

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



**El lenguaje de programación para el desarrollo de las
competencias de la Ingeniería Civil en una universidad privada
de Lima**

Tesis para obtener el grado académico de Maestra en Integración e
Innovación Educativa de las Tecnologías de la Información y la
Comunicación que presenta:

Malena Alessandra Serrano Lazo

Asesora:
Carol Rivero Panaqué

Lima, 2025

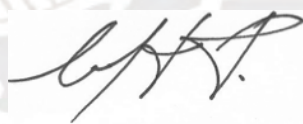
Informe de Similitud

Yo, Carol Rivero Panaqué , docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesora de la tesis titulada El lenguaje de programación para el desarrollo de las competencias de la Ingeniería Civil en una universidad privada de Lima, de la autora Malena Alessandra Serrano Lazo dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 13/04/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 17 de abril de 2025.

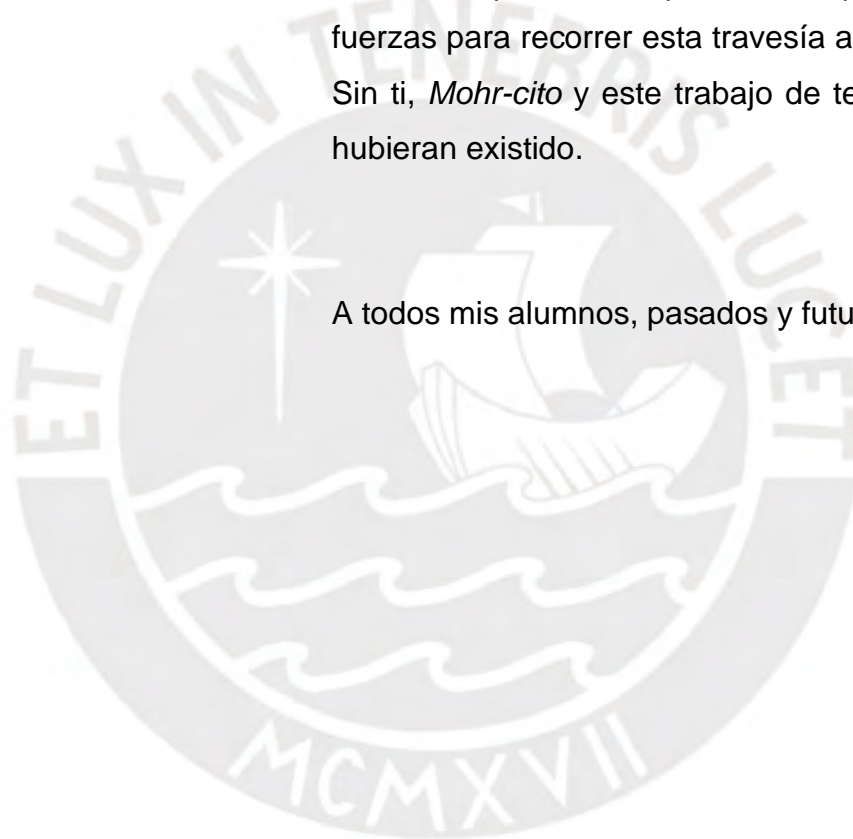
Rivero Panaqué Carol	
DNI: 29734633	Firma: 
ORCID: 0000-0002-0123-8999	

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me dieron el amor, la fuerza, el conocimiento y las herramientas que me hicieron llegar hasta acá. Sin ustedes, yo no sería “yo”.

A Carlos, quien me impulsó, acompañó y dio fuerzas para recorrer esta travesía académica. Sin ti, *Mohr-cito* y este trabajo de tesis nunca hubieran existido.

A todos mis alumnos, pasados y futuros.



AGRADECIMIENTOS

A Carol Rivero Panaqué, quien ha sido la asesora de tesis más paciente y comprensiva que un alumno puede tener. Cuando me sentía perdida o abrumada, ella siempre estuvo para guiarme como un faro de luz entre las tinieblas.

A Carlos Eduardo Concha Ávila, quien desarrolló el código en lenguaje de programación Python, hizo innumerables pruebas conmigo en la mejora continua de *Mohr-cito* y, además, estuvo a mi lado desde la introducción hasta las conclusiones.

Al equipo de docentes y tutores de la maestría, quienes me enseñaron el significado de la docencia a través de su ejemplo. Cada curso me mostró formas distintas de docencia, pero todas centradas en el aprendizaje y el bienestar del alumno, y espero nunca olvidarlo.

A mis compañeras y compañeros de la maestría, quienes se convirtieron en amig@s para la vida. Si leen esto, quiero que sepan que sonrío cuando pienso en ustedes y las noches enteras que pasamos trabajando y aprendiendo las unas de las otras.

A la Dirección de Carrera, que me brindó un espacio y la oportunidad para materializar el piloto de esta propuesta de innovación educativa, y a los colegas de Ingeniería Civil que me brindaron su tiempo y sus opiniones para su mejora continua.

A mis alumnos de Mecánica de Materiales, quienes vivieron conmigo esta travesía. En especial, a ese rostro sonriente que me contó como *Mohr-cito* los ayudó a aprender el curso. Eso hizo que todo el esfuerzo valiera la pena.

RESUMEN

Esta tesis propone la implementación de estrategias educativas que integran el uso de tecnología en la enseñanza de la transformación de esfuerzos, con el objetivo de fortalecer las competencias de “solución de problemas” y “diseño en ingeniería” en estudiantes de Ingeniería Civil. En particular, se desarrolla el recurso tecnológico *Mohr-cito.exe* utilizando el lenguaje de programación Python, el cual permite visualizar el estado general de esfuerzos en elementos estructurales típicos, construir el Círculo de Mohr y calcular los esfuerzos normales y cortantes en cualquier plano inclinado. Para validar la propuesta, se documenta una experiencia piloto en la que *Mohr-cito.exe* se implementa de manera pedagógica en la unidad “Estado de esfuerzos multiaxial” del curso de Mecánica de Materiales en una universidad privada de Lima. La evaluación de su efectividad se basa en el análisis del rendimiento académico y en encuestas de satisfacción aplicadas a 20 estudiantes de una sección del mencionado curso. Los resultados evidencian mejoras en la construcción del Círculo de Mohr y una percepción positiva por parte de los estudiantes, quienes destacan la utilidad del recurso en actividades síncronas y asíncronas. No obstante, persisten dificultades en la interpretación de los resultados, lo que resalta la necesidad de seguir perfeccionando tanto las estrategias didácticas como el recurso tecnológico.

Palabras clave: Tecnología Educativa, Educación en Ingeniería, Resolución de Problemas, Instrucción Asistida por Computadora.

ABSTRACT

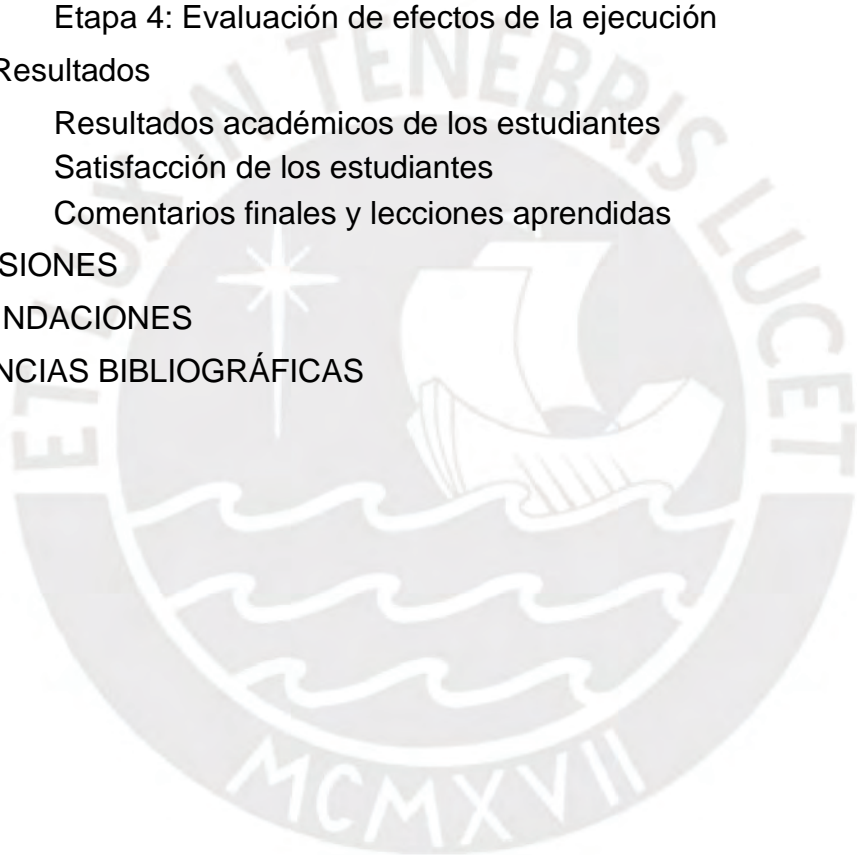
This thesis proposes the implementation of educational strategies that integrate the use of technology in the teaching of stress transformation, with the goal of strengthening the competencies of "problem-solving" and "engineering design" in Civil Engineering students. Specifically, the technological resource Mohr-cito.exe is developed using the Python programming language. This tool allows students to visualize the general state of stress in typical structural elements, construct Mohr's Circle, and calculate normal and shear stresses on any inclined plane. To validate the proposal, a pilot experience is documented, in which Mohr-cito.exe is pedagogically implemented in the Multiaxial Stress State unit of the Mechanics of Materials course at a private university in Lima. The evaluation of its effectiveness is based on the analysis of academic performance and satisfaction surveys conducted with 20 students from one section of the course. The results show improvements in the construction of Mohr's Circle and a positive perception from students, who highlight the resource's usefulness in both synchronous and asynchronous activities. However, difficulties persist in interpreting the results, underscoring the need for continued refinement of both the teaching strategies and the technological resource.

Keywords: Educational Technology, Engineering Education, Problem Solving, Computer-Assisted Instruction.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: DISEÑO DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN	3
1.1. Información general de la propuesta de innovación educativa	3
1.1.1. Título de la propuesta	3
1.1.2. Datos de la institución educativa	3
1.1.3. Datos de la intervención	4
1.2. Justificación de la propuesta de innovación educativa	4
1.2.1. Contexto de la intervención	5
1.2.2. Problema identificado	6
1.2.3. Justificación	8
1.3. Antecedentes	10
1.4. Fundamentación teórica	13
1.4.1. Recursos tecnológicos educativos	14
1.4.2. Lenguajes de programación	18
1.4.3. Lenguaje Python	23
1.4.4. Relevancia en los procesos de enseñanza-aprendizaje	27
1.5. Objetivos y metas	29
1.5.1. Objetivo general	29
1.5.2. Objetivos específicos	30
1.5.3. Metas de la propuesta	30
1.6. Estrategias y actividades por realizar	31
1.6.1. Fases que comprende la propuesta educativa	31
1.6.2. Recursos Humanos	36
1.6.3. Monitoreo y evaluación	38
1.6.4. Riesgos y/o posibles contingencias	39
1.6.5. Factores de viabilidad, sostenibilidad y sustentabilidad	40
1.7. Presupuesto	42
1.8. Cronograma	43

CAPITULO II: INFORME DE EJECUCIÓN DE LA EXPERIENCIA PILOTO	47
2.1. Planificación de la experiencia piloto	47
2.1.1. Descripción general	47
2.1.2. Objetivos	48
2.1.3. Estrategia operativa	49
2.1.4. Mecanismos de evaluación	51
2.1.5. Instrumentos de recolección de datos	52
2.2. Ejecución de la experiencia piloto	55
2.2.1. Etapa 1: Diseño de estrategias de enseñanza aprendizaje	55
2.2.2. Etapa 2: Construcción de recursos educativos	58
2.2.3. Etapa 3: Ejecución de estrategias de enseñanza aprendizaje	64
2.2.4. Etapa 4: Evaluación de efectos de la ejecución	68
2.3. Resultados	69
2.3.1. Resultados académicos de los estudiantes	69
2.3.2. Satisfacción de los estudiantes	73
2.3.3. Comentarios finales y lecciones aprendidas	83
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	94



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Cronología de los lenguajes de programación	20
Tabla 2:	Lenguajes de programación sugeridos para principiantes	28
Tabla 3:	Roles y responsabilidades por fase	37
Tabla 4:	Presupuesto de la propuesta de innovación	42
Tabla 5:	Cronograma de la propuesta de innovación	44
Tabla 6:	Niveles de logro de aprendizaje	53
Tabla 7:	Secciones y preguntas de la encuesta N°1	53
Tabla 8:	Secciones y preguntas de la encuesta N°2	54
Tabla 9:	Objetivos de aprendizaje para cada sesión de clase	56
Tabla 10:	Secuencia de clase síncrona	57
Tabla 11:	Distribución de alumnos por docente y sección	65
Tabla 12:	Comentarios del candidato 01	65
Tabla 13:	Comentarios del candidato 02	66
Tabla 14:	Comentarios del candidato 03	66
Tabla 15:	Niveles de logro alcanzados por los estudiantes con respecto al cálculo de esfuerzos	71
Tabla 16:	Niveles de logro alcanzados por los estudiantes con respecto a la construcción e interpretación del Círculo de Mohr	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Árbol de problemas	8
Figura 2:	Círculo de Mohr	10
Figura 3:	Páginas web con recursos tecnológicos para la construcción del círculo de Mohr	13
Figura 4:	Estrategia operativa de la experiencia piloto	49
Figura 5:	Actividades para la enseñanza aprendizaje de la unidad intervenida	58
Figura 6:	Pantalla de inicio del programa <i>Mohr-cito</i>	60
Figura 7:	Detalle de primera funcionalidad del programa <i>Mohr-cito</i>	61
Figura 8:	Ejemplo de ejercicio práctico para sesión síncrona	62
Figura 9:	Instrucciones iniciales de la guía para estudiantes	63
Figura 10:	Cronología de ejecución de la experiencia piloto	68
Figura 11:	Enunciado del primer ejercicio práctico	70
Figura 12:	Enunciado del segundo ejercicio práctico	72
Figura 13:	Satisfacción de los estudiantes con la incorporación de <i>Mohr-cito</i> en las sesiones síncronas	74
Figura 14:	Didáctica del contenido teórico	75
Figura 15:	Claridad y utilidad de los ejercicios prácticos	75
Figura 16:	Incremento de interés en el curso	76
Figura 17:	Interés en seguir aprendiendo el curso	77
Figura 18:	Utilidad del recurso desarrollado	77
Figura 19:	Satisfacción de los estudiantes con la incorporación de <i>Mohr-cito</i> en el trabajo autónomo asíncrono	79
Figura 20:	Presentación y pertinencia de la guía didáctica	79
Figura 21:	Influencia del recurso en el aprendizaje autónomo	80
Figura 22:	Incremento de interés en el curso	80
Figura 23:	Interés en seguir aprendiendo el curso	81
Figura 24:	Utilidad del recurso desarrollado	82

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis se centra en el desarrollo de una propuesta de innovación educativa basada en el uso del lenguaje de programación como herramienta pedagógica para potenciar el aprendizaje en la Ingeniería Civil. La propuesta se enmarca en la línea de investigación "*Aprendizaje potenciado por tecnología*" de la "*Maestría en Integración e Innovación Educativa de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)*", al proponer la incorporación de herramientas digitales en la enseñanza de conceptos fundamentales de la mecánica estructural.

En particular, se busca mejorar la comprensión y aplicación del círculo de Mohr en la transformación de esfuerzos. Se propone que la enseñanza de este tema, tradicionalmente realizada con explicaciones teóricas y representaciones gráficas manuales, puede beneficiarse significativamente de herramientas digitales que permitan una visualización dinámica e interactiva. En ese sentido, el uso de un programa ejecutable, especialmente desarrollado para uso pedagógico, permitiría la exploración de distintos escenarios y condiciones de carga. Con lo cual, se facilitaría el aprendizaje de un concepto fundamental en la Mecánica de Materiales que suele representar una dificultad para los estudiantes.

En línea con ello, la propuesta de innovación contempla el desarrollo e implementación de un recurso educativo (*Mohr-cito.exe*) en el lenguaje de programación Python, que permita a los estudiantes modelar y analizar la transformación de esfuerzos de manera interactiva. La implementación de este recurso en el curso de Mecánica de Materiales no solo busca mejorar el desempeño académico, sino también promover una mayor autonomía en el aprendizaje y reforzar el vínculo entre teoría y aplicación práctica. De esta manera, además, se busca fomentar la adecuada aplicación de la transformación de esfuerzos en la solución de problemas y en el diseño en ingeniería, dos competencias clave de la Ingeniería Civil.

El primer capítulo de este trabajo de tesis ofrece una descripción detallada de la propuesta de innovación. Primero, se aborda aspectos clave como el contexto educativo en el que se propone la intervención, la justificación de la incorporación del lenguaje de programación como herramienta pedagógica, los antecedentes y la fundamentación teórica que respaldan la propuesta. Luego, se presentan los objetivos y metas de la propuesta, así como las estrategias y actividades planificadas para su implementación. Al respecto, se discuten también los recursos humanos requeridos, el monitoreo y la evaluación del impacto de la intervención, así como la sostenibilidad de sus efectos a largo plazo. Finalmente, se incluye una descripción del presupuesto y cronograma necesarios para el desarrollo de la propuesta.

En el segundo capítulo, se detalla la planificación, ejecución y resultados de la experiencia piloto que se llevó a cabo como parte de este trabajo de tesis. En la fase de planificación, se presenta el diseño de la experiencia piloto, incluyendo los objetivos propuestos, la estrategia operativa para alcanzarlos, los mecanismos de evaluación seleccionados y los instrumentos específicos de recolección de datos diseñados para este fin. En la ejecución, se expone el desarrollo de las distintas fases de la experiencia piloto, mientras que en los resultados se analiza la información recolectada durante la ejecución, con el fin de validar y mejorar la propuesta de innovación.

En la parte final, se presenta una serie de conclusiones y recomendaciones derivadas de la experiencia y los hallazgos obtenidos. En particular, los resultados académicos evidencian avances en la comprensión de la construcción del Círculo de Mohr tras la implementación del recurso tecnológico, pero también resaltan la necesidad de fortalecer su interpretación conceptual. Además, las encuestas de satisfacción reflejan una percepción ampliamente positiva por parte de los estudiantes con respecto a la utilidad y efectividad de la herramienta. Asimismo, se espera que esta experiencia sirva como referencia para futuras innovaciones en la enseñanza de la Ingeniería Civil y áreas afines.

CAPITULO I: DISEÑO DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN

En este capítulo se presenta la información necesaria para comprender la propuesta de incorporar el lenguaje de programación como recurso tecnológico para potenciar el desarrollo de las competencias de la Ingeniería Civil. En orden, se presenta la información general de la propuesta de innovación; la justificación y los antecedentes; la fundamentación teórica; los objetivos y las metas; las estrategias y las actividades planificadas; los recursos humanos necesarios para la intervención; así como el presupuesto y el cronograma para el desarrollo de la propuesta.

1.1. Información general de la propuesta de innovación educativa

1.1.1. Título de la propuesta

El lenguaje de programación para el desarrollo de las competencias de la Ingeniería Civil en una universidad privada de Lima

1.1.2. Datos de la institución educativa

La propuesta de innovación se desarrolla en una universidad privada de la ciudad de Lima, que ofrece la Carrera de Ingeniería Civil y que actualmente cuenta con decenas de miles de alumnos matriculados en pregrado y posgrado.

- Nombre: Universidad Privada
- Ubicación: Lima, Perú
- Público que atiende: Personas naturales que desean realizar estudios de pregrado y/o posgrado.
- Tipo de gestión: Empresa privada que ofrece carreras profesionales, programas especializados y maestrías.

Según su página web, esta institución busca formar profesionales preparados

para enfrentar los desafíos del mundo actual y contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad peruana mediante una educación de calidad, innovación constante y responsabilidad social. En línea con ello, entre sus atributos de valor, esta universidad privada ofrece un aprendizaje integral, una malla curricular de vanguardia y laboratorios especializados.

1.1.3. Datos de la intervención

La propuesta de innovación se centra en desarrollar e implementar el uso pedagógico de un programa ejecutable (.exe), elaborado en lenguaje de programación Python, con la finalidad de mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de la “Transformación de esfuerzos” y, con ello, contribuir al desarrollo de las competencias propias de la Carrera de Ingeniería Civil, entre los alumnos de tercer año de una universidad privada de Lima.

Como parte de la implementación de la propuesta, se plantea la intervención de las sesiones de clase de la unidad de aprendizaje “Estado de esfuerzos multiaxial” de las secciones (salones) del curso “Mecánica de Materiales”.

- **Ámbito de la intervención:** 17 secciones (salones) del curso Mecánica de Materiales.
- **Duración de la propuesta:** 11 meses
- **Población objetivo:** 480 alumnos de pregrado.

Se busca que los alumnos intervenidos incrementen y mejoren su aprendizaje y que, además, los docentes participantes valoren el uso de la tecnología en su práctica docente. Asimismo, se busca que la intervención (y sus resultados) inspiren a otros docentes de carreras de Ingeniería a incorporar y/o desarrollar recursos tecnológicos en los procesos de enseñanza-aprendizaje de sus cursos.

1.2. Justificación de la propuesta de innovación educativa

En esta sección se presentan el contexto de la intervención, el planteamiento del problema y la justificación de la propuesta de innovación. En el contexto de la

intervención, se presentan las características del curso en el que se enseña la transformación de esfuerzos. En el planteamiento del problema, se exponen las dificultades de aprendizaje que experimentan los estudiantes para aplicar la transformación de esfuerzos en la solución de problemas y el diseño en ingeniería. En la justificación, se enfatiza la posibilidad de usar la tecnología como herramienta para potenciar el aprendizaje de los alumnos y contribuir a la solución del problema.

1.2.1. Contexto de la intervención

El plan de estudios de la Carrera de Ingeniería Civil de las universidades públicas y privadas del Perú incluye uno o dos cursos obligatorios de “Mecánica de Materiales”, o “Resistencia de Materiales”. Según la percepción de docentes y profesionales, esta disciplina es fundamental en la formación de los futuros ingenieros civiles, pues estudia el comportamiento de los materiales sólidos bajo la acción de fuerzas externas. Además, según Li et al. (2024), los cursos de mecánica de materiales buscan profundizar el conocimiento teórico de los estudiantes y desarrollar su capacidad para aplicar las teorías de la mecánica en la resolución de problemas prácticos de ingeniería.

En la institución educativa responsable de la ejecución de la propuesta, se imparte un único curso de Mecánica de Materiales. El curso es obligatorio para los alumnos de tercer año de Ingeniería Civil, por lo cual se dicta a cientos de alumnos por ciclo, y se complementa con sesiones de laboratorio especializado. Además, según el sílabo del curso, su aprendizaje contribuye significativamente al desarrollo de dos competencias clave para enfrentar los retos complejos de la ingeniería moderna:

- *Solución de problemas*: La capacidad de identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.

- *Diseño en Ingeniería*: La capacidad de aplicar el diseño ingenieril para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas,

considerando la salud pública, la seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

Cabe señalar que el curso de la intervención incluye la unidad “Estado de esfuerzos multiaxial”, cuyo principal logro de aprendizaje es calcular los esfuerzos en planos arbitrarios, así como los esfuerzos principales y los ejes que los contienen, por los métodos analítico y gráfico. Sin embargo, como se detalla a continuación, los alumnos suelen presentar dificultades para aplicar adecuadamente la transformación de esfuerzos en la solución de problemas y el diseño en Ingeniería.

1.2.2. Problema identificado

En Ingeniería, es crucial visualizar el estado de esfuerzos en un punto y comprender la naturaleza y los efectos de su transformación (Okonkwo et al., 2015). Al respecto, el "Círculo de Mohr" es una construcción gráfica diseñada para facilitar la transformación de esfuerzos, deformaciones y momentos de inercia entre sistemas de coordenadas (Moller & Mokaddem, 2001). Esta herramienta implica una serie de pasos para crear un círculo paramétrico mediante técnicas de dibujo sencillas, que permite calcular valores aproximados de esfuerzos transformados e información adicional.

Sin embargo, pese a que los docentes suelen presentar el círculo de Mohr como una herramienta para facilitar la comprensión de la transformación de esfuerzos, aprender a construirlo e interpretarlo suele convertirse un desafío adicional para los alumnos (Moller & Mokaddem, 2001). En realidad, pese a la practicidad de la herramienta, los estudiantes a menudo pierden de vista su propósito pues se requiere bastante práctica para empezar a comprender la compacidad de la información que contiene.

Por lo general, los estudiantes suelen presentar dificultades para comprender las relaciones entre las cargas aplicadas sobre un objeto elástico y el estado de esfuerzos resultante, así como los esfuerzos transformados y principales en un punto específico dentro del objeto. Además, la transformación de esfuerzos y el

círculo de Mohr son temas particularmente difíciles de comprender cuando se enseñan mediante métodos tradicionales (Moller & Mokaddem, 2001). En ese sentido, es fundamental comprender las dificultades conceptuales que enfrentan los estudiantes con el círculo de Mohr para, según ello, adaptar los métodos de enseñanza (Woollacott & Van Der Merwe, 2017).

Al respecto, Moller y Mokaddem (2001) señalan varios aspectos de la transformación de esfuerzos que hacen que su aprendizaje sea un desafío:

- La identificación de la relación entre la carga en un miembro y el estado de esfuerzo en un punto específico implica determinar vectores de esfuerzo puntuales en hasta tres planos de sección. A algunos estudiantes les lleva todo un semestre dominar ello.
- Los ejes de esfuerzo en el círculo de Mohr frecuentemente se confunden con los ejes de coordenadas espaciales.
- La comprensión del tema depende de que el estudiante pueda percibir una 'rotación' imaginaria de un cubo infinitesimal mientras el miembro no rota.
- La posible aplicación del círculo de Mohr no se hace evidente hasta varias sesiones posteriores, cuando se cubren los criterios de fluencia y fractura.
- La falta de claridad con relación al motivo por el cual se necesitaría la misma información fundamental en un sistema de coordenadas diferente.

Con base en lo expuesto, el problema a ser tratado en esta propuesta de innovación se define como **la limitada habilidad de los alumnos de tercer año de la Carrera de ingeniería Civil de una universidad privada de Lima para comprender y aplicar adecuadamente el círculo de Mohr en la transformación de esfuerzos**. La Figura 1 muestra el árbol de problemas correspondiente.

Figura 1
Árbol de problemas



1.2.3. Justificación

En Ingeniería, el uso predominante de métodos de enseñanza tradicionales ha contribuido a una disminución del interés y la motivación de los estudiantes, lo que a su vez afecta su desempeño académico (Waskito et al., 2024). Si bien los estudiantes comprenden la importancia de la lectura y su impacto en sus calificaciones, muchos no leen ni utilizan sus libros de texto (Berry et al., 2010).

En línea con ello, los materiales de aprendizaje digital han ganado relevancia en los últimos años, ya que permiten aumentar el compromiso de los estudiantes con el contenido del curso (Pabst et al., 2023).

