Medición de las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas de los estudiantes en el curso de cálculo diferencial en ingeniería

Measuring students' algebra, trigonometry, and geometry skills on a differential calculus for engineering course

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

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

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

Dr. César Gonzalo IÑIGUEZ-MONROY. Profesor Titular. Universidad Autónoma de Baja California *(cesar.iiguez@uabc.edu.mx).*

Resumen:

Se presentan los resultados de una investigación que incluyó la construcción y validación de un instrumento de medición para determinar las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas que los estudiantes universitarios tienen al ingresar a una carrera de ingeniería y que son fundamentales para desempeñarse adecuadamente en los cursos de cálculo. En el diseño del instrumento participaron los profesores de la academia de matemáticas, todos con al menos grado de maestría y experiencia docente en el área de cálculo. El instrumento de medición quedó integrado por 40 reactivos y su análisis de calidad se describe y se deriva de las respuestas emitidas durante el ciclo lectivo 2020-2022 por 875 estudiantes de nuevo ingreso a la carrera de ingeniería. Los resultados muestran que los reactivos con dificultad media y con alta discriminación, son los que cuentan con mayor coeficiente de predicción y corresponden mayormente

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 07-03-2021.

Cómo citar este artículo: De las Fuentes-Lara, M., Aguilar-Salinas, W. E., Justo-López, A. C. y Iñiguez-Monroy, C. G. (2022). Medición de las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas de los estudiantes en el curso de cálculo diferencial en ingeniería | *Measuring students' algebra, trigonometry, and geometry skills on a differential calculus for engineering course. Revista Española de Pedagogía, 80* (282), 289-308. https://doi.org/10.22550/REP80-2-2022-07

al área de geometría, específicamente en los temas de la línea recta, la circunferencia y el cálculo de superficies y volúmenes de figuras geométricas. Esta investigación aporta a los docentes elementos importantes para considerar ajustar o modificar sus diseños instruccionales y mejorar la calidad del aprendizaje de sus estudiantes universitarios en el campo del cálculo, así como también la consideración de los profesores del nivel medio respecto de las mayores dificultades que presentan los estudiantes que pretenden ingresar a los programas de ingeniería.

Descriptores: cálculo, evaluación, fiabilidad, instrumento de medida.

Abstract:

The results of a study that involved the construction and validation of a measuring instrument to evaluate algebraic, trigonometric, and geometric skills that university students possess upon entering an engineering program and which are critical for students to perform properly in calculus courses are presented. The instrument design was carried out by faculty members from the mathematics academy, all of whom hold master's degrees and have taught calculus in the past. This study was composed of 40 reagents and its quality analysis was based on data collected from 875 incoming freshmen during the 2020-2022 school cycle. Data analysis showed that reagents with medium difficulty and high discrimination are the ones with the highest predictive coefficient and correspond mainly to the geometry field, specifically in the topics of the straight line, circumference, and the calculation of surfaces and volumes of geometric shapes. The present research provides teachers with essential elements to adapt or modify their instructional designs and improve the learning quality of higher education students in the field of calculus. Additionally, middle school teachers may benefit from these results regarding the critical challenges students face when enrolling in engineering programs.

Keywords: calculus, evaluation, reliability, measuring instrument.

1. Introducción

El estudio de la matemática en ingeniería provee de un soporte simbólico, permite modelar los distintos fenómenos de la ciencia e interpretar y comunicar en lenguaje preciso (Brito et al., 2011). También favorece al desarrollo del razonamiento abstracto, el cual es fundamental en la formación del ingeniero (Ruiz et al., 2016; Morales, 2009). La importancia del estudio y comprensión del cálculo diferencial para los estudiantes de ingeniería radica en la formación de una plataforma conceptual sólida, el manejo de las funciones como modelo matemático para la representación de rasgos cuantitativos y cualitativos, y el conocimiento y aplicación de un conjunto de herramientas matemáticas para la resolución de problemas de ciencia e ingeniería (Iglesias y Alonso, 2017; Ruiz et al., 2016).

Particularmente en las carreras de ingeniería, la asignatura de cálculo diferencial impacta de manera importante y es precedente

de cursos, como cálculo integral, ecuaciones diferenciales, cálculo multivariable, métodos numéricos, hidráulica, transferencia de calor y masa, estática, dinámica, electricidad y magnetismo, circuitos eléctricos, entre otros.

En México, el aprendizaje de la matemática es un severo problema. Prueba de ello ha sido el pobre desempeño que han mostrado los estudiantes de diversos subsistemas en pruebas estandarizadas de aplicación nacional e internacional (Encinas et al., 2016). El rendimiento académico, deserción y repitencia son problemas trascendentes que se agravan en las carreras en las que se requiere el pensamiento lógico abstracto, como lo es en los programas de ingeniería. A esto se suma la desarticulación académica del currículo entre la formación media y la formación superior, y que en ocasiones el promedio de calificaciones es inferior a la calificación mínima aprobatoria para los cursos de Cálculo (Hernández, 2005).

En las últimas décadas se ha tomado un interés creciente respecto del estudio de la problemática de reprobación, rezago y abandono de los estudiantes de primer año de licenciatura en ingeniería (Arraiz y Valecillos, 2010; Zavaleta y Flores, 2009; Correa et al., 2009), así como también por la evaluación del aprendizaje a gran escala, ya que permiten un mejor conocimiento y caracterización del logro educativo de los estudiantes. Las evaluaciones permiten detectar las habilidades generadas en los estudiantes a partir de la enseñanza, lo cual posibilita la creación de estrategias y programas de atención para remediar el bajo aprovechamiento de los estudiantes, que es una preocupación generalizada en las universidades (Posso, 2005).

Un estudio previo (Aguilar-Salinas et al., 2020) construyó y aplicó un instrumento de medición válido y confiable sobre las habilidades algebraicas que los estudiantes de ingeniería requieren para desempeñarse adecuadamente en el curso de cálculo diferencial y se identificó 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.

En razón de los antecedentes descritos, se determinó que existen otro tipo de habilidades que requieren los estudiantes universitarios para desempeñarse adecuadamente en un curso de cálculo diferencial en las carreras de ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), por ello, esta investigación refiere a la construcción y validación de un instrumento de medición sobre las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas.

