



Criterios que guían la práctica del profesor de matemáticas en cursos de ciencias básicas para ingeniería

Criteria guiding mathematics professors practice in engineering basic science courses

Critérios que conduzem a prática do professor de matemática nos cursos de ciências básicas para engenharia

Walmer Garcés-Córdova¹, Vicenç Font-Moll¹

Received: Apr/3/2021 • Accepted: Jun/8/2021 • Published: Jan/31/2022

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo inferir los criterios que orientan la práctica del profesor universitario para explicar matemáticas en un curso de ciencias básicas en carreras de ingeniería y, en concreto, para explicar derivadas. Se trata de una investigación cualitativa de estudio de caso múltiple que busca comprender la enseñanza del cálculo diferencial a través del análisis de las prácticas de un grupo de siete docentes, y de la reflexión sobre dichas prácticas, cuando implementan sus clases en facultades de ingeniería de universidades públicas y privadas en Lima. Se videograbaron las clases de cada profesor y se infirieron los criterios que siguen en el diseño e implementación de estas mismas, tomando como referente los criterios de idoneidad didáctica, los cuales también se usaron para diseñar el cuestionario de la entrevista semiestructurada; luego, se hizo la triangulación entre lo que señala cada docente y lo que se ha observado que hace. Se encontró que los profesores de matemáticas de las carreras de ingeniería están completamente condicionados por el programa de la asignatura al momento de desarrollar sus clases de derivadas; así como también, por los medios y recursos de enseñanza y la disponibilidad de tiempo para sus clases de cálculo diferencial. Se concluye, pues, que el grupo de profesores participantes tiene como criterio prioritario el cumplimiento del currículo en el tiempo planificado. Por otra parte, dan más importancia a realizar una adecuada gestión de la interacción en el grupo, que a enseñar unas matemáticas de calidad que sean aprendidas de manera significativa por los estudiantes.

Palabras clave: Criterios de idoneidad didáctica; derivadas; enseñanza de las matemáticas; ingeniería; reflexión sobre la práctica

Abstract

The study aims to infer the criteria that guide the practice of professors to explain mathematics, specifically derivatives, in a basic science course in the engineering program. This qualitative research of a multiple case study seeks to understand the teaching of differential calculus through the analysis of the practices of a group

Walmer Garcés-Córdova, ✉ wgarcoco7@alumnos.ub.edu,  <https://orcid.org/0000-0001-5661-2581>
Vicenç Font-Moll, ✉ vfont@ub.edu,  <https://orcid.org/0000-0003-1405-0458>

¹ Sección Departamental Didáctica de las Matemáticas, Universitat de Barcelona, Barcelona, España.



of seven professors, and the reflection on these practices when they implement their classes in engineering faculties of public and private universities in Lima, Peru. Each professor's class was recorded. The criteria they follow to design and implement the classes were inferred, taking the didactic suitability criteria as a reference, which were also used to design the semi-structured interview questionnaire. Triangulation was done between what professors say and what they have been observed to do. It was noted that mathematics professors in engineering programs are completely conditioned by the subject syllabus when developing their derivative classes, as well as by the means and teaching resources and the availability of time for their differential calculus classes. Therefore, it is concluded that the priority criterion of the group of participating professors is meeting the curriculum in the time scheduled. On the other hand, they give more importance to adequately managing group interaction than teaching quality mathematics to be learned in a significant manner by students.

Keywords: Didactical suitability criteria; derivatives; mathematics teaching; engineering; reflection on practice.

Resumo

Este estudo tem como objetivo inferir os critérios que orientam a prática do professor universitário para explicar a matemática em um curso de ciências básicas em carreiras de engenharia e, em particular, explicar derivadas. Trata-se de uma pesquisa qualitativa de estudo de casos múltiplos que busca compreender o ensino de cálculo diferencial por meio da análise das práticas de um grupo de sete professores, e análise sobre essas práticas, quando implementam suas aulas em faculdades de engenharia de universidades públicas e privadas em Lima. As aulas de cada professor foram filmadas e os seguintes critérios foram inferidos no delineamento e implementação das mesmas, tomando como referência os critérios de adequação didática, que também foram utilizados para elaborar o questionário para a entrevista semiestruturada; em seguida, a triangulação foi feita entre o que cada professor indica e o que foi observado fazer. Verificou-se que os professores de matemática dos cursos de engenharia estão completamente condicionados pelo programa da matéria ao desenvolver suas aulas de derivadas; bem como pelos meios e recursos de ensino e pela disponibilidade de tempo para suas aulas de cálculo diferencial. Conclui-se, portanto, que o grupo de professores participantes tem como critério prioritário o cumprimento do currículo no tempo planejado. Por outro lado, atribuem mais importância à gestão adequada da interação no grupo do que ao ensino de matemática de qualidade aprendidas de forma significativa pelos alunos.

Palavras-chave: Critérios para idoneidade didática; derivadas; ensino de matemática; engenharia; reflexão sobre a prática.

Introducción

En la enseñanza de las matemáticas en ingeniería, desde sus inicios, se han ido introduciendo las ciencias básicas como un ciclo común en la base a varias ingenierías, bien sea para evitar presentar unas matemáticas conductistas o mecanicistas, o bien por no tener en cuenta la importancia del contexto en la aplicación de las matemáticas.

Así, por ejemplo, en el pasado siglo ya era habitual que las ingenierías tuviesen un ciclo básico o de estudios generales, que se suponía suministraba a los futuros ingenieros las herramientas matemáticas básicas que luego iban a aplicar en su campo profesional (Monforte, 2011).

Ahora bien, en la actualidad han surgido ciertas dudas y dilemas relacionados con el rol que cumplen las ciencias básicas y, en



particular, las matemáticas, en la estructura de las carreras de ingeniería. Los más importantes están ligados a cuatro aspectos (Font, 2019): 1) La suposición de la aplicación, con cierta facilidad, de un conocimiento básico general en diversos contextos. 2) La presentación de contenidos que en la práctica no se utilizan. 3) El alto número de alumnos reprobados. 4) Énfasis en un enfoque de enseñanza que desarrolle competencias.