Por su parte, Pallares-Muñoz y Rodríguez-Calderón (2023) proponen que la transformación educativa basada en competencias y resultados de aprendizaje ha provocado un cambio en la forma de enseñar y evaluar. Los tiempos de enseñanza han disminuido en comparación con el aumento del tiempo de estudio independiente, lo que requiere el uso de herramientas tecnológicas educativas que apoyen el proceso de formación en el aula y el aprendizaje autónomo, especialmente en la era post-pandemia y en un contexto de cambios tecnológicos que imponen nuevas formas de enseñanza. Estas nuevas dinámicas han creado una necesidad urgente de desarrollar herramientas de enseñanza-aprendizaje que apoyen el trabajo autónomo del estudiante y los métodos de enseñanza mediados por tecnología.

Además, Waskito et al. (2024) destacan que el efecto post-pandemia de COVID-19 ha alterado el patrón de aprendizaje presencial, con un aumento desproporcionado de la implementación de aprendizaje a distancia como sustituto del proceso de enseñanza. Por lo tanto, existe una necesidad de innovación educativa en el aula que fomente un nuevo ambiente de aprendizaje a través de medios interactivos para desarrollar una instrucción que involucre activamente a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. En este sentido, la educación debe continuar desarrollando e introduciendo métodos más innovadores, interactivos y atractivos para mantener el interés y la motivación de los estudiantes y mejorar sus resultados de aprendizaje.

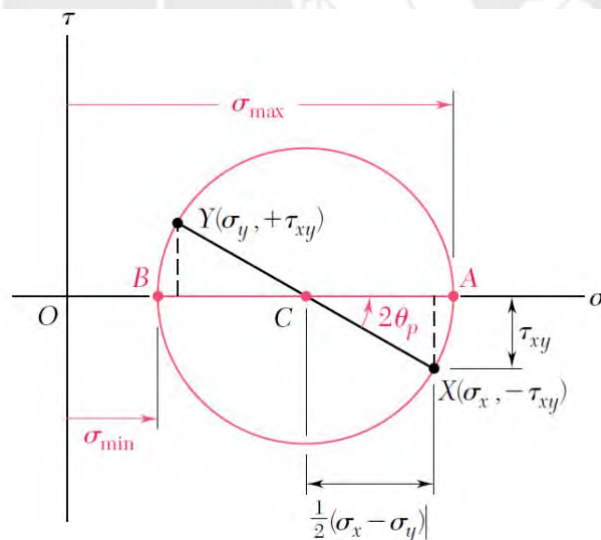
Entonces, más allá de simplemente proporcionar la información necesaria a los estudiantes, es imperativo que los docentes fomenten el pensamiento crítico (Pabst et al., 2023). En este contexto, las estrategias pedagógicas mediadas por herramientas tecnológicas de aprendizaje fortalecen la educación y consolidan resultados de aprendizaje de calidad en los estudiantes (Pallares-Muñoz & Rodríguez-Calderón, 2023). Debido a ello, la presente propuesta de innovación busca desarrollar una estrategia educativa que utilice el lenguaje de

programación como una herramienta para generar visualizaciones dinámicas, ejercicios interactivos y/o recursos multimedia. La mencionada estrategia se aboca a facilitar la comprensión conceptual y práctica del estado de esfuerzos en diversos planos de análisis, mejorando así la motivación y el compromiso de los estudiantes con el curso y, consecuentemente, su rendimiento académico.

1.3. Antecedentes

El "Círculo de Mohr" implica una serie de pasos para crear un círculo paramétrico mediante técnicas de dibujo sencillas, que permite calcular valores aproximados de esfuerzos transformados e información adicional (ver figura 2). Esta herramienta fue concebida para obtener soluciones gráficas, se basa en consideraciones geométricas simples y no requiere ecuaciones complejas (Beer et al., 2013).

Figura 2
Círculo de Mohr



Nota. De "Mecánica de Materiales, 6ta edición", por Beer et al., 2013

En los contextos educativos actuales, el círculo de Mohr sigue siendo una herramienta relevante en varios cursos de Ingeniería, incluida la Mecánica de materiales (Lee et al., 2014). Sin embargo, la práctica de trazarlo manualmente en papel milimetrado para resolver problemas de esfuerzos y deformaciones se percibe como obsoleta. Por lo tanto, es fundamental respaldar su enseñanza con

herramientas computacionales que faciliten su comprensión (Pallares-Muñoz & Rodríguez-Calderón, 2023). En ese sentido, en las últimas décadas ha surgido literatura sobre programas informáticos que pueden ser utilizados como herramientas para la enseñanza y el aprendizaje del círculo de Mohr. Por ejemplo:

- Moller y Mokaddem (2001) desarrollaron una herramienta de aprendizaje que combinaba una interfaz computacional con un objeto físico. Los estudiantes cargaban manualmente el objeto y observaban en tiempo real el estado de esfuerzos y el círculo de Mohr correspondiente. La herramienta proporcionaba retroalimentación visual, táctil y muscular, mejorando la comprensión del concepto. Los resultados mostraron que el uso de la herramienta completa aumentó la confianza de los estudiantes y su capacidad para ubicar correctamente el círculo de Mohr y calcular la máxima tensión cortante.
- Philpot et al. (2003) crearon dos módulos de software: uno para transformaciones de esfuerzos planos y otro para el círculo de Mohr de esfuerzo plano. Desarrollaron medios instruccionales basados en tecnología, como problemas animados, herramientas interactivas y juegos educativos. Estos recursos permitieron a los estudiantes practicar habilidades de resolución de problemas y visualizar conceptos complejos mediante gráficos avanzados y animaciones. Los resultados mostraron que el uso de los materiales interactivos mejoró el desempeño de los estudiantes.
- Lee et al. (2009) desarrollaron un programa en Visual Basic.NET para simular la transformación de tensiones planas. Aplicaron las ecuaciones de transformación de tensiones a problemas prácticos y mostraron los resultados visualmente, incorporando animaciones para observar el cambio de las tensiones planas. Este programa fue utilizado en cursos como Mecánica de Materiales y Álgebra Lineal, ayudando a los estudiantes a comprender conceptos clave como tensiones principales, el círculo de Mohr y vectores propios.

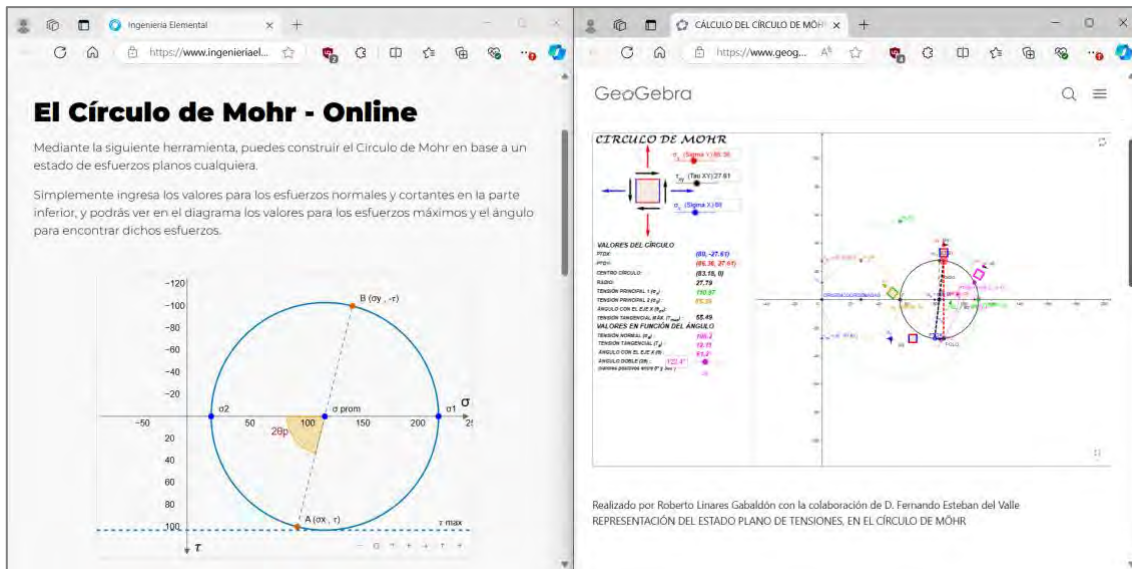
- Lee et al. (2014) propusieron un programa informático integrado en el análisis de elementos finitos VisualFEA para la enseñanza del círculo de Mohr. La herramienta se distinguió al utilizar datos reales de esfuerzos obtenidos mediante análisis de elementos finitos, en lugar de valores arbitrarios. Además, extendieron el análisis a modelos elasto-plásticos, permitiendo a los estudiantes aprender sobre criterios de fluencia y su aplicación práctica. Este enfoque facilitó la comprensión del círculo de Mohr y sus aplicaciones en situaciones reales.
- Okonkwo et al. (2015) desarrollaron un software para el cálculo de esfuerzos y el círculo de Mohr, que ayudaba a los estudiantes a visualizar el estado de esfuerzos en un punto y comprender la transformación de esfuerzos. El software, desarrollado en Java, mostraba cómo variaban los esfuerzos en materiales inclinados a diferentes ángulos y sujetos a cargas axiales. Utilizando el círculo de Mohr, el software facilitaba la visualización de la variación de los esfuerzos con el ángulo de inclinación.
- Wang et al. (2023) desarrollaron un software de e-learning utilizando tecnología de elementos finitos (FET) y C# para mejorar la enseñanza en el aula. Establecieron un modelo de concentración de esfuerzos y realizaron cálculos en un servidor, obteniendo datos como nefrógrafos de colores. Estos materiales digitales se integraron en el contenido de enseñanza existente, mejorando la calidad educativa. Los resultados mostraron que los recursos de enseñanza basados en FET ayudaron a los estudiantes a comprender conceptos complejos y aumentaron su motivación para aprender.

Sin embargo, estos programas no son fácilmente accesibles, lo que limita su uso común entre los estudiantes. Asimismo, las aplicaciones educativas para enseñar la mecánica de sólidos deformables son escasas y no hay software educativo (no comercial) que asista en el cálculo paso a paso de estos problemas. Por ejemplo, si bien existen herramientas en línea para la construcción del círculo de Mohr (ver figura 3), estas no ilustran la construcción

del estado de esfuerzos, desconectando los resultados numéricos de su significado físico. Asimismo, según Pallares-Muñoz y Rodríguez-Calderón (2023), muchas aplicaciones recientes están solo en inglés y/o presentan dificultades de usabilidad.

Figura 3

Páginas web con recursos tecnológicos para la construcción del círculo de Mohr



1.4. Fundamentación teórica

En esta sección se presenta y discute la posibilidad de utilizar el lenguaje de programación para el desarrollo de recursos tecnológicos adaptables a las necesidades pedagógicas de un curso. Para ello, primero, se presenta qué es un recurso tecnológico educativo y se expone criterios relevantes para su incorporación exitosa en los proyectos de innovación educativa. Luego, se presenta el lenguaje de programación, su evolución y cronología, así como su diversidad y clasificaciones. Después, se presenta el lenguaje de programación Python, sus características y las librerías más relevantes para el desarrollo de programas “personalizados” de acuerdo con las necesidades pedagógicas de sus creadores. Finalmente, se presenta el uso del lenguaje de programación en contextos educativos, haciendo énfasis en los lenguajes sugeridos para usuarios poco experimentados.

1.4.1. Recursos tecnológicos educativos

Según Del Valle y Luque (2020), un recurso tecnológico educativo es “un medio que hace uso de la tecnología con la intención de lograr un fin explícitamente educativo, considerando el contexto de enseñanza/aprendizaje específico” (p.12). Considerando la amplitud del concepto, los recursos tecnológicos son bastante diversos y están en constante evolución: almacenamiento en la nube, aplicativos para apuntes y notas, audios o podcast, animaciones, bibliotecas virtuales, blogs, chat, correo electrónico, e-portafolios, gestores de referencias, inteligencia artificial, juegos, lectores de RSS, libros y revistas digitales, MOOCs, organizadores gráficos, plataformas virtuales, presentadores, realidad aumentada, redes sociales, pizarras digitales, sitios web, traductores, videoconferencias, videos, wikis, entre otros.

Al respecto, Suleiman et al. (2020) enfatizan las múltiples ventajas de los recursos tecnológicos, específicamente de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), para el aprendizaje:

- Pueden funcionar como una herramienta motivadora. Los educadores pueden (y deberían) aprovechar la curiosidad, el entusiasmo y el interés que los estudiantes muestran por la tecnología ya que, por ejemplo, el internet proporciona oportunidades de aprendizaje adicionales al aula de clase.
- Pueden fomentar el aprendizaje colaborativo, promover la discusión y crear un aula más interactiva. Por ejemplo, un foro de discusión, o inclusive una lista de correos electrónicos (LISTSERV), permite a los alumnos participar en intercambios de ideas en formas distintas a lo que se podría dentro de los límites físicos del aula.
- Permiten la comunicación geográficamente extendida. Los estudiantes pueden unirse a proyectos colaborativos que involucren a alumnos de diferentes ciudades, países e, inclusive, continentes. En ese sentido, el

internet contribuye a experiencias de aprendizaje únicas e innovadoras, ya que el mundo entero se convierte en una gran comunidad.

- Permiten la colaboración en investigación. Hoy en día, la investigación colaborativa entre investigadores de distintos continentes es posible. Esto enriquece los resultados de los trabajos de investigación con robustez, frescura y diversidad de ideas, opiniones y perspectivas, que pueden ampliar las fronteras del conocimiento global.
- Permiten la digitalización de procesos asociados a la educación. Como parte del impulso hacia una economía verde, las instituciones de educación superior han adoptado la digitalización como una práctica global recomendada. Actualmente, los procesos de admisión a las instituciones de educación superior se realizan en línea, incluyendo pagos, registro, confirmación de aceptación y publicación de información para los interesados. Además, los canales de comunicación electrónicos proporcionan beneficios de rapidez, facilidad y ahorro de tiempo.
- Permiten las conferencias virtuales. La educación superior se beneficia de las e-conferencias, ya que estas permiten los encuentros, las entrevistas y el aprendizaje a distancia. Más aún, la contratación electrónica y la gestión de recursos humanos electrónicos en instituciones educativas son posibles gracias a los recursos tecnológicos.
- Tienen gran variedad. Las herramientas de E-Learning (incluyendo la Web 2.0) son muy diversas ya que incluyen recursos en línea, herramientas, software y plataformas que permiten la enseñanza y el aprendizaje tanto dentro como fuera del aula.

Precisamente, debido a su diversidad, los recursos tecnológicos educativos pueden utilizarse e integrarse de distintas maneras, aprovechando sus diferentes niveles de eficiencia y maximizando sus ventajas (Del Valle y Luque, 2020). En ese sentido, el éxito de la integración de un recurso tecnológico no solo depende de la calidad o modernidad del recurso utilizado, sino también depende de

factores relacionados, como la infraestructura disponible, la capacitación docente, la gestión institucional, los criterios psicopedagógicos y la cultura digital predominante, entre varios otros.

Al respecto, la Dirección General de Ordenación e Innovación Educativa del Gobierno de Canarias, España (2010) señala que la planificación, el desarrollo y/o la implementación de proyectos con TIC en entidades educativas debe, inicialmente, contextualizarse. Para ello, debe considerarse las características sociales, económicas y culturales del alumnado (e inclusive sus familias); la trayectoria y la existencia de proyectos de innovación previos relacionados con las TIC; las características del profesorado, incluyendo su nivel de competencia y/o disposición hacia la integración de las TIC; los medios tecnológicos y la situación económica-financiera de la institución. Inclusive, en los proyectos que requieren la adquisición de equipos nuevos, se debe considerar el espacio necesario para incorporarlos y las medidas de seguridad pertinentes para protegerlos.

Por su parte, Harris y Hoffer (2009), citados por Del Valle y Luque (2020), describen cinco pasos para el diseño de propuestas de innovación educativa con recursos tecnológicos:

- Definir los objetivos de enseñanza-aprendizaje, en términos de conceptos y competencias ligadas al contenido disciplinar. Cabe señalar que debe considerarse los recursos tecnológicos como herramientas y que el objetivo no debe ser lograr su manejo, a menos que se trate de una competencia a desarrollar desde el punto de vista disciplinar (Ejemplo: el manejo de microscopios digitales para reconocer estructuras celulares).
- Definir y/o seleccionar las estrategias de enseñanza-aprendizaje a realizar durante el desarrollo de la propuesta de innovación, enfocándose en estrategias generales en lugar de actividades puntuales. Como ejemplos, se puede mencionar los siguientes: invitar a los alumnos/público objetivo a comprometerse con la tarea que se va a realizar, guiar o no las actividades de los estudiantes/público objetivo en todo momento, recoger

saberes previos, decidir los criterios y momentos de evaluación, entre otros.

- Diseñar y/o seleccionar las actividades de aprendizaje a realizar durante el desarrollo de la propuesta de innovación, avocándose a las actividades que permitirán alcanzar los objetivos propuestos. De esta manera, se recurre a la tecnología como aliado, soporte y complemento que maximice las posibilidades educativas. Como ejemplos, se pueden mencionar las líneas de tiempo (recurso de gran valor para disciplinas como las ciencias sociales) y los simuladores (para disciplinas como la biología, aunque no excluyentes a otras áreas como en el caso de las líneas de tiempo y otros recursos).
- Seleccionar las estrategias de evaluación, considerando que una adecuada evaluación permite tener referencias del avance de los estudiantes/público objetivo en la adquisición de los aprendizajes. Cabe señalar que las estrategias seleccionadas deben ser congruentes con los tipos de actividades de aprendizaje planteadas previamente. Además, se debe considerar incluir autoevaluaciones y herramientas que favorezcan la metacognición en el público objetivo.
- Seleccionar y articular los recursos tecnológicos para las actividades, es decir seleccionar el recurso TIC específico y definir la forma en la que este se articulará con cada actividad. Al respecto, es necesario reflexionar críticamente sobre las posibilidades y limitaciones que cada recurso conlleva en cada uno de los contextos planteados. En otras palabras, se debe considerar las características del público objetivo y contexto, los recursos tecnológicos disponibles, y otras limitaciones más específicas como el acceso a internet.

Adicionalmente, Barroso y Cabero (2013), también citados por Del Valle y Luque (2020), proponen un paso adicional en el desarrollo de propuestas de innovación con recursos tecnológicos:

- Seleccionar una o más técnicas para la evaluación de los recursos tecnológicos utilizados en la propuesta. Al respecto, se propone el uso de cualquiera de cuestionarios y las escalas de opinión y valoración, listas de control, las entrevistas, las pruebas de saberes previos, la observación, la grabación en video, las escalas de actitudes, juicio de expertos, grupos de discusión, diseño técnico de los programas, portfolio, entre otros.

En realidad, en la actualidad, existe una gran cantidad de herramientas y recursos tecnológicos disponibles en la web (Del Valle & Luque, 2020), pero estos no siempre se adecúan a los logros de aprendizaje del curso y/o a las necesidades pedagógicas del docente. En ese sentido, se propone utilizar el lenguaje de programación como una herramienta para desarrollar recursos tecnológicos educativos personalizados, según las necesidades y/o requerimientos del curso y del docente, siempre con la finalidad de potenciar el aprendizaje de los alumnos. De esta manera, al integrar estrategias de enseñanza aprendizaje que integren los recursos desarrollados, se busca fomentar habilidades de resolución de problemas, pensamiento crítico y auto regulación entre los estudiantes. De esta manera, el lenguaje de programación se convierte en una valiosa herramienta pedagógica para potenciar el aprendizaje y la adquisición de competencias necesarias en el contexto educativo contemporáneo.

1.4.2. Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje artificial diseñado para comunicar instrucciones a una computadora y, además, se puede utilizar para crear programas que controlen su comportamiento y/o para expresar algoritmos (Ari & Mamatnazarova, 2014). Asimismo, es un conjunto de reglas y sintaxis que permite a los programadores dar instrucciones a una computadora para realizar tareas específicas, facilitando la creación de software, aplicaciones y sistemas que ejecutan las instrucciones definidas en el código (Cimas, 2020). Además, es un programa destinado a la construcción de otros programas informáticos, está compuesto por símbolos y reglas sintácticas y semánticas, se expresa en forma de instrucciones y relaciones lógicas, y permite construir el código fuente de una

aplicación o pieza de software determinado (Raffino, 2023).

1.4.2.1. Evolución y cronología

Según Chowdhary (2013), los lenguajes de programación han existido por más de 200 años, desde la invención del telar de Jacquard programable por tarjetas perforadas. Si bien lo desarrollado en aquel entonces no era un lenguaje de programación en el sentido moderno, pues no había computación ni lógica, inició una cadena de eventos que eventualmente llevaría a la Máquina Analítica de Charles Babbage, y a la construcción del primer programa de computadora por Ada Lovelace en 1842. Casi un siglo después, en la década de 1940, se desarrolló el lenguaje ensamblador específico de máquinas, el cual es probablemente el primer lenguaje de programación legible por humanos.

Al respecto, Cimas (2020) señala lo siguiente:

Los primeros lenguajes de programación eran extremadamente rudimentarios, conocidos como lenguajes de máquina. Estos lenguajes estaban formados por secuencias de ceros y unos (binario) que las computadoras podían entender directamente. Aunque ofrecían un control absoluto sobre el hardware, programar en estos lenguajes era extremadamente complicado y propenso a errores humanos, ya que incluso las tareas más simples requerían líneas de código muy extensas y difíciles de leer.

Para facilitar el trabajo de los programadores, surgieron los lenguajes ensambladores, que utilizaban códigos abreviados más comprensibles para representar instrucciones de máquina. Aunque los ensambladores simplificaban el proceso de programación, seguían estando muy cercanos al hardware.

Según Chowdhary (2013), el primer lenguaje de programación moderno nació en la década de 1950 bajo el nombre de FORTRAN (FORMula TRANslation). En los años siguientes, aparecieron COBOL (COMmon Business Oriented Language), LISP (LIST Processing language) y ALGOL (ALGORithmic Language). Casi todos los lenguajes de hoy en día derivan de uno de estos cuatro primeros lenguajes y, además, FORTRAN, LISP y COBOL siguen siendo utilizados por un gran número de instituciones, y muchas de sus aplicaciones aún están en funcionamiento y reciben mantenimiento.

Más adelante, según Mohindroo (2023), la década de 1970 vio el desarrollo de

lenguajes como C y Pascal, que se usaron para escribir sistemas operativos y aplicaciones. En la década de 1980, se creó el primer lenguaje orientado a objetos, Smalltalk, que permitió a los desarrolladores crear código reutilizable y se utilizó para interfaces gráficas de usuario. La década de 1990 presencié el desarrollo de lenguajes de scripting como Perl y Python, que se usaron para el desarrollo web. A principios de la década de 2000, lenguajes como Ruby y PHP se volvieron populares para el desarrollo web. Hoy en día, lenguajes de programación como Java, C++, Python y JavaScript son ampliamente utilizados para diversas aplicaciones.

A continuación, la tabla 1 resume la presentación cronológica de los lenguajes de programación populares de la actualidad:

Tabla 1

Cronología de los lenguajes de programación

Año	Lenguaje de programación	Descripción
1957	FORTRAN	Los desarrolladores fueron John Backus e IBM. Fue diseñado para cálculos numéricos y computación científica. El software para las sondas Voyager-1 y Voyager-2 de la NASA fue originalmente escrito en FORTRAN 5.
1958	ALGOL	Fue la fase inicial de los lenguajes de programación más populares como C, C++ y JAVA. También fue el primer lenguaje en implementar la función anidada y tiene una sintaxis más simple que FORTRAN. Fue el primer lenguaje en tener un bloque de código como "begin" que indica que tu programa ha comenzado y "end" que significa que has terminado tu código.
1959	COBOL	En 1997, el 80% de los negocios del mundo funcionaban con COBOL. El Servicio de Impuestos Internos de EE. UU. tuvo que recurrir a COBOL para su archivo maestro individual (IMF) para procesar los decenas de millones de pagos mandados por la ley de alivio económico por coronavirus.
1964	BASIC	Significa Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code. En 1991, Microsoft lanzó Visual Basic, una versión actualizada de BASIC. La primera versión de microcomputadora de BASIC fue coescrita por Bill Gates, Paul Allen y Monte Davidoff para su recién formada compañía, Microsoft.
1972	C	Es un lenguaje de programación de propósito general y procedural, y el lenguaje de programación más popular hasta ahora. Todo el código que anteriormente estaba escrito en lenguaje ensamblador fue reemplazado por el lenguaje C, incluyendo sistemas operativos, núcleos y muchas otras aplicaciones. Se puede utilizar en la implementación de sistemas operativos, sistemas embebidos y también en la web utilizando la Interfaz de Puerta Común (CGI). C es la madre de casi todos los lenguajes de programación de alto nivel como C#, D, Go, Java, JavaScript, Limbo, LPC, Perl, PHP, Python y el shell C de Unix.

Año	Lenguaje de programación	Descripción
1972	SQL	SQL fue desarrollado en IBM por Donald D. Chamberlin y Raymond F. Boyce. Su nombre anterior era SEQUEL (Structured English Query Language).
1978	MATLAB	Significa MATrix LABoratory. Se utiliza para la manipulación de matrices, la implementación de algoritmos y la creación de interfaces de usuario.
1983	Objective-C, C++	C++ es el lenguaje de programación de alto nivel más rápido. Anteriormente, Apple Inc. utilizaba Objective-C para crear aplicaciones.
1990	Haskell	Es un lenguaje de programación puramente funcional.
1991	Python	El lenguaje es muy fácil de entender. Es famoso entre científicos de datos y analistas.
1995	JAVA, PHP, JavaScript	JAVA está en todas partes. JAVA es un lenguaje independiente de la plataforma. PHP es un lenguaje de scripting utilizado principalmente en programación web para conectar bases de datos. JavaScript permite páginas web interactivas. JS es el lenguaje de programación más popular y es famoso por la creación de aplicaciones web, ya que hace que nuestras páginas sean interactivas.
2000	C#	C# (C-sharp) se utiliza principalmente para hacer juegos. El motor Unity utiliza C# para crear juegos increíbles para todas las plataformas.
2009	GO	El lenguaje GO fue desarrollado en Google por Robert Griesemer, Rob Pike y Ken Thompson.
2011	Kotlin	Kotlin fue desarrollado por JetBrains. Se utiliza para crear aplicaciones para Android.
2014	Swift	El lenguaje Swift fue desarrollado por Apple Inc. Es un lenguaje de programación de propósito general.

Nota: Adaptado de *The Evolution of Programming Languages*, por Geeks for geeks, 2022 (<https://www.geeksforgeeks.org/the-evolution-of-programming-languages/>)

1.4.2.2. Diversidad y clasificaciones

Se ha generado y documentado más de 2000 lenguajes de programación diferentes en la World Wide Web (Kaplan, 2010). La diversidad de lenguajes de programación refleja la amplia gama de necesidades, enfoques y contextos en los que se aplica la programación, pues cada lenguaje ofrece diferentes características y beneficios que pueden ser más adecuados para determinadas tareas. En ese sentido, su clasificación es necesaria para entender las características y aplicaciones de los diferentes lenguajes de programación en el desarrollo de software.

