

Diseño e Implementación de Entorno Virtual para la Integración Matlab-Moodle como
Complemento de la Herramienta Computacional de Apoyo Docente para la Generación de
Exámenes con Énfasis en la Materia de Resistencia de Materiales

Luis Eduardo Suárez Flórez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Octavio Andrés González Estrada

Ingeniero Mecánico, PhD

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Mecánica
Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Dedico este proyecto de grado a:

Mis amados padres, Sandra Flórez y Gonzalo Suárez, quienes con sus grandes esfuerzos y ejemplo fueron un apoyo incondicional y motor para continuar avanzando en el logro de mis metas y sueños. Por ustedes y para ustedes, lo que fue y lo que vendrá.

A mi hermana Brenda Nicole Suárez, cómplice incondicional y mi par durante todas las pruebas de la vida. Gracias por tu amor, alegría y aplomo. Eres una motivación más para continuar con fe en mis idea y ritmo al caminar.

A mi familia, por el apoyo, comprensión y amor.

A cada una de esas personas que, con sus palabras y presencia, fueron guía y apoyo en los momentos de dificultad para encontrar el camino y consolidarme como persona y profesional.

Agradecimientos

Como autor de este proyecto expresé mi sincero agradecimiento a:

La Universidad Industrial de Santander, idónea y prestigiosa alma mater que me acogió durante mi estadía universitaria y me brindo la oportunidad de formarme personal, académica y profesionalmente.

La escuela de Ingeniería Mecánica, por servir de centro de estudios y ofrecer un espacio de desarrollo integral.

A todos y cada uno de los docentes UIS, quienes me acompañaron en el proceso de formación.

Al profesor Octavio Andrés González Estrada, docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica por su compromiso, apoyo y guía en la realización de este proyecto de grado.

Al Ingeniero Robin Cristancho, por ser fuente de consulta para la elaboración de la herramienta de apoyo docente.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Objetivos	12
1.1 Objetivo General	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2. Materiales y métodos	13
2.1 Moodle	13
2.2 Matlab-Moodle (XML).....	14
2.3 AppDesigner	15
2.4 Parse de texto	16
2.5 Criterios ABET y definición de niveles según competencias para el banco de preguntas	18
2.5.1 Carga axial	21
2.5.2 Análisis de torsión.....	22
2.5.3 Análisis de flexión	23
2.5.4 Criterios de falla y carga combinada	24
2.6 Requerimientos	24
3. Resultados	27
3.1 Diseño conceptual.....	27
3.2 Descripción de la herramienta	29
3.2.1 Panel inicial.....	29
3.2.2 Panel de pregunta personalizada.....	30
3.2.3 Panel de cálculo matemático.....	35

3.2.4 Panel de banco de preguntas	37
3.2.5 Base de datos.....	38
3.3 Desarrollo de algoritmo	39
3.3.1 Desarrollo del parse de texto.....	39
3.3.2 Desarrollo de etiquetador	42
3.3.3 Desarrollo de panel de cálculo matemático	44
3.4 Contenido de apoyo	45
3.5 Discusión.....	46
4. Conclusiones	47
Referencias Bibliográficas	49
Apéndices.....	53

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Flujo de datos del <i>parse</i> de texto.....	17
Figura 2. Caja negra del software	28
Figura 3. Caja transparente del software.....	29
Figura 4 . Panel inicial	30
Figura 5. Caja transparente de la pregunta personalizada.....	31
Figura 6. Panel de pregunta personalizada	33
Figura 7. Solución calculada.....	34
Figura 8. Solución tabulada	35
Figura 9. Panel de cálculo matemático	37
Figura 10. Banco de preguntas.....	38
Figura 12. Árbol sintáctico	41
Figura 13. Traducción de sintaxis.....	42
Figura 14. Material de apoyo.....	45

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Manual de Usuario.....	53
Apéndice B. Practica de placa con agujero.....	64
Apéndice C. Practica de varilla empotrada.....	67
Apéndice D. Practica de eje a torsión	70
Apéndice E. Practica de viga a flexión	74
Apéndice F. Practica de recipiente a presión	79

Resumen

Título: Diseño e implementación de entorno virtual para la integración Matlab-Moodle como complemento de la herramienta computacional de apoyo docente para la generación de exámenes con énfasis en la materia de Resistencia de Materiales*

Autor: Luis Eduardo Suárez Flórez**

Palabras Clave: Moodle, Software, Evaluación, Banco de preguntas, Apoyo docente.

Descripción: A partir de la pandemia del Covid-19, el estilo de vida de las personas tuvo un giro radical, debido a la necesidad de reducir al máximo el contacto entre personas para controlar la expansión del virus mientras se continúa con las actividades productivas diarias. La sociedad fue obligada a tener una rápida transición al trabajo y educación desde casa. Esta transición a la educación virtual trajo consigo problemáticas éticas y prácticas, como el diseño de procesos de evaluación efectivos para entornos virtuales y el aumento de trabajo para el docente.

En atención a esta situación, este trabajo es producto de la continuación del software para el apoyo docente (SIGENEXA) (Cristancho & Pérez, 2021) y pretende ampliar las herramientas para el desarrollo de ejercicios, enfocado al curso de Resistencia de Materiales. En particular, se busca desarrollar una manera más eficiente y amigable para la construcción de preguntas calculadas. El avance propuesto consiste en introducir una única ecuación que contenga las variables conocidas como respuesta de la pregunta, haciendo uso de un *parse* de texto para la interpretación y traducción de la expresión, desde la sintaxis normalmente usada en la formulación matemática hacia la sintaxis propia del procesador matemático de Moodle. Además, se agrega un módulo para la resolución de sistemas de ecuaciones de mayor complejidad presentes en problemas ingenieriles.

Gracias a los módulos agregados se reduce considerablemente el tiempo utilizado en la construcción de un examen para la plataforma Moodle y en la creación de nuevas preguntas personalizadas. También se propone la implementación de una base de datos para la aplicación, y así, lograr una retroalimentación constante para aumentar la cantidad y variedad de ejercicios.

* Diseño e implementación de entorno virtual para la integración Matlab-Moodle como complemento de la herramienta computacional de apoyo docente para la generación de exámenes con énfasis en la materia de Resistencia de Materiales.

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Octavio Andrés González Estrada. Ingeniero Mecánico, PhD.

Abstract

Title: Design and implementation of a virtual environment for Matlab-Moodle integration as a complement to the computational teaching support tool for the generation of exams with emphasis on Strength of Materials *

Author(s): Luis Eduardo Suárez Flórez **

Key Words: Moodle, Software, Question bank, Teacher support.

Description: Since the Covid-19 pandemic started, people's lifestyles have taken a radical turn, due to the need to minimize human-to-human contact to control the spread of the virus while continuing with daily productive activities. Society was forced to make a rapid transition to work and education from home. This transition to virtual education brought with it ethical and practical issues, such as the design of effective evaluation processes for virtual environments and the increased workload for the teacher.

In response to this situation, this work is a product of the continuation of the software for teaching support (SIGENEXA) (Cristancho & Pérez, 2021) and aims to expand the tools for the development of exercises, focused on the course of Strength of Materials. In particular, it seeks to develop a more efficient and user-friendly way for the construction of calculated questions. The proposed improvement consists of introducing a single equation containing the variables known as the answer to the question, making use of a text pair for the interpretation and translation of the expression, from the syntax normally used in the mathematical formulation to the syntax of the Moodle mathematical processor. In addition, a module for solving more complex systems of equations present in engineering problems has been added.

Thanks to the added modules, the time used to construct an exam for the Moodle platform and create new customized questions is considerably reduced. It is also proposed the implementation of a database for the application, to achieve constant feedback to increase the number and variety of exercises.

*Design and implementation of a virtual environment for Matlab-Moodle integration as a complement to the computational teaching support tool for the generation of exams with emphasis on Strength of Materials.

**Faculty of Engineering Physicomechanical. School of Mechanical Engineering. Director: Octavio Andrés González Estrada. Mechanical Engineer, Ph.D.

Introducción

Una vez más el rumbo de la naturaleza ha puesto a prueba la capacidad de adaptación y resiliencia de la humanidad a causa de la interrupción del desplazamiento de mano de obra a través de las fronteras por la pandemia del Covid-19 del 2020. Si bien, la prioridad de las redes de investigación internacionales se concentra en encontrar una vacuna eficaz contra el virus, existen por otro lado, aspectos cotidianos fundamentales para la supervivencia y el correcto funcionamiento de la sociedad actual que demandan una solución práctica. Tal es el caso de la educación superior, la cual tiene una rápida transición de la presencialidad hacia la virtualidad, dado que permitir una pausa prolongada en el proceso cognitivo y de formación de toda una generación puede llegar a tener repercusiones a mediano y largo plazo en la economía de una comunidad (Failache & Machado, 2020). Por lo tanto, la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander busca la creación de espacios virtuales que promuevan las habilidades de identificación, formulación y resolución de problemas ingenieriles.

En este caso particular, la asignatura de Resistencia de Materiales es susceptible a la implementación de espacios virtuales por medio de la herramienta de gestión de aprendizaje Moodle. La metodología del curso se basa en la promoción del desempeño y la acción, por otro lado, ante situaciones de emergencia la evaluación de competencias individuales se dificulta debido a su ejecución en medios virtuales, gracias a que al mismo tiempo se facilita el intercambio de información y se manifiesta la posibilidad para los evaluados de cooperar en la solución de un examen, practica deshonesta que representa una falta a la ética y a las normas de la sociedad donde los individuos hacen pasar como propio un trabajo realizado en conjunto o por un externo con el objetivo de ver reflejada una buena nota como beneficio (Neiva et al., 2016).

El foco de interés en la emergencia sanitaria se centró en la fusión efectiva del contenido temático de las asignaturas con las ventajas disponibles en los entornos virtuales, en búsqueda de mejoras constantes de las plataformas digitales con herramientas de apoyo para los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación. La herramienta de apoyo SIGENEXA (Cristancho & Pérez, 2021) orienta los métodos y contenidos en la edificación de cuestionarios compatibles con la plataforma Moodle, para garantizar evaluaciones transparentes y justas, con ejercicios únicos para cada estudiante. Y así, impulsar el desarrollo de la cualidad del autodidacta a partir del análisis crítico y la interiorización de los contenidos impartidos en la asignatura.

El presente trabajo estructura la información en dos bloques. El primero, donde se establecen el marco de referencia para dar a conocer al lector los conceptos de la materia e instrumentos entorno al desarrollo la herramienta docente y establece los criterios usados para la selección del contenido del banco de preguntas y se profundiza la temática de la asignatura de Resistencia de Materiales. El segundo, detalla la ingeniería de software desde los requerimientos de diseño hasta el desarrollo de los algoritmos. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones para realizar una base de datos con el objetivo de realizar un enlace con Moodle, y así, aportando un grano de arena para el avance de la educación virtual del país, pues brinda la capacidad de impartir y evaluar cualquier tipo de asignatura técnica. Además, mejora la alfabetización electrónica del país y mejora el proceso educativo de los futuros profesionales que por la inaccesibilidad de su ubicación geográfica le es imposible recibir una educación presencial (Badillo & Ferreira, 2017).

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un entorno virtual integrando Matlab con plataforma Moodle como complemento de la herramienta computacional de apoyo docente para la generación de exámenes, con énfasis en la materia de Resistencia de Materiales.

1.2 Objetivos Específicos

- Adicionar una interfaz gráfica para la construcción de exámenes personalizados por el docente al software SIGENEXA, basado en un lector de expresiones.
- Construir un banco de preguntas para evaluar los contenidos de la asignatura de Resistencia de Materiales. Donde se valore, realizar el diagrama de cuerpo libre, establecer el equilibrio de fuerzas, el cálculo de esfuerzos normales equivalentes y la identificación del punto crítico de cualquier elemento de máquina, de acuerdo con las teorías de falla.
- Generar un Manual de Usuario para el manejo y operación adecuado de la interfaz gráfica. Para describir la instalación de la aplicación ejecutable y la generación de exámenes personalizados con la solución exportable a la plataforma Moodle.
- Generar contenido de apoyo para la asignatura de Resistencia de Materiales en favor de fortalecer el proceso educativo, a partir de simulaciones computarizadas en el software ANSYS.

2. Materiales y métodos

En el siguiente capítulo se esbozan de manera general los conceptos para el desarrollo de la herramienta de apoyo docente, asimismo, las características de esta en función del curso de Resistencia de Materiales.

2.1 Moodle

Es un sistema gratuito para gestión del aprendizaje en línea (*LMS*) ideado para brindar a educadores, administradores y estudiantes un sistema integrado para la creación de sitios web privados y personalizados (Moodle, 2022). Moodle fundamenta su enfoque de la educación en el desarrollo de competencias por medio de la interactividad entre el docente y los alumnos a través de actividades y recursos organizados según lo demande la guía del proceso educativo. Además de la interacción docente-alumno por medio de talleres, tareas o exámenes con retroalimentación, existe la posibilidad de la construcción colaborativa del conocimiento por medio de foros, glosarios, bases de datos y wikis útiles para trabajos en grupo, gracias a que permiten espacio para la discusión asincrónica y la comparación documentos, archivos multimedia o enlaces (Moodle, 2022).

Una de las características a destacar para el proyecto es el módulo de cuestionario, donde es posible añadir una amplia variedad de preguntas, tales como: calculada, calculada multiopción, opción múltiple, tipo ensayo, relación, falso/verdadero (Moodle, 2022). Dentro de las mencionadas, la pregunta tipo calculada toma especial relevancia debido a que desde su creación mediante comodines (por ejemplo {a}, {F}) remplazados aleatoriamente, permite parametrizar las pregunta para entregar diferentes datos a cada uno de los alumnos.

Por ejemplo, si el docente desea evaluar el concepto de esfuerzo de un determinado elemento con área {a} y sometido a una fuerza {F}, puede seleccionar el rango de valores para

cada una de las variables y ubicar en la casilla de “Fórmula para calcular la respuesta correcta=” $\{F\}/\{a\}$. Así, cuando se inicie a diligenciar el cuestionario se asignarán valores aleatorios para los comodines y la respuesta será calificada con base en la formula ingresada anteriormente, es poco probable que a dos comodines se les asigne el mismo valor, de manera que cada estudiante tendrá una pregunta particular. Sin embargo, la fórmula de la respuesta debe ser función de los comodines dados en el enunciado como datos, por otro lado, si la respuesta es función de alguna incógnita al software le será imposible realizar el cálculo, para evitar este error una posible solución se plantea más adelante mediante la combinación de un *parse* de texto y una “calculadora” que solucione sistemas de ecuaciones en función de los parámetros.

Al mismo tiempo, los comodines como conjunto de datos, pueden compartirse con todas las preguntas que los contengan (Moodle, 2022). Esta función permite una evaluación más detallada y precisa de las competencias, debido a que, al agregar incisos a una pregunta, y ser respaldados por porcentajes, es posible calificar el procedimiento y no una única respuesta final, como consecuencia se logra entregar al estudiante una nota ponderada y una retroalimentación.

2.2 Matlab-Moodle (XML)

La plataforma demuestra gran versatilidad al proporcionar la opción de importar preguntas hacia las diferentes categorías mencionadas anteriormente, permite traer preguntas de un archivo en línea, desde el ordenador o seleccionar algún archivo subido al curso. Además, optimiza el tiempo de creación de un cuestionario pues el docente solo debe escribir la pregunta sin esperar que la página se recargue luego de ingresar cada una de las preguntas.

Moodle acepta ocho diferentes formatos de entrada y salida y la opción de crear nuevos, pero el formato Moodle XML es el recomendado gracias a que es compatible con gran parte de los tipos de preguntas e inclusive con la retroalimentación de la pregunta. El formato Moodle XML

por construcción se ajusta al formato SGML (Lenguaje de Señalización General Normalizado) y garantiza la interoperabilidad con documentos SGML y HTML, al recibir y procesar en la web documentos formados de unidades de almacenamiento, que contienen datos de caracteres y otros datos que forman marcas, asimismo, proporciona un mecanismo para imponer restricciones en el diseño del almacenamiento y la estructura lógica del documento (Bray et al., 2010).

2.3 AppDesigner

La herramienta de apoyo docente se desarrolla desde el *AppDesigner* de *Matlab*, ideada para crear aplicaciones a partir de la distribución de los componentes que hacen parte de la interfaz de usuarios y la definición de los comportamientos de la aplicación, además de comprobar la existencia de errores de codificación (Matlab, 2022). Permite el desarrollar aplicaciones de manera fácil y rápida gracias a que cuenta con componentes interactivos modificable en cuanto a tamaño y ubicación por medio de arrastre, tales como, botones, desplegables, graficas, tablas, *spinner*, paneles, grupos de pestañas, alertas, seleccionador de archivos, imágenes y representación de instrumentos.