Con la finalidad de dar respuesta a estos dilemas se han realizado diversas investigaciones sobre cómo es la enseñanza de las matemáticas en las asignaturas de estos ciclos básicos de ingeniería, así como sobre las competencias y conocimientos de los profesores de matemáticas de dichos ciclos. Con respecto a la enseñanza del cálculo diferencial en carreras de ingeniería en el Perú, hay un cierto consenso difuso en los aspectos siguientes: a) los alumnos tienen dificultades para su aprendizaje, b) estas dificultades se deben a una enseñanza centrada en el aprendizaje de fórmulas, algorítmica y mecanicista, o bien a una enseñanza rigurosa y formalista, c) una enseñanza que omite la comprensión significativa de las nociones básicas del cálculo y sus aplicaciones. Aunque no existen suficientes investigaciones que den cuenta del estado de la enseñanza de las matemáticas, y del cálculo diferencial, en los ciclos de ciencias básicas de ingeniería en el Perú, a partir de la revisión de la bibliografía lo que encontramos son algunas propuestas de innovaciones. Villanueva (2019) estudia el aprendizaje de la derivada en el primer año de ingeniería de telecomunicaciones de una universidad pública peruana, y entre otros resultados, encontró que uno de los problemas que afrontan los estudiantes de ingenierías, es que no logran alcanzar un aprendizaje significativo de la derivada con los métodos tradicionales que enfatizan en una enseñanza procedimental.

Vargas (2010) hace un estudio sobre evaluación de la calidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en aulas de ingeniería de universidades chilenas y concluye que, entre otros aspectos, predomina el método expositivo o magistral debido al elevado número de estudiantes, las tutorías son consideradas solo como un complemento de la actividad docente, además de que el tipo de curso, el número de estudiantes en aula y la relación de los profesores con los estudiantes condicionan la metodología.

Capote *et al.* (2016), con base en las tendencias internacionales sobre la enseñanza en ingeniería, señalan que, si bien el ingeniero debe poseer un conocimiento profundo de las ciencias básicas, la sociedad exige una enseñanza que forme profesionales que respondan a las demandas del desarrollo contemporáneo, lo cual requiere que el proceso de enseñanza-aprendizaje y los modelos curriculares sean interactivos, colaborativos, centrados en el estudiante, y con un aprendizaje para toda la vida. Por su parte, García (2013) sostiene que la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en general, y del cálculo diferencial, en particular, presentan una de las mayores dificultades para los estudiantes de las carreras de ingeniería. El autor señala que hay una tendencia hacia la algebrización y aritmetización del cálculo, lo cual conlleva a una descontextualización de la materia, ya que induce a los estudiantes a obtener soluciones mecanicistas y deja de lado aspectos cognitivos, socioafectivos y de contextualización en el proceso instruccional; además, a pesar de que el cálculo sirve de base para el desarrollo profesional del futuro ingeniero, su enseñanza se centra en el uso y abuso del álgebra y la mecanización, y se descuida el proceso de modelización (también señalado por Artigue, 1995).



De otro lado, se han realizado diversas investigaciones sobre las competencias y conocimientos de los profesores de matemáticas en el ciclo básico (Arana, Ibarra & Font, 2020) y también sobre cómo es la enseñanza de las matemáticas, y del cálculo diferencial e integral, en estos ciclos (Camarena, 2013; Cooper, Levi Gamlieli, Koichu, Karsenty & Pinto, 2020; Juárez Ramírez, Chamoso Sánchez y González Astudillo, 2020; Rodríguez Gallegos, 2017). Por esto, existen diversas líneas de investigación que permiten inferir los conocimientos y competencias del profesor con base en el análisis de sus prácticas docentes y de sus reflexiones sobre estas. Pepin, Gueudet y Trouche (2017) afirman que las consideraciones implícitas y tácitas del profesor en la selección, secuenciación e implementación de secuencias de tareas nos informan de los criterios que orientan su práctica e inciden en lo que llaman capacidad de diseño pedagógico, la cual, por otra parte, puede crecer a través de la reflexión en la acción (Schön, 1983). Por su parte, Carlos Guzmán (2018) hace una investigación con profesores de carreras de ingeniería usando entrevistas en profundidad diseñadas a partir del marco teórico tomado como referente (las nociones de docencia efectiva y buenas prácticas para la enseñanza), donde se propone identificar las cualidades y formas de enseñar de un grupo de profesores que, a priori, se consideró que realizaban buenas prácticas de enseñanza, con el objetivo de que los criterios que orientaban su práctica permitiesen delinear sugerencias para la formación docente.

Además, los componentes de los criterios de idoneidad didáctica (CID) propuestos en el enfoque ontosemiótico (ver siguiente sección) funcionan como regularidades en el discurso de los profesores cuando valoran un episodio o cuando reflexionan

sobre su práctica, sin haberseles enseñado el uso de esta herramienta que guíe su reflexión (Breda, 2020; Breda, Pino-Fan & Font, 2017; Seckel, Breda, Sánchez & Font, 2019). Es decir, sus comentarios se pueden considerar como evidencias del uso implícito de algún componente de los CID como guía para orientar la práctica docente.

En esta línea, la presente investigación trata de un estudio de caso múltiple de un grupo de docentes que enseñan cálculo diferencial en carreras de ingeniería en el Perú, en la cual, análogamente a lo realizado en Carlos Guzmán (2018), hemos aplicado una entrevista semiestructurada usando los CID como referente teórico para el diseño del cuestionario, con el objeto de inferir los criterios que orientan su práctica docente, de manera que la triangulación de fuentes nos ha permitido responder a la problemática: ¿Cuáles son los criterios que orientan la práctica de este grupo de profesores para explicar matemáticas en un curso de ciencias básicas en ingeniería, en concreto, para explicar derivadas?

Marco teórico

El enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática (EOS a partir de ahora) (Godino, Batanero & Font, 2007 y 2019) considera cinco tipos de análisis sobre los procesos de instrucción: 1) Identificación de prácticas matemáticas. 2) Elaboración de las configuraciones de objetos y procesos matemáticos. 3) Análisis de las trayectorias e interacciones didácticas, 4) Identificación del sistema de normas y metanormas. 5) Valoración de la idoneidad didáctica del proceso de instrucción (Breda, Pino-Fan & Font, 2017; Font, Planas y Godino, 2010). El primer tipo explora las prácticas matemáticas realizadas en un proceso de instrucción matemático; el segundo, se centra en identificar



objetos y procesos matemáticos que intervinen en la realización de las prácticas, así como los que emergen de ellas; el tercero, está orientado a la descripción de patrones de interacción, configuraciones didácticas y su articulación secuencial en trayectorias didácticas; las configuraciones y trayectorias están soportadas por una trama de normas y metanormas; el cuarto, estudia dicha trama. Los cuatro primeros tipos de análisis son herramientas para una didáctica descriptiva-explicativa, y sirven de base al quinto tipo, el cual está centrado en la valoración de la idoneidad didáctica como síntesis orientada a la identificación de mejoras potenciales del proceso de instrucción en nuevas implementaciones.

