

Impact of Knowledge in Linear Algebra on Academic Performance in Quantitative Optimization Methods: A Data Analytical Approach

Alba Zulay Cárdenas Escobar, MSc¹, Fabián Gazabón Arrieta, MSc¹, Armando Mendoza Díaz, MBA¹ and Holman Ospina Mateus, PhD¹

¹Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), Colombia, acardenas@utb.edu.co, fgazabon@utb.edu.co, amendoza@utb.edu.co, hospina@utb.edu.co

Abstract– The study focuses on the importance of linear algebra prerequisites for performance in the optimization subject in industrial engineering students. It is highlighted that mastery of linear algebra is essential to understand and solve complex engineering problems. The fundamental reasons that justify the relevance of this analysis are examined, such as the improvement of the curricular framework, decision-making on curricular advancement, improvement of student performance and alignment with the needs of the labor market. The methodology of the study includes the selection of a sample of students who took both subjects, the definition of relevant variables and the statistical analysis to evaluate the relationship between performance in linear algebra and optimization. A logistic regression will be applied to predict the probability of success in the optimization subject based on various variables.

Keywords-- Linear algebra, Optimization, Industrial engineering, Prerequisites, Student performance

Impact of Knowledge in Linear Algebra on Academic Performance in Quantitative Optimization Methods: A Data Analytical Approach

Impacto del Conocimiento en Álgebra Lineal en el Desempeño Académico en Métodos Cuantitativos de Optimización: Un Enfoque Analítico de Datos

Alba Zulay Cárdenas Escobar, MSc¹, Fabián Gazabón Arrieta, MSc¹, Armando Mendoza Díaz, MBA¹ and Holman Ospina Mateus, PhD¹

¹Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), Colombia, acardenas@utb.edu.co, fgazabon@utb.edu.co, amendoza@utb.edu.co, hospina@utb.edu.co

Abstract– The study focuses on the importance of linear algebra prerequisites for performance in the optimization subject in industrial engineering students. It is highlighted that mastery of linear algebra is essential to understand and solve complex engineering problems. The fundamental reasons that justify the relevance of this analysis are examined, such as the improvement of the curricular framework, decision-making on curricular advancement, improvement of student performance and alignment with the needs of the labor market. The methodology of the study includes the selection of a sample of students who took both subjects, the definition of relevant variables and the statistical analysis to evaluate the relationship between performance in linear algebra and optimization. A logistic regression will be applied to predict the probability of success in the optimization subject based on various variables.

Keywords-- Linear algebra, Optimization, Industrial engineering, Prerequisites, Student performance

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la educación universitaria en ingeniería, las asignaturas de fundamentación cuantitativa desempeñan un papel crucial en la formación de profesionales capacitados para abordar los desafíos del mundo contemporáneo [1]. Estas materias, que abarcan áreas como matemáticas, estadística y análisis numérico, proporcionan las bases teóricas y prácticas necesarias para comprender y resolver problemas complejos en diversos campos de la ingeniería.

Sin embargo, dentro de este panorama educativo, es imperativo reconocer el papel fundamental que desempeñan los prerequisites en la consecución exitosa de los objetivos de aprendizaje de estas asignaturas. Uno de los prerequisites más comunes y cruciales en este contexto es el conocimiento en matemáticas básicas y álgebra [2]. Este campo de las matemáticas, que se centra en el estudio de vectores, espacios vectoriales y transformaciones lineales, sienta las bases para la comprensión de conceptos avanzados en análisis numérico, optimización, los cuales los ubican de cara a la solución de problemas de ecuaciones lineales, los cuales son los fundamentos necesarios para introducir a los estudiantes en el modelado matemático.

La importancia de los prerequisites de habilidades cuantitativas que brinda la matemática básica, el álgebra y geometría, cálculos básicos, y álgebra lineal no radica únicamente en su carácter de requisito académico, sino en su papel como cimiento sobre el cual se construyen los conocimientos y habilidades necesarios para abordar asignaturas de mayor complejidad, como métodos cuantitativos aplicados a la optimización. Esta última, en particular, se erige como una piedra angular en la formación de ingenieros, al proporcionar las herramientas fundamentales para la resolución eficaz de problemas donde se requiere el mejoramiento de procesos y sistemas en el contexto de la ingeniería.