Asimismo, a partir de un *script* se construyen funciones de tratamiento de datos o incluso de imágenes a partir de argumentos de entrada e instrucciones secuenciadas y estructuradas bajo una lógica, para posteriormente ser llamadas en cualquier proyecto. Además, dispone de una gran variedad de funciones internas y comandos para procesar datos por medio de métodos o algoritmos de cálculo numérico (Pérez López, 2002). Tal es el caso de *Symbolic Math Toolbox* para realizar conversión de cadenas de caracteres a variables simbólicas para poder manipular polinomios, expresiones racionales, trigonométricas, potencias, límites y solucionar sistemas de ecuaciones (Matlab, 2022).

Esta librería toma especial relevancia para obtener una expresión correspondiente a la solución de una pregunta tipo calculada en función de los comodines, donde hacer uso de funciones como *solve* ahorra tiempo y el trabajo manual de aplicar un método para reducir un sistema de ecuaciones con datos e incógnitas entrelazados. De manera que el usuario solo debe plantear el sistema de ecuaciones y la herramienta de apoyo docente apoyada en el *parse* de texto obtiene las expresiones correspondientes a las incógnitas en función de los datos o comodines conocidos en el enunciado en la sintaxis particular de Moodle.

2.4 Parse de texto

El análisis sintáctico o *parse* puede definirse como un programa que analiza una cadena de caracteres, la descompone y transforma correctamente a un lenguaje ejecutable para un posterior procesamiento (Ayala et al., 2021). Es imperativo obtener en el generador de preguntas personalizadas una correcta traducción entre la sintaxis normal del resolutor de ecuaciones de Matlab y la sintaxis Moodle, dado que de estas expresiones dependen las respuestas con las cuales se evalúa a un estudiante que invierte tiempo y esfuerzo en prepararse para un examen.

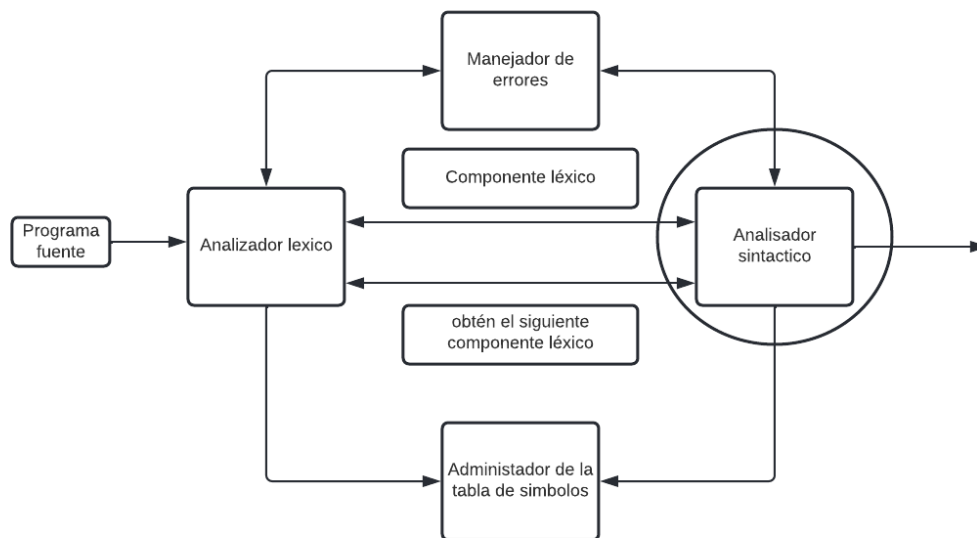
Gracias a las preguntas tipo calculada es posible introducir expresiones basadas en variables dependientes, las cuales pueden contener símbolos matemáticos, como es el caso de “ πr^2 ” una variable elevada a una potencia, donde la correcta escritura para Moodle es “ $\pi * pow(\{r\}, \{2\})$ ”. Así, dentro de la asignatura y su contenido teórico pueden encontrarse expresiones complejas desde la estructura sintáctica, por lo tanto, se hace necesario resolver de manera práctica la introducción, traducción y procesamiento de dichas expresiones.

Para lograr dicha traducción de las expresiones de entrada al lenguaje Moodle, el *parse* de texto se construye para llevar a cabo la compilación por etapas y al mismo tiempo administrar símbolos mientras se manejan errores. Para el procesamiento de texto, la primera etapa es un

análisis léxico donde se escanea la secuencia de caracteres y entregar como salida una elaborada cadena de componentes léxicos llamados *tokens* “{}”, componentes que corresponden a símbolos que forman las sentencias del lenguaje (López & Nestares, 1996).

Además, se genera una constante interacción con el analizador sintáctico con el objetivo de analizar los *tokens* y verificar el cumplimiento de las reglas gramaticales específicas, una vez realizada la verificación se ordena al analizador sintáctico enviar la siguiente secuencia de componentes léxicos (Águila, 2004). Tal como se puede observar en la Figura 1 correspondiente a la interacción al interior del *Parse* de texto.

Figura 1. Flujo de datos del *parse* de texto



Nota. Interacción de analizador léxico con un analizador sintáctico. Fuente. Elaboración propia.

Al mismo tiempo, lleva a cabo el filtrado de separadores múltiples (espacios, tabuladores y saltos de línea), lleva el contador de línea de texto fuente y genera alertas en caso de que la entrada no corresponda a ninguna categoría léxica.

En la segunda etapa el analizador sintáctico recibe los *tokens* y produce una representación del árbol sintáctico reconocida de la expresión de entrada y de acuerdo con su gramática específica. Asimismo, verifica que la asignación de datos para evitar la pérdida de información y errores de traducción produce un código intermedio para la interpretación de los datos de entrada y notifica de los errores encontrados. Para obtener un correcto análisis sintáctico es primordial determinar si la expresión pertenece al lenguaje de interés en la gramática, mediante la ejecución de una derivación a partir de los símbolos libres de contexto (Hutton, 2016).

2.5 Criterios ABET y definición de niveles según competencias para el banco de preguntas

El aumento de la comunidad académica internacional refleja la globalización de la educación superior, la interconectividad del aprendizaje y la investigación. Carácter fortalecido por la integración económica, social y política. En consecuencia, la internacionalización de la educación superior contribuye al entendimiento de culturas y naciones (Garcel-Ávila, 2018). Por tanto, la acreditación de un programa deja de verse como una decisión por iniciativa propia y empieza a ser una obligación para garantizar la calidad de los egresados de las instituciones educativas superiores del país.

La acreditación internacional garantiza la calidad de un programa, no facultades o Universidades. Así, *Accreditation Board of Engineering and Technology* (ABET) certifica la evaluación de calidad de programas en disciplinas de ciencias, computación, ingenierías y tecnologías. El proceso de acreditación tiene una duración de 18 meses, donde se evalúan los estudiantes, los objetivos del programa, los resultados, la mejora continua, el currículo, el cuerpo profesoral, las instalaciones y el apoyo institucional. Los programas que terminan satisfactoriamente el proceso de acreditación obtienen: acreditación de una agencia norteamericana, además de prestigio internacional sobre sus procesos académicos, facilita a sus

graduados la obtención de una licencia profesional de ingeniería en los Estados Unidos, y garantiza que sus egresados desempeñan con alta calidad habilidades duras y blandas propias de la ingeniería (Peláez-Valencia et al., 2020).

Dentro del proceso de acreditación internacional ABET la Escuela de Ingeniería Mecánica busca demostrar el cumplimiento de los criterios a partir de la mejora continua, los resultados de los estudiantes y la evaluación de rendimiento y calidad, además del impacto que se genera sobre el plan de estudio y la estructuración del programa (Mejía-Aguilar et al., 2020).

Por lo expresado anteriormente, se determina construir el banco de preguntas a partir de los logros y competencias que los estudiantes deben adquirir satisfactoriamente al término de cada uno de los temas principales del curso de Resistencia de Materiales. Asimismo, son clasificadas según su dificultad y el tipo de evaluación que se desea aplicar, teniendo en cuenta que la dificultad de una pregunta enfocada a un quiz es inferior a la pregunta de un examen.

Es posible definir la Resistencia de Materiales como la ciencia que se encarga de brindar los conocimientos para que los diseños de los sistemas posean la geometría adecuada y respondan a las exigencias de resistencia, rigidez y estabilidad. Donde, la resistencia es la capacidad de una estructura de contrarrestar una carga, la rigidez es la propiedad de oponerse a cambios de forma y dimensiones, y la estabilidad es la capacidad de mantener una forma inicial determinada de equilibrio estático (Cuevas Badallo, 2003).

Obtener una representación completa del sistema es fundamental para el diseño de cualquier tipo de elemento estático o mecánico, y durante mucho tiempo ha sido un pilar fundamental en la estructura de los programas académicos para la formación ingenieril, gracias al conjunto de teorías que relacionan los parámetros de geometría, solicitaciones y material. En el proceso de diseño de elementos estáticos o dinámicos es preciso considerar las cargas internas y

externas sobre cada uno de los elementos para determinar si los esfuerzos producidos sobrepasan los límites permitidos por el material para un correcto desempeño del sistema (Beer et al., 2009).

La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander establece las competencias y habilidades que el estudiante debe obtener una vez finalicé el curso de Resistencia de Materiales (23022) (Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013). Dentro de las mencionadas se destacan:

- Realizar el diagrama de cuerpo libre del elemento de máquina a estudiar.
- Realizar el equilibrio de fuerzas.
- Reconocer el tipo de esfuerzo que produce una fuerza o un momento aplicado sobre un elemento de máquina, de acuerdo con la forma cómo actúa.
- Calcular los esfuerzos y las deformaciones que se presentan en cualquier punto de un elemento de máquina o elemento estructural sometido a un tipo específico de carga.
- Seleccionar el punto crítico donde se presentan los mayores esfuerzos en cualquier elemento mecánico sometido a varios tipos de carga simultáneamente.
- Definir el estado de esfuerzo plano en el punto crítico de cualquier elemento de máquina sometido a diferentes tipos de carga externa.
- Evaluar la posible falla de un elemento de máquina sometido a diferentes tipos de carga.

Además, las competencias mencionadas funcionan como criterios de diseño, evaluación y clasificación para cada una de las preguntas del banco del presente trabajo.

En la estrategia de evaluación, el docente asigna las ponderaciones a cada una de las preguntas y las evaluaciones, las cuales serán promediadas y ponderadas aritméticamente con el resto de las notas obtenidas mediante los instrumentos de evaluación para obtener la calificación

definitiva del curso. Los instrumentos de evaluación son pruebas escritas teórico-prácticas, talleres, exposiciones y/o proyectos (Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013)

El banco de preguntas contiene problemas propuestos por los autores de la literatura sugerida en el plan de la asignatura, del mismo modo reúne los principales problemas tipo de los parciales y talleres evaluados en años anteriores. Así, se garantiza calidad y variedad en el material de evaluación.

En búsqueda de garantizar la correcta evaluación de logros y competencias se establecen tres niveles para la clasificación de las preguntas, de la siguiente manera:

El primer nivel de dificultad se enfoca en las tareas y quices, basado en las capacidades básicas de identificación, la formulación y la resolución de problemas, mediante principios básicos de las matemáticas, la ciencia e ingeniería.

El segundo nivel se enfoca en talleres y proyectos para el desarrollo de la capacidad de cooperar en equipo, con el objetivo de potenciar habilidades psicosociales como el compromiso, toma de decisiones, gestión del tiempo, comunicación interpersonal, empatía responsabilidad y liderazgo (Herrera et al., 2017).

El tercer nivel está enfocado en los exámenes, de nuevo en búsqueda de identificación, formulación y resolución de problemas por parte del estudiante, asimismo se va tras la capacidad de adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando las estrategias de aprendizaje apropiadas.

2.5.1 Carga axial

Los ejercicios contenidos en este ítem tienen como objetivo evaluar la capacidad del estudiante para obtener una representación estática completa del cualquier sistema natural o

artificial, haciendo énfasis en marcos y armaduras estructurales, evaluando las capacidades geométricas y matemáticas para la resolución de problemas.

En el proceso de definición de niveles se establece el nivel dos, donde se realiza análisis de carga axial, clasificación de cargas y por primera vez se presentan los conceptos de esfuerzo normal y cortante. De igual manera se introducen las propiedades de los materiales y las leyes de comportamiento elástico y plástico (Hooke y Poisson), con el objetivo de establecer una relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria de un material y sus propiedades específicas (Popov, 2000).

Para el último nivel de dificultad se hace una integración de lo anteriormente mencionado con el concepto de falla, esfuerzo permisible y el factor de seguridad. Adicionalmente, se aplican a sistemas determinados e indeterminados efectos de cambios de temperatura, siempre bajo la aplicación de cargas axiales.

2.5.2 Análisis de torsión

El análisis de torsión en su primer nivel se enfoca en los diagramas de momentos y los estados de esfuerzo cuando se somete a un par de torsión uniforme o no uniforme a lo largo de una determinada longitud en ejes macizos o huecos, gracias a que cualquier carga aplicada fuera del eje de la sección transversal produce torsión y afecta la rigidez estructural del elemento (Mott, 2009).

Para la segunda parte se incluyen los conceptos de ley de Hooke para cortante, estableciendo que los esfuerzos cortantes son proporcionales a las deformaciones unitarias, con un módulo G , como módulo de elasticidad en cortante, centrando el análisis en las deformaciones angulares y haciendo uso de diagramas de cuerpo libre a fin de establecer el par interno en la flecha

que puede contener dos o más secciones y elementos cargados con un par de torsión, ya sea engranes o poleas.

Finalmente, se introduce la torsión en estructuras indeterminadas, teniendo como novedad los temas de energía de deformación, flujo cortante en tubos de pared delgada de diferentes geometría y concentración de esfuerzos en torsión, a partir de estructuras estáticamente determinadas e indeterminadas.

2.5.3 Análisis de flexión

En el primer nivel se realiza una evaluación del análisis en dos dimensiones de vigas y marcos. Inicialmente se estudian vigas estáticamente determinadas para diversas condiciones de apoyo y carga, a partir de la estática, los diagramas de momento y ecuaciones fundamentales, con el objetivo de determinar los esfuerzos internos resultantes en cualquier punto de la estructura.

El enfoque del segundo nivel recae en los esfuerzos normales y cortantes en cualquier punto de la estructura, los cuales son resultado del momento flector M y cortante V , gracias a que en conjunto con la deflexión máxima son criterios para el diseño de vigas y elementos estructurales que cumplan con el mismo principio (Beer et al., 2009). Además, se analizan las vigas de sección transversal compuesta por varios materiales y los perfiles de pared delgada.

Por otro lado, si para obtener reacciones, fuerzas cortantes y deflexión en las vigas estáticamente determinadas es suficiente con los diagramas de cuerpo libre y las ecuaciones de equilibrio, para una viga estáticamente indeterminada no lo es. Ahora bien, las mencionadas son el objetivo de estudio para el nivel tres, donde se requiere desarrollar ecuaciones con base en las deformaciones de la estructura. En consecuencia, se analiza el método de integración de la curva elástica con la aplicación de condiciones de frontera y complementan las ecuaciones de equilibrio con ecuaciones de compatibilidad y de fuerza-desplazamiento (Gere & Goodno, 2009).

2.5.4 Criterios de falla y carga combinada

Inicialmente se realiza una evaluación de los conocimientos preliminares sobre transmisión de fuerza en elementos mecánicos y estáticos en tres dimensiones. Además, en contra parte a los temas anteriores, donde el objetivo es evaluar habilidades para el análisis y diseño de miembros sometidos un tipo de carga específica, en esta sección se consideran combinaciones especiales de esfuerzos producidos por flexión, torsión y cargas axiales en estructuras, máquinas o recipientes a presión, y el cálculo de los esfuerzos principales (Mott, 2009).

Como rasgo general, es sustancial la identificación de los esfuerzos máximos en cualquier estructura y el punto de la sección transversal donde la adición de los esfuerzos es máxima, es decir, donde los esfuerzos normales y los esfuerzos cortantes son máximos es el punto de origen de la falla en la sección transversal. Según lo mencionado y a la cantidad de posibles puntos críticos que se pueden presentar para el análisis, este tipo de ejercicios representa el siguiente nivel de dificultad para los ejercicios de esta sección. Adicionalmente, se inspeccionan el método del círculo de Mohr, puesto que al ser un método semigráfico facilitar la visualización y el cálculo de los esfuerzos principales de un elemento sometido a diferentes solicitaciones (Gere & Goodno, 2009).

Finalmente, para el último nivel de dificultad se integran las teorías mencionadas en aplicaciones de recipientes a presión de paredes delgadas y sistemas estructurales estáticamente determinado e indeterminados bajo cargas combinadas, aplicando los diferentes criterios de falla.

2.6 Requerimientos

En esta etapa se establece la estructura y la relación entre los elementos que conforman el software de apoyo docente, a partir de especificar la vía del flujo de datos, pasando por la arquitectura de los paneles y los procedimientos entre estos. Inicialmente se definen las funciones

a llevar a cabo por el producto a partir de las necesidades del usuario, la planta docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, con posibilidad de extender la herramienta a cualquier entidad que brinde el servicio de educación a distancia.

