



UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO  
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES  
ESCUELA DE PEDAGOGÍA EN EDUCACION MATEMÁTICA

**UN ESTUDIO DE LAS RELACIONES PERSONALES DE  
ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE INGENIERÍA CON LAS  
MATEMÁTICAS EN UNA PERSPECTIVA DE UTILIZACIÓN  
PROFESIONAL**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE PROFESORA DE EDUCACIÓN  
MEDIA EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA**

**AUTORA: ESPINOZA SÁEZ, DANIELA FERNANDA**

Profesora Guía: Pascual Pizarro, Sara

CHILLÁN 2019

## **RESUMEN**

En primer lugar, realizamos un análisis cuantitativo mediante la aplicación de un cuestionario semiestructurado, exploramos las tendencias e intereses que tienen los estudiantes en la forma de relacionarse con las matemáticas, resultando ser que los estudiantes presentan un enfoque teórico, seguido por un interés en el procedimiento y en la aplicación. Seleccionamos dos estudiantes de cada tendencia para el análisis cualitativo en profundidad, el cual se basa en un análisis de competencias utilizando una matriz de competencias formulada a partir del análisis a priori de las pruebas de Cálculo II de los estudiantes de Ingeniería Civil Mecánica UBB.

Según el análisis de competencias realizado, los estudiantes demuestran mayoritariamente un dominio en las competencias de saber intervenir y explicitar, no estando libre de error en dichas competencias, sin embargo, presentan mayor cantidad de errores en las competencias de saber evaluar. La enseñanza de las matemáticas privilegia el aprendizaje algorítmico, un enfoque teórico, con énfasis en el procedimiento.

Palabras clave: competencias, matemática, ingeniería, aplicación, educación, didáctica.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>2. PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Saberes teóricos y saberes de acción.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 La aparición de la noción competencia.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 La resolución de problemas como cuadro de desarrollo.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4 Pregunta de investigación.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Hipótesis de investigación.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6.1 Objetivo General.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>19</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 El lugar de la aplicación matemática.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.1 Contextualización.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.2 Potencialidades de la contextualización.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.3 Dificultades de la contextualización.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Modelización.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Las competencias en la resolución de problemas.....</b>	<b>28</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Contexto y sujetos de estudio.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Aplicación de cuestionario.....</b>	<b>31</b>
<b>5. ANALISIS CUANTITATIVO.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1 Percepción de la formación.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2 Percepción de los cursos.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1 Percepción del curso que más ha aportado.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2.2 Percepción del curso que menos ha aportado.....</b>	<b>34</b>
<b>5.3 Percepción formación recibida.....</b>	<b>36</b>
<b>5.4 Formación deseada.....</b>	<b>37</b>
<b>5.5 Intereses en matemática.....</b>	<b>39</b>
<b>6. ANÁLISIS CUALITATIVO.....</b>	<b>42</b>
<b>6.1 Errores e identificación de competencias.....</b>	<b>44</b>

6.1.1	Presentación del problema .....	44
6.1.2	Análisis a priori .....	45
6.1.3	Errores detectados e identificación de las competencias....	47
6.2	Percepción, motivación y aprendizaje.....	50
6.3	Vínculos con las competencias.....	51
7.	RESULTADOS.....	52
8.	BIBLIOGRAFIA.....	53
9.	ANEXOS.....	54
9.1	ANEXO 1: CUESTIONARIO APLICADO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	54
9.2	ANEXO 2: CÁLCULO DE INDICADORES DE INTERÉS.....	64

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar, a mi profesora guía, Dra. Sara Pascual Pizarro, quien me apoyó durante todo el proceso de esta investigación, motivando y exigiendo siempre más, además de su disposición a ayudar en los momentos en que la necesité para el desarrollo de esta tesis. Infinitas gracias profesora.

Agradezco a cada uno de los que colaboraron en la realización de esta tesis, académicos y estudiantes que aceptaron participar en este estudio. Sin su colaboración, nada de esto habría podido ser.

Finalmente, agradezco a mi abuela Magdalena, por apoyarme siempre en mis metas profesionales y académicas, por preocuparse de mi formación y motivarme a realizar una buena investigación y creer en mi. Gracias a mis amigas, amigos y familia por su apoyo y paciencia durante este período.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación es motivada por el interés que provoca conocer las relaciones de los estudiantes de ingeniería de nuestra universidad con las matemáticas, con el fin de identificar las competencias presentes desde una perspectiva de utilización profesional, considerando que un ingeniero debe saber evaluar, saber interpretar y saber decir.

Creemos que los estudiantes se han relacionado con las matemáticas utilizando algoritmos que muchas veces no conocen su justificación ni evalúan correctamente cómo y cuándo utilizar, aplican sin cuestionar.

Este estudio de carácter mixto, por un lado identifica, mediante la aplicación de un cuestionario (Anexo 1), las distintas percepciones de los estudiantes de ingeniería de la universidad del Bío Bío, con el fin de conocer cómo se han relacionado con las matemáticas estos sujetos a lo largo de su historial educativo. Se realiza entonces un análisis cuantitativo que nos permite identificar cuál es la tendencia e interés de nuestros estudiantes mediante el cálculo de indicadores de interés, el que fue utilizado por Caron (2001) y adaptado a nuestro contexto.

Finalmente, se realiza un análisis cualitativo de datos, seleccionando los sujetos más representativos de cada tendencia obtenida en la primera parte. Este análisis por medio de una matriz de competencias nos permite identificar las competencias y errores presentes en cada grupo y así caracterizar las competencias de los estudiantes de ingeniería civil mecánica de la UBB, según su perfil profesional.