La determinación de las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas que adquirieron dichos estudiantes durante su educación previa resulta crucial para diseñar estrategias que mejoren dichas habilidades y promover el éxito y rendimiento académico de los estudiantes en los cursos de cálculo para ingeniería.

2. Metodología

La investigación realizada se considera, por una parte, como un estudio de tipo descriptivo toda vez que está motivada para llevar a cabo un análisis de calidad técnica detallado de los reactivos que componen la prueba, y por otra, también se considera un

estudio de tipo exploratorio en virtud de los posibles hallazgos respecto de las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas con que cuentan los estudiantes de ingeniería y que son parte fundamental de su desempeño en los cursos de matemáticas para ingeniería.

2.1. Método

Para construir el instrumento de medición se adoptó el modelo de Nitko (1994) para desarrollar exámenes orientados por el currículo. Dicho modelo se complementa con la metodología para la construcción de test criteriales de Popham (1990) y con aportaciones metodológicas y operativas de Contreras (2000). El análisis de calidad del instrumento de medición se hace de acuerdo a la teoría clásica de los test (TCT), de manera que el instrumento diseñado permita medir las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas requeridas para cursar efectivamente las asignaturas de cálculo en una carrera de ingeniería. Por lo anterior, se considera necesaria la determinación de la confiabilidad, la validez de contenido y criterio, así como 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). Se determina entonces su capacidad para demostrar la estabilidad en sus resultados (García y Vilanova, 2008). Para este caso se utilizaron el coeficiente de Kuder-Richardson KR-20 y el método de mitades partidas. El análisis de confiabilidad mediante el coeficiente de Kuder-Richardson (KR-20) permite obtener la confiabilidad de un instrumento a partir de los datos obtenidos en una sola aplicación, los reactivos se valoran dicotómicamente y se considera que los reactivos tienen diferente índice de dificultad (Corral, 2009). En el análisis de confiabilidad por el método de mitades partidas, se realiza dividiendo la prueba a la mitad (pares e impares) y se separan en dos pruebas paralelas. Se utiliza el coeficiente de consistencia interna con la fórmula de Spearman-Brown (Reidl-Martínez, 2013). Si el instrumento es confiable, las puntuaciones de ambas mitades deben estar fuertemente correlacionadas.

De manera adicional se calculó el coeficiente delta de Ferguson que mide el poder de discriminación de una prueba completa. El rango de dicho coeficiente es [0, 1] y es satisfactorio cuando es mayor que 0.90 (Ding et al., 2006).

Se desarrolló a su vez para el análisis de calidad del instrumento la validez de contenido, la cual se garantiza a partir de la selección e 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 jueces expertos con al menos 5 años de antigüedad en los temas objeto de la validación, quienes deben analizar la coherencia de los reactivos 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. Aquí se consideran los aspectos del constructo que son relevantes, incluidos en las competencias y los indicadores (Cisneros et al., 2012).

Dado que el instrumento de medición diseñado pretende comprobar el dominio de los conocimientos que los estudiantes tienen respecto de los contenidos o temas de álgebra, trigonometría y geometría que se consideran necesarios para el estudio y el tratamiento del cálculo en los programas de ingeniería y 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 5 jueces profesores universitarios del área de matemáticas con grado mínimo de maestría, ajenos al proceso de diseño y construcción del instrumento de medición. Los jueces evaluaron cada uno de los 40 reactivos del instrumento de medición en cuanto a los parámetros de pertinencia, claridad conceptual, redacción y terminología, escalamiento y codificación y formato. Tanto la elección de los parámetros como el cálculo del coeficiente de validez de contenido (CVC) se llevó a cabo de acuerdo a Hernández-Nieto (2002) y Gempp (2006), así como también a partir de las contribuciones de Urrutia et al. (2014), quienes recomiendan mantener reactivos cuyo coeficiente de validez de contenido sea igual o superior a 0.80.

La validez de criterio se determina mediante la correlación de las puntuaciones resultantes de aplicar el instrumento de medición diagnóstico objeto de estudio y las puntuaciones obtenidas con otro criterio externo (Hernández et al., 2006). En este caso, como criterio externo se utilizaron las calificaciones ordinarias (finales) que los estudiantes obtuvieron en el curso de cálculo diferencial en el periodo 2020-2022.

El instrumento de medición es considerado como una prueba criterial en virtud de la que se pretende determinar habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas y apoyar el diagnóstico del diseño instruccional para los cursos de cálculo. El índice de dificultad (ID) está relacionado con la proporción de estudiantes que resuelven correctamente un reactivo y se calcula de acuerdo con Crocker y Algina (1986). Existen parámetros para la aceptación de un reactivo de acuerdo con su nivel de dificultad. Para la TCT este índice debe estar entre 0.1 y 0.9. De acuerdo a Backhoff et al. (2000) se sugiere que los valores del índice de dificultad se distribuyan 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 aquellos estudiantes que obtuvieron buenas calificaciones en la prueba y aquellos que obtuvieron bajo puntaje. Está relacionado entonces con la alta posibilidad de responder correctamente el reactivo en aquellos estudiantes con un desempeño en general sobresaliente en la prueba, situación opuesta para el caso de los estudiantes con un deficiente desempeño. En este análisis se considera el 54 % de la población, toda vez que se incluye 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 y Backhoff (2004) y para la TCT el valor discriminativo del reactivo

se considera apropiado si es mayor que 0.2. La escala del IDC de acuerdo con Backhoff et al. (2000) es: malo (IDC < 0.20), regular (0.20 < IDC < 0.30), bueno (0.30 < IDC < 0.40) y excelente (D > 0.40).

Otro elemento considerado importante en la confiabilidad y validez del instrumento tiene que ver con el coeficiente de correlación del punto biserial (rpbis), toda vez que este considera el 100 % de la población, no solo al 54 %, como en el caso del índice de discriminación. Según Henrysson (1971), este coeficiente es un indicador de validez predictiva, en donde se relaciona la respuesta a un reactivo por un estudiante y el resultado que obtuvo de la prueba se calcula de acuerdo con el modelo de Backhoff et al. (2000). 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).