Como resultado de la encuesta realizada por (Cristancho & Pérez, 2021) en la planta docente, disponible en el anexo A, fue posible establecer las funciones y características que la herramienta debe ofrecer en la interacción hombre máquina, de manera que los primeros seis resultados a describir aportan parámetros del comportamiento del producto y las necesidades para su desarrollo, por otro lado los resultados finales aportan datos de las expectativas del usuario y la interacción con el software.

En concordancia, a continuación, se enumeran dichos requerimientos:

- Facilidad en el proceso evaluativo, es decir, que además de realizar este proceso, permita modificaciones como: el establecimiento de tolerancia, definición del peso de cada pregunta dentro del examen, retroalimentación (feedback) y revisión del procedimiento.
- Personalización del examen para cada estudiante. Un mismo enunciado, con diferentes datos de entrada para cada estudiante.
- Realización de varias preguntas dentro de un mismo enunciado.
- Clasificación del banco de preguntas según el tópico a evaluar y el nivel de dificultad.
- Visualización de la solución de los ejercicios del banco de preguntas.
- Versatilidad, permitir a la creación de nuevas preguntas externas al banco con el que cuenta la herramienta.
- Se requiere una interfaz amigable y de fácil manejo, con preferencia que disponga de un equilibrio (40%-60%) en relación imagen- texto.

- Se requiere una interfaz que simplifique las actividades a realizar por el usuario, es decir, que el usuario no tenga la necesidad de introducir información redundante, ni agregar variables que se puedan obtener dentro de la herramienta.
- En cuanto a elementos, los botones y menús desplegables son las preferencias de interacción con el software suministradas por el usuario.

3. Resultados

3.1 Diseño conceptual

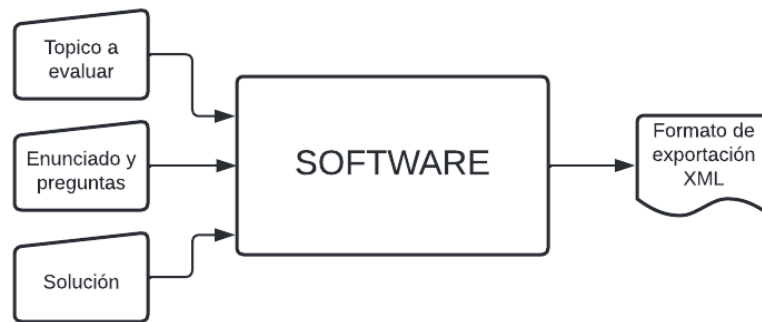
El ejercicio de diseñar y desarrollar un producto parte desde la concepción de la idea general hasta el alcance de un producto que logre cumplir con todas las funciones requeridas por el usuario, teniendo en cuenta la organización y validación de los errores que pueden presentarse en su uso diario. Es preciso realizar una exploración de las intenciones de las ideas y una representación de estas para formular un correcto diseño conceptual, gracias a que es una etapa clave para la definición de la apariencia, la calidad y la cantidad de recursos a consumir por el producto final (Briede et al., 2016).

Una vez se da inicio al proceso de diseño surgen interrogantes en torno a la interacción entre los datos, los gráficos, las incógnitas, las soluciones, la valoración, calificación y de más variables presentes en torno a la construcción externa de una pregunta tipo calculada para ser evaluada en la herramienta de educación Moodle. Dado que en la primera etapa del diseño conceptual el objetivo es caracterizar las principales funciones del software con base a los requerimientos previamente definidos, se establece una idea simplificada del tratamiento de datos y las diferentes etapas a ejecutar por los subsistemas en la intención de alcanzar los resultados esperados.

Los datos de entrada se establecen a partir de la experiencia de creación de preguntas individuales dentro de la herramienta de aprendizaje Moodle y de los criterios para tener en cuenta en la selección de los ejercicios que conforman el banco de preguntas. Por otro lado, los datos de salida son seleccionados por medio de las necesidades de la planta docente a la hora de revisar un examen y los requisitos necesarios por la plataforma para aceptar preguntas importadas. Por

consiguiente, se reúnen los elementos necesarios para dar forma a la caja negra del proyecto en cuestión, tal como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Caja negra del software



Nota. Flujo de datos de entrada y salida a través del software. Fuente. Elaboración propia.

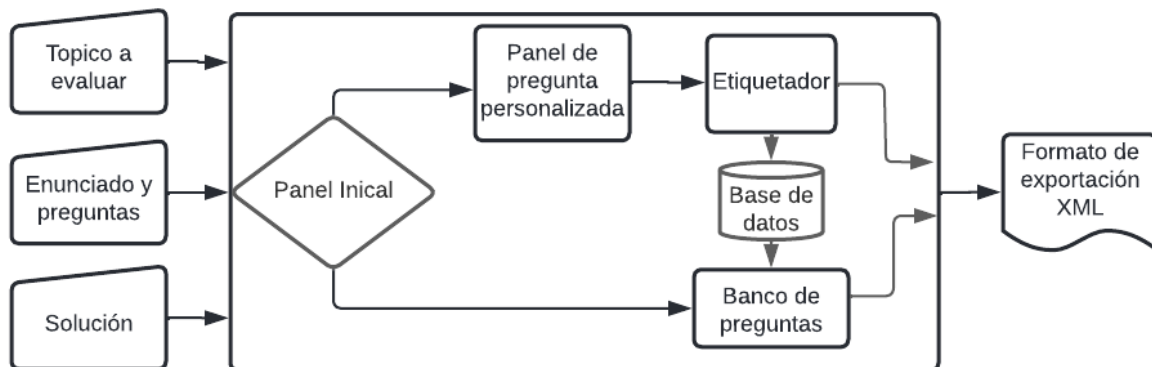
En el diagrama de flujo anterior se puede observar los tópicos o competencias a evaluar, el enunciado y preguntas, además de la solución como *inputs* software. Asimismo, como *output* se entrega el formato XML con destino a la plataforma Moodle.

Una vez simplificado el funcionamiento global del software donde se prioriza los procesos y se hace a un lado la manera mediante la cual se va a desarrollar el proceso interno del software, se da paso a la estructuración de los principales componentes o subsistemas y sus relaciones para alcanzar los resultados esperados. Así, se logra dar forma al esqueleto del software para continuar hacia la fase de programación, la cual al ser una actividad individual no se desarrolla de manera lineal, generalmente se inicia con la conformación de los componentes conocidos, realizando algunas pruebas que pueden revelar errores, asimismo se avanza hacia los componentes que se tiene menor entendimiento hasta obtener un correcto funcionamiento de todos los subsistemas.

La determinación de los subsistemas se lleva a cabo a partir de los requerimientos de diseño y las necesidades funcionales que considere el programador. Cada uno de los subsistemas cumple

una función en el tratamiento de datos y al mismo tiempo interactúan con los demás subsistemas. A continuación, en la Figura 3 se muestra el concepto de caja transparente la distribución, organización e interacción de estos componentes dentro del software.

Figura 3. Caja transparente del software



Nota. Funcionamiento interno del software y distribución de subsistemas. Fuente. Elaboración propia.

3.2 Descripción de la herramienta

En esta etapa se describe de manera precisa cada una de las características y especificaciones de los subsistemas del programa. Al mismo tiempo, brindar una idea aproximada al lector del método y la lógica que se emplea para el desarrollo de los componentes que forman el producto.

3.2.1 Panel inicial

El panel inicial se dispone de manera simple, como se muestra en la Figura 4, para seleccionar entre exportar una pregunta previamente seleccionada y solucionada, o la opción de

construir desde cero una pregunta personalizada, para la cual se debe conocer previamente el planteamiento para la solución, así como el enunciado, las preguntas y la imagen.

Figura 4 . Panel inicial



Nota. Representa las dos opciones para crear una pregunta. Fuente. Elaboración propia.

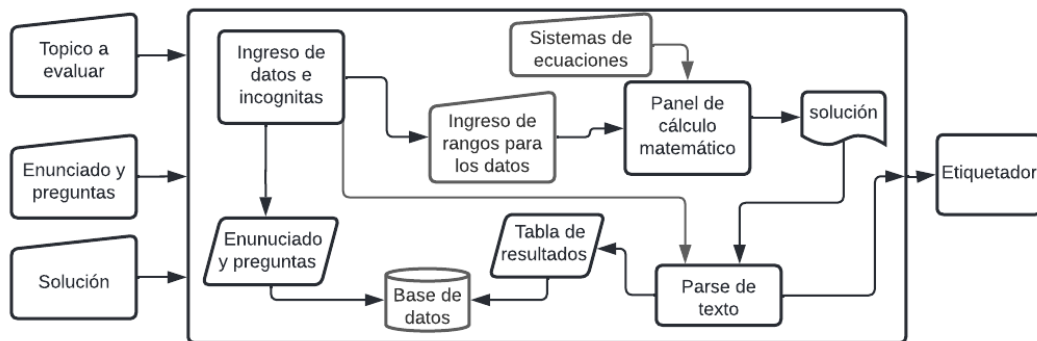
3.2.2 Panel de pregunta personalizada

En la plataforma Moodle existe una amplia variedad de preguntas para la elaboración de cuestionarios, la pregunta calculada destaca gracias a la flexibilidad en el formato de ingreso de la solución, ya sea de manera interna o externa en formato XML, puesto que permite introducir respuestas numéricas mediante ecuaciones en función de comodines, los cuales se remplazan posteriormente por valores aleatorios entre un rango establecido por el usuario. Además, toma relevancia si se busca la evaluación de conocimientos por competencias gracias a que su principal característica es la generación múltiples versiones de una misma pregunta con valores numéricos diferentes, y como consecuencia cada alumno obtendrá preguntas diferentes (Escobar et al., 2015).

De igual forma, existen dos preguntas tipo calculada adicionales, la simple y la de opción múltiple, una vez ingresada la selección del tipo de pregunta, el enunciado y las diferentes

incógnitas se procede al llenado de páginas informativas, las cuales tienen contenidos y opciones como la retroalimentación, el nombre de la pregunta, la calificación, tolerancia o tratamiento de unidades. Estas son representadas en la herramienta de apoyo docente en paneles desplegables, la distribución y el flujo de datos entre estos se puede observar en la Figura 5, ahorrando tiempo y pasos en la creación de la pregunta en comparación con la forma tradicional. Asimismo, se añaden los paneles encargados de suministrar los datos correspondientes a los comodines y la opción de compartirlos con preguntas que estén relacionadas al procedimiento o resultados de la primera. Lo mencionado anteriormente fue posible condensarlo en una interfaz de la herramienta de apoyo docente gracias a la base suministrada por la primera versión del software SIGENEXA (Cristancho & Pérez, 2021).

Figura 5. Caja transparente de la pregunta personalizada



Nota. Representa la interacción y flujo de datos dentro de la pregunta calculada. Elaboración propia.

Por otro lado, la interfaz de usuario es el medio encargado de la comunicación entre el hombre y la máquina, mediante la traducción de datos a los respectivos lenguajes. Las acciones o *inputs* generadas por el hombre obtienen como respuesta *outputs* de la máquina con el objetivo de

cerrar la cadena de comunicación mediante confirmación, comprensión, negación o accionamiento.

Debido a que la interfaz hace control de componentes físicos y lógicos, tal como la cabina de una piloto con sus instrumentos de vuelo, es primordial realizar un diseño para la GUI que facilitar el uso del software y evitar errores a causa de una incorrecta interpretación o ejecución.

Al mismo tiempo, lo anteriormente mencionado es respaldado por el concepto de usabilidad (González, 2014). Como la facilidad de aprendizaje desde la primera vez que el usuario entra en contacto con el producto y la eficiencia medida sobre el tiempo para realizar la tarea. Además, la capacidad de ser recordada la manera de usar el diseño con un nivel bajo de errores y que tan agradable es la experiencia de uso, son los parámetros para establecer la estructura, distribución y secuencia de los componentes que dan forma a la GUI.

Por tal razón, la interfaz del presente proyecto se construye a partir del flujo de datos establecido anteriormente como eje central. Y al contar con una estructura que puede llegar a asemejarse con el llenado de un formulario de datos personales, se establece una distribución pantalla simple que le garantice una experiencia al usuario sin dudas a medida que avanza en el proceso de creación de la pregunta tal como se muestra en la Figura 6.

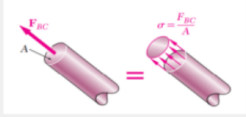
Figura 6. Panel de pregunta personalizada

Seleccione la asignatura **Resistencia de materiales**

Tópico **Carga Axial** Nivel de dificultad **Nivel 1** Opción **Opcion 2**




Enunciado

Para una barra sometida a una fuerza {F} de sección transversal {A}, módulo de elasticidad {E} y longitud {L}. Determine:



Cantidad de Preguntas ¿Desea agregar procedimiento? Si No

	Pregunta	Valor	Tipo de tolerancia	Valor tolerancia	Retroalimentación	MinMax
a	El esfuerzo normal. {T}	1	Relativa	0.0100	opcional	Ninguna
b	La deformación. {delta}	1	Relativa	0.0100	opcional	Ninguna

Nota. Se observa la primera etapa de ingreso de datos como, enunciado, comodines, preguntas e imágenes. Elaboración propia.

El panel se compone de una sección para ubicar el ejercicio dentro del banco de preguntas, a partir de la selección de asignatura, nivel de dificultad y la opción dentro de otros ejercicios de su mismo tipo.

A continuación, se encuentra el espacio para el ingreso del enunciado, el cual debe contener datos identificados por una variable entre corchetes “{}”, de igual forma se ingresan las preguntas, las cuales tiene la opción de establecer retroalimentación, valoración y tolerancia para la respuesta aceptada una importada a la plataforma Moodle. Cabe resaltar que los espacios mencionados deben llenarse de manera obligatoria, para esto se incluyen validaciones para que el usuario deba hacerlo, sin embargo, es opcional la carga de una imagen para el ejercicio.

Una vez se han guardado exitosamente los datos, se habilitan dos opciones para solucionar el ejercicio, la primera corresponde a la solución calculada que se puede observar en la Figura 7 y

la solución tabulada en la Figura 8. Solución tabulada. Adicionalmente en la descripción se puede dejar un paso a paso del desarrollo del planteamiento del ejercicio.

Figura 7. Solución calculada

The screenshot shows the SIGENEXA1.0 software interface. At the top left is a refresh button. Below it is a table with the following data:

Nombre del comodín	Lim. Inferior	Lim. Superior	Cant. Decimales
F	1	10	1
A	1	10	1
E	1	10	1
L	1	10	1

To the right of this table is a 'Descripción' box containing the text: '-Aplicar formulas de esfuerzo normal y deformacion. -Verificar las unidades.'

Below the table are two buttons: 'Comprobar' and 'Calculadora'. Below these is a table with the following data:

Pregunta	Fórmula	Sintaxis Moodle
El esfuerzo normal. (T)	F/A	((F))/(A)
La deformación. (delta)	(F*L)/(A*E)	((F)*L)/((A)*E)

At the bottom left is a 'Número de Estudiantes' input field with the value '15'. At the bottom right is a 'Generar Pregunta' button.

Nota. Corresponde al ingreso de las expresiones que dan solución a las incógnitas y los rangos para los datos. Elaboración propia.

El principal objetivo de la solución calculada es obtener expresiones parametrizadas para las incógnitas en función de los datos. Inicialmente, se presenta una tabla con los datos ingresados en el enunciado para asignar el rango de valores, que posteriormente se remplazan en las expresiones parametrizadas.

Las expresiones pueden ser ingresadas manualmente, en caso de que el usuario la conozca con anterioridad, o puede deducirse a partir de la “calculadora”. Asimismo, se realiza la traducción a la sintaxis Moodle para exportar la expresión y al mismo tiempo sea compatible con la pregunta calculada y se asignen valores automáticamente una vez en línea.

Si, por otro lado, el usuario ha desarrollado con anterioridad el ejercicio en otro software y posee los resultados para n número de estudiantes, tiene la opción de cargar dichos datos en una


tabla en formato “.txt”, donde el título de las columnas sea el mismo de las variables ingresadas en el enunciado y preguntas. De esta manera se carga a Moodle los datos y respuestas, a diferencia de la solución anterior que carga la función generada. Adicionalmente hay un espacio destinado para que el usuario deje una breve descripción del proceso para el desarrollo del ejercicio.

Figura 8. Solución tabulada

F	A	E	L	T	delta
10.0000	8.8000	9.1000	4.3000	1.1364	0.5370
3.1000	2.9000	6.5000	2.9000	1.0690	0.4769
1.2000	2.2000	3.4000	1.9000	0.5455	0.3048
10.4000	2.8000	4.2000	5.1000	3.7143	4.5102
1.2000	4.8000	1.0000	2.6000	0.2500	0.6500
3.7000	2.7000	2.4000	7.8000	1.3704	4.4537
5.4000	4.5000	6.8000	8.6000	1.2000	1.5176
10.9000	6.6000	6.2000	4.5000	1.6515	1.1987
2.2000	5.3000	10.4000	2.9000	0.4151	0.1157
5.6000	3.6000	8.2000	2.3000	1.5556	0.4363

Insertar Tabla

Descripción

Generar Pregunta 

Nota. Tabla de datos correspondiente al ejercicio solucionado. Fuente. Elaboración propia.

