

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

# Secuencia Didáctica sobre el Método Simplex y la Optimización para la Asignatura de Álgebra

**MATERIAL DIDÁCTICO**

Que para obtener el título de

**Ingeniera Industrial**

**P R E S E N T A**

Cinthya Andrea Martínez Trujillo

**ASESORA DE MATERIAL DIDÁCTICO**

Dra. Sofía Magdalena Ávila Becerril



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026**

**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL**
**(Titulación con trabajo escrito)**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado SECUENCIA DIDACTICA SOBRE EL METODO SIMPLEX Y LA OPTIMIZACION PARA LA ASIGNATURA DE ALGEBRA que presenté para obtener el titulo de INGENIERA INDUSTRIAL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

**CINTHYA ANDREA MARTINEZ TRUJILLO**
**Número de cuenta: 420052720**

# Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación **PAPIME PE107625:** "*Evaluación de resultados de aprendizaje y uso de contenido de secuencias didácticas que vinculan álgebra lineal con temas de ingeniería aplicada con estudiantes de la Facultad de Ingeniería*".

Agradezco a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA-UNAM) la beca recibida.

# Índice

Agradecimientos ..... 2

..... 5

Capítulo 1: Introducción ..... 5

1.1 Motivación ..... 5

1.2 Antecedentes ..... 7

1.3 Planteamiento del problema ..... 9

1.4 Objetivos y contribuciones ..... 9

1.5 Organización del documento ..... 10

..... 11

Capítulo 2: Marco Teórico ..... 11

2.1 Aprendizaje Basado en Problemas ..... 11

2.2 Secuencias Didácticas ..... 13

2.3 Álgebra y TIC ..... 14

2.4 Método Simplex ..... 16

Capítulo 3: Secuencia Didáctica ..... 26

3.1 Planeación de la Secuencia Didáctica ..... 27

3.2 Estructura e implementación de la Secuencia ..... 34

Actividades ..... 47

Capítulo 4: Resultados de la Intervención educativa ..... 50

4.1 Instrumentos de evaluación ..... 50

4.2 Resultados Cuantitativos ..... 56

4.3 Resultados Cualitativos ..... 64

Conclusiones.....67

Referencias.....69

Anexo.....71

5.1 Anexos.....71

# Capítulo 1: Introducción

Este trabajo surge de la necesidad de fortalecer y motivar el aprendizaje del álgebra en el estudiantado de primeros semestres de ingeniería. A partir de lo encontrado en la literatura, se ha identificado la estrategia didáctica de Aprendizaje Basado en Problemas, centrado en un problema relevante y orientado con Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), como una herramienta ideal para favorecer un aprendizaje significativo del álgebra en la ingeniería. En este capítulo, se presenta el encuadre de la propuesta. Primero, se presenta la motivación que da origen a este proyecto, posteriormente se presentan los antecedentes para tratar de contextualizar el problema, para después formular el problema y delimitar su alcance definiendo el objetivo general y los objetivos particulares.

## 1.1 Motivación

Una característica clave para todas las ingenierías es la búsqueda de procesos eficientes y el correcto uso de los recursos, así como la mejora de procesos y la toma de decisiones rápidas con planes estratégicos. Para poder lograr estos objetivos, es necesario el uso de herramientas matemáticas que nos permitan modelar, analizar y resolver problemas de manera adecuada. Al tener en cuenta todo esto, el álgebra cumple un rol importante, ya que permite representar escenarios presentes en la ingeniería mediante variables y restricciones.

Particularmente, en ingeniería industrial, el uso de herramientas como la programación lineal y el álgebra tienen como resultado un impacto fundamental para lograr optimizar eslabones de la cadena de suministro, como la logística, la gestión de inventarios y la planificación de la producción *(Sohn, 2025; Goel, Chauhan & Malik, 2022)*. En este contexto, el método Simplex, desarrollado por el matemático George Dantzig en 1947, se ha convertido en una de las herramientas más importantes de la programación lineal, pues nos permite identificar soluciones óptimas de manera sistemática y eficiente en problemas que contienen múltiples variables y restricciones.

La solidez del método simplex ha sido reconocida en distintos ámbitos tanto académicos como prácticos, pues brinda no sólo soluciones matemáticas, sino análisis de sensibilidad y robustez en la toma de decisiones *(Nash, 2000; MIT, 2024)*. Cuando hablamos de análisis de sensibilidad, nos referimos a la posibilidad de estudiar la forma en que cambia la solución óptima de un problema cuando se modifican algunos de sus parámetros, como los coeficientes de la función objetivo, los valores de las restricciones o la disponibilidad de los recursos. Este tipo de análisis es importante en todas las áreas de ingeniería, ya que los sistemas reales difícilmente permanecen constantes. La robustez de una solución tiene relación con la capacidad de permanecer factible y eficiente ante las alteraciones en el entorno del problema. Una solución considerada robusta no tiene dependencia de escenarios perfectos, sino que tiene la capacidad de mantener su utilidad ante cualquier cambio inesperado.

Así pues, el método simplex permite interpretar situaciones o problemas que necesitan solución óptima en la vida real, ya sean asignaciones de recursos o planificación de producción, por medio de un modelo matemático *(Hu, 2021; Ahmed, 2010)*. La relación existente entre el álgebra y el método simplex hace posible que problemas que en ocasiones son difíciles de resolver tengan otra perspectiva y puedan ser vistas desde otro ángulo.

Ahora bien, desde la perspectiva de la enseñanza y el aprendizaje en carreras de ingeniería, el álgebra, junto con otras asignaturas de matemáticas, provee a los estudiantes de un razonamiento abstracto y de un pensamiento analítico en los procesos de enseñanza y aprendizaje, al mismo tiempo que le brinda herramientas matemáticas para acceder a otras áreas de conocimiento. Sin embargo, en el proceso enseñanza/aprendizaje del álgebra aparecen distintas problemáticas, entre otras, el nivel de abstracción de los conceptos matemáticos y la falta de motivación en el aprendizaje del álgebra. Según lo reportado por Blum and Ferri (2009) es importante que la comprensión no se quede en un nivel abstracto, sino que la discusión se vea embebida alrededor de un problema de ingeniería a resolver. En otras palabras, para que el estudiantado aprenda debe observar una necesidad, cuando aparece una necesidad, el objeto de estudio es asimilado y construido.

Adicionalmente, los perfiles de los estudiantes que ingresan a la Facultad de Ingeniería hoy en día destacan por el dominio de entornos digitales y por lo tanto las dinámicas para captar su atención se han transformado. Esto plantea nuevos retos para la enseñanza, lo que genera una necesidad de diseñar recursos didácticos innovadores y contextualizados que sean capaces de captar el interés de forma natural.

Todo lo anterior nos brinda la motivación necesaria para este trabajo de apoyo a la docencia: motivar a los alumnos de primeros semestres en el estudio de las matemáticas mostrándole que el contenido temático de la asignatura de álgebra sienta las bases para lograr soluciones a problemas de optimización para las empresas y en general para la vida real.

## 1.2 Antecedentes

La asignatura de Álgebra forma parte de los planes de estudio vigentes de todas las carreras que ofrece la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (FI-UNAM), impartida en el primer semestre como la base de la formación académica. No obstante, la seriación de esta asignatura tiene diferencias según el programa académico. En la mayor parte de las Ingenierías impartidas como Industrial, Biomédica, Minas y Metalúrgica, Eléctrica Electrónica, Geológica, Petrolera, Ambiental, Geofísica y Civil la materia de Álgebra se encuentra seriada directamente con Álgebra Lineal.

La Facultad tiene programas de estudio donde las materias consecuentes son distintas, por ejemplo:

- Ingeniería Aeroespacial, continúa con Álgebra Lineal y Fundamentos de Probabilidad y Estadística.
- Ingeniería Geomática, Álgebra Lineal, Probabilidad y Estadística Aplicada a Ingeniería Geomática.
- Ingeniería en Computación, Álgebra Lineal, Probabilidad y Fundamentos en Estadística.
- Ingeniería en Telecomunicaciones, Álgebra Lineal, Probabilidad y Fundamentos de Procesos Aleatorios.
- Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, con Álgebra Lineal, Probabilidad y Estadística.

Con esto, podemos observar que la asignatura de Álgebra forma parte de todos los planes de estudio y es la base para poder vincular a otras materias que dependen de las competencias adquiridas y que son específicas para lo que se busca desarrollar en cada programa y formar ingenieras e ingenieros.

El desarrollo de competencias puede ser un reto importante para los estudiantes de nuevo ingreso. Algunas fuentes indican que la aplicación de exámenes diagnósticos permite

obtener escenarios acerca del rendimiento promedio en Álgebra, esto nos deja ver que muchos estudiantes obtienen calificaciones promedio debajo de la calificación mínima aprobatoria. Se deja en evidencia que existen problemas que pueden tener su origen desde el nivel de bachillerato y esto provoca déficits en la continuación del desempeño académico y por ende aún más problemas con las asignaturas de los semestres siguientes.

Además, se reportó que las asignaturas de Álgebra y Álgebra Lineal mantienen índices de reprobación elevados, como consecuencia de la falta de bases sólidas, la transición del nivel medio superior al nivel licenciatura y los medios que se utilizaron para la enseñanza *(Sánchez Rodríguez, 2023)*. En particular, la Facultad de Ingeniería, a través de la División de Ciencias Básicas (DCB) ha indicado que Álgebra y Álgebra Lineal forman parte de las materias con mayor número de estudiantes con situaciones que los ha dejado en rezago, esto impacta en el cumplimiento de los planes de estudio y en la trayectoria escolar *(Sánchez Rodríguez, 2023)*.

Ahora bien, el programa de estudios de la asignatura de Álgebra de la FI-UNAM está formado por seis unidades temáticas la mayoría con un objetivo operativo. Se destaca que, a lo largo de todo el programa de estudios sólo puede identificarse el Subtema 5.3 “Aplicación de las ecuaciones lineales para la solución de problemas de modelos físicos y matemáticos” como un subtema que trata de dar solución al problema planteado en este trabajo. Sin embargo, la incorporación de este único subtema provee sólo una solución parcial a la problemática puesto que no se garantiza el planteamiento de un problema de ingeniería y más aún, a menudo el profesorado no cuenta con los recursos didácticos necesarios. Por su parte, los recursos públicos encontrados en internet, como canales de YouTube y herramientas puestas a disposición del público generadas por organizaciones académicas sin fines de lucro, como Khan Academy, suelen abordar parte del contenido temático desde la mecanización y la solución de “ejemplos prototipo”. Lo anterior, aunque contribuye en la práctica de las herramientas que provee la asignatura, no motiva al estudiante en el estudio del álgebra.

Partiendo entonces de la premisa de que los estudiantes aprenden mejor cuando los conceptos matemáticos están embebidos en un problema real, en este trabajo de apoyo a la docencia se plantea la generación de recursos en línea originales como juegos, vídeos y presentaciones interactivas que ilustran las aplicaciones en la optimización de subtemas específicos de la asignatura Álgebra.

## 1.3 Planteamiento del problema

Bajo lo expuesto anteriormente, el problema a resolver en este trabajo puede plantearse como sigue: Considere el plan de estudios actual de la asignatura de Álgebra de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, desarrolle una secuencia didáctica que permita relacionar los temas de “Sistemas de Ecuaciones lineales” y “Matrices y determinantes” con el problema de optimización como un problema de ingeniería aplicada transversal a todas las ingenierías.

## 1.4 Objetivos y contribuciones

En este trabajo se presenta el diseño y desarrollo de una secuencia didáctica basada en problemas (ABP) que relaciona los subtemas de sistemas de ecuaciones lineales, matrices y Gauss Jordan con la optimización mediante el método Simplex, con el propósito de que el estudiantado comprenda cómo es que el álgebra con el propósito de que ek estudientado comprenda como se vinculan los conceptos matemáticos de álgebra con problemas aplicados de ingeniería.

### 1.4.1 Objetivos específicos

- Diagnosticar el dominio de conceptos y procedimientos con los que el alumnado cuenta en los temas de sistemas de ecuaciones lineales, matrices y Gauss mediante la aplicación de instrumentos diagnósticos iniciales.
- Diseñar una secuencia didáctica basada en Aprendizaje Basado en Problemas que integre recursos digitales e interactivos (videos, juegos y recursos conceptuales) conectando el álgebra con la optimización de procesos mediante el método simplex.
- Diseñar y crear los recursos educativos necesarios para implementar la secuencia didáctica.
- Implementar la secuencia didáctica en un grupo estudiantil de primer semestre y observar el desempeño durante el proceso de aprendizaje.

### 1.4.2 Contribuciones

En este proyecto, se presenta una propuesta didáctica la cual busca poder demostrarle a los estudiantes que el álgebra es fundamental en el mundo real, específicamente para las carreras de ingeniería. La secuencia didáctica que se desarrolló permite que los estudiantes relacionen temas de sistemas de ecuaciones lineales, matrices y Gauss con problemas de optimización y la toma de decisiones a las que se enfrentan las organizaciones en la práctica

profesional. Por lo tanto, este proyecto contribuye a transformar la percepción del álgebra mostrando su relevancia para la planeación, producción y gestión eficiente de recursos.

Desde la perspectiva académica, la propuesta aporta evidencia sobre la eficiencia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la enseñanza de las matemáticas en ingeniería, pues relaciona la parte teórica con la parte práctica e impulsa la unión entre ambas. Adicionalmente, ofrece recursos didácticos que pueden utilizarse y adaptarse en otros cursos similares de la Facultad de Ingeniería.

Adicionalmente, este proyecto promueve el uso de tecnologías educativas y apoya la capacitación docente en metodologías que van orientadas a la resolución de problemas reales. Las contribuciones de este trabajo buscan aportar a una formación significativa de los estudiantes de ingeniería, donde la asignatura de álgebra se asuma no como un obstáculo, sino como una herramienta para la comprensión del mundo que nos rodea.

## 1.5 Organización del documento

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. En el Capítulo 2 se presenta el marco teórico en el que se sustenta el desarrollo de este material didáctico, en particular, se hace énfasis en la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas y en el Método Simplex. Por su parte, el Capítulo 3 está dedicado a la secuencia didáctica, desde la planeación de las actividades hasta su implementación. El Capítulo 4 presenta los resultados obtenidos cuando se aplicó la secuencia didáctica en un grupo piloto de álgebra. Finalmente, algunos comentarios finales pueden encontrarse en las Conclusiones.

# Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo se presentan los elementos teóricos que forman la propuesta educativa desarrollada en este trabajo. Se revisan los principios básicos del Aprendizaje Basado en Problemas como la estrategia didáctica en la que se centra el proyecto; posteriormente, se abordan las secuencias didácticas como una forma de organización de los recursos para el planteamiento, análisis y solución del problema. Después, se discute la relevancia de la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación como mediadoras del aprendizaje para generar un binomio TIC-ABP. Finalmente, se presentan contenido básico sobre el Método Simplex para, posteriormente, usarlo como el problema central para la enseñanza de contenido de álgebra.

## 2.1 Aprendizaje Basado en Problemas

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una metodología de enseñanza-aprendizaje que coloca al estudiante como protagonista de su formación, al organizar el aprendizaje desde el análisis y la resolución de problemas reales. Actualmente, muchos docentes transmiten conocimientos por medio de la exposición de temas y el estudiante en muchas ocasiones se ve envuelto en una actitud pasiva, limitado a escuchar, tomar apuntes y memorizar. El ABP en cambio, permite que el estudiante construya su conocimiento *(Lozano-Ramírez, 2021)*. De acuerdo con Morales Bueno y Landa Fitzgerald (2004), el ABP utiliza el problema como punto de partida para que el estudiante identifique lo que necesita aprender, fortalezca su aprendizaje autónomo y relacione los nuevos conocimientos con sus experiencias previas.

El ABP nace en las décadas de 1960 y 1970 en la Escuela de Medicina de la Universidad de McMaster, en Canadá, donde surge como una respuesta al crecimiento acelerado de la información y de las nuevas exigencias para la formación de profesionistas. Los modelos tradicionales de enseñanza, que están basados principalmente en clases expositivas y la

memorización de contenidos, resultaban limitadas para preparar a los estudiantes frente a problemas reales (Morales Bueno & Landa Fitzgerald, 2004).

Una de las características principales de la metodología ABP es que el aprendizaje es desarrollado en grupos pequeños de trabajo, esto favorece a la colaboración, intercambio de ideas y la construcción colectiva del conocimiento. En estos equipos, los estudiantes analizan el problema a resolver, argumentan posibles explicaciones, identifican los conocimientos con los que cuentan y cuáles necesitan adquirir o desarrollar para poder brindar soluciones. El docente, adopta el rol de facilitador del aprendizaje, guiando el proceso mediante preguntas, retroalimentación y orientación, sin proporcionar respuestas directas. Esta dinámica fortalece la autonomía del estudiante y fomenta el desarrollo de habilidades sociales como comunicación, el respeto a distintos puntos de vista y el trabajo en equipo.

