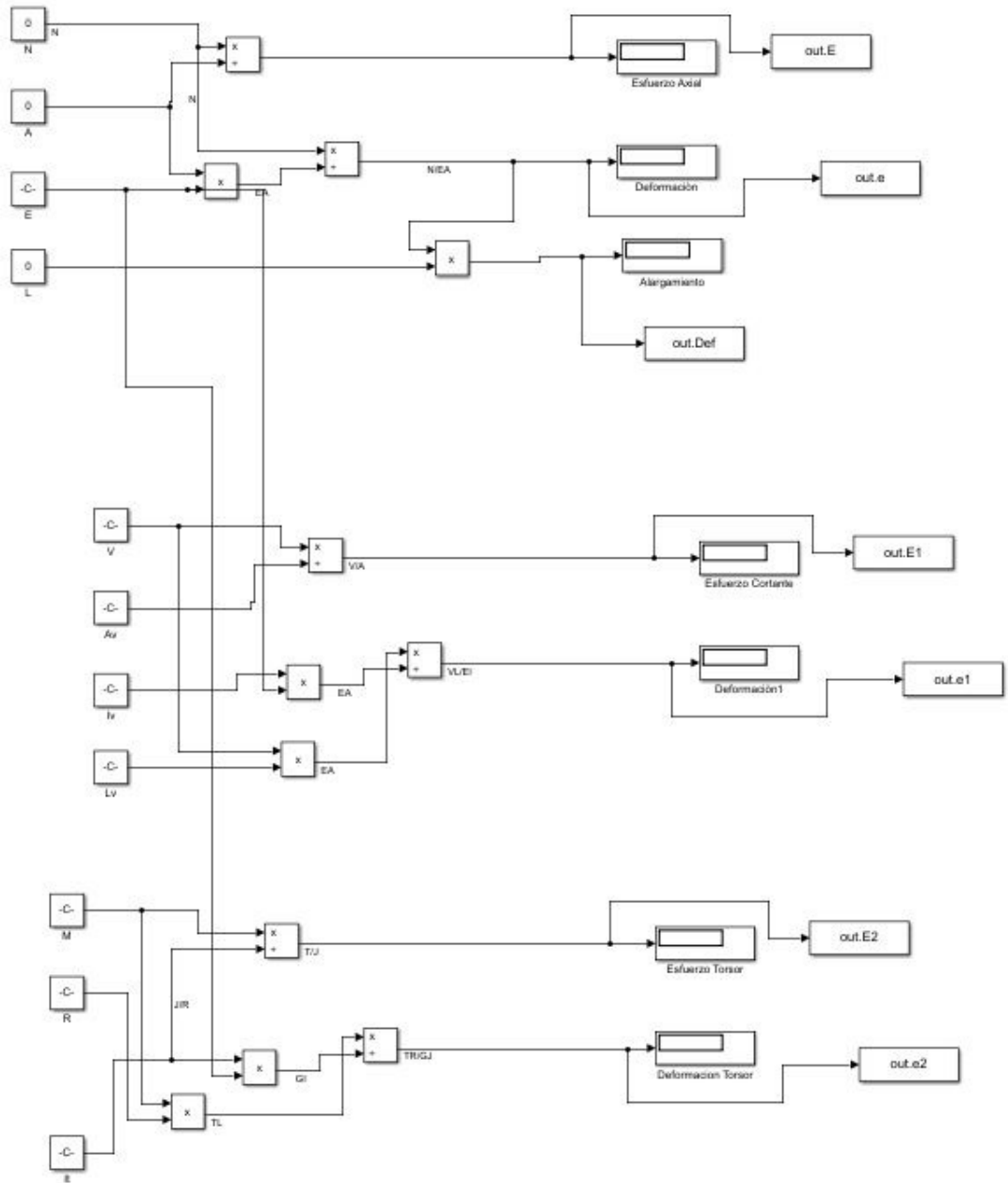
Ruiz, M. y Díaz, E. (2015). *Resistencia de Materiales*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE).