3.2.3 Panel de cálculo matemático

La principal característica de la pregunta calculada se convierte en una limitante en el momento hacer uso de ella en temáticas que contengan componentes algebraicos de mayor robustez, debido a que, en casos como la resolución de una armadura, existen n número de incógnitas por n número de elementos estructurales, de manera que se convierte en un sistema de ecuaciones para el cual se debe aplicar un paso a paso para el despeje de ecuaciones y es casi imposible reducir todas la expresiones a ecuaciones en función de los comodines conocidos como datos, como se observa en Figura 9. El caso anteriormente mencionado es elemental en términos matemáticos en el curso de Resistencia de materiales.

La solución para dicha limitante la brinda *Matlab*, a partir del uso de vectores y celdas para el almacenamiento las ecuaciones, y los datos recogidos en el enunciado y las preguntas, representados como comodines, con el objetivo de comparar en el analizador sintáctico la correcta escritura de las ecuaciones y garantizar que la expresión albergue por lo menos un dato conocido producto de un vector solución del sistema de ecuaciones (Ruggiero et al., 2018).

El vector solución proviene de un “Panel de cálculo matemático” que funciona como un resolutor de ecuaciones, presentado como función auxiliar, donde el usuario tiene la posibilidad de ingresar el número de ecuaciones involucradas en el planteamiento total del ejercicio, es necesario que se realice de esta manera considerando la base del resolutor es la función *solve*, quien tiene como parámetros de entrada las ecuaciones y las variables para las cuales se desea obtener una expresión de solución, sin olvidar que dichas variables se albergan en un vector de incógnitas obtenido de los comodines de las preguntas, por tanto no es posible obtener resultado o expresiones parciales o para preguntas intermedias.

Figura 9. Panel de cálculo matemático

Expresiones	Respuestas	Variable
$3 \cdot a \cdot (b/c) \cdot RF = 2 \cdot 1 \cdot P \cdot b + 2 \cdot a \cdot P$	-0.33333333333333333333333333333333...	F1
$2 \cdot 1 \cdot P + Ax + (a/c) \cdot RF = 0$	Ar*Sy	F2
$Ay = -(b/c) \cdot RF + P$	$(21.0 \cdot Ar \cdot Sy \cdot b^2 - 10.0 \cdot Ar \cdot Sy \cdot a \cdot b) / (6 \dots$	F3
$Ax + (a/c) \cdot F1 + F2 = 0$	$(0.66666666666666666666666666666666 \dots$	F4
$2 \cdot 1 \cdot P \cdot (a/c) \cdot F1 - F4 = 0$	-0.33333333333333333333333333333333...	F5
$F3 - (b/c) \cdot F1 = 0$	-0.66666666666666666666666666666666...	F6
$-F2 - F6 + (a/c) \cdot F5 = 0$	$(10.0 \cdot Ar \cdot Sy \cdot b) / (10.0 \cdot a + 21.0 \cdot b)$	F7
$-F3 + (b/c) \cdot F5 = 0$	$(0.33333333333333333333333333333333 \dots$	F8
$F6 + F9 = 0$	$(40.0 \cdot Ar \cdot Sy \cdot a + 42.0 \cdot Ar \cdot Sy \cdot b) / (30.0 \cdot \dots$	F9
$-P + F7 = 0$		
$(a/c) \cdot RF + (a/c) \cdot F8 - F9 = 0$		
$(b/c) \cdot RF - (b/c) \cdot F8 = 0$		
$Sy = F2 / Ar$		

Nota. Sistema de ecuaciones solucionado en función de datos conocidos. Fuente. Elaboración propia.

3.2.4 Panel de banco de preguntas

La principal característica de este panel es proporcionar al usuario una amplia variedad de ejercicios, los cuales están clasificados por materias, tópicos a evaluar y niveles de dificultad. Además, los ejercicios cuentan con una previsualización para la selección del ejercicio particular, de manera que el usuario puede observar la descripción del método por el cual se llega a la solución y determinar si el indicado para la evaluación de la competencia. Además, de mostrar una tabla con todos los posibles datos y resultados, como se muestra en la Figura 10. Para finalizar se procede a exportar el ejercicio, si la evaluación se lleva a cabo de manera virtual el ejercicio se exporta en formato XML para su posterior importación al banco de preguntas de Moodle.

Figura 10. Banco de preguntas

The screenshot shows a software interface for a question bank. At the top, there's a dropdown menu for 'Seleccione la asignatura' set to 'Resistencia de materiales'. Below it, 'Asignatura' is also 'Resistencia de materiales'. The 'Tópico' is 'Carga Axia', 'Nivel de dificultad' is 'Nivel 1', and 'Opción' is 'Opción 2'. A 'Previsualizar' button is visible. The main area is split into 'Enunciado' and 'Descripción'. The 'Enunciado' contains a problem statement about a bar under force. The 'Descripción' contains a note to apply formulas. Below is a 'Datos' table with columns for A, E, L, T, and delta, containing numerical values for various rows.

	A	E	L	T	delta
3.7000	7.2000	2.5000	10.3000	0.5139	2.1172
5.7000	10.0000	6.1000	2.3000	0.6700	0.2526
0.3000	2.3000	7.5000	4.8000	4.4783	2.8661
8.8000	4.6000	1.1000	6.8000	1.9130	11.8261
1.3000	2.8000	4.5000	2.6000	0.4643	0.2683
5.1000	3.9000	2.8000	7.0000	1.3077	3.2692
1.8000	9.9000	1.4000	3.8000	0.1818	0.4935
2.1000	9.6000	6.1000	9.6000	0.2188	0.3443
3.1000	2.2000	5.0000	10.9000	1.4091	3.0718
4.1000	8.4000	3.4000	1.1000	0.4881	0.1579
3.4000	9.0000	1.2000	7.7000	0.3778	2.4241

Nota. Previsualización del ejercicio resuelto anteriormente. Fuente. Elaboración propia.

3.2.5 Base de datos

La aplicación se diseña con el objetivo de lograr una retroalimentación desde el panel de preguntas personalizadas hacia el banco de preguntas, y así, en la medida en que se crean nuevas preguntas el banco aumenta su tamaño y variedad al ser cargadas automáticamente, de igual forma es posible crear nuevas materias, tópicos y niveles gracias al almacenamiento de los *inputs* en una base de datos.

La introducción de la base de datos parte de la necesidad de suministrar dinamismo a la aplicación y la opción de incrementar el contenido a medida que la herramienta pasa de un usuario a otro. En su primera versión la herramienta de apoyo cuenta con una sola materia y con un número finito de preguntas cargadas con anterioridad por el programador, si bien es cierto que brindaba la alternativa de crear un archivo XML para su exportación a Moodle, dicho archivo cumple un ciclo al ser generado y es posible que se pierda esa información.

La construcción de esta se lleva a cabo en un fichero de Matlab independientes con estructuras o arreglos de celdas como mecanismo de almacenamiento de los datos extraídos en la construcción de la pregunta personalizada, estos datos son ubicados en campos independientes para su posterior consulta. Mediante los conceptos de datos relacionables o familias, llamado de esta manera gracias a su similitud con un árbol genealógico, se relacionan las asignaturas con cada uno de los ejercicios y los niveles de dificultad por medio de un carácter numérico o ID, el cual es único y puede asociarse como las cédulas de identificación personal.

3.3 Desarrollo de algoritmo

La siguiente sección describe los métodos para el desarrollo de los algoritmos que dan forma a las principales características de la herramienta de apoyo docente, en particular, el *parse* de texto, el etiquetador y el panel de cálculo matemático. Cabe resaltar, que la estructura de datos representa una etapa de especial cuidado en proceso escritura del código, pues es causa de gran parte de los obstáculos y errores a lo largo del proceso.

3.3.1 Desarrollo del *parse* de texto

El *parse* de texto, es un analizador de lenguaje programado, enfocado en la evaluación de expresiones complejas que varían en su tipo, de modo que, es necesario que el programador digite el código de la manera más general posible, con el objetivo de garantizar el correcto desempeño de la herramienta. Por tanto y teniendo en cuenta que el lenguaje a tratar en el proyecto se basa en expresiones matemáticas, el *parse* se construye con base en el árbol sintáctico ejemplificado en la Figura 11. Por ejemplo, se debe construir una gramática de expresiones aritméticas con sumas, productos, potencias, división, sustracción y delimitado por paréntesis, inclusive es posible la identificación de variables y constantes. Se definen vocabularios terminales VT, no terminales VN y símbolos iniciales S de la siguiente manera:

VT= {+,-,*,/,\wedge,(,),variables, constantes }

VN={$\langle \text{EXP} \rangle$}

S=$\langle \text{EXP} \rangle$

G={VT,VN,S,P}

Donde P representa las reglas de producción del lenguaje para cada derivación:

$\langle \text{EXP} \rangle = \langle \text{EXP} \rangle + \langle \text{EXP} \rangle$

$\langle \text{EXP} \rangle = \langle \text{EXP} \rangle * \langle \text{EXP} \rangle$

$\langle \text{EXP} \rangle = \langle \text{EXP} \rangle - \langle \text{EXP} \rangle$

$\langle \text{EXP} \rangle = \langle \text{EXP} \rangle / \langle \text{EXP} \rangle$

$\langle \text{EXP} \rangle = \langle \text{EXP} \rangle \wedge \langle \text{EXP} \rangle$

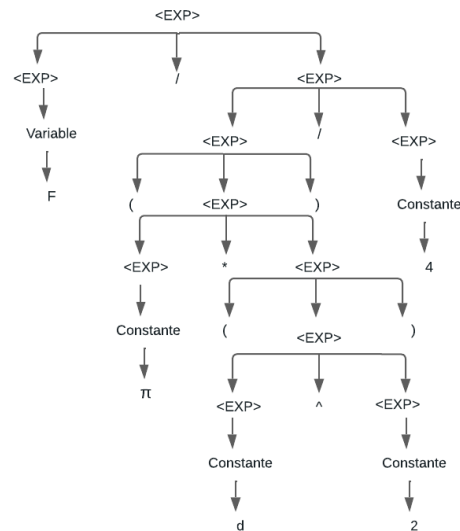
$\langle \text{EXP} \rangle = - \langle \text{EXP} \rangle$

$\langle \text{EXP} \rangle = (\langle \text{EXP} \rangle)$

$\langle \text{EXP} \rangle = \text{variable}$

$\langle \text{EXP} \rangle = \text{constante}$

En este orden de ideas, si se evalúa el esfuerzo soportado por una barra de diámetro {d} al aplicarse una fuerza de tensión {F} la expresión de entrada sería $\frac{\{F\}}{\frac{\pi * \{d\}^2}{4}}$, se debe verificar si pertenece al lenguaje con el árbol sintáctico a partir de la derivación del símbolo inicial de la gramática (Cueva, 1995).

Figura 11. Árbol sintáctico

Nota. El analizador léxico se encarga de identificar los símbolos, constantes y las variables de la expresión $\frac{\{F\}}{\frac{\pi * \{d\}^2}{4}}$. Fuente. Elaboración propia.

El árbol sintáctico parte de un cociente como expresión principal, con la constante {F} en el numerador y en el denominador el cociente $\frac{\pi * \{d\}^2}{4}$, lo cual origina la primera bifurcación. Las siguientes bifurcaciones aparecen con cada nueva operación entre dos expresiones, también aplica en la presencia de los paréntesis, así el árbol añade una nueva ramificación con cada operación matemática.

Existe una alta probabilidad de individualizar incorrectamente las expresiones según su ubicación en la función, la cual puede estar contenida dentro de otras, dado que al identificar las expresiones se realiza por medio de un barrido de carácter a carácter. Por consiguiente, se determina reemplazar operadores, paréntesis o funciones matemáticas, por su traducción a la composición de texto de LaTeX, como se observa en la Figura 12, y así delimitar correctamente la

información contenida dentro cada uno de los paréntesis. Posteriormente, asignar nuevamente un carácter especial de elección del autor para evitar la repetición de símbolos y prevenir dicho error, finalmente se realiza un último remplazo hacia la sintaxis Moodle.

Figura 12. Traducción de sintaxis

```

for i=1:n(2)
    eqn{i}=latex(str2sym(eqn{i}));
end
eqn=replace(eqn, ' ', '');
eqn=replace(eqn, '\', '*');
eqn=replace(eqn, '\frac', '@');
eqn=replace(eqn, '\ln\left(', 'log&'
eqn=replace(eqn, '\sin\left(', 'sin!'
eqn=replace(eqn, '\cos\left(', 'cos;
eqn=replace(eqn, '\mathrm{', '$');
eqn=replace(eqn, '\sqrt{', '~');
eqn=replace(eqn, '\sqrt{', '~');
eqn=replace(eqn, '\pi', '|');

```

(a)

```

eqn=replace(eqn, '_', 'pow');
eqn=replace(eqn, 'j', 'log');
eqn=replace(eqn, '|', 'pi');
for i=1:n(2)
    disp(eqn{i})
end

eqn=replace(eqn, '\left(', '#');
disp(eqn)
i=1;
while i<=n(2)
    if contains(eqn{i}, '#')
        g=find(eqn{i}=='#');
        h=find(eqn{i}=='\');
        m=size(g);
        arg=eqn{i}(g(1)+1:h(m(1))-1);
        eqn{i}=replace(eqn{i}, ['#', arg, '\right)'], ['(', arg,
        g=find(eqn{i}=='#');

```

(b)

Nota. En (a) se remplazan las algunas funciones matemáticas en sintaxis LaTeX, para posteriormente en (b) realizar un nuevo remplazo a la sintaxis Moodle. Fuente. Elaboración propia.

3.3.2 Desarrollo de etiquetador

El etiquetador cumple una función esencial al codificar y comprimir los datos del ejercicio en el formato XML. Para su desarrollo se estudia la documentación en línea de Moodle, además, se generó un examen construido en la plataforma y se importa en el formato de interés para analizar su arquitectura y su estructuración.

A partir de lo mencionado se establecen las principales líneas del código.

El documento debe iniciar con la marca xml `<?xml version="1.0" ?>` asegurarse que no hay una línea vacía o diferente a la mencionada, seguido de la marca “`<quiz>`” que contendrá el cuerpo del archivo, por tanto debe ser la última marca de la pregunta así “`</quiz>`”.

En el cuerpo de la pregunta se pueden introducir diferentes preguntas con la marca `<question>`, donde se especifica el tipo de pregunta, porcentaje, tolerancia, formato, respuesta o formato de texto. Tal como se podría escribir una pregunta numérica:

```
<question type="numerical">
<answer fraction="100">
  <text>23</text>
  <text><![CDATA[<p>',enunciado,'<br></p>']];
  <feedback><text>Retroalimentación</text></feedback>
</answer>
<text>({F}*{L})/({A}*{E})</text>
<tolerance>0.01</tolerance>
<tolerancetype>1</tolerancetype>
<correctanswerformat>1</correctanswerformat>
<correctanswerlength>2</correctanswerlength>
'</quiz>'
```

Para este caso también se puede introducir marcas de tolerancia “`<tolerance>`” y unidades “`<unit>`”. Además, cabe resaltar la importancia de la marca “`image_base64`” para este proyecto en cuestión gracias a que contiene los datos codificados de en base 64 de cualquier imagen, y esta presenta en el módulo generador de preguntas personalizadas.

Al manejar n números de variables, preguntas y resultados, se utiliza una un ciclo *for* para etiquetar cada uno de estos datos, y al mismo tiempo aplicar la conversión necesaria, dado que los errores en el tratamiento de datos en el etiquetado se presentan de manera recurrente.

3.3.3 Desarrollo de panel de cálculo matemático

Con el objetivo de facilitar y ahorrar tiempo para la resolución de los sistemas de ecuaciones algebraicas nxn que se presentan el curso de Resistencia de Materiales, se configura este interfaz para encontrar las expresiones correspondientes a las incógnitas en función de los datos suministrados en el enunciado.

Para iniciar se extraen los datos e incógnitas en vectores independientes, a partir de la búsqueda de los indicadores “{}” con la función *find*, teniendo en cuenta que dichos vectores contienen datos tipo *string*, es necesario su conversión a valores simbólicos mediante la función *str2sym* para su uso en procesos matemáticos. De igual forma, se hace conversión de las variables implicadas en las ecuaciones que hacen parte del sistema a resolver, al mismo tiempo se obtiene el tamaño de dicho vector con la función *length* para generar los espacios de digitación de las ecuaciones.

Finalmente, se hace uso de la función *solve* con la lista de ecuaciones y las incógnitas de las preguntas como parámetros de entrada para solucionar el sistema de ecuaciones, con expresiones parametrizadas en función de las expresiones que se desea.

Dado que las expresiones obtenidas se encuentran como variables simbólicas, se aplica un tratamiento de datos para extraer y transformar hacia un tipo de datos de texto y ser traducidos por el *parse* de texto.