En cuanto a la parte cognitiva, el Aprendizaje Basado en Problemas está estructurado en teorías que indican que el aprendizaje es un proceso de construcción del conocimiento. Morales Bueno y Landa Fitzgerald (2004) mencionan que el aprendizaje significativo ocurre cuando la información nueva tiene una relaciona con los conocimientos previos del estudiante, lo cual genera una reorganización de las estructuras del pensamiento. Asimismo, el ABP promueve la metacognición, esto se refiere a la capacidad que tienen los estudiantes para reflexionar sobre propio proceso de aprendizaje propio, evaluar los avances que realiza, reconocer las dificultades o limitantes y poder ajustar estrategias funcionales para el estudio.

Otro aspecto que resulta importante del ABP es que el problema planteado debe contener características específicas que sean capaces de despertar interés en el estudiante: estos problemas debe ser retadores, motivadores y cercanos a la realidad. Esto hace posible que, además de atraer su atención, genere un conflicto que logre impulsar a la búsqueda de soluciones, investigar y analizar distintos escenarios o situaciones, lo que favorece a la obtención de aprendizajes más duraderos. Además, al enfrentarse a problemas semejantes a los que se podrían en algún momento presentarse en el ámbito profesional, los estudiantes desarrollan la capacidad de transferir y adaptar todos los conocimientos adquiridos a nuevas situaciones, fortaleciendo la preparación para enfrentarse a escenarios futuros al ejercer su profesión.

Específicamente, para enseñar matemáticas, el ABP ha logrado convertirse en una metodología constructiva que permite que los estudiantes puedan relacionar los contenidos teóricos abstractos con la resolución de problemas reales. De acuerdo con Tapia-Vélez,

García-Herrera, Erazo-Álvarez y Narváez-Zurita (2020), la implementación del ABP en matemáticas transforma el razonamiento lógico, permitiendo explorar múltiples soluciones a un mismo problema logrando despertar el interés de los alumnos al colocarlos frente a situaciones cercanos a su experiencia cotidiana. Según Lozano-Ramírez (2021), esta estrategia ayuda no solamente al aprendizaje académico, sino también a poder desarrollar competencias profesionales, como la comunicación, la negociación, el trabajo en equipo y la creatividad.

A pesar de los beneficios que podría aportar a toda la comunidad estudiantil, existen estudios que revelan que el ABP carece de uso en la educación superior, en parte por la falta de capacitación docente y la resistencia a la mejora continua en mejorar las prácticas a las que están acostumbrados *(Tapia-Vélez et al., 2020)*. No obstante, debemos tener en cuenta que la aplicación de esta metodología favorece la motivación que los estudiantes necesitan para promover aprendizaje duradero y fomentar autonomía, haciendo que la estrategia sea clave para la enseñanza de disciplinas como el álgebra.

En este trabajo se busca que el problema abordado sea auténtico y relevante para la ingeniería. En este sentido, la optimización y en particular el método Simplex destacan por su pertinencia y relevancia El método Simplex representa una herramienta fundamental en las ingenierías, ya que facilita la optimización de funciones lineales bajo múltiples restricciones, lo cual es indispensable en los problemas comunes de empresas como asignación de recursos, planeación de producción y diseño de operaciones.

## 2.2 Secuencias Didácticas

Para poder implementar la estrategia ABP, se busca la organización progresiva y articulada de ciertas actividades. Esta distribución es la llamada “secuencia didáctica”. Una secuencia didáctica es la organización planificada de diversas actividades que son orientadas al proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas secuencias no se limitan a la explicación o exposición de temas que están contenidos en los planes de estudio, sino que articulan tres momentos de aprendizaje: el inicio, el desarrollo y el cierre. La articulación de estos momentos busca lograr que los estudiantes puedan darle sentido y relevancia a los conocimientos que los profesores proporcionan.

La definición de un problema eje permite generar una secuencia didáctica en etapas claras que dependen del conocimiento que se busca recuperar. Cada etapa se articula con los saberes a partir de la interacción de los estudiantes con el problema a resolver, con los

recursos didácticos (lecturas, Tecnologías de la Información y Comunicación, software, etc.) y la interacción (estudiante-docente y estudiante-estudiante). Una elección de problema eje donde los objetos de aprendizaje están relacionados con el entorno o realidad del estudiante fomenta la interacción y el abandono de las prácticas enciclopédicas.

En asignaturas como álgebra, las secuencias didácticas son esenciales pues al tener que utilizar un pensamiento lógico matemático los estudiantes pueden percibir la asignatura como compleja y abstracta. Al tener una estructura para el proceso de enseñanza con pasos graduales en cuanto a su dificultad se puede lograr la facilidad de comprensión y generar oportunidades para la aplicación de conceptos en situaciones que pueden representar un reto. Más aún, de acuerdo con Tapia-Vélez et al. (2020), cuando los problemas matemáticos se presentan en contextos cercanos a los estudiantes, el aprendizaje se vuelve más dinámico y los alumnos desarrollan habilidades de análisis, comparación y razonamiento lógico. Así, el desarrollo de secuencias didácticas que integran los conceptos teóricos con los prácticos evita que el aprendizaje solo sea memorizado, promoviendo que el razonamiento matemático y la creatividad sean llevados a situaciones de la vida real.

En este trabajo, la secuencia didáctica se concibe como una guía planificada que abarca desde los saberes previos hasta la apropiación del conocimiento y busca motivar el estudio del álgebra siguiendo los principios del ABP. El problema eje abordado en esta secuencia es la optimización y el método Simplex. Adicionalmente, como lo menciona (Diaz Barriga, 2014), centrar las secuencias en un problema permite establecer las pautas para diseñar las evidencias de aprendizaje, por lo que la secuencia también incluye evidencias graduales del aprendizaje.

## 2.3 Álgebra y TIC

En cuanto al contenido temático de la asignatura de Álgebra impartida en la FI-UNAM, los sistemas de ecuaciones lineales es un tema fundamental en la formación de ingenieras e ingenieros. Los sistemas de ecuaciones algebraicos permiten dar representación (modelar matemáticamente) a fenómenos y resolver problemas. Estos problemas pueden tener relación con la optimización de recursos, la planificación de procesos y la toma de decisiones. Dentro de las técnicas para encontrar la solución a un sistema de ecuaciones lineales podemos encontrar el método de Gauss, técnica que se ha convertido en una de las más implementadas en programas computacionales. Sin embargo, los estudiantes presentan dificultades en el entendimiento y aprendizaje de este método, en particular en la comprensión del conjunto solución del sistema, el cálculo de matrices inversas y la

interpretación de los resultados, lo cual revela la existencia de errores recurrentes en el manejo de conceptos básicos, en la aplicación de procedimientos y en el potencial de su aplicación *(Rodríguez, 2022)*.

Ahora bien, *Rodríguez (2022)* enfatiza que muchos de los errores en la comprensión de los conceptos de Álgebra y de sistemas de ecuaciones provienen de ideas previas incorrectas, dificultad para operar con matrices y probablemente la falta de interpretación adecuada de procedimientos y algoritmos. Estos desafíos hacen notar la necesidad del uso de estrategias didácticas que sean innovadoras y que le permitan al estudiante experimentar, observar y comprender los procesos matemáticos desde diferentes perspectivas, integrando los conceptos teóricos, la práctica y la reflexión.

En este sentido, este proyecto busca incorporar Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como recursos estratégicos dentro de secuencias didácticas. Las TIC son un conjunto de herramientas, programas y dispositivos avanzados (computadoras, teléfonos, redes, software, etc.) que integran funciones de almacenamiento, procesamiento y transmisión de datos (voz, datos, texto y video). El internet es uno de los máximos exponentes de las TIC y ofrece tanto herramientas síncronas como asíncronas que facilitan el acceso a la educación y mejoran su calidad. Así, las TIC han demostrado ser una ruta prometedora para poder mejorar el aprendizaje en carreras de ingeniería. *López Martínez (2020)* señala que el uso de los entornos digitales fomenta la participación activa del estudiante al permitirle interactuar con la información, comprender resultados y visualizar los impactos de cambios en tiempo real, lo que eleva la motivación y el aprendizaje autónomo, aspectos fundamentales de la metodología ABP.

De manera similar, *Navarro del Toro (2023)* indica que el uso de software matemático incorporado a la enseñanza no sólo favorece la comprensión de los conceptos, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar problemas con mayor complejidad en contextos profesionales, ya que los aproxima a herramientas que se utilizan en ámbitos laborales comunes. Los estudios coinciden en que la integración de recursos digitales en la enseñanza de métodos matemáticos ayuda a reducir dificultades cognitivas y hace más accesibles los conceptos que normalmente se perciben como difíciles o abstractos.

En México, universidades como el ITAM, la Universidad La Salle Oaxaca, la UNAM y diferentes instituciones incorporadas a la UNAM incluyendo el Instituto de Matemáticas y el IIMAS han demostrado un interés ascendente en el desarrollo de propuestas que integren conceptos matemáticos teóricos con recursos tecnológicos, como puede consultarse en distintos repositorios académicos como: tesis y materiales didácticos. En particular, la UNAM dispone

de recursos de enseñanza sobre sistemas de ecuaciones lineales a través de la plataforma UNAM en Línea *(UNAM en Línea, s. f.)*. Asimismo, existen tesis y recursos educativos que ya abordan temas de difícil comprensión para los estudiantes. Si bien estos avances son significativos, aún existe una necesidad de fortalecer la capacitación docente en el uso de herramientas digitales y llevar a cabo evaluaciones que nos permitan medir el impacto real de nuevas estrategias de enseñanza con el rendimiento académico en las ingenierías *(DGB UNAM, 2015; DGB UNAM, 2016)*. En este sentido, aunque existen algunas propuestas y experiencias exitosas en la enseñanza incorporando TIC de temas aislados como: sistemas de ecuaciones, Método de Gauss y Método Simplex, es necesario que se consoliden innovaciones para garantizar la integración de los temas desde niveles básicos de matemáticas.

Ahora bien, desde la perspectiva del Método Simplex, es común que la complejidad del método por sí mismo convierta en un reto poder enseñarlo. En particular las iteraciones, la interpretación de las soluciones básicas factibles y la traducción de los resultados de la parte lógica-matemática a un contexto real requiere de una comprensión abstracta que muchas veces es difícil de lograr. Para hacerle frente a estos retos, en México se ha buscado desarrollar propuestas que faciliten la enseñanza y el aprendizaje del método Simplex mediante la integración de diferentes recursos computacionales y didácticos. Por ejemplo, *Moncayo-Martínez y Muñoz (2018)* diseñaron un sistema de apoyo que permite que los estudiantes interactúen con la implementación del método en computadora, lo cual proporciona beneficios para la comprensión de las iteraciones del algoritmo y promueve un aprendizaje más cercano a la práctica profesional. De forma complementaria *López Manuel (2020)* presentó una propuesta didáctica que utiliza Excel y VBA para que la comunidad estudiantil pudiera visualizar cada paso de la resolución del método Simplex, interacción con los cálculos y el desarrollo de una comprensión más intuitiva de la lógica del algoritmo.

En este trabajo, se busca que las iteraciones involucradas en el método Simplex se sistematicen usando reducciones por Gauss-Jordan, evidenciando la utilidad del álgebra y ayudando a cerrar el círculo de enseñanza haciendo posible unir la parte teórica y la parte práctica.

## 2.4 Método Simplex

En 1946 dio inicio el periodo conocido como la Guerra Fría, conflicto geopolítico que enfrentó a la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y a las potencias aliadas, principalmente el Reino Unido y los Estados Unidos. Uno de los episodios más relevantes de

este enfrentamiento ocurrió a mediados de 1948, cuando la URSS bloqueó las comunicaciones terrestres entre las zonas alemanas controladas por los aliados y la ciudad de Berlín, dando lugar al denominado *Bloqueo de Berlín*. Esta acción impidió el acceso por carretera y ferrocarril, generando una crisis logística de gran magnitud.

Ante esta situación, los aliados analizaron dos estrategias: una de ellas fue presionar para lograr un bloqueo terrestre mediante intervención militar o diseñar un sistema que permitiera el abastecimiento aéreo. Donde la segunda opción resulto ser la estrategia por seguir, esto llevo a la organización de un amplio puente aéreo que funciono como demostración del poder técnico y logístico de los Estados Unidos. Para diciembre de 1948, el puente aéreo lograba transportar aproximadamente 4,500 toneladas diarias de suministros. Posteriormente, en marzo de 1949, la capacidad aumento hasta alcanzar 8,000 toneladas diarias, cifra que es equivalente al volumen que se transportaba tradicionalmente por medio de carreteras y ferrocarriles hasta antes del bloqueo.

En la planificación y optimización de la distribución de estos suministros se emplearon modelos de programación lineal, herramienta matemática que permitió asignar recursos de manera eficiente bajo condiciones de restricción. Finalmente, el 12 de mayo de 1949, la Unión Soviética levantó el bloqueo, concluyendo así uno de los episodios logísticos más significativos del periodo. (Cortés Cortés et al., 2016)

### 2.4.1 Los inicios de la programación lineal

Durante los siglos XVII y XVIII, matemáticos importantes como Isaac Newton, Gottfried Wilhelm Leibniz, Johann Bernoulli y, destacando a, Joseph-Louis Lagrange, desarrollaron herramientas fundamentales del cálculo diferencial. Sus aportaciones permitieron la creación de métodos para el cálculo de máximos y mínimos de funciones que se encuentran en condiciones específicas, dando como resultado la base teórica de los problemas de optimización. Específicamente, los multiplicadores de Lagrange son un antecedente directo de la programación lineal y se considera el inicio formal del estudio de problemas de optimización bajo restricciones.

Jean-Baptiste Joseph Fourier fue uno de los primeros matemáticos en estudiar los métodos que actualmente se vinculan con la programación lineal. Sus estudios sobre sistemas de desigualdades lineales y el interés que presentaba por la representación analítica de fenómenos físicos contribuyeron al desarrollo conceptual de herramientas matemáticas que están orientadas a la optimización.

Tras la Segunda Guerra Mundial, los Estados Unidos desarrollaron necesidades significativas para la coordinación eficiente de los recursos y de la capacidad de producción de la nación para poder resolver problemas logísticos de alta complejidad. En este contexto, surge el desarrollo formal de modelos matemáticos que estuvieran orientados a la optimización de los recursos, específicamente en ámbitos militares y estratégicos.

La programación lineal comenzó a utilizarse como una herramienta imprescindible para llevar a cabo la toma de decisiones en situaciones donde era necesario maximizar los beneficios o minimizar los costos teniendo en cuenta múltiples restricciones.

En 1947, George B. Dantzig formuló, en términos matemáticos más robustos, el modelo estándar en el cual pueden reducirse los problemas de programación lineal. También, desarrolló el Método Simplex, que es un algoritmo que permite encontrar soluciones óptimas de manera sistemática y eficiente. Esta contribución de Dantzig marcó el nacimiento formal de la programación lineal como una disciplina matemática aplicada, consolidando el uso de esta herramienta en distintas áreas como: ingeniería, economía, logística y administración. (Cortés Cortés et al., 2016)

### 2.4.2 Programación lineal

La Programación Matemática es una rama de la Investigación de Operaciones especializada en la formulación y resolución de problemas de optimización. En este tipo de problemas se busca maximizar o minimizar una función objetivo sujeta a un conjunto de restricciones.

La función objetivo representa la meta del algoritmo, por ejemplo, se puede maximizar distintos problemas fundamentales como las utilidades de una empresa, el rendimiento o la eficiencia, o bien se puede minimizar aspectos que no suman a la competitividad como los costos, los tiempos o las distancias. Las restricciones, por otra parte, son las limitaciones que tiene el sistema, como puede ser la disponibilidad de recursos, las capacidades productivas o los requerimientos técnicos.

En el campo de la Programación Matemática, la Programación Lineal ocupa un lugar fundamental por su estructura y la claridad con la que logra expresar una problemática, su importancia radica en que tanto la función objetivo que en palabras simples es el punto a donde se quiere llegar o la meta como las restricciones son expresadas mediante relaciones lineales. Esto quiere decir que las variables se suman o restan proporcionalmente.

Este enfoque nos permite estructurar problemas de decisión que podrían ser muy complejos y traducirlos a un lenguaje matemático. Al hacer esto, logramos llevar a cabo que la toma de

decisiones cruce por un proceso lógico y eficiente y no solo por intuición, esto en consecuencia nos arroja estrategias sólidas para tomar decisiones informadas. (Aquino Córdova, 2012)

### 2.4.3 Método Simplex

El Método Simplex es un algoritmo que fue diseñado para dar solución a problemas de programación lineal en los que las restricciones son expresadas mediante desigualdades lineales, las cuales delimitan una región factible por todas las soluciones que satisfacen las condiciones. Este método es de utilidad en problemas que involucran tres o más variables de decisión donde es necesario un procedimiento algebraico sistemático (Hu, 2021)

El Método Simplex funciona mediante un proceso iterativo. En cada iteración, el algoritmo mejora progresivamente el valor de la función objetivo hasta lograr alcanzar una solución óptima, es decir, una solución que maximiza o minimiza la función objetivo sin alterar las restricciones establecidas. (Hu, 2021; López Martínez, 2023)

Para que un problema de programación lineal se pueda resolver mediante el Método Simplex, es necesario que cumpla con ciertas características específicas:

1. **Forma estándar de las restricciones.**
   Todas las restricciones se deben expresar en la forma de ecuaciones lineales. Para lograr esto, las desigualdades se deben transformar en igualdades incorporando variables adicionales (como variables de holgura). Asimismo, el término independiente que está ubicado al lado derecho de la ecuación debe ser mayor o igual que cero, pues esto representa la disponibilidad que se tiene en cuanto a recursos o límites que pueda tener el sistema.
2. **Condición de no negatividad.**
   Todas las variables de decisión deben cumplir la restricción de no negatividad, es decir, deben ser mayores o iguales a cero. Esta condición nos garantiza tener coherencia en cuanto a la interpretación verídica de las variables, como podrían ser el nivel de producción, los recursos asignados a un proyecto o niveles de tiempos muertos de los trabajadores, en consecuencia, estos valores no pueden ser negativos.

