

## **La importancia de conocer las habilidades matemáticas de los estudiantes de ingeniería mediante un examen diagnóstico**

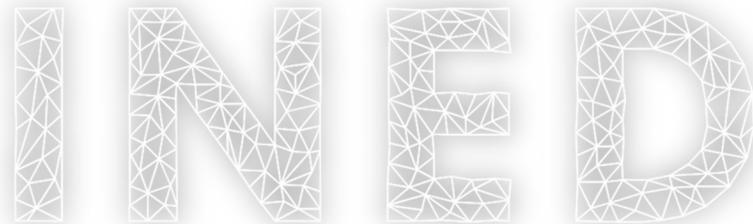
Jetzabel Conde Olguín

Héctor Antonio Flores Cabral

Niltza Iracema González García

Luis Alejandro Ruiz Soto

*Instituto Tecnológico de Durango*



### **Nota del autor:**

La correspondencia referente al presente artículo deberá ser dirigida a Jetzabel

Conde Olguín. Correo electrónico: [jconde@itdurango.edu.mx](mailto:jconde@itdurango.edu.mx)

## Resumen

A pesar de la relevancia de los conocimientos matemáticos para que los estudiantes de ingeniería terminen satisfactoriamente sus estudios, existe poca evidencia sobre la aplicación de exámenes de diagnóstico en estudiantes de nuevo ingreso de ingeniería. Este estudio recolectó información sobre las habilidades matemáticas básicas de 367 estudiantes de ingeniería al iniciar su carrera. Se aplicó un examen de diagnóstico de 10 preguntas sobre temas básicos de aritmética, álgebra y trigonometría para determinar el nivel de matemáticas de los estudiantes. Se utilizaron estadísticas descriptivas y pruebas inferenciales para analizar la información recolectada. Estas pruebas estadísticas ayudaron a identificar que los estudiantes de ingeniería llegan a su primer semestre con deficiencias en sus conocimientos matemáticos básicos. La mayor deficiencia que se encontró fue en el área de trigonometría, por lo que se recomienda acciones para mejorar esos conocimientos en la preparatoria y dentro de las universidades tecnológicas mediante cursos de nivelación.

**Palabras clave:** examen diagnóstico, educación matemática, estudiantes de ingeniería

## Introducción

No hay un estudiante igual a otro, y estos pueden tener un desempeño diferente en clase según las características de cada curso. Es por esto que las evaluaciones diagnósticas pueden ser la clave para diseñar un curso de forma apropiada, incluyendo las actividades más convenientes para tener el máximo aprovechamiento de los temas a revisar en cada clase. Si logramos desarrollar un mejor entendimiento de las necesidades de los estudiantes al comenzar un curso, entonces se puede encaminar la educación de los estudiantes a mejorar su calidad de vida y su productividad (Wang et al., 2022).

Es importante que el docente identifique su labor y relevancia en el proceso de aprendizaje, y se de a la tarea de buscar herramientas que le permitan planear y establecer estrategias que mejoren el aprovechamiento de sus estudiantes

(Costa & Domingos, 2019). De igual manera, se debe de crear conciencia de los desafíos y barreras que el docente enfrenta al comenzar un curso y están fuera de su control. Uno de los desafíos más comunes dentro de la educación en todos los niveles es la falta de conocimientos previos para poder aprender de forma correcta los temas a revisar en un curso. Este problema es más común y evidente en cursos de matemáticas a nivel licenciatura, debido a la complejidad de los temas matemáticos que se aprenden en estos cursos (Morán & Benson, 2018).

El problema de la falta de conocimiento matemático básico es especialmente relevante en universidades tecnológicas (Faulkner et al., 2020), las cuales son las encargadas de formar a los ingenieros que diseñan y construyen las nuevas tecnologías que solucionan los problemas más relevantes a nivel mundial (Assembly, 2015). Si un estudiante de ingeniería comienza su curso de cálculo diferencial sin los conocimientos básicos de aritmética, álgebra y trigonometría, es muy problema que este estudiante repruebe su primer curso de matemáticas en su carrera (Suresh, 2006). Esto puede afectar su motivación para terminar sus cursos de matemáticas y llevarlo a la decisión de abandonar sus estudios o cambiar de carrera (Geisinger & Raman, 2013; Shmeleva & Froumin, 2020).