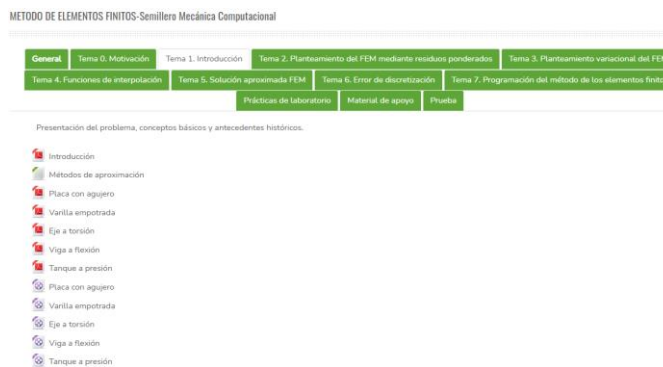
3.4 Contenido de apoyo

Frecuentemente los docentes tienen inconvenientes para implementar las aulas virtuales y actualizar sus contenidos a las necesidades de las nuevas generaciones. Por tanto, se interviene el aula virtual de aprendizaje del curso de Resistencia de Materiales de la siguiente manera.

- Se revisan las herramientas disponibles en la plataforma ANSYS Academic Teaching usadas en los laboratorios de la escuela.
- Se generan 5 prácticas de laboratorio para la herramienta seleccionada Ansys Workbench.
- Se desarrollan 5 modelos interactivos dentro de la plataforma Moodle para los contenidos teóricos.

Las practicas son orientadas al análisis de los principales fenómenos del curso como, carga axial, carga axial indeterminada, torsión, flexión y recipientes a presión. Con el objetivo de reforzar los conceptos, a partir de analizar las simulaciones y la resolución de los cuestionarios. A demás de introducir al estudiante en el manejo de la herramienta Ansys Workbench, gracias a la variedad de operaciones presentes en el proceso de simulación de cada uno de los casos de estudio.

Figura 13. Material de apoyo



Nota. Material de apoyo en el aula virtual de Moodle. Fuente. Elaboración propia.

3.5 Discusión.

El desarrollo de la herramienta de apoyo docente para la generación de exámenes se idea inicialmente para explotar el potencial del aula virtual de Moodle de una manera eficiente. En primera medida con la generalización de ítems necesarios para la creación de una pregunta, la carga de datos, expresiones parametrizadas de solución y el etiquetado de cada uno de los apartados mencionados convierte una experiencia de creación de exámenes tediosa y dispendiosa en una experiencia más amigable, ahorrando tiempo y esfuerzo.

Por otro lado, la calidad de calificación es posible aumentarla al crear evaluaciones con gran número de preguntas, el grado de justicia puede verse afectado al no valorar el planteamiento y desarrollo ejecutado por el evaluado, teniendo en cuenta que gran parte de los ejercicios son una cadena interconectada de resultados, donde un error humano o de digitación puede afectar el resultado de los siguientes incisos y la respuesta final. Por tanto, se recomienda para futuros proyectos realizar una conexión entre la base de datos de la herramienta de apoyo docente con la plataforma Moodle con el objetivo de hacer una calificación parcial, donde se recalcula las respuestas a partir del último valor calculado correctamente y se otorgue una valoración. Así, si el estudiante se equivoca en la primera respuesta, y con base en esta desarrolla correctamente el resto del ejercicio obtendrá una calificación diferente a cero.

4. Conclusiones

Se obtiene un software que permite crear exámenes para asignaturas de ingeniería, que incluyen desarrollo matemático, para ser implementados en el aula virtual de Moodle, enfocados en la asignatura de Resistencia de Materiales. La herramienta es una mejora del software SINEXA, y brinda la posibilidad de crear, exportar y almacenar asignaturas, temas y preguntas para posteriormente ser consultadas y utilizadas.

Por medio del lector de expresiones o *parse* de texto se desarrolla una interfaz gráfica para resolver sistemas de ecuaciones, traducir y exportar las expresiones que dan solución a las preguntas tipo calculada de Moodle. De esta manera, se puede garantizar la individualidad del ejercicio que se presenta al estudiante, gracias a soluciones parametrizadas en función de datos acotados dentro de rangos previamente establecidos.

Al construir el banco de preguntas para el curso de Resistencia de Materiales se observa la rigidez de la herramienta de apoyo docente disponible en cuanto a la variedad y la posibilidad de adicionar nuevo contenido, además de los ítems básicos para construir una pregunta. Por tanto, se incorpora una base de datos para almacenar y crear preguntas según la asignatura y nivel de dificultad, proporcionando a SIGENEXA 1.0 mayor versatilidad.

Se genera un Manual de Usuario para instalar y usar la herramienta, asistido por ayudas visuales y ejemplos. Inicialmente, se diseña el software como una aplicación de escritorio sin requisitos y para cualquier ordenador con Windows, sin embargo, *Matlab* no otorga licencia para distribuir *Symbolic Math Toolbox* y el proceso para empaquetar la aplicación no es posible culminarlo. Por tanto, se genera una aplicación para el uso interno de *Matlab*.

Asimismo, se generan cinco diferentes prácticas de laboratorio orientadas al análisis de los principales fenómenos del curso de Resistencia de Materiales en el software Ansys Workbench,

lo cual permite al estudiante llevar a cabo simulaciones para comprender de manera precisa los temas de estudio.

Referencias Bibliográficas

- Águila, J. (2004). *Funciones del analizador sintáctico* (pp. 1–11). Universidad de Magallanes Facultad de Ingeniería Departamento de Computación.
- Ayala, J., Irene, V., & Ju, A. (2021). *Análisis lexicográfico y sintáctico de un compilador* (Primera edición). Cenid. <https://www.researchgate.net/publication/358331325>
- Badillo, S. N., & Ferreira, D. del pilar. (2017). *Diseño e implementación de un entorno virtual en la plataforma moodle para la asignatura introducción a la ingeniería de petróleos (Tesis de pregrado)*. Universidad Industrial de Santander. http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/pags/cat/popup/pa_detalle_matbib.jsp?parametros=179731|%20|1|2
- Beer, F. P., E. Ruseell Johnston, J., Mazurek, D. F., & Dewolf, J. T. (2009). *Mecánica de materiales* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Bray, T., Paoli, J., Sperberg-McQueen, C. M., Maler, E., François, Y., & Cowan, J. (2010). Extensible Markup Language XML. In *Foundations of Semantic Web Technologies* (Vol. 1, Issue August, pp. 381–390). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781420090512-18>
- Briede, J. C., Cabello, M., Balic, G. C., & Pacheco, B. (2016). Diseño de productos sustentables en Chile: Identificación de barreras para su implementación en pymes manufactureras de la región del biobío. *Interciencia*, 41(11), 781–787. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33948191009>
- Cristancho, R., & Pérez, F. (2021). *herramienta computacional de apoyo docente para la generación automática de exámenes en la asignatura termodinámica I*. 6.

- Cueva, J. M. (1995). *Análisis sintáctico en procesadores de lenguaje* (No. 61; Oviedo). Universidad de Oviedo.
- Cuevas Badallo, A. (2003). Las ciencias ingenieriles como “ciencias para la aplicación”: el caso de la resistencia de materiales. *Argumentos de Razón Técnica: Revista Española de Ciencia, Tecnología y Sociedad, y Filosofía de La Tecnología*, 6(6), 161–180.
- Escobar, I. M., Arribas, E., Suárez, C. del P., Nájera, A., & Beléndez, A. (2015). Creación de cuestionarios avanzados usando la plataforma Moodle. In *Experiencias de innovación docente en la enseñanza de la Física Universitaria* (4th ed., pp. 91–104). Lulu Enterprises. <http://hdl.handle.net/10045/48863>
- Escuela de Ingeniería Mecánica. (2013). *Plan de asignatura, Resistencia de Materiales*. Universidad Industrial de Santander. <http://mecanicaxserver.uis.edu.co/eisi/eisi.jsp>
- Failache, E., & Machado, A. (2020). *La Educación en Tiempos de Pandemia y el Día Después : El Caso de Uruguay Introducción Breve estado de situación. 9.*
- Garcel-Ávila, J. (2018). *La educación superior, internacionalización e integración regional de América Latina y el Caribe*. Universidad Nacional de Córdoba. <http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/294>
- Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2009). *James M. Gere • Barry J. Goodno* (7th ed.).
- González, E. (2014). *Diseño de Interfaz: Rediseño de la interfaz de usuario del correo electrónico*. [Escuela Universitaria Centro de Diseño]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/4722>
- Herrera, R. F., Muñoz, F. C., & Salazar, L. A. (2017). Diagnóstico del trabajo en equipo en estudiantes de ingeniería en Chile. *Formación Universitaria*, 10(5), 49–58. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000500006>
- Hutton, G. (2016). *Programming in Haskell* (Second). Cambridge University Press.

- López, P. E. M., & Nestares, G. A. (1996). *Parsers funcionales genéricos* (2do Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Ed.; pp. 437–449). Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/24208>
- Matlab. (2022, July 26). *Documentación de Matlab*. MathWorks, Inc. https://la.mathworks.com/help/index.html?s_tid=CRUX_lftnav
- Mejía-Aguilar, G., Caballero-Márquez, M. M., Huggins, K., & Bautista-Rozo, L. X. (2020). ABET Accreditation in Colombian Higher Education Institutions: Opportunities and Barriers. *Revista UIS Ingenierías*, 19(4), 239–250. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020020>
- Moodle. (2022, January 28). *Documentación de Moodle*. Licencia Pública General GNU. https://docs.moodle.org/400/en/Main_page
- Mott, R. L. (2009). *Resistencia de materiales* (quinta). Pearson Educación.
- Neiva, R., Klein, V., Salles, A., & Raimundo, I. (2016). Deshonestidad académica: efectos sobre la formación ética de los profesionales de la salud. *Revista Bioética*, 24(3), 459–468. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-80422016243145>
- Peláez-Valencia, L. E., Trefftz, H., & Delgado-González, I. A. (2020). Acreditación internacional de carreras de ingeniería. *Revista Educación En Ingeniería*, 15(29), 28–33. <https://doi.org/10.26507/rei.v15n29.1044>
- Pérez López, C. (2002). *MATLAB y sus Aplicaciones en las ciencias y la Ingeniería*. Pearson Educación.
- Popov, E. P. (2000). *Mecánica de Sólidos*. Pearson Educación.
- Ruggiero, S. M., Zhao, J., & Ford Versypt, A. N. (2018). Building a MATLAB Graphical User Interface to Solve Ordinary Differential Equations as a Final Project for an Interdisciplinary

Elective Course on Numerical Computing. *The Journal of Computational Science Education*, 9(1), 19–28. <https://doi.org/10.22369/issn.2153-4136/9/1/3>

Apéndices

Apéndice A. Manual de Usuario

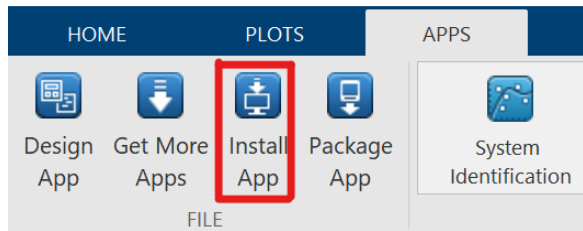
PROCESO DE INSTALACIÓN

El software puede instalarse en cualquier ordenador, cabe resaltar algunas configuraciones solo están detalladas para Windows, y solo es necesario contar con cualquier versión de Matlab.

A continuación, se enuncian los pasos la instalación.

1. Instalar la aplicación en Matlab o Matlab web.

Figura 1. Instalación de la aplicación en Matlab

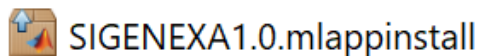


-

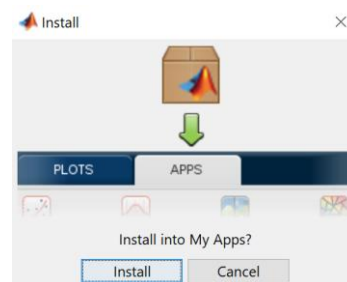
- Nota. Muestra donde se realiza la instalación. Fuente. Elaboración propia.

2. Ejecutar el archivo “.mlappinstall” en la carpeta origen.

Figura 2. Ejecutar instalación



(a)



-

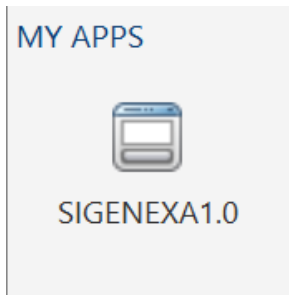
(b)

- Nota. (a) Muestra el archivo a seleccionar para la instalación y (b) el paso a seguir para iniciar la instalación. Fuente. Elaboración propia.

-

3. Iniciar la aplicación desde “My Apps”.

Figura 3. Ubicación de ejecutable



-

- Nota. Muestra donde se encuentra la aplicación una vez instalada. Fuente. Elaboración propia.

DESCRIPCION DETALLADA DE APLICACIONES DEL PROGRAMA (EJEMPLOS)

La herramienta de apoyo docente tiene 2 paneles principales, donde el panel correspondiente a la creación de una pregunta desde cero alimenta al banco de preguntas, a continuación, se indica cómo realizar dicho procedimiento.

1. El diseño del interfaz se asemeja al llenado de un formulario donde todos los espacios deben ser llenados o seleccionados, a excepción de la imagen la cual depende del ejercicio. En la primera sección se establece la ubicación donde para almacenar la pregunta en la base de datos según la asignatura, tópico, nivel de dificultad y opción dentro del mismo grupo de preguntas.

Figura 4. Selección de ubicación de ejercicio

● **Seleccione la asignatura** Resistencia de materiales ▼
Tópico Carga Axia ▼ **Nivel de dificultad** Nivel 1 ▼ **Opción** Opcion 1 ▼

- Nota. Muestra donde se ubicará el ejercicio en banco de preguntas. Fuente. Elaboración propia.

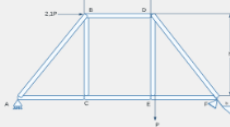
2.El espacio destinado para el enunciado debe diligenciarse con las respectivas premisas, datos en información pertinente para que desarrollo del ejercicio. Los datos deben ingresarse dentro de “{}”, por ejemplo, para una carga $P=1000N$ la correcta digitación es $P=\{P\}$, dado que la asignación del valor o rango de los datos se realiza posteriormente.

Figura 6. Ingreso del enunciado

● **Enunciado**

En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal de c/u de los elementos es de $A=\{A\}[\text{mm}^2]$ y el diámetro de los pasadores debe ser igual para todos. Si el material de los elementos estructurales es tal que puede soportar con seguridad un esfuerzo normal máximo de $\sigma=\{S_y\} [\text{Mpa}]$ y el material de los pasadores resiste con seguridad un esfuerzo cortante máximo de $\tau=\{S_x\} [\text{MPa}]$.

Datos:
 $a=\{a\}$
 $b=\{b\}$



- Nota. Muestra como ingresar el enunciado y sus datos. Fuente. Elaboración propia.

3. En la sección de preguntas se introducen los ítems o variables a evaluar, de nuevo, la manera para identificar las variables se lleva a cabo por {}. Además, se puede escoger si anexar procedimiento para justificar las respuestas, la retroalimentación y la tolerancia aceptada en el Moodle.

Figura 6. Ingreso de las preguntas

Cantidad de Preguntas ¿Desea agregar procedimiento? Si No

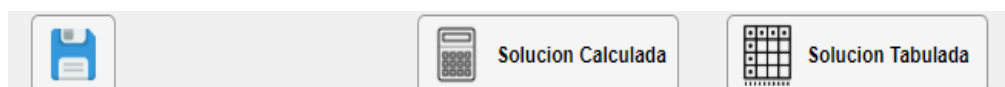
	Pregunta	Valor	Tipo de tolerancia	Valor tolerancia	Retroalimentacion	MinMax
a	Carga (P)		1 Relativa	0.0100	opcional	Ninguna
b	Fuerza (F1)		1 Relativa	0.0100	opcional	Ninguna
c	Fuerza (F2)		1 Relativa	0.0100	opcional	Ninguna
d	Fuerza (F3)		1 Relativa	0.0100	opcional	Ninguna
e	Fuerza (F4)		1 Relativa	0.0100	opcional	Ninguna
f	Fuerza (F5)		1 Relativa	0.0100	opcional	Ninguna
g	Fuerza (F6)		1 Relativa	0.0100	opcional	Ninguna
h	Fuerza (F7)		1 Relativa	0.0100	opcional	Ninguna

- Nota. Muestra como ingresar las preguntas y su variable representativa. Fuente. Elaboración propia.

4. Una vez llenado la totalidad de los espacios, se procede a guardar los datos y escoger el método de solución de ejerció. Estos son, la solución tabulada para el caso de tener en una tabla en formato “.txt” con las preguntas y respuestas con los mismos nombres que se están asignando en la creación de esta.

La solución calcula, es la opción que funciona como un resolutor de sistemas de ecuaciones, para el caso de los ejercicios que se plantean en el papel, pero su procedimiento hasta encontrar las respuestas es extenso, de esta manera solo se ingres el sistema previamente establecido con las variables y el programa obtiene las expresiones correspondientes a las preguntas en función de los datos.

-

Figura 7. Selección de tipo de solución

- Nota. Muestra los tipos de soluciones disponibles. Fuente. Elaboración propia.