Como complemento en este análisis se adiciona el desarrollo de perfiles de reactivos. Para tal efecto, se utilizó la técnica denominada análisis de conglomerados (Bausela, 2005; Castejón et al., 2016; Dixson et al., 2017; Gonçalves et al., 2017). Este análisis es un tipo de clasificación de datos que se lleva a cabo mediante la agrupación de los elementos analizados. El objetivo fundamental de este tipo de análisis es el de clasificar n objetos en k (k > 1) grupos, llamadas agrupaciones, mediante la utilización de p (p > 0) variables. El tipo de clasificación fue de K-medias, por ser una herramienta diseñada para asignar casos a un número fijo de grupos.

La base de datos se analizó mediante la teoría clásica de los test (TCT) y el análisis de conglomerados a través del programa IBM SPSS Statistics 23 y hoja electrónica Excel con los que se obtuvieron los datos psicométricos de cada reactivo, índices de dificultad, discriminación, coeficiente de correlación del punto biserial y perfiles de reactivos.

2.2. 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 los profesores participantes tenían el grado de maestría y doctorado, así como también experiencia docente mínima de cinco años en las áreas de álgebra, trigonometría, geometría, 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 a evaluar, construir una tabla de especificaciones del instrumento y elaborar un documento de justificación de las decisiones. Se señala que la construcción del instrumento de medición se basa en las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas mínimas que los estudiantes de ingeniería requieren para desempeñarse favorablemente en los cursos de cálculo en las carreras de ingeniería. Dichas habilidades fueron

determinadas por el comité diseñador del instrumento y validado por el comité elaborador de especificaciones y por el equipo de jueces 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 tanto del bachillerato general como del bachillerato tecnológico (SEP, 2017).

El propósito del instrumento de medición es establecer las condiciones iniciales de los estudiantes de nuevo ingreso a una carrera de ingeniería en cuanto a los conocimientos y habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas requeridas para cursar las asignaturas de cálculo. Para evidenciar estas 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 de las descritas. Los tópicos e indicadores de logro de cada uno de los 40 reactivos que componen el instrumento de medición se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tópicos e indicadores de logro de cada reactivo del instrumento de medición.

Número de Reactivo	Número de Tópico	Tópico	Indicador de logro
1	1	Expresiones exponenciales	Hacer multiplicaciones con expresiones algebraicas, monomio por monomio, utilizando la primera ley de los exponentes.
2	1	Expresiones exponenciales	Hacer multiplicaciones con expresiones algebraicas, monomio por monomio, utilizando la segunda ley de los exponentes.
3	1	Expresiones exponenciales	Hacer divisiones con expresiones algebraicas, monomio entre monomio, utilizando la quinta ley de los exponentes.
4	1	Expresiones exponenciales	Hacer operaciones con radicales mediante la racionalización del denominador o numerador.
5	1	Expresiones exponenciales	Hacer operaciones con radicales mediante la racionalización del denominador o numerador.
6	1	Expresiones exponenciales	Hacer operaciones con radicales mediante la racionalización del denominador o numerador.
7	2	Polinomios y productos notables	Simplificar expresiones algebraicas que cuentan con términos semejantes y signos de agrupación.
8	2	Polinomios y productos notables	Hacer multiplicaciones con expresiones algebraicas, polinomio por polinomio.
9	2	Polinomios y productos notables	Hacer divisiones con expresiones algebraicas, polinomio entre monomio.

10	2	Polinomios y productos notables	Hacer divisiones con expresiones algebraicas, polinomio entre binomio.
11	2	Polinomios y productos notables	Hacer multiplicaciones con productos notables, binomio al cuadrado.
12	2	Polinomios y productos notables	Calcular la multiplicación de productos notables, binomios conjugados.
13	2	Polinomios y productos notables	Calcular la multiplicación de productos notables, binomio al cubo.
14	3	Factorización	Hacer factorizaciones mediante factor común.
15	3	Factorización	Hacer factorizaciones de la diferencia de cuadrados.
16	3	Factorización	Hacer factorizaciones con trinomios que no son cuadrados perfectos.
17	3	Factorización	Hacer factorizaciones con suma de cubos.
18	3	Factorización	Hacer factorizaciones con diferencia de cubos.
19	4	Expresiones racionales	Realizar la operación de suma con expresiones racionales.
20	4	Expresiones racionales	Realizar la operación de multiplicación de expresiones racionales.
21	5	Trigonometría, ángulos y su medición	Convertir un ángulo de grados a radianes.
22	5	Trigonometría, ángulos y su medición	Convertir un ángulo de radianes a grados.
23	6	Funciones trigonométricas	Determinar el valor de la función trigonométrica a partir de un triángulo rectángulo (seno, coseno, tangente).
24	6	Funciones trigonométricas	Determinar el valor de la función trigonométrica a partir de un triángulo rectángulo (cosecante, secante, cotangente)
25	6	Funciones trigonométricas	Determinar el valor de la función trigonométrica a partir de la construcción de un triángulo rectángulo con ángulos especiales (seno, coseno, tangente).
26	6	Funciones trigonométricas	Determinar el valor de la función trigonométrica inversa a partir de la construcción de un triángulo rectángulo con ángulos especiales (arcotangente).
27	6	Funciones trigonométricas	Determinar el valor de la función trigonométrica inversa a partir de la construcción de un triángulo rectángulo con ángulos especiales (arcoseno).
28	6	Funciones trigonométricas	Transformar una función trigonométrica a su forma algebraica.

29	6	Funciones trigonométricas	Resolver enunciados de problemas mediante el uso del triángulo rectángulo.
30	6	Funciones trigonométricas	Resolver triángulos oblicuángulos mediante la ley de senos.
31	7	La Línea recta	Calcular la distancia entre dos puntos a partir de dos puntos dados.
32	7	La Línea recta	Calcular la pendiente de una recta a partir de dos puntos dados.
33	7	La Línea recta	Determinar la ecuación general de la línea recta a partir de un punto y la pendiente.
34	7	La Línea recta	Determinar la ecuación de la línea recta a partir de dos puntos.
35	7	La Línea recta	Representar algebraicamente una ecuación lineal a partir de su representación gráfica.
36	8	Secciones cónicas	Determinar la representación gráfica de una circunferencia a partir de su representación algebraica.
37	8	Secciones cónicas	Determinar la representación algebraica de una circunferencia a partir de su gráfica.
38	9	Perímetro, área y volumen de figuras geométricas	Calcular el perímetro de una figura geométrica.
39	9	Perímetro, área y volumen de figuras geométricas	Calcular la superficie de una figura geométrica.
40	9	Perímetro, área y volumen de figuras geométricas	Calcular el volumen de una figura geométrica.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de cada uno de los 40 reactivos se basa en su respectiva especificación (Gráfico 1), la cual contempla aspectos, como el tópico de álgebra, trigonometría o geometría 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 este reactivo, las características de los distractores, el procedimiento para obtener la respuesta correcta, un reactivo muestra y el tiempo estimado de ejecución. El diseño de la especificación para cada reactivo la realizó el comité elaborador de especificaciones.