Aunque el conocimiento matemático previo de los estudiantes de ingeniería ha demostrado ser un factor relevante que afecta sus posibilidades de terminar satisfactoriamente sus estudios (Hurdle & Mogilski, 2022), hay poca evidencia de la aplicación de exámenes de diagnóstico para determinar de forma adecuada el nivel de matemáticas con el cual estos estudiantes empiezan la carrera de ingeniería. Estos exámenes de diagnóstico podrían ayudar a los profesores y

administradores de las universidades tecnológicas a clasificar a sus estudiantes de una mejor manera, y de esta forma entender sus necesidades para aprender matemáticas y poder acreditar sus cursos de cálculo (George, 2019).

La falta de evidencia sobre la aplicación de exámenes de diagnóstico en los primeros cursos de matemáticas en las carreras de ingeniería, así como las posibilidades de diseñar actividades y cursos matemáticos que ayuden a nivelar los conocimientos matemáticos de los estudiantes de ingeniería de nuevo ingreso llevaron a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el nivel de habilidades matemáticas básicas de los estudiantes de nuevo ingreso en las carreras de ingeniería?

Debido a la diferencia que existe entre la cantidad de estudiantes hombres y estudiantes mujeres que deciden entrar a las carreras de ingeniería (Gallindo et al., 2021; McKinney et al., 2021), se hizo un análisis especial de la pregunta de investigación para determinar si existen diferencias significativas entre las habilidades matemáticas de los hombres y las mujeres al iniciar estas carreras. Tener más información sobre posibles diferencias en la preparación matemática de los estudiantes de nuevo ingreso en las carreras de ingeniería dependiendo de su género puede ser de gran ayuda para aumentar el interés de las mujeres en estas carreras, y de esta manera poder diseñar estrategias dirigidas a aumentar la participación de las mujeres en actividades relacionadas con la ingeniería y nivelar los números de mujeres que trabajan y estudian en estas áreas (Hill et al., 2016).

Contar con más estudios sobre las habilidades matemáticas de los estudiantes de nuevo ingreso en las carreras de ingeniería mediante la aplicación de exámenes de diagnóstico puede ser de gran ayuda para los directivos de las

universidades tecnológicas. Al contar con evidencia sobre las habilidades matemáticas de estos estudiantes se podrán plantear mejores estrategias para identificar fortalezas y áreas de mejora, diseñar estrategias de enseñanza efectivas, orientar la toma de decisiones académicas, evaluar la efectividad de los programas y detectar posibles brechas en la educación básica.

### **Método**

#### **Participantes**

Se recolectó información de 367 estudiantes de primer semestre inscritos en una de 10 carreras de ingeniería ofrecidas por una universidad tecnológica pública del norte de México el semestre de otoño del 2022. Esta muestra no representa el total de alumnos inscritos en primer semestre de otoño 2022 en esta institución, ya que la recolección de información se hizo de forma voluntaria y no todos los profesores permitieron la participación de sus estudiantes en esta investigación. De los 367 participantes 267 se identificaron como hombres y 100 como mujeres. Estos participantes fueron seleccionados para entrar a dicha universidad después de haber acreditado su examen CENEVAL, entrando de forma directa al primer semestre sin necesidad de cursar un semestre cero para fortalecer sus conocimientos básicos.

#### **Recolección de datos**

Para poder determinar el nivel de habilidades matemáticas básicas de los estudiantes de nuevo ingreso, los 367 participantes de este estudio realizaron un examen diagnóstico de matemáticas dentro de las primeras dos semanas del semestre otoño 2022. El examen de diagnóstico fue diseñado por tres profesores de matemáticas dentro de la universidad donde la información fue recopilada.

Estos profesores fueron seleccionados para esta tarea debido a su experiencia impartiendo la materia de cálculo diferencial, siendo expertos en los temas de precálculo que los estudiantes deben comprender para poder aprender los temas enseñados en las materias de cálculo.