Según Volpe (2020), existen diversas clasificaciones para los lenguajes de programación, cada una basada en diferentes criterios que reflejan su funcionamiento y propósito:

- *Por Compilación:* Los lenguajes pueden ser compilados, donde el código fuente se traduce a lenguaje máquina antes de ser ejecutado (ej. Java, C++, C#), o interpretados, donde un intérprete traduce el código en tiempo real durante la ejecución (ej. JavaScript, PHP, Python).
- *Por Paradigma:* Los paradigmas de programación determinan cómo se resuelven los problemas. Los lenguajes multiparadigma permiten programar de diferentes maneras (ej. Python, PHP, JavaScript). En la programación orientada a objetos (POO), se organizan los datos y comportamientos en objetos (ej. Java, C++, C#). La programación funcional se enfoca en el uso de funciones para realizar tareas específicas (ej. Haskell, Elixir). Por último, la programación reactiva responde a cambios en flujos de datos (como en aplicaciones de chat).
- *Por Propósito:* Se distinguen entre lenguajes de propósito general, que pueden abordar múltiples problemas (ej. Java, Python), y lenguajes de propósito específico (DSL), diseñados para tareas concretas (ej. SQL para bases de datos).
- *Por Tipado:* Los lenguajes también se clasifican según su manejo de tipos de datos. Los lenguajes tipados requieren que se especifiquen los tipos de datos (ej. C++, Java), mientras que los lenguajes no tipados permiten que el tipo se reconozca automáticamente, lo que puede generar errores inesperados (ej. JavaScript, Python).
- *Por Nivel de Abstracción:* Esta clasificación se basa en la cercanía al hardware. Los lenguajes de alto nivel son más cercanos al lenguaje humano y se utilizan para desarrollar software sin preocuparse por el hardware (ej. PHP, JavaScript). En contraste, los lenguajes de bajo nivel ofrecen control detallado sobre el hardware y son utilizados para crear sistemas operativos y controladores (ej. lenguaje ensamblador).

Cabe señalar que, con respecto a la clasificación por nivel de abstracción,

Raffino (2023) sostiene que es la clasificación más comúnmente aceptada para los lenguajes de programación pues se basa en su versatilidad y la define de la siguiente manera:

- *Lenguajes de bajo nivel:* Se refiere a lenguajes de programación que están diseñados para un hardware específico. Si bien este tipo de lenguaje maximiza su funcionalidad con respecto al sistema para el que fue diseñado, no puede migrarse o exportarse a otros computadores, es decir no aplica para ningún otro hardware.
- *Lenguajes de alto nivel:* Se refiere a lenguajes de programación que aspiran a ser más universales. Debido a ello, pueden emplearse indistintamente de la arquitectura del hardware, es decir, puede migrarse o exportarse a diversos tipos de sistemas. En este nivel, se diferencian los lenguajes de propósito general y de propósito específico.
- *Lenguajes de nivel medios:* Se refiere a lenguajes de programación ubicados en un nivel intermedio entre los dos anteriores. Por un lado, permiten operaciones de alto nivel y, por otro lado, la gestión local de la arquitectura del sistema. Cabe señalar que, según el autor, este término no siempre es aceptado.

1.4.3. Lenguaje Python

Según DataScientist (2024), el lenguaje Python fue creado en 1989 por Guido Van Rossum, un científico informático neerlandés, quien quería mejorar el lenguaje de programación ABC, utilizado principalmente con fines educativos. El objetivo del autor era crear un lenguaje de programación que fuera fácil de leer, escribir y mantener, pero a la vez poderoso y flexible. Además, según la web, el nombre del lenguaje de programación "Python" se debe a la *troupe* de comedia británica Monty Python, a la cual admiraba.

Por su parte, Novotny (2022) define a Python como un lenguaje de programación de *alto nivel* caracterizado por su legibilidad y claridad, utilizando nombres de

variables significativos y una sintaxis comprensible, lo que permite a los desarrolladores centrarse en resolver problemas sin necesidad de entender el sistema operativo subyacente. Asimismo, propone que, a diferencia de otros lenguajes, Python es versátil y se puede utilizar en diversos contextos, gracias a su naturaleza de lenguaje de *propósito general*. Además, según el autor, este lenguaje soporta la *programación orientada a objetos (OOP)*, aunque no obliga a su uso, permitiendo también la programación imperativa o procedural. Además, define a Python como un lenguaje *interpretado*, lo que significa que los desarrolladores pueden ejecutar el código inmediatamente sin necesidad de compilación previa, a diferencia de lenguajes como C/C++. Finalmente, caracteriza este lenguaje como *dinámicamente tipado*, lo que permite que las variables cambien de tipo en tiempo de ejecución, y sus programas son independientes de la plataforma, ya que se ejecutan en cualquier entorno que cuente con la Máquina Virtual de Python (PVM).

Hoy en día, diversos autores coinciden en que Python se ha convertido en uno de los lenguajes de programación más relevantes y de más rápido crecimiento en el mundo debido a sus múltiples beneficios. Según Gavrilova (2023), Python es el segundo lenguaje de programación más popular del mundo; según *DataScientist* (2024), es el lenguaje de programación preferido por muchas empresas y proyectos, particularmente en los campos de la ciencia de datos, la inteligencia artificial y el desarrollo web; y, según Basel (2024), algunas de las empresas más grandes del mundo, como Google, Facebook, Microsoft, Spotify, Instagram y Uber, utilizan Python para diversos propósitos, alimentando sus plataformas con este lenguaje.

Al respecto, Python Software Foundation (s.f.) sostiene que el enfoque de Python en la legibilidad del código reduce los costos de mantenimiento, y que su soporte para módulos y paquetes promueve la reutilización del código. Con lo cual, los programadores valoran la rapidez del ciclo de edición-prueba-depuración, así como la facilidad para depurar, ya que los errores generan excepciones en lugar de fallos de segmentación. Todo lo anterior, junto con la disponibilidad gratuita del intérprete y la extensa librería estándar, contribuye a su amplia adopción en diversas aplicaciones.

A continuación, se presenta un resumen de las características definidas por *Canadian Agency* (2024) para este lenguaje de programación:

- *Sintaxis limpia.* La sintaxis limpia de Python facilita su uso, permitiendo a los desarrolladores centrarse en la resolución de problemas en lugar de lidiar con complejidades. Utiliza palabras clave intuitivas que se asemejan al lenguaje natural y minimiza la puntuación innecesaria, resultando en un código más claro y conciso.
- *Simplicidad y legibilidad.* La simplicidad y legibilidad de Python hacen que el código sea fácil de entender y escribir. El uso de indentación para definir bloques de código proporciona una estructura visual clara, lo que reduce la carga cognitiva y favorece tanto la colaboración en equipo como el aprendizaje de nuevos programadores.
- *Amigable para prototipos.* La simplicidad de Python lo convierte en una excelente opción para la creación de prototipos y el desarrollo rápido. Permite a los desarrolladores convertir ideas en prototipos funcionales de manera ágil, fomentando la creatividad y la innovación.
- *Múltiples librerías y frameworks.* Una de las mayores fortalezas de Python es su vasto ecosistema de librerías y frameworks, que abarcan áreas como desarrollo web y análisis de datos. Estas herramientas permiten a los desarrolladores ahorrar tiempo y enfocarse en los desafíos específicos de sus proyectos.
- *Eficiente para desarrollo rápido.* Las variadas librerías de Python y su sintaxis clara permiten escribir código de manera rápida y eficiente, acelerando el proceso de desarrollo y reduciendo el tiempo de lanzamiento de proyectos, lo que permite a los desarrolladores centrarse en la funcionalidad principal.

- *Amplia gama de aplicaciones.* Python se aplica en múltiples dominios, desde el desarrollo web con frameworks como Django y Flask, hasta el análisis de datos con librerías como NumPy y pandas. También es clave en inteligencia artificial y aprendizaje automático, gracias a librerías como TensorFlow, convirtiéndolo en una herramienta valiosa para diversas industrias.
- *Código abierto y gratuito.* Como lenguaje de código abierto, Python es accesible para todos, lo que ha impulsado su adopción. Su naturaleza colaborativa fomenta la innovación, permitiendo a los desarrolladores contribuir y compartir mejoras dentro de la comunidad.
- *Embebible.* Python se puede integrar fácilmente en aplicaciones escritas en otros lenguajes como C/C++, brindando flexibilidad y permitiendo añadir capacidades de scripting y personalización sin necesidad de reescribir grandes porciones de código.
- *Versatilidad y flexibilidad.* La versatilidad de Python permite su uso en diversas tareas, desde desarrollo web hasta análisis de datos e inteligencia artificial. Al admitir múltiples paradigmas de programación, los desarrolladores pueden elegir el enfoque más adecuado y cambiar entre ellos de manera fluida.

Además, *Canadian Agency* (2024) enfatiza que Python cuenta con una comunidad activa que no solo contribuye a su desarrollo y mejora continua, sino que también ofrece abundante soporte a través de foros y documentación. Esto garantiza que el lenguaje esté siempre actualizado y seguro, enriqueciendo el conocimiento colectivo del ecosistema. Su sintaxis directa y abstracciones de alto nivel lo hacen accesible para principiantes, permitiendo que los nuevos programadores comprendan conceptos complejos rápidamente y desarrollen confianza a medida que aprenden y empiezan a escribir código significativo.

1.4.4. Relevancia en los procesos de enseñanza-aprendizaje

El uso de lenguajes de programación en la educación ha cobrado relevancia en las últimas décadas, ya que permite a los estudiantes desarrollar habilidades lógicas, analíticas y computacionales. Según Ristic et al. (2016), numerosas instituciones educativas en el mundo han integrado la enseñanza de lenguajes de programación en sus currículos, priorizando aquellos orientados a objetos, como C++, Java y C#. Para que un lenguaje de programación sea adecuado en contextos educativos, los autores señalan que debe cumplir con ciertos criterios fundamentales:

- El lenguaje de programación y el entorno de desarrollo que se utilice deben incluir conceptos y estructuras básicas de programación.
- El lenguaje de programación debe presentar los nuevos conceptos de programación y desarrollar las habilidades necesarias para la programación.
- La estructura del lenguaje de programación debe satisfacer los requisitos modernos de programación. En otras palabras, los principios básicos aprendidos deben permitir aprender otro lenguaje de programación más rápidamente.
- La sintaxis del lenguaje de programación debe ser lo más simple posible para que el programa escrito sea fácil de leer y entender.
- Los problemas relacionados con la gestión de memoria deben considerarse muy importantes para el aprendizaje de estructuras de datos dinámicas.

Por otro lado, McPeak (2017) argumenta que la elección de un lenguaje de programación para el aprendizaje depende de los proyectos que se desean desarrollar, las oportunidades laborales y el nivel de dificultad que el estudiante esté dispuesto a afrontar. En este sentido, la autora sugiere cinco lenguajes adecuados para principiantes: Python, C#, Java, JavaScript y Ruby. Entre ellos, Python destaca por su facilidad de uso, legibilidad y aplicabilidad en diversas áreas, como el desarrollo web, la automatización y la computación científica, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2*Lenguajes de programación sugeridos para principiantes*

Lenguaje de programación	Descripción
Python	Python es un lenguaje de programación recomendado por su facilidad de uso y su naturaleza divertida para aprender. Se caracteriza por su legibilidad y simplicidad, lo que permite a los principiantes obtener conocimientos básicos de prácticas de codificación sin preocuparse excesivamente por detalles sintácticos. Es ideal para el desarrollo web, interfaces gráficas y desarrollo de software, y ha sido utilizado en aplicaciones populares como Instagram, YouTube y Spotify.
C# (C-sharp)	C# (C-sharp) es un lenguaje de programación de propósito general y procedural que se considera una excelente opción como primer lenguaje debido a su amplia aplicación en otros lenguajes de programación. Aprender C facilita la transición a lenguajes como C++ y C#. Este lenguaje, que opera a un nivel más cercano a la máquina, es útil para comprender el funcionamiento de las computadoras y es una opción excepcional para quienes buscan convertirse en programadores expertos.
Java	Java es un lenguaje de programación orientado a objetos y rico en características, desarrollado bajo el principio de "Escribir una vez, ejecutar en cualquier lugar". Esto permite que las aplicaciones escritas en Java funcionen en múltiples plataformas. Es altamente demandado en el mercado laboral y se utiliza para el desarrollo de aplicaciones móviles, especialmente en Android. Aunque puede no ser tan fácil de aprender como Python, sigue siendo relativamente amigable para principiantes.
JavaScript	JavaScript es un lenguaje extremadamente popular utilizado en el desarrollo web, ya que muchos sitios como Twitter, Gmail y Facebook dependen de él. Es esencial para añadir interactividad a las páginas web y se utiliza en el desarrollo front-end y back-end. JavaScript se ejecuta en los navegadores, lo que lo hace fácil de comenzar a usar, aunque puede requerir pruebas adicionales debido a su interpretación variable entre navegadores.
Ruby	Ruby es similar a Python en que es uno de los lenguajes más fáciles de leer para quienes no tienen experiencia previa en programación. Ofrece una multitud de librerías y herramientas útiles. Ruby es conocido por su framework Ruby on Rails, que es popular entre startups y soluciones empresariales. Sin embargo, puede enfrentar desafíos de escalabilidad y rendimiento en sistemas grandes, y las oportunidades laborales a menudo están ligadas al aprendizaje de Ruby on Rails.

Nota: Adaptado de *What's the Best Programming Language to Learn First? It Depends*, por A. McPeak, 2017 (<https://smartbear.com/blog/best-programming-language-to-learn-first/>)

El potencial de Python en la educación es ampliamente reconocido. Según DataScientist (2024), su ecosistema de librerías versátiles facilita la resolución de problemas complejos en diversas disciplinas. En particular, Python permite a docentes y estudiantes abordar proyectos de análisis de datos, simulaciones científicas y desarrollo de aplicaciones educativas de manera accesible y eficiente.

Existen múltiples estudios que demuestran la eficacia de Python en el

aprendizaje. Ochkov et al. (2023) señalan que el lenguaje ha sido utilizado en estrategias que potencian la comprensión de conceptos complejos. Entre sus aplicaciones destacan:

- Desarrollo de aplicaciones web interactivas que permiten la visualización de experimentos y cálculos en tiempo real.
- Implementación de herramientas y bibliotecas que facilitan la división de problemas en subproblemas manejables.
- Creación de entornos gamificados que fomentan la participación y la competencia entre estudiantes.
- Publicación de aplicaciones desarrolladas por los propios estudiantes, incentivando el aprendizaje autónomo y la innovación.

Dado su potencial, este trabajo de tesis sostiene que la incorporación de Python en el proceso educativo facilitaría el aprendizaje de conceptos complejos y fomentaría el desarrollo de soluciones innovadoras. Su sintaxis sencilla, su legibilidad y su aplicabilidad en diversas disciplinas lo convierten en una herramienta poderosa tanto para docentes como para estudiantes. Así, el presente trabajo busca explorar sus aplicaciones y evidenciar sus beneficios en contextos educativos, contribuyendo a la implementación de estrategias de enseñanza más efectivas y accesibles.

1.5. Objetivos y metas

1.5.1. Objetivo general

- Contribuir al desarrollo de las competencias de Solución de Problemas y Diseño en Ingeniería entre los alumnos de un curso de Mecánica de Materiales de una universidad privada de Lima, mediante un recurso tecnológico educativo desarrollado con el lenguaje de programación Python.

1.5.2. Objetivos específicos

- Elaborar un recurso educativo en lenguaje de programación Python que permita la visualización de la transformación de esfuerzos entre sistemas de ejes coordenados.
- Desarrollar una experiencia piloto que implemente estrategias de enseñanza aprendizaje que integren el recurso tecnológico educativo elaborado, entre los estudiantes de un curso Mecánica de Materiales de una universidad privada de Lima.
- Validar la experiencia piloto evaluando el efecto de la implementación de estrategias de enseñanza aprendizaje que integren el uso de la tecnología en el rendimiento académico y el nivel de satisfacción de los estudiantes de Ingeniería Civil en una universidad privada de Lima.

1.5.3. Metas de la propuesta

- *Metas de ocupación:* 01 programador, analista de datos, o similar con experiencia básica en el lenguaje de programación Python.
- *Metas de capacitación:* 08 docentes y 06 jefes de prácticas del curso Mecánica de Materiales, capacitados en el uso del recurso tecnológico educativo (programa) elaborado.
- *Metas de implementación:* 02 sesiones de capacitación para los docentes y jefes de prácticas en el uso del programa elaborado; 51 sesiones de teoría del curso Mecánica de Materiales, 03 en cada sección, intervenidas con el uso del programa; 34 sesiones de práctica del curso Mecánica de Materiales, 02 en cada sección, intervenidas con el uso del programa.
- *Metas de producción:* 01 programa desarrollado en lenguaje de programación Python; 03 separatas, de 03 páginas cada una, con la secuencia didáctica para cada sesión a cargo del docente; 02 separatas,

de 03 páginas cada una, con la secuencia didáctica para cada sesión a cargo del jefe de prácticas; 50 separatas de 05 páginas cada una, con las actividades de aprendizaje sugeridas para el estudio individual de los alumnos.

1.6. Estrategias y actividades por realizar

1.6.1. Fases que comprende la propuesta educativa

Se propone que la implementación de la propuesta de innovación tenga una duración total de diez meses y comprenda un total de seis etapas o fases, tal como se detalla a continuación:

Fase 1: Presentación y coordinación

En esta fase, se planifica el adecuado desarrollo de la propuesta de innovación educativa y se desarrollan las acciones necesarias para ello. Primero, se conforma un equipo de trabajo responsable de liderar y llevar a cabo la propuesta. Luego, el mencionado equipo elabora y sustenta un análisis financiero de la propuesta a las autoridades universitarias pertinentes, con la finalidad de lograr su comprensión, apoyo y participación. Para ello, es importante evidenciar la problemática existente y/o los beneficios derivados de la posible implementación de la propuesta para los procesos de enseñanza aprendizaje de los estudiantes. Cabe señalar que, si bien un proyecto de innovación puede ser financiado de muchas maneras, es indispensable contar con la autorización necesaria para materializar cualquier propuesta.

Considerando lo anterior, los principales entregables de esta fase son los siguientes:

- Alcance, objetivos y beneficios de la propuesta.
- Cronograma de actividades e hitos de la propuesta.
- Responsabilidades y funciones asignadas a cada miembro del equipo.
- Metas de implementación.

- Contrato de locación de servicios.
- Presupuesto y/o Caso de Negocio.
- Resolución o autorización de las autoridades.
- Modalidad y fecha de entrega de informe final.

Fase 2: Diseño de estrategias de enseñanza aprendizaje

En esta fase, se definen las estrategias de enseñanza aprendizaje para las actividades síncronas y asíncronas que conforman la propuesta de innovación docente. Para ello, se definen los encargados de cada uno de los ámbitos de la propuesta (sesiones a cargo del docente, a cargo del jefe de práctica, trabajo autónomo, y evaluaciones) y, además, se definen estrategias de comunicación para garantizar una adecuada sinergia entre las diversas estrategias planteadas. Además, en forma paralela, se definen las funcionalidades que debe tener el recurso tecnológico educativo, a fin de maximizar el efecto de las estrategias de enseñanza aprendizaje, y se elabora y gestiona el contrato para su desarrollo.

Cabe señalar que, si bien la propuesta de innovación integra el desarrollo y uso de un recurso tecnológico educativo, la tecnología no debe condicionar o limitar la elección de las estrategias de enseñanza aprendizaje. En ese sentido, primero, se debe discutir las necesidades pedagógicas de los estudiantes y de los docentes y, después, evaluar la posibilidad y/o la forma de incorporar la tecnología para potenciar el aprendizaje de los estudiantes.

Considerando lo anterior, los principales entregables de esta fase son los siguientes:

- Selección de estrategias de enseñanza aprendizaje, integrando un recurso tecnológico educativo, para cada sesión síncrona.
- Selección de estrategias de enseñanza aprendizaje, integrando un recurso tecnológico educativo, para el trabajo asíncrono.
- Calendario de sesiones de clase síncronas, de espacio de trabajo autónomo, y de evaluaciones.

- Contrato o acuerdo para la elaboración y personalización del programa en lenguaje de programación Python.

Fase 3: Construcción de recursos educativos

En esta fase, se desarrollan los materiales didácticos, el recurso tecnológico educativo y los instrumentos de evaluación necesarios para la implementación de la propuesta de innovación. Por una parte, se desarrolla materiales sugeridos para las actividades de aprendizaje a cargo del docente y a cargo del jefe de prácticas, procurando una adecuada sinergia entre ellas. Asimismo, se desarrolla una guía didáctica para las actividades de aprendizaje autónomo, siempre buscando involucrar al estudiante en su aprendizaje de forma activa. Por otra parte, se desarrolla el recurso tecnológico en lenguaje de programación Python de acuerdo con las necesidades pedagógicas de las actividades de aprendizaje. Además, se desarrollan los instrumentos de evaluación para medir el efecto de la intervención y se prepara material de sensibilización y capacitación para los docentes y jefes de práctica participantes.

Cabe señalar que, como parte del proceso de elaboración, los recursos educativos son compartidos preliminarmente con los docentes y jefes de práctica, a fin de recibir su retroalimentación. Esta presentación permite la familiarización de los participantes con las funcionalidades del programa y, además, brinda un espacio para el recojo de sugerencias a fin de maximizar los beneficios derivados de la incorporación del programa en las actividades de aprendizaje del curso. De esta manera, el recurso tecnológico educativo se personaliza aún más, con la expectativa de contribuir a desarrollar las competencias asociadas al curso y, en particular, al aprendizaje de la unidad intervenida.

Considerando lo anterior, los principales entregables de esta fase son los siguientes:

- Guías didácticas que integren el uso del recurso tecnológico desarrollado en las sesiones síncronas de docentes y de jefes de práctica.

- Guía didáctica que integre el uso del recurso tecnológico en el trabajo autónomo de los estudiantes.
- Programa ejecutable (.exe) desarrollado en lenguaje de programación Python.
- Enunciado de evaluación escrita (práctica calificada).
- Encuestas de opinión para estudiantes.
- Materiales para sensibilización y capacitación de docentes y jefes de práctica.

Fase 4: Ejecución de estrategias de enseñanza aprendizaje

En esta fase, se desarrollan todas las actividades síncronas y asíncronas que conforman la implementación de la propuesta de innovación. Primero, se realiza la sensibilización, capacitación y entrega de los recursos desarrollados (programa ejecutable y guías didácticas) a los docentes y jefes de práctica participantes en la propuesta de innovación educativa. Después, se implementa las estrategias de enseñanza aprendizaje, integrando el uso del recurso tecnológico educativo desarrollado, en las sesiones de clase a cargo del docente y en las sesiones a cargo del jefe de práctica. En ambos casos, el recurso tecnológico educativo es usado para facilitar el aprendizaje e incrementar el interés y la motivación de los alumnos. Finalmente, se entrega el recurso tecnológico y una guía de actividades de aprendizaje autónomo a los estudiantes, a fin de que puedan utilizarlos para reforzar y profundizar su aprendizaje de forma asíncrona.

Cabe señalar que el compromiso de docentes y jefes de práctica es indispensable, a fin de tener su participación activa e incrementar las posibilidades de éxito de la propuesta. En ese sentido, es importante escuchar, respetar y (en lo posible) incorporar las sugerencias y solicitudes de los docentes y jefes de práctica participantes.

Considerando lo anterior, el principal entregable de esta fase es el siguiente:

- Resultados de encuestas de opinión.

Fase 5: Evaluación de efectos inmediatos

En esta fase, se evalúa el efecto de la propuesta de innovación educativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por un lado, se evalúa el rendimiento académico de los alumnos de las secciones intervenidas a través de un instrumento de evaluación tradicional (una práctica calificada escrita). Por otro lado, se evalúa la satisfacción general de los alumnos intervenidos mediante las respuestas a los cuestionarios de opinión. La revisión y análisis de los resultados permite evaluar el efecto de la intervención en el desarrollo de las competencias propias de la Ingeniería Civil entre los estudiantes de una universidad privada de Lima.

Considerando lo anterior, los principales entregables de esta fase son los siguientes:

- Resultados de práctica calificada.
- Análisis de resultados de encuestas de opinión y prácticas calificadas.

Fase 6: Difusión de resultados con las autoridades competentes

En esta fase, se presentan y comparten los resultados obtenidos a partir de la implementación de la propuesta de innovación educativa. Se elabora un informe final que recopila los hallazgos más relevantes, incluyendo el impacto en el aprendizaje de los estudiantes, la percepción de los docentes y alumnos, así como las oportunidades de mejora identificadas. Este informe es difundido entre dos grupos clave: los docentes de la carrera y las autoridades universitarias pertinentes.

Por un lado, la difusión entre los docentes busca dar a conocer los logros alcanzados con la implementación del recurso tecnológico educativo, motivándolos a adoptar estrategias similares en sus propias sesiones de clase. Además, se promueve el intercambio de experiencias y buenas prácticas en el uso de herramientas digitales para la enseñanza de la Ingeniería Civil. Por otro lado, la presentación a las autoridades tiene el objetivo de evidenciar los

beneficios de la propuesta y sustentar la viabilidad de su escalamiento. Se espera que, a partir de estos resultados, la universidad pueda considerar la implementación de recursos tecnológicos educativos (propios) en otros cursos donde su aplicación sea pertinente.

Considerando lo anterior, el principal entregable de esta fase es el siguiente:

- Informe final con los resultados y análisis de la implementación.

1.6.2. Recursos Humanos

Con la finalidad de implementar la propuesta de innovación educativa, se requiere de un equipo que estará compuesto por:

- Líder de innovación, quien se encarga de la gestión de la propuesta, preocupándose por cada actividad de inicio a fin.
- Equipo de implementación, quienes se encargan de las tareas necesarias para llevar a cabo la propuesta de innovación en cada una de sus fases. Además, brindan apoyo al Líder de Innovación y contribuyen proactivamente en el diseño e implementación de la propuesta. El rol se encarga a un grupo de 03 docentes con más de 05 años de experiencia dictando el curso y 02 jefes de práctica con más de 01 año de experiencia dictando el curso.
- Programador, analista de datos, o docente con experiencia básica en programación, quien se encarga del desarrollo del código en lenguaje de programación Python (fase 3), considerando las funcionalidades necesarias para las estrategias y actividades de aprendizaje que forman la propuesta de innovación.
- Equipo de ejecución, quienes se encargan de implementar el uso pedagógico del recurso tecnológico educativo desarrollado en las

sesiones de clase síncronas (fase 4). El rol se encarga a todos los docentes y jefes de práctica que dictan el curso.

A continuación, la Tabla 3 presenta los roles y responsabilidades de los agentes de cambio en cada una de las fases de la propuesta.