Al cumplir con estos requisitos se puede estructurar el problema en su forma estándar, esto es sumamente necesario para poder ejecutar el algoritmo del Método Simplex.

Al plantear un problema de optimización es muy común establecer condiciones o limites que se deben cumplir para poder obtener una solución factible. Estas condiciones se hacen

llamar restricciones y son las que determinan los valores permisibles de las variables de decisión y comúnmente representan los límites que tienen relación son la disponibilidad de recursos, tiempo, capacidad de producción, presupuestos o factores relevantes para tomar decisiones. Desde las matemáticas, estas variables se expresan en ecuaciones o desigualdades algebraicas. (Hu, 2021)

En muchos problemas de programación lineal, las restricciones son formuladas inicialmente como desigualdades. Para poder llevar a cabo la aplicación del Método Simplex, se necesita transformar estas desigualdades en ecuaciones. Este procedimiento se debe realizar incorporando variables de holgura. Las variables de holgura representan la cantidad de recursos que no se utiliza en determinada restricción. La función principal de estas variables es convertir la desigualdad en igualdad, dando paso a que el modelo adopte la forma estándar que es necesaria para el algoritmo.

A manera de ejemplo, se tiene la siguiente restricción:

$y \leq 1,$

Si se integra una variable de holgura $S_1 \geq 0$, entonces esta desigualdad puede reescribirse como una ecuación:

$y + S_1 = 1,\ S_1 \geq 0,$

donde $S_1$ representa la diferencia entre el valor máximo permitido y el valor correctamente utilizado por la variable $y$.

En la Figura 1 “Diagrama de los pasos del Método Simplex” se presenta el procedimiento general del Método Simplex para resolver problemas de programación lineal. Dicho procedimiento se estructura como una secuencia de etapas que permiten pasar de la formulación del problema a la identificación de la solución óptima, mediante iteraciones sucesivas sobre una tabla (tabla simplex).

1. **Formulación del problema (Paso 1)**

El primer paso consiste en formular el problema en términos matemáticos:

- Definir las variables de decisión, que representan las cantidades desconocidas sobre las que se tomará una decisión (por ejemplo, unidades a producir, recursos a asignar, rutas a utilizar, etc.).
- Establecer la función objetivo, que expresa el criterio de optimización:

    - Maximizar (por ejemplo, utilidad, producción, rendimiento), o
    - Minimizar (por ejemplo, costo, tiempo, distancia).

- Plantear las restricciones, que son las limitantes que tiene el sistema como pueden ser: disponibilidad de recursos, capacidad, demanda, condiciones técnicas y estas delimitan las soluciones factibles.

- Se debe incluir la condición de no negatividad, es decir, forzar a que las variables de decisión sean $\geq 0$, debido a que normalmente representan cantidades que son físicas o que son asignaciones que no pueden ser representadas como negativas.

Este paso de fundamentar ya que determina la claridad de la estructura del modelo que será manipulado posteriormente por el algoritmo.

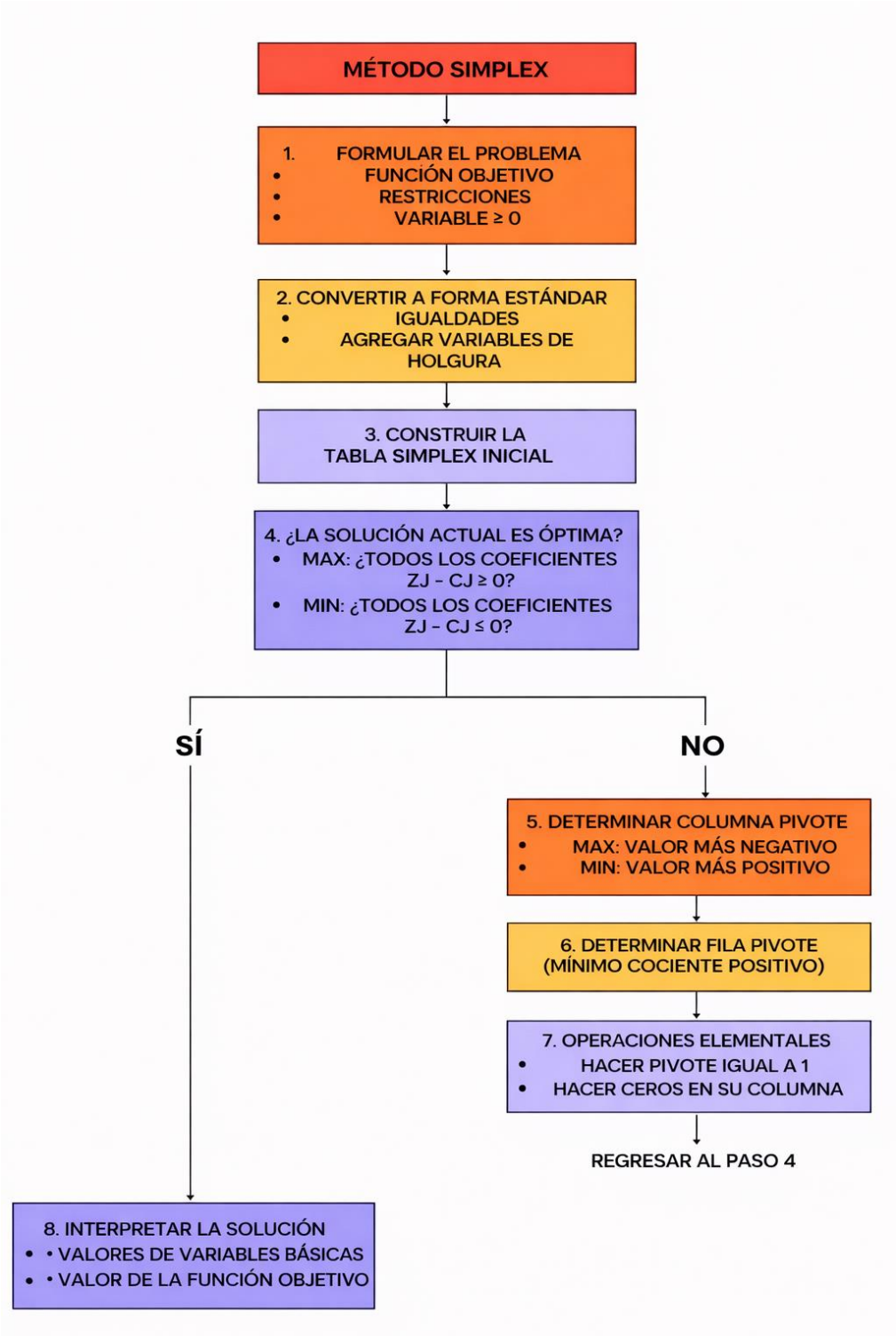



*Figura 1 Diagrama de los pasos del Método Simplex.*

**Nota.** Elaboración propia con base en Hu (2021).

2. **Conversión a forma estándar (Paso 2)**

En la Figura 1 se indica que, una vez formulado el modelo, debe convertirse a su forma estándar, requisito necesario para aplicar el método en su versión canónica. Esto implica:

- Transformar las desigualdades en igualdades.
- Agregar las variables de holgura cuando se observe que la restricción del tipo $\leq$ (menor o igual que), que se interpretan como recursos no utilizados.
- Asegurar que el término independiente (lado derecho de cada restricción) sea no negativo.

Con este planteamiento, el sistema puede representarse en forma matricial.

3. **Construcción de la tabla simplex inicial (Paso 3)**

Según la Figura 1, el siguiente paso es construir la tabla simplex inicial, que organiza la información del modelo para realizar operaciones sistemáticas. En términos generales, esta tabla contiene:

- Los coeficientes de las restricciones (matriz).
- Los términos independientes (recursos disponibles).
- Los coeficientes de la función objetivo.
- La identificación de variables básicas (inicialmente, usualmente las variables de holgura) y no básicas.

La matriz Simplex representa una solución básica factible inicial, en ella el algoritmo intentara mejorar el valor de la función objetivo.

4. **Verificación de optimalidad (Paso 4)**

En la Figura 1 se plantea una pregunta central: ¿la solución actual es óptima? Esta verificación se realiza evaluando los criterios de mejora asociados a los costos reducidos, que en el diagrama aparecen como expresiones del tipo $Z_j - C_j$ (dependiendo de la convención de tabla utilizada).

La interpretación operativa es:

- En problemas de maximización, se revisa si aún existe alguna variable no básica capaz de mejorar el valor de la función objetivo.

- En problemas de minimización, se aplica un criterio equivalente (dependiendo de la forma en la que se haya estructurado la fila de evaluación).

Si la condición de optimalidad es cumplida, el algoritmo finaliza y se puede dar interpretación a los resultados obtenidos. En caso de no cumplirse, el método continua con las iteraciones que sean necesarias hasta llegar a un resultado factible.

5. **Determinación de la columna pivote (Paso 5)**

En caso de que la solución no sea optima, la Figura 1 indica seleccionar la columna pivote, la cual representa a la variable entrante a la base. En otras palabras:

- Para la maximización, es común seleccionar la variable que tiene un indicador desfavorable, es decir el valor más negativo en la fila que se está evaluando.

- En minimización, la selección se realiza con el criterio análogo (por ejemplo, el valor más positivo, dependiendo de cómo se definan $Z_j - C_j$ *o* $C_j - Z_j$)

Esta elección define la dirección en la que el algoritmo intentará mejorar la función objetivo.

6. **Determinación de la fila pivote (Paso 6)**

Una vez elegida la columna pivote, la Figura 1 señala que debe encontrarse la fila pivote, correspondiente a la variable saliente de la base. Esto se realiza mediante la prueba del cociente mínimo:

$$Coeficiente\ mínimo = \frac{Término\ independiente}{Coeficiente\ positivo\ en\ la\ columna\ pivote}$$

Se selecciona el menor cociente positivo, lo cual garantiza que la nueva solución permanezca dentro de la región factible (es decir, que no viole restricciones). Este criterio preserva la factibilidad durante las iteraciones.

7. **Operaciones elementales (Paso 7)**

Con la fila y columna pivote definidas, la Figura 1 indica que se realizan operaciones elementales para actualizar la tabla. El objetivo es:

- Convertir el elemento pivote en 1.

- Hacer ceros en el resto de la columna pivote (por arriba y por abajo del pivote).

Estas operaciones son parte del proceso de eliminación algebraica (Gauss-Jordan) que se aplican a la matriz, para poder construir bases factibles nuevas y simultáneamente mejorar el valor de la función objetivo.

Al finalizar este paso y teniendo en cuenta la información de la Figura 1, el procedimiento regresa al Paso 4 para evaluar la optimalidad del problema. Esta estructura representa el proceso iterativo que sigue el Método Simplex.

8. **Interpretación de la solución (Paso 8)**

Cuando el criterio de optimalidad se cumple, la Figura 1 concluye con la etapa de interpretación de resultados. En esta fase se determina:

- Los valores de las variables básicas (leídos generalmente desde la columna de términos independientes).
- Los valores de las variables no básicas, que se consideran iguales a cero.
- El valor óptimo de la función objetivo, obtenido directamente de la fila correspondiente en la tabla final (según la convención usada).

Para este paso la solución obtenida matemáticamente se debe traducir al contexto real del problema, permitiendo tomar decisiones optimas ante las restricciones establecidas.

# Capítulo 3: Secuencia Didáctica

En este capítulo se presenta la puesta en marcha de la secuencia didáctica. Los recursos didácticos se gestionaron en la plataforma Google Classroom donde se organizaron los materiales, la entrega de las evidencias de aprendizaje y la comunicación entre docente/estudiante. Una idea general de la secuencia es la que se muestra en la Figura 2. Las actividades se concibieron para su realización en equipos de máximo 4 personas y fueron diseñadas para su consulta asíncrona.




*Figura 2 Línea de secuencias didácticas*

A continuación, se describe a detalle el diseño de la secuencia didáctica, tanto la estructura como su implementación.

## 3.1 Planeación de la Secuencia Didáctica

La elaboración de la secuencia se basó en un diseño instruccional que involucra a su vez tres fases. Una fase de preproducción, formada por el análisis y el diseño de la secuencia; una fase de producción, relacionada con el desarrollo y la implementación; y finalmente, una fase de postproducción, relacionada con la evaluación. A continuación, se detalla cada una de las fases.

### 3.1.1 Preproducción

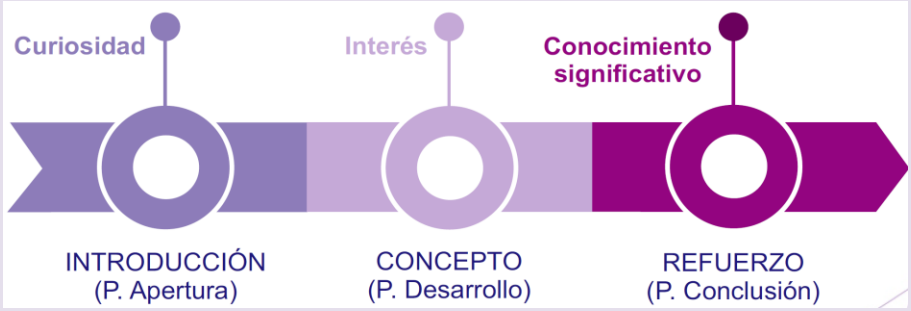
Esta etapa inicia con la selección del tema y subtema del contenido temático de Álgebra que se busca abordar. En este caso, se decidió centrar la secuencia en el subtema: sistemas de ecuaciones lineales, matrices y el método de Gauss. La selección del tema tiene distintas justificaciones, por un lado, es un tema que suele presentar dificultades relacionadas con los conceptos y los procedimientos que se presentan, pero, por otro lado, en la experiencia de la autora de este reporte, son precisamente los temas de matrices y sistemas de ecuaciones los temas más recurrentes en asignaturas posteriores tanto de matemáticas como de ciencias aplicadas y de ingeniería.

En términos del Aprendizaje Basado en Problemas, se eligió el problema de optimización tomando como base tanto la relevancia del tema en todas las carreras de ingeniería, así como la propia experiencia de la autora en Ingeniería Industrial. Así pues, se realizó una investigación sobre las aplicaciones de dichos subtemas en el área de optimización, con el fin de establecer una conexión clara entre el álgebra y la construcción de modelos que pueden resolverse mediante el método Simplex.

Se definieron los objetivos de aprendizaje y se diseñó la estructura general de la secuencia didáctica indicando de manera general las actividades de inicio, de desarrollo y de cierre tal y como se muestra en la Tabla 1. En esta fase, también se seleccionaron los recursos didácticos que brindaron contexto a la aplicación como videos, juegos, infografías o lecturas y aquellos que permiten introducir los conceptos que los estudiantes pondrían en práctica. Finalmente, se determinaron las actividades que funcionan como evidencia del aprendizaje, tales como ejercicios guiados o materiales de reflexión.