Por lo tanto, entender cómo el dominio de álgebra lineal influye en el desempeño de los estudiantes en la asignatura de optimización es relevante desde una perspectiva académica y sus implicaciones prácticas significativas para la formación de ingenieros competentes y preparados para enfrentar los desafíos del mundo real. En este sentido, el presente estudio analiza en

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

detalle esta relación dentro de los estudiantes que cursan optimización en la malla curricular del programa de ingeniería industrial en la facultad de ingeniería de la Universidad Tecnológica de Bolívar, con el objetivo de arrojar luz sobre la importancia de los prerrequisitos en el contexto universitario de ingeniería y su impacto en la formación de profesionales cuantitativamente competentes

La evaluación del impacto de los prerrequisitos a veces ponen un mayor énfasis en la conveniencia administrativa y las relaciones históricas, en lugar de reflejar un recorrido de desarrollo actualizado o significativo en las disciplinas [3], en esta investigación, la asignatura de álgebra lineal como prerrequisito de la asignatura de optimización no solo es crucial desde un punto de vista administrativo-académico, sino que también tiene implicaciones prácticas significativas que afectan directamente la calidad de la educación en ingeniería y el desarrollo profesional de los estudiantes. A continuación, se exponen algunas razones fundamentales que justifican la relevancia de este análisis:

A. *Mejora de la malla curricular.*

Comprender cómo el conocimiento en álgebra lineal influye en el desempeño de los estudiantes en la asignatura de optimización proporciona información valiosa para la revisión y mejora de la malla curricular. Identificar las áreas en las que los estudiantes pueden tener dificultades debido a deficiencias en los prerrequisitos permite ajustar los contenidos del plan de estudios para garantizar una mejor preparación y comprensión de los conceptos clave.

B. *Toma de decisiones sobre el avance curricular.*

El análisis de prerrequisitos ha atraído mucho interés de investigación recientemente, ya que diseñar una malla curricular adecuada es de gran importancia tanto desde el punto de vista académico como económico. Este análisis determina los objetivos de aprendizaje del programa y también tiene un gran impacto en el tiempo de finalización y la deserción [4]. Por tanto, el análisis del impacto de los prerrequisitos en ingeniería es clave para la planeación académica de los cursos de los programas de ingeniería [5], tal como mse propone en este artículo con los los cursos de la línea de optimización del programa de ingeniería industrial de la UTB que arranca con la asignatura de álgebra lineal que ayudarían a los responsables de la planificación académica del programa a tomar decisiones informadas sobre el avance curricular de los estudiantes. Identificar posibles brechas en el conocimiento y áreas de mejora permite implementar estrategias de apoyo y remediativas para garantizar que los estudiantes adquieran las habilidades necesarias para avanzar con éxito en su formación académica.

C. *Mejora del desempeño estudiantil.*

Entender cómo el dominio de álgebra lineal impacta en el rendimiento de los estudiantes en la asignatura de optimización proporciona insights útiles para diseñar intervenciones pedagógicas y programas de apoyo específicos. Estas iniciativas pueden incluir tutorías adicionales, materiales de estudio complementarios o actividades de refuerzo diseñadas

para fortalecer las habilidades en álgebra lineal y mejorar el desempeño académico en la asignatura de optimización.

D. *Alineación con las necesidades del mercado laboral.*

La optimización es una herramienta fundamental en numerosos campos de la ingeniería y la industria. Garantizar que los estudiantes adquieran una comprensión sólida de los conceptos de optimización desde una etapa temprana de su formación académica es crucial para prepararlos para los desafíos del mercado laboral. Analizar cómo los prerrequisitos de álgebra lineal afectan la preparación de los estudiantes en este sentido permite alinear la educación universitaria con las demandas y expectativas del mundo laboral, hoy incluso a nivel general este cruce se puede realizar con Inteligencia Artificial - IA [6].

II. MARCO CONCEPTUAL

A. *Justificación del prerrequisito desde lo curricular*

El curso de Álgebra Lineal como prerrequisito de la asignatura de Optimización en la malla curricular del programa de Ingeniería Industrial tiene un impacto significativo en varios aspectos:

Fundamentos teóricos sólidos: El álgebra lineal proporciona una base teórica sólida para comprender y abordar problemas de optimización en ingeniería industrial. Muchos métodos de optimización se basan en conceptos y técnicas de álgebra lineal, como sistemas de ecuaciones lineales, matrices, vectores, y espacios vectoriales [7].

Capacidad para abordar problemas complejos: Al tener una comprensión profunda de álgebra lineal, los estudiantes están mejor preparados para enfrentar problemas de optimización más complejos en el campo de la ingeniería industrial. Pueden aplicar métodos avanzados de álgebra lineal para modelar y resolver problemas de optimización en situaciones del mundo real.