El examen de diagnóstico se dividió en 3 áreas: aritmética, álgebra y trigonometría, contando con un total de 10 preguntas de opción múltiple. Las preguntas de aritmética, álgebra y trigonometría que formaban el examen de diagnóstico, eran consideradas conocimiento básico que los estudiantes universitarios debían comprender después de terminar sus cursos de matemáticas de nivel medio superior.

Para la evaluación del examen de diagnóstico cada respuesta correcta contaba como un punto, y no se calificaban resultados parciales para ninguna pregunta. Al final, cada participante contaba con una calificación que representaba su nivel de habilidades matemáticas básicas que podía ir desde el 0 al 10 (con resultados decimales debido a las preguntas con varios incisos).

### **Análisis de datos**

Se realizaron estadísticas descriptivas de la calificación final y de cada una de las tres secciones (aritmética, álgebra y trigonometría) del examen de diagnóstico. Adicionalmente se realizaron dos análisis multivariados de covarianza (MANCOVA). Esta técnica estadística se utiliza para evaluar diferencias en variables dependientes múltiples, las cuales tienen una covarianza según la teoría (Thorndike, R. M., & Thorndike-Christ, 2010). El primer MANCOVA se realizó para analizar posibles diferencias entre las calificaciones del examen de diagnóstico de los participantes según el tipo de ingeniería que decidieron estudiar, mientras que

el segundo fue para analizar posibles diferencias entre las calificaciones del examen de diagnóstico de los participantes según su género.

## Resultados

El tipo de ingeniería en que estaban inscritos los 367 participantes de este estudio se muestran en la Tabla 1.

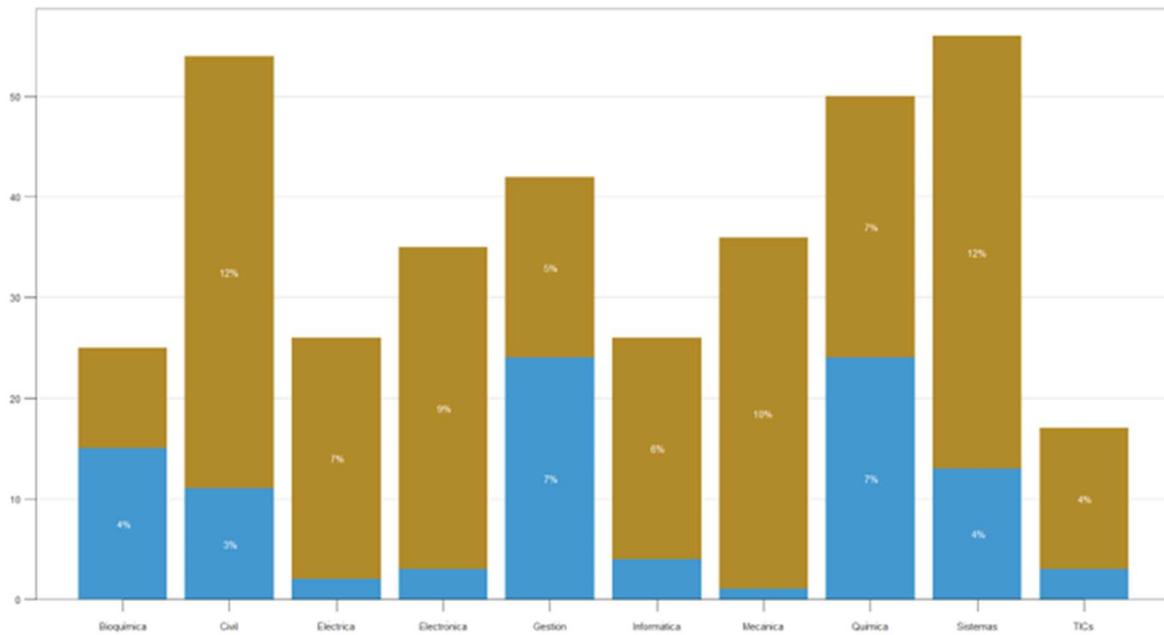
**Tabla 1**

Ingeniería	Participantes
Bioquímica	25 (7%)
Civil	54 (15%)
Eléctrica	26 (7%)
Electrónica	35 (10%)
Gestión Empresarial	42 (11%)
Informática	26 (7%)
Mecánica	36 (10%)
Química	50 (14%)
Sistemas Computacionales	56 (15%)
Tecnologías de la Información y la Comunicación	17 (5%)

La mayoría de los participantes eran de género masculino, y su distribución dependiendo de la ingeniería en que estaba inscritos se muestra en la Figura 1.