Esta etapa de preproducción concluye con una “Propuesta Indicativa para la construcción de la secuencia” que puede ser usada por el docente como guía para futuros recursos didácticos. Esta propuesta se muestra a continuación.

| **Propuesta indicativa para construir la secuencia didáctica** | |
|---|---|
| Formato de la secuencia: Asíncrono | |
| **Nombre de la persona que elabora:** | **Cinthya Andrea Martínez Trujillo** |
| **Asignatura: Álgebra** | |
| Unidad Temática de álgebra: | Sistemas de ecuaciones y matrices |
| Subtema(s) y conceptos abordado(s): | Sistemas de ecuaciones lineales, transformaciones elementales, Resolución de sistemas de ecuaciones por el Método de Gauss, Aplicación de las ecuaciones lineales para la solución de problemas y Matrices |
| Conceptos previos: | Ecuaciones lineales. Desigualdades. |
| Conceptos nuevos para abordar: | Representación de sistemas de ecuaciones lineales por matrices, método de Gauss, variables de decisión y parámetros en ecuaciones lineales, combinación lineal y solución básica, transformación de ecuaciones a forma estándar. |
| Relación horizontal con otras asignaturas: | Cálculo y Geometría Analítica |
| Relación vertical con otras asignaturas: | Álgebra lineal |
| Finalidad, propósitos u objetivos de la secuencia: | Mostrar al estudiantado cómo los contenidos de álgebra especialmente sistemas de ecuaciones, matrices y reducción por Gauss se aplican en la formulación y resolución de problemas reales de ingeniería mediante el método Simplex. |

<table>
<tr><td></td><td>
<ul>
<li>Vincular el álgebra con la optimización y la relevancia en ingeniería.</li>
<li>Identificar los elementos básicos de un modelo de programación lineal.</li>
<li>Guiar al estudiantado en la construcción y resolución de un problema con el método Simplex.</li>
<li>Utilizar recursos digitales que apoyen la comprensión teórica y práctica.</li>
<li>Fomentar la reflexión y la transferencia del conocimiento matemático a situaciones reales.</li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td>Elección del problema:</td><td>Método Simplex y la optimización para la asignatura de álgebra</td></tr>
<tr><td>Orientaciones generales para la evaluación.</td><td>
<ul>
<li>Cuestionarios y juegos para la evaluación diagnóstica</li>
<li>Evaluación Formativa: cuestionarios, presentaciones e infografías</li>
<li>Evaluación Sumativa: ejercicios propuestos (teóricos y prácticos) y cuestionarios.</li>
</ul>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Secuencia didáctica<br>
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Actividades de apertura<br><br>(curiosidad)</td><td>Se busca propiciar la curiosidad hacia un contenido específico al tiempo de dar una visión preliminar del mismo para rescatar conocimientos previos.</td></tr>
<tr><td>
<ul>
<li>Recursos (video) que muestre el concepto de la importancia de la optimización en la ingeniería.</li>
<li>Actividad (encuesta) conocer el estado emocional del estudiante.</li>
<li>Actividad (infografía) formar equipos de trabajo y responder a las preguntas ¿Por qué es importante</li>
</ul>
</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
| | optimizar en la ingeniería? y ¿Cuál es el papel de las matemáticas?<br>● Recurso (juego) conocer los conocimientos previos de los temas: sistema de ecuaciones, matriz de coeficientes y operaciones elementales. |
| Actividades de desarrollo<br><br>(interés) | Pasar de lo general a lo particular. Se busca focalizar el interés a partir de la **estrategia de aprendizaje** basada en problemas. |
| | El problema por abordar es proponer un problema de la vida cotidiana que se desee optimizar<br><br>Desarrollo:<br><br>● Recursos (presentación interactiva): introducción al método simplex<br>● Recurso (infografía): ejemplo del planteamiento del método simplex en la parte teórica<br>● Recursos (presentación): solución paso a paso del método simplex |
| Actividades de cierre<br><br>(reflexión) | Se busca que el estudiantado relacione los conceptos nuevos presentados con los de su asignatura con la finalidad de provocar conocimiento significativo. De la observación a la acción: El estudiantado interactúa con algún recurso o material provisto por el o la docente. |
| | ● Actividad: plantear un problema de optimización relacionado con la vida cotidiana.<br>● Actividad: solución a ejercicios propuestos<br>● Cuestionario de salida |
| Evidencias de aprendizaje | Se busca corroborar la hipótesis por medio de evaluaciones.<br><br>Hipótesis: La implementación de secuencias didácticas que vinculen la teoría estudiada en álgebra con problemas de ingeniería aplicada favorecen la asimilación de los conceptos abordados y contribuye en la motivación por estudiar la asignatura. |
| | Se usará un cuestionario de salida para conocer la opinión del estudiantado sobre su propia motivación por la asignatura y su |

| | |
|---|---|
| | propio aprendizaje |
| Recursos y material de apoyo: | Los recursos didácticos y el material pueden ser de autoría propia o bien ser cita de otros medios. |
| | Los recursos se detallan en una curaduría mostrada en la Tabla 2 |

*Tabla 1 Elementos estructurales de la secuencia didáctica*

En la siguiente Tabla "Secuencia didáctica: Curaduría de Contenido", se muestra una curaduría que busca, por un lado, planear y organizar los tipos de contenidos y, por otro lado, busca investigar si ya existe contenido, de acceso libre, relacionado reportado en otras fuentes digitales. Los recursos están organizados por fases de inicio, desarrollo y cierre. Asimismo, las ligas que se presentan acceden a recursos creados por la autora de este reporte.

| **Secuencia didáctica: Curaduría de Contenido**<br><br>**Secuencia didáctica sobre el método simplex y la optimización para la asignatura de Álgebra.** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Contenido** | **Recursos** | | | |
| | **Presentaciones** | **Videos** | **Infografías** | **Cuestionarios, rúbricas y juegos interactivos** |
| **Inicio** | | | | |
| Evaluación diagnóstica | | | | Creación propia.<br><br>Diseño y elaboración de un juego interactivo en la plataforma Educaplay para realizar una evaluación diagnóstica de los conocimientos previos en temas como: sistemas de ecuaciones, matrices de coeficiente y operaciones |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | elementales. |
| Encuadre y Motivación | | Creación propia.<br>Diseño y elaboración de un video educativo en la plataforma sobre la relevancia de la optimización y su vinculación con las matemáticas.<br>Diversos videos para imágenes sobre optimización. | | |
| **Desarrollo** | | | | |
| De lo general a lo particular | Creación propia.<br>Presentaciones interactivas en Genially donde se muestre el uso de Gauss Jordan en Simplex. | | Creación propia.<br>Infografías que resuman los pasos para plantear un problema como un tema de optimización. | |
| Manual de usuario | Creación propia.<br>Presentaciones interactivas en Genially. | | Creación propia.<br>Infografía que resuman los pasos para implementar el método Simplex | |
| Evaluación formativa | | | | Creación propia |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | Cuestionarios y actividades donde se ponga en práctica lo anterior: análisis de problemas reales y el planteamiento de ellos, solución a los problemas planteados mediante álgebra. |
| **Cierre** | | | | |
| Creación por parte del estudiantado-interacción | | | | Actividad práctica para dar solución a un problema de optimización planteado por el estudiantado. |
| Entrega de evidencias/ Evaluación sumativa | | | | Creación de Rúbricas donde se especifique los puntos a evaluar de cada actividad/entrega |

*Tabla 2 Curaduría de contenido*

### 3.1.1 Producción

En esta etapa se elaboraron los recursos didácticos necesarios para implementar la secuencia basada en el método Simplex. Esta fase incluyó el diseño de material didáctico, así como actividades diagnósticas e interactivas que permitieran introducir gradualmente los contenidos. De manera general, se desarrollaron recursos digitales para presentar el problema eje, materiales de introducción para proporcionar contexto a la optimización en ingeniería y actividades prácticas que guiarán al estudiantado a lo largo de la aplicación del método.

La Subsección 3.2 está dedicada a los detalles sobre el diseño y la implementación de los recursos didácticos.

### 3.1.2 Postproducción

Para esta fase, se tomaron en cuenta tanto las respuestas abiertas como aquellas en escala Likert vertidas por los estudiantes en el cuestionario de salida sobre el uso de contenido para

realizar ajustes y mejoras a los recursos didácticos elaborados, incorporando elementos visuales, auditivos y de diseño con el fin de favorecer la comprensión de los procedimientos algebraicos.

Asimismo, se llevó a cabo una observación cualitativa durante la implementación de la secuencia, lo que permite identificar dificultades conceptuales, evaluar la utilidad pedagógica de los materiales y orientar modificaciones que fortalecieron la conexión entre el álgebra y la optimización. El realimentación obtenida permitió perfeccionar la secuencia didáctica y asegurar que los recursos sean accesibles, significativos y funcionales para los alumnos.

El Capítulo 4 está dedicado a la presentación de los resultados obtenidos en dicho cuestionario de salida.

## 3.2 Estructura e implementación de la Secuencia

La secuencia didáctica se estructuró en las tres fases descritas en la Figura 2 y se implementó de forma asíncrona en la plataforma Google Classroom. En particular, para centrar la secuencia en el tema de "Resolución de Sistemas de Ecuaciones" y el método Simplex, la secuencia se estructuró de manera general como se indica a continuación.

- Inicio. Establecer los objetivos de la secuencia didáctica. Activar los saberes previos por medio de una evaluación diagnóstica y uso de TIC. Presentar y motivar el problema planteado situaciones de la vida cotidiana que pudieran generar interés y motivación para abordar el tema Simplex.

- Desarrollo: Los estudiantes mediante el enfoque de la estrategia ABP, investigan y prestan atención a un problema de optimización alrededor de alguna situación real en su vida que necesitaran resolver. Se presenta material educativo de consulta asíncrona que permita orientar y guiar el planteamiento del problema como un problema algebraico. Se promueve el trabajo colaborativo para identificar conceptos relevantes como variables y sistemas de ecuaciones. Asimismo, se provee de recursos educativos para relacionar el método Simplex con el tema específico de Método de Gauss.

- Cierre: Los aprendizajes se integran por medio de actividades requeridas a los estudiantes. Cada equipo de trabajo analiza las posibles soluciones y realiza una propuesta de solución. Las evidencias de aprendizaje evalúan aprendizajes

obtenidos e incluyen reflexiones individuales y colectivas sobre lo aprendido. Las evidencias se entregan por medio de la plataforma.

### 3.2.1 Fase de Inicio

En la fase de inicio, el estudiantado formó equipos de trabajo y se establecieron por medio de Google Classroom los objetivos de aprendizaje y la dinámica de interacción asíncrona.

Para activar los saberes previos, se elaboró un juego diagnóstico en la plataforma Educaplay titulado “Antecedentes de Programación Lineal: Froggy Jumps”, con el objetivo de conocer los conocimientos previos sobre sistemas de ecuaciones lineales y matrices. La liga al juego está incluida en el Classroom y se pone aquí para posible consulta: *https://es.educaplay.com/recursos-educativos/21687186-antecedentes.html*

Una captura de pantalla del juego se muestra en la Figura 3.




*Figura 3 Juego diagnóstico en la plataforma Educaplay “Antecedentes de Programación Lineal: Froggy Jumps”.*

Un ejemplo de las preguntas que se realizaron son las siguientes y se resalta en azul la respuesta correcta:

1. Seleccione la matriz de coeficientes del sistema:

$$\begin{array}{rrr} x & +3y & -5z = 2 \\ -x & +y & -0z = 1 \\ 0 & y & -0z = 2 \end{array}$$

A) $\begin{pmatrix} 1 & 3 & -5 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -0 & 2 \end{pmatrix}$ B) $\begin{pmatrix} 1 & 3 & -5 & 2 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$ C) $\begin{pmatrix} 1 & 3 & -5 & 2 \\ -1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & 0 \end{pmatrix}$

2. Las operaciones elementales son:

a) Sumas de renglones, multiplicación de renglones e intercambio de renglones.

b) Suma de renglones, suma de columnas e intercambio de columnas.

c) Multiplica un renglón por un número distinto de cero y sumarlo a otro

3. Seleccione el determinante de la matriz A si:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

a) $\det(A) = 0$

b) $\det(A) = 6$

c) $\det(A) = 1$

4. Una vez hechas operaciones elementales, indique cuál es la matriz equivalente a:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & 1 \\ -2 & -4 & 0 \end{pmatrix}$$

A) $\begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}$ B) $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ C) $\begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$

Con esta herramienta, los estudiantes lograron identificar sus conocimientos en el tema y nos marcó un punto de partida para poder desarrollar las siguientes actividades esenciales para el entendimiento del Método Simplex.

El segundo objetivo de la fase de inicio está relacionado con la motivación. Como se planeó, la motivación se propone por medio de un video de 5 autoría propia. El video tiene una duración de 5 minutos y está alojado en YouTube con la liga: https://youtu.be/PahAFC4UOUM?si=YPpX0XOZRFS9GtGm que también puede encontrarse en Google Classroom. El objetivo del video es brindar un contexto general sobre la importancia de la optimización en la vida real, mostrar cómo las ingenieras y los ingenieros tienen un papel importante en la toma de decisiones eficientes basadas en este concepto y cómo es que la optimización ha impactado no sólo en las situaciones cotidianas sino en el desarrollo de la sociedad que conocemos.

El diseño del video se basó en el siguiente guion técnico:

| Video | Música | Voz | Tiempo |
|---|---|---|---|
| Vídeo de introducción Optimización<br><br>https://www.youtube.com/watch?v=P69HBu-nrqM&t=16s<br><br>de 0 a 7”<br><br>1:15 a 1:30 | https://www.youtube.com/watch?v=hAxwUt_meRE&list=RDQMAqCODKASsew&index=2 | ¿Te has preguntado cómo los ingenieros logran crear estructuras tan impresionantes como rascacielos, puentes, o sistemas complejos que parecen funcionar a la perfección? Bueno, detrás de cada uno de estos proyectos hay un concepto clave: la optimización. | 20” |
| Título:<br><br>La importancia de la optimización en ingeniería | | En ingeniería, optimizar significa encontrar la mejor manera de hacer algo y es súper importante porque nos ayuda a que todo funcione mejor, más rápido y de manera más amigable con el medio ambiente. Básicamente, se trata de aprovechar al máximo lo que tenemos, ya sea materiales, energía o tiempo. Esto no solo nos ayuda a ahorrar dinero, sino que también es buenísimo para cuidar el planeta, que es algo que cada vez necesitamos más. | 30” |
| Animación<br><br>https://www.youtube.com/watch?v=FmBlDrbWAHA<br><br>4:40 a 4:50<br><br>https://www.youtube.com/watch?v=hx8alGifHoE<br><br>1:10 | A7 | Pero la cosa no queda ahí. Al optimizar, también estamos obligados a ser más creativos. Esto es clave en áreas como la aeroespacial, donde siempre hay que estar un paso adelante para seguir siendo competitivos.<br><br>Otro punto importante es la calidad. Al mejorar cómo hacemos las cosas, aseguramos que lo que producimos sea de primera y que funcione bien, lo cual es súper importante en industrias como la automotriz o la electrónica, donde un error puede causar grandes problemas. | 55” |

| | | | |
|---|---|---|---|
| https://www.youtube.com/watch?v=bYHJuBKfPNA<br><br>2:13<br><br>https://www.youtube.com/watch?v=QURYz-CtAD8<br><br>0:17<br><br>https://www.youtube.com/watch?v=0Xry9_vTod0<br><br>0:16 | | Y ni hablar de la seguridad, especialmente en ingeniería civil. Al optimizar estructuras como edificios o puentes, nos aseguramos de que sean más seguros y que puedan soportar lo que sea que les toque.<br><br>Además, la optimización nos ayuda a ser más sostenibles, ya que podemos diseñar procesos y productos que usen menos energía y generen menos basura, lo cual es clave para cuidar el medio ambiente. | |
| https://www.youtube.com/watch?v=xKudsw-Gtbo<br><br>0:09 | A8 | En un mundo donde la competencia es feroz, saber optimizar es lo que puede marcar la diferencia entre tener éxito o no. Las empresas y proyectos que saben cómo optimizar sus procesos y productos tienen más chances de triunfar. | 15” |
| https://www.youtube.com/watch?v=JZEF1_vjyyw<br><br>5:41 | A9 | Y aquí te van algunos datos interesantes:<br><br>¿Sabías que las alas de los aviones modernos se diseñan basándose en cómo vuelan las aves? Esto ha ayudado a que las alas sean más eficientes, reduciendo el consumo de combustible y mejorando el rendimiento. | 15” |
| | A10 | También está la optimización topológica, que se usa para diseñar estructuras donde el material se distribuye de la mejor manera posible. Esto permite crear piezas más ligeras y resistentes, como las de autos, aviones y hasta prótesis médicas. | 15” |
| https://www.youtube.com/watch | A11 | Otro dato curioso es que el problema de optimizar rutas es tan complicado que ni las computadoras más potentes pueden | 20” |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ?v=xr5dxD1XMqo<br><br>1:50 | | resolverlo perfectamente para redes grandes. Por eso, en logística y transporte se usan métodos que, aunque no son perfectos, son lo suficientemente buenos para la vida real. | |
| Animación | A12 | La optimización multiobjetivo es otra técnica genial que permite equilibrar cosas que parecen estar en conflicto, como el costo y la calidad. Los ingenieros tienen que encontrar soluciones que no solo ahorren dinero, sino que también aseguren calidad y seguridad, lo cual a veces requiere tomar decisiones difíciles. | 20” |
| https://www.youtube.com/watch?v=knyTaPsVuqQ | A13 | Y hablando de cosas sorprendentes, los algoritmos inspirados en la naturaleza, como los genéticos y las colonias de hormigas, se usan para resolver problemas de optimización difíciles. Estos métodos encuentran soluciones innovadoras y eficientes basándose en procesos naturales. | 15” |
| https://www.youtube.com/watch?v=zctTKdQcmVA<br><br>1:00 | A14 | Finalmente, en los años 60, la NASA fue una de las primeras en usar optimización matemática para diseñar las trayectorias de las naves espaciales, lo cual fue crucial para que las misiones Apolo fueran un éxito. | 15” |
| https://www.youtube.com/watch?v=rzRBGuhLoZM<br><br>0:40 | A15 | Al conocer los avances importantes que se han realizado con ayuda de la optimización ¿Tú recuerdas dónde empezaste a hablar formalmente de optimización? Tal vez en tu clase de cálculo con máximos y mínimos | |

*Tabla 3 Guíon técnico*

Una captura de pantalla de la portada del video es la que se muestra en la Figura 4.