GRÁFICO 1. Especificación correspondiente al reactivo 32 del instrumento de medición.

1. Datos de identificación del contenido a evaluar.			
		1.1 Reactivo:	**32**
1.2 Asignatura: Geometría		**1.3 Contenido Macro:** La línea recta.	
1.4 Tema: Pendiente de una recta	**1.5 Subtema:** Cálculo de la pendiente de una recta.		
2. Atributos del reactivo.			
2.1 Comentario aclaratorio acerca del sentido del contenido La pendiente de una recta en un sistema de representación rectangular (de un plano cartesiano), suele estar representada por la letra m, y está definida como la diferencia en el eje Y dividido por la diferencia en el eje X para dos puntos distintos en una recta. En la siguiente ecuación se describe: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$			
2.2 Indicador de logro	Calcular la pendiente de una recta.		
2.3 Tipo de contenido	Concepto ( )	Procedimiento (X)	
2.4 Dificultad	Reproducción (X)	Conexión ( )	Reflexión ( )
3. Atributos relevantes de los estímulos que se presentarán a los estudiantes.			
3.1 Instrucciones para responder el reactivo Seleccionar la opción que corresponde al valor correcto de la pendiente entre dos puntos.			
3.2 Base del reactivo Se propone dos puntos en el plano cartesiano para que mediante la fórmula de la pendiente, se calcule la pendiente que existe entre ellos.			
3.3 Vocabulario e información textual, gráfica o tabular a emplear: La información que se emite en este reactivo es de tipo textual incluyendo ambos puntos del plano cartesiano, de manera que el estudiante calcule la pendiente entre ellos.			
3.4 Distractores Se sugieren para este reactivo los siguientes distractores: a) Presentar calculo incorrecto. b) Modificar el resultado a partir de errores comunes en la fórmula.			
3.5 Respuesta correcta La pendiente correcta entre ambos puntos.			
4. Reactivo muestra y duración de la resolución del reactivo.			
4.1 Reactivo muestra Calcular la pendiente de la recta que pasa por los puntos (-5,1) y (1,4). A) $\frac{1}{2}$ B) 2 C) $-\frac{3}{4}$ D) $\frac{5}{4}$			
4.2 Tiempo estimado de ejecución 1 minuto			

Fuente: Elaboración propia.

El instrumento está compuesto por 40 reactivos y es de opción múltiple ya que se pide al estudiante elegir de entre 4 respuestas la que es correcta, cada reactivo 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 lo que puede hacer o no el examinado. Los reactivos fueron diseñados por el comité elaborador de reactivos a partir de las especificaciones diseñadas.

3. Resultados y discusión

Esta sección se ha dividido en tres partes, la primera se refiere al análisis de calidad del instrumento de medición, la segunda parte alude al análisis de las agrupaciones de reactivos y la tercera a los resultados que obtuvieron los estudiantes en el diagnóstico.

3.1. Análisis de la calidad del instrumento de medición diagnóstico

La aplicación del instrumento de medición se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Mexicali (FIM) de la UABC durante la primera semana de iniciado el ciclo lectivo 2020-2022. El instrumento se aplicó a 876 estudiantes de nuevo ingreso a la FIM inscritos en el curso de cálculo diferencial. La confiabilidad del instrumento calculada mediante KR-20 es $r = 0.95$ por el método de mitades partidas es $r = 0.93$, considerados como apropiados cuando son mayor o igual que 0.85 en el caso de instrumentos estandarizados y de gran escala (Muñoz y Mato, 2008; Contreras y Backhoff, 2004). La distribución de los puntajes totales se calculó mediante la prueba delta de Ferguson, obteniendo un valor de 0.99, lo que satisface ampliamente el criterio establecido (Engelhardt, 2009; Ding et al., 2006).

El promedio del índice de dificultad resultó ser de 0.68 ± 0.15 (media ± desviación estándar). La distribución porcentual resultante del ID es el siguiente: reactivos altamente fáciles (2 reactivos) 5 %, medianamente fácil (17 reactivos) 42.5 %, dificultad media (13 reactivos) 32.5 %, medianamente difíciles (8 reactivos) 20 % y altamente difíciles (0 reactivos) 0 %. El valor mínimo respecto a la dificultad resultó 0.34, mientras que el valor máximo es 0.89, aceptables de acuerdo con la TCT y con distribución similar a la propuesta por Backhoff et al. (2000).

Se cuenta con que el 75 % de los reactivos tienen discriminación excelente y 25 % discriminación buena. El índice promedio de discriminación es 0.52 ± 0.13 (media ± desviación estándar), el cual cae dentro de una calificación considerada como excelente (mayor que 0.40). El valor mínimo respecto a la discriminación resultó 0.31, por lo que todos los reactivos cumplen con este indicador psicométrico (Contreras y Backhoff, 2004).

El promedio de los coeficientes de correlación biserial de la prueba es 0.49 ± 0.076 (media ± desviación estándar). Se cuenta con que el 97.5 % de los reactivos tienen discriminación excelente, 2.5 % discriminación buena. No se encontró ningún reactivo con discriminación regular, pobre o negativa.

En cuanto a la validez de contenido, participaron cinco jueces y se obtuvo un CVC promedio de 0.89 ± 0.07 (media ± desviación estándar) con un valor mínimo en el coeficiente de de 0.82. Los números anteriores cumplen cabalmente con cada uno de los reactivos con los criterios considerados en esta investigación (Urrutia et al., 2014; Gempp, 2006; Hernández-Nieto, 2002).