Tabla 3
Roles y responsabilidades por fase

Fase	Agente de cambio	Responsabilidades
Presentación	Líder de innovación	Conforma el equipo de trabajo. Coordina reuniones con autoridades. Supervisa el desarrollo del análisis financiero y el caso de negocio. Gestiona la autorización de la propuesta. Documenta el proceso y las decisiones.
	Equipo de implementación	Elabora y sustenta el análisis financiero ante las autoridades. Define el alcance, objetivos y beneficios de la propuesta. Diseña el cronograma de actividades.
Diseño	Líder de innovación	Monitorea y evalúa la planificación de la implementación. Documenta el proceso y las decisiones. Supervisa la contratación del programador.
	Equipo de implementación	Diseña estrategias de enseñanza (síncronas y asíncronas). Define los medios de evaluación. Elabora el calendario de sesiones. Coordina estrategias de comunicación.
Construcción	Líder de innovación	Supervisa el desarrollo del recurso tecnológico y la elaboración de materiales. Valida los recursos educativos. Documenta el proceso y las decisiones.
	Programador	Desarrolla el programa en Python según los requerimientos pedagógicos. Corrige errores e incorpora sugerencias.
	Equipo de implementación	Verifica funcionalidades del programa. Elabora guías didácticas e instrumentos de evaluación. Diseña materiales de sensibilización y capacitación para docentes y jefes de práctica.
Ejecución	Líder de innovación	Supervisa la ejecución de la propuesta. Evalúa la eficiencia de la capacitación a docentes y jefes de práctica. Documenta el proceso.
	Equipo de implementación	Monitorea la implementación en las sesiones. Brinda soporte ante consultas y dificultades.
	Equipo de ejecución	Implementa las estrategias de enseñanza en el aula. Aplica el recurso tecnológico en sesiones síncronas. Recoge respuestas en encuestas de opinión.
Evaluación	Líder de innovación	Supervisa la aplicación de evaluaciones. Realiza la síntesis de resultados. Documenta el proceso.
	Equipo de implementación	Evalúa los resultados de pruebas escritas y encuestas de opinión. Analiza el rendimiento académico y la satisfacción de los estudiantes.
Difusión	Líder de innovación	Supervisa la elaboración de reportes finales. Presenta los resultados a autoridades y docentes. Gestiona la posibilidad de escalamiento del proyecto.
	Equipo de implementación	Participa en la difusión de los resultados entre docentes y autoridades.

1.6.3. Monitoreo y evaluación

La evaluación de una propuesta de innovación educativa debería realizarse considerando una visión integral del proceso y sus resultados (Orihuela, 2022). En línea con ello, se propone el monitoreo y la evaluación constantes a lo largo de toda la intervención, a fin de procurar un uso eficiente de la tecnología. Para ello, se encarga y hace responsable de las acciones de monitoreo y evaluación al líder de la innovación, quien debe considerar los siguientes puntos:

Fase 1:

- Avance y definición de la planificación de la propuesta.
- Avance y definición de la estructura de la propuesta.
- Avance del análisis financiero y entrega del Caso de Negocio.
- Aprobación de la propuesta por parte de las autoridades pertinentes.

Fase 2:

- Avance y definición de la planificación base de la implementación.
- Eficiencia de las estrategias de comunicación.
- Avance y selección de las estrategias de enseñanza aprendizaje.
- Contratación de 01 programador, analista de datos o similar para el desarrollo del recurso tecnológico.
- Avance y selección de los medios de evaluación.

Fase 3:

- Avance y definición de la planificación detallada de la implementación.
- Avance y definición del cronograma de sesiones síncronas y asíncronas.
- Avance y diseño de las actividades de aprendizaje y de los instrumentos de evaluación.
- Avance, desarrollo y adecuación de los recursos educativos.

Fase 4:

- Eficiencia de la sensibilización y capacitación a docentes y jefes de práctica.

- Entrega puntual y completa de recursos educativos elaborados.
- Desarrollo adecuado de sesiones síncronas y de trabajo autónomo.
- Aplicación y recolección de respuestas a encuestas de opinión.

Fase 5:

- Aplicación, calificación y devolución de evaluaciones escritas.
- Avance y finalización de análisis de rendimiento académico de los estudiantes.
- Avance y finalización de análisis de satisfacción de los estudiantes.
- Avance y elaboración de reportes finales.

Fase 6:

- Presentación de resultados a docentes y autoridades universitarias.
- Identificación de oportunidades de mejora y recomendaciones para escalamiento.
- Elaboración de propuestas de continuidad o expansión de la iniciativa.

En todo momento, el líder de innovación es responsable de identificar oportunidades de mejora y, en caso fuere necesario, realizar ajustes en la propuesta de innovación con la finalidad de potenciar el desarrollo de las competencias deseadas entre los estudiantes.

1.6.4. Riesgos y/o posibles contingencias

Uno de los principales desafíos para la implementación de la propuesta de innovación es la resistencia al cambio por parte de docentes y estudiantes, quienes pueden estar acostumbrados a métodos tradicionales de enseñanza y aprendizaje. La adopción de herramientas digitales requiere una capacitación adecuada y una disposición favorable hacia el uso de tecnología en el aula. Si no se garantiza un acompañamiento pedagógico adecuado, existe el riesgo de que la herramienta no sea utilizada de manera efectiva o que se perciba como una carga adicional en lugar de un recurso de apoyo.

Otro riesgo importante es la dependencia de la infraestructura tecnológica. La correcta implementación del software requiere equipos con las especificaciones adecuadas, acceso a internet y conocimientos básicos de programación. En entornos con limitaciones tecnológicas, la falta de acceso a estos recursos podría dificultar la integración de la herramienta en el curso de Mecánica de Materiales. Para mitigar este riesgo, se debe considerar el desarrollo de un programa ligero y contar con un plan de mantenimiento y actualización del programa para evitar problemas de compatibilidad y garantizar su funcionamiento a largo plazo.

1.6.5. Factores de viabilidad, sostenibilidad y sustentabilidad

Garantizar la viabilidad, sostenibilidad y sustentabilidad de una propuesta educativa resulta fundamental para un impacto verdadero a largo plazo. Al respecto, según Suárez-Díaz (2024), “la viabilidad de una propuesta está asociada a su sustentabilidad y sostenibilidad” (p.61). Sin embargo, es importante aclarar que los tres términos no son sinónimos.

Según Suárez-Díaz (2024), una propuesta de innovación es viable cuando puede llevarse a cabo con éxito, considerando aspectos técnicos, políticos, jurídicos, económicos y socio culturales. Por otro lado, la sostenibilidad de una iniciativa se refiere a que esta pueda continuar después del financiamiento inicial, lo que requiere fortalecer capacidades y recursos tanto de los beneficiarios como de las entidades responsables. Finalmente, la sustentabilidad hace referencia a la coexistencia armónica del hombre con el medio ambiente,

- Viabilidad.

La propuesta de innovación está alineada con la visión y misión de la universidad privada en la que se plantea, lo que le otorga viabilidad a nivel institucional. Según su página web, la institución se distingue por su compromiso con la mejora educativa, promoviendo un modelo de enseñanza que integra activamente tecnología, metodologías activas y un enfoque en la gestión del conocimiento. Además, su modelo educativo fomenta la participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje a través de debates, trabajo

colaborativo, estudio de casos reales y el uso de herramientas digitales avanzadas. En este contexto, la propuesta no solo responde a los lineamientos institucionales, sino que también complementa y fortalece las estrategias pedagógicas de la universidad, asegurando su implementación y continuidad.

- **Sostenibilidad.**

Con respecto a la propuesta de innovación, se identifican las siguientes fortalezas dentro de la propuesta de innovación para lograr su sostenibilidad:

- *Bajo costo de mantenimiento:* La inversión inicial de la propuesta se destinaría principalmente al desarrollo del recurso tecnológico y a la creación de las guías didácticas acompañantes. Sin embargo, el costo de mantenimiento de la herramienta es prácticamente nulo, ya que los conceptos tratados, como la transformación de esfuerzos y el Círculo de Mohr, son atemporales y no requieren actualizaciones constantes. Esto hace que los materiales educativos asociados no necesiten modificaciones periódicas, lo que aseguraría un uso eficiente de los recursos a lo largo del tiempo.

- *Uso de código abierto:* El desarrollo del recurso tecnológico se propone bajo el modelo de código abierto, lo que facilitaría su adaptación y personalización para distintos contextos educativos. Al estar disponible en GitHub, cualquier usuario o institución educativa podría modificar el código según sus necesidades específicas, lo que asegura una rápida adaptación a cambios en el currículo o en las demandas del entorno académico. Esta flexibilidad hace que la herramienta sea fácilmente escalable, permitiendo su implementación en diferentes programas de estudio sin necesidad de nuevas inversiones significativas.

- **Sustentabilidad.**

La sustentabilidad de esta propuesta se basa en su impacto mínimo sobre el medioambiente al aprovechar herramientas digitales en lugar de materiales

físicos. Al sustituir el uso de papel y otros recursos tradicionales en la enseñanza del Círculo de Mohr, se reduce el consumo de materiales impresos y se fomenta un aprendizaje más ecológico. Además, la implementación del programa "Mohr-cito.exe" en plataformas digitales permite su distribución sin generar residuos ni requerir infraestructura adicional que incremente la huella ambiental. De este modo, la propuesta contribuye a un modelo educativo más sustentable, alineado con el uso responsable de los recursos y la reducción del impacto ambiental en la formación académica.

1.7. Presupuesto

En la Tabla 4 se presentan los conceptos necesarios para la implementación de la propuesta de innovación y sus correspondientes montos en soles peruanos (PEN). Si bien existen conceptos que se desarrollaran con fondos propios durante la experiencia piloto, se detallan todos los costos asociados a la materialización y/o réplica de la propuesta de innovación en otros conceptos.

Tabla 4

Presupuesto de la propuesta de innovación

Concepto	Unidad	Meses	P. Unit.	Monto
Recursos Humanos				
Líder de innovación	Mensual	10	1000	10000
Equipo de implementación (Docente 01)	Mensual	10	500	5000
Equipo de implementación (Docente 02)	Mensual	10	500	5000
Equipo de implementación (Docente 03)	Mensual	10	500	5000
Equipo de implementación (Jefe de práctica 01)	Mensual	10	300	3000
Equipo de implementación (Jefe de práctica 02)	Mensual	10	300	3000
Programador	Mensual	02	2000	4000
Equipos				
Impresora a color	Unidad	01	600	600
Materiales				
Útiles de oficina	Global	01	1000	1000
			TOTAL	36600

Python es un lenguaje de programación de código abierto, lo que permite a los usuarios descargarlo, utilizarlo, modificarlo y distribuirlo de manera gratuita. Esta característica fue una de las principales razones por las que se eligió este

lenguaje de programación para la propuesta de innovación, y precisamente por ello no se ha considerado en el presupuesto.

1.8. Cronograma

Un cronograma define las fases y tiempos de ejecución del proyecto y, además, proporciona una guía clara y estructurada para la puesta en práctica de las estrategias y actividades propuestas, asegurando un desarrollo ordenado y eficiente. Al seguir un plan temporal, facilita el seguimiento y la evaluación del progreso de la innovación, garantizando que cada fase se complete de acuerdo con los plazos establecidos. A continuación, la Tabla 5 presenta el cronograma de la propuesta de innovación educativa.



Tabla 5

Cronograma de la propuesta de innovación

Propuesta de Innovación Educativa	Duración	Inicio	Fin	Predecesor	Feb.		Mar.				Abr.					May.				Jun.							
					S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4		
Fase 1: Presentación y coordinación																											
1.1 Planificación de la propuesta	5 días	05/02/24	09/02/24																								
1.2 Formación del equipo de implementación de la propuesta	2 días	05/02/24	06/02/24																								
1.3 Definición de estructura de la propuesta																											
1.3.1 Alcance, objetivos y beneficios	3 días	07/02/24	09/02/24	1.2																							
1.3.2 Cronograma de actividades e hitos	3 días	12/02/24	14/02/24	1.3.1																							
1.3.3 Responsabilidades y funciones del equipo	3 días	12/02/24	14/02/24	1.3.1																							
1.3.4 Metas de implementación	2 días	15/02/24	16/02/24	1.3.3																							
1.4 Análisis financiero de la propuesta																											
1.4.1 Estimación de costos	2 días	19/02/24	20/02/24	1.3.4																							
1.4.2 Preparación de contrato de servicios del equipo	2 días	19/02/24	20/02/24	1.3.4																							
1.4.3 Preparación y sustentación de propuesta o Caso de Negocio	3 días	21/02/24	23/02/24	1.4.1; 1.4.2																							
1.4.4 Aprobación de autoridades universitarias	5 días	26/02/24	01/03/24	1.4.3																							
Fase 2: Diseño de estrategias de enseñanza aprendizaje																											
2.1 Planificación base de la implementación	5 días	04/03/24	08/03/24	1.4.4																							
2.2 Definición de estrategias de comunicación	2 días	07/03/24	08/03/24	1.4.4																							
2.3 Definición de estrategias de enseñanza aprendizaje																											
2.3.1 Diseño de estrategias a cargo del docente	20 días	11/03/24	05/04/24	2.1																							
2.3.2 Diseño de estrategias a cargo del jefe de práctica	20 días	11/03/24	05/04/24	2.1																							
2.3.3 Diseño de estrategias a cargo del alumno	20 días	08/04/24	03/05/24	2.3.1; 2.3.2																							
2.4 Gestión de contrato para desarrollo de recursos																											
2.4.1 Definición de funcionalidades de recurso tecnológico educativo	10 días	06/05/24	17/05/24	2.3																							
2.4.2 Convocatoria y desarrollo de entrevistas	10 días	20/05/24	31/05/24	2.4.1																							
2.4.3 Firma de contrato	2 días	30/05/24	31/05/24	2.4.1																							
2.5 Definición de medios de evaluación	40 días	11/03/24	03/05/24	2.1																							

(Continúa en la siguiente página)

CAPITULO II: INFORME DE EJECUCIÓN DE LA EXPERIENCIA PILOTO

En este capítulo se describe la planificación, la ejecución y los resultados de la experiencia piloto desarrollada como parte del trabajo de tesis. En la planificación, se presentan la experiencia piloto, sus objetivos y la estrategia operativa para alcanzarlos, los mecanismos seleccionados para evaluar sus efectos y los instrumentos de recolección de datos especialmente desarrollados para ello. En la ejecución, se detallan las acciones realizadas en cada fase o etapa de la experiencia piloto y en los resultados, se presenta y analiza la información recolectada durante la etapa de ejecución, a fin de validar y mejorar la propuesta de innovación.

2.1. Planificación de la experiencia piloto

En esta sección se presenta la información necesaria para comprender, ejecutar y evaluar la experiencia piloto. Primero, se presenta la descripción general y los objetivos de la intervención, haciendo énfasis en diferenciar el objetivo general de los objetivos específicos. Luego, se detalla la estrategia operativa, es decir, la secuencia de acciones necesarias para conseguir los objetivos propuestos. Finalmente, se describen los mecanismos de evaluación seleccionados y los instrumentos de recolección de datos elaborados con la finalidad de evaluar los efectos inmediatos de la intervención.

2.1.1. Descripción general

La experiencia piloto se centró en desarrollar el programa ejecutable *Mohrcito.exe*, utilizando el lenguaje de programación Python, e implementar su uso pedagógico en la unidad de aprendizaje “Estado de esfuerzos multiaxial” perteneciente al curso Mecánica de Materiales de la Carrera de Ingeniería Civil, en una universidad privada de Lima. El ámbito de intervención se limitó a una única sección del curso, es decir un único grupo de alumnos, con el objetivo de validar su efectividad y, posteriormente, extenderla a todas las demás secciones

del curso. Al respecto, la ejecución de la experiencia piloto es esencial para identificar oportunidades de mejora o corregir debilidades que puedan afectar las probabilidades de éxito de la propuesta (Van Teijlingen y Hundley, 2002, como se cita en Orihuela, 2022). Asimismo, se espera que la experiencia piloto, junto con sus resultados, brinde confianza a los demás docentes y estudiantes de las diversas secciones del curso para que, en su momento, participen activamente en la ejecución de la propuesta de innovación.

2.1.2. Objetivos

La definición de objetivos es fundamental para el éxito de cualquier proyecto. Según Alonso (2024), los objetivos generales representan metas amplias que se esperan alcanzar al finalizar el proyecto, mientras que los objetivos específicos son metas concretas y detalladas que deben cumplirse para lograr el objetivo general. En ese sentido, a continuación, se definen el objetivo general y los objetivos específicos de la experiencia piloto, con la finalidad de tener una dirección clara sobre lo que se desea alcanzar y cómo se llevará a cabo.

Objetivo general:

- Validar la efectividad de las estrategias de enseñanza, que incorporan un programa elaborado en Python, para el aprendizaje de la transformación de esfuerzos en sólidos deformables, entre los estudiantes de un curso de Ingeniería Civil de una universidad privada de Lima.

Objetivos específicos:

- Diseñar estrategias de enseñanza aprendizaje que integren un programa desarrollado en Python en la enseñanza de la unidad “Estado de esfuerzos multiaxial” del curso Mecánica de Materiales de la Carrera de Ingeniería Civil.
- Desarrollar los recursos educativos necesarios para implementar las actividades de enseñanza aprendizaje en la unidad “Estado de esfuerzos

multiaxial” del curso Mecánica de Materiales de la Carrera de Ingeniería Civil.

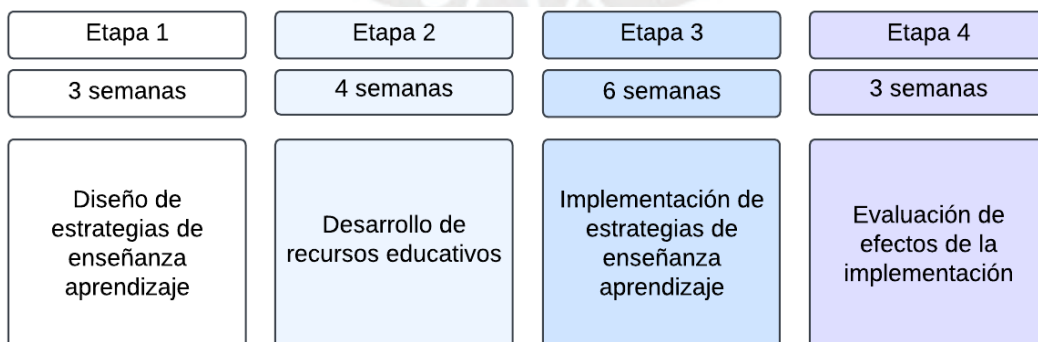
- Ejecutar las estrategias de enseñanza aprendizaje que incorporan el programa desarrollado en Python entre los estudiantes de Ingeniería Civil en una universidad privada de Lima.
- Evaluar el efecto de la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje que integran el programa desarrollado en Python en los resultados académicos y el nivel de satisfacción de los estudiantes de Ingeniería Civil en una universidad privada de Lima.

2.1.3. Estrategia operativa

Según Conexión Esan (2023), una estrategia operativa consiste en un plan cuyo objetivo es mejorar la competitividad de un negocio a largo plazo. Si bien la experiencia piloto no es un modelo de negocios, el concepto puede expandirse para considerar la estrategia operativa como un plan para garantizar el adecuado logro de los objetivos planteados. En ese sentido, se propuso un total de cuatro etapas, cada una abocada al logro de un objetivo específico de la experiencia piloto (Figura 4).

Figura 4

Estrategia operativa de la experiencia piloto



Etapa 1: Diseño de estrategias de enseñanza aprendizaje

(Duración estimada: 03 semanas)

Se definieron los objetivos de enseñanza aprendizaje y las estrategias y actividades adecuadas para alcanzarlos. Se eligieron las metodologías a emplear, considerando que las actividades de aprendizaje deben ser coherentes con los logros de aprendizaje señalados en el sílabo. Además, se definió el uso de los recursos tecnológicos, los cuales debían servir como herramientas y no como objetivos en sí mismos. Finalmente, se planteó la estrategia de evaluación, priorizando las evaluaciones escritas sin dejar de fomentar el aprendizaje autónomo.

Etapa 2: Desarrollo de recursos educativos

(Duración estimada: 04 semanas)

Se desarrollaron los recursos educativos necesarios para la realización de la experiencia piloto. Por un lado, se desarrolló el programa *Mohr-cito* en el lenguaje de programación Python, con el objetivo de apoyar a los estudiantes en la construcción del estado de esfuerzos plano y, además, en la resolución de problemas relacionados con la transformación de esfuerzos. Por otro lado, se desarrollaron guías de enseñanza para docentes y guías de estudio para estudiantes, con la finalidad de integrar el programa desarrollado de forma pedagógica. Cabe señalar que los recursos se desarrollaron de manera paralela, pues el programa debía ajustarse a las necesidades pedagógicas del curso y las guías podían adecuarse para maximizar la eficacia de la herramienta. De esta manera, se pretendió potenciar el aprendizaje de los estudiantes mediante un uso eficiente de la tecnología.

Etapa 3: Ejecución de estrategias de enseñanza aprendizaje

(Duración estimada: 06 semanas)

Se seleccionó un docente participante dispuesto a colaborar y que comprenda el propósito de la experiencia y, luego, se desarrollaron las actividades de aprendizaje, síncronas y asíncronas, en una sección a su cargo. Se consideró

que el docente participante podría ofrecer retroalimentación pertinente sobre cómo mejorar las estrategias de enseñanza aprendizaje y los recursos educativos desarrollados; y, posteriormente, sobre cómo mejorar la propuesta de innovación educativa. Luego, se desarrollaron sesiones de clase síncronas siguiendo la estructura propuesta en las guías de enseñanza para docentes y se invitó a los estudiantes a complementar su aprendizaje con las actividades de aprendizaje autónomo indicadas en las guías de estudio para estudiantes.

Etapa 4: Evaluación de efectos de la ejecución

(Duración estimada: 03 semanas)

Se evaluó el impacto y la efectividad de la experiencia piloto, buscando identificar áreas de mejora en las estrategias de enseñanza aprendizaje y en los recursos educativos desarrollados. Además, se evaluó las posibilidades de optimizar la propuesta didáctica, expandiendo las funcionalidades del programa *Mohr-cito* e incrementando las opciones de ejercicios prácticos en las guías de didácticas. Además, se reflexionó sobre las posibles dificultades para escalar el proyecto, como la limitación de tiempo de los docentes, la destreza tecnológica requerida, la disrupción en las estrategias de enseñanza tradicionales y la percepción de reducción de tiempo efectivo de clase.

2.1.4. Mecanismos de evaluación

Según Hutchinson (2023), medir el impacto del aprendizaje es fundamental para que los docentes tomen decisiones informadas y optimicen sus intervenciones. En ese sentido, plantea que las observaciones y evaluaciones permiten medir la aplicación de nuevas habilidades en contextos reales o simulados, mediante ejercicios prácticos o estudios de caso. Además, propone que las encuestas y entrevistas realizadas después de una intervención permiten obtener información sobre los cambios en el comportamiento, las actitudes y los conocimientos de los estudiantes, lo que facilita la identificación del impacto inmediato del aprendizaje.

Con base en lo anterior, se propuso utilizar una evaluación escrita con ejercicios

prácticos y, además, encuestas de satisfacción para evaluar los efectos inmediatos de la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje incorporando el programa *Mohr-cito* en los estudiantes. Por una parte, según el sílabo, la segunda práctica calificada del curso debía evidenciar los logros de aprendizaje de la unidad seleccionada, por lo cual esta evaluación escrita se consideró adecuada para evaluar el efecto de la intervención en los resultados académicos de los estudiantes. Por otro lado, se propuso realizar dos encuestas, una después de finalizar las sesiones de clases síncronas y otra después de finalizar el período destinado al trabajo autónomo, para medir el efecto de la intervención en la satisfacción de los estudiantes.

Cabe señalar que también se evaluó la experiencia piloto a través de las lecciones aprendidas durante su desarrollo. De esta manera, se puede identificar áreas de mejora y abordarlas antes de expandirla, asegurando que la propuesta de innovación educativa cumpla con sus objetivos. Según se observó, se puede ajustar los recursos desarrollados a las necesidades pedagógicas identificadas, tanto de docentes como de estudiantes, con la finalidad de promover un aprendizaje más efectivo y alineado con los objetivos educativos planteados.

2.1.5. Instrumentos de recolección de datos

Por una parte, según el sílabo de Mecánica de Materiales, la segunda práctica calificada del curso debe evidenciar los logros de aprendizaje de la unidad intervenida (“Estado multiaxial de esfuerzos”) y de una unidad no intervenida (“Deflexión en vigas”). En línea con ello, se elaboró un instrumento de evaluación que incluyó 02 ejercicios prácticos que abordaban los logros de aprendizaje de la unidad intervenida y 01 ejercicio práctico relacionado con la unidad no intervenida. La Tabla 6 muestra los niveles de calificación establecidos para evaluar la solución paso a paso de cada uno de los ejercicios propuestos.

Tabla 6*Niveles de logro de aprendizaje*

Nivel	Descripción	Puntaje
Sobresaliente	El estudiante desarrolla el procedimiento adecuado y obtiene la respuesta correcta sin errores conceptuales ni errores operativos.	100%
Logrado	El estudiante desarrolla el procedimiento adecuado sin errores conceptuales, pero no obtiene la respuesta correcta debido a errores menores (mayormente operativos).	70%
En proceso	El estudiante intenta desarrollar un procedimiento de solución, pero no es el adecuado y/o presenta errores conceptuales.	35%
No iniciado	El estudiante no inicia o desarrolla un procedimiento de solución y/o no proporciona una respuesta coherente.	0%

Por otra parte, se desarrollaron dos encuestas para evaluar el nivel de satisfacción de los estudiantes. La primera encuesta tuvo como objetivo evaluar la satisfacción de los estudiantes con respecto a la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje que incorporan al programa *Mohr-cito* durante las clases sesiones de clase y fue diseñada para aplicarse al finalizar la última sesión intervenida. La estructura de preguntas de la encuesta se muestra en la Tabla 7 y el formulario completo de la encuesta se presenta en el anexo N°1.

Tabla 7*Secciones y preguntas de la encuesta N°1*

Sección	Preguntas
Consentimiento informado	La participación en esta encuesta es voluntaria y toda la información se tratará de manera confidencial, sin identificar individualmente a nadie en los resultados. ¿Aceptas que tus respuestas sean utilizadas con fines académicos?
Satisfacción general	¿Cómo calificarías las sesiones de clase con la incorporación del programa Mohr-cito (en general)? ¿Cómo calificarías la presentación de la teoría? ¿Cómo calificarías los ejercicios prácticos?
Motivación de los alumnos	¿Qué tanto ha aumentado tu interés en el curso después de las sesiones de clase con la incorporación del programa Mohr-cito? ¿Qué tan motivado/a te sientes para seguir aprendiendo sobre transformaciones de esfuerzo y el círculo de Mohr?
Utilidad del programa	¿Qué tan útil te resultó el programa Mohr-cito para verificar los resultados de los ejercicios prácticos? ¿Hubo algún aspecto del programa que encontraste particularmente útil o confuso?

Sección	Preguntas
Sugerencias y comentarios	¿Qué mejorarías de las sesiones de clase? ¿Tienes alguna sugerencia para futuras actividades?

La segunda encuesta tuvo como objetivo evaluar la satisfacción de los estudiantes con respecto a la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje que incorporan al programa *Mohr-cito* en las actividades de aprendizaje autónomo y fue diseñada para aplicarse al concluir el periodo de tiempo destinado al trabajo autónomo. La estructura de preguntas de la encuesta se muestra en la Tabla 8 y el formulario completo de la encuesta se presenta en el anexo N°2.