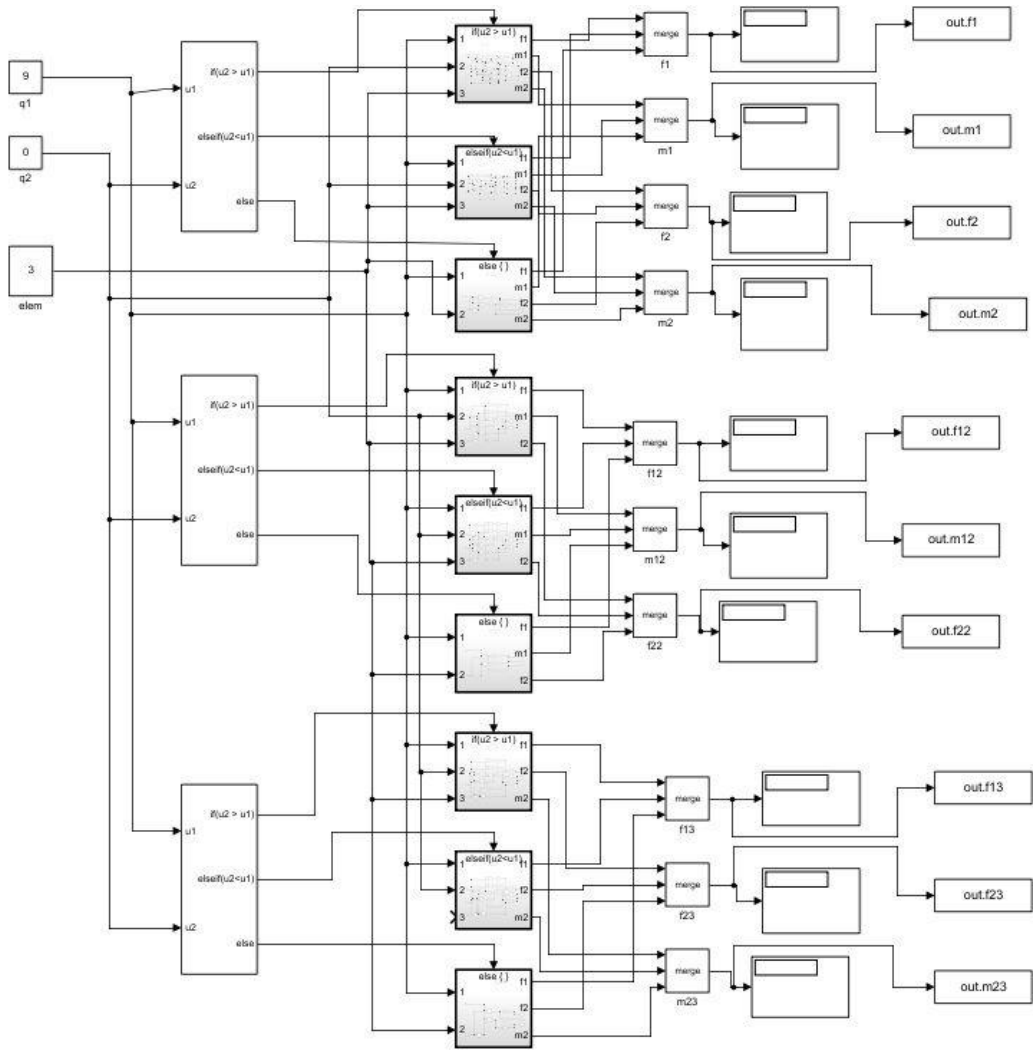
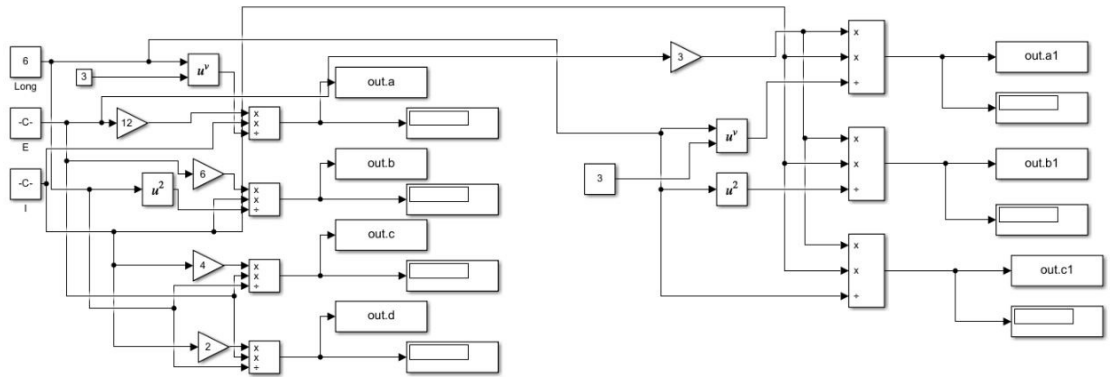
<http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Resistencia%20de%20Materiales.pdf>

Vallecilla, C. (2004). *El círculo de Mohr. Fundamentos y Aplicaciones*. Universidad Santo Tomás.