Desarrollo de habilidades analíticas y de resolución de problemas: El estudio del álgebra lineal y su aplicación en la optimización ayuda a desarrollar habilidades analíticas y de resolución de problemas en los estudiantes. Aprenden a descomponer problemas complejos en componentes más simples, identificar patrones y relaciones, y aplicar técnicas adecuadas para encontrar soluciones óptimas.

Preparación para carreras profesionales: Los conocimientos adquiridos en el curso de álgebra lineal y su aplicación en optimización son altamente valorados en la industria. Los estudiantes que han dominado estos conceptos están bien preparados para carreras en áreas como la planificación de operaciones, la gestión de la cadena de suministro, la logística, la ingeniería de procesos y la investigación operativa [8][9].

B. *Fundamentos teóricos requeridos para la asignatura de Optimización*

El álgebra lineal es una rama fundamental de las matemáticas que estudia los espacios vectoriales y las transformaciones lineales entre estos espacios. En el contexto de la ingeniería, el álgebra lineal es esencial debido a su

aplicabilidad en una amplia gama de problemas, desde la modelización de sistemas físicos hasta la optimización de procesos [10].

Algunos conceptos clave del álgebra lineal que son relevantes para la optimización en ingeniería, particularmente ingeniería industrial incluyen:

Sistemas de ecuaciones lineales: Muchos problemas de optimización pueden formularse como la solución de sistemas de ecuaciones lineales. Estos sistemas surgen en una variedad de contextos, como la asignación óptima de recursos, la programación de la producción y la planificación logística [11].

Matrices y determinantes: Las matrices son herramientas fundamentales en álgebra lineal y son ampliamente utilizadas en la representación y manipulación de datos en la optimización. Los determinantes de matrices tienen aplicaciones en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales y en el cálculo de áreas y volúmenes en problemas de optimización geométrica [12].

Vectores y espacios vectoriales: Los vectores son objetos matemáticos que representan magnitudes y direcciones, y son fundamentales para la formulación de problemas de optimización en ingeniería industrial. Los espacios vectoriales proporcionan un marco abstracto para el estudio de vectores y sus propiedades, y son utilizados en la modelización y resolución de problemas de optimización [13].

Transformaciones lineales: Las transformaciones lineales son funciones que preservan la estructura vectorial de los espacios vectoriales, y son esenciales para comprender el comportamiento de sistemas dinámicos en la optimización. Estas transformaciones pueden representar, por ejemplo, la evolución temporal de un proceso industrial o la propagación de información en una red logística [14].

En últimas, el estudio del álgebra lineal proporciona a los estudiantes de ingeniería industrial los conocimientos y herramientas necesarios para comprender y abordar problemas de optimización en contextos prácticos. Los fundamentos teóricos sólidos proporcionados por el álgebra lineal son indispensables para el éxito en la asignatura de optimización y en la posterior aplicación de técnicas de optimización en la práctica profesional de la ingeniería industrial.

C. *Determinantes del desempeño académico en cursos de la línea de optimización*

El estudio del álgebra lineal y su aplicación en la optimización capacita a los estudiantes para enfrentarse a problemas de ingeniería industrial que son intrínsecamente complejos. La optimización en esta disciplina puede implicar la maximización de la eficiencia de la producción, la minimización de costos logísticos, la optimización de la distribución de recursos, entre otros desafíos.

Al comprender los conceptos de álgebra lineal, los estudiantes pueden descomponer problemas complejos en componentes más simples y abordarlos de manera estructurada. Esto les permite desarrollar estrategias de resolución sistemáticas y eficientes. Además, la aplicación de técnicas de

álgebra lineal en problemas de optimización les proporciona a los estudiantes la capacidad de modelar situaciones del mundo real de manera matemática, lo que les permite analizar y comprender mejor los sistemas industriales complejos.

El dominio del álgebra lineal tiene un impacto significativo en el rendimiento de los estudiantes en la asignatura de optimización de varias maneras:

Comprensión de conceptos fundamentales: El álgebra lineal proporciona la base teórica necesaria para comprender muchos de los conceptos fundamentales en optimización, como la formulación de problemas en términos de funciones lineales, la representación de restricciones en forma matricial y la interpretación geométrica de soluciones óptimas. Los estudiantes que dominan el álgebra lineal tienen una comprensión más profunda de estos conceptos y, por lo tanto, están mejor equipados para abordar problemas de optimización de manera efectiva.