En el EOS se entiende la idoneidad didáctica de un proceso de enseñanza-aprendizaje como el grado en que este reúne ciertas características que permiten calificarlo como idóneo (óptimo o adecuado), para conseguir la adaptación entre los significados personales logrados por los estudiantes (aprendizaje) y los significados institucionales pretendidos o implementados (enseñanza), teniendo en cuenta el entorno. Se trata de un constructo multidimensional que se descompone en seis criterios de idoneidad parcial: 1) Idoneidad epistémica, para valorar si las matemáticas que se enseñan son unas “buenas

matemáticas”. 2) Idoneidad cognitiva, para valorar, si lo que se quiere enseñar está a una distancia razonable de lo que saben los alumnos y, si los aprendizajes logrados se acercan a los que se pretendían enseñar. 3) Idoneidad interaccional, para valorar si las interacciones resuelven dudas y dificultades de los alumnos. 4) Idoneidad mediacional, para valorar la adecuación de los recursos materiales y temporales utilizados en el proceso de instrucción. 5) Idoneidad emocional, para valorar la implicación (intereses y motivaciones) de los alumnos durante el proceso de instrucción. 6) Idoneidad ecológica, para valorar la adecuación del proceso de instrucción al proyecto educativo del centro, las directrices curriculares, las condiciones del entorno social y profesional (Font, Planas & Godino, 2010). Los CID pueden ser de utilidad, primero, para guiar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y, segundo, para valorar su implementación (Breda, Font & Pino-Fan, 2018).

Para la operatividad de los CID se define un conjunto de componentes e indicadores observables que sirven de guía para el análisis y valoración de un proceso de instrucción en cualquier etapa educativa (Breda, Pino-Fan & Font, 2017). En la Tabla 1 se detallan los criterios y componentes de idoneidad didáctica

Tabla 1. *Criterios y componentes de idoneidad didáctica*

Criterio	Componente
Epistémico	(IE1) Errores, (IE2) Ambigüedades, (IE3) Riqueza de procesos, (IE4) Representatividad de la complejidad de la noción a enseñar
Cognitivo	(IC1) Conocimientos previos, (IC2) Adaptación curricular a las diferencias individuales, (IC3) Aprendizaje, (IC4) Alta demanda cognitiva
Interaccional	(II1) Interacción docente-discente, (II2) Interacción entre discentes, (II3) Autonomía, (II4) Evaluación formativa
Mediacional	(IM1) Recursos materiales, (IM2) Número de estudiantes, horario y condiciones del aula, (IM3) Tiempo
Emocional	(IA1) Intereses y necesidades, (IA2) Actitudes, (IA3) Emociones
Ecológico	(IEC1) Adaptación al currículo, (IEC2) Conexiones intra e interdisciplinarias, (IEC3) Utilidad sociolaboral, (IEC4) Innovación didáctica.

Nota: Extraído de Morales-López y Font (2019).



considerados por estos autores (por falta de espacio no se muestran los indicadores).

La noción de idoneidad didáctica está siendo utilizada ampliamente como herramienta para, por una parte, analizar las secuencias didácticas (y sus rediseños) implementadas por los profesores en aras de conseguir mejoras en la enseñanza de las matemáticas (Breda, 2020; Morales-López & Font, 2019; Sousa, Gusmão, Font & Lando, 2020) y, por otra, para organizar la reflexión del futuro profesor (o en activo) sobre su práctica en programas de formación de profesores (Esqué & Breda, 2021; Giacomone, Godino & Beltrán-Pellicer, 2018; Morales-Maure, Durán-González, Pérez-Maya & Bustamante, 2019; Seckel & Font, 2020), ya que facilita la reflexión sistemática de los profesores sobre la complejidad de los objetos matemáticos que enseñan y los factores implicados en su estudio. También se ha usado para el análisis y valoración de lecciones de libros de texto (Burgos, Castillo, Beltrán-Pellicer & Godino, 2020) y para el diseño y valoración de tareas matemáticas (Gusmão & Font, 2020). Los CID son la herramienta teórica que usaremos para dar respuesta a la problemática que nos hemos planteado.

Metodología

La presente investigación es de enfoque interpretativo de corte cualitativo, ya que el propósito no es explicar, controlar o predecir, ni se pretende transformar la realidad, sino que lo que se busca es comprender los criterios que orientan la enseñanza de las matemáticas en el ciclo de estudios generales de carreras de ingeniería por parte de un grupo de profesores universitarios, a través del análisis de sus prácticas docentes y de su reflexión sobre ellas. El método adoptado

para el estudio de dichas prácticas docentes presenta las siguientes fases:

Fase 1: Selección de los participantes. Se coordinó con un grupo de diez docentes de experiencia en la enseñanza del cálculo diferencial e integral en carreras de ingeniería de diversas universidades públicas y privadas en Lima – Perú, con ocho de ellos graduados en matemáticas, y dos, en educación con mención en matemática. Se les expusieron los alcances del estudio y se les pidió su participación en este, y su consentimiento para registrar en videograbaciones el desarrollo de sus clases sobre la derivada y sus aplicaciones; también, para que nos brindasen una entrevista y nos proporcionasen su material académico de trabajo.

Fase 2: Recopilación de documentos curriculares, materiales elaborados por los profesores para su implementación en el aula, etc. Para efectos de realizar el análisis de este estudio, todos los participantes de la investigación nos facilitaron los documentos curriculares: programa de la asignatura, planes de clase, cronogramas del ciclo académico, presentaciones de derivadas, separatas de ejercicios propuestos y desarrollados, material de consulta para los alumnos, pruebas de desarrollo y prácticas calificadas, así como el material de los talleres para el trabajo de equipo en aula.

Fase 3: Grabación de las clases. Las clases sobre derivadas y sus aplicaciones implementadas por siete docentes fueron registradas en videograbación con una duración promedio de 100 minutos (entre dos y tres clases para cada uno). Con los otros tres profesores no fue posible, debido al confinamiento decretado para prevenir la pandemia de la Covid. Por esta razón, la investigación se continuó solo con los siete profesores cuyas clases fueron videograbadas (en



adelante nos referiremos a ellos como profesor A, B, C, D, E, F y G).

Fase 4: Elaboración del instrumento para la realización de la entrevista. Con base en una primera observación de las clases videograbadas y en los CID, se diseñó un cuestionario base para una entrevista semiestructurada, luego se realizó una entrevista piloto con uno de los 10 profesores. A partir de esta información se hicieron ajustes al primer cuestionario que consideraron: a) dificultades de comprensión y redundancia de ciertas preguntas, y b) la opinión de un experto en el uso de herramientas EOS para la investigación de los conocimientos y competencias de los profesores de matemáticas. Es así como se obtuvo un segundo cuestionario de 46 preguntas, dividido en tres preguntas iniciales de tipo general (sobre su formación, la segunda sobre cuáles eran los criterios que orientaban su práctica pedagógica y la tercera sobre el modelo de profesor con el que se identificaba) y 43 formuladas con base en los CID (epistémico, cognitivo, interaccional, mediacional, emocional y ecológico), sus componentes y descriptores.