ANEXOS

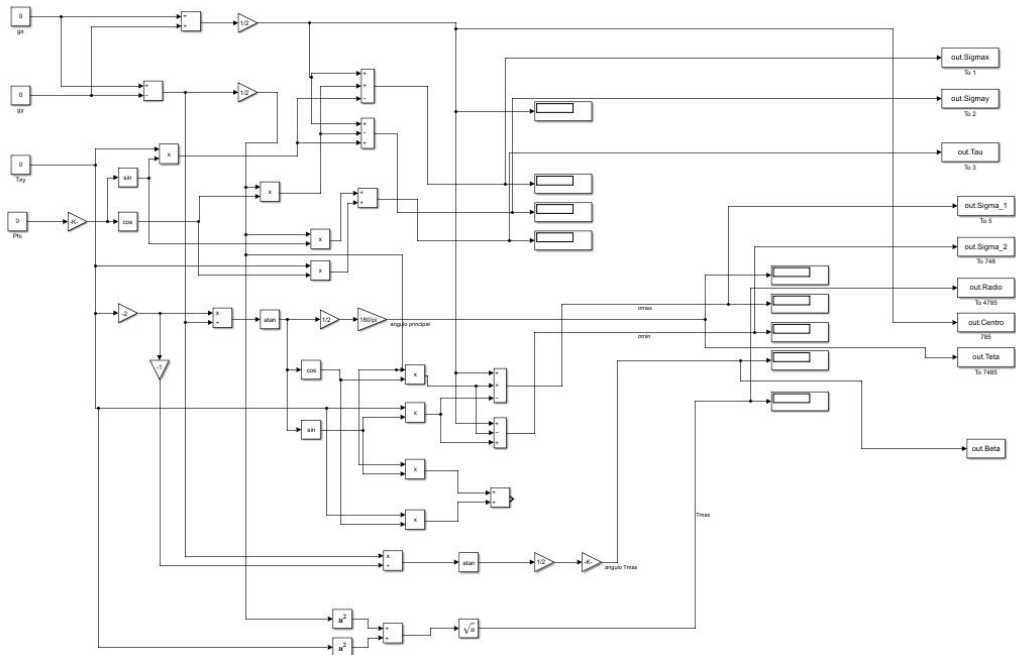
Proceso de cálculo del software en simulink





Anexo 1.

Exportación de datos



Anexo 3.

Cálculos obtenidos desde simulink a la interfaz de appdesigner

end	
<pre>% Value changed function: Ejemplo_10 function Ejemplo_10ValueChanged(app, event) value = app.Ejemplo_10.Value; set_param(['Axial', '/R'], 'value', num2str(value)); pause(0); set_param('Axial', 'SimulationCommand', 'Start'); pause(1); Axial=evalin("base", 'out'); E=Axial.E2; e=Axial.e2; app.EsfTorsor.Text=num2str(E); app.DefTorsor.Text=num2str(e);</pre>	
end	
<pre>% Value changed function: ModulodeRigidezEditField function ModulodeRigidezEditFieldValueChanged(app, event) value = app.ModulodeRigidezEditField.Value; set_param(['Axial', '/E'], 'value', num2str(value)); pause(0); set_param('Axial', 'SimulationCommand', 'Start'); pause(1); Axial=evalin("base", 'out'); E=Axial.E2; e=Axial.e2; app.EsfTorsor.Text=num2str(E); app.DefTorsor.Text=num2str(e);</pre>	

```

        pause(0);
        set_param('Axial','SimulationCommand','Start');
        pause(1);
        Axial=evalin("base",'out');
        E=Axial.E2;
        e=Axial.e2;
        app.EsfTorsor.Text=num2str(E);
        app.DefTorsor.Text=num2str(e);
    end

    % Value changing function: Ipmc2Slider
    function Ipmc2SliderValueChanging(app, event)
        changingValue = event.Value;
        app.Ejemplo_9.Value=changingValue;
        set_param(['Axial','/It'],'value',num2str(changingValue));
        pause(0);
        set_param('Axial','SimulationCommand','Start');
        pause(1);
        Axial=evalin("base",'out');
        E=Axial.E2;
        e=Axial.e2;
        app.EsfTorsor.Text=num2str(E);
        app.DefTorsor.Text=num2str(e);
    end

    % Value changing function: RadioSlider
    function RadioSliderValueChanging(app, event)
        changingValue = event.Value;
        app.Ejemplo_10.Value=changingValue;
        set_param(['Axial','/R'],'value',num2str(changingValue));
        pause(0);
        set_param('Axial','SimulationCommand','Start');
        pause(1);
        Axial=evalin("base",'out');
        E=Axial.E2;
        e=Axial.e2;
        app.EsfTorsor.Text=num2str(E);
        app.DefTorsor.Text=num2str(e);
    end

```

Anexo 4.