Manipulación de ecuaciones y matrices: Muchos métodos de optimización implican la manipulación de ecuaciones lineales y matrices [15]. Los estudiantes que son hábiles en álgebra lineal pueden trabajar con estas estructuras de manera más eficiente y precisa, lo que les permite resolver problemas de optimización de manera más rápida y precisa.

Aplicación de técnicas avanzadas: El álgebra lineal proporciona una serie de técnicas avanzadas que son útiles en la optimización, como la descomposición de matrices, los métodos de resolución de sistemas de ecuaciones lineales y la optimización convexa [16]. Los estudiantes que tienen un buen dominio del álgebra lineal son capaces de aplicar estas técnicas de manera efectiva para resolver una amplia gama de problemas de optimización.

Interpretación geométrica: Muchos problemas de optimización se pueden interpretar geoméricamente utilizando conceptos de álgebra lineal, como espacios vectoriales y transformaciones lineales [17]. Los estudiantes que tienen un buen entendimiento de álgebra lineal pueden aprovechar esta interpretación geométrica para visualizar y comprender mejor los problemas de optimización, lo que puede facilitar la formulación de soluciones efectivas.

III. METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio se basó en la recolección y análisis de datos de estudiantes de ingeniería industrial que cursaron las asignaturas de álgebra lineal y optimización, consideradas como relacionadas y con un prerrequisito directo en la definición de la malla curricular. A continuación, se detallan los pasos seguidos:

A. *Selección de la muestra*

Se consideraron los estudiantes de ingeniería industrial que cursaron tanto álgebra lineal como optimización, formando así la muestra de estudio. Esta selección se realizó de acuerdo con *los registros académicos disponibles desde el año 2020, con el objetivo de garantizar la homogeneidad de la muestra y tener en cuenta la última modificación curricular del programa de ingeniería industrial. Se lograron consolidar 217 estudiantes*

que han cursado las dos asignaturas en el periodo del segundo semestre del 2023.

B. Definición de variables

Se identificaron las variables relevantes para el estudio, incluyendo las notas obtenidas por los estudiantes en las asignaturas de álgebra lineal y optimización. Dado que cada asignatura tiene 16 semanas de clases distribuidas en 3 créditos académicos, se registraron tres notas por semestre (cortes), cuya escala va de 0 (cero) a 5 (cinco). El reglamento estudiantil asigna un peso ponderado del 30% a la nota del primer corte y del 35% a las notas de los dos últimos cortes para el cálculo de la nota final de cada asignatura. Dentro de las notas se tuvieron los datos sociodemográficos de los estudiantes relacionados con ID, género, edad, periodo de ingreso, Situación Académica, Programa, Tipo de estudiante, Asignatura, Notas por cortes en cada asignatura, Semestre en que se cursaron las asignaturas, Nota definitiva de asignaturas, Resultados de examen de estado para matemáticas, Estrato, Modalidad en que se cursó la asignatura (Presencial 100%, o Virtual/híbrido), y Finalmente etiqueta de Aprobación para la asignatura de Optimización.

C. Análisis Estadístico

En cada uno de los datos recopilados se examina la relación entre el desempeño de los estudiantes en álgebra lineal y optimización. Esto incluyó un análisis descriptivo de las variables incidentes, así como la aplicación de pruebas de correlación para evaluar la relación entre las notas obtenidas en ambas asignaturas. Finalmente, se establecerá un modelo predictivo de Regresión Logística para evaluar la incidencia de las variables previamente mencionadas con la posibilidad de éxito de aprobación de la asignatura de Optimización

IV. RESULTADOS

En la recolección de la información se obtuvieron 217 individuos (edad media 22 años), como se observa en la Tabla 1. Aunque la asignatura de optimización corresponde a la malla curricular de Ingeniería industrial, puede ser tomada por estudiantes de otros programas de la facultad de ingenierías, de esta forma, se tiene la participación de 155 estudiantes de Ingeniería Industrial, 55 de Ingeniería Naval, 3 de Ingeniería Mecánica, 2 de Ingeniería Civil, y uno de Ingeniería Ambiental, y Sistemas.