Tabla 8

Secciones y preguntas de la encuesta N°2

Sección	Preguntas
Consentimiento informado	La participación en esta encuesta es voluntaria y toda la información se tratará de manera confidencial, sin identificar individualmente a nadie en los resultados. ¿Aceptas que tus respuestas sean utilizadas con fines académicos?
Satisfacción general	¿Cómo calificarías el trabajo autónomo con la incorporación del programa <i>Mohr-cito</i> (en general)? ¿Cómo calificarías la presentación de la guía didáctica? ¿Qué tanto ha influido la incorporación del programa <i>Mohr-cito</i> en tu aprendizaje del curso?
Motivación de los alumnos	¿Qué tanto ha aumentado tu interés en el curso después del trabajo autónomo con la incorporación del programa <i>Mohr-cito</i> ? ¿Qué tan motivado/a te sientes para seguir aprendiendo sobre transformaciones de esfuerzo y el círculo de <i>Mohr</i> ?
Utilidad del programa	¿Qué tan útil te resultó el programa <i>Mohr-cito</i> para responder las preguntas complementarias a los ejercicios prácticos? ¿Hubo algún aspecto del programa que encontraste particularmente útil o confuso?
Sugerencias y comentarios	¿Qué mejorarías en la guía de actividades? ¿Tienes algún comentario adicional sobre tu experiencia?

Con base en la planificación, se espera que los resultados obtenidos de los instrumentos de evaluación descritos permitan validar la efectividad de las estrategias de enseñanza aprendizaje que incorporan al programa *Mohr-cito*,

elaborado en lenguaje de programación Python, en los estudiantes de Ingeniería Civil de una universidad privada de Lima.

2.2. Ejecución de la experiencia piloto

En esta sección se presentan las actividades realizadas durante la ejecución de la experiencia piloto. Primero, se describe el diseño pedagógico de la experiencia, estableciendo objetivos de enseñanza aprendizaje claros, seleccionando metodologías y estrategias adecuadas, y asegurando la coherencia con el sílabo del curso. Luego, se presenta el desarrollo del recurso educativo *Mohr-cito* en Python y las correspondientes guías pedagógicas para docentes y estudiantes, con el fin de integrar la tecnología de manera efectiva en el proceso de enseñanza aprendizaje. A continuación, se relata la ejecución de las actividades de aprendizaje, tanto síncronas como asíncronas, procurando brindar detalles sobre la participación del docente y de los estudiantes. Finalmente, se evalúa la implementación de la experiencia piloto, identificando áreas de mejora y reflexionando sobre las posibles barreras para escalar la propuesta a otras secciones del curso.

2.2.1. Etapa 1: Diseño de estrategias de enseñanza aprendizaje

En primer lugar, fue necesario definir los objetivos de enseñanza aprendizaje en coherencia con los logros de aprendizaje señalados en el sílabo. Al respecto, la unidad de aprendizaje “Estado Multiaxial de Esfuerzos” abarca un total de 10 horas de clase síncronas, distribuidas en 05 sesiones de 02 horas, y tiene como logro de aprendizaje que, al finalizar, el estudiante calcule los esfuerzos en planos arbitrarios, así como los esfuerzos principales y los ejes que los contienen por el método analítico y el método gráfico. Considerando lo anterior, la Tabla 9 presenta los objetivos de aprendizaje para cada sesión de clase que forma parte de la mencionada unidad.

Tabla 9*Objetivos de aprendizaje para cada sesión de clase*

Sesión	Objetivo de aprendizaje	Responsable
1	Construir el estado de esfuerzos plano en cuerpos deformables bajo la acción de diversas condiciones de carga.	Docente
2	Resolver problemas que involucran la construcción del estado de esfuerzos plano en cuerpos deformables bajo la acción de diversas condiciones de carga.	Jefe de Práctica
3	Reconocer y calcular los esfuerzos principales, y los planos en que estos ocurren, en cuerpos deformables bajo la acción de diversas condiciones de carga.	Docente
4	Aplicar la circunferencia de Mohr para el cálculo de esfuerzos principales, y los planos en que estos ocurren, en cuerpos deformables bajo la acción de diversas condiciones de carga.	Docente
5	Resolver problemas que requieren el cálculo de esfuerzos principales, y/o los planos en que estos ocurren, en cuerpos deformables bajo la acción de diversas condiciones de carga.	Jefe de Práctica

Es importante señalar que los objetivos de aprendizaje de las sesiones de clase a cargo del docente y a cargo del jefe de práctica son distintos. El docente está encargado de presentar los conceptos teóricos, muchas veces abstractos, los procedimientos de solución sugeridos para los problemas típicos y la relación entre los conceptos aprendidos y la realidad. Por su parte, el jefe de prácticas está encargado, sobre todo, de guiar a los estudiantes en la solución de problemas adicionales, muchas veces de mayor complejidad, con la finalidad de reforzar los conceptos aprendidos con el docente.

En segundo lugar, considerando lo anterior, se delimitó el alcance de la experiencia piloto a las sesiones a cargo del docente y se definió la metodología a emplear en ellas. Al respecto, se enfatiza que las actividades de aprendizaje deben ser coherentes con los objetivos y logros de aprendizaje previamente señalados. Asimismo, se enfatiza también que el programa debe servir como una herramienta y que su uso no debe convertirse en un objetivo en sí mismo.

Al respecto, según la política de la institución, las sesiones de clase deben incorporar 10 minutos de intermedio (descanso) después de 50 minutos de enseñanza aprendizaje. Asimismo, deben culminar con 10 minutos de anticipación a fin de brindar tiempo a los estudiantes de trasladarse a su siguiente ambiente de clase. Considerando todo lo anterior, la Tabla 10 presenta la secuencia de clase propuesta para una sesión síncrona a cargo del docente,

incluyendo el tiempo y modo de uso para el programa *Mohr-cito*.

Tabla 10

Secuencia de clase síncrona

Secuencia	Actividades	Tiempo previsto
Introducción	✓ Presentación de logro de aprendizaje.	5 minutos
	✓ Recolección de saberes previos.	
	✓ Motivación al estudiante.	
Contenido Teórico	✓ Presentación de conceptos con ayuda de herramientas multimedia.	10 minutos
Desarrollo de ejercicio práctico 01	✓ Solución conjunta entre el docente y los alumnos de 01 ejercicio práctico, enfatizando la aplicación de los conceptos aprendidos.	15 minutos
	✓ Uso de <i>Mohr-cito</i> para comprobación de resultados numéricos obtenidos.	5 minutos
	✓ Realización de preguntas abiertas para fomentar el pensamiento crítico y reflexivo.	10 minutos
Pausa de 10 minutos		
Contenido Teórico	✓ Presentación de conceptos con ayuda de herramientas multimedia.	10 minutos
Desarrollo de ejercicio práctico 02	✓ Solución conjunta entre el docente y los alumnos de 01 ejercicio práctico, enfatizando la aplicación de los conceptos aprendidos.	15 minutos
	✓ Uso de <i>Mohr-cito</i> para comprobación de resultados numéricos obtenidos.	5 minutos
	✓ Realización de preguntas abiertas para fomentar el pensamiento crítico y reflexivo.	10 minutos
Cierre	✓ Realización de lluvia de ideas sobre lo aprendido, su importancia y/o sus aplicaciones.	10 minutos

En tercer lugar, se definió la metodología para las actividades de aprendizaje autónomo de los estudiantes, siempre con la finalidad de “*potenciar la capacidad del estudiante de aprender por sí mismo*” (Jabif, 2007). En ese sentido, se propuso que el estudiante trabaje en la solución de problemas adicionales que le permitan a) poner en práctica los conceptos y procedimientos aprendidos, b) utilizar el programa *Mohr-cito* para comprobar sus resultados y, además, c) experimentar de forma autónoma con juegos de datos adicionales. De esta manera, se buscó que el estudiante complementara de forma independiente el aprendizaje realizado durante las sesiones de clase síncronas.

En cuarto y último lugar, se definió la estrategia de evaluación para la unidad de aprendizaje. Por una parte, la actividad de cierre de cada sesión de clase permitió evaluar el aprendizaje de los estudiantes de manera continua y formativa. Por otro lado, el sílabo establece que los logros de aprendizaje de la

unidad “Estado Multiaxial de Esfuerzos” deben evidenciarse en la segunda práctica calificada del curso, es decir una evaluación escrita. Esta última se utilizó para cuantificar el efecto inmediato -en términos de resultados académicos -de la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje que incorporan el programa *Mohr-cito*.

Al respecto, la segunda práctica calificada del curso se desarrolló dos semanas después de la última sesión de clases síncronas. En línea con ello, se decidió que el período entre las clases síncronas y la evaluación escrita se destinara para el trabajo autónomo de los estudiantes, de manera que ellos mismos pudieran autorregular su aprendizaje (Figura 5). De esta manera, se buscó que la evaluación escrita reflejara el impacto de la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje síncronas y asíncronas desarrolladas.

Figura 5

Actividades para la enseñanza aprendizaje de la unidad intervenida

Semana 1				Clase síncrona intervenida		Clase síncrona no intervenida
Semana 2		Clase síncrona intervenida		Clase síncrona intervenida		Clase síncrona no intervenida
Semana 3	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo
Semana 4	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo
Semana 5	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Trabajo autónomo	Práctica calificada		

2.2.2. Etapa 2: Construcción de recursos educativos

La definición de objetivos es fundamental para el éxito de cualquier proyecto. Según Alonso (2024), los objetivos generales representan metas amplias que se esperan alcanzar al finalizar el proyecto, mientras que los objetivos específicos son metas concretas y detalladas que deben cumplirse para lograr el objetivo

general. En ese sentido, a continuación, se definen el objetivo general y los objetivos específicos de la experiencia piloto, con la finalidad de tener una dirección clara sobre lo que se desea alcanzar y cómo se llevará a cabo.

Una vez definidas las estrategias de enseñanza aprendizaje para la experiencia piloto, fue necesario desarrollar los recursos educativos para su implementación. Considerando ello, se desarrolló la versión inicial del programa *Mohr-cito*, un total de 03 guías didácticas para acompañar las sesiones síncronas del docente y 01 guía didáctica para acompañar el aprendizaje autónomo del estudiante. Las características de cada uno de estos recursos se describen a continuación.

2.2.2.1. Programa *Mohr-cito.exe*

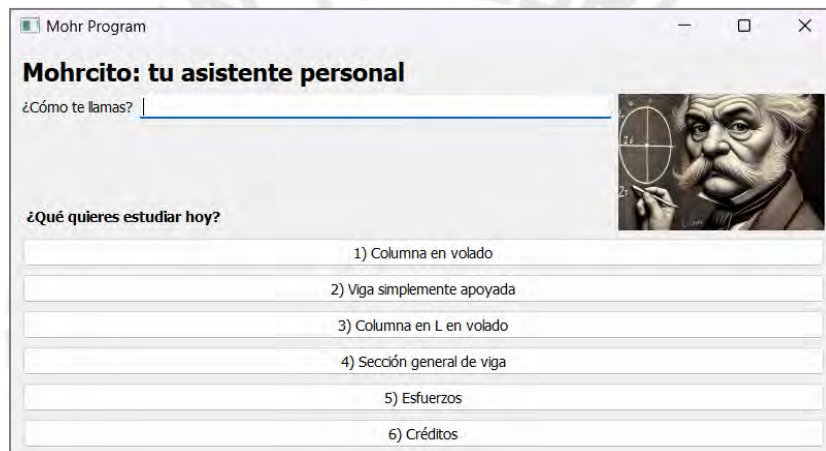
El programa *Mohr-cito.exe* fue desarrollado por un ingeniero civil con experiencia tanto en la jefatura de práctica del curso Resistencia de Materiales (equivalente a Mecánica de Materiales) como en programación en Python. El código del programa está desarrollado íntegramente en lenguaje Python, con la ayuda de varias bibliotecas clave:

- *PyQt5*: Facilitó la creación de interfaces gráficas de usuario (GUI) en Python, permitiendo diseñar ventanas, botones y otros componentes interactivos.
- *GPL (licencia)*: Es una licencia de software libre que se usó para asegurar que el código fuente del programa pueda ser utilizado, modificado y distribuido de forma libre.
- *Matplotlib*: Se utilizó para crear gráficos y visualizaciones de datos, permitiendo representar de manera clara información numérica o estadística.
- *PyInstaller*: Permitió empaquetar el programa Python en un archivo ejecutable independiente, facilitando su distribución y ejecución sin necesidad de tener Python instalado.
- *NumPy*: Ofreció herramientas para trabajar con matrices y realizar cálculos numéricos de alto rendimiento, fundamental para el procesamiento de datos y operaciones matemáticas.

Cada una de las bibliotecas mencionadas enriqueció la funcionalidad del programa, garantizando una interfaz interactiva, capacidades de visualización, y un manejo eficiente de datos. En particular, la interfaz fue diseñada para ser intuitiva y amigable, incorporando botones que permiten seleccionar fácilmente las opciones deseadas, con colores suaves, tipografía simple y frases claras (Figura 6). Además, las imágenes y gráficos utilizados en el software provinieron de aplicativos basados en inteligencia artificial y la galería de formas básicas de programas como Paint y PowerPoint.

Figura 6

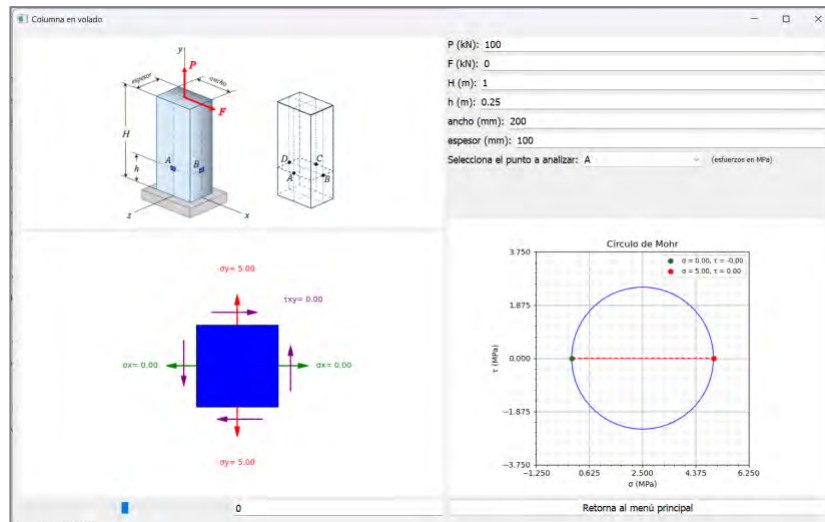
Pantalla de inicio del programa Mohr-cito



El programa desarrollado incluyó un total de 05 funcionalidades que, mediante diferentes conjuntos de datos, permiten verificar los resultados de cientos de problemas distintos. Las cuatro primeras funcionalidades fueron acompañadas de gráficos explicativos que buscaban que el alumno asocie la aplicación de cargas externas con los esfuerzos internos resultantes. La quinta funcionalidad permitía el cálculo de los esfuerzos máximos en un estado de esfuerzos plano cualquiera, lo que amplió aún más las capacidades de la herramienta. En particular, los gráficos de las funcionalidades 1, 3 y 5 se desarrollaron con mayor detalle (Figura 7), ya que varios de los ejercicios prácticos de los libros de Mecánica de Materiales estaban relacionados con estas funcionalidades.

Figura 7

Detalle de primera funcionalidad del programa Mohr-cito



Cabe señalar que el programa *Mohr-cito* fue desarrollado de acuerdo con las necesidades y requerimientos pedagógicos asociados a la experiencia piloto. En particular, su desarrollo fue paralelo a la elaboración de las guías para docentes y para estudiantes, lo cual permitió modificar o añadir funcionalidades con el propósito de potenciar el aprendizaje de los alumnos. Asimismo, fue desarrollado bajo una licencia de código abierto que permite su utilización y/o adaptación por parte de otros docentes. Se espera que su implementación durante la experiencia piloto anime a otros docentes a integrar este programa en sus cátedras o los inspire a desarrollar sus propios recursos educativos en Python.

2.2.2.2. Guías para docentes

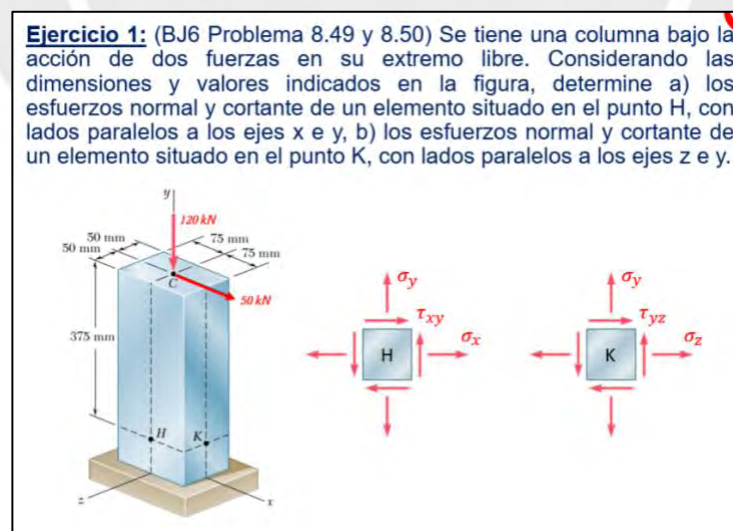
Según el *Centre for Teaching Excellence* (2024), un plan de lección es un mapa que guía al docente indicándole lo que los estudiantes deben aprender y sugiriendo cómo lograrlo de manera efectiva durante el tiempo de clase. De esa manera, los docentes pueden diseñar actividades de aprendizaje apropiadas y, además, desarrollar estrategias para obtener retroalimentación sobre el aprendizaje de sus estudiantes. Asimismo, la guía brindada permite al docente ingresar al aula con mayor confianza y maximiza las posibilidades de una experiencia de aprendizaje significativa para los estudiantes.

Con base en lo anterior, se desarrollaron 03 guías para docentes (planes de lección), correspondientes a las 03 sesiones de clase que formaron parte de la experiencia piloto. Cada guía para docentes fue diseñada de acuerdo con las estrategias de enseñanza aprendizaje propuestas: primero, presenta los objetivos de aprendizaje; luego, sugiere una secuencia de actividades de aprendizaje; y, finalmente, propone un espacio de cierre para evaluar el aprendizaje de los estudiantes de manera formativa. Además, cada guía incluye enunciados de ejercicios prácticos (Figura 8), capturas de pantalla con las funcionalidades del programa más adecuadas para cada ejercicio, y preguntas de reflexión asociadas. La guía para docentes correspondiente a la primera sesión de clases se muestra en el anexo N°3.

Cabe señalar que las guías para docentes no restringen o limitan la capacidad del docente para realizar ajustes o proponer cambios. Su utilización pretendía facilitar las labores síncronas y brindar una herramienta de soporte durante la experiencia piloto. Sin embargo, estas podían y debían ser adaptadas de acuerdo con las necesidades pedagógicas de los docentes y/o los estudiantes.

Figura 8

Ejemplo de ejercicio práctico para sesión síncrona



2.2.2.3. Guía para estudiantes

Según Jabif (2007), el aprendizaje autónomo es una metodología que fomenta

la capacidad del estudiante para aprender de manera independiente, complementando las actividades realizadas en clase. En ese sentido se debe proporcionar al estudiante una serie de actividades y tareas secuenciales, como la búsqueda de conocimientos, resolución de problemas y desarrollo de habilidades, que lo responsabilicen de su propio aprendizaje. Si bien no reemplaza al docente, esta metodología transforma su rol en un "coach" o guía, orientando al estudiante sobre las fuentes adecuadas y acompañándolo en el proceso para que pueda alcanzar los objetivos curriculares de manera autónoma.

Con base en lo anterior, se desarrolló 01 guía de estudio para estudiantes que propone actividades complementarias a las clases síncronas. La guía desarrollada presenta un total de 04 ejercicios prácticos e invita al estudiante a resolverlos en forma manuscrita; a usar el programa *Mohr-cito* para comprobar los resultados obtenidos y, además, para responder las preguntas de reflexión; a revisar los comentarios o “pistas” para reflexionar críticamente y así llegar a las respuestas correctas; a consultar con sus compañeros y/o docente en caso de que sus dudas persistan; y, finalmente a usar el programa *Mohr-cito* con juegos de datos adicionales (Figura 9). La guía para estudiantes (completa) se muestra en el anexo N°4.

Figura 9

Instrucciones iniciales de la guía para estudiantes

Instrucciones
- Responde a las preguntas manuscritas de los ejercicios.
- Ejecuta el programa Mohr-cito , sigue las instrucciones de uso para cada ejercicio y, luego, realiza las preguntas de reflexión.
- Si no estás seguro/a de la respuesta o cómo seguir, revisa los comentarios a cada pregunta de reflexión.
- Si tienes dudas, consulta con tus compañeros y/o tu profesor del curso
- Una vez que resuelvas el ejercicio correctamente, cambia los datos y/o experimenta con el programa para resolver otros ejercicios.
¡A comenzar!

Cabe señalar que las guías para docentes y la guía para estudiantes fueron elaboradas en forma paralela al programa *Mohr-cito*, lo cual permitió generar una sinergia entre todos los recursos educativos. Si bien el programa fue desarrollado y ajustado a las necesidades pedagógicas del docente y los estudiantes, las guías también se ajustaron para integrar el uso del programa de forma eficiente. Se espera que, a futuro, el programa *Mohr-cito* y las guías didácticas puedan ser mejorados en base a los resultados de la experiencia piloto y, además, ser aplicados como parte de la ejecución de la propuesta de innovación.

2.2.3. Etapa 3: Ejecución de estrategias de enseñanza aprendizaje

Como se indica en la descripción general, la experiencia piloto se abocó a implementar el uso pedagógico del programa *Mohr-cito* en una única sección, es decir un único grupo de alumnos, del curso de Mecánica de Materiales. En esta sección, primero, se refiere el proceso de selección del docente y de los alumnos participantes; luego, se describe el desarrollo de las sesiones de clase síncronas; y, finalmente, se relata la forma de presentación de las actividades de aprendizaje autónomo. En general, se busca describir las acciones realizadas en orden secuencial y de forma neutra, sin incorporar juicios de valor asociados a una perspectiva subjetiva y/o personal.

2.2.3.1. Selección de participantes

La experiencia piloto se limitó a la intervención en una única sección del curso Mecánica de Materiales, por lo cual fue esencial elegir un docente participante que comprendiera la esencia de la intervención y mostrara disposición y disponibilidad. Según la selección de docente, los estudiantes matriculados en la sección a su cargo se convirtieron en participantes de la experiencia piloto, en representación del público objetivo de la propuesta de innovación (todos los alumnos del curso). Al respecto, se verificó que el número de participantes permitiera una evaluación detallada y controlada y, al mismo tiempo, fuera suficiente para obtener resultados significativos.

La Tabla 11 presenta la distribución de docentes y alumnos en cada sección del curso. En particular, se destaca a los docentes 02, 04 y 07 como candidatos a “docente participante”, debido a su apertura e interés en el desarrollo de la propuesta de innovación.

Tabla 11

Distribución de alumnos por docente y sección

Docente	Sección	Alumnos
Docente 01	A	30
	B	40
	C	40
	D	30
	E	20
	F	40
Docente 02	A	30
	B	40
	C	20
	D	20
	E	20
Docente 03	Única	30
Docente 04	Única	30
Docente 05	Única	10
Docente 06	Única	30
Docente 07	Única	20
Docente 08	Única	30

Durante el proceso de selección, se presentaron los recursos educativos desarrollados a los candidatos, a fin de documentar y valorar sus apreciaciones y preocupaciones. Estas últimas fueron fundamentales para ajustar y mejorar el programa *Mohr-cito* y las guías didácticas. De esta manera, se buscó que el docente, que fuera seleccionado, integrara los recursos educativos de manera efectiva y sin comprometer los objetivos de aprendizaje. A continuación, las Tablas 12, 13 y 14 presentan los comentarios de los candidatos con respecto a la incorporación del recurso tecnológico *Mohr-cito* entre sus estudiantes.

Tabla 12

Comentarios del candidato 01

Apreciaciones	Que es fácil de usar.
	Que es bastante intuitivo para ver los estados de esfuerzos en diferentes puntos de una misma sección.
	Que ayuda a comprobar los resultados obtenidos.
Preocupaciones	Que los resultados obtenidos no sean fiables.
	Que los alumnos no le den relevancia.
	Que el programa tenga limitaciones para graficar el círculo de Mohr o no lo grafique adecuadamente.

Tabla 13*Comentarios del candidato 02*

Apreciaciones	Que permite a los estudiantes comparar sus respuestas con problemas tipo.
	Que se aprecia bien las diferencias entre los esfuerzos calculados en diferentes puntos de una misma sección.
	Que refuerza la percepción espacial en el desarrollo de los tipos de estructuras.
Preocupaciones	Que los estudiantes se enfoquen sólo en la obtención de los resultados e ignoren el aspecto físico.
	Que no se entienda completamente el concepto de transformación de esfuerzos.
	Que los estudiantes puedan pensar que sólo se obtienen estados planos de esfuerzos.

Tabla 14*Comentarios del candidato 03*

Apreciaciones	Que permite asociar los ejes de ocurrencia de los esfuerzos con sus respectivas magnitudes y observar cómo cambian.
	Que permite “experimentar” fácilmente con variaciones de un mismo problema, sea cambiando el punto de análisis o los datos.
	Que permite comprobar los resultados obtenidos en forma manual.
Preocupaciones	Que el tiempo de uso de software disminuya el tiempo efectivo de clase y perjudique los logros de aprendizaje.
	Que los estudiantes encuentren algún aspecto confuso o difícil en el programa y lo abandonen.
	Que los estudiantes se enfoquen únicamente en la respuesta y no en el significado físico.

La selección final del docente participante consideró el interés, el compromiso y la disponibilidad de tiempo de los candidatos. De los tres candidatos consultados, el primer candidato participó activamente en las reuniones de coordinación, pero expresó dificultades para implementar las estrategias de enseñanza aprendizaje desarrolladas. En particular, reportó problemas para dosificar el tiempo de la sesión síncrona, ya que priorizaba la resolución de ejercicios prácticos con respecto a la integración del programa *Mohr-cito*. Además, reportó dificultades tecnológicas para proyectar e incorporar el recurso tecnológico durante sus sesiones de clase síncronas. Por otro lado, el segundo candidato fue descartado debido a la falta de tiempo, consecuencia de su elevada carga académica. Finalmente, el tercer candidato presentó las cualidades deseadas, fue seleccionado como docente participante para la experiencia piloto y, consecuentemente, los 20 alumnos de la sección a su cargo se convirtieron en los estudiantes participantes.

Cabe señalar que, en la medida de lo posible, las guías didácticas incorporaron recomendaciones para la dosificación del tiempo síncrono y fueron adaptadas para mejorar el balance de tiempo entre el uso del programa y la resolución de ejercicios prácticos. Además, se revisaron las actividades de aprendizaje síncronas para garantizar que el docente participante pudiera integrar el programa *Mohr-cito* de manera efectiva sin comprometer los objetivos de aprendizaje.