Para determinar la validez de criterio, se extrajo de la aplicación de actas del departamento de servicios escolares de la

FIM la calificación ordinaria que los estudiantes obtuvieron en su curso de cálculo diferencial durante el periodo lectivo 2020-2022. De los 876 estudiantes que aplicaron el diagnóstico, se tiene cuenta de 764 estudiantes de sus calificaciones ordinarias de cálculo diferencial y se llevó a cabo el cálculo de la correlación Pearson entre la calificación obtenida en el instrumento de medición diagnóstico y la calificación ordinaria de cálculo diferencial. Al relacionar las calificaciones se obtuvo un coeficiente de correlación Pearson $r = 0.313$ significativa en el nivel 0.01 y calificada como correlación moderada de acuerdo con la escala de Hernández et al. (2018). Es decir que, a mayor calificación de los estudiantes en el instrumento de medición diagnóstico de álgebra, trigonometría y geometría, mayor serán sus calificaciones ordinarias en el curso de cálculo diferencial. De manera adicional se encontró que, de los 764 estudiantes, 523 acreditaron (calificación igual o superior que 60) el diagnóstico, de los cuales 515 (98.5 %) aprobaron el curso de cálculo diferencial.

3.2. Análisis de las agrupaciones de reactivos

Con el propósito de establecer las características significativas entre los indicadores psicométricos y los resultados de los estudiantes, se realizó un análisis de conglomerados de k-medias. Los resultados fueron tres perfiles (Tabla 2) que se describen a continuación.

TABLA 2. Centros de clústeres finales.

Indicadores psicométricos	**Agrupación**		
	1	2	3
Índice de dificultad	0.81	0.46	0.62
Índice de discriminación	0.42	0.47	0.65
rpbis	0.48	0.38	0.55
Cantidad de reactivos	17	6	17

Fuente: Elaboración propia.

Agrupación 1. Consta de 17 reactivos, de los cuales el 70.6 % son de álgebra, el 17.6 % de trigonometría y de geometría el 11.8 %. Se caracterizan por el mayor índice de dificultad (0.81) y se clasifican como medianamente fáciles. Este grupo cuenta con los índices de discriminación más bajos (0.42), pero con un valor (rpbis = 0.48) de predicción considerablemente bueno. De lo anterior se observa que los reactivos de álgebra (por su valor porcentual) son los que cuentan con la menor discriminación y son los más fáciles de responder por parte del estudiante. Este grupo se conforma mayormente por reactivos del área de álgebra que tienen que ver con polinomios, productos notables y expresiones exponenciales, mientras que en el área de trigonometría prevalecen reactivos referentes a los ángulos y su medición.

Agrupación 2. Consta de 6 reactivos, de los cuales 2 son de álgebra y 4 de trigonometría, no hay reactivos de geometría. Se caracterizan por las mayores dificultades (0.46), la discriminación (0.47) del grupo es considerablemente aceptable y cuentan con el menor valor de predicción (0.38) a pesar de que es aceptable. De lo anterior se observa que los reactivos del área de trigonometría son los que menos predicen el éxito de los estudiantes y los más difíciles para los estudiantes corresponden a la aplicación de la ley de senos y la resolución de problemas mediante el uso de la trigonometría del triángulo rectángulo, mientras que, en el área de álgebra, la factorización con diferencia de cubos y la racionalización con expresiones racionales presentan la mayor dificultad para su resolución.

Agrupación 3. Consta de 17 reactivos, de los cuales el 35.3 % pertenecen al área de álgebra, el 17.6 % son de trigonometría y 47 % corresponden al área de geometría. Los reactivos de este grupo se caracterizan por su dificultad media (0.62), por el mayor valor de discriminación (0.65) y por la mayor predicción (0.55) respecto al resto de las agrupaciones. Se observa que los reactivos que mejor predicen el éxito de los estudiantes en el instrumento de medición diagnóstico son los del área de geometría, toda vez que el 80 % de los reactivos de geometría que conforman el instrumento se localizan en esta agrupación. Línea recta, circunferencia y el cálculo de perímetro, área y volumen de figuras geométricas forman parte de los subtemas de geometría con dificultad media y los valores más altos de discriminación y predicción.

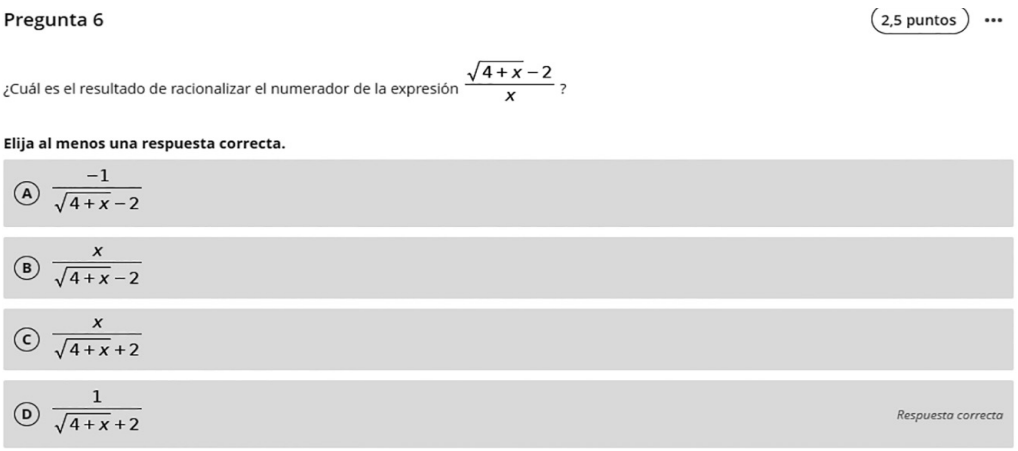
3.3. Análisis de los resultados que obtuvieron los estudiantes en el diagnóstico

En la primera parte de este análisis se determinaron los indicadores de logro y reactivos en los que los estudiantes presentan la mayor dificultad para resolverlos correctamente en las diversas áreas que conforman el instrumento de medición. En la segunda parte se establece la dificultad por área de conocimiento (álgebra, trigonometría y geometría) involucrada en el diagnóstico.

En el área de álgebra: Reactivo 6 (Gráfico 2), racionalizar el numerador en una expresión con valor de dificultad de 0.34. Se considera que la dificultad de este reactivo estriba en la serie de conocimientos previos y aplicación de reglas para obtener el resultado correcto, producir el conjugado, multiplicar por el conjugado y luego simplificar, son la serie de pasos que convencionalmente se requieren para racionalizar una expresión.