-

5. Una vez seleccionada la solución calculada, procedemos a establecer el rango para los datos y la cantidad de decimales, es de importancia tener especial cuidado con las unidades debido a que el software no posee tratamiento de unidades.

Figura 8. Rangos asignados para los datos

Nombre del comodín	Lim. Inferior	Lim. Superior	Cant. Decimales
Ar	8.0000e-04	8.0000e-04	1
Sy	150000000	150000000	1
Sys	90000000	90000000	1
a	3	3	1
b	4	4	1

-

- Nota. Muestra límite superior e inferior que los datos pueden tomar. Fuente. Elaboración propia.

6. Para encontrar las expresiones variables de preguntas no dirigimos a la opción calculadora e ingresamos todas las variables que se van a usar dentro del planteamiento separadas mediante una coma “,” exceptuando los datos previamente ingresados en el enunciado con el objetivo de obtener las expresiones en función de estos, aun cuando no hacen parte de los datos o las preguntas. Posteriormente, ingresamos el sistema de ecuaciones y se da clic en el botón “Solucionar”.

Figura 9. Ingreso de sistema de ecuaciones

Expresiones	
Ecuacion	$c=\sqrt{a^2+b^2}$
	$3^*a^*(b/c)^*RF=2.1^*P*b+2^*a^*P$
	$2.1^*P+Ax+(a/c)^*RF=0$
	$Ay=-(b/c)^*RF+P$
	$Ax+(a/c)^*F1+F2=0$
	$2.1^*P-(a/c)^*F1-F4=0$
	$F3-(b/c)^*F1=0$
	$-F2-F6+(a/c)^*F5=0$
	$-F3+(b/c)^*F5=0$
	$F6+F9=0$
	$(a/c)^*RF+(a/c)^*F8-F9=0$
	$(b/c)^*RF-(b/c)^*F8=0$
	Sy=F2/Ar

- Nota. Muestra cómo se ingresa un sistema de ecuaciones a solucionar. Fuente. Elaboración propia.

7. Una vez verificado que las expresiones de las incógnitas obtenidas sean función de las de los datos conocidos enviamos los datos para ser traducidos al lenguaje Moodle.

Figura 10. Traducción de expresiones

Pregunta	Fórmula	Sintaxis Moodle
Fuerza {F1}	$-(0.3333^*Ar^*Sy^{(10^*a - 21^*b)}*(a^2 + b^2)^{(1/2)})/(a^{(1...}$	$-(0.3333^*\{Ar\}^*\{Sy\}^{(10^*\{a\} - 21^*\{b\})}*(\{a\}^2 + \{b\}^2)^{...}$
Fuerza {F2}	Ar^*Sy	$\{Ar\}^*\{Sy\}$
Fuerza {F3}	$(21^*Ar^*Sy^*b^2 - 10^*Ar^*Sy^*a^*b)/(63^*a^*b + 30^*a^2)$	$(21^*\{Ar\}^*\{Sy\}^*\{b\}^2 - 10^*\{Ar\}^*\{Sy\}^*\{a\}*\{b\})/(63^*\{a\}*\{b\}...$
Fuerza {F4}	$(0.6667^*Ar^*Sy^{(5^*a + 21^*b)})/(10^*a + 21^*b)$	$(0.6667^*\{Ar\}^*\{Sy\}^{(5^*\{a\} + 21^*\{b\})}/(10^*\{a\} + 21^*\{b\})$
Fuerza {F5}	$-(0.3333^*Ar^*Sy^{(10^*a - 21^*b)}*(a^2 + b^2)^{(1/2)})/(a^{(1...}$	$-(0.3333^*\{Ar\}^*\{Sy\}^{(10^*\{a\} - 21^*\{b\})}*(\{a\}^2 + \{b\}^2)^{...}$
Fuerza {F6}	$-(0.6667^*Ar^*Sy^{(20^*a + 21^*b)})/(10^*a + 21^*b)$	$-(0.6667^*\{Ar\}^*\{Sy\}^{(20^*\{a\} + 21^*\{b\})}/(10^*\{a\} + 21^*\{b\})$
Fuerza {F7}	$(10^*Ar^*Sy^*b)/(10^*a + 21^*b)$	$(10^*\{Ar\}^*\{Sy\}^*\{b\})/(10^*\{a\} + 21^*\{b\})$

- Nota. Muestra la traducción de las expresiones solución a la sintaxis Moodle. Fuente. Elaboración propia.

8. Para finalizar el proceso de creación de pregunta, se ingresa la cantidad de estudiantes o de exámenes diferentes que se desea generar y se oprime en el botón de “Generar Pregunta” para descargar el archivo XML.

Figura 11. Traducción de expresiones

Pregunta	Fórmula	Sintaxis Moodle
Fuerza {F1}	$-(0.3333 \cdot Ar \cdot Sy \cdot (10^a - 21^b) \cdot (a^2 + b^2)^{1/2}) / (a \cdot (10^a + 21^b))$	$-(0.3333 \cdot \{Ar\} \cdot \{Sy\} \cdot (10^{\{a\}} - 21^{\{b\}}) \cdot (\{a\}^2 + \{b\}^2)^{1/2} / (\{a\} \cdot (10^{\{a\}} + 21^{\{b\}}))$
Fuerza {F2}	$Ar \cdot Sy$	$\{Ar\} \cdot \{Sy\}$
Fuerza {F3}	$(21 \cdot Ar \cdot Sy \cdot b^2 - 10 \cdot Ar \cdot Sy \cdot a \cdot b) / (63 \cdot a \cdot b + 30 \cdot a^2)$	$(21 \cdot \{Ar\} \cdot \{Sy\} \cdot \{b\}^2 - 10 \cdot \{Ar\} \cdot \{Sy\} \cdot \{a\} \cdot \{b\}) / (63 \cdot \{a\} \cdot \{b\} + 30 \cdot \{a\}^2)$
Fuerza {F4}	$(0.6667 \cdot Ar \cdot Sy \cdot (5^a + 21^b)) / (10^a + 21^b)$	$(0.6667 \cdot \{Ar\} \cdot \{Sy\} \cdot (5^{\{a\}} + 21^{\{b\}})) / (10^{\{a\}} + 21^{\{b\}})$
Fuerza {F5}	$-(0.3333 \cdot Ar \cdot Sy \cdot (10^a - 21^b) \cdot (a^2 + b^2)^{1/2}) / (a \cdot (10^a + 21^b))$	$-(0.3333 \cdot \{Ar\} \cdot \{Sy\} \cdot (10^{\{a\}} - 21^{\{b\}}) \cdot (\{a\}^2 + \{b\}^2)^{1/2} / (\{a\} \cdot (10^{\{a\}} + 21^{\{b\}}))$
Fuerza {F6}	$-(0.6667 \cdot Ar \cdot Sy \cdot (20^a + 21^b)) / (10^a + 21^b)$	$-(0.6667 \cdot \{Ar\} \cdot \{Sy\} \cdot (20^{\{a\}} + 21^{\{b\}})) / (10^{\{a\}} + 21^{\{b\}})$
Fuerza {F7}	$(10 \cdot Ar \cdot Sy \cdot b) / (10^a + 21^b)$	$(10 \cdot \{Ar\} \cdot \{Sy\} \cdot \{b\}) / (10^{\{a\}} + 21^{\{b\}})$

- Nota. Muestra la traducción de las expresiones solución a la sintaxis Moodle. Fuente.

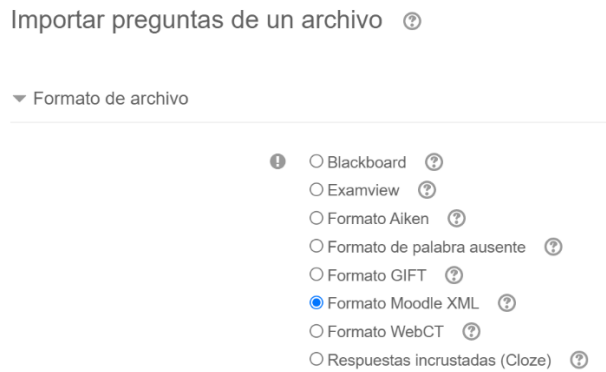
Elaboración propia.

9. Para leer la tabla en la solución tabulada, es necesario asignar el mismo nombre para los datos y variables en la creación de la pregunta y en el nombre de las preguntas.

PROCESO PARA CARGAR PREGUNTA

1. Inicialmente se importa la pregunta en el formato XML al banco de preguntas del aula virtual.

Figura 12. Importación de archivo XML



- Nota. Muestra donde seleccionar para importar el documento. Fuente. Elaboración propia.

2. Se ubican las preguntas en la carpeta destino del curso

Figura 13. Preguntar cargadas

—

- Prueba_Armadura (a)
- Prueba_Armadura (b)
- Prueba_Armadura (c)
- Prueba_Armadura (d)
- Prueba_Armadura (e)
- Prueba_Armadura (f)
- Prueba_Armadura (g)
- Prueba_Armadura (h)
- Prueba_Armadura (i)

Con seleccionadas:

- Nota. Muestra las preguntas una vez cargadas y la carpeta destino.. Fuente. Elaboración propia.

3. Para editar los cuestionarios visibles en el curso, se activa la edición en el botón de la esquina superior derecha. , y se agrega una nueva actividad.

Figura 14. Creación de cuestionario

- Añadir actividad
- Asistencia
- Base de datos
- Booklick
- Cartelera
- Certificado e insignias Accredible
- Certificado personalizado
- Chat
- Clase Wizquiz en directo
- Consulta
- Contenido Interactivo
- Cuestionario**
- Curriculum Builder
- Diario
- Edpuzzle
- Ejercicio 2 de Turnitin
- Elección de grupo
- Encuesta
- Encuesta
- Encuestas predefinidas

- Añadir actividad

- Nota. Muestra donde seleccionar para crear un cuestionario. Fuente. Elaboración propia.

4. A continuación, se muestra un listado de campos para diligenciar, de los cuales solo es necesario introducir el nombre del cuestionario. Se da clic en guardar cambios y mostrar.

Figura 15. Introducción de nombre de cuestionario

The screenshot shows a configuration interface for a questionnaire. On the left, there is a vertical list of tabs: General (selected), Temporalización, Calificación, Esquema, Comportamiento de las preguntas, Opciones de revisión, Apariencia, Restricciones extra sobre los intentos, and Retroalimentación global. At the bottom, there are three green buttons: 'Guardar cambios y regresar al curso', 'Guardar cambios y mostrar', and 'Cancelar'.

- Nota. Muestra campos que se deben ignorar y seleccionar guardar cambios y mostrar.

Fuente. Elaboración propia.

5. Una vez creado el cuestionario se agregan las preguntas desde el banco.

Figura 16. Agregar preguntas al cuestionario

The screenshot shows a questionnaire management interface. At the top, it says 'Preguntas:0 | Este cuestionario está abierto'. There are two buttons: 'Paginar de nuevo' and 'Seleccionar varios elementos'. On the right, there is a 'Calificación máxima' field with the value '5.00' and a 'Guardar' button. Below that, it says 'Total de calificaciones: 0.'. There are three options to add questions: '+ una nueva pregunta', '+ del banco de preguntas' (highlighted), and '+ una pregunta aleatoria'. At the bottom, there is a 'Carga_ax' field and a dropdown menu.

- Nota. Muestra donde seleccionar para agregar las preguntas al cuestionario. Fuente.

Elaboración propia.

Figura 17. Selección de preguntas

$\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (a) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal c...

$\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (b) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal c...

$\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (c) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal c...

$\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (d) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal c...

$\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (e) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal c...

$\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (f) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal d...

$\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (g) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal c...

$\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (h) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área de la sección transversal c...

Página: 1 2 (Siguiente)

Mostrar 37

Añadir preguntas seleccionadas para el cuestionario

- Nota. Muestra preguntas seleccionadas para el cuestionario. Fuente. Elaboración propia.

6. Para finalizar, una vez se agregan todas las preguntas deseadas al cuestionario se procede a ingresar su valor unitario para la calificación y se guarda.

Figura 17 Agregar valoración a las preguntas

Preguntas:9 | Este cuestionario está abierto

Calificación máxima 5.00 **Guardar**

Paginar de nuevo Seleccionar varios elementos

Total de calificaciones: 9.00

Reordenar las preguntas al azar

Página 1 Agregar ▾

1 $\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (i) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área d... 1.00

Página 2 Agregar ▾

2 $\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (a) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área ... 1.00

Página 3 Agregar ▾

3 $\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (b) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área ... 1.00

Página 4 Agregar ▾

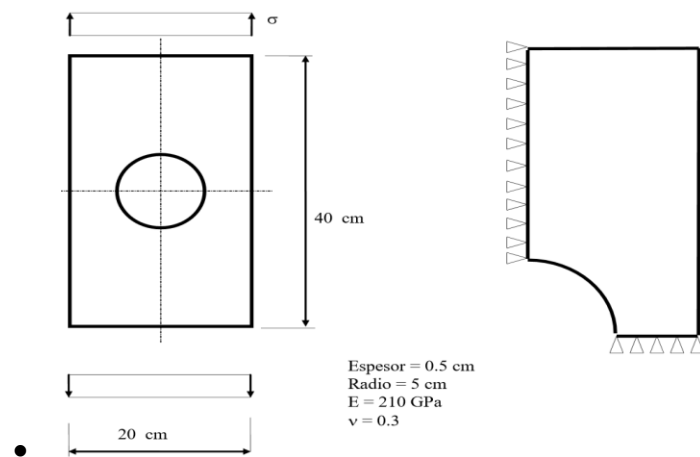
4 $\frac{2 \times 2}{= ?}$ Prueba_Armadura (c) En la armadura mostrada actúan cargas en B y E como se indica. El área ... 1.00

- Nota. Muestra donde agregar la valoración a cada pregunta. Fuente. Elaboración propia.

Apéndice B. Practica de placa con agujero

Observe y analice el comportamiento de una placa rectangular con un orificio circular en el centro asistido por ANSYS, la cual se somete a un esfuerzo de tensión de 100 MPa. Se sugiere introducir características de los materiales isotrópicos, de manera que el coeficiente de Poisson y módulos de Young son $\nu = 0,3$ y $E = 2,1 \times 10^{11}$ Pa respectivamente

Figura 1 Dimensiones y condiciones de simetría de la placa



- Nota. Muestra dimensiones y propiedades de la placa. Fuente. Banco de ejercicios de centro de estudios de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Solución

Para la construcción del modelo en el software se considera un estado de deformación plana, es posible aplicar esta aproximación debido a que el espesor de la placa es mucho menor a las dimensiones especificadas. Además, se supone que la placa no se deforma a lo largo del espesor.

Tipo de análisis: Estático estructural.

Material: Isotrópico elástico lineal, acero estructural.

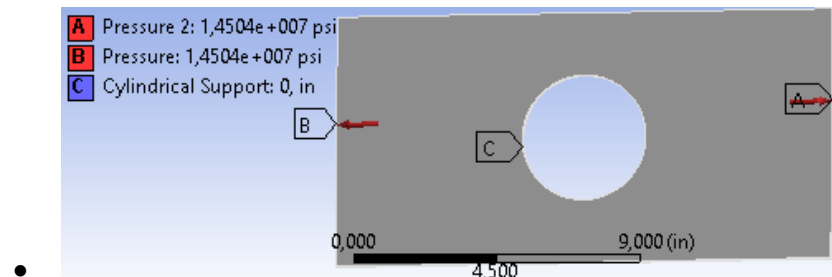
Figura 2 Propiedades de acero ingenieril

- | Isotropic Elasticity | |
|----------------------|-------------------------------------|
| Derive from | Young's Modulus and Poisson's Ratio |
| Young's Modulus | 2E+11 |
| Poisson's Ratio | 0,3 |
| Bulk Modulus | 1,6667E+11 |
| Shear Modulus | 7,6923E+10 |

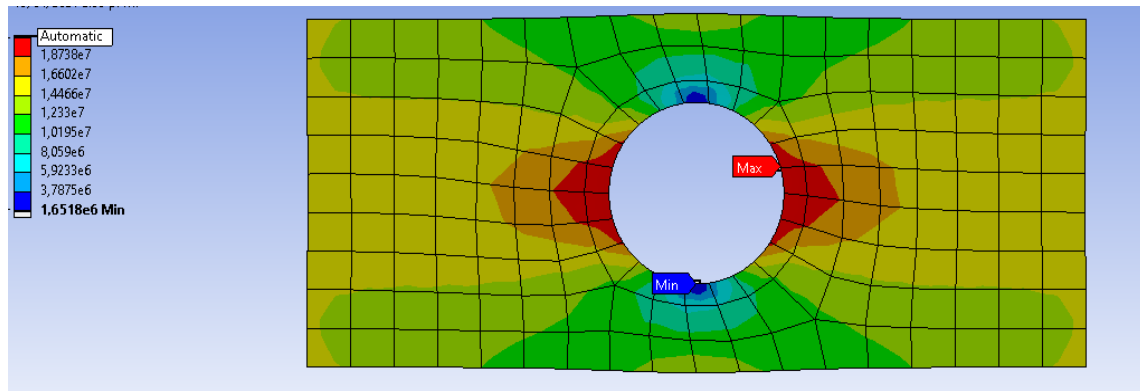
- Nota. Muestra el ingreso de las propiedades del material. Fuente. Elaboración propia.