Esta fase inicial se cierra con 2 preguntas dirigidas a los estudiantes que invitan a la reflexión, pero también permiten hacer una pausa y realizar una primera evaluación.




*Figura 4 Video de Introducción en la plataforma YouTube "Optimización, matemáticas e Ingeniería"*

Así, se les pidió a los estudiantes que elaboraran una infografía de acuerdo con lo siguiente.

**Evidencia 1. Elaboración de Infografía**

Forma equipo de 4 integrantes y entrega un documento PDF que contenga una infografía. La infografía debe contestar a las preguntas:

- ¿Por qué es importante optimizar en la ingeniería?
- ¿Cuál es el papel de las matemáticas?

Esta actividad promueve que investiguen de forma autónoma, comprendieran conceptos que son importantes en la vida de una ingeniera o un ingeniero y las habilidades de comunicación para dar claridad a sus ideas.

La evaluación de la infografía se hizo usando una rúbrica como instrumento de evaluación que puede encontrarse en el Capítulo 4.

### 3.2.2 Fase de Desarrollo

Mientras que en la fase de inicio y el video motivacional permitieron exponer el contexto del problema abordado (optimización), la fase de desarrollo permite plantear el problema en términos de conceptos abordados en la asignatura. Se integraron actividades con el propósito de servir como guía a la comunidad estudiantil desde la comprensión inicial del Método Simplex hasta su aplicación de problemas reales de ingeniería. Los recursos didácticos incluyen una presentación interactiva y una infografía. Mientras que la evidencia de aprendizaje es una actividad de reflexión.

1. **Presentación interactiva** en la plataforma Genially con título: Presentación Teórica. "Programación Lineal. Cadena de suministros y Álgebra: Un problema de optimización" Parte 1.

   Mediante la presentación alojada en: https://view.genially.com/673c00f192591f950d7a930a/interactive-content-metodo-simplex-or-parte-1 se abordaron los conceptos fundamentales del Método Simplex Sección 2.4 de este documento): Introducción, requisitos y restricciones y variables de holgura; en otras palabras, es la primera interacción con el método y presenta la estructura básica del mismo. Una captura de pantalla de la presentación se muestra en la Figura 5.

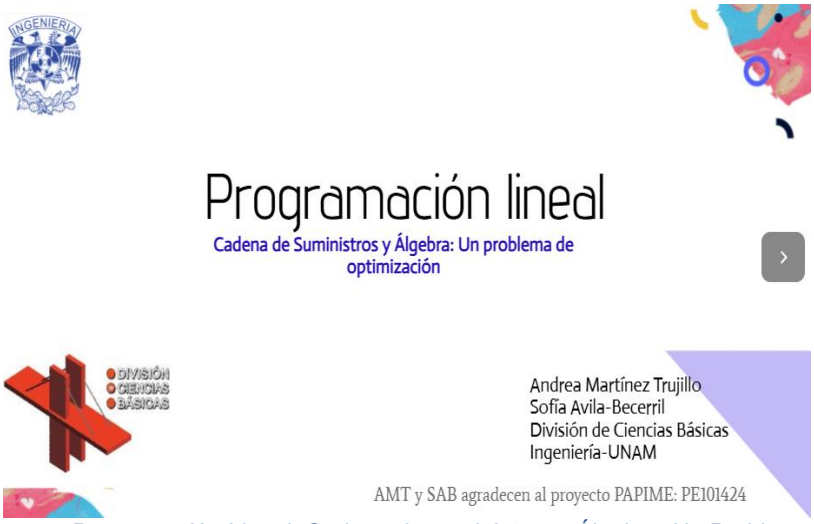



*Figura. 5 Programación Lineal. Cadena de suministros y Álgebra: Un Problema de Optimización - Parte 1*

La plataforma permite la interactividad de la presentación y esto, a su vez, hace posible la autoevaluación sobre conceptos presentados. La Figura 6 ilustra cómo dentro de la presentación pueden incluirse preguntas de opción múltiple y al elegir una respuesta, se le da automáticamente retroalimentación al estudiante.

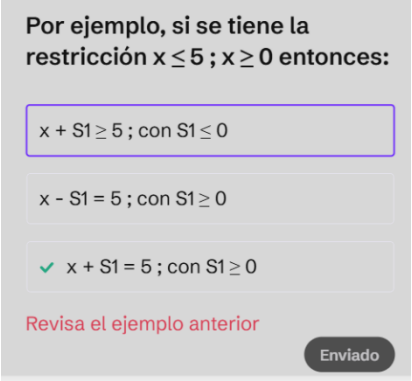



*Figura 6 Ejemplo de interacción*

2. **Infografía.** "¡Aprende a Ahorrar Más y Gastar Menos!". Se realizó una infografía (ver Figura 7) que tuvo como finalidad servir como un recurso visual para presentar de forma amigable y accesible los conceptos fundamentales del Método Simplex. El objetivo principal fue proporcionar referencias claras sobre los elementos básicos (la función objetivo, las variables, las restricciones, etc.) facilitando así que los alumnos identificaran las partes esenciales del método antes de su aplicación.




*Figura 7 Infografía "¡Aprende a ahorrar más y gastar menos!"*

3. **Actividad. Evidencias personales**: Planteamiento de problemas reales. Los grupos de estudiantes deben proponer un problema de optimización que esté relacionado con su vida cotidiana, siguiendo la estructura propuesta en los recursos didácticos mencionados anteriormente: variables de decisión, función objetivo, restricciones y forma estándar. Esta actividad fomenta la transferencia del conocimiento a un contexto personal y significativo, consolidando la teoría del aprendizaje autónomo.

Lo que se les pidió a los estudiantes como evidencia fue lo siguiente:

**Evidencia 2. Actividad: Planteamiento de problema**

Objetivo

Las siguientes actividades tienen como objetivo que plantees un problema de optimización relacionado con tu vida cotidiana. En este momento sólo se requiere el planteamiento del problema, no su solución.

Piensa en un problema de tu vida diaria, mira la infografía "Aprende a ahorrar y a gastar menos" y sigue los siguientes pasos para plantear tu problema de optimización:

1. Elige qué quieres optimizar (tiempo, dinero, recursos, etc.) y por qué.
2. Piensa qué factores influyen en eso que quieres maximizar o minimizar.
3. Identifica las variables de decisión involucradas en tu problema. Son las variables que afectan directamente tu resultado, generalmente representadas como $x_1, x_2, \ldots, x_n$
4. Determina tu función objetivo. Esta función representa el criterio a optimizar, ya sea maximización (ganancias, producción) o minimización (costos, desperdicio).
5. Establece restricciones, considerando los límites o condiciones de tu problema.
6. Plantea la forma estándar del problema para resolverlo con el método Simplex, integrando las variables de holgura.

*Descubre cómo pequeños cambios pueden hacer una gran diferencia. ¡Optimiza tu mundo con el poder de las matemáticas!*

La actividad se acompañó de un ejemplo para que los equipos de trabajo tuvieran una orientación clara sobre lo que se esperaba de su evidencia. La rúbrica de evaluación también estuvo a disposición de los estudiantes y puede encontrarse en el Apéndice. El ejemplo que se les proporcionó a los estudiantes es el siguiente:

Ejemplo

1. Soy estudiante y me interesa ahorrar dinero. Mi objetivo es **maximizar mis ahorros mensuales.**
2. Tengo dos formas de ahorrar dinero cada mes:
   - Trabajar medio tiempo en una tienda, lo que me da $50 por hora trabajada.
   - Trabajar de Freelance en diseño gráfico, lo que me da $70 por hora trabajada.

   Sin embargo, tengo restricciones de tiempo y energía:
   - Solo puedo dedicar máximo 20 horas a la semana a ambas actividades porque tengo que estudiar.
   - Por temas de salud, no puedo trabajar más de 10 horas semanales en la tienda.
   - El trabajo freelance es más exigente, por lo que no puedo hacer más de 15 horas a la semana en esa actividad.
3. Definición de variables:

   $x_1$ : número de horas trabajadas en la tienda por semana
   $x_2$ : número de horas trabajadas como freelance por semana
4. Función objetivo. Sea $z$ el dinero total ahorrado por semana, este ahorro puedo representarlo como

$$z = 50x_1 + 70x_2$$

5. Restricciones
   - Límite total de tiempo disponible $x_1 + x_2 \leq 20$
   - Máximo de horas en la tienda: $x_1 \leq 10$
   - Máximo de horas como freelance: $x_2 \leq 15$
   - Restricción de no negatividad: $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$
6. Forma estándar del problema. Sean $S_1$, $S_2$ y $S_3$ variables de holgura:

$$\begin{aligned} z &= 50x_1 + 70x_2 \\ x_1 + x_2 + S_1 &= 20 \\ x_1 + S_2 &= 10 \\ x_2 + S_3 &= 15 \\ x_1 \geq 0, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

### 3.2.3 Fase de Cierre

La fase de cierre busca que cada equipo proponga soluciones al problema planteado, que las analice y que elija alguna. En este caso, se generó una presentación interactiva y se requirió a los equipos la entrega de una tercera actividad como evidencia de aprendizaje.

1. **Presentación interactiva:** "Programación Lineal. Cadena de suministros y Álgebra: Un problema de optimización" Parte 2. A la que se puede acceder en la siguiente liga: https://view.genially.com/678f453cb96684c804457186/interactive-content-metodo-simplex-parte-2. Si bien la primera presentación habla sobre la teoría del método Simplex, esta segunda presentación es práctica y tiene como objetivo explicar paso a paso el procedimiento del método Simplex, incluyendo identificación de variables entrantes y salientes, manejo de tablas, y aplicación del método gráfico a la resolución matricial mediante Gauss-Jordan. El contenido de esta presentación resume lo presentado en la Sección 2.4.




*Figura 8 Programación Lineal. Cadena de Suministros y Álgebra: Un problema de optimización. Parte - 2*

2. **Ejercicio guiado de aplicación.** Los estudiantes eligieron uno de cuatro problemas reales de optimización y lo resolvieron completamente mediante el método Simplex. La actividad requerida se muestra a continuación.

## Actividades

A continuación, se presentan cuatro problemas de optimización. Elije **uno de ellos** y resuelve el problema con el **Método Simplex**. Es fundamental que no omitas ningún paso en el procedimiento. En tu reporte, incluye lo siguiente:

1. La función objetivo y las restricciones.
2. El sistema de ecuaciones asociado, incorporando las variables de holgura.
3. La matriz de coeficientes inicial del método Simplex.
4. La identificación de las variables entrantes y salientes en cada iteración.
5. La reducción por eliminación de Gauss, mostrando las operaciones elementa-les realizadas.
6. Todos los pasos necesarios hasta obtener la solución óptima.

Asegúrate de presentar el procedimiento de manera clara y ordenada.

### *Ejercicio 1.*

Una empresa fabrica dos productos: $x$ y $y$. Las ganancias $z$ de la empresa están dadas por

$$z = 50x + 30y$$

- Las ganancias están sujetas a las siguientes restricciones:

$$2x + y \leq 40$$
$$x + 2y \leq 50$$
$$x, y \geq 0$$

Aplique el Método Simplex para maximizar la función objetivo.

### *Ejercicio 2.*

Un taller produce dos tipos de muebles: $A$ y $B$. Las ganancias $Z$ del taller son tales que la función objetivo puede plantearse como sigue:

$$Z = 60A + 40B$$

- Por su parte, las restricciones del taller sobre material y horas de trabajo son:

$$3A + 2B \leq 60$$

$$A, B \geq 0$$

Aplique el Método Simplex para maximizar la función objetivo.

*Ejercicio 3.*

Una empresa desea minimizar costos de producción de dos productos: $P_1$ y $P_2$. Si los costos se denotan como $C$, el costo de producción es el siguiente:

$$C = 8P_1 + 10P_2$$

- El costo de producción está sujeto a las siguientes restricciones:

$$P_1 + 2P_2 \geq 20$$
$$3P_1 + P_2 \geq 30$$
$$P_1, P_2 \geq 0$$

Aplique el Método Simplex para minimizar la función objetivo.

*Ejercicio 4.*

Una fábrica elabora tres tipos de productos: $x_1$, $x_2$ y $x_3$. La fábrica busca maximizar las ganancias $Z$, las cuales están dadas por:

$$Z = 40x_1 + 30x_2 + 20x_3$$

- Las ganancias están sujetas a las siguientes restricciones:

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 100$$
$$3x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 150$$
$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Aplique el Método Simplex para maximizar las ganancias.

Esta actividad permitió comprobar la comprensión del proceso completo y su correcta ejecución.

Para darle cierre a la secuencia, los estudiantes deben compartir y analizar las soluciones que obtuvieron en los problemas que fueron asignados y en los que ellos realizaron. Se comparan sus métodos con los de los otros equipos y se reflexiona sobre cada proceso que siguieron para resolver problemas mediante el método Simplex.

Finalmente, se aplica un cuestionario de salida para poder evaluar la percepción del aprendizaje, la comprensión del método, la relación que se establece entre la parte teórica y práctica y el nivel de motivación que se alcanzó. Este cierre nos permite valorar la efectividad de la secuencia y reforzar la importancia de la optimización como herramienta fundamental

para la toma de decisiones en el mundo de los ingenieros e ingenieras profesionistas. Una captura de pantalla de la secuencia didáctica implementada en Google Classroom puede verse en la Figura 9.

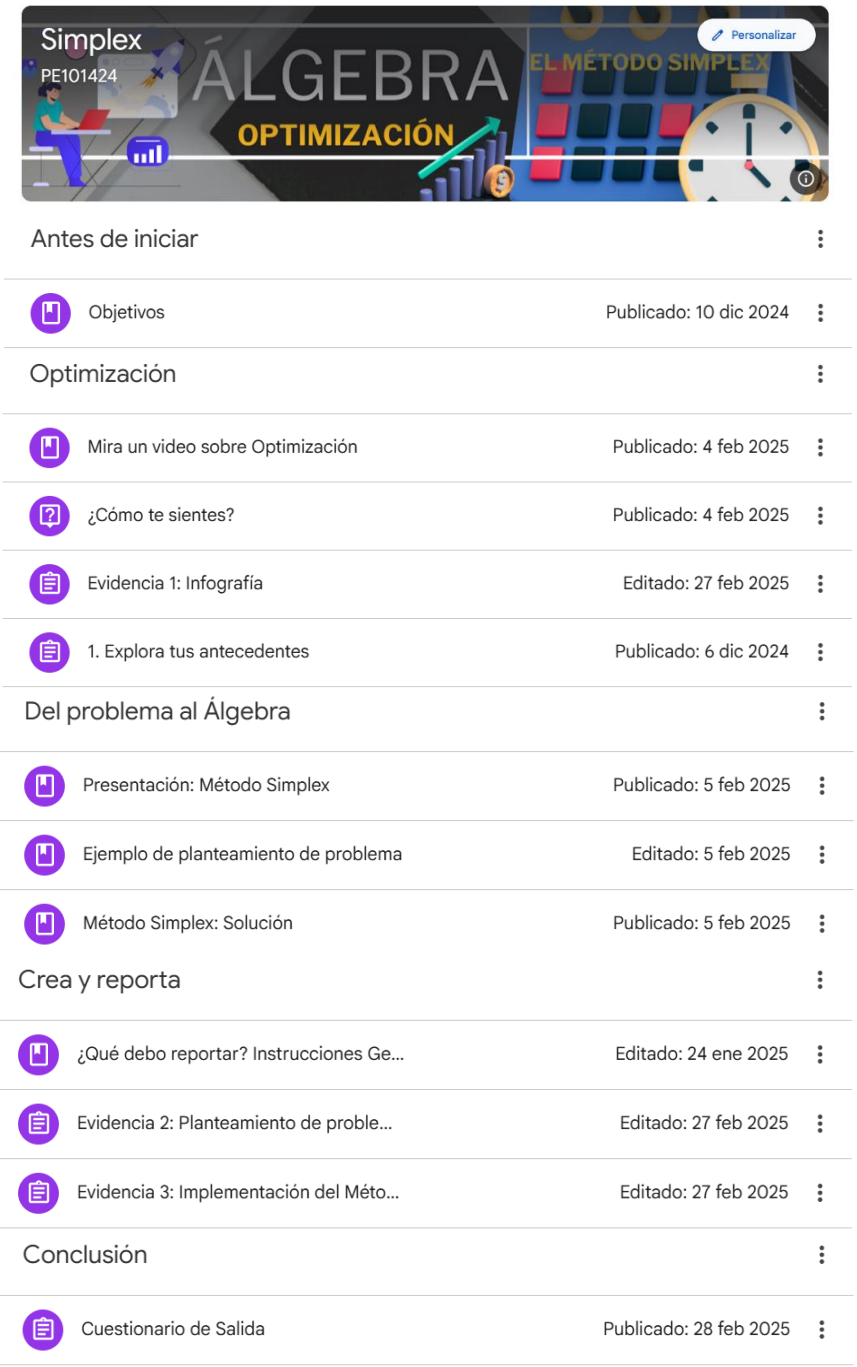



*Figura 9 Google Classroom Simplex.*

# Capítulo 4: Resultados de la Intervención educativa

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos después de la intervención educativa. La secuencia didáctica se aplicó en un grupo de Álgebra correspondiente al primer año de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Participaron 41 estudiantes. La intervención fue asíncrona y se diseñó para ser concluida en 2 semanas durante el periodo agosto-diciembre de 2025. La recolección de datos incluyó una encuesta de salida con 24 preguntas en escala Likert y 8 preguntas abiertas; así como las evidencias entregadas por los equipos de trabajo evaluadas con rúbricas.