**Figura 1**

*Género de los participantes clasificados por su ingeniería*



La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos por los participantes en el examen de diagnóstico.

**Tabla 2**

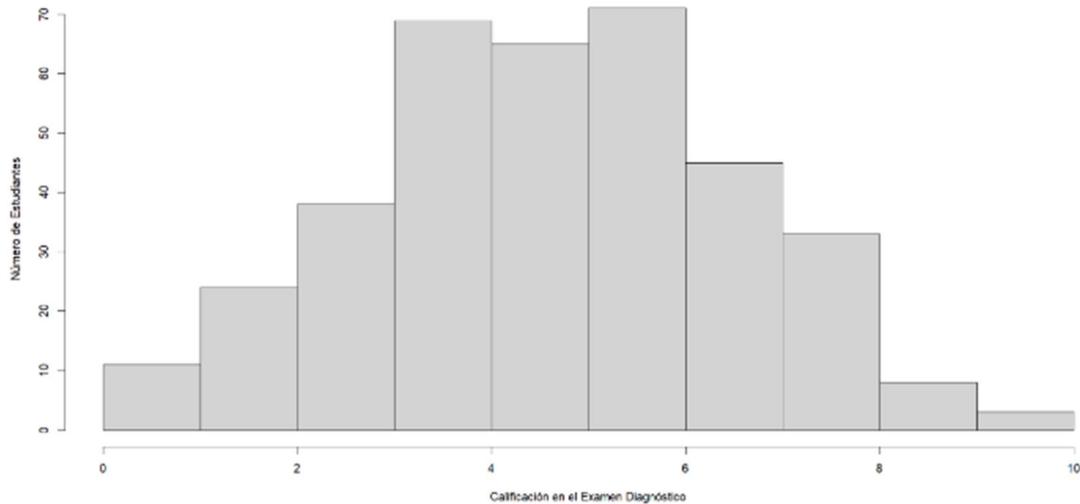
*Estadística descriptiva de los resultados del examen de diagnóstico de matemáticas separado por temas*

Diagnóstico	Media	Mínima	Máxima	Desv. Estándar	Preguntas
Calificación Final	4.88	0	10	2.01	10
Aritmética	1.98	0	3	0.95	3
Álgebra	2.01	0	4	1.02	4
Trigonometría	0.87	0	3	0.84	3

En la Figura 2 se pueden observar las calificaciones finales del examen diagnóstico de matemáticas.

**Figura 2**

*Calificaciones finales del examen diagnóstico de matemáticas*



La Tabla 3 muestra los resultados del primer MANCOVA, analizando diferencias entre las calificaciones del examen de diagnóstico de los participantes según su ingeniería.