Geometría: Importada desde solidworks con formato “.STEP” o “.SAT”. Por otro lado, el Workbench cuenta con *SpaceClaim*, asistente de diseño para el modelado.

Modelo: Condiciones de contorno: Se aplica presión uniforme a lo largo de las caras laterales (A y B) de la placa y un soporte cilíndrico en el orificio de esta (C).

Figura 3 Condiciones de contorno

- Nota. Muestra donde se aplican las condiciones de contorno de placa. Fuente. Elaboración propia.

Resultados:**Figura 4** Esfuerzos principales de la placa

- Nota. Muestra donde se concentran los mayores y menores esfuerzos en la placa. Fuente. Elaboración propia.

Apéndice C. Practica de varilla empotrada

Observe y analice el comportamiento una varilla empotrada AB que consta de dos secciones Cilíndricas, la sección AC de 250 mm de longitud y 1750 mm^2 de área transversal y la sección BC de 150 mm de longitud y 500 mm^2 de sección transversal. La porción AC está hecha de un acero dulce con $E=200 \text{ Gpa}$ y $\sigma_y=250 \text{ MPa}$, y la porción CB está hecha de un acero de alta resistencia con $E=200 \text{ Gpa}$ y $\sigma_y=350 \text{ MPa}$. Una carga P se aplica en C como se muestra en la figura. Si ambos aceros se suponen elastoplásticos, determine:

- a. La máxima deflexión de C si P se incrementa gradualmente desde 0 hasta 975 KN Y luego regresa a cero.
- b. El máximo esfuerzo en la porción de la varilla

Solución

Tipo de análisis: Estático estructural.

Material: Es necesario crear los materiales personalizados en Engineering Data como elastoplásticos y asignar los valores de las propiedades mecánicas antes mencionados. Para asignar el material a su correspondiente geometría, es necesario dirigirse al módulo del modelo y en la sección de materiales se usar la operación material assignment.

Figura 1 Propiedades de acero de alta resistencia

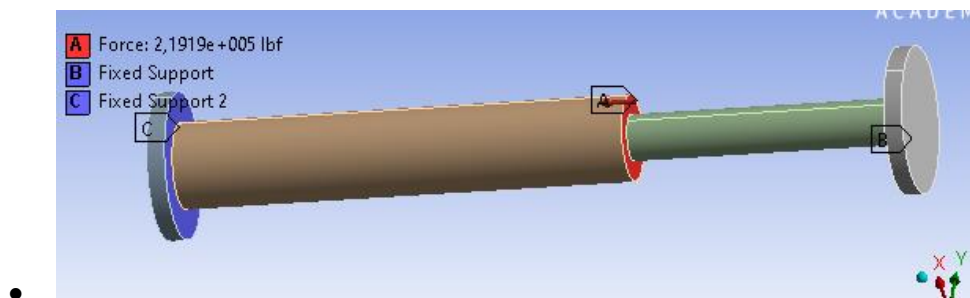
Properties of Outline Row 3: Acero de alta resistencia			
	A	B	
1	Property	Value	<input type="checkbox"/> Material
5	Young's Modulus	2E+11	<input type="checkbox"/> Assignment Acero de alta resistencia
6	Poisson's Ratio	0,3	Nonlinear Effects Yes
7	Bulk Modulus	1,6667E+11	Thermal Strain Effects Yes
8	Shear Modulus	7,6923E+10	
9	<input checked="" type="checkbox"/> Tensile Yield Strength	3,5E+08	

- Nota. Muestra el ingreso de las propiedades del material Fuente. Elaboración propia.

Geometría: Importada desde SolidWorks con formato “.STEP”.

Modelo:

Condiciones de contorno: Se aplica apoyos fijos en las placas que se encuentran en los extremos (B y C) y una fuerza axial en el cambio de sección de los cilindros (A).

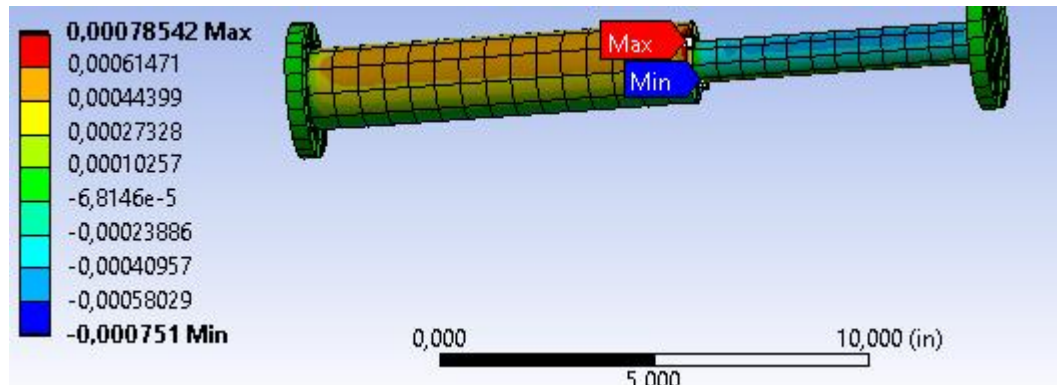
Figura 2 Condiciones de contorno

- Nota. Muestra lugar y magnitud de apoyos y fuerzas Fuente. Elaboración propia.

Resultados:

a.

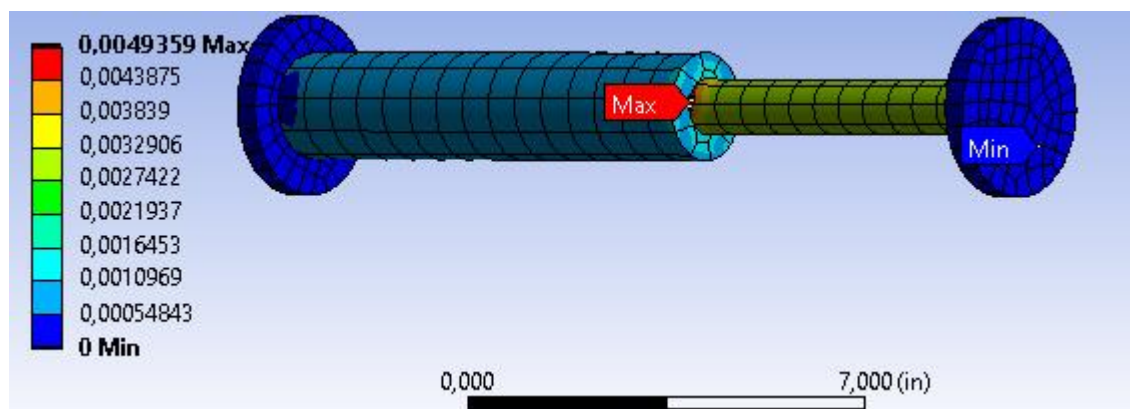
Figura 3 Máxima deflexión



- Nota. Muestra deformación máxima en pulgadas. Elaboración propia.

b.

Figura 4 Esfuerzos máximos y mínimos

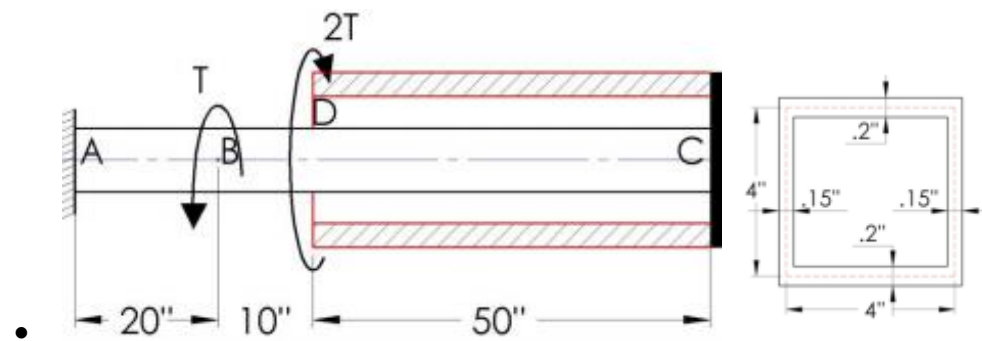


- Nota. Muestra magnitud y ubicación de los esfuerzos. Elaboración propia.

Apéndice D. Practica de eje a torsión

Observe y analice el eje ABC de acero de diámetro de 2 pulgadas esta empotrado en A y firmemente unido a la placa rígida C, la camisa CD es de bronce de sección transversal cuadrada hueca, firmemente unida a la placa C y libre en el extremo D como se muestra en la figura. El eje recibe un torque T en B y la camisa recibe el torque $2T$ en D. Para el acero se tiene que el $\tau_{perm} = 15\text{Ksi}$ y $G=6 \times 10^6$, y para el bronce $\tau_{perm} = 12\text{Ksi}$ y $G=6 \times 10^6$ psi. Determina el valor máximo de T que se puede aplicar, y observe la rotación de la camisa.

Figura 1 Eje y camisa a torsión



- Nota. Muestra dimensiones y condiciones de carga del eje. Fuente. Banco de ejercicios de centro de estudios de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Solución Analítica.

Estática:

- Camisa

- $T_c = 2T$

- Eje

$$T_a = T$$

- $T_{bc} = 2T$

-

Análisis de esfuerzos:

- Camisa

- $\sigma_{perm} \leq \frac{T}{2 * A_h * t_{min}}$

- $12000 \leq \frac{T}{2 * 16 * 0,15}$

- $T_{max} = 28800 \text{ lb. pulg}$

- Eje

- $\sigma_{perm} \leq \frac{16 * T}{\pi * d^3}$

$$15000 \leq \frac{16 * 2T}{\pi * 2^3}$$

$$T_{max} = 11781 \text{ lb. pulg}$$

-

- Resultados:

$$T_{max} = 11781 \text{ lb. pulg}$$

$$\theta_D = \theta_{eje} + \theta_{camisa}$$

$$\theta_{c\ eje} = \theta_{AB} + \theta_{BC}$$

$$J_{eje} = \frac{\pi * 2^4}{32}$$

$$J_{eje} = 1,5708 \text{ pulg}^4$$

$$\theta_{c\ eje} = \frac{T_{max} * (L_{AB} + L_{BC})}{G_{acero} * J_{eje}}$$

$$\theta_{c\ eje} = \frac{11781 * (20 + 120)}{12 * 10^6 * 1,5708}$$

$$\theta_{c\ eje} = 0,0875 \text{ rad}$$

$$\theta_{camisa} = \frac{T * L}{4 * G_{bronce} * A_h^2} \sum \frac{\nabla s}{t}$$

$$\theta_{camisa} = \frac{2 * 11781 * 50}{4 * 12 * 10^6 * 16^2} \left(\frac{2 * 4}{0,15} + \frac{2 * 4}{0,2} \right)$$

-

$$\theta_{camisa} = 0,0179 \text{ rad}$$

$$\theta_{Dcamisa} = 0,087 + 0,0179$$

$$= 0,1054 \text{ rad}$$

- $\theta_{Dcamisa} = 6,04^\circ$

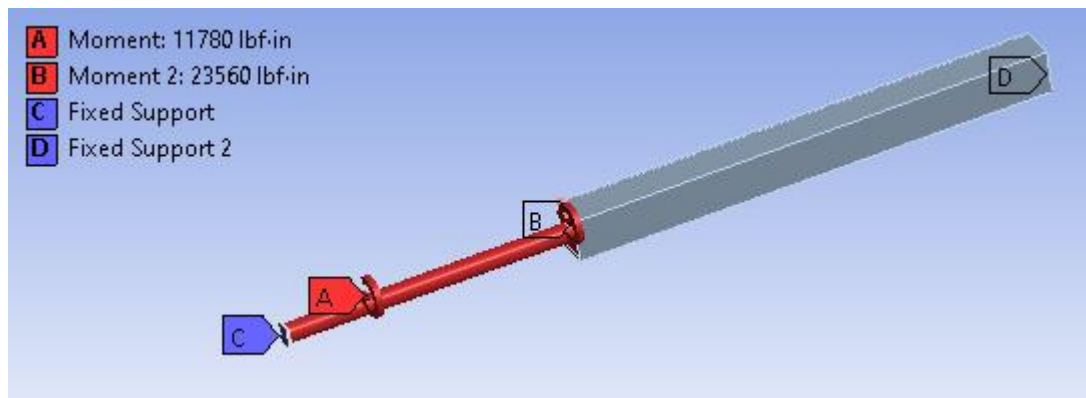
Tipo de análisis: Estático estructural.Material: Es necesario crear dos materiales personalizados en *Engineering Data*, el acerocon $\tau_{perm} = 15 \text{ Ksi}$, y el bronce $\tau_{perm} = 12 \text{ Ksi}$ y $G = 6 * 10^6 \text{ psi}$.

Geometría: Importada desde solidworks con formato “.STEP”. El eje y la camisa se modelan por separado y se une por medio de un cordón de soldadura.

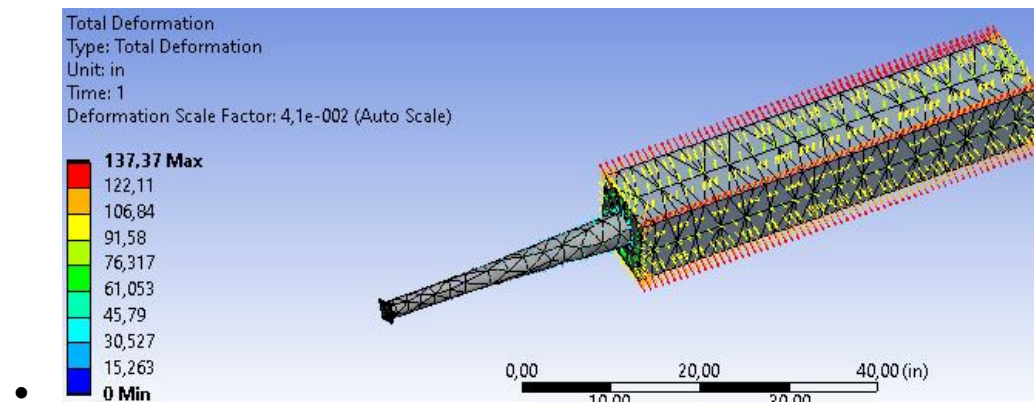
Modelo:

Condiciones de contorno: Se aplican los torques específicos en los puntos A y B, de igual manera los apoyos fijos en los puntos C y D.

Figura 2 Condiciones de contorno de la camisa



Resultados:

Figura 3 Resultados

- Nota. Muestra factor de seguridad, magnitud y dirección de las deformaciones. Fuente.

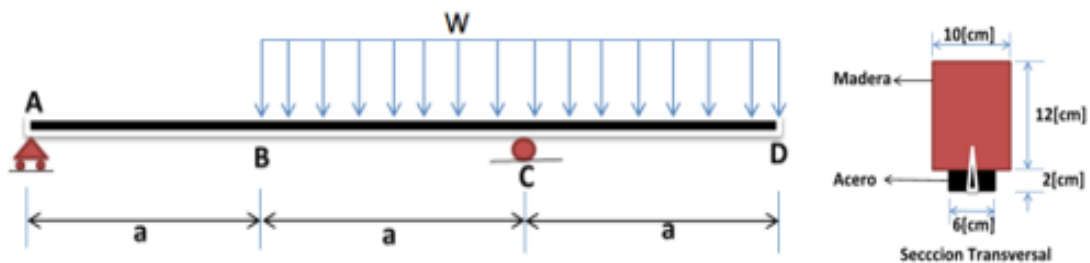
Elaboración propia.

Apéndice E. Practica de viga a flexión

Observe y analice la siguiente viga que se encuentra simplemente apoyada en A y C. Se compone por un tramo de madera de sección rectangular de 10x12 cm reforzada con una platina de acero de sección de 6x2cm, unidos con clavos de acero cada 3 cm a lo largo de la viga; y soporta una carga uniformemente distribuida como se muestra en la figura.