Tabla 1
Notas promedio por corte y final de álgebra lineal y optimización

Asignatura	N	Nota 1c Promedio (DE)	Nota 2c Promedio (DE)	Nota 3c Promedio (DE)	Final	Aprobados	Obsv
Álgebra Lineal	217	4.02 (0.749)	4.24 (0.598)	4.18 (0.704)	4.17 (0.590)	100%	Por prerrequisito se analizaron solo los aprobados
Optimización	217	3.13 (0.628)	3.41 (0.786)	3.44 (0.874)	3.35 (0.645)	81%	175 ganaron 42 perdieron

A. Análisis Estadístico

La Tabla 2 amplía la información estadística de la Tabla 1 presentando la distribución de la población por género 84 corresponden a mujeres y 133 a hombres, de otra parte, de acuerdo con la modalidad de matrícula de la asignatura de álgebra lineal por parte de los estudiantes, que arroja que 74

estudiantes lo hicieron en modalidad 100% presencial, 143 en modalidad virtual. En el caso de la asignatura de Optimización tan sólo 7 estudiantes las cursaron en modalidad virtual. En el contexto de la situación académica de los estudiantes, tan solo tres estudiantes están en prueba académica parcial (aquel estudiante que al final de un semestre no cumpla con el promedio mínimo exigido por la UTB que asciende a 3.2). De acuerdo con la tipología de estudiante la mayoría (205) son estudiantes continuos (aquel estudiante que ha permanecido vinculado a la UTB desde su ingreso a la misma), y 5 vienen por transferencias (aquel estudiante que ingresa al programa proveniente de otro programa de la UTB o de otra universidad), y 7 por reingresos (aquel estudiante que habiendo suspendido sus estudios en algún momento, solicita retornar a la UTB).

De acuerdo con el periodo en el que se cursan la asignatura de Álgebra lineal la cual corresponde a una asignatura de segundo semestre en la malla curricular, se puede observar que 75% (162) la realizan en el semestre correspondiente, luego el 17% (37) la matricularon un semestre después y finalmente el 8% la realizan después de 4o semestre. En el caso de los estudiantes que aprueban álgebra lineal, y avanzan al curso de optimización, se evidenció que esta asignatura puede ser cursada después de tercer semestre, y curricularmente se encuentra en el 5 semestre académico de avance. De esta forma el 45% (97) la cursan antes del quinto semestre. El 34% (74) la cursan en sexto semestre, y el 22% (46) lo realizan después de séptimo semestre.

De acuerdo con lo presentado en la Tabla 2, se puede apreciar que no hay diferencia significativa entre el rendimiento de los estudiantes que cursaron Álgebra Lineal (p-valor 0.20) bajo la modalidad presencial y los que la cursaron bajo la modalidad virtual. De igual manera sucede con Optimización (p-valor 0.52). Lo anterior se debe a la fácil adaptabilidad de los estudiantes a dichas modalidades y la efectividad de las estrategias de enseñanza que se utilicen en los dos escenarios [18].

Tabla 2
Nota promedio, desviación estándar y p- valor de Álgebra lineal y Optimización

Asignatura	Cantidad	Álgebra Lineal		Optimización	
		Final	P-Valor	Final	P-Valor
Modalidad	Presencial	74/210	4.24 (0.566)	0.20	3.35 (0.650)
	Virtual	143/7	4.13 (0.601)		3.21 (0.515)
Género	Femenino	84	4.25 (0.615)	0.10	3.33 (0.525)
	Masculino	133	4.11 (0.570)		3.36 (0.712)
Estrato	1	59	4.04 (0.613)	0.048*	3.28 (0.640)
	2	85	4.15 (0.585)		3.26 (0.688)
	3	45	4.39 (0.575)		3.65 (0.556)
	4	13	4.08 (0.604)		3.14 (0.463)
	5	15	4.19 (0.429)		3.35 (0.584)
Nivel Académico	Nivelado	205/97	4.19 (0.591)	0.048*	3.47 (0.650)
	Desnivelado	12/120	3.85 (0.507)		3.25 (0.626)
Aprueban Optimización	Si	175	4.31 (0.539)	0.00*	3.56 (0.431)
	No	42	3.57 (0.391)		2.44 (0.607)
Programa	Industrial	155	4.17 (0.604)	0.91	3.37 (0.571)
	Otros	62	4.16 (0.559)		3.30 (0.806)

* Diferencia significativa

A partir de los resultados señalados en la Tabla 2, se aprecia que existe diferencia significativa, entre el rendimiento académico mostrado, tanto en Álgebra Lineal (p -valor 0.048) como en Optimización (p -valor 0.01), por parte de los estudiantes de los estratos bajos (Estratos 1, 2 y 3) en comparación con el rendimiento alcanzado por los estudiantes de estratos altos (Estratos 4 y 5). Los primeros muestran un desempeño más alto que los segundos [19]. Para el caso de la UTB, los estudiantes de estratos bajos ingresan en la mayoría de los casos, por ser estudiantes de alto rendimiento académico durante su educación media, haciéndose acreedores de distintos tipos de becas, trayendo como consecuencia, mejores rendimientos académicos que los estudiantes de estratos altos, durante su vida universitaria.