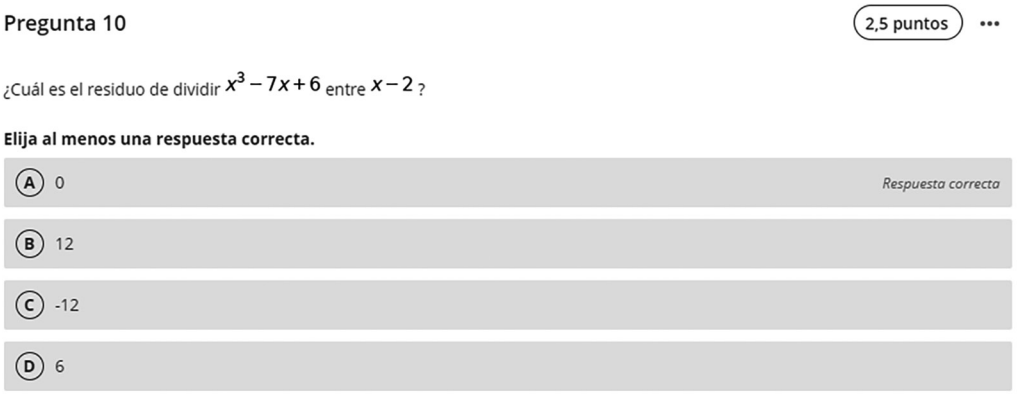
Reactivo 10 (Gráfico 3), hacer operaciones con expresiones algebraicas, polinomio entre binomio, con valor de dificultad de 0.46. La dificultad de este reactivo se observa a partir de la necesidad de aplicar correctamente el algoritmo de la división (procedimiento largo) y considerar en dicho algoritmo que el coeficiente del término cuadrático es cero. El reactivo 18, hacer factorizaciones con diferencia de cubos con valor de dificultad de 0.51, cuya dificultad se explica precisamente en el manejo de exponentes cúbicos a diferencia de los exponentes cuadráticos.

Gráfico 2. Reactivo 6 racionalización del numerador.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Reactivo 10, división de polinomio entre binomio.



Fuente: Elaboración propia.

En el área de trigonometría destacan por su dificultad el reactivo 24 (ID = 0.37) y el reactivo 29 (ID = 0.41), el primero se refiere la obtención del valor de la función trigonométrica recíproca de seno, coseno o tangente de un ángulo, el cual implica inicialmente resolver totalmente el triángulo rectángulo y luego aplicar la definición de las funciones trigonométricas, específicamente sus recíprocas. El segundo (Gráfico 4) tiene que ver con la resolución de enunciados de problemas mediante el uso del triángulo rectángulo. Especialistas han identificado dificultad mayúscula cuando se trata de problemas de la vida real cuya resolución implica la traducción del lenguaje natural al algebraico (Areaya y Sidelil, 2012).

En el campo de la geometría el reactivo 39 (ID = 0.39) se refiere al cálculo de la superficie de una figura geométrica (Gráfico 5) es el de mayor dificultad para los estudiantes.

Gráfico 4. Reactivo 29, resolución de enunciados de problemas mediante el uso del triángulo rectángulo.

Pregunta 29 2,5 puntos •••

Una escalera eléctrica forma un ángulo de 45° con respecto al suelo y sube a las personas hasta una distancia vertical de 5 metros. Si una persona tarda 20 segundos en llegar desde la parte más baja de la escalera hasta la parte más alta, ¿A qué velocidad se mueve la escalera?

Elija al menos una respuesta correcta.

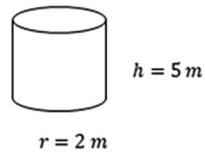
- (A) $\sqrt{2}\,m/s$
- (B) $4\,m/s$
- (C) $\frac{4}{\sqrt{2}}\,m/s$
- (D) $\frac{\sqrt{2}}{4}\,m/s$ *Respuesta correcta*

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Cálculo de la superficie de una figura geométrica.

Pregunta 39 2,5 puntos •••

El cilindro que se exhibe a continuación tiene una altura $h = 5$ metros y radio $r = 2$ metros. ¿Cuál es la superficie total del cilindro?



Considere que la superficie S es 2 veces el área de la base + área lateral.

Elija al menos una respuesta correcta.

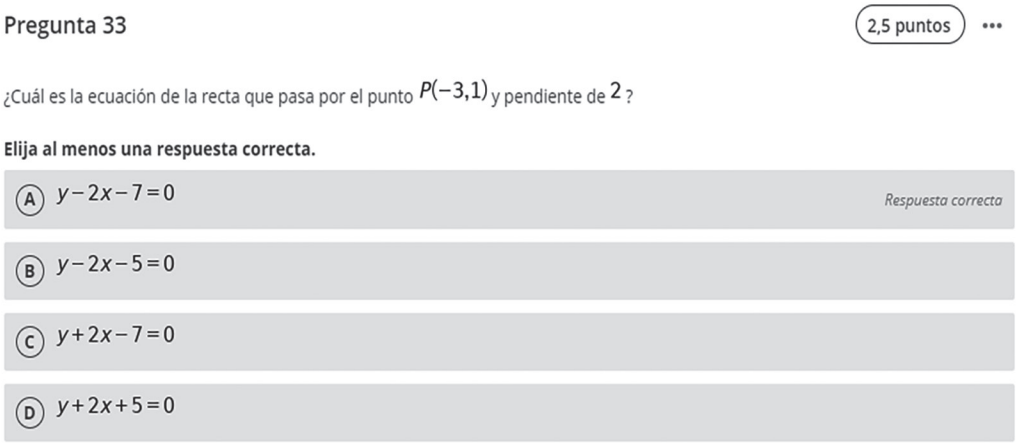
- (A) $10\,\pi\,m^2$
- (B) $20\,\pi\,m^2$
- (C) $24\,\pi\,m^2$
- (D) $28\,\pi\,m^2$ *Respuesta correcta*

Fuente: Elaboración propia.

Le sigue por su dificultad el reactivo 33 (ID = 0.47), que tiene que ver con la determinación de la ecuación de la recta a partir de un punto y la pendiente (Gráfico 6). La dificultad de este reactivo estriba en la aplicación correcta de la ecuación punto pendiente y de las habilidades algebraicas, como el producto, simplificación y despeje, debido a que se trata de un algoritmo con una secuencia de pasos un tanto extensa para el estudiante. El camino convencional para llegar a la solución implica conocer y utilizar la ecuación punto pendiente, desarrollar, simplificar e igualar a cero.