2.2.3.2. Desarrollo de actividades

En la primera semana de actividades, se entregó el programa ejecutable *Mohr-cito.exe* y las guías didácticas mejoradas al docente participante. El desarrollo de la unidad “Estado de esfuerzo multiaxial” comenzó en la segunda sesión de clases síncrona de la semana, estuvo a cargo del docente participante e incorporó las estrategias de enseñanza aprendizaje desarrolladas. Luego, la tercera sesión de clases síncrona de la semana estuvo a cargo del jefe de prácticas y reforzó el aprendizaje de los estudiantes mediante la resolución de diversos ejercicios prácticos.

En la segunda semana de actividades, la primera y la segunda sesión de clases síncronas estuvieron a cargo del docente participante e incorporaron las estrategias de enseñanza aprendizaje desarrolladas. Luego, la tercera sesión de clases síncrona estuvo a cargo del jefe de prácticas y reforzó el aprendizaje de los estudiantes mediante la resolución de diversos ejercicios prácticos. Después de finalizar la tercera sesión de clases síncrona, los estudiantes participaron de la primera encuesta de satisfacción de la experiencia piloto.

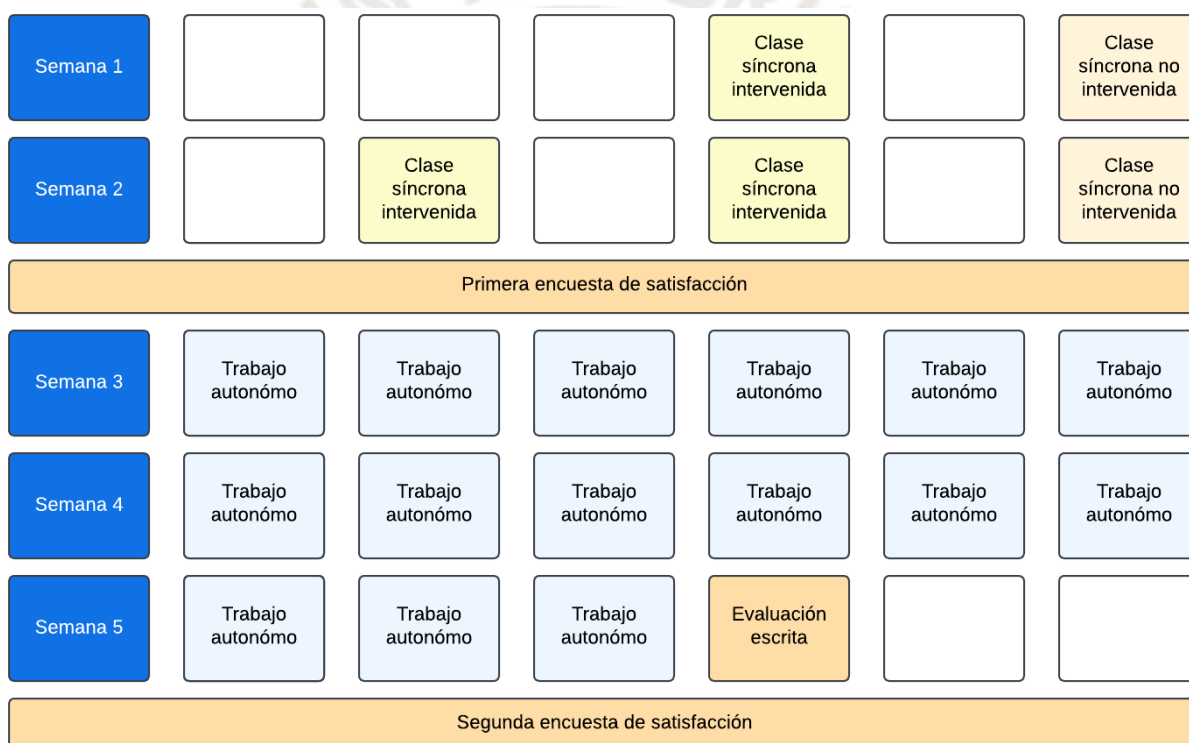
En la tercera semana de actividades, se entregó una versión digital de la guía de estudio independiente a los estudiantes. Si bien las sesiones de clase síncronas abordaron nuevas unidades de aprendizaje del curso, los estudiantes pudieron continuar y consolidar su aprendizaje de la unidad “Estado multiaxial de esfuerzos” mediante el trabajo autónomo. Además, si bien el trabajo autónomo fue asíncrono, se animó a los estudiantes a realizar las actividades de enseñanza

aprendizaje y, según su necesidad, hacer preguntas a sus compañeros, al docente o al jefe de prácticas.

En la quinta semana de actividades, los estudiantes desarrollaron una evaluación escrita durante la segunda sesión de clases síncrona. Después de finalizar la tercera sesión de clases síncrona, los estudiantes participaron de la segunda encuesta de satisfacción de la experiencia piloto. El llenado de la segunda encuesta marcó la finalización de actividades de la intervención. En la página siguiente, se presenta la cronología de las actividades realizadas (Figura 10).

Figura 10

Cronología de ejecución de la experiencia piloto



2.2.4. Etapa 4: Evaluación de efectos de la ejecución

Según lo indicado en los mecanismos de evaluación, la evaluación de los efectos de la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje, incorporando el programa *Mohr-cito*, en los estudiantes intervenidos se realizó a través de una evaluación escrita con ejercicios prácticos y dos encuestas de satisfacción. Sin embargo, la experiencia piloto también se evaluó a través de las lecciones

aprendidas durante su ejecución. De esta manera, se realizó una recopilación y análisis continuos para determinar si el proyecto estaba logrando el progreso hacia las metas establecidas (Waithera y Wanyoike, 2015, como se cita en Orihuela, 2022).

En líneas generales, la implementación del programa *Mohr-cito* en una sección del curso Mecánica de Materiales permitió identificar áreas de mejora que deben ser abordadas antes de su expansión a otras secciones. En particular, se debe optimizar la utilización del tiempo de los docentes, fortalecer sus habilidades tecnológicas y fomentar su apertura a nuevas metodologías pedagógicas. Además, la adaptación de las guías didácticas y la correcta dosificación del tiempo en clase son aspectos clave para asegurar que los objetivos de aprendizaje se alcancen de manera efectiva. De esta manera, a futuro, se podrá escalar la experiencia e incrementar sus posibilidades de éxito.

2.3. Resultados

En esta sección se presentan y analizan los efectos de la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje, que incorporan el programa *Mohr-cito*, en un grupo de estudiantes de Ingeniería Civil de una universidad privada de Lima. Primero, se presentan y analizan los logros de aprendizaje evidenciados por los estudiantes en la segunda práctica calificada del curso. Luego, se presentan y analizan las respuestas de las encuestas de satisfacción aplicadas durante la experiencia piloto. De esta manera, se pretende cuantificar los efectos de la intervención en los resultados académicos y la satisfacción de los estudiantes.

2.3.1. Resultados académicos de los estudiantes

El efecto de la intervención en los resultados académicos de los estudiantes se cuantificó a través de las soluciones de los 02 ejercicios prácticos relacionados a la unidad intervenida. Al respecto, el 75% de los estudiantes participantes en la experiencia piloto (16 alumnos) rindió la segunda práctica calificada del curso, por lo cual los resultados obtenidos se consideran válidos.

2.3.1.1. Desarrollo de habilidades para el cálculo de esfuerzos en planos arbitrarios y planos principales

El primer ejercicio práctico de la segunda práctica calificada del curso presentó un cuerpo deformable sometido a una cierta condición de carga (Figura 11). Para solucionar el ejercicio en forma adecuada, el estudiante debía calcular los esfuerzos en un determinado punto del cuerpo, construir el estado de esfuerzos plano correspondiente y, además, usar uno de los métodos enseñados para el cálculo de los esfuerzos principales. Con este ejercicio práctico, se evaluó si el estudiante lograba calcular los esfuerzos en los planos indicados y, además, si lograba calcular los esfuerzos principales correspondientes mediante el método analítico o el método gráfico.

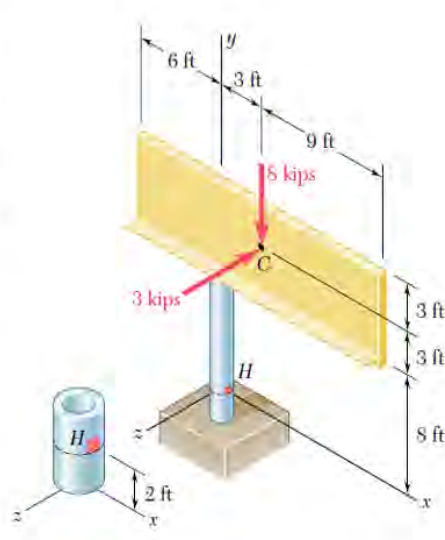
Figura 11

Enunciado del primer ejercicio práctico

1. (8 puntos) La figura muestra un anuncio rectangular sostenido por un poste esbelto. El peso del anuncio es **8 kips** y actúa en su centro de gravedad **C**. El poste tiene un diámetro exterior igual a **15 in** y un diámetro interior igual a **14 in**. En cierto momento, la presión resultante del viento equivale a una fuerza de **3 kips** aplicada en el centro de gravedad **C** del anuncio. El origen de los ejes coordenados **xyz** se encuentra en el centro de la base del poste.

La sección "**S**" que se encuentra a **2 ft** de la base. El punto **H** pertenece a la sección "**S**" y está ubicado sobre la superficie del poste. Se pide determinar:

- Las cargas internas en la sección "**S**" [kip; kip.ft].
- El estado plano de esfuerzos en el punto **H** de la sección [ksi].
- Los esfuerzos principales a partir del estado de esfuerzos calculado [ksi].



La Tabla 15 describe los criterios considerados en la rúbrica de calificación de este ejercicio y el número de estudiantes que alcanzaron cada nivel de logro establecido. Si bien los dos primeros criterios no evidencian los logros de aprendizaje de la unidad intervenida, influyen directamente en los resultados numéricos de los criterios posteriores que sí los evidencian. A fin de evitar distorsiones, cuando el estudiante arrastraba un valor equivocado desde

criterios previos, y no había errores asociados al criterio en evaluación, se consideró al alumno en el nivel “logrado”.

Tabla 15

Niveles de logro alcanzados por los estudiantes con respecto al cálculo de esfuerzos

Criterios	No iniciado	En proceso	Logrado	Sobresaliente
Cálculo de fuerzas internas	1	7	8	-
Cálculo de propiedades geométricas	2	10	3	1
Cálculo de esfuerzos debidos a fuerza axial	6	2	5	3
Cálculo de esfuerzos debidos a fuerza cortante	7	5	4	-
Cálculo de esfuerzos debidos a torsión	6	5	3	2
Cálculo de esfuerzos debidos a flexión	5	8	2	1
Construcción de estado de esfuerzos	6	5	5	-
Cálculo de esfuerzos normales máximo y mínimo	10	1	5	-

Los resultados académicos del primer ejercicio evidencian que las dificultades de los estudiantes para la construcción del estado de esfuerzos plano persistieron después de la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje que incorporaron el recurso educativo *Mohr-cito*. Según se observa, solo 31.25% de los estudiantes intervenidos construyó el estado de esfuerzos en forma adecuada y solo 31.25% de los estudiantes intervenidos calculó los esfuerzos principales siguiendo un procedimiento adecuado. Además, en ambos casos, los estudiantes arrastraron valores errados desde criterios previos, lo cual impidió que alcanzaran el nivel “sobresaliente”.

2.3.1.2. Desarrollo de habilidades para la construcción e interpretación del Círculo de Mohr

El segundo ejercicio práctico de la segunda práctica calificada del curso presentó un estado de esfuerzos plano (Figura 12). Para solucionar el ejercicio en forma adecuada, el estudiante debía construir e interpretar adecuadamente el círculo de Mohr correspondiente. Con este ejercicio práctico, se evaluó si el estudiante

lograba calcular los esfuerzos en planos arbitrarios, incluyendo los esfuerzos principales y los ejes que los contienen, utilizando el método gráfico.

Figura 12

Enunciado del segundo ejercicio práctico

2. **(6 puntos)** Dado el siguiente estado de esfuerzos planos, se pide **utilizar el círculo de Mohr** para calcular y/o graficar:

- Los esfuerzos principales [MPa].
- El esfuerzo cortante máximo en el plano [MPa].
- El estado de esfuerzos con orientación θ_{p1} [°, MPa].
- El estado de esfuerzos con orientación θ_{s1} [°, MPa].

La Tabla 16 describe los criterios considerados en la rúbrica de calificación y el número de estudiantes que alcanzaron cada nivel de logro establecido. Si bien el método gráfico y el método analítico conducen a los mismos resultados numéricos, el enunciado solicitaba explícitamente el uso del método gráfico. Debido a ello, cuando el estudiante obtenía los resultados correctos a través del método analítico, se consideraba al alumno en el nivel “no iniciado” para el criterio que se estuviera evaluando.

Tabla 16

Niveles de logro alcanzados por los estudiantes con respecto a la construcción e interpretación del Círculo de Mohr

Criterios	No iniciado	En proceso	Logrado	Sobresaliente
Construcción del círculo de Mohr	-	-	-	16
Cálculo de esfuerzos normales máximo y mínimo	-	1	2	13
Cálculo de esfuerzo cortante máximo	-	1	1	14
Cálculo de planos principales	6	1	4	5
Cálculo de planos secundarios	6	2	4	4
Construcción de estado de esfuerzos principales	10	3	3	-
Construcción de estado de esfuerzos cortantes máximos	11	4	-	1

Los resultados académicos del segundo ejercicio evidenciaron que el 100% de los estudiantes logró construir el Círculo de Mohr en forma sobresaliente. Además, 93.75% de los estudiantes intervenidos identificó los esfuerzos normales máximos y mínimos y los esfuerzos cortantes correctamente a partir del Círculo de Mohr graficado. Sin embargo, los resultados también corroboran que las dificultades de los estudiantes para la construcción de estados de esfuerzos -con base en la interpretación del Círculo de Mohr- persistieron después de la implementación. Según se observó, solo 18.75% de los estudiantes intervenidos logró construir el estado de esfuerzos principales en forma adecuada y solo 6.25% de los estudiantes intervenidos logró construir el estado de esfuerzos secundarios en forma adecuada.

En líneas generales, los resultados académicos obtenidos de la ejecución de las estrategias de enseñanza aprendizaje que incorporan el programa *Mohr-cito* en los estudiantes de Ingeniería Civil muestran avances, pero también señalan la necesidad de mejoras. Si bien se evidencian logros importantes, como la correcta construcción del Círculo de Mohr, persisten dificultades en la construcción del estado de esfuerzos plano y en la identificación precisa de ciertos esfuerzos. Esto subraya la necesidad de continuar ajustando y perfeccionando tanto las estrategias de enseñanza aprendizaje como el recurso tecnológico utilizado. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para optimizar la enseñanza de la mecánica de materiales en futuras intervenciones.

2.3.2. Satisfacción de los estudiantes

Durante la ejecución de la experiencia piloto, se realizaron dos encuestas de satisfacción a los estudiantes con la finalidad de medir su satisfacción, interés y percepciones y, además, la utilidad del programa *Mohr-cito*. Si bien las encuestas se abocaron a medir parámetros similares, la primera encuesta se enfocó en la experiencia de los estudiantes durante las sesiones de clase síncronas y la segunda encuesta se enfocó en su experiencia durante el trabajo autónomo asíncrono. Cabe señalar que ambas encuestas fueron totalmente anónimas y comenzaban con una pregunta que explicitaba el consentimiento informado de los estudiantes para la utilización de sus respuestas en el presente

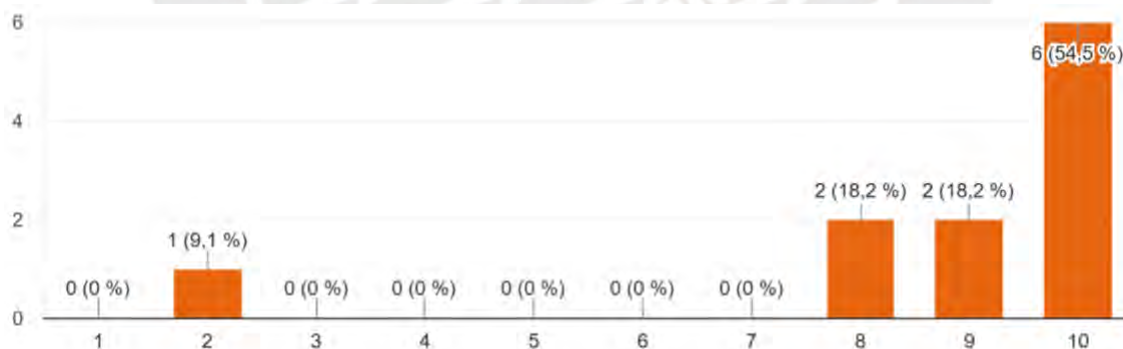
documento.

2.3.2.1. Implementación del recurso *Mohr-cito* en las sesiones síncronas

El 55% de alumnos de la sección respondió a la primera encuesta (11 respuestas). La satisfacción de los estudiantes con las estrategias de enseñanza aprendizaje implementadas durante las sesiones de clase síncronas se midió en las tres primeras preguntas. En forma complementaria, el interés de los estudiantes se midió en las dos siguientes preguntas y la percepción de utilidad del programa *Mohr-cito* se midió en las dos siguientes preguntas. Por último, las otras preguntas brindaron al estudiante una oportunidad de comentar y opinar libremente sobre las estrategias de enseñanza aprendizaje implementadas durante las sesiones de clase síncronas. A continuación, se presentan gráficos resumen de las respuestas de los estudiantes a cada pregunta y el análisis correspondiente.

Figura 13

Satisfacción de los estudiantes con la incorporación de Mohr-cito en las sesiones síncronas

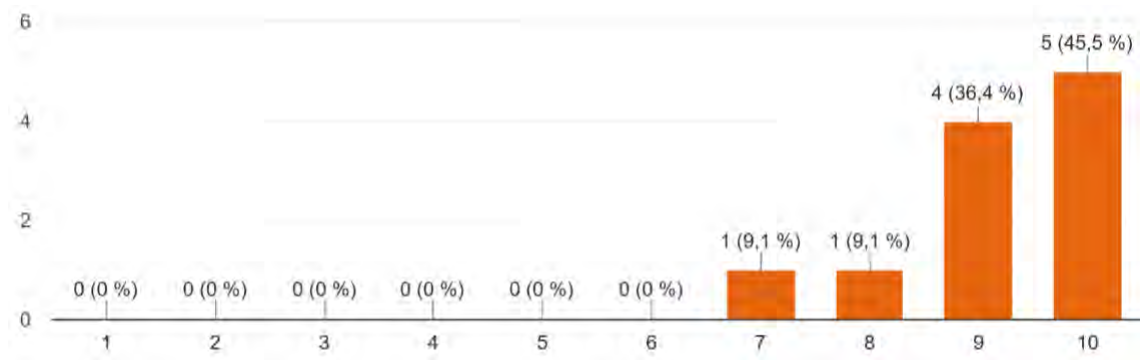


La figura 13 muestra los resultados a la pregunta “¿Cómo calificarías las sesiones de clase con la incorporación del programa *Mohr-cito* (en general)?”, donde 1 equivale a “Bastante insatisfactorias” y 10 equivale a “Bastante satisfactorias”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.40 y, además, 54.5% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Si bien existió una respuesta que denotaba bastante insatisfacción (2), no pudo identificarse el motivo y no se contabilizó en el promedio debido a su

alta dispersión. Entonces, considerando las escalas indicadas, se puede afirmar que los estudiantes encuestados se sintieron bastante satisfechos con la incorporación del programa *Mohr-cito* en sus sesiones de clase síncronas.

Figura 14

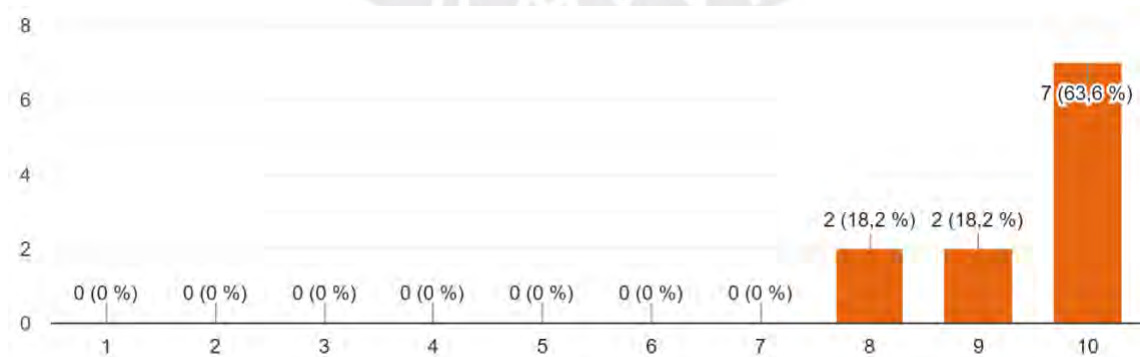
Didáctica del contenido teórico



La figura 14 muestra los resultados a la pregunta “¿Cómo calificarías la presentación de la teoría?”, donde 1 equivale a “Bastante desordenada” y 10 equivale a “Bastante didáctica”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.18 y, además, 45.4% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Entonces, tomando en cuenta las escalas indicadas, se puede afirmar que los estudiantes encuestados consideraron que el contenido teórico fue presentado de forma bastante didáctica durante las sesiones de clase síncronas.

Figura 15

Claridad y utilidad de los ejercicios prácticos

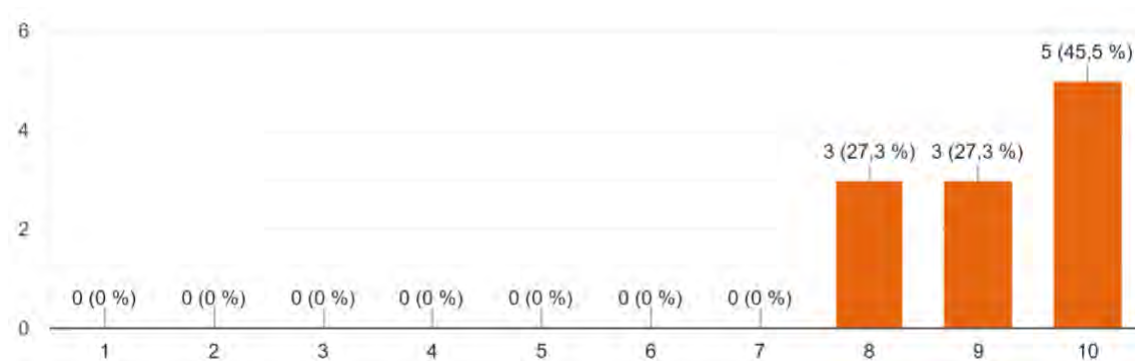


La figura 15 muestra los resultados a la pregunta “¿Cómo calificarías los ejercicios prácticos?”, donde 1 equivale a “Bastante confusos e inútiles” y 10

equivale a “Bastante claros y útiles”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.45 y, además, 63.6% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Entonces, tomando en cuenta las escalas indicadas, se puede afirmar que los estudiantes encuestados consideraron que los ejercicios prácticos desarrollados durante las sesiones de clase síncronas fueron bastante claros y útiles.

Figura 16

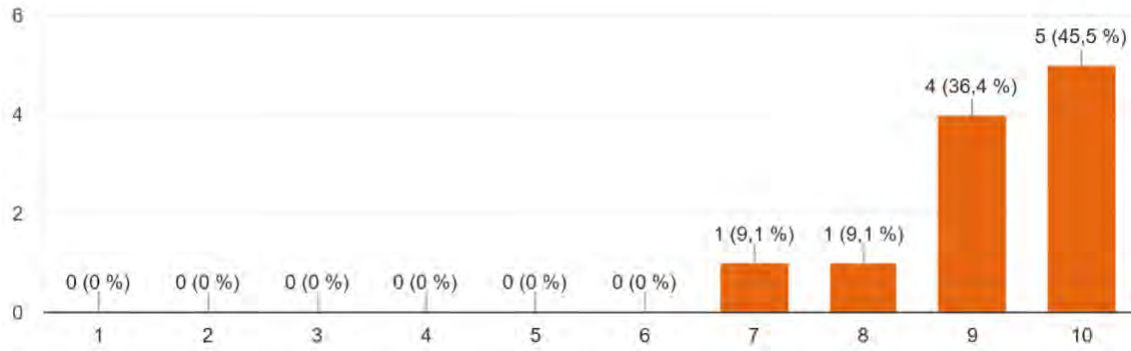
Incremento en interés en el curso



La figura 16 muestra los resultados a la pregunta “¿Qué tanto ha aumentado tu interés en el curso después de las sesiones de clase con la incorporación del programa *Mohr-cito*?”, donde 1 equivale a “Mi interés ha disminuido bastante” y 10 equivale a “Mi interés ha aumentado bastante”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.18 y, además, 45.5% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Entonces, se puede afirmar que los estudiantes encuestados consideraron que la incorporación del programa *Mohr-cito* había incrementado bastante su interés en el curso.

Figura 17

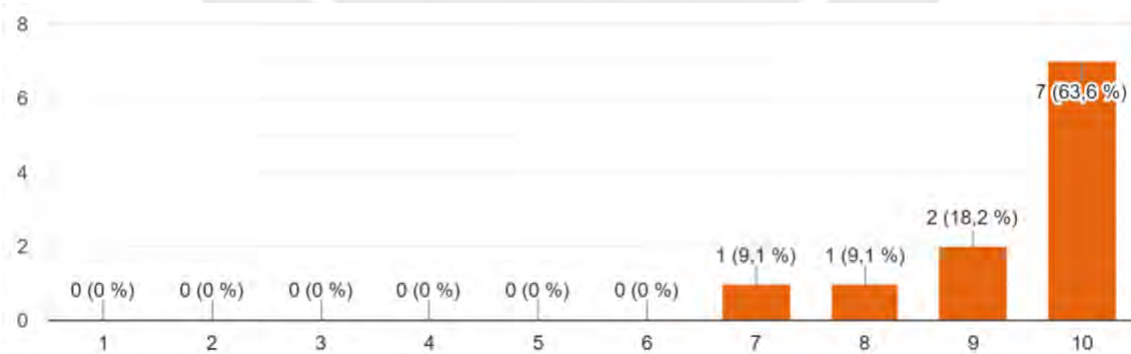
Interés en seguir aprendiendo el curso



La figura 17 muestra los resultados a la pregunta “¿Qué tan motivado/a te sientes para seguir aprendiendo sobre transformaciones de esfuerzo y el círculo de Mohr?”, donde 1 equivale a “Bastante desmotivado/a” y 10 equivale a “Bastante motivado/a”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.18 y, además, 45.5% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Por ello, se puede observar que los estudiantes encuestados se sintieron bastante interesados en seguir aprendiendo sobre la transformación de esfuerzos y el círculo de Mohr después de las estrategias de enseñanza aprendizaje implementadas.