Para el caso de la categoría nivel académico, la Tabla 2 denota que existe diferencia significativa entre el rendimiento académico mostrado por los estudiantes nivelados en comparación con el de los estudiantes desnivelados, tanto en Álgebra Lineal (p -valor 0.048) como en Optimización (p -valor 0.01). Los estudiantes nivelados muestran un mejor desempeño que los estudiantes que aprueban dichas materias, estando desnivelados. Un estudiante nivelado, aprueba los cursos en el semestre que corresponde debido a que es un estudiante de buen desempeño. Los estudiantes que aprueban los cursos en condición de estudiante desnivelado, representan estudiantes que presenta dificultades académicas y por ello logran aprobar los cursos, solo en semestres posteriores reflejando un menor desempeño [20].

A continuación las figuras 1 a 6 permiten visualizar cómo se distribuyen los datos de cada una de las categorías que arrojaron diferencias significativas.

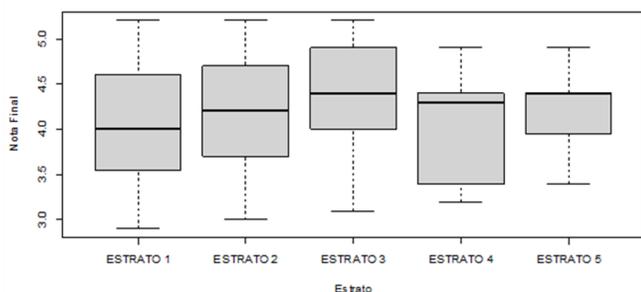


Fig 1 Box Plot Nota Final Algebra Lineal por Estrato

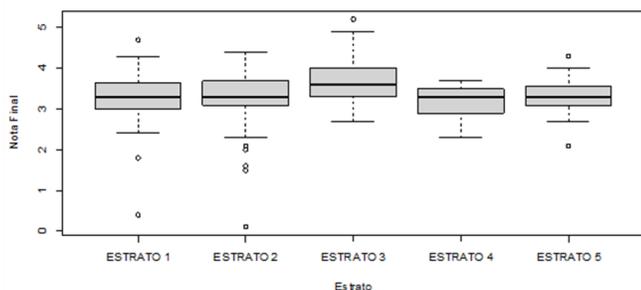


Fig 2 Box Plot Nota Final Optimización por Estrato

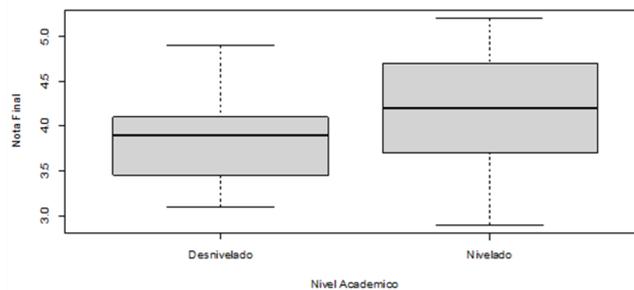


Fig 3 Box Plot Nota Final Algebra Lineal por Nivel

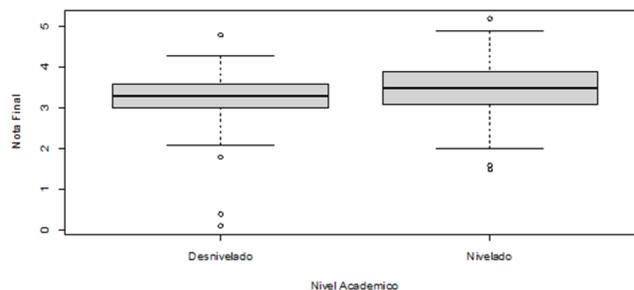


Fig 4 Box Plot Nota Final Optimización por Nivel

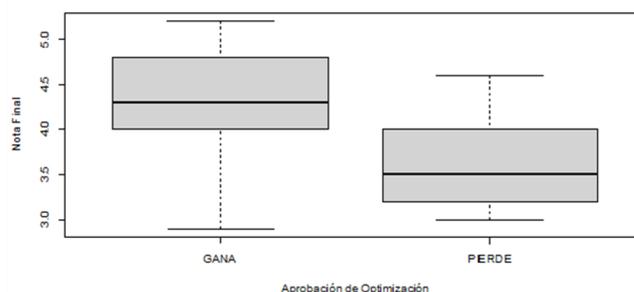


Fig 5 Box Plot Algebra Lineal por Aprobados en Optimización

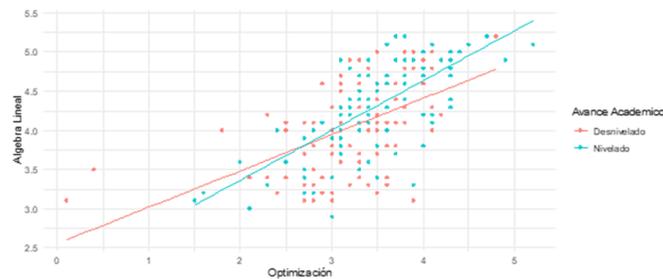


Fig 6 Dispersión y Regresión Lineal entre Asignaturas

B. Análisis Predictivo

Se planteó un modelo de regresión logística en R studio, con la finalidad de analizar la incidencia de variables como género, situación académica, tipo de estudiante, modalidad de estudio de asignatura, nota final de algebra lineal, puntaje de matemáticas en el ingreso, estrato, periodo de ingreso, nivel de avance académico en las asignaturas, y el programa de estudios.

Los resultados evidenciaron lo siguiente:

La variable Nota Álgebra (coef=2.9853, $e^{2.9853} \approx 19.78$) es un predictor significativo de la variable dependiente (Nota Optimización), respaldado esto con p valor bajo (6.42e-10). Se puede concluir que al aumentar un punto en la variable Nota Álgebra, se observa un incremento de 19.78 veces en la probabilidad de que ocurra el evento de interés manteniendo las otras variables constantes.