## 4.1 Instrumentos de evaluación

Cada equipo de trabajo entregó tres evidencias de aprendizaje y un cuestionario de salida. Las evidencias son:

1. Infografía sobre optimización
2. Actividades de planteamiento de problemas
3. Actividades de solución de problemas con el método Simplex usando matrices y reducción de Gauss

En lo siguiente, se presentan los instrumentos de evaluación empleados para la evaluación de las evidencias y las preguntas en el cuestionario de salida. Todos los instrumentos de evaluación fueron compartidos con los estudiantes para que tuvieran conocimiento de qué se les iba a evaluar.

### 4.1.1 Rúbricas y listas de cotejo

La infografía busca valorar la capacidad de los equipos de trabajo para comprender la importancia de la optimización en la ingeniería, reconocer el papel de las matemáticas, así como resumir y comunicar visualmente la información. En este caso, la rúbrica usada es la que se muestra a continuación.

| **Asignatura** | Álgebra | **Fecha:** | |
|---|---|---|---|
| **Evidencia 1** | **Infografía** | | |
| **Objetivo** | Crear una infografía que muestre la importancia de la optimización en la ingeniería y el papel que juegan las matemáticas. | | |
| **Especifica-ciones** | El estudiantado deberá formar equipos de 4 integrantes y entregar un **documento PDF** que contenga una infografía. La infografía debe contestar a las preguntas **¿Por qué es importante optimizar en la ingeniería? y ¿cuál es el papel de las matemáticas?** | | |

**Nivel de desempeño**

| **Criterios** | Excelente (**4**) | Bueno (**3**) | Básico (**2**) | Insuficiente (**1**) | **Valor** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Contenido**<br><br>**70%** | ✓ Responde ambas preguntas<br>✓ El texto es claro y la información es apropiada<br>✓ Presenta comentarios o ejemplos que reflejan comprensión del tema. | ✓ Responde ambas preguntas<br>✓ El texto es claro y la información es apropiada | ✓ Responde ambas preguntas sin explicarlas claramente | ✓ Sólo responde a una pregunta y/o presenta información confusa | |
| **Diseño y comunica-ción visual**<br><br>**20%** | ✓ Usa gráficos y/o imágenes.<br>✓ Organización Lógica. Es fácil seguir el flujo de la infografía<br>✓ El diseño es limpio con buen uso de los colores y facilita la lectura<br>✓ No tiene errores ortográficos. | ✓ Usa gráficos y/o imágenes.<br>✓ Organización Lógica. Es fácil seguir el flujo de la infografía<br>✓ El diseño es limpio con buen uso de los colores y facilita la lectura | ✓ Usa gráficos y/o imágenes<br><br>✓ Organización Lógica. Es fácil seguir el flujo de la infografía | ✓ Se puede entender el flujo de la información | |
| **Conclusio-nes**<br>**10%** | ✓ Presenta conclusiones o reflexiones | | | | |

Esta rúbrica tiene cuatro niveles de desempeño y le da prioridad al contenido sobre el diseño y la comunicación visual.

Por su parte, la evaluación de la Evidencia relacionada con el planteamiento de problemas se hizo por medio de la siguiente lista de cotejo.

| **Asignatura:** | Álgebra | **Fecha:** | |
|---|---|---|---|
| **Evidencia 2** | **Planteamiento de Problemas** | | |
| **Objetivo** | Plantear un problema un problema de optimización relacionado con la vida cotidiana del estudiantado. | | |
| **Especificaciones** | El estudiantado deberá formar equipos de 4 integrantes y entregar un **documento PDF** que contenga el proceso de seis pasos para el planteamiento de un problema de optimización relacionado con su vida diaria. La información puede entregarla en forma de Tabla o bien en forma de lista detallada. | | |

**Lista de Cotejo**

| **Criterio de evaluación** | Sí | No |
|---|---|---|
| 1. Se plantea claramente, en forma de texto, el problema que se quiere abordar y se define claramente si se tiene un interés de maximizar o minimizar cierta variable. | | |
| 2. Se explica en forma de texto los factores que influyen en el problema, así como las restricciones que se tienen. | | |
| 3. Se definen las variables de interés | | |
| 4. Se determina, matemáticamente, la función objetivo. | | |
| 5. Se escriben las restricciones matemáticamente. | | |
| 6. Se plantea la forma estándar del problema integrando variables de holgura | | |
| 7. Se concluye o comenta sobre lo discutido entre las y los integrantes del equipo | | |

**Nivel de desempeño**

| **Nivel de desempeño** | Valoración de los criterios | Referencia numérica |
|---|---|---|
| **Destacado** | ✓ Siete criterios demostrados | **100** |
| **Satisfactorio** | ✓ Seis criterios demostrados | **90** |
| **Suficiente** | ✓ Cinco criterios demostrados | **70** |

| | | |
|---|---|---|
| **Insatisfactorio** | ✓ Cuatro o menos criterios demostrados | **50** |

Por último, para evaluar la evidencia que se entregó relacionada con la solución del problema también se empleó una lista de cotejo donde se evalúan los pasos del procedimiento y la conclusión. La lista de cotejo es la que siguiente.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Asignatura:** | Álgebra | **Fecha:** | |
| **Evidencia 2** | **Planteamiento de Problemas** | | |
| **Objetivo** | Plantear un problema un problema de optimización relacionado con la vida cotidiana del estudiantado. | | |
| **Especificaciones** | El estudiantado deberá formar equipos de 4 integrantes y entregar un **documento PDF** que contenga la solución a uno de los problemas planteados con todos los pasos hasta obtener la solución óptima | | |

## Lista de Cotejo

| **Criterio de evaluación** | Sí | No |
|---|---|---|
| 1. Se plantea claramente, la función objetivo y las restricciones. | | |
| 2. Se presenta el sistema de ecuaciones asociado, incorporando las variables de holgura. | | |
| 3. Se presenta la matriz de coeficientes inicial del método Simplex | | |
| 4. Se identifican las variables entrantes y salientes en cada iteración. | | |
| 5. Se hace la reducción por eliminación de Gauss, mostrando las operaciones elementales realizadas. | | |
| 6. Se llega al resultado correcto. | | |
| 7. Se interpreta el resultado y se da una conclusión. | | |

**Nivel de desempeño**

| **Nivel de desempeño** | Valoración de los criterios | Referencia numérica |
|---|---|---|
| **Destacado** | ✓ Siete criterios demostrados | **100** |
| **Satisfactorio** | ✓ Seis criterios demostrados | **90** |

| | | |
|---|---|---|
| **Suficiente** | ✓ Cinco criterios demostrados | **70** |
| **Insatisfactorio** | ✓ Cuatro o menos criterios demostrados | **50** |

### 4.1.2 Cuestionario de Salida

El cuestionario de salida busca indagar sobre la percepción que tienen los estudiantes de su propio aprendizaje y sobre si la motivación para estudiar la asignatura mejora con este tipo de secuencias didácticas. A continuación, las preguntas.

**Preguntas en escala** (5- Excelente, 4- Bueno, 3- Aceptable, 2- Deficiente, 1- Muy deficiente)

1. Cuando los temas enseñados están relacionados con mis intereses, considero que mi aprendizaje es
2. Saber para qué sirve lo que voy a aprender me resulta
3. Considero que el objetivo de cada una de las actividades se logró de manera
4. Las actividades reforzaron mis conocimientos del tema de sistemas de ecuaciones lineales de forma
5. Las actividades complementaron los conceptos vistos en clase de forma
6. El juego propuesto me ayudó a identificar mis conocimientos previos de forma
7. Los videos me ayudaron a guiarme y a comprender en dónde se pueden aplicar los conceptos vistos en clase de manera
8. Las actividades propuestas que vincula la teoría con la práctica promueven mi aprendizaje de forma
9. Considero que pude identificar los pasos para
    a. [Definir el problema]
    b. [Generar las soluciones]
    c. [Seleccionar la solución]
    d. [Implementar la solución]
    e. [Evaluar la solución]
10. Considero que pude conectar los conocimientos de Álgebra con la resolución de problemas de Ingeniería de manera
11. Las actividades estimularon mi reflexión de forma
12. Colaborar con mi equipo mejoró mi desempeño de forma
13. Los reportes que se me solicitaron midieron mi aprendizaje de forma
14. Después de realizar las actividades, mi motivación por aprender la asignatura es

**Preguntas abiertas:**

1. ¿Consideras que conocer aplicaciones del álgebra en ingeniería aumentaría tu motivación para estudiar la asignatura? Explica por qué.
2. ¿Qué aspectos tomaste en cuenta para elaborar tu infografía o realizar tus actividades? ¿Consultaste fuentes adicionales?
3. Con estas actividades ¿aprendiste nuevos conceptos, términos, aplicaciones, etc.? Si es así ¿cuáles?
4. ¿Cómo relacionas lo que aprendiste en estas actividades con tus conocimientos previos?
5. ¿Cuáles son los retos a los que te enfrentaste y cómo los superaste?
6. ¿Qué cambios sugerirías en las actividades para mejorar tu aprendizaje?
7. ¿Qué otro tipo de actividades o herramientas digitales sugieres? ¿cuál te gusto más o menos?
8. Realiza los comentarios que quieras hacer en general sobre tu experiencia en la asignatura.

**Preguntas en escala** (5- Excelente, 4- Bueno, 3- Aceptable, 2- Deficiente, 1- Muy deficiente) sobre uso de contenido:

1. La claridad de las actividades es
2. La organización del material es
3. La interacción con las actividades es
4. Las instrucciones que se presentan en cada actividad me sirven de forma
5. La organización y distribución del tiempo es coherente con las actividades pedidas de forma
6. Las herramientas digitales (videos, juegos, evaluaciones) que se piden se presentan de forma
7. La facilitad del uso de la secuencia didáctica es
8. Preguntarme por mis emociones es una idea
9. La realimentación que da el material es

Al final de la encuesta se añadió la leyenda:

*La presente encuesta tiene fines exclusivamente académicos y de mejora de la calidad educativa. No se solicita ni se recaba ningún tipo de dato personal (nombre, correo electrónico, etc.) que permita identificarle. Sus respuestas son totalmente anónimas y confidenciales. La*

*información agregada será utilizada únicamente para fines estadísticos y de investigación, garantizando la protección de su privacidad ¡Muchas gracias por tu participación!*

## 4.2 Resultados Cuantitativos

Con el propósito de analizar el impacto de la secuencia didáctica implementada, se aplicó un cuestionario de salida integrado por 14 reactivos en escala tipo Likert. Este instrumento permitió obtener información cuantitativa sobre la percepción del estudiantado respecto a su proceso de aprendizaje, la comprensión de los contenidos algebraicos y la vinculación de estos con problemas de optimización en contextos de ingeniería.

Para la interpretación de los resultados se empleó una escala de valoración de cinco niveles, donde 1 corresponde a una percepción muy deficiente y 5 a una valoración excelente. En este sentido, las gráficas presentadas a continuación muestran la distribución de las respuestas de los estudiantes en función del grado de aceptación o entendimiento alcanzado en cada uno de los aspectos evaluados durante la implementación de la secuencia didáctica. Lo mencionado anteriormente es importante para poder determinar si el objetivo de la secuencia se cumple.

Para complementar la interpretación de las gráficas, se calculó la media y desviación estándar de las respuestas de algunos reactivos de este cuestionario de salida. Con este objetivo, la media nos permite identificar el nivel general de aceptación que obtuvo la secuencia didáctica ante los estudiantes, mientras que la desviación estándar nos permite estimar el grado de variabilidad de las respuestas. La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos, los cuales ayudan a tener una comprensión integral sobre el impacto que genero la estrategia didáctica implementada.

| Reactivo evaluado | Media | Desviación estándar |
|---|---|---|
| **Preguntas sobre el aprendizaje** | | |
| Pregunta 2. Saber para qué sirve lo que voy a aprender me resulta. | 4.66 | 0.48 |
| Pregunta 4. Las actividades reforzaron mis conocimientos del tema de sistemas de ecuaciones lineales de forma | 4.54 | 0.64 |
| Pregunta 8. Las actividades propuestas que vincula la teoría con la práctica promueven mi aprendizaje de forma | 4.63 | 0.54 |
| Pregunta 10. Consideras que pudiste identificar los pasos para resolver el problema de forma | 4.07 | 0.82 |
| Pregunta 11. Consideras que pudiste conectar los conocimientos de Álgebra Lineal con la | 4.41 | 0.50 |

| | | |
|---|---|---|
| resolución de problemas de Ingeniería de manera | | |
| **Sobre el uso de las actividades** | | |
| Pregunta 1. La claridad de las actividades es | 4.41 | 0.71 |
| Pregunta 6. Las herramientas digitales (videos, juegos, evaluaciones) que se piden se presentan de forma | 4.61 | 0.63 |
| Pregunta 7. La facilitad del uso de la secuencia didáctica es | 4.66 | 0.57 |

*Tabla 4 Media y desviación estándar de los reactivos seleccionados del cuestionario de salida.*

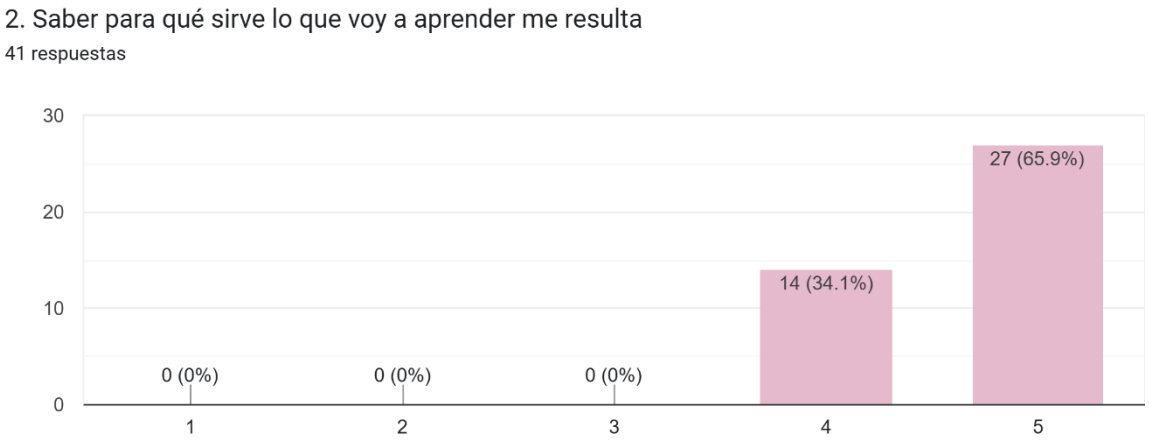
Como se observa en la Tabla 4, las medias registradas en los reactivos analizados se ubican en valores superiores a 4, lo que evidencia una percepción positiva del estudiantado respecto a las distintos componentes de la secuencia didáctica. Este comportamiento permite deducir que las actividades favorecieron tanto la comprensión de los contenidos algebraicos como su reconocimiento en contextos de aplicación vinculados con la ingeniería.

Los reactivos que tienen relación con el aprendizaje, como el refuerzo de conocimientos en sistemas de ecuaciones lineales y el vínculo que existe entre la parte teórica y la parte práctica, sus resultados muestran una valoración favorable, lo que nos permite decir que esta propuesta didáctica contribuyó a la consolidación conceptual y al desarrollo de habilidades para poder dar solución a problemas. De forma similar, la media obtenida en el reactivo que hace referencia a la conexión que tiene el álgebra con situaciones que son propias en el contexto ingenieril permite observar avances en cuanto a la utilidad de la asignatura en la formación profesional del estudiantado.

Por otro lado, los resultados que están asociados al uso de actividades indican una tendencia positiva, resaltando aspectos como la claridad en cuanto a la organización del material, la facilidad de uso de la secuencia didáctica y la relevancia de las herramientas digitales implementadas. Todos estos elementos indican que el diseño de los recursos ayudo a generar condiciones favorables para el aprendizaje, haciendo más fácil la interacción con el contenido, impulsando a una experiencia educativa más dinámica.

En cuanto al reactivo 10 relacionado con la identificación del procedimiento para la resolución del problema, aunque la media indica una percepción favorable, la mayor variabilidad observada en las respuestas puede interpretarse como la presencia de diferentes niveles de comprensión respecto al proceso metodológico. Este resultado resulta congruente con la complejidad que supone el análisis estructurado de problemas de optimización, particularmente en etapas iniciales de formación.