**Tabla 3**

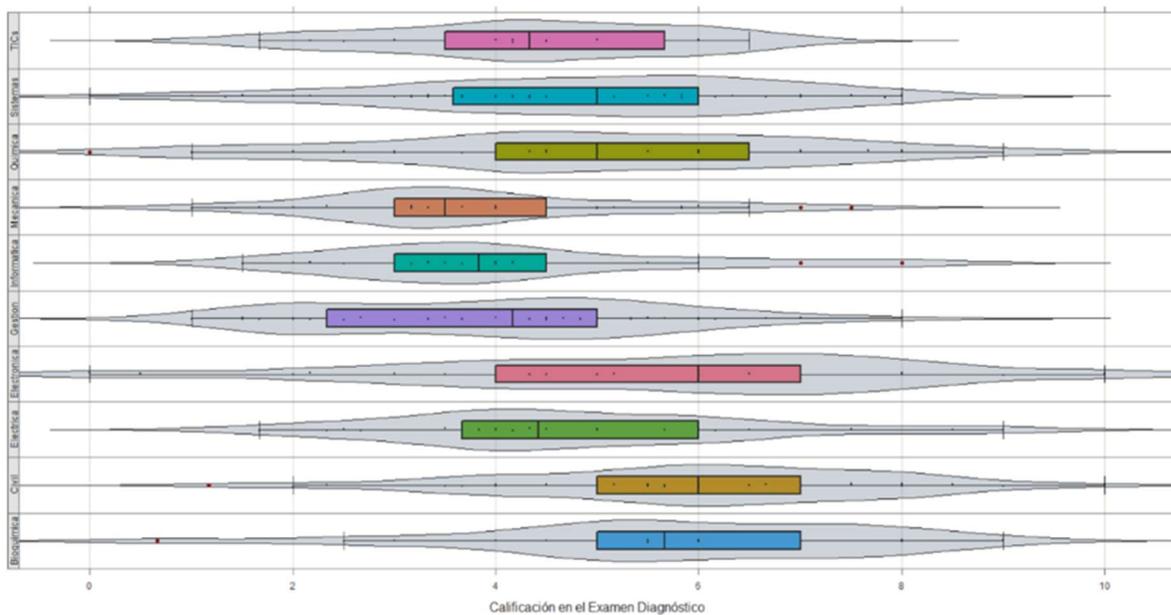
*Análisis de la varianza para las variables dependientes del examen de diagnóstico de matemáticas*

Variables Dependientes	Grados de Libertad	Media Cuadrada	F	Valor p
Calificación Final	357	22.39	6.25	< 0.001***
Aritmética	357	3.08	3.62	< 0.001***
Álgebra	357	4.91	5.16	< 0.001***
Trigonometría	357	1.16	1.64	No significativo

La Figura 3 muestra la distribución de las calificaciones del examen de diagnóstico de los participantes divididos según su ingeniería. Mientras que la Tabla 4 presenta una distribución más detallada, mostrando las tres calificaciones que componen la calificación final del examen de diagnóstico (aritmética, álgebra y trigonometría).

**Figura 3**

*Calificaciones del examen diagnóstico separadas por ingenierías*



En la Tabla 4 se pueden observar los resultados del examen diagnóstico divididos por los temas evaluados.

**Tabla 4***Resultados del examen de diagnóstico divididos por los temas evaluados*

Ingeniería	Diagnóstico	Aritmética	Álgebra	Trigonometría
Bioquímica	5.77	2.28	2.57	0.92
Civil	5.97	2.48	2.43	1.05
Eléctrica	4.82	1.88	2.05	0.88
Electrónica	5.64	2.08	2.41	1.14
Gestión Empresarial	3.99	1.64	1.54	0.80
Informática	4.09	1.76	1.71	0.61
Mecánica	3.79	1.61	1.54	0.63
Química	4.91	2.06	2.07	0.78
Sistemas Computacionales	4.87	1.94	1.92	1.00
TICs	4.33	1.88	1.80	0.64

En la Tabla 5 se reportan los resultados del segundo MANCOVA, donde se analizan las diferencias entre las calificaciones del examen diagnóstico según su género.

**Tabla 5**

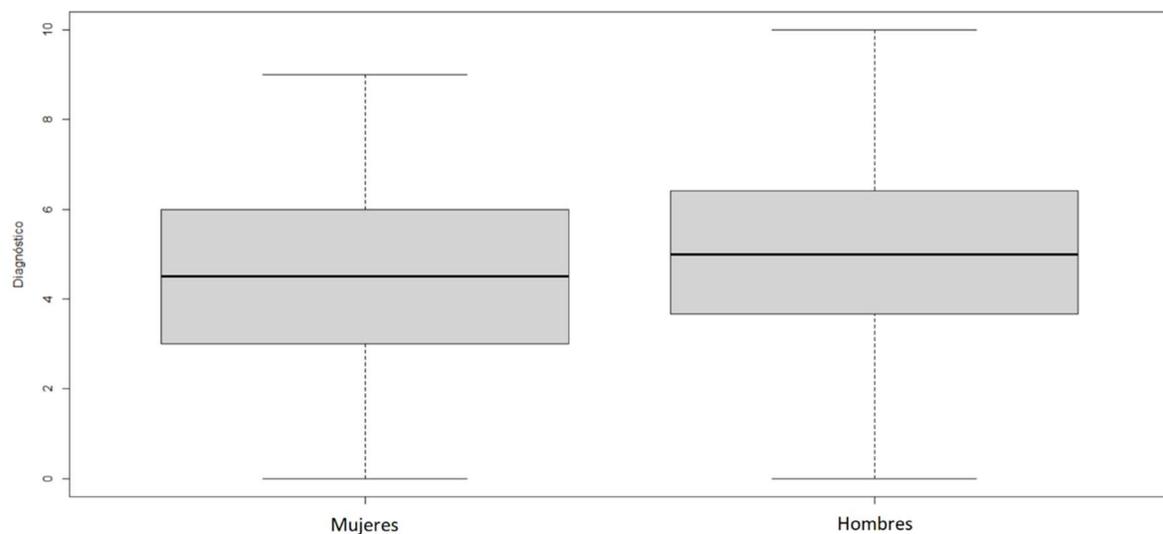
*Resultados del MANCOVA analizando diferencias entre las calificaciones del examen de diagnóstico de los participantes según su género*