Cálculos obtenidos desde simulink a la interfaz de appdesigner

```

Ela=E(i);
Ine=I(i);
Long=L(i);
set_param(['Flexion','/Long'],'value',num2str(Long));
set_param(['Flexion','/I'],'value',num2str(Ine));
set_param(['Flexion','/E'],'value',num2str(Ela));

    set_param('Flexion','SimulationCommand','Start');
    pause(1);
    Const=evalin("base",'out');
    a=Const.a;
    b=Const.b;
    c=Const.c;
    d=Const.d;
    Kelem(:,i) = [a b -a b;
                 b c -b d;
                 -a -b a -b;
                 b d -b c];

    else
    Ela=E(i);
    Ine=I(i);
    Long=L(i);
    set_param(['Flexion','/Long'],'value',num2str(Long));
    set_param(['Flexion','/I'],'value',num2str(Ine));
    set_param(['Flexion','/E'],'value',num2str(Ela));

        set_param('Flexion','SimulationCommand','Start');
        pause(1);
        Const=evalin("base",'out');
        a1=Const.a1;
        b1=Const.b1;

```

```

Ela=E(i);
Ine=I(i);
Long=L(i);
set_param(['Flexion', '/Long'], 'value', num2str(Long));
set_param(['Flexion', '/I'], 'value', num2str(Ine));
set_param(['Flexion', '/E'], 'value', num2str(Ela));

    set_param('Flexion', 'SimulationCommand', 'Start');
    pause(1);
    Const=evalin("base", 'out');
    a1=Const.a1;
    b1=Const.b1;
    c1=Const.c1;

    Kelem(:, :, i) = [a1 0 -a1 b1;
                    0 0 0 0;
                    -a1 0 a1 -b1;
                    b1 0 -b1 c1]

end
end

for i=1:NoElem
    for j=1:4
        punt(i,j) = i*2-1+j-1;
    end
end

Kglobal = zeros(NoGDL, NoGDL);

```

Anexo 5.

Plotear imágenes en flexión

```

temp(:,1) = [];
qmax = max(max(temp));
for i=1:NoElemCar
    elementoCargado = qDist(i,1);
    xInicial = coords(elementoCargado, 2);
    xFinal = coords(elementoCargado, 3);
    qInicial = qDist(i,2)/qmax*6*h;
    qFinal = qDist(i,3)/qmax*6*h;
    FInicial = coords(elementoCargado, 2);
    FFinal = coords(elementoCargado, 3);

    area(app.UIAxes, [xInicial xFinal], [qInicial qFinal], "facecolor", [1 0.5 0.5], "linewidth", 1);

    if qDist~=0
        if qDist(i,2)<0 && qDist(i,3)<0
            plot(app.UIAxes, [xInicial xInicial], [0 qInicial], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xFinal xFinal], [0 qFinal], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xInicial-base/4 xInicial], [qInicial-h qInicial], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xInicial+base/4 xInicial], [qInicial-h qInicial], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xFinal-base/4 xFinal], [qFinal-h qFinal], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xFinal+base/4 xFinal], [qFinal-h qFinal], "linewidth", 2, "color", "k");
        else
            plot(app.UIAxes, [xInicial xInicial], [0 qInicial], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xFinal xFinal], [0 qFinal], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xInicial-base/4 xInicial], [h 0], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xInicial+base/4 xInicial], [h 0], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xFinal-base/4 xFinal], [h 0], "linewidth", 2, "color", "k");
            plot(app.UIAxes, [xFinal+base/4 xFinal], [h 0], "linewidth", 2, "color", "k");
        end
        text(app.UIAxes, xInicial, qInicial+h, num2str(qDist(i,2)));
        text(app.UIAxes, xFinal, qFinal+h, num2str(qDist(i,3)));
    end
end

```

Anexo 6.