Fase 5: Radiografía de las clases e inferencia de criterios que orientan la práctica del profesor. Se hizo un análisis experto de las clases videograbadas a cada profesor usando los cuatro primeros tipos de análisis propuestos en el modelo de análisis didáctico del EOS, tal como se hace en Breda, Hummes, da Silva y Sánchez (2021) y en Pochulu y Font (2011), para poder determinar las prácticas, objetos y procesos matemáticos, funciones del profesor y del alumno, configuraciones didácticas, conflictos semióticos, patrones y normas. Con la información obtenida, se infirieron los criterios que guían a cada profesor en el diseño e implementación de sus clases, utilizando, como categorías a priori, los indicadores y

componentes de los CID –sin llegar a realizar la valoración de la idoneidad didáctica (quinto nivel del modelo de análisis didáctico basado en el EOS) –para que sirvieran como referencia en la triangulación con los criterios que cada profesor dice seguir. Debemos precisar que en estas clases cada profesor explicó parte del tema de derivadas y sus aplicaciones, cuyos contenidos, según el programa de la asignatura, eran: la noción de derivada como pendiente de recta tangente y como límite de las tasas medias de variación, la aplicación de la definición de derivada para calcular derivadas de funciones, la derivada de la suma, producto y cociente de funciones, las reglas básicas de derivación que después son mecanizadas en diversos ejercicios y, por último, los criterios de la primera y segunda derivada para determinar intervalos de crecimiento y concavidad, máximos y mínimos relativos, y puntos de inflexión. En la Tabla 3 se detallan los contenidos desarrollados por cada profesor (ver Anexo 1).

Fase 6: Entrevista a cada profesor para que explique cuáles son, desde su perspectiva, los criterios que orientan su práctica docente. Se realizó la entrevista a cada uno de los siete profesores cuyas clases fueron videograbadas con la finalidad de determinar los criterios que, según ellos, orientaban su práctica pedagógica; cada entrevista duró dos horas en promedio y tuvo dos partes claramente diferenciadas. En la primera parte se hicieron tres preguntas generales (sobre su formación, la segunda sobre cuáles eran los criterios que orientaban su práctica docente, y la tercera sobre el modelo de profesor con el que se identificaba). En la segunda parte se formularon preguntas específicas relacionadas con alguno de los componentes de los CID.



Fase 7: Transcripción de la entrevista realizada a cada profesor. En esta fase se realizó la transcripción literal de la entrevista grabada para cada uno de los siete profesores seleccionados.

Fase 8: Inferencia de criterios a partir de la entrevista. Se hizo el análisis del contenido de la entrevista realizada con cada uno de los siete docentes para inferir los criterios que según el profesor orientan su práctica, de manera similar a como se hace en Breda (2020) y en Seckel, Breda, Sánchez y Font (2019).

Fase 9: Triangulación de fuentes. Finalmente, se hizo la triangulación de fuentes (sobre todo, de los resultados de la fase 5 sobre la observación de clases y las respuestas a la entrevista) para inferir los criterios que orientan la práctica docente de cada profesor participante de esta investigación.

Análisis de datos y resultados

En la fase 5 se realizó el análisis con los cuatro primeros tipos del modelo de análisis didáctico propuesto por el EOS (identificación de prácticas matemáticas, identificación de objetos primarios y procesos, análisis de interacciones didácticas y conflictos y, por último, de las normas que regulan el proceso de enseñanza). Las herramientas de estos cuatro primeros niveles de análisis permiten descomponer la transcripción de una sesión de clase en una trayectoria de configuraciones didácticas y, para cada configuración, estudiar diferentes aspectos.

A continuación, se usó la herramienta CID, la cual sirvió para inferir algunos criterios que orientan la práctica del profesor. Por último, se realizó la triangulación de fuentes entre lo declarado por cada profesor en la entrevista y lo observado en el aula de clases. Este análisis se realizó para cada uno de los siete profesores participantes. En

Garcés, Font y Morales-Maure (2021) se muestra, de manera detallada, el proceso de análisis de datos al aplicar las fases de la metodología, explicadas en la sección anterior, para el profesor A, uno de los participantes del presente estudio múltiple; mientras que en Garcés (2021) se muestra el caso del profesor F.

Resultados para cada profesor participante del estudio

A partir del análisis de las respuestas dadas por cada docente en la entrevista y la triangulación con lo observado en sus clases, podemos inferir los criterios principales que orientan la práctica de estos profesores cuando diseñan e implementan sus clases de derivadas para estudiantes de carreras de ingeniería, así como inferir el peso que tienen estos criterios en su práctica docente. Como se ha mencionado antes, el proceso detallado de cómo se llega a estos resultados para el profesor A se puede consultar en Garcés, Font y Morales-Maure (2021) y para el profesor F en Garcés (2021). Aquí, por cuestiones de espacio, para el caso del profesor E se explica, con detalle, el resultado de esta triangulación, mientras que, para los otros seis profesores, solo se presenta un esquema que resume los resultados. Seguidamente se presentan los resultados globales para todo el grupo de profesores.

Docente E

En la columna de la izquierda del esquema de la Figura 1 se muestran, en la parte superior, los criterios de idoneidad didáctica (CID) que aparecen en las respuestas del profesor E cuando se le formula, en la primera parte de la entrevista, la pregunta de cuáles eran los criterios que orientaban su práctica pedagógica (ecológico, emocional, cognitivo y mediacional); mientras que



en la parte inferior (epistémico e interaccional) se ubican los criterios de idoneidad que no menciona en su respuesta (primera parte de la entrevista).

En la columna derecha del esquema están los criterios de idoneidad que emergen en sus respuestas a las preguntas más específicas relacionadas con alguno de los componentes de los CID (segunda parte de la entrevista). Tal como era esperable, teniendo en cuenta las preguntas formuladas, en esta columna aparecen los seis CID; ahora bien, no todos tienen la misma importancia para el profesor E al momento de reflexionar y justificar su práctica. Para representar el diferente peso que tiene cada CID como guía de la práctica del profesor hemos utilizado el esquema de la escalera, donde los escalones superiores son los de mayor peso, en tanto que los CID que están en la parte inferior tienen menor peso. La disposición en la escalera, además de indicar el menor o mayor peso, también pretende representar

cómo algunos CID quedan supeditados por otros. El orden en el que aparecen los CID en la escalera es resultado de la triangulación entre el discurso docente y lo que se infiere de la observación de sus clases.