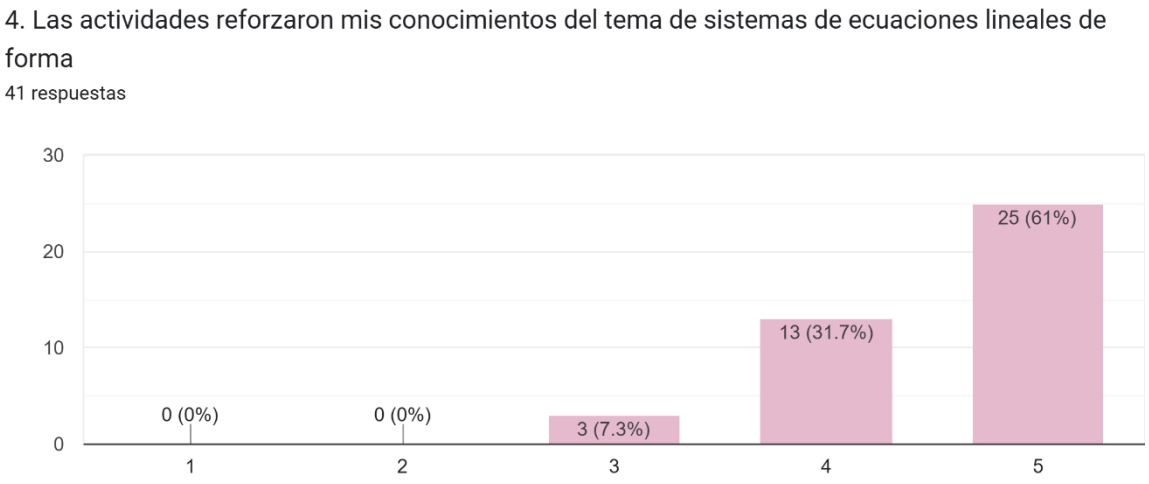
Para complementar el anterior análisis estadístico, a continuación, se presentan las gráficas de la distribución de respuestas obtenidas en el formato Likert, las cuales nos permiten observar a más detalle la percepción del estudiantado en cada uno de los aspectos que se evaluaron.




*Gráfica 1 Pregunta 2 del cuestionario de salida. Sección 1: Preguntas sobre tu aprendizaje.*

En la Grafica 1 podemos observar que la totalidad de las respuestas de los estudiantes están distribuidas en los niveles superiores de la escala Likert, donde 27 alumnos (65.9%) considera excelente y otros 14 (34.1%) bueno el saber la utilidad que tienen los contenidos que están aprendiendo. Estos resultados indican que los estudiantes fueron capaces de reconocer la parte relevante de los temas que se abordan durante su proceso de formación.

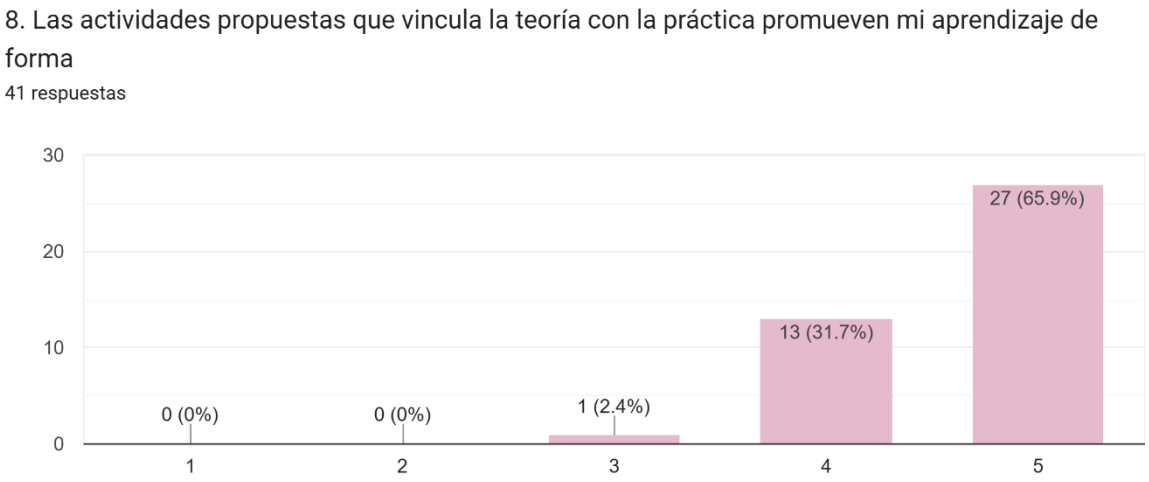
Esta respuesta positiva muestra que la implementación de las actividades que están orientadas a la resolución de problemas de optimización impulso la comprensión del propósito que tiene el aprender algebra, dando paso a que los estudiantes puedan identificar la aplicación de la materia en situaciones propias de ingeniería. Por consecuencia, la percepción apoya al fortalecimiento de la motivación académica y la disposición que se tiene para aprender la asignatura.




*Gráfica 2 Pregunta 4 del cuestionario de salida. Sección 1: Preguntas sobre tu aprendizaje.*

En la Grafica 2, gran parte del estudiantado respondió de manera positiva en cuanto al fortalecimiento de sus conocimientos en el tema de sistemas de ecuaciones lineales, donde destaca que el 61% calificó este aspecto como excelente, el 31.7% como bueno y solo el 7.3% tuvo una percepción regular. Esto es evidencia de que las actividades que se desarrollaron durante la secuencia didáctica fortalecieron a la consolidación de contenidos fundamentales del álgebra.

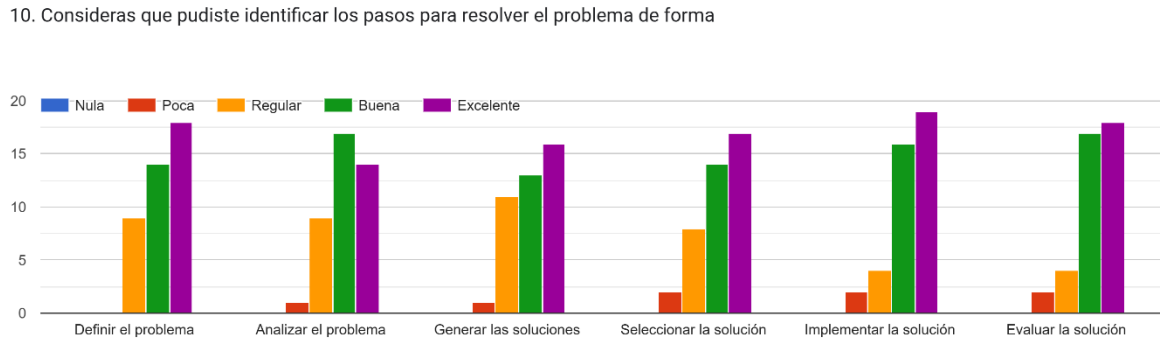
Estos resultados nos permiten indicar que la integración de los recursos interactivos y las estrategias que están orientadas a la resolución de problemas beneficio la comprensión de los procedimientos algebraicos, en especial los que son necesarios para la aplicación del Método Simplex. A partir de esto, la percepción positiva de los estudiantes muestra que la propuesta didáctica fortaleció la construcción de conocimientos para la formación de ingenieras e ingenieros.




*Gráfica 3 Pregunta 8 del cuestionario de salida. Sección 1: Preguntas sobre tu aprendizaje.*

Para la Grafica 3 observamos que la mayoría de los estudiantes percibió de forma positiva las actividades propuestas que vinculan la teoría con la práctica, dando como resultado que el 65.9% califico como excelente este aspecto, el 31.7% como bueno y solo el 2.4% lo percibió de forma regular. Estos resultados nos dejan observar que la secuencia didáctica hizo que la comprensión del algebra sea llevada a la aplicación en contextos prácticos.

Esta imagen de las respuestas obtenidas nos permite visualizar que al darle un contexto a los conceptos matemáticos en situaciones que están relacionadas con la optimización ayudo a tener una mejor percepción del aprendizaje, ya que se transmite la utilidad de los temas en escenarios reales de ingeniería. Esto respalda el enfoque que tiene el Aprendizaje Basado en Problemas, en cuanto a fortalecer el conocimiento a partir de su aplicación en escenarios profesionales más cercanos a la realidad.

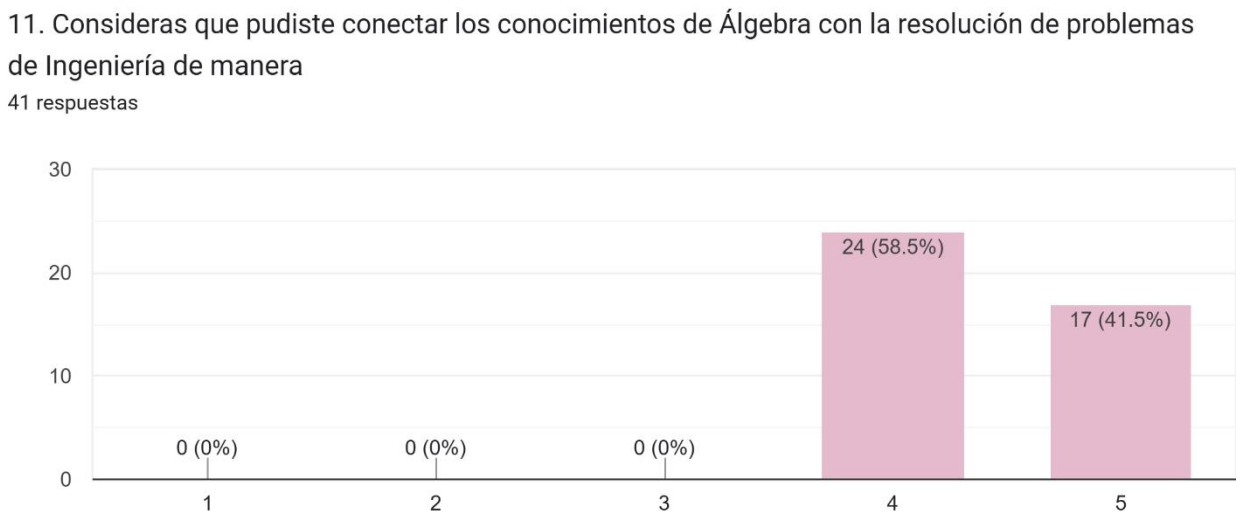



*Gráfica 4 Pregunta 10 del cuestionario de salida. Sección 1: Preguntas sobre tu aprendizaje.*

A partir de los datos ilustrados en la Gráfica 4, se puede señalar que la mayoría de los alumnos valoró de manera positiva su capacidad para identificar los distintos pasos implicados en la resolución del problema de optimización. En cada una de las etapas analizadas (definir el problema, analizar la situación, generar alternativas de solución, seleccionar la opción más adecuada, implementar la solución y evaluar los resultados) se observa una mayor concentración de respuestas en los niveles de valoración buena y excelente.

La Grafica 4 establece que la secuencia didáctica impulso el proceso de comprensión estructurado que es necesario a la hora de abordar problemas, permitiendo que los estudiantes reconozcan la resolución de problemas como una actividad sistemática. Estos resultados indican el proceso del pensamiento lógico y de las habilidades que están relacionadas con la organización metodológica del conocimiento, estas son competencias fundamentales en la formación profesional de los ingenieros.

También la tendencia que se observa muestra que la integración del Método Simplex en las actividades propuestas apoyo a la comprensión de la importancia que tiene el seguir un procedimiento de forma ordenada para poder tomar decisiones eficientes.

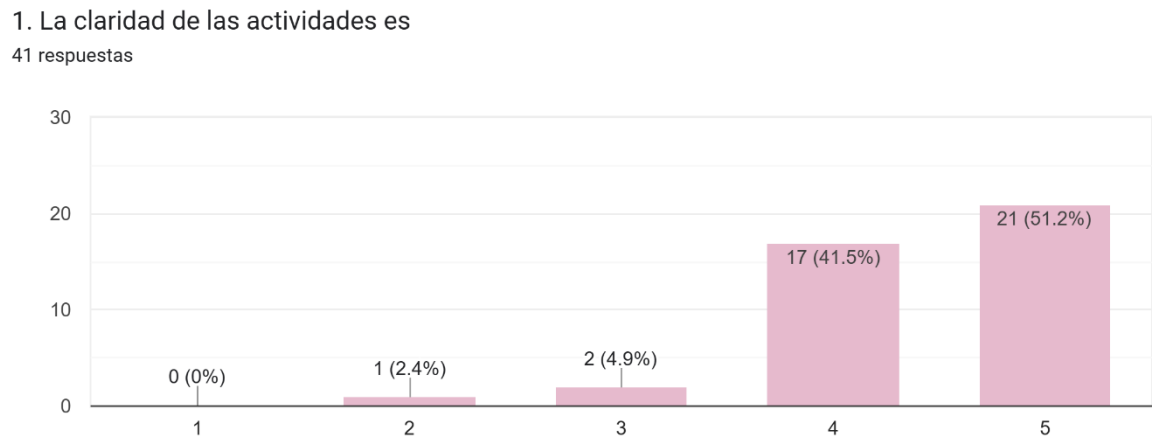



*Gráfica 5 Pregunta 11 del cuestionario de salida. Sección 1: Preguntas sobre tu aprendizaje.*

La distribución de respuestas presentada en la Gráfica 5 evidencia que la totalidad del estudiantado valoró positivamente la relación entre los contenidos de álgebra y su aplicación en la resolución de problemas propios del ámbito ingenieril, destacando que el 58.5% calificó este aspecto como bueno y el 41.5% como excelente. Esta tendencia permite reconocer que los estudiantes lograron

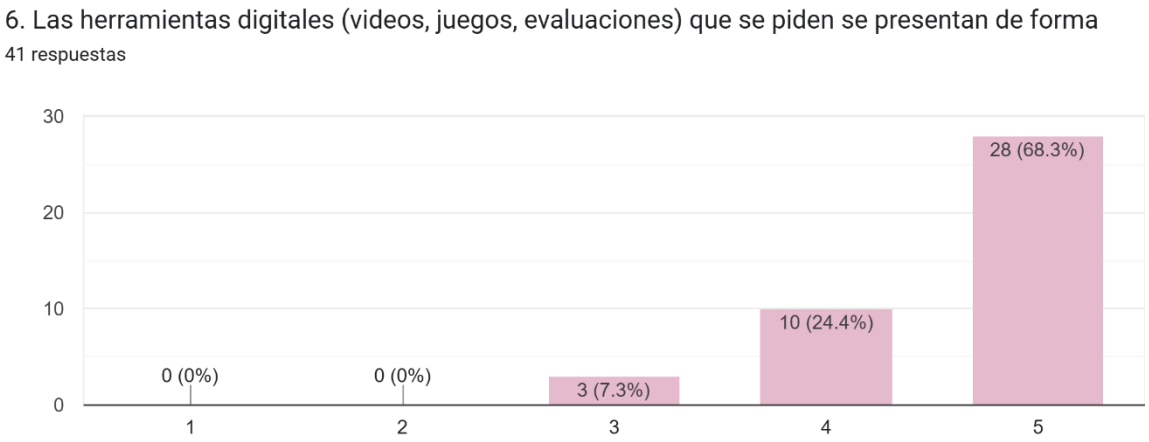
identificar la utilidad de los conceptos matemáticos dentro de situaciones vinculadas con la toma de decisiones y la optimización de procesos.

Estos resultados presumen que la implementación de la secuencia didáctica favoreció para transformar la percepción que tenían los estudiantes del álgebra, es decir, pasar de considerarla una asignatura abstracta a comprenderla y entenderla como una herramienta importante para el análisis y para la solución de problemas en la vida real. Al obtener una respuesta positiva como se observa en la gráfica podemos decir que el objetivo general del proyecto se cumple.




*Gráfica 6 Pregunta 1 del cuestionario de salida. Sección 3: Sobre el uso de las actividades.*

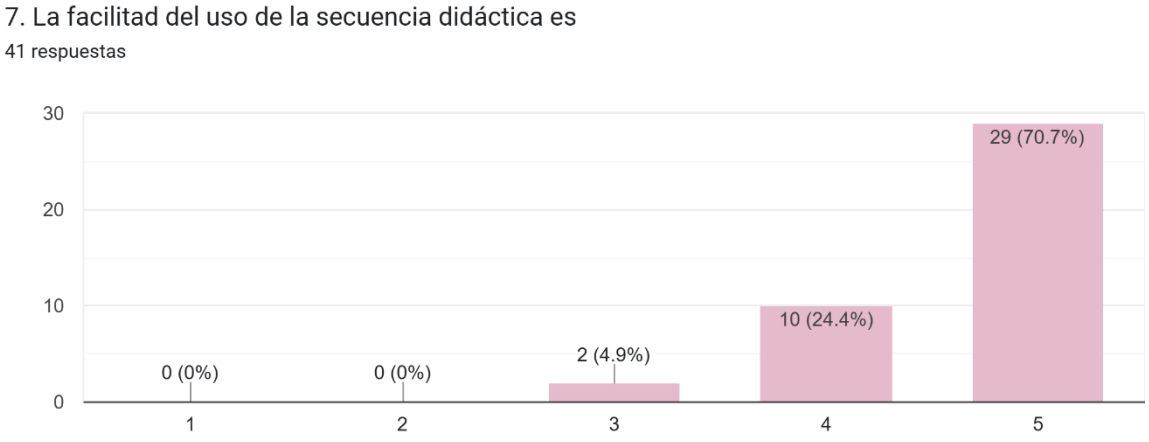
La distribución de respuestas presentada en la Gráfica 6 muestra que la mayoría de los alumnos percibió de manera positiva la claridad de las actividades desarrolladas durante la secuencia didáctica, destacando que el 51.2% calificó este aspecto como excelente y el 41.5% como bueno. No obstante, podemos observar que pocos estudiantes valoraron este elemento en particular como regular (4.9%) o poca claridad (2.4%), lo que indica que existieron dificultades en cuanto a la comprensión de las instrucciones o en la organización de las actividades.