Plotear gráficos de esfuerzos con círculo de Mohr

```
x=[a2(1) b2(1) c2(1) d2(1) a2(1)];
y=[a2(2) b2(2) c2(2) d2(2) a2(2)];
fill(app.Tmax,x,y,[0.45 0.47 0.98])
plot(app.Tmax,x,y,'k','LineWidth',1.5);
plot(app.Tmax,[d12(1) d22(1)],[d12(2) d22(2)],'k','LineWidth',1.5);
plot(app.Tmax,[i12(1) i22(1)],[i12(2) i22(2)],'k','LineWidth',1.5);
plot(app.Tmax,[ar12(1) ar22(1)],[ar12(2) ar22(2)],'k','LineWidth',1.5);
plot(app.Tmax,[ab12(1) ab22(1)],[ab12(2) ab22(2)],'k','LineWidth',1.5);
plot(app.Tmax,[td12(1) td22(1)],[td12(2) td22(2)],'k','LineWidth',1.5);
plot(app.Tmax,[ti12(1) ti22(1)],[ti12(2) ti22(2)],'k','LineWidth',1.5);
plot(app.Tmax,[tar12(1) tar22(1)],[tar12(2) tar22(2)],'k','LineWidth',1.5);
plot(app.Tmax,[tab12(1) tab22(1)],[tab12(2) tab22(2)],'k','LineWidth',1.5);

plot(app.Grafica,[Centro Centro],[Radio -Radio],"Color",'g');

if SigmaX<SigmaY

    Phi1=(-2*Beta+2*Teta+180)*pi/180
    xp= Radio*cos(Phi1)
    yp= Radio*sin(Phi1)
    yp1=-yp;
    xp1=-xp;
    plot(app.Grafica,[xp+Centro xp1+Centro],[yp yp1],"Color",[0.41 0.52 0.36]);
    s1=xp+Centro;
    s2=xp1+Centro;
    t=-yp;

if s1<0

    plot(app.Tmax,[d12(1) dn12(1)],[d12(2) dn12(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[d12(1) dn22(1)],[d12(2) dn22(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[i12(1) in12(1)],[i12(2) in12(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[i12(1) in22(1)],[i12(2) in22(2)],'k','LineWidth',1.5);

elseif s1>0

    plot(app.Tmax,[d22(1) dp12(1)],[d22(2) dp12(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[d22(1) dp22(1)],[d22(2) dp22(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[i22(1) ip12(1)],[i22(2) ip12(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[i22(1) ip22(1)],[i22(2) ip22(2)],'k','LineWidth',1.5);

end

if s2<0

    plot(app.Tmax,[ar12(1) arn12(1)],[ar12(2) arn12(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[ar12(1) arn22(1)],[ar12(2) arn22(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[ab12(1) abn12(1)],[ab12(2) abn12(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[ab12(1) abn22(1)],[ab12(2) abn22(2)],'k','LineWidth',1.5);

elseif s2>0

    plot(app.Tmax,[ar22(1) arp12(1)],[ar22(2) arp12(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[ar22(1) arp22(1)],[ar22(2) arp22(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[ab22(1) abp12(1)],[ab22(2) abp12(2)],'k','LineWidth',1.5);
    plot(app.Tmax,[ab22(1) abp22(1)],[ab22(2) abp22(2)],'k','LineWidth',1.5);

end
```

Anexo 7.