En su discurso inicial el profesor E explica que los criterios ecológico, emocional, cognitivo y mediacional son los que orientan su práctica docente. Ahora bien, cuando en la segunda parte de la entrevista se le hacen preguntas más específicas sobre aspectos cognitivos, concluimos que: 1) recupera los conocimientos previos de los estudiantes, ya que para él son muy importantes, de manera que afirma que sin estos saberes previos no podría desarrollar sus clases como pretende; 2) si identifica que los alumnos no tienen los saberes previos necesarios para el estudio de las derivadas, lo que hace es asesorarlos y darles toda posibilidad de que lo contacten, incluso por las redes sociales; 3) los contenidos de derivadas y sus aplicaciones que presenta

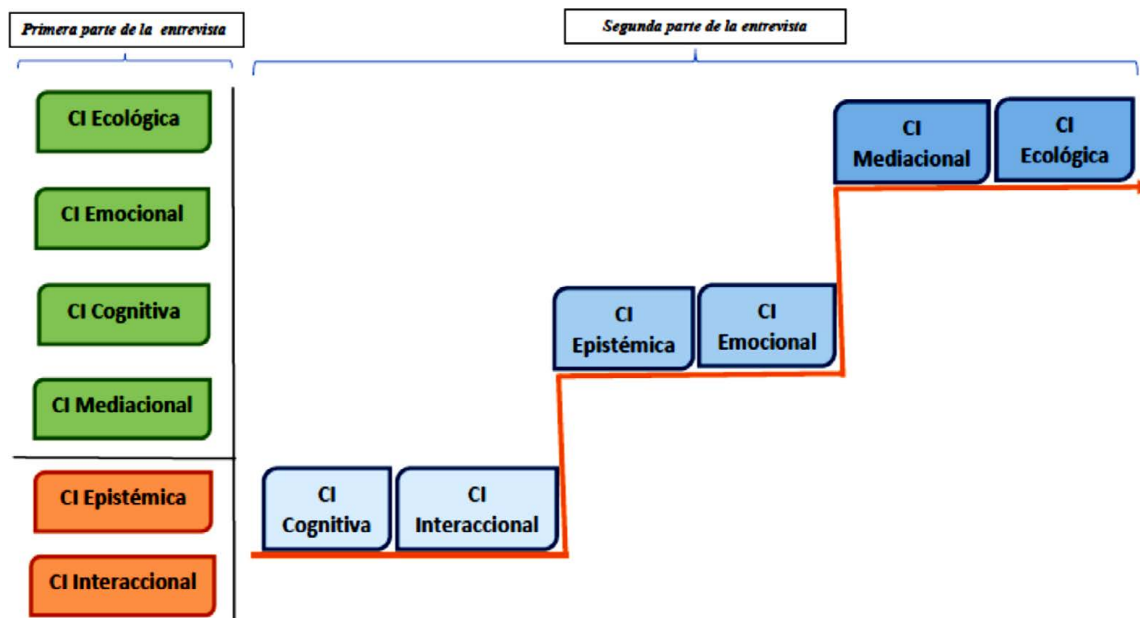


Figura 1. Esquema de los criterios que orientan la práctica del profesor E

Nota: Fuente propia de la investigación.



en sus clases están en la zona de desarrollo próximo (ZDP) de los alumnos, aunque acepta que no logra que todos los estudiantes aprendan, pues, le falta tiempo; 4) tiene en cuenta la diversidad de los alumnos en sus clases de derivadas; 5) los instrumentos de evaluación que aplica son pruebas de desarrollo objetivas, y cuyos resultados sí le informan de las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, aunque no del todo; 6) diseña las tareas con la intención de activar en los estudiantes los procesos cognitivos relevantes; aunque reconoce que no siempre lo logra, entonces va corrigiendo y haciendo ajustes en el proceso, lo cual justifica por falta de tiempo.

En consecuencia, con base en la triangulación de lo observado en sus clases, podemos inferir que el docente E asigna un mediano peso a los aspectos cognitivos, ya que a pesar de su esfuerzo por construir el aprendizaje, este sigue siendo de transmisión de conocimientos, pero basado en los recursos tecnológicos y con intentos de trabajar los procesos cognitivos relevantes; además, supedita este criterio al ecológico (cumplimiento del currículo) y al mediacional (uso de recursos tecnológicos como las redes sociales).

Con respecto al criterio interaccional, este no había sido tomado en cuenta en las respuestas iniciales del docente E, sin embargo, emerge en la segunda parte de la entrevista cuando se le formulan preguntas más específicas sobre aspectos interaccionales, donde se infiere que va ganando cierto peso en la implementación de sus clases. Así, por ejemplo, en sus clases se esfuerza por hacer una presentación clara y ordenada de las definiciones y conceptos de la derivada y de las reglas de derivación, y para que sus explicaciones sean entendibles para los estudiantes; opina que la interacción

con los alumnos es fundamental ya que le permite identificar las dudas y dificultades que estos tienen sobre las derivadas; usa diversos recursos argumentativos para captar su atención tales como metáforas, método socrático, discrepancias sobre la invención del cálculo, así como se esfuerza por incluir a todos en sus clases, aunque no lo logra por falta de tiempo; propicia momentos para que los alumnos hagan la exploración, la formulación y la validación de sus conjeturas sobre las derivadas, así como para el diálogo y la comunicación entre estos, sin embargo, no lo alcanza puesto que le falta tiempo; considera que la interacción con los estudiantes es fundamental en el desarrollo de sus clases. Por lo antes mencionado, concluimos que el profesor E les asigna un peso relativamente bajo a los aspectos interaccionales en su práctica docente, y los supedita al criterio mediacional (tiempo).

En relación con el criterio epistémico, este tampoco había sido tomado en cuenta por el profesor E en la primera parte de la entrevista; sin embargo, en la segunda parte cuando se le formulan preguntas más específicas sobre aspectos epistémicos, emerge con un peso importante, por lo cual concluimos que: 1) no comete errores matemáticos en el desarrollo de sus clases, aunque acepta cometer otro tipo de errores, ya sea por descuido, distracción u omisión; 2) considera muy importante la intuición, hasta el punto que afirma que sin intuición no logra hacer matemáticas en sus clases; 3) proporciona solo una pista de demostración o deducciones sencillas, ya que tiene que adecuarse a los intereses de los estudiantes y al programa de la asignatura, presenta las reglas básicas de derivación y enfoca los temas de una manera más instrumental; 4) trabaja la resolución de problemas, la argumentación y a veces la modelización; la demostración no



la trabaja por falta de saberes previos y deficiencias de los alumnos, por falta de tiempo y por cumplir con el sílabo; 5) define la derivada como pendiente de una recta tangente a la curva, como velocidad instantánea y como razón de cambio relacionada, además, considera fundamental presentar diferentes significados de la derivada; 6) la mayoría de problemas que propone son contextualizados, acorde con la coyuntura actual, la tecnología y las redes sociales; cuando los elabora escoge una variedad de contextos y presenta una diversidad de problemas.