- Madera: $E=10^5$ [kg/cm^2] ; $\sigma_{per}= 600$ [kg/cm^2]
- Acero: $E=2 * 10^6$ [kg/cm^2] ; $\sigma_{per}= 1500$ [kg/cm^2]
- Clavos: $\tau_{perm} =2000$ [kg/cm^2]
- Determinar:
 - a. La carga máxima que puede soportar
 - b. El esfuerzo cortante máximo
 - c. El diámetro mínimo que deben tener los clavos

Figura 1 Viga



•

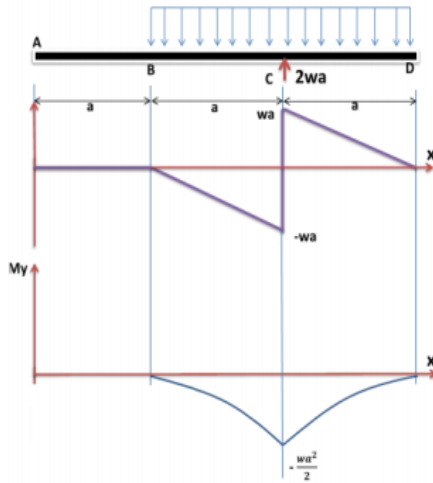
- Nota. Muestra dimensiones y condiciones de carga de la viga. Fuente. Banco de ejercicios de centro de estudios de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Solución

Solución analítica: Estática:

- $\Sigma Mc = 0$
- $Ra = 0$
- $Ra = 2wa$

Diagramas:



-
-

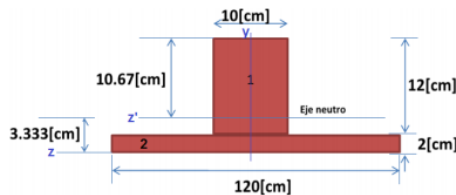
Análisis de sección transversal: Viga de dos materiales, transformada de acero a madera.

-

$$n = \frac{Eac}{Em} = \frac{2 \times 10^6}{1 \times 10^5} = 20$$

$$b_t = n * b_r = 20 * 6 = 120$$

Sección transversal transformada:



-

Cálculo de inercia de sección transformada:

	A_i	Y_i	$A_i * Y_i$

Análisis de esfuerzos

a. Sección crítica C

$$M_{max} = \frac{-wa^2}{2} = \frac{-w * 100^2}{2} = 5000w$$

Si el acero es crítico

$$\sigma_{perm} \leq \frac{n * M * C_{ac}}{I}$$

$$\frac{20 * 5000w * 3,33}{5440} \leq 1500$$

$$W_{maxac} = 24,5 \left[\frac{Kg}{cm} \right]$$

Si la madera es crítica

$$\sigma_{perm\ mad} = \frac{M * C_{mad}}{I}$$

$$\frac{5000w * 10,67}{5440} \leq 600$$

$$W_{maxmad} = 61,18 \left[\frac{kg}{cm} \right]$$

El acero es más crítico

$$W_{maxac} = 2450 \left[\frac{Kg}{m} \right]$$

-

b. Cortante máximo, τ_{max}

$$W_{max} = w * a = 2450 * 1 = 2450 [kg]$$

$$\tau_{max} = \frac{V * Q_{en}}{I * b}$$

$$\frac{2450 * 10 * 10,67 * \frac{10,67}{2}}{5449 * 10} = 25,6 \left[\frac{kg}{cm} \right]$$

-

c. Diámetro de los clavos.

$$q_{1-2} = \frac{V * Q_2}{I} = \frac{2450 * (240 * 2,33)}{5440}$$

1	120	8	960
2	240	1	240
T otal	360	3,33 3	120 0

$$Y = \frac{\sum A_i * Y_i}{\sum A_i} = 3,33 \text{ cm}$$

•	• A_i	• Y_i	• $A_i * Y_i^2$	• I_i
• 1	• 120	• 4,67	• 2617	• 1440
• 2	• 240	• 2,33	• 1303	• 80
• To tal	• 360	•	• 3920	• 1520

$$I = \sum A_i * Y_i^2 + \sum I_i = 3920 + 1520 = 5440 \text{ cm}^4$$

- $q_{1-2} = 252,8 \left[\frac{kg}{cm} \right]$
- $F_c = q * s = 251,8 * 3 = 755,4 \text{ kg}$
- Numero de clavos por paso: $N=1$

• Fuerza de corte por clavo.

$$V_{clavo} = \frac{F_c}{N} = \frac{755,4}{1} = 755,4 \text{ kg}$$

• Cálculo del diámetro de los clavos.

$$\tau_{clavo} = \frac{V_{clavo}}{\pi \frac{d^2}{4}} \leq \tau_{perm}$$


$$\frac{755,4}{\pi \frac{d^2}{4}} \leq 20$$

$$d = 0,69 \text{ cm} = 7 \text{ cm}$$


Tipo de análisis: Estático estructural.

Material: Es necesario crear dos materiales personalizados en *Engineering Data*, el acero y la madera.

Figura 2 Propiedades de los materiales •

Property	Value	
Young's Modulus	1,9613E+11	Pa
Poisson's Ratio	0,3	
Bulk Modulus	1,6344E+11	Pa
Shear Modulus	7,5436E+10	Pa
 Tensile Yield Strength	1,471E+08	Pa

(a)

Property	Value	
Young's Modulus	9,8067E+09	Pa
Poisson's Ratio	0,18	
Bulk Modulus	5,1076E+09	Pa
Shear Modulus	4,1554E+09	Pa
 Tensile Yield Strength	5,884E+07	Pa

• (b)

- Nota. Muestra las propiedades mecánicas del acero (a) y de la madera(b). Fuente.

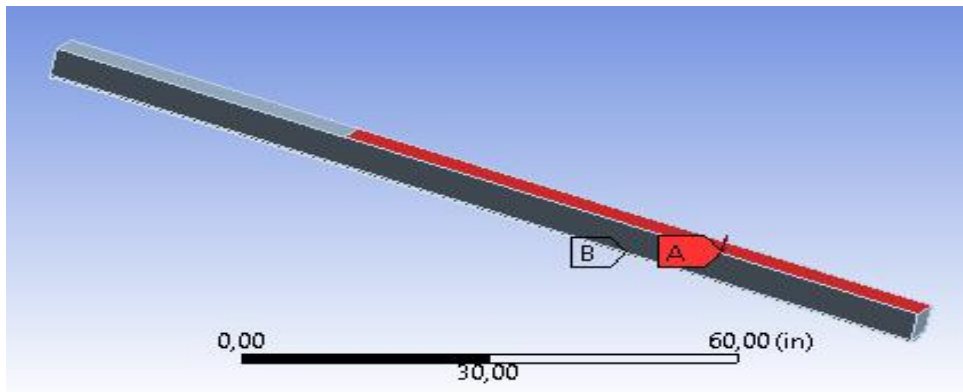
Elaboración propia.

Geometría: Importada desde SolidWorks con formato “.STEP”. Se modelan las secciones por separado y se ensamblan por medio de los clavos.

Modelo:

Condiciones de contorno: La viga se encuentra simplemente apoyada en el extremo y el punto B, también soporta una carga distribuida en la sección A.

Figura 3 Condiciones de contorno de la viga.

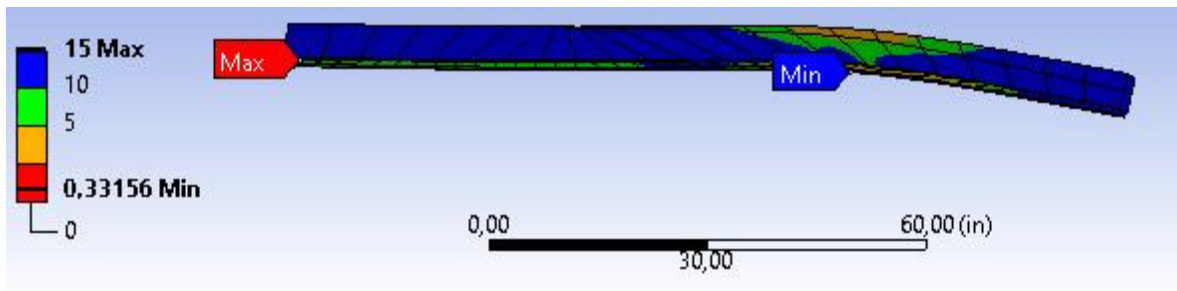


- Nota. Muestra lugar de aplicación de carga distribuida de la viga simplemente apoyada.

Fuente. Elaboración propia.

Resultados: Se encuentra un factor de seguridad mínimo en la parte inferior de la viga, sección que corresponde al acero. Por tanto, se corrobora los resultados de analíticos

Figura 4 Resultados



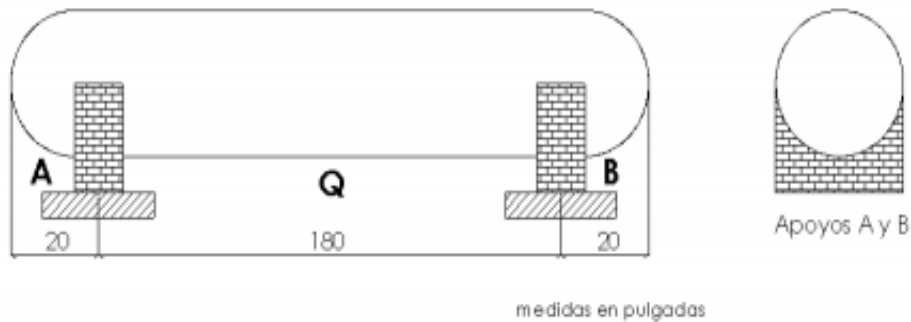
- Nota. Muestra factor de seguridad la viga simplemente apoyada. Fuente. Elaboración propia.

Apéndice F. Practica de recipiente a presión

Observe y analice un tanque de acero de 40 pulgadas de diámetro que contiene un gas a una presión de $P=290$ psi. El tanque se encuentra simplemente apoyado como se muestra, y su peso con el contenido es equivalente a una carga distribuida de valor $W=225$ lb/in.

Determine el valor mínimo de su espesor, de acuerdo con la teoría del esfuerzo cortante máximo, teniendo en cuenta que el acero del tanque tiene una resistencia de fluencia $S_y=60.000$ psi y se debe garantizar un factor de seguridad de 2.

Figura 1 Tanque a presión



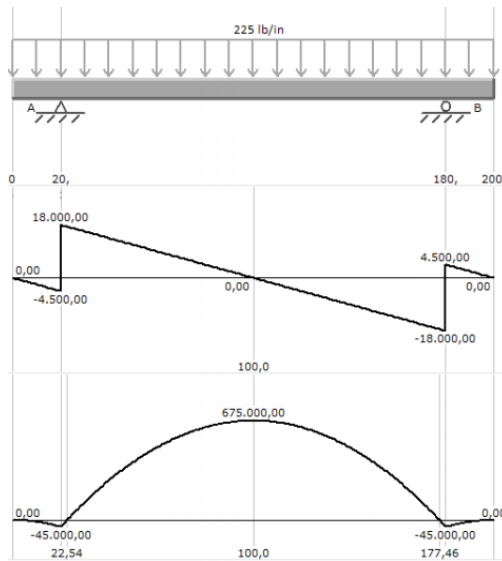
- Nota. Muestra dimensiones y condiciones de carga del tanque. Fuente. Banco de ejercicios de centro de estudios de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Solución

La carga máxima a la cual es posible someter la viga con seguridad se determina analíticamente, donde la sección crítica es la C:

- Estática:
- $\Sigma F_y = 0$
- $R_a + R_b = 200w$
- Entonces, $\sigma_1 = \frac{5800}{t}$ y $\sigma_2 = \frac{3437}{t}$
- $\tau_{max} = \frac{2900}{t}$

-
- $\Sigma Ma = 0$
- $160Rb = 80 * 200w$
- $Rb = 100w$
-
- $Ra = 100w$
- Diagramas:



- $\sigma_{perm} = \frac{Sy}{N} = \frac{60000}{2} = 30000$

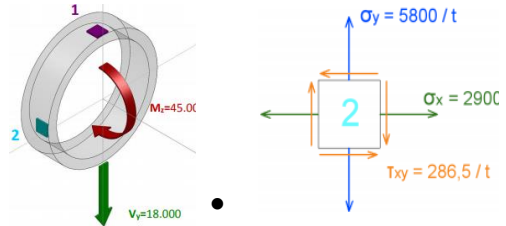
- $\tau_{perm} = \frac{\sigma_{perm}}{2} = 15000$

- $\frac{29000}{t} \leq 15000$

- $t_{min} = 0,1933''$

- Sección A o B

- $\tau_V = \frac{v*Q}{I*b} = \frac{2*V}{A_r} = \frac{2*18000}{125,66t} = \frac{286,5}{t}$



- $\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$

- $\sigma_{1,2} = \frac{2900 + 5800}{2t} \pm$

$$\sqrt{\left(\frac{2900 - 5800}{2t}\right)^2 + \left(\frac{286,5}{t}\right)^2}$$

- $\sigma_{1,2} = \frac{4350}{t} \pm \frac{1478}{t}$

- Sección transversal:

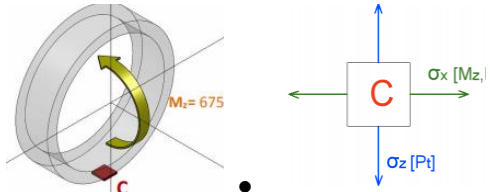
- $A_r = \pi * D * t = 40\pi * t = 125,66t$

- $I = \pi * r^3 * t = \pi * 20^3 * t =$

$$25132,74t$$

- Sección critica:

1. Sección Q

-
- 
 - $\sigma_1 = \frac{5828}{t}$ $\sigma_2 = \frac{2872}{t}$
 - Teniendo en cuenta que $\sigma_1(+)$ y $\sigma_1(-)$
 -
 - $\tau_{max} = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{5828}{2t} = \frac{2914}{t}$
 - $\tau_{max} \leq \tau_{perm}$
 - $\frac{2914}{t} \leq 15000$
 - $t_{min} = 0,1943''$
 - Es más crítico el punto 2 de las secciones A o B. Por tanto el espesor mínimo que deben tener las paredes del tanque es: 0,1943''
-
- $\sigma_{Mz} = \frac{M \cdot C}{I} = \frac{675000 \cdot 20}{25132,74t} = \frac{537,15}{t}$
- $\sigma_{Mz} = \frac{\rho \cdot D}{4t} = \frac{290 \cdot 40}{4t} = \frac{2900}{t}$
- $\sigma_{Mz} = 2 * \sigma_{PL} = \frac{5800}{t}$
-

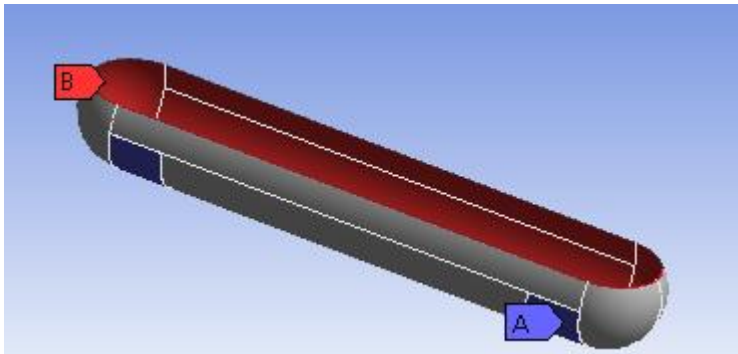
Tipo de análisis: Estático estructural.

Material: Acero estructural con un esfuerzo permisible de 60.000 psi.

Geometría: Importada desde SolidWorks con formato “.STEP”. Se modela el tanque a partir de láminas que se une por medio de soldadura.

Modelo: Condiciones de contorno: El tanque se comporta como una viga simplemente apoyada en los puntos A y B, además contiene un gas a presión de 290 psi. Con la herramienta *Section plane*, se realiza un corte para seleccionar las caras internas del tanque y aplicar la presión correspondiente.

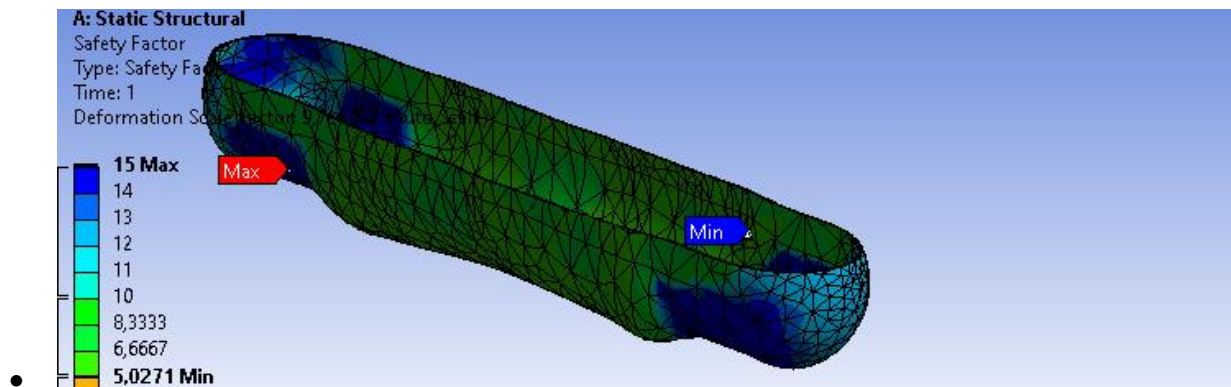
Figura 2 Condiciones de contorno del tanque



-
- Nota. Muestra vista de sección, apoyo y presión del tanque Fuente. Elaboración propia.

Resultados: Con un espesor de 0,1943 pulgadas previamente calculado analíticamente se obtiene factores de seguridad superiores a 5 por lo tanto, el tanque puede operar con seguridad.

Figura 2 Resultados



-
- Nota. Muestra factor de seguridad y deformación del tanque Fuente. Elaboración propia.