De manera adicional, se calcularon los índices de dificultad por área de conocimiento y no se encontró diferencia significativa entre el área de trigonometría (ID = 0.66) y geometría (ID = 0.65), mientras que el área de álgebra resultó más sencilla para los estudiantes, toda vez que se encontró una dificultad de 0.72, casi en el límite para clasificar el área de álgebra como medianamente fácil. Esto ocurre cuando el índice de dificultad es mayor que 0.74 (Backhoff et al., 2000). Aunque los valores de discriminación y predicción son aceptables en todas las áreas de conocimiento, es geometría la que cuenta con los valores más altos.

Gráfico 6. Determinación de la ecuación de la recta a partir de un punto y la pendiente.



Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Se construyó un instrumento válido y confiable con el propósito de determinar en qué medida un estudiante de nuevo ingreso a la carrera de ingeniería cuenta con las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas requeridas para cursar y acreditar la asignatura de cálculo diferencial, así como también para predecir las posibilidades de éxito en dicha asignatura.

Un equipo de jueces evaluó si los contenidos de los reactivos indagaban sobre los tópicos de álgebra, trigonometría y geometría propuestos, si los reactivos son indicadores de lo que se pretende medir. Los juicios de

los profesionales resultaron favorables en relación con las posibilidades diagnósticas del instrumento de medición. Para determinar la validez de criterio se utilizaron las calificaciones finales de los estudiantes en el curso de cálculo diferencial como criterio. Al relacionar las calificaciones del instrumento con el criterio se obtuvo un coeficiente de correlación Pearson $r = 0.313$ significativa en el nivel 0.01. En este sentido las calificaciones altas en el instrumento de medición se traducen en calificaciones altas en la unidad de aprendizaje de cálculo diferencial. La acreditación del instrumento de medición diagnóstico predice que el 98.5 % de los estudiantes acreditará el curso de cálculo diferencial. En este sentido se considera dicho instrumento de medición un predictor del rendimiento de los estudiantes en su curso de cálculo diferencial para las carreras de ingeniería.

La confiabilidad del instrumento calculada mediante KR-20 es $r = 0.95$, por el método de mitades partidas es $r = 0.93$, por lo que el instrumento es altamente confiable y puede considerarse su uso para aplicarse a gran escala.

La racionalización de expresiones racionales, la división de polinomio entre binomio, la resolución de problemas que involucran la aplicación de la trigonometría del triángulo rectángulo, el cálculo de superficies de figuras geométricas, y la determinación de la ecuación general de la recta son los tópicos que mayor dificultad causaron a los estudiantes en el diagnóstico y obedecen a que para su resolución se requiere de conocimientos previos y aplicación de reglas sucesivas.

De acuerdo con el análisis de conglomerados se identificó una agrupación cuyos reactivos predicen mejor el éxito de los estudiantes en el diagnóstico. En esta agrupación predominan reactivos del área de geometría y los tópicos son: línea recta, circunferencia y el cálculo de perímetro, área y volumen de figuras geométricas. Los reactivos de esta agrupación cuentan con dificultad media y los valores más altos de discriminación.

Con los resultados de la aplicación de este instrumento de medición es posible identificar los tópicos de álgebra, trigonometría y geometría con mayor dificultad para los estudiantes que ingresan a las carreras de ingeniería y que consecuentemente cursarán asignaturas de cálculo. A su vez, estos resultados permiten en tiempo y forma diseñar estrategias necesarias para asegurar que los estudiantes cuenten con las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas requeridas para cursar la asignatura de cálculo diferencial, toda vez que apropiarse de tales habilidades repercute directamente en el rendimiento académico del estudiante.

Los resultados de esta investigación aportan a los docentes elementos importantes para considerar ajustar o modificar sus diseños instruccionales y mejorar la calidad del aprendizaje de sus estudiantes universitarios en el campo del cálculo, así como también la consideración de los profesores del nivel medio respecto de las mayores dificultades que presentan los estudiantes que pretenden ingresar a los programas de ingeniería.

Referencias bibliográficas

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. **revista española de pedagogía**, *78* (275). https://doi.org/10.22550/REP78-1-2020-02

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. http://www.edma0-6.es/index.php/edma0-6/article/view/129

Areaya, S. y Sidelil, A. (2012). Students' difficulties and misconceptions in learning concepts of limit, continuity and derivative [Dificultades y conceptos erróneos de los alumnos en el aprendizaje de los conceptos de límite, continuidad y derivada]. *The Ethiopian Journal of Education*, *32* (2), 1-38. http://213.55.95.79/index.php/EJE/article/view/343/246

Arraiz, G. y Valecillos, M. (2010). Regreso a las bases de la matemática: un imperativo en educación superior. *Revista Digital Universitaria, 11* (9), 1-14. http://www.revista.unam.mx/vol.11/num9/art90/index.html

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. https://redie.uabc.mx/redie/article/view/15/26

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. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2358908

Bausela, E. (2005). SPSS: un instrumento de análisis de datos cuantitativos. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales, 2* (4), 62-69. http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/020204/A3mar2005.pdf

Brito, M., Alemán, I., Fraga, E., Para, J. y Arias, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Ingeniería Mecánica, 14* (2), 129-139. http://scielo.sld.cu/pdf/im/v14n2/im05211.pdf

Carmines, E. y Zeller, R. (1987). *Reliability and Validity Assessment assessment [Evaluación de la fiabilidad y la validez].* Sage.

Castejón, J., Gilar, R., Miñano, P. y González, M. (2016). Latent class cluster analysis in exploring different profiles of gifted and talented students [Análisis de conglomerados de clases latentes en la exploración de diferentes perfiles de alumnos superdotados y con talent]. *Learning and Individual Differences*, *50*, 166-174. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.08.003

Cisneros, E., Jorquera, M. y Aguilar, Á. (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. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4054206.pdf

Contreras, L. (2000). *Desarrollo y pilotaje de un examen de español para la educación primaria en Baja California* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California]. Repositorio de la Universidad Autónoma de Baja California. http://iide.ens.uabc.mx/documentos/divulgacion/tesis/MCE/1998/Luis_Angel_Contreras_Nino.pdf

Contreras, L. y Backhoff, E. (2004). Metodología para elaborar exámenes criteriales alineados al currículo. En Castañeda, S. (Eds.), *Educación aprendizaje y cognición, teoría en la práctica* (pp. 155-174). Manual Moderno.