En consecuencia, podemos inferir que para el profesor E, al momento de orientar su práctica docente, los aspectos epistémicos se supeditan al criterio ecológico (regirse por el sílabo) y al mediacional (falta de tiempo); además, de que asigna un peso medio en sus clases al criterio epistémico, por esta razón lo hemos colocado en la mitad de la escalera en el esquema.

Con respecto al criterio emocional, este no solamente figura en la respuesta inicial del profesor E, sino que vuelve a emerger y con bastante importancia en sus respuestas en la segunda parte de la entrevista (cuando se le hacen preguntas específicas sobre este). Podemos inferir que: el docente está atento a los sucesos sociales del entorno y a las novedades que trae la tecnología y las redes sociales, para incluirlas como contexto de los problemas de derivadas, de tal manera que dichas tareas sean de interés para los estudiantes; propone situaciones contextualizadas al entorno de la ingeniería y acorde con los intereses de los alumnos, de manera que puedan valorar la utilidad de la derivada en la vida cotidiana y en su ámbito profesional; brinda confianza a los alumnos y los anima, les dice que sí pueden lograr resolver las situaciones de derivación, los motiva y empuja a intentarlo; en

sus clases tiene la intención de involucrar a todos los estudiantes para que participen saliendo a la pizarra y argumenten sus procedimientos de manera equitativa, aunque reconoce que no lo logra del todo por falta de tiempo; tiene que luchar contra el miedo y la fobia de los alumnos hacia las matemáticas, les da confianza para que intervengan y participen, puesto que sostiene que esa es su labor como docente, ayudar a levantar la autoestima de los estudiantes.

En consecuencia, por todo lo señalado concluimos que el docente E le asigna un peso medio considerable e importante a los aspectos afectivos al momento de diseñar e implementar sus clases de matemáticas para ingeniería; además, este docente supedita los aspectos emocionales al criterio mediacional (falta de tiempo).

En cuanto al criterio mediacional, este no solamente había sido tomado en cuenta por el profesor E al principio de la entrevista, sino que cuando se le hacen preguntas específicas de aspectos de medios emerge nuevamente y con un peso muy alto dentro de su práctica docente. De sus respuestas podemos inferir que: hace uso de recursos tecnológicos como el Wolfram, Symbolab, Geogebra, emuladores de calculadora y el Wimplot, ya que le permiten mostrar paso a paso y corroborar las derivadas; concluye que trabajar con aulas de 40 estudiantes no es lo ideal para la enseñanza de las derivadas, dice que lo ideal sería 20 alumnos por aula para poder monitorear y atenderlos adecuadamente; la infraestructura, el aula, sus elementos, los equipos multimedia y la distribución de los estudiantes en ella sí son adecuados para la ejecución del proceso de enseñanza que implementa para ingeniería; invierte tiempo disponible para las clases en lo más importante de las derivadas, lo que él considera que es relevante para los estudiantes, desde la



definición hasta las aplicaciones, pero básicas sin mucha profundidad; también invierte tiempo en aquellos contenidos matemáticos que considera presentan mayor grado de dificultad para los estudiantes.

En consecuencia, concluimos que para este profesor E los aspectos de medios son de gran importancia en su práctica docente, puesto que, además, se supeditan a él los demás criterios y tienen el mismo peso que el criterio ecológico.

Respecto al criterio ecológico aparece en su respuesta inicial y, de la triangulación realizada, evidenciamos que tiene un papel fundamental para orientar la práctica del docente E, lo cual justifica, sobre todo, por el hecho de tener en cuenta la futura profesión de los estudiantes de ingeniería; los contenidos que implementa sí tienen vínculo con cursos avanzados de ingeniería y con asignaturas posteriores de matemáticas, además, de conexiones con la física, la economía, los modelos econométricos y otros contextos; los contenidos de derivadas que enseña repercuten en la inserción sociolaboral de los futuros ingenieros, en la medida en que utiliza el poder interpretativo de los gráficos, los significados de los fenómenos y de ciertas situaciones laborales; también, se involucra con los estudiantes y procura entrar en su mundo del manejo de los recursos tecnológicos y las redes sociales, adecúa los contenidos de las derivadas a los intereses de los alumnos, aunque reconoce que la evaluación es la más débil en su proceso de instrucción.

De la triangulación entre lo dicho en la entrevista y lo observado en sus clases, se infiere que el criterio ecológico, junto al mediacional, son los que mayor peso tienen para orientar su práctica docente, y a los cuales se supeditan los demás criterios de idoneidad (epistémico, emocional, cognitivo e interaccional).

Resultados globales para el grupo de profesores

En la Figura 2 se muestra la información de la Tabla 2 mediante un esquema global de los criterios que orientan la práctica de cada uno de los profesores que han participado en la investigación. En la parte inferior se ha ubicado a los profesores designados por A, B, C, D, E, F, G; luego, de abajo hacia arriba se colocan los CID que cada uno de estos profesores tiene en cuenta -según la importancia que les asignan, de menor a mayor, a cada criterio de idoneidad y considerando tres niveles (bajo, medio y alto) – en el diseño e implementación de sus clases de derivadas y sus aplicaciones en carreras de ingeniería.

En la parte superior del esquema se muestran los criterios de idoneidad didáctica que, según hemos inferido, cada profesor considera de mayor importancia en el desarrollo de sus clases del tema matemático ya mencionado.

Conclusiones

Los resultados obtenidos nos permiten dar una respuesta a la pregunta que nos habíamos propuesto contestar en este artículo: ¿Cuáles son los criterios que orientan la práctica de este grupo de profesores para explicar matemáticas en un curso de ciencias básicas en ingeniería, en concreto, para explicar derivadas? Pero, además, podemos inferir el peso que tienen estos criterios en su práctica, como resultado de la triangulación realizada entre lo que dice y lo que se ha observado que hace en las aulas cada profesor.

