

Instrumento de medición para diagnosticar las habilidades algebraicas de los estudiantes en el Curso de Cálculo Diferencial en ingeniería

A measurement instrument for establishing the algebraic skills of engineering students on a Differential Calculus Course in engineering

Dra. Wendolyn Elizabeth AGUILAR-SALINAS. Profesora Titular. Universidad Autónoma de Baja California
(aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx).

Dr. Maximiliano DE LAS FUENTES-LARA. Profesor Titular. Universidad Autónoma de Baja California
(maximilianofuentes@uabc.edu.mx).

Dra. Araceli Celina JUSTO-LÓPEZ. Profesora Titular. Universidad Autónoma de Baja California
(araceli.justo@uabc.edu.mx).

M.I. Ana Dolores MARTÍNEZ-MOLINA. Profesora Titular. Universidad Autónoma de Baja California
(ana.dolores.martinez.molina@uabc.edu.mx).

Resumen:

Se construyó un instrumento de medición altamente confiable, con validez de contenido y de criterio. Su contenido está basado en las habilidades algebraicas que los estudiantes de ingeniería requieren para desempeñarse favorablemente en un Curso de Cálculo Diferencial en las carreras de ingeniería. En el diseño del instrumento participó un equipo de 10 profesores con al menos grado de maestría y experiencia docente en el área de cálculo diferencial. El instrumento de medición es de opción

múltiple, criterial, de gran escala, está integrado por 25 reactivos y su análisis de calidad se describe y se deriva de las respuestas emitidas durante los ciclos lectivos 2018-2 y 2019-1 por estudiantes de nuevo ingreso en la carrera de ingeniería. Los resultados muestran que los tópicos que predicen el éxito del alumno y cuentan con el mayor poder de discriminación en el instrumento de medición están fuertemente relacionados con habilidades que los estudiantes adquieren desde la primaria y secundaria, como es el caso de las operaciones con fraccio-

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 18-09-2019.

Cómo citar este artículo: Aguilar-Salinas, W. E., de las Fuentes-Lara, M., Justo-López, A. C. y Martínez-Molina, A. D. (2020). Instrumento de medición para diagnosticar las habilidades algebraicas de los estudiantes en el Curso de Cálculo Diferencial en ingeniería | *A measurement instrument for establishing the algebraic skills of engineering students on a Differential Calculus Course in engineering*. *Revista Española de Pedagogía*, 78 (275), 5-25. doi: <https://doi.org/10.22550/REP78-1-2020-02>

<https://revistadepedagogia.org/>

ISSN: 0034-9461 (Impreso), 2174-0909 (Online)

nes y las leyes de los exponentes. También se logró identificar que la mayor deficiencia en las habilidades algebraicas de los estudiantes pertenece al tema de la racionalización, división de polinomios, factorización de suma y diferencia de cubos.

Descriptor: cálculo, cuestionario, evaluación predictiva, fiabilidad, validez.

Abstract:

A highly reliable algebraic skill measurement instrument with content and approach validity was developed. Its content focusses on the algebraic skills engineering students require to successfully follow a differential calculus course. A team of 10 teachers, each with minimum of a master's degree and teaching experience in differential calculus, par-

ticipated in the design of this instrument. The measurement instrument is a large-scale multiple-choice criteria test comprising 25 test items. Its quality is described and analysed on the basis of the answers given by engineering students during the first and second semesters of the 2018-2019 academic year. The results show that topics that can predict student success and have the greatest power of discrimination in the measurement instrument are strongly related to skills students acquire in primary and secondary education, such as operating with fractions and the laws of exponents. It was also found that the main shortcomings in the algebraic skills of students are rationalisation, division of polynomials, factoring sums, and difference of cubes.

Keywords: calculus, questionnaire, predictive evaluation, reliability and validity.

1. Introducción

Las matemáticas se presentan como un conocimiento imprescindible en una sociedad con un desarrollo tecnológico sin precedentes, sin embargo, es uno de los más inaccesibles para muchos estudiantes, ya que concentra un gran número de dificultades y fracasos (Carbonero y Navarro, 2006), lo que convierte a las matemáticas en un filtro crítico que condiciona la elección de carrera en los estudiantes (Sells, 1973). Aquellos estudiantes que llegan a la universidad con una percepción negativa de las matemáticas desarrollan una actitud reacia y, en consecuencia, un rendimiento académico bajo,

atribuyendo su fracaso a diversas causas (Orozco y Díaz, 2009).

En México, el nivel de conocimiento de las matemáticas se considera un problema educativo, con el 50 % de los estudiantes en etapas tempranas de su formación mostrando desinterés en esta área (González, 2005). Esto se refleja en los resultados publicados por la Secretaría de Educación Pública (SEP) en coordinación con el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) y las autoridades educativas de las entidades federativas, en donde, a través de la prueba del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA)

en educación media superior, se muestra el bajo rendimiento nacional de los estudiantes de bachillerato en el área de matemáticas en los últimos tres años, del 2015 al 2017 (Tabla 1). Se observa también que el

mayor porcentaje de estudiantes mexicanos se concentra en el nivel uno, en el que realizan operaciones con fracciones, operaciones que combinan incógnitas y establecen y analizan relaciones entre dos variables.

TABLA 1. Estadísticas en porcentajes de la prueba PLANEA.

Año/Nivel	2015	2016	2017
Nivel 1	51.3	49.2	66.2
Nivel 2	29.9	30.0	23.3
Nivel 3	12.4	14.4	8.0
Nivel 4	6.4	6.3	2.5

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario determinar los conocimientos iniciales de los alumnos para generar un nuevo aprendizaje y evitar suposiciones. Por ejemplo, Matemáticas es una asignatura fundamental en la formación de ingenieros (Morales, 2009); si no poseen conocimientos básicos en habilidades matemáticas, debido a una pobre formación en el bachillerato, comprender y asimilar las matemáticas universitarias se les hará complicado (Encinas, Osorio, Ansaldó y Peralta, 2016). La evidencia de una educación preuniversitaria deficiente se refleja en el bajo rendimiento de los estudiantes en los cursos universitarios (Orozco y Díaz, 2009).

Algunos estudios analizan factores personales, sociodemográficos, psicológicos, intelectuales o cognitivos y el historial académico, para predecir el éxito futuro de los estudiantes (Reynoso y Méndez-Luévano, 2018; Arriaga, 2015; González, 2013; Gatica-Lara, Méndez-Ramírez, Sánchez-Men-diola y Martínez-González, 2010; Difabio, 1994). Sin embargo, no se encontraron in-

vestigaciones que analicen las temáticas o reactivos capaces de incidir en el éxito de los estudiantes universitarios en el área matemática.

Las capacidades de los estudiantes no se construyen solas, sino sobre conocimientos previos. En este sentido, Ausubel, Novak y Hanesian (1983, p. 1) mencionan que «el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñesele en consecuencia». Esto puede observarse en el estudio realizado por Orozco-Moret y Morales (2007), donde el 70 % de los estudiantes que estaban repitiendo una materia del área matemática en el primer semestre de la universidad estaban de acuerdo con que la falta de conocimientos previos era la causa principal de haberse retrasado en esa asignatura.