Variables Dependientes	Grados de Libertad	Media Cuadrada	F	Valor p
Calificación Final	365	15.39	3.83	No significativo
Aritmética	365	9.95	11.28	< 0.001***
Álgebra	365	0.63	0.60	No significativo
Trigonometría	365	< 0.001	0.001	No significativo

La Figura 4 muestra las diferencias entre la media de los resultados del examen diagnóstico de hombres y mujeres de forma directa.

**Figura 4**

*Calificaciones del examen diagnóstico de hombres y mujeres*



Finalmente, en la Tabla 6, se muestran las calificaciones del examen diagnóstico de hombres y mujeres con sus medias en las tres secciones del examen.

**Tabla 6**

*Calificaciones del examen de diagnóstico de hombres y mujeres con sus medias en las tres secciones del examen*

<b>Examen</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
Diagnóstico	5.01	4.55
Aritmética	2.08	1.72
Álgebra	2.04	1.95
Trigonometría	0.87	0.88

### **Discusión de los resultados**

Los resultados del examen diagnóstico de matemáticas muestran que los estudiantes de ingeniería de nuevo ingreso no cuentan con un dominio adecuado de las habilidades matemáticas básicas que se enseñan en preparatoria (ver Tabla 2). El promedio de la calificación del examen diagnóstico de los participantes fue de 4.88, el cual está por debajo de la mitad (5) de la escala con la que fue evaluado el examen (de 0 a 10). Este resultado sugiere que los estudiantes de ingeniería de nuevo ingreso necesitan mejorar su preparación matemática desde preparatoria, o tener un repaso antes de comenzar sus estudios universitarios para refrescar sus habilidades matemáticas y tener mejores

posibilidades de aprender los temas de cálculo que se llevan en su carrera (Morán & Benson, 2018).

Al hacer un análisis más a detalle de las calificaciones del examen de diagnóstico en cada una de sus tres áreas (ver Tabla 2), se puede observar que la calificación más baja se dio en el área de trigonometría, con una calificación promedio de 0.87 en un rango del 0 al 3. Esta deficiencia en temas de trigonometría puede ser la razón principal del bajo desempeño de los participantes en el examen de diagnóstico. En la otra cara de la moneda, la calificación más alta del examen de diagnóstico se dio en el área de aritmética, con un promedio de 1.98 en un rango de 0 a 3. Esta calificación es un resultado esperado, ya que los temas de aritmética se aprenden y practican desde la primaria, dando a los estudiantes que llegan a nivel universitario mucha experiencia sobre el manejo de estos temas (OECD, 2023). Estos datos sobre el nivel de habilidades matemáticas de los estudiantes de ingeniería deben de ser analizados por los profesores de las escuelas preparatorias. De esta manera se podrían plantear estrategias para poner un mayor énfasis en el aprendizaje de los temas de trigonometría en las clases de matemáticas, dando un mayor tiempo al repaso y práctica de problemas de este tipo (Zeldin et al., 2008).