La variable Mod Álgebra Virtualidad (coef=0.9192, $e^{0.9192} \approx 2.51$) esta variable indica la relación entre la modalidad de la clase de álgebra lineal (presencial o virtual), el p-valor de 0.041 muestra que esta variable es significativa. Se puede concluir que al aumentar un punto en la variable Mod Álgebra Virtualidad, se observa un incremento de 2.51 veces en la probabilidad de que ocurra el evento de interés manteniendo las otras variables constantes.

Estas predicciones aciertan en un 85,82% en el conjunto de datos

IV. CONCLUSIONES

Se puede concluir que existe diferencia significativa entre el rendimiento académico de los estudiantes al momento de cursar Optimización, cuando previamente aprueban Algebra Lineal con alto rendimiento (p-valor 0.00) y cuando lo hacen con bajo rendimiento (p-valor 0.00). Cuando un estudiante aprueba Algebra Lineal con alto rendimiento, tiene una mayor probabilidad de aprobar con buen desempeño Optimización. Lo anterior exalta la justificación de que Algebra Lineal sea prerrequisito de Optimización, para sentar las bases desde lo matemático, para luego abordar el curso de Optimización desde la aplicación en ingeniería.

Mediante la Regresión Logística se concluye que la variable "Nota Algebra" es un predictor significativo de la variable dependiente "Nota Optimización". Al aumentar un punto en la variable "Nota Algebra", se observa un incremento de 19.78 veces en la probabilidad de que se logre un mayor desempeño en Optimización, manteniendo las otras variables constantes. Así mismo se concluye que la variable modalidad es significativa para sentar las bases conceptuales y metodológicas necesarias para la apropiación del conocimiento construido en Optimización bajo la modalidad que sea necesaria. Al aumentar un punto en dicha variable, se observa un incremento de 2.51 veces en la probabilidad de que ocurra el evento de interés manteniendo las otras variables constantes. Estas predicciones aciertan en un 85,82% en el conjunto de datos.

Para la UTB estos hallazgos representan el punto de partida para reconocer la importancia del prerrequisito de Algebra

Lineal para aumentar la probabilidad de éxito en el desarrollo del curso de Optimización, así como la relación entre el éxito del primer curso, para lograr el éxito en Optimización. Encaminar estrategias pedagógicas y didácticas, serán fundamentales para cimentar la apropiación del conocimiento desde el Algebra Lineal, encaminado al desarrollo de competencias analíticas para la Optimización.