En razón de lo anterior, esta investigación refiere la construcción y validación de un instrumento de medición de las habilidades algebraicas que los estudiantes uni-

versitarios requieren para desempeñarse adecuadamente en un Curso de Cálculo Diferencial en las carreras de ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). La determinación de las habilidades algebraicas que adquirieron durante su educación en los niveles previos resulta crucial para el éxito de los estudiantes en el curso mencionado.

2. Método

En la construcción del instrumento de medición se adoptó el modelo de Nitko (1994) para desarrollar exámenes orientados por el currículo. Dicho modelo se complementó con la metodología para la construcción de test criterios de Popham (1990) y con aportaciones metodológicas y operativas de Contreras (1998, 2000).

El análisis de calidad del instrumento de medición se hizo de acuerdo a la Teoría clásica de los test (TCT), de manera que el instrumento diseñado permitiese medir las habilidades algebraicas requeridas para cursar la asignatura de Cálculo Diferencial en una carrera de ingeniería. En este sentido, se consideró necesario la determinación de la confiabilidad, la validez y los índices de dificultad, discriminación y correlación biserial (Carmines y Zeller, 1987).

Los análisis de confiabilidad permiten medir la consistencia o estabilidad de las medidas cuando el proceso de medición se repite (Prieto y Delgado, 2010), determinando su capacidad para demostrar la estabilidad en sus resultados (García y Vilanova, 2008). En este caso, se utilizaron el

coeficiente de Kuder-Richarson KR-20 y el método de mitades partidas.

El análisis de confiabilidad mediante el coeficiente de Kuder-Richarson (KR-20) permite obtener la confiabilidad de un instrumento a partir de los datos obtenidos en una sola aplicación. Los reactivos se valoran como respuesta correcta o incorrecta, teniéndose en cuenta que presentan diferentes índices de dificultad (Corral, 2009). En el análisis de confiabilidad por el método de mitades partidas, se divide la prueba a la mitad y se separa en dos pruebas paralelas. El coeficiente de consistencia interna se calcula utilizando la fórmula de Spearman-Brown (Reidl-Martínez, 2013). Si el instrumento es confiable, debería haber una fuerte correlación entre las puntuaciones de ambas mitades.

La validez de contenido y de criterio también fue calculada para analizar la calidad del instrumento. La validez de contenido se garantiza a partir de la selección de indicadores adecuados y relacionados con los procesos matemáticos y el contraste de la validez de los reactivos a través del juicio de expertos (Alsina y Coronata, 2014). En este tipo de validez, se selecciona un panel de expertos con al menos 5 años de experiencia en los temas objeto de la validación, que deben analizar la coherencia de los reactivos en relación con lo que se desea evaluar, la complejidad de los reactivos y la habilidad cognitiva a evaluar (Barrazas, 2007), así como la suficiencia y pertinencia de los reactivos, considerando los aspectos del constructo que son relevantes, incluidos en las competencias y los indicadores (Cisneros, Jorquera y Aguilar, 2012).

El instrumento de medición diseñado pretende comprobar los conocimientos o dominio de los estudiantes respecto de los contenidos o temas de álgebra que se consideran necesarios para el estudio y el tratamiento del cálculo diferencial en los programas de ingeniería. Con el propósito de determinar si los reactivos del instrumento de medición examinan verdaderamente los tópicos e indicadores de logro establecidos en las especificaciones de diseño, se llevó a cabo una revisión con un equipo de 6 expertos profesores universitarios del área de matemáticas con grado de maestría o doctorado, ajenos al proceso de diseño y construcción del instrumento de medición. Los expertos evaluaron el instrumento de medición mediante un cuestionario que incluyó 8 aspectos trascendentes de cada uno de los 25 reactivos. Para emitir una calificación en cada aspecto y reactivo se utilizó una escala de 0 a 4, en donde el 0 indica muy en desacuerdo, 1 en desacuerdo, 2 postura neutral, 3 de acuerdo y 4 muy de acuerdo.

El aspecto 1 verifica la pertenencia de los contenidos del reactivo a temas que se tratan en el nivel de educación media superior. El aspecto 2 mide si los contenidos de cada reactivo son temas tratados en el Curso Propedéutico de Álgebra, Geometría y Trigonometría para los estudiantes de nuevo ingreso en la Facultad de Ingeniería Mexicali (FIM) en la UABC. Cabe señalar que dicho curso se imparte a los estudiantes de nuevo ingreso en las carreras de ingeniería previo al inicio del ciclo escolar. Los temas de álgebra que se tratan son: números reales, exponentes, radicales, fracciones, racionalización, polinomios

y factorización. El aspecto 3 relaciona la congruencia existente entre el indicador de logro y el contenido temático del reactivo. El aspecto 4 considera la relevancia del contenido del reactivo con respecto a los requisitos que debe cumplir un estudiante para cursar la asignatura de Cálculo Diferencial en la FIM. El reactivo 5 identifica si el vocabulario utilizado en cada reactivo es de uso común en la materia. El aspecto 6 alude a si los distractores en cada reactivo son plausibles. El aspecto 7 determina si cada reactivo tiene la respuesta correcta y el aspecto 8 se refiere a si está claro lo que se le solicita al estudiante en cada reactivo.

La validez de criterio se refiere al grado en que la prueba se correlaciona con variables ajenas a esta, los cuales son llamados criterios. Así, el criterio es un indicador de aquello que la prueba pretende medir o de lo que debería presentar una relación determinada. A la correlación encontrada se le denomina coeficiente de validez. Para la validez de criterio se ha utilizado el examen básico de cálculo diferencial. El diseño y construcción de este examen básico se describe en Encinas, de las Fuentes y Rivera (2007) y Contreras, Encinas, de las Fuentes y Rivera (2005) y se aplica de manera formal en la UABC a todos los estudiantes que cursan la asignatura de Cálculo Diferencial (más de 3000 alumnos por semestre distribuidos en los campus del Estado de Baja California, México). Los resultados de este examen forman parte de su evaluación ordinaria y proporcionan el 30 % de la calificación final del Curso de Cálculo Diferencial, mientras que el 70 % lo otorga el docente que imparte la asignatura. El examen básico de cálculo diferen-

cial que se aplica desde el año 2005 está integrado actualmente por 60 reactivos y está alineado con el currículo, es criterial, de opción múltiple y de gran escala.

El instrumento de medición es considerado como una prueba criterial en virtud de la cual se pretende determinar las habilidades algebraicas y apoyar el diagnóstico del diseño instruccional para el Curso de Cálculo Diferencial. El Índice de dificultad (ID) está relacionado con la proporción de estudiantes que resuelven correctamente un reactivo, y se calcula de acuerdo a Crocker y Algina (1986). Existen parámetros para la aceptación de un reactivo de acuerdo con su nivel de dificultad. El establecido por Contreras, Backhoff y Larrazolo (2004) dice que debe ser mayor que 0.05 y menor que 0.95. Para la TCT, este índice debe estar entre 0.1 y 0.9. De acuerdo a Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000) el nivel medio de dificultad del instrumento debe oscilar entre 0.5 y 0.6, distribuyéndose los valores del índice de dificultad de la manera siguiente: 5 % de reactivos altamente fáciles ($0.87 < ID < 1$), 20 % medianamente fáciles ($0.74 < ID < 0.86$), 50 % con una dificultad media ($0.53 < ID < 0.73$), 20 % medianamente difíciles ($0.33 < ID < 0.52$) y 5 % altamente difíciles ($ID < 0.32$).