*Gráfica 7 Pregunta 6 del cuestionario de salida. Sección 3: Sobre el uso de las actividades.*

El comportamiento de las respuestas mostrado en la Gráfica 7 evidencia que se valoró de manera altamente positiva la forma en que se presentaron las herramientas digitales utilizadas durante la secuencia didáctica. En particular, el 68.3% de los estudiantes calificó este aspecto como excelente y el 24.4% como bueno, mientras que únicamente el 7.3% lo consideró regular.

Esta tendencia evidencia que los recursos digitales empleados, tales como videos, juegos y evaluaciones interactivas, fueron percibidos como elementos claros y accesibles para el desarrollo de las actividades.




*Gráfica 8 Pregunta 7 del cuestionario de salida. Sección 3: Sobre el uso de las actividades.*

Lo observado en la Gráfica 8 indica que el alumnado percibió de manera altamente favorable la facilidad de uso de la secuencia didáctica, destacando que el 70.7% calificó este aspecto como excelente y el 24.4% como bueno, mientras que únicamente el 4.9% lo consideró regular. Esta

distribución refleja que la mayoría de los estudiantes percibió la organización y desarrollo de las actividades como accesibles y comprensibles.

Las respuestas de los estudiantes indican que el diseño estructurado de la secuencia didáctica facilito la interacción con los contenidos y benefició en la realización de las tareas propuestas, generando condiciones adecuadas para el aprendizaje. Al ser una percepción positiva la facilidad de uso se convierte en un elemento importante, ya que un entorno didáctico claro y funcional permite centrar la atención en la comprensión de los conceptos matemáticos y en la resolución de problemas.

## 4.3 Resultados Cualitativos

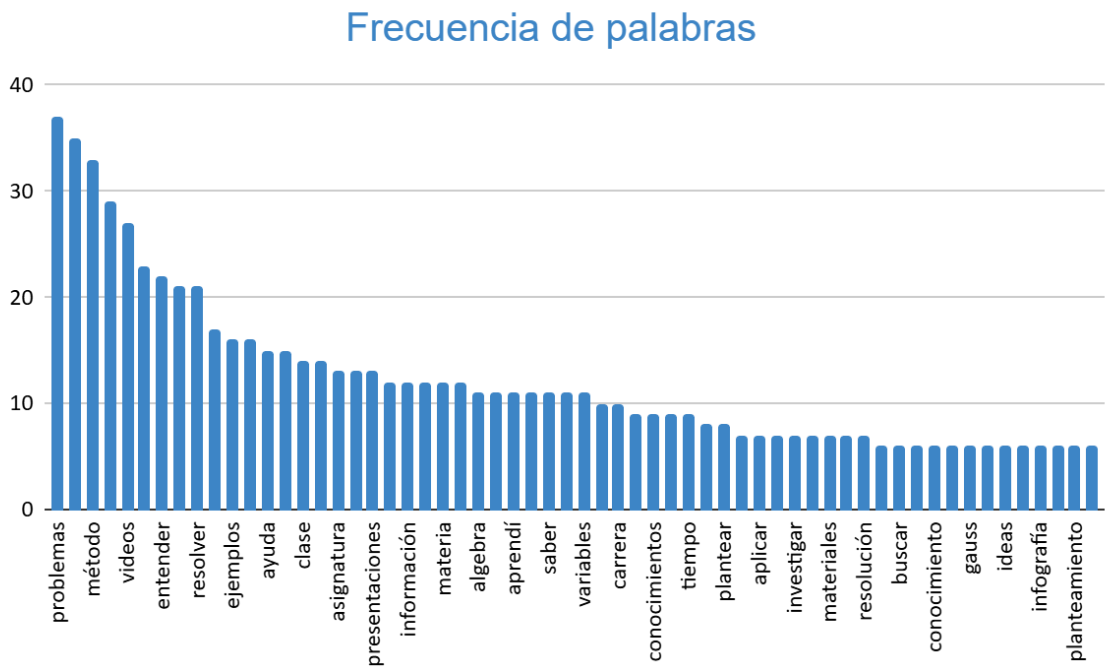
Con la finalidad de complementar la interpretación de los resultados cuantitativos obtenidos mediante el cuestionario de salida, se realizó un análisis cualitativo de las respuestas abiertas proporcionadas por los estudiantes al término de la implementación de la secuencia didáctica. Este análisis permitió identificar percepciones relacionadas con la motivación hacia el aprendizaje del




*Figura 10 Nube de palabras de preguntas abiertas del cuestionario de salida.*

álgebra, así como el aprovechamiento de las actividades desarrolladas para la comprensión y aplicación de los contenidos en la resolución de problemas de ingeniería.

Como parte del proceso de análisis se elaboró una nube de palabras a partir de los comentarios emitidos por los estudiantes, la cual se presenta en la Figura 10. La representación visual permite observar que los términos con mayor presencia son: problemas, método, simplex, entender, resolver, actividades, ejemplos y videos, por decir algunas. La frecuencia de estas palabras, mostrada en la Gráfica 9, sugiere que los estudiantes asociaron su experiencia de aprendizaje principalmente con la comprensión del procedimiento metodológico y con la aplicación de los contenidos algebraicos en situaciones prácticas. Asimismo, evidencia que la secuencia didáctica favoreció la percepción del álgebra como una herramienta útil dentro de su formación profesional.




*Gráfica 9 Frecuencia de palabras preguntas abiertas del cuestionario de salida*

La Grafica 9 representa que la palabra problemas es la que tiene más repeticiones, después hay palabras que están relacionadas con todo el proceso de solución como: método, entender, resolver, ejemplos. Este resultado indica que la secuencia didáctica se orientó hacia un enfoque aplicado, es decir, que los estudiantes lograran reconocer cual es la importancia del análisis estructurado en situaciones reales.

En relación con la motivación académica, diversas frases realizadas por los estudiantes como respuesta a preguntas abiertas reflejan que la experiencia favoreció una actitud más positiva hacia el aprendizaje del álgebra. Algunos estudiantes destacaron la utilidad de los contenidos al señalar

que *“saber que estas herramientas son la base para resolver problemas complejos en mi carrera permite comprender mejor la importancia de la asignatura”*. Este tipo de apreciaciones sugiere que la práctica contribuyó a disminuir la percepción de abstracción tradicionalmente asociada a los contenidos matemáticos.

Por otra parte, las respuestas abiertas evidencian que las actividades desarrolladas permitieron reforzar y poner en práctica conceptos fundamentales previamente estudiados. En este sentido, se identifican comentarios como *“aprendimos a analizar mejor los problemas y a seguir un procedimiento para encontrar soluciones”*, así como referencias al uso de ejemplos, materiales visuales y recursos digitales como elementos que facilitaron la comprensión del método Simplex y de los sistemas de ecuaciones lineales.

De forma general, estos resultados cualitativos nos permiten concluir que la secuencia didáctica beneficio la motivación del aprendizaje, pero también logro consolidar conocimientos, al aplicar los conocimientos de los conocimientos algebraicos en contextos que tienen relación con situaciones cercanos a la realidad de un ingeniero o ingeniera. Estos resultados son congruentes con los obtenidos en la parte cuantitativa y nos brindan evidencia sobre la aceptación de integrar estrategias de enseñanza innovadoras y basadas en dar soluciones a problemas que están dentro de la formación de estudiantes de ingeniería.

# Conclusiones

Este proyecto tuvo como principal objetivo llevar a cabo el diseño e implementación de una secuencia didáctica basada en la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el propósito fue encontrar relación entre los temas de la asignatura de álgebra (sistemas de ecuaciones lineales, matrices y método Gauss) y los problemas de optimización con el Método Simplex. Teniendo en cuenta la respuesta obtenida por los estudiantes, podemos afirmar que el objetivo se cumplió de manera satisfactoria.

Primeramente, se identificó que existen problemas en cuanto a la enseñanza del álgebra en niveles iniciales de las carreras de ingeniería, esto es entorno a la percepción que se tiene de la asignatura, es decir, se considera que es una asignatura abstracta y que no hay un vínculo con la práctica profesional. Por estas razones, el implementar una secuencia didáctica posicionada en problemas reales favoreció significativamente a la comprensión de conceptos matemáticos y a descubrir la conexión de la aplicación de estos conceptos en la ingeniería.

Las respuestas obtenidas para determinar resultados tanto cualitativos como cuantitativos indican que el uso del ABP, en conjunto con recursos digitales interactivos, benefician a mejorar la motivación que tienen o no los estudiantes, pero también apoya a desarrollar herramientas fundamentales como la capacidad de análisis y a resolver problemas. La participación y el trabajo en equipo hicieron que los alumnos no solo aplicaran procedimientos algebraicos por aplicarlos, sino que permitió que se llevara a cabo el desarrollo de habilidades colaborativas para poder tomar decisiones informadas en escenarios reales.

También se comprobó que el integrar el Método Simplex como un problema eje resultó adecuado para la enseñanza de los temas impartidos en la asignatura de algebra en ingeniería, ya que permite observar la relación de los contenidos en forma teórica con las aplicaciones que se realizan en la parte práctica y que está vinculada con la optimización de los recursos, indicando la importancia que tiene la asignatura dentro de la formación de profesionistas.

El uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación también es un tema fundamental en este proyecto ya que al utilizarlas facilita el poder visualizar procedimientos, llevar a cabo una investigación, compartir o estudiar diferentes puntos de vista y resolución, promover las

interacciones y también adaptarse a las características que poseen los perfiles de los estudiantes actuales.

Si bien la muestra es pequeña y no es representativa, con los resultados obtenidos podemos identificar un comportamiento positivo para el aprendizaje y para la motivación de los estudiantes. Sin embargo, es importante reconocer que estos resultados no se pueden generalizar pues es necesario realizar un estudio con muestras más grandes y diversas.

Para un trabajo futuro, sugerimos la posibilidad de ampliar la aplicación de esta secuencia didáctica a más grupos de la asignatura de álgebra en la Facultad de Ingeniería de la UNAM con distintos perfiles académicos, para lograr validar la efectividad o el impacto que pudiera tenerse en cuanto a la enseñanza. Sería benéfico el poder realizar comparaciones entre las metodologías con las que se enseñanza tradicionalmente y la estrategia basada en problemas, esto con el fin de poder medir de mejor manera el impacto que tienen estas técnicas en el aprendizaje.

De misma forma, se propone profundizar en poder integrar herramientas tecnológicas más innovadoras, avanzadas y que logren despertar el interés y la motivación de los estudiantes, tales como simuladores o softwares que permitan tener interacciones y con los que se pueda “jugar” pero al mismo tiempo aprender y facilitar la comprensión de los temas de la asignatura.

Por último, se plantea el poder extender esta propuesta de secuencia didáctica con otros temas ya sea de esta asignatura o de alguna otra impartida en la FI-UNAM, esto se sugiere con el objetivo de fortalecer la formación que reciben los estudiantes y desarrollar aún más las capacidades para hacerle frente a los problemas de la vida real en el ámbito profesional.

# Referencias


- Aquino Córdova, J. (2012). *Investigación de operaciones*. Red Tercer Milenio S.C. https://www.etac.edu.mx/hubfs/BibliotecasDigitales/RTM/pdf_RTM/Investigacion_de_operaciones-Parte1.pdf
- Cortés Cortés, M. E., Maridueña Arroyave, M., & Martínez García, W. (2016). *La programación lineal y el transporte*. Editorial de la Universidad de Guayaquil. https://libros.ug.edu.ec/index.php/editorial/es/catalog/download/9/9/36?inline=1DGB UNAM. (2015). *Evaluación de los recursos didácticos...* [Tesis de licenciatura]. Dirección General de Bibliotecas, UNAM.
- DGB UNAM. (2016). *Sobre tecnologías para la educación...* [Tesis de licenciatura]. Dirección General de Bibliotecas, UNAM.
- División de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNAM. (s. f.). *Requisitos académicos y promedio en examen diagnóstico de Álgebra*. En *Diseño de recursos web para el apoyo docente en la FI-UNAM*. Studenta. Recuperado de https://es.studenta.com/content/110949908/diseno-de-recursos-web-para-el-apoyo-docente-en-la-fi-unam
- Hu, G. (2021). Simplex algorithm. Optimization Wiki, Cornell University. https://optimization.cbe.cornell.edu/index.php?title=Simplex_algorithm
- López Martínez, C. M. (2023). Método Simplex en VBA: Una propuesta didáctica para la enseñanza de la programación lineal. *Revista Científica de Ingenierías y Arquitectura, 2*(2), 38–57. https://doi.org/10.56643/rcia.v2i2.168
- López Palacios, G. (2024). *Eliminación Gaussiana y Gauss-Jordan* [Recurso didáctico]. Repositorio UNAM.
- Lozano-Ramírez, M. C. (2021). El aprendizaje basado en problemas en estudiantes de pregrado. *Tendencias Pedagógicas, 37*, 90–103. https://doi.org/10.15366/tp2021.37.008
- Méndez Mendoza, A. (1988). *Algoritmo simplex revisado: Un enfoque pedagógico* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM. https://repositorio.unam.mx/contenidos/204679
- Moncayo-Martínez, L. A., & Muñoz, D. F. (2018). *Un sistema de apoyo para la enseñanza del método Simplex y su implementación en computadora*. Instituto

Tecnológico Autónomo de México (ITAM). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/329925155

- Morales Bueno, P., & Landa Fitzgerald, V. (2004). *Aprendizaje basado en problemas*. Theoria, 13, 145–157.
- Nash, J. C. (2000). *The (Dantzig) simplex method for linear programming*. Computing in Science & Engineering. Recuperado de https://web.stanford.edu/class/archive/cs/cs339/cs339.2002/simplex.pdf
- Navarro del Toro, G. J. (2023). *Aplicación de software matemático en carreras de ingeniería*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2308.08024
- Rodríguez, M. (2022). Comprensión del conjunto solución de un sistema de ecuaciones lineales y cálculo de inversas: errores frecuentes y dificultades. *Educación Matemática, 34*(3), 163–180. Scielo México. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-80892022000300163&script=sci_arttext
- Sánchez Rodríguez, F. (2023, septiembre). *Factores que inciden en la reprobación de los alumnos en la asignatura "Álgebra Lineal"*. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, ACOFI. División de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, UNAM. https://doi.org/10.26507/paper.3420
- Sohn, H. (Ed.). (2025). *Mathematical applications in industrial engineering* [Special Issue]. Mathematics. MDPI. https://www.mdpi.com/journal/mathematics/special_issues/7TP193916H
- Tapia-Vélez, J. J., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, J. C., & Narváez-Zurita, C. I. (2020). Aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica para el desarrollo del razonamiento lógico matemático. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA, 5*(1), 753–767. https://doi.org/10.35381/r.k.v5i1.808
- UNAM en Línea. (s. f.). *Sistemas de ecuaciones lineales*. Recuperado de https://www.unamenlinea.unam.mx/recurso/83887-sistemas-de-ecuaciones-lineales

# Anexo

## 5.1 Anexos

### 5.1.1 Anexo 1 | Referencias digitales

| **Links de la secuencia didáctica** | |
|---|---|
| **Classroom \| Simplex** | https://classroom.google.com/c/Njg3MDg3MTEwOTMx<br>Código de la clase: **mkm5364** |
| **Inicio de la secuencia didáctica** | |
| **Video: Optimización, matemáticas e ingeniería** | https://www.youtube.com/watch?v=PahAFC4UOUM |
| **Juego: Antecedentes de programación lineal** | https://es.educaplay.com/recursos-educativos/21687186-antecedentes.html |
| **Desarrollo de la secuencia didáctica** | |
| **Presentación: Programación Lineal. Cadena de Suministros y Álgebra: Un problema de optimización \| Parte 1** | https://view.genially.com/673c00f192591f950d7a930a |
| **Presentación: Programación Lineal. Cadena de Suministros y Álgebra: Un problema de optimización \| Parte 2** | https://view.genially.com/678f453cb96684c804457186 |

## 4.1.2 Anexo 2 | Infografía Método Simplex