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. https://es.calameo.com/read/00441616680da9a5cd6ab

Correa, A., Chahar, B., Nieva, M., Figueroa, G., Gallo, R. y Holgado, L. (2009). Evaluando el rendimiento académico. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 22,* 317-326. http://funes.uniandes.edu.co/4759/1/CorreaEvaluandoAlme2009.pdf

Crocker, L. y Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory [Introducción a la teoría de la prueba clásica y moderna].* Holt, Rinehart and Winston.

Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. y Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment [Evaluación de una herramienta de valoración de la electricidad y

el magnetismo: breve evaluación de la electricidad y el magnetismo]. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 2* (1). https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.2.010105

Dixson, D., Worrell, F. y Mello, Z. (2017). Profiles of hope: How cluster of hope relate to school variables [Perfiles de esperanza: cómo se relacionan los grupos de esperanza con las variables escolares]. *Learning and Individual Differences, 59*, 55-64. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.08.011

Encinas, F., Osorio, M., Ansaldo, 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. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_y_Gestion_Educativa/vol3num7/Revista_Sistemas_Gestion_Educativa_V3_N7_4.pdf

Engelhardt, P. (2009). An introduction to classical test theory as applied to conceptual multiple-choice tests [Introducción a la teoría clásica de los tests aplicada a los tests conceptuales de elección multiple]. *Getting Started in PER, 2* (1).

García, M. y Vilanova, S. (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. https://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/7409

Gempp, R. (2006). El error estándar de medida y la puntuación verdadera de los tests psicológicos: algunas recomendaciones prácticas. *Terapia psicológica*, *24* (2), 117-129. https://www.redalyc.org/pdf/785/78524201.pdf

Gonçalves, T., Niemivirta, M. y Lemos, M. (2017). Identification of students' multiple achievement and social goal profiles and analysis of their stability and adaptability [Identificación de los perfiles de logros múltiples y objetivos sociales de los estudiantes y análisis de su estabilidad y adaptabilidad]. *Learning and Individual Differences, 54*, 149-159. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.01.019

Henrysson, S. (1971). Gathering, analysing, and using data on teste items [Recogida, análisis y utilización de datos sobre las pruebas]. En R.L. Thorndike (Ed.), *Educational Measurement* (pp. 130-159). American Council on Education.

Hernández, A. (2005). El rendimiento académico de las matemáticas en alumnos universitarios. *Encuentro educacional*, *12* (1), 9-30. https://produccioncientificaluz.org/index.php/encuentro/article/view/861/863

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.

Hernández-Nieto, R. (2002). *Contributions to statistical analysis [Contribuciones al análisis estadístico]*. Universidad de Los Andes.

Hernández, J., Espinosa, J., Peñaloza, M., Rodríguez, J., Chacón, J., Toloza, C., Arenas, M., Carrillo, S. y Bermúdez, V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, *37* (5), 587-595. https://www.revistaavft.com/images/revistas/2018/avft_5_2018/25sobre_uso_adecuado_coeficiente.pdf

Iglesias, N. y Alonso I. (2017). Estudio exploratorio sobre la importancia de la matemática para la carrera de ingeniería civil en la Universidad de Oriente. *REFCalE: Revista Electrónica de Formación y Calidad Educativa*, *5* (1), 45-62. http://refcale.uleam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/1325/0

Morales, E. (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. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212009000300004

Muñoz, J. y Mato, M. (2008). Análisis de las actitudes respecto a las matemáticas en alumnos de ESO. *Revista de Investigación Educativa*, *26* (1), 209-226. http://revistas.um.es/rie/article/view/94181

Nitko, A. (1994). *A model for developing curriculum-driven criterion-referenced and norm-referenced national examinations for certification and selection of students [Un modelo para desarrollar exámenes nacionales basados en criterios y normas para la certificación y selección de Estudiantes]* [Ponencia]. Conferencia Internacional sobre Evaluación y Medición Educativas de la Asociación para el Estudio de

la Evaluación Educativa (ASSESA), Pretoria, Sudáfrica. https://eric.ed.gov/?id=ED377200

Posso, A. (2005). Sobre el bajo aprovechamiento en el curso de matemáticas I de la UTP. *Scientia et Technica, 11* (28), 169-174.

Popham, J. (1990). *Modern educational measurement: A practitioner's perspective.* Allyn and Bacon, MA.

Prieto, G. y Delgado, A. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del Psicólogo*, *3* (1), 67-74. http://www.papelesdelpsicologo.es/pdf/1797.pdf

Reidl-Martínez, L. (2013). Confiabilidad en la medición. *Investigación en Educación Médica*, *2* (6), 107-111. http://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v2n6/v2n6a7.pdf

Ruiz, E., Carmona, E. y Montiel, Á. (2016). Importancia del cálculo en el desarrollo académico del ingeniero. *Pistas Educativas, 120*, 402-420. http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/559

SEP (2017). *Planes de estudio de referencia del componente básico del marco curricular común de la educación media superior*. Secretaría de Educación Pública.

Urrutia, M., Barrios, S., Gutiérrez, M. y Mayorga, M. (2014). Métodos óptimos para determinar validez de contenido. *Educación Médica Superior*, *28* (3), 547-558. http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v28n3/ems14314.pdf

Zabala, A. y Arnau, L. (2008). *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias.* Editorial Grao.

Zavaleta, A. y Flores, C. (2009). Evaluación del currículum matemático escolar aprendido. *Red Cimates*, 702-712. https://core.ac.uk/download/pdf/322383805.pdf

Biografía de los autores

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 Integral y Ecuaciones Diferenciales 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

Wendolyn Elizabeth Aguilar-Salinas es Doctora en Ciencias por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es Profesora Titular y Responsable de Etapa Básica 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

Araceli Celina Justo-López es Doctora en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es Profesora Titular y Directora 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

César Gonzalo Iñiguez-Monroy es Doctor en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es Profesor Titular y Encargado del área académica de Química de la Facultad de Ingeniería en esta universidad. Su línea de investigación está centrada en el enseñanza y aprendizaje de la Química para Ingenierías y educación STEM+A.

https://orcid.org/0000-0002-7101-0738