El Índice de discriminación (IDC) del reactivo permite diferenciar (discriminar) entre los estudiantes que obtuvieron alta calificación en la prueba y los que obtuvieron baja calificación. Está relacionado con la alta posibilidad de que aquellos estudiantes con un sobresaliente desempeño general en la prueba respondan correctamente el reactivo, al contrario que los

estudiantes con un desempeño deficiente. En este análisis se considera el 54 % de la población muestral, incluyendo el 27 % de los estudiantes con alto rendimiento e igual porcentaje de estudiantes con el más bajo rendimiento, por cada reactivo que se revisa. Para Contreras, Backhoff y Larrazolo (2004) y para la TCT el valor discriminativo del reactivo se considera apropiado si es mayor que 0.2. De acuerdo con Guilford (1975) es aceptado el Índice de discriminación de un reactivo si arroja un valor superior a 0.2 o 0.3. La escala del IDC de acuerdo a Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000) es: malo ($IDC < 0.20$), regular ($0.20 < IDC < 0.30$), bueno ($0.30 < IDC < 0.40$) y excelente ($IDC > 0.40$).

Otro elemento considerado importante para la confiabilidad y validez del instrumento es el coeficiente de correlación del punto biserial (rpbis), pues tiene en cuenta al 100 % de la población muestral, no solo al 54 %, como en el caso del Índice de discriminación. Según Henrysson (1971), este coeficiente es un indicador de validez predictiva, donde se relaciona la respuesta a un reactivo por un estudiante y el resultado que obtuvo en la prueba. Se calcula de acuerdo al modelo de Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000) y la escala de valores de este indicador es: discrimina pobremente ($rpbis < 0.14$), regularmente ($0.15 < rpbis < 0.25$), buen poder discriminativo ($0.26 < rpbis < 0.35$) y excelente nivel de discriminación ($rpbis > 0.35$).

Los resultados correspondientes a las opciones de respuesta se someten a un análisis de frecuencia, en el que se identifican los porcentajes de los estudiantes que contestaron cada una de las cuatro

opciones. Se dice que los distractores son no adecuados (DNA) si cuentan con menos del 5 % de respuestas de los estudiantes (Rodríguez, Casas y Medina, 2005). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con una prueba post-hoc de Tukey HSD, en el que se consideró como factor el número de DNA y como variables dependientes el ID, el IDC y el rpbis de los reactivos. El objetivo es determinar diferencias significativas entre grupos y dentro de los mismos.

La base de datos se analizó mediante la Teoría clásica de los test (TCT) a través del programa IBM SPSS Statistics 25 y hoja electrónica Excel con los que se obtuvieron los datos psicométricos de cada reactivo, distractores, índices de dificultad, de discriminación y la correlación punto-biserial.

3. Procedimiento de construcción del instrumento de medición

En la construcción del instrumento de medición participaron seis profesores: dos en el comité diseñador del instrumento, dos en el comité elaborador de especificaciones y dos en el comité elaborador de reactivos, todos con el grado de doctor, y con una experiencia mínima en docencia de cinco años en el área de álgebra, cálculo diferencial y cálculo integral.

La función del comité diseñador del instrumento de medición es analizar el currículum del área, detectar y estructurar el contenido importante que se va a evaluar, construir una tabla de especificaciones del instrumento y elaborar un documento de justificación de las decisiones. Cabe señalar que la construcción del instrumento de me-

dición se basa en las habilidades aritméticas y algebraicas mínimas que los estudiantes de ingeniería requieren para desempeñarse favorablemente en un Curso de Cálculo Diferencial en las carreras de ingeniería. Dichas habilidades fueron determinadas por el comité diseñador del instrumento y validadas por el comité elaborador de especificaciones y por el equipo de expertos. Los conceptos y procedimientos matemáticos implicados en el instrumento de medición forman parte del currículo que los estudiantes han llevado a cabo a través de sus estudios en el programa de la asignatura de Matemáticas I tanto del bachillerato general como del bachillerato tecnológico (SEP, 2017). También los tópicos son tratados en el Curso de Álgebra, Geometría y Trigonometría que se imparte a los estudiantes de nuevo ingreso en las carreras de ingeniería de la UABC.

El propósito del instrumento de medición es establecer las condiciones iniciales de los estudiantes de nuevo ingreso en una carrera de ingeniería en cuanto a los conocimientos y habilidades algebraicas requeridas para cursar la asignatura de Cálculo Diferencial. Para evidenciar dichas condiciones, se establecieron para cada especificación y su respectivo reactivo indicadores de logro, que representan aquellas conductas del alumno que permiten valorar el grado de dominio sobre alguna habilidad algebraica. Los tópicos e indicadores de logro de cada uno de los 25 reactivos que componen el instrumento de medición se describen en la Tabla 2.

TABLA 2. Tópicos e indicadores de logro de cada reactivo del instrumento de medición.

Número de Reactivo	Número de Tópico	Tópico	Indicador de logro
1	1	Operaciones con fracciones	Sumar aritméticamente fracciones con distinto denominador.
2	1	Operaciones con fracciones	Multiplicar aritméticamente fracciones.
3	1	Operaciones con fracciones	Dividir aritméticamente dos fracciones.
4	2	Leyes de los exponentes	Utilizar la ley de los exponentes para multiplicar dos números.
5	2	Leyes de los exponentes	Utilizar la ley de los exponentes para dividir dos números.
6	2	Leyes de los exponentes	Convertir un número radical a forma exponencial.
7	3	Racionalización	Racionalizar el denominador de una expresión numérica.
8	3	Racionalización	Racionalizar el denominador de una expresión algebraica.
9	3	Racionalización	Racionalizar el numerador de una expresión algebraica.
10	4	Operaciones con polinomios (suma)	Calcular una suma de polinomios.
11	4	Operaciones con polinomios (suma)	Eliminar símbolos de agrupación y simplificar la expresión algebraica.
12	4	Operaciones con polinomios (producto)	Calcular el producto de dos binomios.
13	4	Operaciones con polinomios (división)	Calcular la división de un polinomio entre un monomio.
14	4	Operaciones con polinomios (división)	Calcular la división de un polinomio entre un binomio.
15	4	Operaciones con polinomios	Despejar una variable.
16	4	Operaciones con polinomios (producto de binomios)	Desarrollar un binomio al cuadrado.
17	4	Operaciones con polinomios (binomios conjugados)	Calcular el producto de binomios conjugados.
18	4	Operaciones con polinomios (producto de binomios)	Calcular el producto de dos binomios.

19	4	Operaciones con polinomios (producto de binomio al cubo)	Desarrollar un binomio al cubo.
20	5	Factorización	Factorizar un trinomio cuadrado no perfecto.
21	5	Factorización	Identificar un trinomio cuadrado perfecto.
22	5	Factorización	Factorizar un trinomio cuadrado perfecto.
23	5	Factorización	Identificar una diferencia de cuadrados (primera versión) / Factorizar una suma de cubos (versión final).
24	5	Factorización	Factorizar una diferencia de cuadrados.
25	5	Factorización	Factorizar una diferencia de cubos.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de cada reactivo se basa en su respectiva especificación, en el cual cada reactivo contempla aspectos como el tópico de álgebra al que pertenece, el indicador de logro de acuerdo a Zabala y Arnau (2008), un comentario acerca del sentido y funcionalidad del contenido, la base del reactivo, el vocabulario y tipo de

información que se utilizará en el reactivo, las características de los distractores, el procedimiento para obtener la respuesta correcta, un reactivo muestra y el tiempo estimado de ejecución (Tabla 3). El diseño de la especificación para cada reactivo la realizó el comité elaborador de especificaciones.