Con base en los resultados obtenidos concluimos que los profesores de matemáticas de las facultades de ingeniería en el Perú, participantes en esta investigación, están

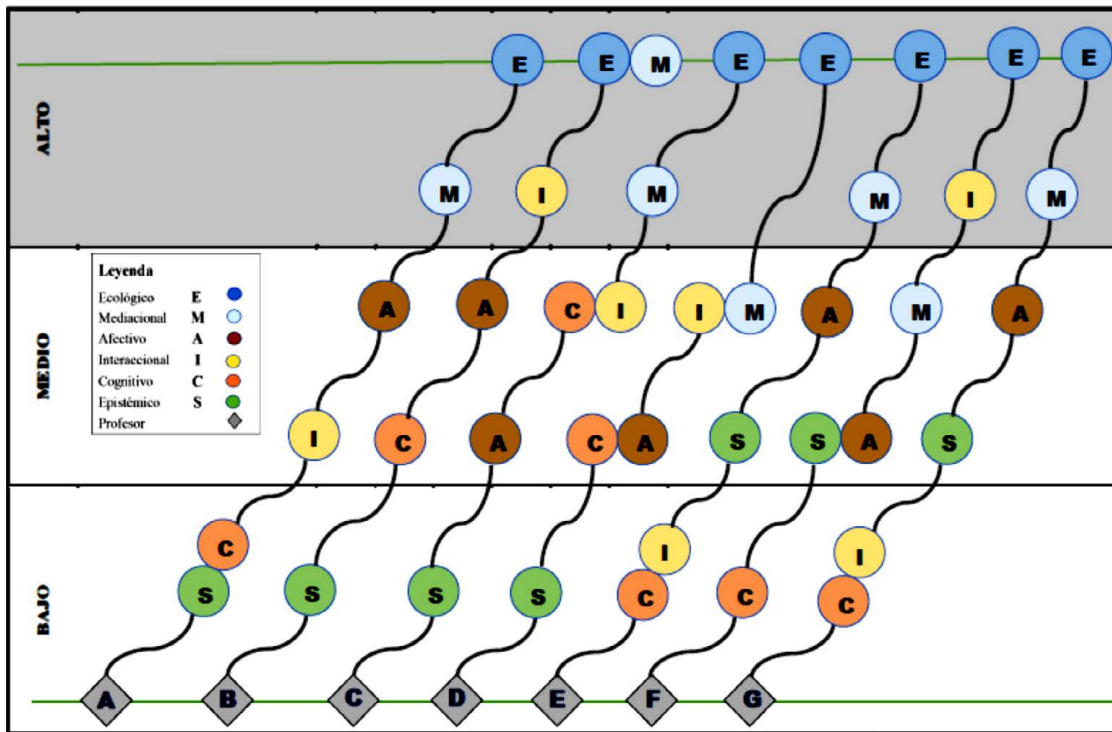


Figura 2. Esquema global de los criterios que orientan la práctica de cada uno de los profesores

Nota: Fuente propia de la investigación.

Tabla 2. Criterios de idoneidad que tienen en cuenta los profesores de matemáticas, según el peso

Peso	Criterio de Idoneidad didáctica	Docente						
		A	B	C	D	E	F	G
ALTO	Ecológico	X	X	X	X	X	X	X
	Mediacional	X	X	X		X		X
	Emocional							
	Interaccional		X				X	
	Cognitivo							
	Epistémico							
MEDIO	Ecológico				X		X	
	Mediacional				X		X	
	Emocional	X	X	X	X	X	X	X
	Interaccional	X		X	X			
	Cognitivo		X	X	X			
BAJO	Epistémico					X	X	X
	Ecológico							
	Mediacional							
	Emocional							
BAJO	Interaccional					X		X
	Cognitivo	X				X	X	X
	Epistémico	X	X	X	X			

Nota: Fuente propia de la investigación.



completamente condicionados por el programa de la asignatura y por los planes de clases, al momento de diseñar e implementar sus clases de derivadas y sus aplicaciones con estudiantes de las carreras de ingeniería. Tal y como se puede observar en los resultados, todos los profesores participantes de este estudio asignan el mayor peso en sus clases al criterio de idoneidad ecológico.

También podemos concluir que los profesores de matemáticas de las carreras de ingeniería que han participado están fuertemente condicionados por los medios y materiales de enseñanza en sus clases de cálculo diferencial, lo cual se justifica por el alto grado de importancia que le brindan a cuestiones de disponibilidad o falta de tiempo y a la distribución de los tiempos para el desarrollo de sus clases, así como al uso de los recursos tecnológicos como el software matemático. La gran mayoría de profesores participantes de este estudio asignan un alto peso en el desarrollo de sus clases al criterio de idoneidad mediacional.

De otro lado, concluimos que el grupo de profesores de matemáticas le asigna un peso medio a los criterios de idoneidad didáctica emocional e interaccional en el desarrollo de sus clases de cálculo diferencial, lo cual se justifica en el sentido de que la mayoría se preocupa por atender los intereses, las emociones y las necesidades de los estudiantes en las clases; así como también los docentes se preocupan por propiciar la interacción entre los estudiantes y entre estos con los propios profesores.

Finalmente, concluimos que los profesores de matemáticas de las carreras de ingeniería participantes en este estudio asignan un peso relativamente menor en la implementación de sus clases de cálculo diferencial a los criterios de idoneidad epistémico y cognitivo, puesto que sacrifican rigurosidad

matemática, procesos relevantes de la actividad matemática, así como la alta demanda cognitiva, por cuestiones ecológicas y mediacionales, tal como se puede apreciar en los resultados de esta investigación.

Si bien, los resultados obtenidos solo son aplicables estrictamente a los profesores participantes y sirven para alcanzar una mayor comprensión de su práctica docente, consideramos que dichos resultados van más allá de este grupo de profesores y nos dan información relevante de cómo es la práctica docente del profesorado de matemáticas de los ciclos básicos en las carreras de ingeniería en el Perú.

Agradecimiento

Trabajo desarrollado en el marco del proyecto de investigación en formación de profesorado: PGC2018-098603-B-I00 (MCIU/AEI/FEDER, UE). Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (Pronabec) del Ministerio de Educación del Perú. Beca Generación del Bicentenario, para estudios de doctorado en una de las 400 primeras universidades del mundo.

Declaración de la contribución de los autores

El porcentaje total de contribución para la conceptualización, preparación y corrección de este artículo fue el siguiente: W.G.C., 50 % y V.F.M., 50 %.

Declaración de disponibilidad de los datos

Los datos que respaldan los resultados de este estudio serán puestos a disposición por el autor correspondiente W.G.C., previa solicitud razonable.