Los resultados del MANCOVA comparando el desempeño de los participantes en el examen de diagnóstico según su ingeniería mostraron que existen diferencias significativas en las áreas de aritmética y álgebra (ver Tabla 3), así como en la calificación final. Estos resultados sugieren que los estudiantes pueden tomar la decisión de seleccionar diferentes especialidades de ingeniería según su preparación matemática (Lent et al., 1991), con los participantes de las

ingenierías civil, bioquímica y electrónica mostrando los niveles más altos de habilidades matemáticas (ver Tabla 4). Los resultados de este MANCOVA mostraron que no existe una diferencia significativa en la calificación de los estudiantes en el área de trigonometría, sugiriendo que todos los estudiantes de ingeniería tienen un conocimiento deficiente de estos temas sin importar que especialidad de ingeniería les interesa. Este resultado da más relevancia a la importancia de mejorar la forma en que se enseñan los temas de trigonometría en la preparatoria, y evidencia que los estudiantes de ingeniería necesitan un repaso de trigonometría para mejorar sus posibilidades de aprobar su primer curso de matemáticas (Williams & Williams, 2010).

Al comparar los resultados del examen de diagnóstico de los hombres y las mujeres se muestra que los participantes hombres tuvieron un mejor desempeño con un promedio de 5.01 en su calificación final comparado con un 4.55 para las mujeres (ver Tabla 6). Esta diferencia favoreciendo el desempeño de los hombres se repite en las áreas de aritmética y álgebra, pero en el área de trigonometría el promedio de calificaciones es prácticamente igual tanto para hombres como para las mujeres (ver Tabla 6). Estos resultados van de la mano con la teoría que sugiere que los hombres tienen un mejor desempeño matemático al llegar a la universidad (Good et al., 2012), lo cual puede provocar que una cantidad mayor de hombres seleccionen carreras de ingeniería a comparación de las mujeres (Gallindo et al., 2021; Hill et al., 2016).

Es importante resaltar que, aunque se encontró una diferencia entre el desempeño de hombres y mujeres en el examen de diagnóstico, esta diferencia no fue significativa al comparar estos resultados en el MACOVA (ver Tabla 5), el

cual demostró que solo la diferencia entre el desempeño de hombres y mujeres en el área de aritmética era significativa al analizar todas las áreas al mismo tiempo (ver Tabla 5). Este resultado sugiere que, aunque si existe una diferencia entre las habilidades matemáticas básicas de hombres y mujeres al comenzar sus estudios de ingeniería (ver Figura 5), esta diferencia no es significativa como para diseñar cursos y actividades para nivelar las habilidades matemáticas de los estudiantes de ingeniería que hagan alguna diferencia entre hombres y mujeres (Yoon et al., 2019). Al diseñar este tipo de cursos, los profesores de ingeniería deben enfocarse en el área de trigonometría y proponer un tiempo considerable de estudio para mejorar el nivel de sus estudiantes en esta área, mientras que aritmética puede ser repasada de una forma más sencilla debido a que los estudiantes tienen un mejor entendimiento y dominio de esos temas.

### **Conclusiones**

Esta investigación resalta la importancia de aplicar exámenes de diagnóstico en los cursos de matemáticas de las carreras de ingeniería. Se recomienda incluir este tipo de exámenes a principio de cada ciclo escolar para entender de una mejor manera el nivel de las habilidades matemáticas básicas de los estudiantes. Los resultados de esta investigación muestran que los estudiantes de ingeniería normalmente empiezan su carrera con deficiencias en su conocimiento matemático básico, lo cual puede afectar sus posibilidades de terminar satisfactoriamente sus estudios. Es recomendable que se busque diseñar cursos de nivelación con el objetivo de fortalecer los conocimientos de trigonometría de los estudiantes de nuevo ingreso, ya que esta es el área de matemáticas con más deficiencias entre estos estudiantes. Al final, tener más

información sobre el nivel de habilidades matemáticas de los estudiantes de ingeniería será de gran ayuda para mejorar los cursos de matemáticas y las estrategias para aumentar los índices de aprobación en materias que apliquen las matemáticas en las áreas de ingeniería.