TABLA 3. Especificación correspondiente al reactivo 16 del instrumento de medición.

Tópico: Operaciones con polinomios (producto notable)	Subtema: Binomio al cuadrado
Comentario sobre el sentido del contenido: Ciertos productos se presentan con frecuencia en los temas de cálculo diferencial, cálculo integral y ecuaciones diferenciales entre otros, y han sido clasificados como productos notables o especiales. Es el caso del binomio al cuadrado cuyo desarrollo es: $(a+b)^2=a^2+2ab+b^2$. También puede escribirse: $(a-b)^2=a^2-2ab+b^2$. Se espera que el estudiante desarrolle correctamente un binomio al cuadrado.	
Indicador de logro: desarrollar un binomio al cuadrado.	
Base del reactivo: Se propone para su desarrollo un binomio que esté elevado al cuadrado. Las características del binomio son las siguientes: a) Los signos de los coeficientes pueden ser iguales u opuestos. b) Los coeficientes de los términos son números enteros. c) Las variables literales puede ser que pertenezcan al alfabeto, no solamente x o y como se acostumbra. d) Se sugiere no incluir coeficientes fraccionarios para no incrementar la dificultad del reactivo.	

Vocabulario e información textual, gráfica o tabular:

La información que se emite en este reactivo es de tipo textual incluyendo una expresión algebraica que corresponde al binomio y del cual deberá determinarse su cuadrado.

Distractores:

Serán binomios o trinomios generados con las siguientes características:

- a) El cuadrado del primero más el cuadrado del segundo.
- b) El cuadrado del primero menos el cuadrado del segundo.
- c) El cuadrado del primero menos el doble producto del primero por el segundo más el cuadrado del segundo.
- d) El cuadrado del primero más una vez el primero por el segundo término más el cuadrado del segundo término.

Respuesta correcta:

Respetando la regla del binomio al cuadrado la respuesta correcta se obtiene: el cuadrado del primer término más el doble producto del primero por el segundo más el cuadrado del segundo término.

Reactivo propuesto:

Al desarrollar el binomio $(3x-4y)^2$ se obtiene como resultado:

- A) $9x^2-24xy+16y^2$ B) $9x^2+16y^2$ C) $9x^2-16y^2$ D) $9x^2+24xy+16y^2$

Tiempo estimado de ejecución: 2 minutos.

Fuente: Elaboración propia.

El instrumento está compuesto por 25 reactivos de opción múltiple, en el que se pide al estudiante elegir de entre 4 respuestas la que es correcta. Cada reactivo en el instrumento es independiente, toda vez que contiene la información necesaria para plantearlo y responderlo. El instrumento es criterial, ya que tiene el propósito de evaluar el aprendizaje, informando sobre qué puede hacer o no el examinado. Los reactivos fueron diseñados por el comité elaborador de reactivos.

4. Resultados y discusión

La aplicación piloto del instrumento de medición en su primera versión se llevó a cabo en las instalaciones de la FIM de la UABC durante la primera semana de iniciado el curso lectivo 2018-2019. El instrumento se aplicó a 177 estudian-

tes de nuevo ingreso en la FIM inscritos en el Curso de Cálculo Diferencial (el 21 % de la comunidad de estudiantes inscritos en dicha asignatura durante el ciclo citado). La confiabilidad del instrumento calculada mediante KR-20 es $r=0.88$, por el método de mitades partidas es $r=0.93$. Para Contreras, Backhoff y Larrazolo (2004) y para Muñoz y Mato (2006) es considerado como apropiado cuando es mayor o igual que 0.85 en el caso de instrumentos estandarizados y de gran escala.

El promedio del ID resultó ser de 0.70 ± 0.19 (media $\pm$ desviación estándar). La distribución porcentual resultante del ID es la siguiente: reactivos altamente fáciles 8 % (dos reactivos), medianamente fáciles 48 % (doce reactivos), dificultad media 28 % (siete reactivos), medianamente difíciles 4 %

(un reactivo) y altamente difíciles 12 % (tres reactivos).

De los reactivos, el 68 % tienen discriminación excelente, el 24 % discriminación buena y el 8 % discriminación mala. El promedio del IDC es 0.49 ± 0.18 (media $\pm$ desviación estándar), el cual está considerado como excelente.

Se calcularon los promedios del IDC para los 5 tópicos de álgebra considerados, a saber: operaciones con fracciones 0.56 (reactivos 1, 2 y 3), ley de los exponentes 0.61 (reactivos 4, 5 y 6), racionalización 0.33 (reactivos 7, 8 y 9), operaciones con polinomios 0.48 (reactivos 10-19) y factorización 0.50 (reactivos 20-25). Se identifica el mayor poder de discriminación para los reactivos correspondientes al tópico de ley de los exponentes seguido de los reactivos del tópico de fracciones. En contraste se determinó que el menor poder de discriminación es para los reactivos del tópico de racionalización, los cuales tienen mayor dificultad.

El promedio de los coeficientes de correlación biserial de la prueba es 0.52 ± 0.14 (media $\pm$ desviación estándar). De los reactivos, el 80 % tiene discriminación excelente, el 16 % discriminación buena y el 4 % discriminación regular. No se encontró ningún reactivo con discriminación pobre o negativa.

En cuanto a la validez de contenido, los promedios de cada reactivo en cada uno de los ocho aspectos declarados en la evaluación de los expertos resultaron mayores o iguales a 3.5. De acuer-

do a Contreras, Backhoff y Larrazolo (2004), el criterio que debe cumplirse es lograr un promedio de los expertos igual o superior a 3.5. En este caso, el instrumento se considera válido con respecto a su contenido. El aspecto 9 abarcó el instrumento en su conjunto y se centró en el tiempo que se le brinda al alumno para responderlo. En este caso, el tiempo máximo permitido para su ejecución es de 60 minutos. Los expertos consideraron que el tiempo que se le brinda al estudiante para la resolución de los veinticinco reactivos es adecuado.

La información se extrajo de la aplicación del examen básico de cálculo diferencial correspondiente al curso lectivo 2018-2019, con el registro de las respuestas a sesenta reactivos de 758 estudiantes de ingeniería de la FIM de la UABC. El análisis de confiabilidad mediante el método KR-20 arroja un coeficiente $\alpha = 0.87$. En razón de lo anterior, el criterio con el cual se valida el instrumento de medición es el mismo. De los 177 estudiantes de la muestra analizada, tenemos los resultados de 151 que se presentaron a la prueba básica de cálculo diferencial. Se utilizaron estos resultados para llevar a cabo el cálculo de la correlación entre la calificación obtenida en el instrumento de medición y la calificación del examen básico. Al relacionar las calificaciones se obtuvo un coeficiente de correlación Pearson $r = 0.70$ significativo en el nivel 0.01, calificado como correlación positiva considerable de acuerdo a la escala de Hernández, Fernández y Baptista (2006).