Plotear gráficos de propiedades mecánicas

```
R1=[cos(Phi) -sin(Phi);
sin(Phi) cos(Phi)];
R2=[cos(beta) -sin(beta);
sin(beta) cos(beta)];

Fgiro=R1*[Flecha;0]
f1=R1*[Flecha-Flecha*0.15; Flecha*0.1];
f2=R1*[Flecha-Flecha*0.15 ;-Flecha*0.1];
f3=R2*[Flecha*1.65;0];
f=0.75;

hold(app.Flexion,"on")
plot(app.Flexion,[0 Fgiro(1)],[0 Fgiro(2)],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[f1(1) Fgiro(1)],[f1(2) Fgiro(2)],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[f2(1) Fgiro(1)],[f2(2) Fgiro(2)],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[f1(1)*0.75 Fgiro(1)*0.75],[f1(2)*0.75 Fgiro(2)*0.75],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[f2(1)*0.75 Fgiro(1)*0.75],[f2(2)*0.75 Fgiro(2)*0.75],'LineWidth',1.5,'Color','g')

text(app.Flexion,Fgiro(1),Fgiro(2),'M','FontSize',15,'FontWeight','bold')
plot(app.Flexion,[-f3(1) f3(1)],[f3(2) f3(2)],'LineWidth',1.5,'Color','c','LineStyle','--')
text(app.Flexion,f3(1),f3(2),'n','FontSize',20)
text(app.Flexion,-f3(1),-f3(2),'n','FontSize',20)

if Mx<0

plot(app.Flexion,[0 -Flecha],[0 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[-Flecha+Flecha*0.15 -Flecha],[Flecha*0.1 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[-Flecha+Flecha*0.15 -Flecha],[-Flecha*0.1 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[(Flecha+Flecha*0.15)*f (-Flecha*f)],[(Flecha*0.1*f) 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[(Flecha+Flecha*0.15)*f (-Flecha*f)],[(Flecha*0.1*f) 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')

elseif Mx>0

plot(app.Flexion,[0 Flecha],[0 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[Flecha-Flecha*0.15 Flecha],[Flecha*0.1 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[Flecha-Flecha*0.15 Flecha],[-Flecha*0.1 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[(Flecha-Flecha*0.15)*f Flecha*f],[Flecha*0.1*f 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[(Flecha-Flecha*0.15)*f Flecha*f],[-Flecha*0.1*f 0],'LineWidth',1.5,'Color','g')

end

if My<0

plot(app.Flexion,[0 0],[0 -Flecha],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[0 Flecha*0.1],[Flecha (-Flecha+Flecha*0.15)],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[0 -Flecha*0.1],[-Flecha (-Flecha+Flecha*0.15)],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[0 Flecha*0.1*f],[-Flecha*f (-Flecha+Flecha*0.15)*f],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[0 -Flecha*0.1*f],[-Flecha*f (-Flecha+Flecha*0.15)*f],'LineWidth',1.5,'Color','g')

elseif My>0

plot(app.Flexion,[0 0],[0 Flecha],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[0 Flecha*0.1],[Flecha (Flecha-Flecha*0.15)],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[0 -Flecha*0.1],[Flecha (Flecha-Flecha*0.15)],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[0 Flecha*0.1*f],[Flecha*f (Flecha-Flecha*0.15)*f],'LineWidth',1.5,'Color','g')
plot(app.Flexion,[0 -Flecha*0.1*f],[Flecha*f (Flecha-Flecha*0.15)*f],'LineWidth',1.5,'Color','g')

end

teta=linspace(0,Phi);
x=Flecha*0.5*cos(teta);
y=Flecha*0.5*sin(teta);
plot(app.Flexion,x,y,'Color','r');
text(app.Flexion,x(50),y(50),'0','FontSize',20,'FontName','Times','Color','r')
```

Anexo 8.

Plotear gráficos de vigas de materiales diferentes

```
%%GRAFICA%%

for i=1:app.Rec

    h=h1(i);
    b=b1(i);
    x=x1(i);
    y=y1(i);

    %Coordenadas
    C1=[0;0];
    C2=[b;0];
    C3=[b;h];
    C4=[0;h];

    xp1=[C1(1)+x C2(1)+x C3(1)+x C4(1)+x C1(1)+x];
    yp1=[C1(2)+y C2(2)+y C3(2)+y C4(2)+y C1(2)+y];

    plot(app.GMateriales,xp1,yp1)
    %fill(app.Pro,xp,yp,'c')

end

%%GRAFICO ESFUERZO

area(app.GE,ys1,Ess1,'FaceColor',[0.89 0.82 0.76],'LineStyle','none');
view(app.GE,90,-90);

%%GRAFICO DEFORMACION

area(app.Def,ys1,Def,'FaceColor',[0.89 0.82 0.76],'LineStyle','none');
view(app.Def,90,-90);

end
app.Ess=Ess;

Datos(:,1)=Ess2;
app.Esfuerzos.Data=Datos;

bt1=xmax/2;

plot(app.GMateriales,[bt1 xmax-xmax*1.2],[ht ht],"Color",'b','LineWidth',2);
plot(app.GMateriales,[bt1 bt1],[ht ymax*1.2],"Color",'b','LineWidth',2);
txt=['Z'];
text(app.GMateriales,xmax-xmax*1.3,ht,txt,'FontName','Times','FontSize',15);
txt=['Y'];
text(app.GMateriales,bt1,ymax*1.2,txt,'FontName','Times','FontSize',15);
```

Anexo 9.