Referencias

- Arana-Pedraza, R. A., Ibarra, S., & Font, V. (2020). Conocimientos y competencias didáctico-matemáticas del profesor de matemáticas en ingeniería: un primer acercamiento. En Y. Morales-López y A. Ruiz, *Educación matemática en las Américas 2019* (928-935). Comité Interamericano de Educación Matemática.
- Artigue, M. (1995). La enseñanza de los principios del cálculo: Problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. En M. Artigue, R. Douady, L. Moreno y P. Gómez (Eds.), *Ingeniería didáctica en la educación matemática*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Breda, A. (2020). Características del análisis didáctico realizado por profesores para justificar la mejora en la enseñanza de las matemáticas. *Bolema*, 34(66), 69-88. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n66a04>.
- Breda, A., Font, V., & Pino-Fan, L. R. (2018). Criterios valorativos y normativos en la didáctica de las matemáticas: El caso del constructo idoneidad didáctica, *Bolema*, 32(60), 255-278. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v32n60a13>.
- Breda, A., Pino-Fan, L., & Font, V. (2017). Meta didactic-mathematical knowledge of teachers: criteria for the reflection and assessment on teaching practice. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(6), 1893-1918. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01207a>.
- Breda, A., Hummes, V., da Silva, R. S., & Sánchez, A. (2021). El papel de la fase de observación de la implementación en la metodología estudio de clases. *Bolema*, 35(69), 263-288. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01207a>.
- Burgos, M., Castillo, M. J., Beltrán-Pellicer, P., & Godino, J. D. (2020). Análisis didáctico de una lección sobre proporcionalidad en un libro de texto de primaria con herramientas del enfoque ontosemiótico. *Bolema*, 34(66), 40-68. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n66a03>.
- Camarena, P. (2013). A treinta años de la teoría educativa "Matemática en el contexto de las ciencias". *Innovación Educativa*, 9(46), 17-44.
- Capote, G., Rizo, N., & Bravo, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 21-28.
- Carlos Guzmán, J. (2018). Buenas prácticas de enseñanza de los profesores de educación Superior. *REICE. Revista iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 16(2), 133-149. <https://doi.org/10.15366/reice2018.16.2.008>.
- Cooper, J., Levi Gamlieli, H., Koichu, B., Karsenty, R., & Pinto, A. (2020). Instructional innovation in mathematics courses for engineering programs – a case study. En M. Inprasitha, N. Changsri, & N. Boonsena (Eds.), *Interim Proceedings of the 44th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Khon Kaen, Thailand: PME.
- Esqué, D., & Breda, A. (2021). Valoración y rediseño de una unidad sobre proporcionalidad utilizando la herramienta idoneidad didáctica. *Uniciencia*, 35(1), 38-54. <https://doi.org/10.15359/ru.35-1.3>.
- Font, V. (2019). Dilemas sobre las matemáticas entendidas como una materia general (ciencia básica) para diferentes carreras (profesiones). En A. J. Arango, O. Sánchez, H. Vargas, M. X. Ariza, S. Díaz, S. & J. C. Canoles (Eds.), *Memorias III Congreso ciencias básicas en un mundo globalizado. Investigación experimental y simulación matemática*. Tunja, Colombia: Ediciones Usta-Universidad Santo Tomás.
- Font, V., Planas, N., & Godino, J. D. (2010). Modelo para el análisis didáctico en educación matemática. *Infancia y Aprendizaje*, 33(1), 89-105.
- García, J. (2013). La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería. *Revista Educación*, 37(1), 29-42.
- Garcés, W. (2021). Análisis de las pautas que rigen la práctica del profesor en la enseñanza de derivadas en ciencias básicas en carreras de ingeniería. *REDIMAT – Journal of Research in Mathematics Education* (en prensa).
- Garcés, W., Font, V., & Morales-Maure, L. (2021). Criteria that guide the Professor's practice to explain mathematics at basic sciences courses in engineering degrees in Peru. A case study. *Acta Scientiae*, 23(3), 1-33. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6389>
- Giacomone, B., Godino, J. D., & Beltrán-Pellicer, P. (2018). Developing the prospective mathematics teachers' didactical suitability analysis competence. *Educação e Pesquisa*, 44, e172011. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634201844172011>.



- Godino, J., Batanero, C., & Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, 39(1), 127-135.
- Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2019). The Onto-semiotic Approach: implications for the prescriptive character of didactics. *For the Learning of Mathematics*, 39(1), 37-42.
- Gusmão, T. C. R. S., & Font, V. (2020). Ciclo de estudo e desenho de tarefas. *Educação Matemática Pesquisa*, 22(3), 666-697.
- Juárez Ramírez, J. A., Chamoso Sánchez, J. M., & González Astudillo, M. T. (2020). Interacción en foros virtuales al integrar modelización matemática para formar ingenieros. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(3), 161-178. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3041>
- Monforte, G. L. (2011). Debates sobre el papel de las matemáticas en la formación de los ingenieros civiles decimonónicos. In *Técnica e ingeniería en España* (pp. 255-298). De los lenguajes al patrimonio.
- Morales-López, Y., & Font, V. (2019). Valoración realizada por una profesora de la idoneidad de su clase de matemáticas. *Educação e Pesquisa*, 45, e189468. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634201945189468>.
- Morales-Maure, L., Durán-González, R., Pérez-Maya, C., & Bustamante, M. (2019). Hallazgos en la formación de profesores para la enseñanza de la matemática desde la idoneidad didáctica. Experiencia en cinco regiones educativas de Panamá. *Inclusiones*, 6(2), 142-162.
- Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2017). Refining teacher design capacity: Mathematics teachers' interactions with digital curriculum resources. *ZDM*, 49(5), 799-812. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0870-8>.
- Pochulu, M., & Font, V. (2011). Análisis del funcionamiento de una clase de matemáticas no significativa. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 14(3), 361-394.
- Rodríguez Gallegos, Ruth. (2017). Repensando la enseñanza de las matemáticas para futuros ingenieros: Actualidades y desafíos. *IE Revista de investigación educativa de la REDIECH*, 8(15), 69-85. https://doi.org/10.33010/ie_riediech.v8i15.55.
- Schön, D. (1983). *The reflective practitioner*. Basic Books.
- Seckel, M. J., Breda, A., Sánchez, A., & Font, V. (2019). Criterios asumidos por profesores cuando argumentan sobre la creatividad matemática. *Educação e Pesquisa*, 45, e211926. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-4634201945211926>.
- Seckel, M., & Font, V. (2020). Competencia reflexiva en formadores del profesorado en matemáticas. *Magis*, 12(25), 127-144. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m12-25.crfp>.
- Sousa, J. R., Silva Gusmão, T. C. R., Font, V., & Lando, J. C. (2020). Task (Re)Design to Enhance the Didactic-Mathematical Knowledge of Teachers. *Acta Scientiae*, 22(4), 98-120. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5711>
- Vargas Muñoz, D. (2010). *Evaluación de la calidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje en las aulas de ingeniería de las universidades derivadas chilenas* [Tesis doctoral]. Universidad de Sevilla, España. <https://idus.us.es/handle/11441/24043>
- Villanueva, I. Z. (2019). *Sistema de tareas docente en el aprendizaje de la derivada en los estudiantes del primer año de la escuela profesional de ingeniería en telecomunicaciones, UNSA-2018* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10328>



Criterios que guían la práctica del profesor de matemáticas en cursos de ciencias básicas para ingeniería (Walmer Garcés-Córdova • Vicenç Font-Moll) *Uniciencia* is protected by [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported \(CC BY-NC-ND 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/)