El número total de opciones del instrumento diagnóstico fue de 100: 25 respuestas correctas y 75 distractores. El 33 % (25) de los distractores evaluados se clasificaron como no adecuados; 6 reactivos (24 %) tuvieron 3 distractores adecuados; 14 reactivos (56 %) tuvieron 1 distractor no adecuado (DNA); 4 reactivos (16 %) tuvieron 2 DNA y 1 reactivo tuvo 3 DNA. El número de DNA promedio por reactivo fue de 1.00 ± 0.74 (media $\pm$ desviación estándar).

El promedio del ID e IDC en los reactivos con 0 distractores no adecuados fue de 0.45 ± 0.18 y 0.46 ± 0.17 , respectivamente (media $\pm$ desviación estándar). En contraste, estos parámetros psicométricos en los reactivos con 2 DNA fueron 0.87 ± 0.03 y 0.34 ± 0.08

con 42 % mayor ID (es decir, 42 % más fácil) y 12 % menor discriminación. Para reactivos con 1 DNA los ID e IDC promedios fueron 0.74 y 0.58.

El ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$) en el ID entre los grupos de reactivos con diferente número de DNA. La prueba post-hoc de Tukey mostró diferencias significativas ($p < 0.001$) en índice de dificultad (Tabla 4) y de discriminación entre los reactivos con cero DNA y los demás reactivos con uno y dos DNA. Se encontró diferencia significativa en el IDC entre uno y dos DNA. En cuanto a la correlación biserial entre los reactivos, no se encontró diferencia significativa. En este análisis se excluyó el reactivo 10 con tres DNA.

TABLA 4. ANOVA de una vía, índice de dificultad por grupos de reactivos de cero a dos distractores no adecuados.

Índice de dificultad Tukey B ^{a,b}			
Distractor no adecuado	N	Subconjunto para Alfa = .05	
		1	2
0	6	.4533	
1	14		.7450
2	4		.8725

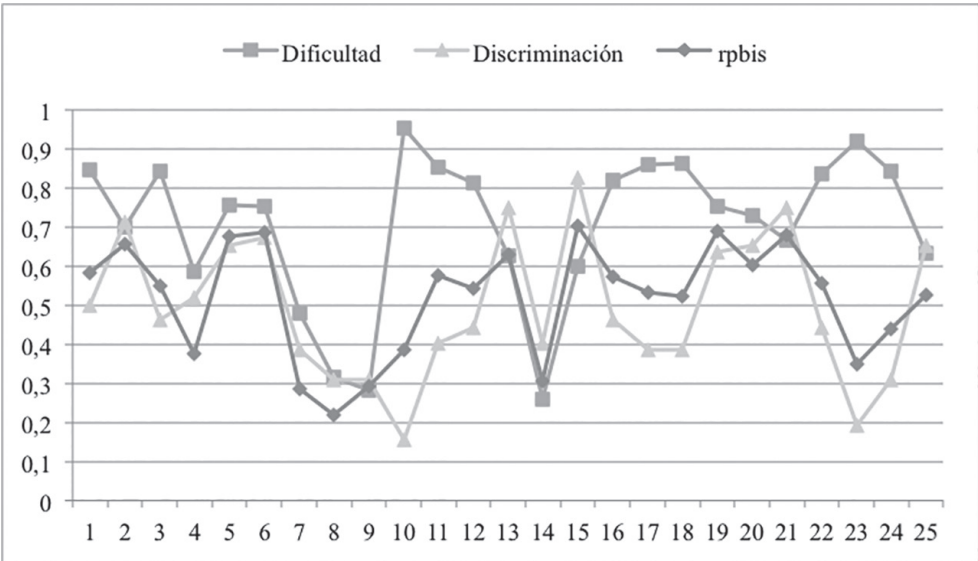
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6.146.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 1. Número de reactivo contra índice de dificultad, discriminación y correlación biserial en la primera versión del instrumento de medición.



Fuente: Elaboración propia.

La correlación biserial oscila entre 0.22 y 0.70 (Gráfico 1). Una correlación positiva indica que el responder bien a la pregunta es un indicador de obtener una buena puntuación en el instrumento de medición. Por lo tanto, las preguntas con rpbis positivo son las que mejor discriminan la muestra de los sujetos.

A partir de este gráfico de puntos se observa que para reactivos cuya dificultad es superior a 0.80 (reactivos 1, 3, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 22, 23 y 24) la discriminación y el rpbis son inferiores a 0.60. De hecho, en este conjunto de reactivos se contemplan los valores más bajos de discriminación. Por el contrario, se obtienen valores de discriminación más altos (calificados como excelentes) cuando la dificultad se encuentra entre 0.40 y 0.75. El reactivo 15

se refiere a despejar una variable y es el que cuenta con el mayor poder de discriminación ($IDC = 0.83$). A su vez, es el mejor predictor del éxito de un estudiante en este instrumento, de acuerdo al coeficiente de correlación biserial ($rpbis = 0.70$).

Con el propósito de identificar qué tópicos de álgebra, reactivos e indicadores de logro provocan el éxito de un estudiante en este instrumento de medición, se calcularon los promedios del coeficiente de correlación biserial por tópico de álgebra y se ordenaron de mayor a menor: operaciones con fracciones (tópico 1, 0.60), leyes de los exponentes (tópico 2, 0.58), operaciones con polinomios (tópico 4, 0.55), factorización (tópico 5, 0.53) y racionalización (tópico 3, 0.26). En general, los tópicos que predicen principalmente el éxito del alumno

son los estudiados en el nivel de educación básica y secundaria. A nivel particular, se eligieron los dos reactivos con mayor coeficiente de correlación biserial, a saber: reactivo 15, despejar una variable ($r_{pbis} = 0.70$) y reactivo 19, desarrollar un binomio al cubo ($r_{pbis} = 0.69$).

En los dos reactivos altamente fáciles (10 y 23) se solicita a los estudiantes calcular una suma de polinomios e identificar una diferencia de cuadrados respectivamente. Sin embargo, dado que los IDC en ambos casos (0.15 y 0.19) resultaron

menores que 0.2 y el ID es mayor a 0.9, de acuerdo al criterio de Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000) y a la TCT, se tomó la decisión de modificarlos sustancialmente. En el caso del reactivo 10, se incrementó el grado de la expresión de primero a segundo y de cuatro a seis términos. El indicador de logro no fue modificado (Tabla 5). En el caso del reactivo 23, no se cambió el tópico pero sí el indicador de logro, de la identificación de una diferencia de cuadrados a la factorización de una suma de cubos. También se tomó la decisión de realizar ajustes menores a los distractores que resultaron no adecuados.

TABLA 5. Versión inicial y final del reactivo 10 del instrumento de medición.