Figura 18

Utilidad del recurso desarrollado



La figura 18 muestra los resultados a la pregunta “¿Qué tan útil te resultó el programa *Mohr-cito* para verificar los resultados de los ejercicios prácticos?”, donde 1 equivale a “Bastante inútil” y 10 equivale a “Bastante útil”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.36 y, además, 63.6% de los

estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Entonces, se puede afirmar que los estudiantes encuestados consideraron el programa *Mohr-cito* bastante útil para verificar los resultados de los ejercicios prácticos.

Las últimas tres preguntas de la primera encuesta fueron abiertas, por lo cual no se presentan gráficos resumen de las respuestas de los estudiantes. Sin embargo, se mantuvo la tendencia de respuestas positivas y alta satisfacción general. Los estudiantes mayormente brindaron comentarios positivos como "...que se pueda graficar todos los esfuerzos es muy útil para comprobar y realizarlo de manera más rápida" y "Todo bien con el programa". Sin embargo, también se observaron algunos comentarios que sugieren áreas de mejora en los recursos educativos desarrollados como "Me agradecería un mejor interfaz (diseño)" y "Más ejercicios en clase, pero diferentes".

Con base en los resultados anteriores, se puede afirmar que los estudiantes se sintieron bastante satisfechos con la parte síncrona de la experiencia piloto. Además, declararon haber incrementado su interés en el curso y apreciar el programa desarrollado y su integración en las sesiones de clase síncronas. En consecuencia, los resultados contribuyen a validar la efectividad de las estrategias de enseñanza aprendizaje implementadas entre los estudiantes de Ingeniería Civil de una universidad privada de Lima.

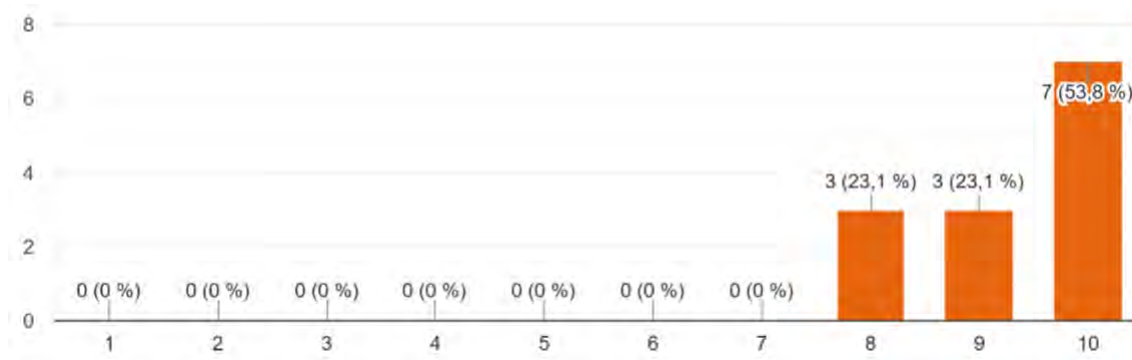
2.3.2.2. Implementación del recurso *Mohr-cito* en el trabajo autónomo

El 65% de alumnos de la sección respondió a la segunda encuesta (13 respuestas), por lo cual sus resultados se consideran válidos y complementarios a los de la primera encuesta. Las tres primeras preguntas midieron la satisfacción de los estudiantes con las estrategias de enseñanza aprendizaje autónomo y asíncrono implementadas. Además, en forma complementaria, las siguientes preguntas midieron el efecto de las mencionadas estrategias en el interés de los estudiantes y la percepción de utilidad del programa *Mohr-cito* durante las actividades de aprendizaje autónomo asíncrono. Asimismo, las dos últimas preguntas brindaron al estudiante una oportunidad de comentar y opinar libremente sobre su experiencia. A continuación, se presentan gráficos resumen

de las respuestas de los estudiantes a cada pregunta y el análisis correspondiente.

Figura 19

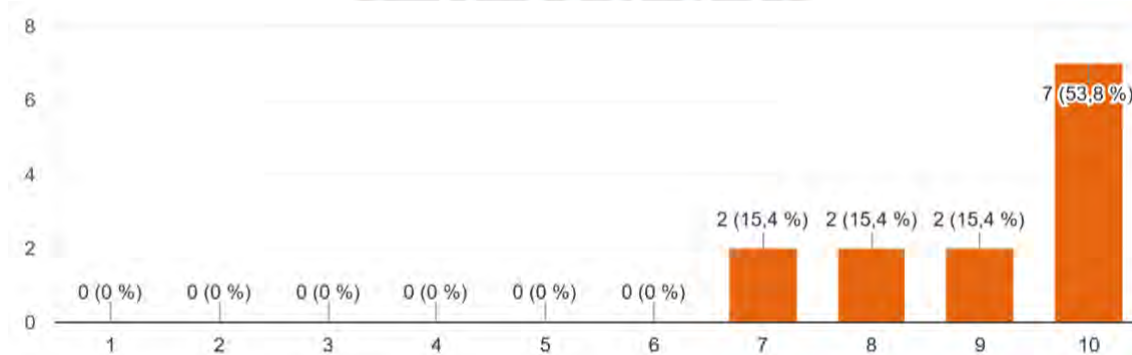
Satisfacción de los estudiantes con la incorporación de Mohr-cito en el trabajo autónomo asíncrono



La figura 19 muestra los resultados a la pregunta “¿Cómo calificarías el trabajo autónomo con la incorporación del programa *Mohr-cito* (en general)?”, donde 1 equivale a “Bastante insatisfactorio” y 10 equivale a “Bastante satisfactorio”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.31 y, además, 53.8% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Entonces, se puede afirmar que los estudiantes se sintieron bastante satisfechos con la incorporación del programa *Mohr-cito* en las actividades de trabajo autónomo realizadas de forma asíncrona.

Figura 20

Presentación y pertinencia de la guía didáctica

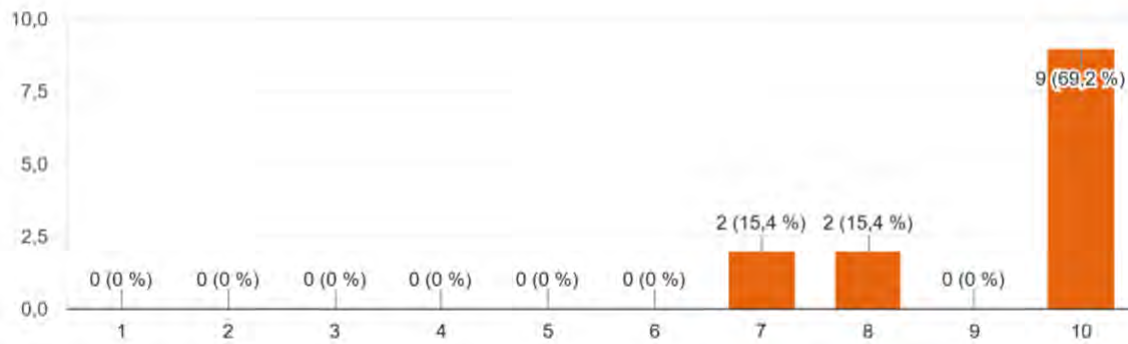


La figura 20 muestra los resultados a la pregunta “¿Cómo calificarías la presentación de la guía didáctica?”, donde 1 equivale a “Bastante inadecuada” y

10 equivale a “Bastante adecuada”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.08 y, además, 53.8% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Por lo tanto, considerando las escalas indicadas, los estudiantes perciben que la presentación de la guía fue bastante adecuada para acompañar el trabajo autónomo.

Figura 21

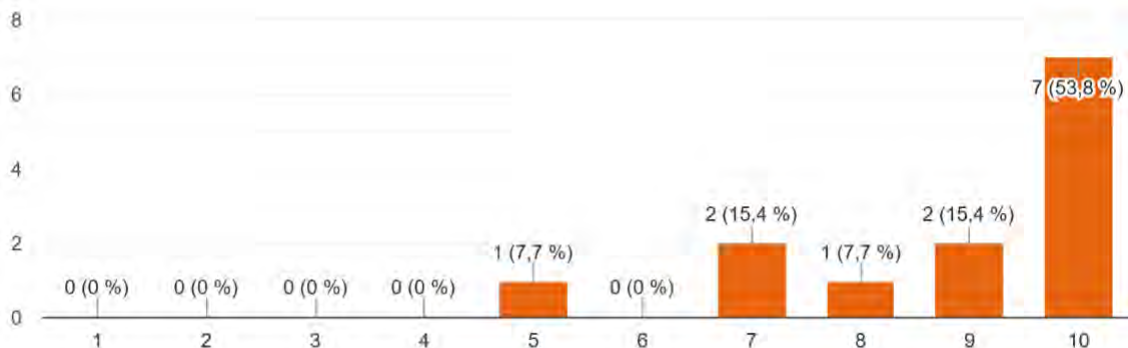
Influencia del recurso en el aprendizaje autónomo



La figura 21 muestra los resultados a la pregunta “¿Qué tanto ha influido la incorporación del programa *Mohr-cito* en tu aprendizaje del curso?” (1 equivale a “Mi aprendizaje ha sido perjudicado bastante” y 10 equivale a “Mi aprendizaje ha sido potenciado bastante”). Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.23 y, además, 69.2% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. De esta manera, se puede afirmar que los estudiantes consideran que la incorporación del programa *Mohr-cito* potenció bastante su aprendizaje durante la realización del trabajo autónomo.

Figura 22

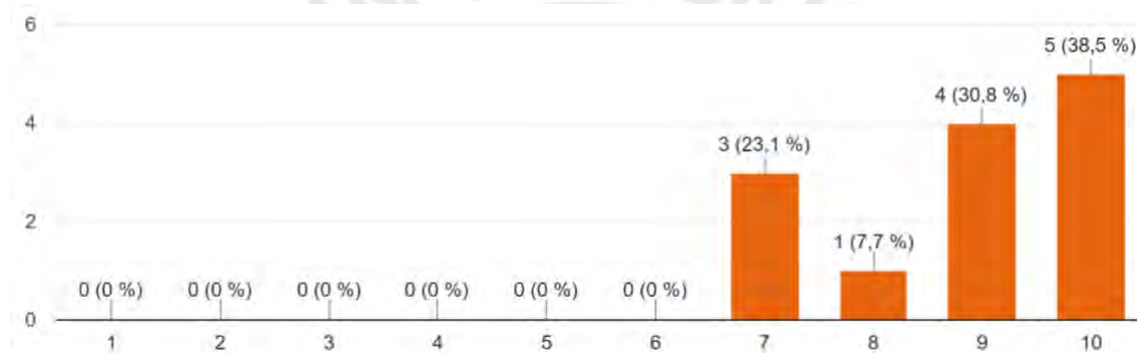
Incremento de interés en el curso



La figura 22 muestra los resultados a la pregunta “¿Qué tanto ha aumentado tu interés en el curso después del trabajo autónomo con la incorporación del programa *Mohr-cito*?”, donde 1 equivale a “Mi interés ha disminuido bastante” y 10 equivale a “Mi interés ha aumentado bastante”. Si bien existe una respuesta que denota indiferencia (5), la respuesta promedio fue igual a 8.85 y, además, 53.8% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Entonces, se puede afirmar que la incorporación del programa *Mohr-cito* incrementó adecuadamente el interés de los estudiantes con respecto a los contenidos del curso.

Figura 23

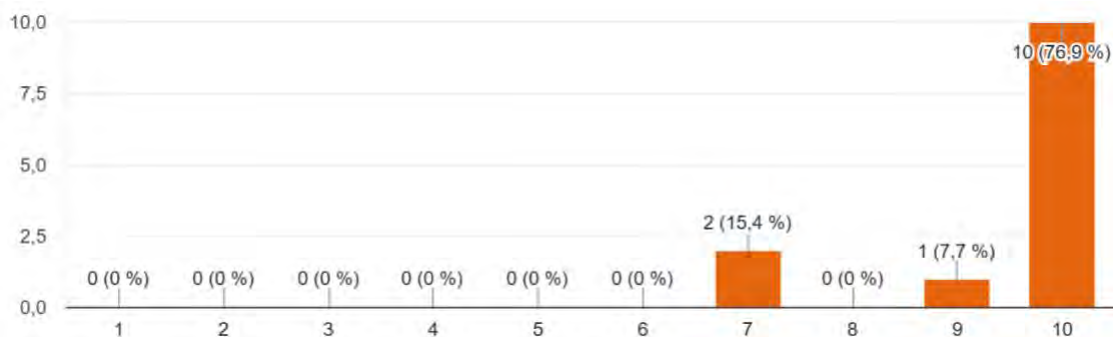
Interés en seguir aprendiendo el curso



La figura 23 muestra los resultados a la pregunta “¿Qué tan motivado/a te sientes para seguir aprendiendo sobre transformaciones de esfuerzo y el círculo de Mohr?”, donde 1 equivale a “Bastante desmotivado/a” y 10 equivale a “Bastante motivado/a”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 8.85 y, además, 38.5% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Por ello, se puede ver que los estudiantes se sintieron adecuadamente interesados en seguir aprendiendo sobre la transformación de esfuerzos y el círculo de Mohr después de las estrategias de enseñanza aprendizaje implementadas.

Figura 24

Utilidad del recurso desarrollado



La figura 24 muestra los resultados a la pregunta “¿Qué tan útil te resultó el programa *Mohr-cito* para responder las preguntas complementarias a los ejercicios prácticos?”, donde 1 equivale a “Bastante inútil” y 10 equivale a “Bastante útil”. Según se observa, la respuesta promedio fue igual a 9.46 y, además, 76.9% de los estudiantes encuestados otorgaron la calificación máxima. Por lo tanto, los estudiantes consideraron el programa *Mohr-cito* bastante útil para responder las preguntas complementarias a los ejercicios prácticos.

Las últimas tres preguntas de la segunda encuesta fueron abiertas, por lo cual no se presentan gráficos resumen de las respuestas de los estudiantes. Sin embargo, se mantuvo la tendencia de respuestas positivas y alta satisfacción general. Los estudiantes mayormente brindaron comentarios positivos como “Me gustó los resultados rápidos que tiene y varían mientras se cambian datos”, “Es demasiado útil y fácil de utilizar” y “Felicitación al ingenio de los creadores por el aporte a los estudiantes”. Sin embargo, también se observaron algunos comentarios que sugieren áreas de mejora en los recursos educativos desarrollados como “Que el paso a paso contenga capturas de pantalla”, “Proponer más ejercicios para poner en práctica más al programa” y “Considero que se puede añadir más formas en cómo se visualiza el círculo de Mohr”.

Con base en los resultados anteriores, se puede afirmar que los estudiantes se sintieron bastante satisfechos con la parte asíncrona de la experiencia piloto, aunque ligeramente menos que con su parte síncrona. Además, declararon

haber incrementado su interés en el curso y apreciar el programa desarrollado y su utilidad en las actividades de aprendizaje autónomo. En consecuencia, los resultados contribuyen a validar la efectividad de las estrategias de enseñanza aprendizaje implementadas entre los estudiantes de Ingeniería Civil de una universidad privada de Lima.

En líneas generales, los resultados de las encuestas de satisfacción muestran una respuesta positiva por parte de los estudiantes respecto a la implementación del programa *Mohr-cito*, tanto en las actividades síncronas como asíncronas. Los estudiantes expresan una alta satisfacción con las estrategias de enseñanza aprendizaje y destacan el impacto positivo del programa en su interés y en la comprensión de los contenidos del curso. Si bien se identifican algunas áreas de mejora, como la interfaz y la variedad de ejercicios, los resultados refuerzan la efectividad de la intervención en la satisfacción de los estudiantes de Ingeniería Civil, validando su potencial para continuar aplicándose y mejorándose en futuras experiencias.

2.3.3. Comentarios finales y lecciones aprendidas

Con respecto a la pertinencia de la propuesta, se observó que la implementación de la experiencia piloto contribuye a la mejora de los procesos de enseñanza y, además, es valorada positivamente entre los participantes. Dado el contexto de la institución educativa, donde se busca desarrollar habilidades y competencias esenciales para la Ingeniería Civil, la propuesta de innovación brinda un valor agregado mediante el fomento de metodologías activas y el uso de recursos tecnológicos. De esta manera, se aborda y responde a las necesidades de docentes y estudiantes.

Asimismo, mediante el uso del recurso tecnológico, los estudiantes desarrollarían habilidades analíticas y una comprensión profunda de conceptos fundamentales en ingeniería civil, como la transformación de esfuerzos. Además, los docentes tendrían la oportunidad de actualizar sus enfoques pedagógicos y habilidades en el uso de tecnologías emergentes. Este fortalecimiento de capacidades, tanto de los estudiantes como del personal docente, conlleva que

la propuesta no solo sea relevante durante la implementación, sino que también pueda perdurar y evolucionar con el tiempo, adaptándose a nuevas generaciones de estudiantes y avances tecnológicos.

Con respecto a la eficacia y eficiencia de la propuesta, se observó resultados alentadores en el desarrollo de habilidades de los alumnos para construir adecuadamente el Círculo de Mohr. Sin embargo, la eficiencia debe analizarse a través de la mejora y optimización de los recursos disponibles. Para ello, debe procurarse que los recursos desarrollados sean mejorados con base en la experiencia piloto y sean reutilizados en ciclos posteriores o cursos semejantes.

Con respecto a la sostenibilidad de la propuesta, a continuación, se presentan las observaciones que deben atenderse antes de escalar la experiencia piloto a las demás secciones del curso Mecánica de Materiales:

- *Requerimientos de tiempo para la ejecución:*

Los docentes a tiempo parcial de ingeniería tienen obligaciones adicionales fuera de la universidad (Ej: consultorías, docencia en otras universidades, etc.) y los docentes a tiempo completo tienen obligaciones mayores de dictado (superando las 30 horas de dictado semanal), lo cual reduce su tiempo para reuniones y coordinaciones con motivo de la propuesta de innovación. En ese sentido, es necesario maximizar la eficiencia de las reuniones de coordinación y explorar metodologías activas para transmitir los beneficios pedagógicos de la propuesta de innovación.

- *Destreza tecnológica:*

Pese a la naturaleza simplista del programa a desarrollarse, un aspecto clave que causa preocupación entre los docentes es el adecuado manejo del programa. En particular, cómo descargar y cómo utilizar el programa es la primera pregunta que realizaron los candidatos consultados. En ese sentido, se refuerza la necesidad de motivar a los docentes para que se involucren y dediquen tiempo a la familiarización con el programa y, además, la adquisición

de cualquier aditamento necesario para conexión de sus laptops con el sistema de proyectores de la infraestructura existente.

- *Disrupción en la estrategia de enseñanza aprendizaje:*

Las guías didácticas plantean una estrategia de enseñanza aprendizaje bastante tradicional (introducción; alternación de contenido teórico, ejercicios prácticos y uso del programa *Mohr-cito*; y, cierre o conclusión). Sin embargo, se observa cierta reticencia por parte de los docentes con respecto a cambiar y/o ajustar sus estrategias de enseñanza aprendizaje. En particular, muestran su preocupación ante conceptos y/o detalles operativos no abordados en los ejercicios prácticos de las guías didácticas. En ese sentido, para las guías didácticas de la propuesta de innovación, es necesario validar los ejercicios prácticos con el grupo de docentes del curso y, según sea necesario, modificarlos y, consecuentemente, modificar también las funcionalidades del programa *Mohr-cito*.

- *Dosificación de tiempo de clase:*

La incorporación de momentos de clase dedicados a la introducción, al uso del programa desarrollado y al cierre, reduce el tiempo de exposición de contenido teórico y de solución de ejercicios prácticos. Esta reducción genera preocupación entre los docentes sobre cómo conseguir los logros de aprendizaje de la unidad. Esta preocupación es relevante debido a que muchos docentes suelen quejarse de la falta de horas sincronas para abarcar todos los contenidos del sílabo con la debida profundidad. En ese sentido, se refuerza la necesidad de motivar a los docentes y transmitir los beneficios pedagógicos de la propuesta de innovación.

Con respecto a futuros impactos y/o efectos, se espera que la propuesta tenga un impacto positivo en la calidad del aprendizaje, fomentando el pensamiento crítico y contribuyendo al desarrollo de competencias de los estudiantes. A mediano y largo plazo, se desea contribuir a generar un cambio en la manera en que se estructuran los cursos, promoviendo un modelo más dinámico y centrado en el estudiante. Además, se desea motivar a otros docentes a adoptar enfoques similares, contribuyendo a la modernización de la enseñanza en Ingeniería.

Con respecto a las características como agente innovador, esta propuesta integra metodologías activas y tecnología para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje. A diferencia de los enfoques tradicionales, fomenta una mayor interacción y autonomía del estudiante, convirtiéndolo en un agente activo de su formación. Su carácter innovador radica en su capacidad de adaptación a distintas disciplinas y en la posibilidad de ser replicada en otros entornos educativos.



CONCLUSIONES

- *Conclusión general:*

La implementación de un recurso tecnológico educativo basado en Python para la enseñanza de Mecánica de Materiales ha demostrado ser una estrategia efectiva para fortalecer las competencias de Solución de Problemas y Diseño en Ingeniería. A través de su integración en el curso, los estudiantes pudieron visualizar y comprender mejor la transformación de esfuerzos entre sistemas de ejes coordenados, lo que facilitó su aprendizaje y aplicación en problemas prácticos. Además, la experiencia piloto permitió evaluar el impacto de esta herramienta en el rendimiento académico y la percepción de los estudiantes, obteniendo resultados favorables que respaldan su utilidad como complemento a la enseñanza tradicional.

- *Conclusiones específicas:*

El recurso tecnológico *Mohr-cito*, desarrollado con lenguaje de programación Python, permitió la visualización efectiva del estado de esfuerzos plano, la construcción del círculo de Mohr correspondiente, y la transformación de esfuerzos entre sistemas de ejes coordenados. Además, su interfaz interactiva y gráficos detallados potencian el aprendizaje de conceptos complejos y la resolución de ejercicios.

Las guías didácticas, tanto para docentes como para estudiantes, complementaron eficazmente el uso del recurso tecnológico *Mohr-cito*. Su desarrollo es un paso clave en la implementación del enfoque pedagógico propuesto, pues proporcionan una secuencia didáctica valiosa para las sesiones síncronas y el aprendizaje autónomo.

La experiencia piloto evidenció que los recursos tecnológicos educativos pueden desarrollarse, adaptarse o ajustarse utilizando el lenguaje de programación Python, de forma personalizada según las propias necesidades pedagógicas y

siempre en la búsqueda de profundizar y mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

La experiencia piloto también evidenció algunos desafíos para la innovación educativa, como la necesidad de más tiempo para su implementación, dificultades tecnológicas y resistencia al cambio entre los docentes. La retroalimentación obtenida durante su desarrollo permitirá mejorar la propuesta de innovación y asegurar su aplicabilidad a gran escala.

Los resultados académicos indicaron avances en el aprendizaje de los estudiantes, especialmente en el uso del programa *Mohr-cito*, con un alto porcentaje logrando construir correctamente el Círculo de Mohr. Sin embargo, también indicaron que, pese a las estrategias implementadas, persisten las dificultades en la construcción del estado de esfuerzos plano y la identificación de esfuerzos principales, lo que sugiere que estos conceptos aún requieren más tiempo y ajustes metodológicos.

Las respuestas de los estudiantes mostraron una alta satisfacción general con el uso del programa *Mohr-cito*, destacando su utilidad en las sesiones síncronas y actividades asíncronas. En particular, los estudiantes valoraron la utilidad y pertinencia del recurso tecnológico, aunque sugirieron algunas mejoras, como una interfaz más intuitiva y más ejercicios prácticos en las guías didácticas.

La implementación del programa fue bien recibida por los estudiantes, con una alta satisfacción y valoración positiva, aunque se observó una ligera preferencia por las sesiones síncronas, donde se valoran más las interacciones con el docente en tiempo real.

RECOMENDACIONES

- *Con relación al diseño de la propuesta:*

Se sugiere evaluar la posibilidad de utilizar el lenguaje de programación Python (u otro) para el desarrollo de simulaciones 3D interactivas, a fin de seguir fortaleciendo los procesos de aprendizaje de los alumnos. Estos recursos permitirían una comprensión más profunda de los conceptos teóricos al brindar experiencias visuales e interactivas que refuercen la intuición y aplicación práctica. Si bien su implementación implica costos adicionales y una mayor infraestructura tecnológica, su viabilidad podría analizarse en función del impacto en el aprendizaje y la relación costo-beneficio.

- *Con relación a la ejecución de la propuesta:*

Se sugiere monitorear y registrar la retroalimentación de docentes y estudiantes de forma continua y, de ser posible, ajustar los recursos tecnológicos y las estrategias pedagógicas según corresponda. Si se desea replicar y/o adaptar esta propuesta de innovación, es fundamental evaluar constantemente los efectos de la implementación a través de encuestas y/o de evaluaciones formativas. Siempre con la finalidad de garantizar que los recursos educativos se mantengan alineados con los objetivos pedagógicos y las necesidades de los estudiantes.

- *Con relación al uso de los recursos elaborados:*

Se recomienda evaluar con mayor profundidad la usabilidad del recurso tecnológico *Mohr-cito.exe* mediante entrevistas o grupos focales, con el objetivo de mejorar su interfaz y hacerla más intuitiva y atractiva visualmente. Al respecto, se sugiere explorar opciones de visualización 3D para la construcción del estado de esfuerzos y los correspondientes círculos de Mohr, con el fin de facilitar la comprensión de los estudiantes. Asimismo, se sugiere explorar la opción de retroalimentación en tiempo real, a fin de permitir a los estudiantes identificar y

corregir sus errores y, de esta manera, fomentar su trabajo autónomo e independiente.