### Referencias

- Assembly, U. N. G. (2015). Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Recuperado de <http://goo.gl/8utYyz>
- Costa, M. C., & Domingos, A. (2019). Promote mathematics teaching through a teachers' professional development context with STEM. *Educacion Matematica*, 31(1), 235–257. <https://doi.org/10.24844/EM3101.09>
- Faulkner, B., Johnson-Glauch, N., Choi, D. S., & Herman, G. L. (2020). When am I ever going to use this? An investigation of the calculus content of core engineering courses. *Journal of Engineering Education*, 1–22. <https://doi.org/10.1002/jee.20344>
- Gallindo, E. L., Cruz, H. A., & Moreira, M. W. L. (2021). Critical examination using business intelligence on the gender gap in information technology in Brazil. *Mathematics*, 9(15). <https://doi.org/10.3390/math9151824>
- Geisinger, B. N., & Raman, D. R. (2013). Why they leave: Understanding student attrition from engineering majors. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 914–925.
- George, R. (2019). Predictors for success in calculus I. *2019 ASEE Annual Conference & Exposition*.
- Good, C., Rattan, A., & Dweck, C. S. (2012). Why do women opt out? Sense of belonging and women's representation in mathematics. *Journal of Personality and Social Psychology*, 102(4), 700–717. <https://doi.org/10.1037/a0026659>

- Hill, F., Mammarella, I. C., Devine, A., Caviola, S., Chiara, M., & Szucs, D. (2016). Maths anxiety in primary and secondary school students: Gender differences, developmental changes and anxiety specificity. *Learning and Individual Differences, 48*, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.02.006>
- Hurdle, Z. B., & Mogilski, W. (2022). The impact of prerequisites for undergraduate calculus I performance. *International Electronic Journal of Mathematics Education, 17*(3). <https://doi.org/10.29333/iejme/12146>
- Lent, R., Lopez, F., & Bieschke, K. (1991). Mathematics self-efficacy sources and relation to science-based career choice. *Journal of Counseling Psychology, 38*(4), 424–430.
- McKinney, J., Chang, M.-L., & Glassmeyer, D. (2021). Why Females Choose STEM Majors: Understanding the Relationships Between Major, Personality, Interests, Self-Efficacy, and Anxiety. *Journal for STEM Education Research, 4*(3), 278–300. <https://doi.org/10.1007/s41979-021-00050-6>
- Morán, G., & Benson, L. (2018). Relationship of mathematics self-efficacy and competence with behaviors and attitudes of engineering students with poor mathematics preparation. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 6*(3), 200–220. <https://doi.org/10.18404/ijemst.428165>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The state of learning and equity in education. *OECD Publishing*. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Shmeleva, E., & Froumin, I. (2020). Factors of attrition among computer science and engineering undergraduates in Russia. *Voprosy Obrazovaniya / Educational Studies Moscow, 3*, 110–136. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-3-110-136>

- Suresh, R. (2006). The relationship between barrier courses and persistence in engineering. *Journal of College Student Retention: Research, Theory and Practice*, 8(2), 215–239. <https://doi.org/10.2190/3QTU-6EEL-HQHF-XYF0>
- Thorndike, R. M., & Thorndike-Christ, T. (2010). *Measurement and Evaluation in Psychology and Education* (8th ed.). Pearson.
- Wang, C., Cho, H. J., Wiles, B., Moss, J. D., Bonem, E. M., Li, Q., Lu, Y., & Levesque-Bristol, C. (2022). Competence and autonomous motivation as motivational predictors of college students' mathematics achievement: from the perspective of self-determination theory. *International Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00359-7>
- Williams, T., & Williams, K. (2010). Self-efficacy and performance in mathematics: Reciprocal determinism in 33 nations. *Journal of Educational Psychology*, 102(2), 453–466. <https://doi.org/10.1037/a0017271>
- Yoon, S. Y., Imbrie, P. K., Reed, T., & Shryock, K. J. (2019). Identification of the engineering gateway subjects in the second-year engineering common curriculum. *International Journal of Engineering Education*, 35(1), 232–251.
- Zeldin, A., Britner, S., & Pajares, F. (2008). A comparative study of the self-efficacy beliefs of successful men and women in mathematics, science, and technology careers. *Journal of Research in Science and Teaching*, 45(9), 1036–1058.