Al realizar la operación $2x+7y-5x-3y$ se obtiene como resultado:			
A) $-3x+4y$	B) $3x-4y$	C) xy	D) $-xy$
Al realizar la operación $2x+7y-5x-3y-3x^2-(-7x^2)$ se obtiene como resultado:			
A) $4x^2-3x+4y$	B) $4x^2+3x-4y$	C) $-4x^2-3x+4y$	D) $-4x^2+3x+4y$

Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar ajustes a los DNA y modificar sustancialmente los reactivos 10 y 23, se hizo una segunda aplicación piloto durante la primera semana de inicio del segundo semestre 2018-2019, con una muestra de 138 estudiantes de nuevo ingreso (el 20 % de la comunidad de estudiantes inscritos en dicha asignatura durante el ciclo citado) en las carreras de ingeniería en la FIM de la UABC. El instrumento de medición fue nuevamente analizado con la TCT y su confiabilidad calculada mediante KR-20 fue $r=0.87$ y por el método de mitades partidas $r=0.92$. La confiabilidad es prácticamente la misma con los dos mé-

todos en la versión final del instrumento, sin embargo, los índices psicométricos mejoraron notablemente.

Se extrajo nuevamente la información de la aplicación del examen básico de cálculo diferencial, pero correspondiente al segundo semestre del curso 2018-2019, en el que se registraron las respuestas a 60 reactivos de 627 estudiantes de ingeniería de la FIM. El análisis de confiabilidad mediante la fórmula KR-20 arroja un coeficiente $\alpha=0.87$. De los 138 estudiantes de la muestra, se tienen los resultados de 117 estudiantes que hicieron el examen básico de cálculo

diferencial y con estos se llevó a cabo el cálculo de la correlación entre la calificación obtenida en el instrumento de medición y la calificación del examen básico. Al relacionar las calificaciones se obtuvo un coeficiente de correlación Pearson $r = 0.72$ significativo en el nivel 0.01, con un aumento en la correlación del 2.8 % respecto a la primera versión. Calificaciones altas en el instrumento de medición se traducen en calificaciones altas en el examen básico de cálculo diferencial.

En la versión final del instrumento de medición, el promedio del ID resultó ser de 0.58 ± 0.17 (media $\pm$ desviación estándar). La distribución porcentual resultante del ID es el siguiente: reactivos altamente fáciles 4 % (un reactivo); medianamente fáciles 24 % (seis reactivos); dificultad media 32 % (ocho reactivos); medianamente difíciles 36 % (nueve reactivos) y altamente difíciles 4 % (un reactivo), distribución que se ajusta mejor a los criterios establecidos por Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000).

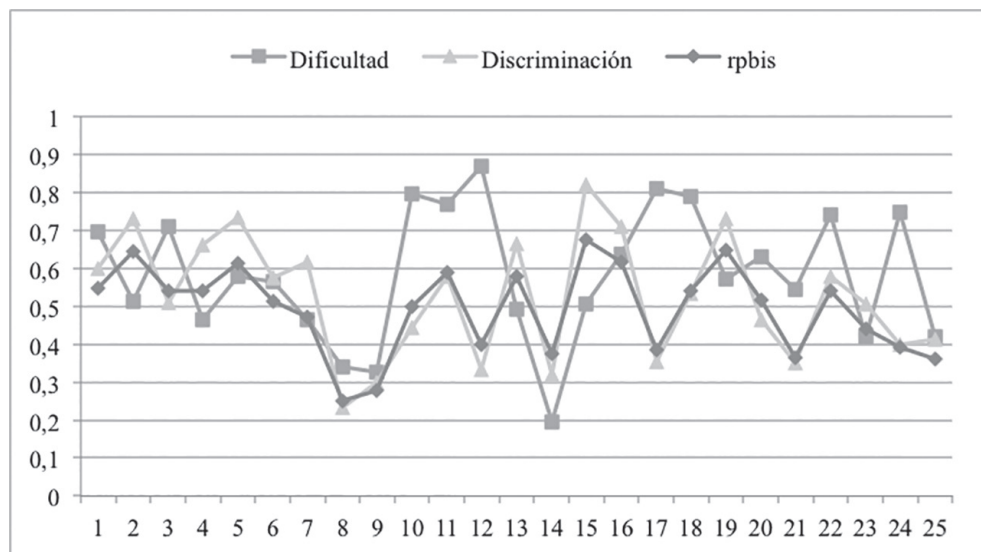
De los reactivos, el 72 % tiene IDC excelente, el 24 % discriminación buena y el 4 % discriminación regular. El promedio del IDC es 0.53 ± 0.16 (media $\pm$ desviación estándar), el cual cae dentro de una calificación considerada como excelente. Con esta versión final del instrumento de medición se logró un aumento del poder de discriminación de un 8 %.

Se calcularon también los promedios de la discriminación para los 5 tópicos de álgebra considerados, a saber: operacio-

nes con fracciones 0.61 (reactivos 1, 2 y 3); ley de los exponentes 0.65 (reactivos 4, 5 y 6); racionalización 0.38 (reactivos 7, 8 y 9); operaciones con polinomios 0.55 (reactivos 10-19) y factorización 0.45 (reactivos 20-25). En la versión final del instrumento prevalece el hecho de que se identifica el mayor poder de discriminación con los reactivos correspondientes al tópico de la ley de los exponentes, seguido de los reactivos del tópico de operaciones con fracciones. Por el contrario, el menor poder de discriminación sigue siendo para los reactivos del tópico de racionalización, los cuales tienen mayor dificultad.

En la versión final, se calcularon nuevamente los promedios del coeficiente de correlación biserial por tópico de álgebra y se ordenaron de mayor a menor: operaciones con fracciones (tópico 1, $r_{pbis} = 0.58$), leyes de los exponentes (tópico 2, $r_{pbis} = 0.55$), operaciones con polinomios (tópico 4, $r_{pbis} = 0.53$), factorización (tópico 5, $r_{pbis} = 0.44$) y racionalización (tópico 3, $r_{pbis} = 0.33$). Se encontró consistencia con los tópicos que predicen el éxito del alumno en relación con la primera versión del instrumento. A nivel particular, los dos reactivos con mayor coeficiente de correlación biserial corresponden también al reactivo 15, despejar una variable ($r_{pbis} = 0.68$), y al 19, desarrollar un binomio al cubo ($r_{pbis} = 0.65$). Los indicadores psicométricos tienen menor dispersión en esta versión final del instrumento (Gráfico 2). La cuantificación de la dispersión cuadrada alrededor de la media para el ID es 0.90 en la primera versión del instrumento y 0.72 en la versión final; 0.79 y 0.62 para el IDC y

GRÁFICO 2. Número de reactivo contra índice de dificultad, discriminación y correlación biserial en la versión final del instrumento de medición.



Fuente: Elaboración propia.

0.51 y 0.33 para el rpbis. La dificultad oscila entre 0.2 y 0.87; la discriminación entre 0.23 y 0.82 y el coeficiente de correlación biserial oscila entre 0.25 y 0.68.

El 15 % (11) de los distractores evaluados se clasificó como no adecuados; 16 reactivos (64 %) tuvieron los 3 distractores adecuados; 7 reactivos (28 %) tuvieron 1 DNA; 2 reactivos (8 %) tuvieron 2 DNA y ningún reactivo tuvo 3 DNA. El número de DNA promedio por reactivo fue de 0.44 ± 0.64 (media $\pm$ desviación estándar). En esta versión final se logró disminuir los DNA de 25 a 11.