REFERENCIAS

- [1] Ramos, M., & Carvalho, H. (2011). Perceptions of quantitative methods in higher education: mapping student profiles. *Higher Education*, 61, 629-647. <https://doi.org/10.1007/S10734-010-9353-3>.
- [2] Faulkner, B., Johnson-Glauch, N., Choi, D., & Herman, G. (2020). When am I ever going to use this? An investigation of the calculus content of core engineering courses. *Journal of Engineering Education*, 109, 402 - 423. <https://doi.org/10.1002/jee.20344>.
- [3] Meikleham, A., Brennan, R., & Hugo, R. (2018). Utilizing the CDIO syllabus to reveal CEAB Graduate Attribute Pathways in a Mechanical Engineering Curriculum. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*. <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.12988>.
- [4] Molontay, R., Horváth, N., Bergmann, J., Szekrenyes, D., & Szabo, M. (2020). Characterizing Curriculum Prerequisite Networks by a Student Flow Approach. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13, 491-501. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.2981331>.
- [5] Yeralan, S., & Buyukdagli, O. (2021). A decision support system for curricula design. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*. <https://doi.org/10.21533/PEN.V9I4.1513>.
- [6] Somasundaram, M., Latha, P., & Pandian, S. (2020). Curriculum Design Using Artificial Intelligence (AI) Back Propagation Method. *Procedia Computer Science*, 172, 134-138. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.020>.
- [7] Wong, A. (2012). What is Industrial Engineering (IE). , 2013. <https://doi.org/10.4172/2168-9695.S5-e001>.
- [8] Dutta, S. (2016). Optimization in Chemical Engineering. . <https://doi.org/10.1017/cbo9781316134504>.
- [9] Liesen, J., & Mehrmann, V. (2015). Linear Algebra in Every Day Life. , 1-7. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24346-7_1.
- [10] Ming-quan, L. (2007). Applications of Linear Algebra in Advanced Mathematics. *Journal of Changchun Normal University*.
- [11] Bertaccini, D. (2012). Numerical Linear Algebra in Applications. *Journal of Applied and Computational Mathematics*, 2012. <https://doi.org/10.4172/2168-9679.1000E101>.
- [12] Simoncini, V. (2016). Computational Methods for Linear Matrix Equations. *SIAM Rev.*, 58, 377-441. <https://doi.org/10.1137/130912839>.
- [13] Dym, H. (2006). Linear Algebra in Action. *Graduate Studies in Mathematics*. <https://doi.org/10.1090/gsm/078>.
- [14] Paynter, H., Fahrenthold, E., & Rotz, C. (1987). Linearizing Transformations for the Thermal Dynamics of Gas Compression Processes. 1987 American Control Conference, 1797-1802. <https://doi.org/10.1109/ACC.1987.4172633>.
- [15] Box, M. (1966). A Comparison of Several Current Optimization Methods, and the use of Transformations in Constrained Problems. *Comput. J.*, 9, 67-77. <https://doi.org/10.1093/COMJNL/9.1.67>.
- [16] Candès, E., & Recht, B. (2008). Exact Matrix Completion via Convex Optimization. *Foundations of Computational Mathematics*, 9, 717-772. <https://doi.org/10.1145/2184319.2184343>.
- [17] Asghari, M., Fathollahi-Fard, A., Al-e-Hashem, S., & Dulebenets, M. (2022). Transformation and Linearization Techniques in Optimization: A State-of-the-Art Survey. *Mathematics*. <https://doi.org/10.3390/math10020283>.
- [18] J. Soriano and F. Agüera, "modalidad virtual y presencial en la universidad. estudio de caso comparativo en la república dominicana",

- Cuadernos De Educación Y Desarrollo, p. 28-39, 2022.
<https://doi.org/10.51896/atlane/esso6975>
- [19] N. Osorio, T. Quiñonez, & N. Morales, "Estudio comparativo de los factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios.", *Revista de Psicología de La Universidad Autónoma Del Estado de México*, vol. 11, no. 27, p. 181, 2022.
<https://doi.org/10.36677/rpsicologia.v11i27.19871>
- [20] W. Alvarado-Ochoa, W. González-Gordillo, T. Fontaines-Ruiz, R. Salamea-Nieto, & G. Blacio-Aguilar, "Personalidad del estudiante exitoso. // the personality of successful student", *Ciencia Unemi*, vol. 10, no. 25, p. 89-96, 2018. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol10iss25.2017pp89-96p>