Se sugiere adaptar las guías didácticas según la retroalimentación recibida durante esta experiencia piloto. Al respecto, se sugiere aprovechar todas las funcionalidades existentes del recurso tecnológico y ofrecer una mayor variedad de ejercicios tanto en sesiones síncronas como asíncronas, con un enfoque especial en la construcción del estado de esfuerzos plano. Además, se recomienda elaborar tutoriales detallados, incluyendo más recursos visuales, como diagramas y capturas de pantalla paso a paso, para facilitar la comprensión de los estudiantes y, así, fortalecer su aprendizaje práctico y alentar su aprendizaje autónomo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, M. (2024, 16 de agosto). *Objetivos generales y específicos: Qué son y cómo redactarlos*. asana. <https://asana.com/es/resources/general-and-specific-objectives>
- Ari, N., y Mamatnazarova, N. (2014). Programming languages. 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO). <https://doi.org/10.1109/icecco.2014.6997548>
- Basel, K. (2024, 25 de mayo). *Python Pros and Cons in 2024*. netGuru. <https://www.netguru.com/blog/python-pros-and-cons>
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T. y Mazurek, D. F. (2013). *Mecánica de Materiales, 6ta edición*. Mc Graw Hill.
- Berry, T., Cook, L., Hill, N. y Stevens, K. (2010). An exploratory analysis of textbook usage and study habits: Misperceptions and barriers to success. *College Teaching*, 59(1), 31-39. <https://doi.org/10.1080/87567555.2010.509376>
- Canadian Agency (2024, 22 de abril). *Pros and Cons of Python Programming Language*. <https://canadian.agency/pros-and-cons-of-python-programming-language/>
- Centre for Teaching Excellence. (2024). *What is a lesson Plan?* <https://cte.smu.edu.sg/lesson-planning>
- Chowdhary, K. R. (2013). On the Evolution of Programming Languages. *College Teaching*, 59(1), 31-39. <https://doi.org/10.1080/87567555.2010.509376>
- Cimas, G. (2020, 16 de julio). *Qué es un lenguaje de programación: Guía para principiantes*. Open Webinars. <https://openwebinars.net/blog/que-es-un-lenguaje-de-programacion/>
- Conexión Esan. (2023, 15 de diciembre). *¿Cómo desarrollar una estrategia operativa exitosa?* <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/como-desarrollar-una-estrategia-operativa-exitosa>
- DataScientist (2024, 8 de febrero). *Python: The most popular language*. <https://datascientest.com/en/python-the-most-popular-language#:~:text=Python%20is%20also%20the%20most%20widely%20used%20language%20for%20Data,libraries%20and%20other%20numerical%20algorithms>
- Del Valle, R. y Luque, G. (2020). *Guía Didáctica Curso TIC 605: Recursos Tecnológicos, Ergonomía y Aprendizaje*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gavrilova, Y. (2023, 30 de octubre). *Pros and Cons of Python Programming Language*. <https://serokell.io/blog/python-pros-and-cons>
- Gobierno de Canarias (2010). Orientaciones para la elaboración del Plan de Tecnologías de la Información y Comunicación (PLAN TIC) en los Centros Educativos. *Canarias: Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes, Gobierno de Canarias*. http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/mediateca/ecoescuela/wp-content/uploads/sites/2/2013/11/Orientaciones_PLanTIC.pdf
- Hutchinson, C. (2023, 1 de agosto). *How to Measure Learning Outcomes and Impact with Claned*. <https://claned.com/how-to-measure-learning-impact/>

- Jabif, L. (2007). *Aprendizaje autónomo*. Centro de Actualización en la Enseñanza Superior [CAES]. Universidad ORT Paraguay. <https://caes.ort.edu.uy/herramientas-para-la-docencia/aprendizaje-autonomo>
- Kaplan, R. (2010). Choosing a first programming language. *SIGITE '10: Proceedings of the 2010 ACM conference on Information technology education*, 163-164. <https://doi.org/10.1145/1867651.186769>
- Larson, Q. (2023, 24 de noviembre). *What Programming Language Should I Learn First in 2024?*. freeCodeCamp. <https://www.freecodecamp.org/news/what-programming-language-should-i-learn-first-19a33b0a467d/>
- Lee, J. Y., Ryu, H. R. y Park, Y. T. (2014). Finite element implementation for computer-aided education of structural mechanics: Mohr's circle and its practical use. *Computer Application in Engineering Education*, 22(3), 494-508. <https://doi.org/10.1002/cae.20575>
- Lee, W. P., Chiu, C. H., Hwan, C. L. y Ma, J. (2009). Digital simulation of the transformation of plane stress. *Computer Application in Engineering Education*, 17(1), 25-33. <https://doi.org/10.1002/cae.20180>
- Li, X., Zhou, L., Yu, L., Zhu, S., Peng, S. y Zhang, X. (2024). Emphasizing fundamentals, focusing on engineering, strengthening practice, integrating simulation, and promoting innovation: Exploration on teaching reform of mechanics of materials. *Mechanics in Engineering*, 46(1), 179-187. <https://doi.org/10.6052/1000-0879-23-448>
- McPeak, A. (2017, 18 de abril). *What's the Best Programming Language to Learn First? It Depends*. Smartbear. <https://smartbear.com/blog/best-programming-language-to-learn-first/>
- Mohindroo, S. K. (2023, 28 de marzo). *The Evolution of Programming Languages: Past, Present, and Future*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/evolution-programming-languages-past-present-future-mohindroo/>
- Moller, J. y Mokaddem, A. (2001). A tool for learning Mohr's circle. *International Journal of Mechanical Engineering Education* 29(1), 53-72. <https://doi.org/10.7227/IJMEE.29.1.6>
- Novotny, J. (2022, 23 de marzo). *The Pros and Cons of Python Programming*. Akamai. <https://www.linode.com/docs/guides/pros-and-cons-of-python/>
- Okonkwo, U. C., Onokwai, A. O. y Onokpite, E. (2015). Software for Stresses and Mohr's Circle Computation, Transformation and Sensitivity Analysis. *International Journal of Engineering Trends and Technology* 28(3), 123-129. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V28P224>
- Orihuela, A. (2022). *Programa de seguridad de información ante ciber ataques de ingeniería social para empleados de una compañía de telecomunicaciones de Lima*. Tesis de Maestría en Integración e Innovación Educativa de las TIC.
- Pabst, D., Dosse, L. A., Wismer, S. E. y Barry, M. M. (2023). A Comparative Study on Student Performance using Traditional and Interactive Textbooks. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2-42369>
- Pallares-Muñoz, M. R. y Rodríguez-Calderón, W. (2023). Solving plane stress problems using EsfPlano2D educational software. *DYNA*, 90(227), 92-99. <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n227.108484>

- Peck, R., Olsen, C. y Devore, J. (2008). *Introduction to Statistics and Data Analysis (3rd ed.)*. Thomson Brooks/Cole
- Philpot, T. A., Hall, R. H., Hubing, N., Flori, R., Oglesby, D. B. y Vikas, Y. (2003). Animated instructional media for stress transformations in a Mechanics of Materials course. *Computer Application in Engineering Education*, 11(1), 40-52. <https://doi.org/10.1002/cae.10037>
- Raffino, Equipo editorial, Etecé (2023, 19 de noviembre). *Lenguaje de programación*. Enciclopedia Concepto. <https://concepto.de/lenguaje-de-programacion/>
- Ristic, O., Milosevic, D. y Urosevic, V. (2016). The importance of programming languages in education. *Technics and Informatics in Education 6th International Conference, Faculty of Technical Sciences*. UDK:004.43::371.1
- Suarez-Díaz, M. G. (2024). Guía Didáctica Curso TIC 611: Seminario de Tesis 2: Propuesta de Innovación Educativa. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Suleiman, M. M., Yahya, A. T. y Tukur, M. (2020). Effective Utilization of ICT Tools in Higher Education. *Journal of Xidian University*, 14(9), 588-594. <https://doi.org/10.37896/jxu14.9/061>
- Volpe, A. I. (s.f.). ¿Cómo se clasifican los lenguajes de programación?. EDteam. <https://ed.team/blog/como-se-clasifican-los-lenguajes-de-programacion>
- Wang, W., Zhao, H. y Mao, X. (2023). Developing E-learning Software using Finite Element Technology to Enhance Engineering Mechanics Education: a Case Study. *ACM International Conference Proceeding Series*, 254-260. <https://doi.org/10.1145/3631991.3632033>
- Waskito, W., Fortuna, A., Wulansari, R. E., Nabawi, R. A., Prasetya, F. y Lutfi, A. (2024). Integration of Mobile Augmented Reality Applications for Engineering Mechanics Learning with Interacting 3D Objects in Engineering Education. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(3), 354-361. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.3.2057>
- Woollacott, L. C. y Van Der Merwe, J. (2017). A phenomenographic analysis of students' experience of the MOHR circle: A case study in research-led engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 33(4), 1271-1282.

ANEXOS

Anexo N°1: Encuesta N°1



Encuesta N°1 - Uso de programa Mohrcito en clases (CX51)

Este formulario es anónimo y tiene una duración aproximada de 5 a 10 minutos.

[Sign in to Google](#) to save your progress. [Learn more](#)

* Indicates required question

La participación en esta encuesta es voluntaria y toda la información se tratará de manera confidencial, sin identificar individualmente a nadie en los resultados. ¿Aceptas que tus respuestas sean utilizadas con fines académicos? *

Sí

No

[Next](#) [Clear form](#)

Considerando el uso del programa Mohr-cito en las sesiones de clase de la unidad "estado de esfuerzos multiaxial", por favor contesta lo siguiente:

¿Cómo calificarías las sesiones de clase con la incorporación del programa Mohr-cito (en general)? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante insatisfactorias Bastante satisfactorias

¿Cómo calificarías la presentación de la teoría? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante desordenada Bastante didáctica

¿Cómo calificarías los ejercicios prácticos? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante confusos e inútiles Bastante claros y útiles

¿Qué tanto ha aumentado tu interés en el curso después de las sesiones de clase con la incorporación del programa Mohr-cito? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Mi interés ha disminuido bastante Mi interés ha aumentado bastante

¿Qué tan motivado/a te sientes para seguir aprendiendo sobre transformaciones de esfuerzo y el círculo de Mohr? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante desmotivado/a

Bastante motivado/a

¿Qué tan útil te resultó el programa Mohr-cito para verificar los resultados de los ejercicios prácticos? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante inútil

Bastante útil

¿Hubo algún aspecto del programa que encontraste particularmente útil o confuso? *

Your answer

¿Qué mejorarías de las sesiones de clase? *

Your answer

¿Tienes alguna sugerencia para futuras actividades? *


Your answer

Back

Submit

Clear form

Anexo N°2: Encuesta N°2



Encuesta N°2 - Uso de programa Mohrcito en clases (CX51)

Este formulario es anónimo y tiene una duración aproximada de 5 a 10 minutos.

[Sign in to Google](#) to save your progress. [Learn more](#)

* Indicates required question

La participación en esta encuesta es voluntaria y toda la información se tratará de manera confidencial, sin identificar individualmente a nadie en los resultados. *
¿Aceptas que tus respuestas sean utilizadas con fines académicos?

Sí

No

[Next](#) [Clear form](#)

Considerando el uso del programa Mohr-cito como herramienta para resolver la guía de actividades de la unidad "estado de esfuerzos multiaxial", por favor contesta lo siguiente:

¿Cómo calificarías el trabajo autónomo con la incorporación del programa Mohr-cito (en general)? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante insatisfactorio Bastante satisfactorio

¿Cómo calificarías la presentación de la guía didáctica? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante inadecuada Bastante adecuada

¿Qué tanto ha influido la incorporación del programa Mohr-cito en tu aprendizaje del curso? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Mi aprendizaje ha sido perjudicado bastante Mi aprendizaje ha sido potenciado bastante

¿Qué tanto ha aumentado tu interés en el curso después del trabajo autónomo con la incorporación del programa Mohr-cito? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Mi interés ha disminuido bastante Mi interés ha aumentado bastante

¿Qué tan motivado/a te sientes para seguir aprendiendo sobre transformaciones de esfuerzo y el círculo de Mohr? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante desmotivado/a Bastante motivado/a

¿Qué tan útil te resultó el programa Mohr-cito para responder las preguntas complementarias a los ejercicios prácticos? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bastante inútil Bastante útil

¿Hubo algún aspecto del programa que encontraste particularmente útil o confuso? *

Your answer _____

¿Qué mejorarías en la guía de actividades? *

Your answer _____

¿Tienes algún comentario adicional sobre tu experiencia? *

Your answer

Back

Submit

Clear form



Anexo N°3: Guía para docentes de Sesión 01

Guía para docentes – Sesión 01: Construcción del estado de esfuerzos plano y esfuerzos en el plano inclinado

Logros de aprendizaje de la sesión: Al finalizar la sesión, el alumno construye el estado de esfuerzos plano en cuerpos deformables bajo la acción de diversas condiciones de carga.

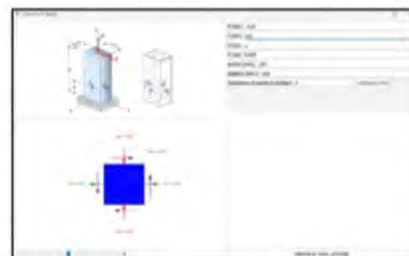
- 5 min **INTRODUCCIÓN:** Presentación del logro de aprendizaje, recolección de saberes previos y/o presentación de la importancia del tema.
- 10 min **CONTENIDO TEÓRICO:** Presentación la definición del estado de esfuerzos plano, sus componentes y la convención de signos asociada.
- 15 min **EJERCICIO PRÁCTICO:** Desarrollo de ejercicio (01) sobre la construcción del estado de esfuerzos plano en una columna recta sometida a dos cargas en su extremo libre, siguiendo la siguiente secuencia: 1) determinar fuerzas internas, 2) determinar los esfuerzos debidos a las cargas internas, 3) construir el estado de esfuerzos en cada punto solicitado.



- 10 min **USO DE MOHR-CITO:** Uso de funcionalidad “Columna en volado” del programa Mohr-cito para verificar los resultados del ejercicio.

Preguntas guía sugeridas:

- 1) ¿Por qué cambian los ejes utilizados al analizar el estado de esfuerzos de los puntos A y B?
- 2) ¿Por qué cambian los valores de esfuerzos normales al analizar los puntos A, B, C y D?
- 3) ¿Por qué cambian los valores de esfuerzos cortantes al analizar los puntos A, B, C y D?



- 15 min **EJERCICIO PRÁCTICO:** Desarrollo de ejercicio (02) sobre la construcción del estado de esfuerzos plano en un elemento doblado sometido a una carga en el extremo libre, siguiendo la siguiente secuencia: 1) determinar fuerzas internas, 2) determinar los esfuerzos debidos a las cargas internas, 3) construir el estado de esfuerzos en cada punto solicitado.

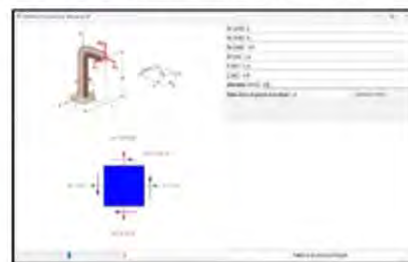


10 min BREAK

- 10 min **USO DE MOHR-CITO:** Uso de funcionalidad "Columna en L en volado" del programa Mohr-cito para verificar los resultados del ejercicio.

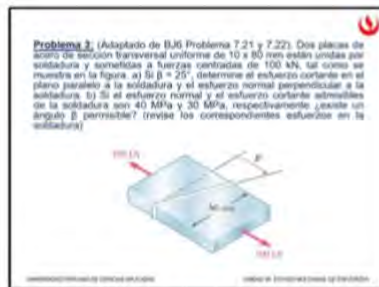
Preguntas guía sugeridas:

- 1) ¿Por qué la fuerza cortante no genera esfuerzos cortantes en el punto A?
- 2) ¿Cómo cambian los valores de los esfuerzos normales y cortantes al analizar los puntos A, B, C y D?



- 10 min **CONTENIDO TEÓRICO:** Presentación del estado de esfuerzos plano en cuerpos deformables sometidos únicamente a carga axial, considerando un plano de análisis inclinado.

- 15 min **EJERCICIO PRÁCTICO:** Desarrollo de ejercicio (03) sobre el análisis y la aplicación del estado de esfuerzos plano en una barra recta sometida a carga axial y soldada en un plano inclinado, siguiendo la siguiente secuencia: 1) determinar fuerzas internas en el plano inclinado, 2) construir el estado de esfuerzos en la línea de la soldadura, 3) determinar los esfuerzos debidos a las cargas internas, 4) evaluar y/o comparar los esfuerzos obtenidos con los esfuerzos admisibles de la soldadura.



10 min **USO DE MOHR-CITO:** Uso de funcionalidad "Columna en volado" del programa Mohr-cito para verificar los resultados del ejercicio y explorar los resultados en diversos ejes inclinados.

Preguntas guía sugeridas:

- 1) ¿Los resultados numéricos son correctos?
- 2) ¿Cuál es la inclinación que produce mayores esfuerzos normales?
- 3) ¿Cuál es la inclinación que produce mayores esfuerzos cortantes?
- 4) ¿Cuál es la inclinación que produce que el esfuerzo normal en la soldadura sea 40 MPa? ¿Cuál es el esfuerzo cortante correspondiente?
- 5) ¿Cuál es la inclinación que produce que el esfuerzo cortante en la soldadura sea 30 MPa? ¿Cuál es el esfuerzo normal correspondiente?
- 6) ¿Existe alguna inclinación que cumpla ambas condiciones?



5 min **CIERRE / CONCLUSIÓN:** Lluvia de ideas y resumen de clase.

Preguntas guía sugeridas:

- 1) ¿Qué fue lo más interesante de la clase de hoy?
- 2) ¿Cómo se define el estado de esfuerzos?
- 3) ¿Cómo cambia el estado de esfuerzos en planos inclinados?

Guía de actividades de aprendizaje autónomo con *Mohr-cito*

Instrucciones

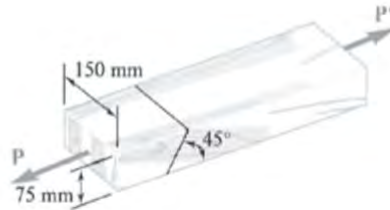
- Responde a las preguntas manuscritas de los ejercicios.
- Ejecuta el programa *Mohr-cito*, sigue las instrucciones de uso para cada ejercicio y, luego, realiza las preguntas de reflexión.
- Si no estás seguro/a de la respuesta o cómo seguir, revisa los comentarios a cada pregunta de reflexión.
- Si tienes dudas, consulta con tus compañeros y/o tu profesor del curso
- Una vez que resuelvas el ejercicio correctamente, cambia los datos y/o experimenta con el programa para resolver otros ejercicios.

¡A comenzar!

Guía de actividades de aprendizaje autónomo – Ejercicio 01

Esfuerzos en un plano inclinado arbitrario

Dos elementos de madera con sección transversal rectangular uniforme están unidos mediante un empalme sencillo pegado al sesgo, como se muestra en la figura. El máximo esfuerzo cortante permisible en el empalme pegado es de **620 kPa**.



Preguntas para resolución manuscrita

- ¿Cuál es la máxima carga P que puede soportar el empalme con seguridad?
- ¿Cuál es el esfuerzo a tensión correspondiente en el empalme?

Análisis con software *Mohr-cito*

Paso 1: Ingresa al software *Mohr-cito*.

Paso 2: Elige la opción *columna en volado*.

Paso 3: Considera P igual a la carga máxima hallada en la pregunta para resolución manuscrita (a).

Paso 4: Ingresa los datos $F = 0 \text{ kN}$, $H = 1 \text{ m}$, $h = 0.25 \text{ m}$, *ancho* = 150 mm, *espesor* = 100 mm.

Paso 5: Selecciona el punto *B*.

Paso 6: Ingresa el ángulo de inclinación -45° .

Reflexión 1: ¿El esfuerzo cortante paralelo al empalme (representado en color morado) es igual a **620 kPa**? ¿Ello comprueba tu respuesta en la pregunta (a)?

Compartido con licencia por Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

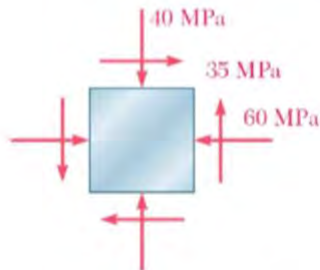
Reflexión 2: ¿Es posible obtener un esfuerzo cortante mayor a **620 kPa**? ¿En qué ejes inclinados?

El contenido de este documento es propiedad intelectual de la Universidad de Chile y está protegido por la Ley de Propiedad Intelectual. No se permite su reproducción, distribución o transformación sin el consentimiento escrito de la Universidad de Chile.

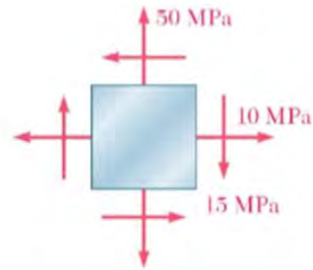
Guía de actividades de aprendizaje autónomo – Ejercicio 02

Esfuerzos máximos en el plano / Ecuaciones de transformación de esfuerzos

Considera los 02 estados de esfuerzo plano mostrados a continuación:



Estado de esfuerzos plano I



Estado de esfuerzos plano II

Preguntas para resolución manuscrita

- Para cada uno de ellos, calcula el estado de esfuerzos principales, mostrando los ejes principales ϑ_p , los esfuerzos normales máximos $\sigma_{máx}$ y los esfuerzos normales mínimos $\sigma_{mín}$.
- Para cada uno de ellos, calcula el estado de esfuerzos de cortante máximo en el plano, mostrando los ejes secundarios ϑ_s , los esfuerzos normales correspondientes σ_{prom} y el sentido del esfuerzo cortante máximo.

Análisis con software *Mohr-cito*

Paso 1: Ingresa al software *Mohr-cito*.

Paso 2: Elije la opción *esfuerzos*.

Paso 3: Para el primer caso, ingresa los datos $\sigma_x = -60 \text{ MPa}$, $\sigma_y = -40 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = +35 \text{ MPa}$.

Paso 4: Para el segundo caso, ingresa los datos $\sigma_x = +10 \text{ MPa}$, $\sigma_y = +50 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = -15 \text{ MPa}$.

Reflexión 1: ¿Los valores de ϑ_p , $\sigma_{máx}$ y $\sigma_{mín}$ son iguales para los estados de esfuerzos calculados en (a)? ¿Observas alguna similitud en el valor del esfuerzo cortante correspondiente?

El resultado de los cálculos realizados con el software *Mohr-cito* para cada caso, muestra el mismo valor para los esfuerzos principales $\sigma_{máx}$ y $\sigma_{mín}$.

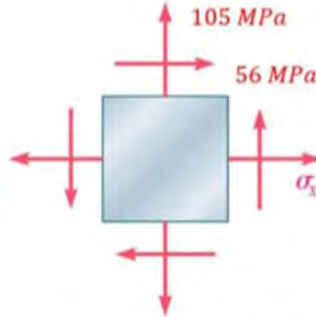
Reflexión 2: ¿Los valores de ϑ_s , σ_{prom} y $\tau_{máx}$ son iguales para los estados de esfuerzos calculados en (b)? ¿Puede existir algún esfuerzo cortante de mayor valor?

El resultado de los cálculos realizados con el software *Mohr-cito* para cada caso, muestra el mismo valor para los esfuerzos secundarios ϑ_s y el mismo valor para el esfuerzo cortante máximo $\tau_{máx}$.

Guía de actividades de aprendizaje autónomo – Ejercicio 03

Esfuerzos máximos en el espacio / Círculo de Mohr

Considera el estado de esfuerzo plano mostrado a continuación:



Preguntas para resolución manuscrita

- a) Utiliza el círculo de Mohr para determinar el rango de valores σ_x para el cual el esfuerzo cortante máximo en el plano es menor o igual que **70 MPa**.

Análisis con software *Mohr-cito*

Paso 1: Ingresa al software *Mohr-cito*.

Paso 2: Elige la opción **esfuerzos**.

Paso 3: Ingresa los datos $\sigma_x = +21 \text{ MPa}$, $\sigma_y = +105 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = +56 \text{ MPa}$.

Paso 4: Ingresa los datos $\sigma_x = +189 \text{ MPa}$, $\sigma_y = +105 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = +56 \text{ MPa}$.

Reflexión 1: El círculo azul representa la variación de esfuerzos en el plano. ¿Cuál es el esfuerzo cortante máximo **en el plano** con el primer juego de datos? ¿Y con el segundo juego de datos?

Comentario: El esfuerzo cortante máximo en el plano se muestra en el valor de τ_{max} que muestra el programa. ¿El τ_{max} es el mismo para ambos juegos de datos?

Reflexión 2: El círculo azul representa la variación de esfuerzos en el plano. ¿Cuál es el esfuerzo cortante máximo **en el espacio** con el primer juego de datos? ¿Y con el segundo juego de datos?

Comentario: El esfuerzo cortante máximo en el espacio se muestra en el valor de τ_{max} que muestra el programa. ¿El τ_{max} es el mismo para ambos juegos de datos?

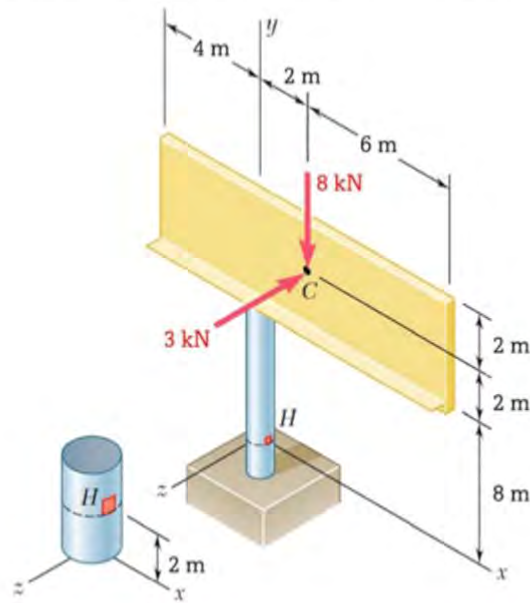
Reflexión 3: ¿Qué rango de valores de σ_x deberías dar como respuesta a la pregunta en (a)?

Comentario: Para comparar la respuesta, máxime el valor de τ_{max} en el programa y observa cómo cambia el radio del círculo azul.

Guía de actividades de aprendizaje autónomo – Ejercicio 04

Esfuerzos máximos en el espacio / Círculo de Mohr

La figura muestra un anuncio rectangular sostenido por un poste esbelto. El peso del anuncio es 8000 N y actúa en su centro de gravedad C . El poste tiene un diámetro igual a 30 cm . En cierto momento, la presión resultante del viento equivale a una fuerza de 3000 N aplicada en el centro de gravedad C del anuncio. El origen de los ejes coordenados xyz se encuentra en el centro de la base del poste.



Preguntas para resolución manuscrita

- Determina el estado de esfuerzo plano en el punto H .
- Determina el estado de esfuerzos principales, mostrando los ejes principales ϑ_p , los esfuerzos normales máximos $\sigma_{m\acute{a}x}$ y los esfuerzos normales mínimos $\sigma_{m\acute{i}n}$.
- Determina el estado de esfuerzos de cortante máximo en el plano, mostrando los ejes secundarios ϑ_s , los esfuerzos normales correspondientes σ_{prom} y el sentido del esfuerzo cortante máximo.

Análisis con software *Mohr-cito*

Paso 1: Ingresa al software *Mohr-cito*.

Paso 2: Elige la opción *columna en L en volado*.

Paso 3: Ingresa los datos $F_x = 0 \text{ kN}$, $F_y = -8 \text{ kN}$, $F_z = -3 \text{ kN}$, $H = 8 \text{ m}$, $h = 2 \text{ m}$, $L = 2 \text{ m}$, *diámetro = 300 mm*.

Paso 4: Selecciona el punto *B*.

Reflexión 1: ¿El estado de esfuerzos dibujado por el programa *Mohr-cito* corrobora tus resultados? ¿Qué ocurre si seleccionas otro punto de análisis (ej. D)?

Comentarios: El estado de esfuerzos cambia para cada punto de análisis. Cambia el estado de esfuerzos en los 04 puntos y corrobora los resultados. Luego, analiza a que se deben los cambios.

Reflexión 2: ¿El círculo de Mohr dibujado por el programa *Mohr-cito* corrobora tus resultados? ¿Qué ocurre si seleccionas otro punto de análisis (ej. D)?

Comentarios: El círculo de Mohr cambia para cada punto de análisis. Cambia el círculo de Mohr para cada punto de análisis y corrobora los resultados. Luego, analiza a que se deben los cambios.

¡Felicitaciones por terminar todas las actividades de aprendizaje autónomo!



¡Ahora sigue avanzando con el estudio de las siguientes unidades!