El promedio de ID e IDC en los reactivos con 0 DNA fue de 0.50 ± 0.15 y 0.55 ± 0.17 . En contraste, estos parámetros psicométricos en los reactivos con 2 DNA

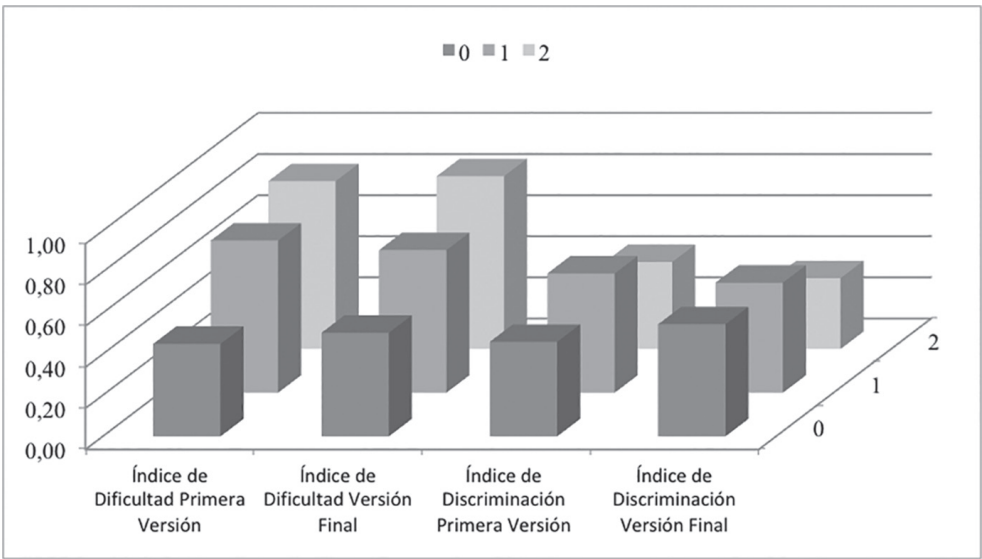
fueron 0.84 ± 0.03 y 0.34 ± 0.01 con 34 % mayor ID (es decir, 34 % más fácil) y 11 % menor discriminación. Para reactivos con 1 DNA los ID e IDC promedios son 0.69 ± 0.09 y 0.54 ± 0.11 respectivamente (media $\pm$ desviación estándar). Se confirma que cuando se tienen 1 o 2 DNA el reactivo es más fácil (Gráfico 3) y el poder de discriminación disminuye.

Una prueba *post-hoc* de Tukey entre los tópicos de reactivos y el ID no mostró diferencias significativas entre los grupos. Sin embargo, prevalece en esta versión final la mayor dificultad para resolver los reactivos de racionalización (tópico 3) con un índice promedio de 0.38, seguido por los reactivos del tópico 2 correspondiente a las leyes de los exponentes con un ID promedio de 0.54. Le sigue en dificultad el tópico

con reactivos de factorización (0.58), operaciones con fracciones (0.64) y polinomios (0.65). Sin embargo, es preocupante que solo el 64 % de los estudiantes que ingresaron en una carrera de ingeniería logren

resolver correctamente operaciones aritméticas de suma, resta, multiplicación y división de fracciones, ya que se trata de habilidades que se adquieren desde el nivel de estudios básico.

GRÁFICO 3. Comparativo de los distractores no adecuados e índices de dificultad y discriminación en la primera versión y final del instrumento de medición.



Fuente: Elaboración propia.

Los reactivos 8, 9 y 14 tienen índices de 0.34, 0.33 y 0.20 respectivamente y son los de mayor dificultad del instrumento de medición, el reactivo 8 y 9 (medianamente difíciles) corresponden a la racionalización del numerador y denominador de expresiones algebraicas, mientras que el reactivo 14 (altamente difícil) se refiere al cálculo de la división de polinomios. Los reactivos 23 y 25 son considerados como medianamente difíciles, ambos con índices de 0.42, en los cuales se solicita al estudiante factorizar una suma y una diferencia de cubos respectivamente. Lo anterior evidencia que los

reactivos de racionalización, división de polinomios y factorización con cubos son los de mayor dificultad para los alumnos de nuevo ingreso. En particular, estas habilidades algebraicas son fundamentales para hacer posible el cálculo de límites de una función, encontrar los ceros de la ecuación o para simplificar expresiones algebraicas.

5. Conclusiones

Se construyó un instrumento válido y confiable con el propósito de determinar en qué medida un estudiante de

nuevo ingreso en la carrera de ingeniería cuenta con las habilidades algebraicas requeridas para cursar la asignatura de Cálculo Diferencial, así como para predecir las posibilidades de éxito en dicha asignatura.

Un equipo de expertos evaluó si los contenidos de los reactivos indagaban sobre los tópicos de álgebra propuestos y si los reactivos son indicadores de lo que se pretende medir. Las opiniones de los profesionales resultaron favorables en relación a las posibilidades diagnósticas del instrumento de medición. Para determinar la validez de criterio se utilizó el examen básico de cálculo diferencial. Dicho examen se aplica en la UABC desde 2005. Al relacionar las calificaciones del instrumento con el criterio se obtuvo un coeficiente de correlación Pearson $r = 0.72$ significativo en el nivel 0.01. En este sentido, las calificaciones altas en el instrumento de medición se traducen en calificaciones altas en el examen básico de cálculo diferencial, por lo tanto, se considera que dicho instrumento de medición es un predictor del rendimiento de los estudiantes en su Curso de Cálculo Diferencial para las carreras de ingeniería.

Para calcular la confiabilidad se utilizaron dos métodos: KR-20 y mitades partidas. Los resultados son consistentes entre la primera versión y la última, por lo que el instrumento es altamente confiable y puede considerarse su uso para aplicarse a gran escala.

Se identificó el mayor poder de discriminación en los reactivos correspondientes a los tópicos que involucran la ley de los exponentes y las operaciones con fracciones. Dichos tópicos están mayormente relacionados con habilidades adquiridas desde la primaria y secundaria. Por el contrario, se determinó que el menor poder de discriminación sigue siendo para los reactivos del tópico de racionalización, que a su vez es el de mayor dificultad para los estudiantes. También se encontró que los tópicos que predicen el éxito del alumno en el instrumento de medición, es decir, el coeficiente de correlación del punto biserial, son las operaciones con fracciones y leyes de los exponentes.

Con los resultados de la aplicación de este instrumento de medición es posible identificar los tópicos de álgebra con mayor dificultad para los estudiantes que ingresan en las carreras de ingeniería y que cursarán la asignatura de Cálculo Diferencial. A su vez, estos resultados permiten tomar medidas sobre estrategias para mejorar la instrucción y el rendimiento académico de los estudiantes en su Curso de Cálculo Diferencial en los programas de ingeniería.

Referencias bibliográficas

- Alsina, Á. y Coronata, C. (2014). Los procesos matemáticos en las prácticas docentes: diseño, construcción y validación de un instrumento de evaluación. *Educación Matemática en la Infancia*, 3 (2), 23-36.

- Arriaga, M. (2015). El diagnóstico educativo, una importante herramienta para elevar la calidad de la educación en manos de los docentes. *Atenas*, 3 (1), 63-74.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas.
- Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del examen de habilidades y conocimientos básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2 (1), 1-19.
- Barrazas, A. (2007). La consulta a expertos como estrategia para la recolección de evidencias de validez basadas en contenido. *Investigación Educativa Duranguense*, 7, 5-13.
- Carbonero, M. A. y Navarro, J. C. (2006). Entrenamiento de alumnos de educación superior en estrategias de aprendizaje en matemáticas. *Psicothema*, 18 (3), 348-352.
- Carmines, E. y Zeller, R. (1987). *Reliability and Validity Assessment*. USA: Sage.
- Cisneros, E., Jorquera, M. y Aguilar, A. (2012). Validación de instrumentos de evaluación docente en el contexto de una universidad española. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 3 (1), 41-55.
- Contreras, L. A. (1998). *Metodología para desarrollar y validar un examen de español, de referencia criterial y referencia normativa orientado por el curriculum, para la educación primaria en México*. Trabajo presentado en el III Foro Nacional de Evaluación Educativa de CENEVAL, Veracruz, México
- Contreras, L. A. (2000). *Desarrollo y pilotaje de un examen de español para la educación primaria en Baja California* (Tesis doctoral, Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo, Ensenada, México).
- Contreras, L., Backhoff, E. y Larrazolo, N. (2004). *Educación, aprendizaje y cognición. Teoría en la práctica*. México: Manual moderno.
- Contreras, L. A., Encinas, J. A., de las Fuentes, M. y Rivera, R. E. (2005). *Evaluación Colegiada del aprendizaje en la Universidad Autónoma de Baja California*. Trabajo presentado en el VIII Congreso Nacional de Investigación Educativa del Consejo Mexicano de Investigación Educativa (COMIE), Hermosillo, México.
- Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19 (33), 228-247.
- Crocker, L. y Algina, J. (1986). *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. Florida: Holt, Rinehart & Winston.
- Difabio, H. E. (1994). La temática de la motivación en el neoconductismo contemporáneo: locus de control y teoría de la atribución. **revista española de pedagogía**, 52 (197), 37-56.
- Encinas, A., de las Fuentes, M. y Rivera, R. (2007). Construcción colegiada y aplicación de un examen criterial alineado con el currículo para evaluar a gran escala un curso de cálculo diferencial. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 20, 192-197.
- Encinas, F., Osorio, M., Ansaldó, J. y Peralta, J. (2016). El cálculo y la importancia de los conocimientos previos en su aprendizaje. *Revista de Sistemas y Gestión Educativa*, 3 (7), 32-41.
- García, M. B. y Vilanova, S. L. (2008). Las representaciones sobre el aprendizaje de los alumnos de profesorado. Diseño y validación de un instrumento para analizar concepciones implícitas sobre el aprendizaje en profesores de matemática en formación. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 3 (2), 27-35.
- Gatica-Lara, F., Méndez-Ramírez, I., Sánchez-Mendiola, M. y Martínez-González, A. (2010). Variables asociadas al éxito académico de los estudiantes de la Licenciatura en Medicina de la UNAM. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 53 (5), 9-18.
- González, E. I. (2013). Estudio sobre factores contexto en estudiantes universitarios para conocer por qué unos tienen éxito mientras otros fracasan. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 155 (2), 135-154.
- González, R. M. (2005). Un modelo explicativo del interés hacia las matemáticas de las y los estudiantes de secundaria. *Educación Matemática*, 17 (1), 107-128.
- Guilford, J. P. (1975). *Psychometric Methods*. Nueva Delhi: McGraw-Hill.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

- Henrysson, S. (1971). Gathering, Analysing, and Using Data on Test Items. En R. L. Thorndike (Ed.), *Educational Measurement* (pp. 130-159). Washington: American Council on Education.
- Morales, E. M. (2009). Los conocimientos previos y su importancia para la comprensión del lenguaje matemático en la educación superior. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 13 (52), 211-222.
- Muñoz, J. M. y Mato, M. D. (2006). Diseño y validación de un cuestionario para medir las actitudes hacia las matemáticas de los alumnos de ESO. *Revista Galego-Portuguesa de Psicología e Educación*, 13 (11-12), 413-424.
- Nitko, A. J. (1994). *A Model for Developing Curriculum-Driven Criterion-Referenced and Norm-Referenced National Examinations for Certification and Selection of Students*. Trabajo presentado en la Conferencia Internacional sobre Evaluación y Medición Educativas de la Asociación para el Estudio de la Evaluación Educativa (ASSESA), Pretoria, Sudáfrica.
- Orozco, C. y Díaz, M. A. (2009). Atribuciones de la motivación al logro y sus implicaciones en la formación del pensamiento lógico-matemático en la universidad. *Interciencia*, 34 (9), 630-636.
- Orozco-Moret, C. y Morales, V. (2007). Algunas alternativas didácticas y sus implicaciones en el aprendizaje de contenidos de la teoría de conjuntos. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 9 (1), 1-19.
- Prieto, G. y Delgado, A. R. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del Psicólogo*, 3 (1), 67-74.
- Popham, J. (1990). *Modern educational Measurement: a practitioner's perspective*. Boston: Prentice Hall.
- Reidl-Martínez, L. M. (2013). Confiabilidad en la medición. *Investigación en Educación Médica*, 2 (6), 107-111.
- Reynoso, O. y Méndez-Luévano, T. E. (2018). ¿Es posible predecir el rendimiento académico? La regulación de la conducta como un indicador del rendimiento académico en estudiantes de educación superior. *Diálogos sobre educación. Temas actuales en investigación educativa*, 9 (16), 1-19.
- Rodríguez, O., Casas, P. y Medina, Y. (2005). Análisis Psicométrico de los exámenes de evaluación de la calidad de la educación superior (ECAES) en Colombia. *Avances en Medición*, 3, 153-172.
- Sells, L. W. (1973). *High School Mathematics as the Critical Filter in the Job Market*. Recuperado de <https://bit.ly/33YD5uy> (Consultado el 15-10-2019).
- SEP (2017). *Planes de estudio de referencia del componente básico del marco curricular común de la educación media superior*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Zabala, A. y Arnau, L. (2008). *11 Ideas clave, ¿cómo aprender y enseñar competencias?* Barcelona: Editorial Grao.

Biografía de los autores

Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas es Doctora en Ciencias por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es Profesora Titular y Responsable de Tutorías de la Facultad de Ingeniería Mexicali en esta universidad. Su línea de investigación está centrada en el aprendizaje y enseñanza de las matemáticas, en las técnicas y tecnologías de enseñanza, así como en las modalidades educativas.

 <http://orcid.org/0000-0003-2223-9234>

Maximiliano de las Fuentes Lara es Doctor en Educación Superior en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es Profesor Titular y Coordinador de las asignaturas de Cálculo Diferencial e Integral de la Facultad de Ingeniería Mexicali en esta universidad. Su línea de investigación está centrada en la problemática de la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las matemáticas para ingeniería.

 <http://orcid.org/0000-0002-1001-4663>

Araceli Celina Justo López es Doctora en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es Profesora Titular y Coordinadora de Tronco Común de la Facultad de Ingeniería Mexicali en esta universidad. Su línea de investigación está centrada en las tecnologías educativas.

 <http://orcid.org/0000-0002-6911-2065>

Ana Dolores Martínez Molina es Máster en Tecnología en Redes e Informática de CETYS Universidad. Actualmente es Profesora Titular y Responsable de Asesorías Académicas de la Universidad Autónoma de Baja California. Su línea de investigación está centrada en la matemática educativa.

 <https://orcid.org/0000-0001-5130-6243>