## 1. PROBLEMÁTICA

### 1.1 Saberes teóricos y saberes de acción

Las divergencias de opiniones en cuanto a las finalidades que hay que dar a la enseñanza de las matemáticas serían un reflejo de la tensión y de la complementariedad que existen entre los *saberes teóricos* y los *saberes de acción*. En el ámbito educativo la teoría y la práctica constituyen dos realidades autónomas que gestionan conocimientos de diferente envergadura y se desenvuelven en contextos también distintos (la universidad y la escuela, generalmente), encontrándose en una situación de permanente tensión: se necesitan y se justifican mutuamente. Sin embargo, con frecuencia se ignoran la una a la otra, siendo esta ruptura una de las principales fuentes de problemas para el desarrollo de conocimientos y habilidades en la aplicación matemática (Caron, 2001).

Barbier (1996) dirigió una obra colectiva sobre este tema, en el cual enuncia que la distinción entre estos dos tipos de saberes se inscribe en el paradigma más amplio (o extenso) de la *bipolarización teoría-práctica*:

- *teoría*: lo que pertenece al orden de lo universal, de lo abstracto, del deductivo, de lo aplicable, de lo transportable en la práctica;
- *práctica*: lo que pertenece al orden del contingente, de lo incierto, de lo inductivo, de lo que alimenta la teoría.

En la misma obra, Gagnepain y André (1996) vinculan los saberes de acción a la tecnicidad, a la creación, a la maestría y a la información que sirve al hombre. En resumen, sacaría su razón de ser de la creación y de la transformación por el hombre de sistemas artificiales que son útiles para él. De modo complementario, los saberes teóricos serían vinculados a una visión de un mundo más intelectualizado, sin búsqueda de un lazo directo de utilidad para la sociedad, pero preocupado en primer lugar del conocimiento, por la observación y la comprensión de los sistemas naturales.

Gagnepain y André insisten en la legitimidad de estos dos tipos de saberes científicos. Por su consideración de la complejidad y las dificultades sociales, los saberes de acción son innegablemente útiles para la sociedad. De modo diferente, ya que no se basan en un principio de utilidad inmediata, los saberes teóricos permanecen útiles, a la vez para el individuo y la sociedad, ya que permiten asegurar la libertad de pensamiento, dejar el espacio necesario a la creatividad, favorecer el desarrollo de conocimientos nuevos, lo que se traduciría al final de la línea por una mejor competitividad industrial e intelectual.

Gagnepain y André ilustran finalmente cómo estos dos tipos de saberes se alimentan mutuamente, en una asociación ineludible. En efecto, la construcción de saberes de acción según el ciclo de las evoluciones tecnológicas sometidas al potencial y a la demanda social puede conducir a un agotamiento de los "depósitos" de conocimientos sobre un tema particular, imponiendo un recurso por la ciencia la construcción de nuevos saberes teóricos. Por consiguiente, adoptando una perspectiva a largo plazo, incluso una visión esencialmente



tecnológica de la ciencia se debe de mantener en operación un medio de construcción de saberes teóricos. Recíprocamente, la construcción de saberes teóricos para responder a una búsqueda de nuevos conocimientos puede llevar a resultados científicos mayores cuyas repercusiones en la sociedad conducirán al desarrollo de nuevos saberes de acción. A esto, habría que añadir, para contribuir a ilustrar la asociación entre estos dos tipos de saberes, que el recurso a la experimentación en la construcción de nuevos saberes teóricos puede también llevar al desarrollo de nuevos saberes de acción.

En el plano matemático, *"las actividades que pueden ejercitarse sobre la base de un saber puramente teórico son excesivamente raras"*, escribe Lehmann (1996). Si hasta el matemático incorpora a su práctica saberes de acción, éstos desempeñan un rol todavía más grande cuando la utilización de los saberes matemáticos se hace en un contexto aplicado, como, por ejemplo, en ingeniería, en informática o en la gestión. En matemáticas aplicadas, como en otros sectores de actividad humana, el saber de acción procura tratar de modo adecuado la complejidad intrínseca de los problemas reales. Recurrimos más bien a los diversos enfoques desarrollados para abordar los problemas complejos (a un gran número de grados de libertad): los métodos de aproximación, la simulación, la lógica vaga (o fluida), los sistemas expertos, etc.

En este sentido, en el marco de la enseñanza tradicional, fuertemente influida por las teorías conductistas y netamente enciclopedista, en la que se privilegian los resultados de la evaluación de cierto saber teórico, en detrimento de los procesos de aprendizaje. Se considera al error como un signo de imperfección del

alumno (no presta atención, no obedece al profesor, no visualiza el placer en el conocimiento, etc.), y se hace necesario sancionarlo. De acuerdo a (Rico, 1995), el error es conocimiento deficiente e incompleto, es una posibilidad, y una realidad, permanente en el conocimiento científico. Los procesos de aprendizaje incluyen errores sistemáticos, pero los juzgamientos de los profesores sobre los errores de los alumnos dependen de su propia relación con la matemática. Para alguien que no ha tenido nunca, o solo un poco, una relación de investigador con la matemática del nivel que sea, el error debe ser eliminado. Restaurar el lugar necesario del error en las actividades matemáticas pasará entonces por una nueva relación personal con las matemáticas. La elección del modelo de enseñanza es determinante (Brousseau, 1998).

Por otro lado, el desarrollo del conocimiento científico está plagado de errores. Las ciencias, son útiles para adquirir habilidades de pensamiento lógico, además de prever comportamientos de sistemas físicos. Sin embargo, un mal aprendizaje de éstas, no serán de una gran utilidad, puesto que el estudiante aplica fórmulas sin comprender su significado. Al interior del curso de matemáticas podemos preguntarnos si no habría allí que preparar más la utilización de estas matemáticas, tomada en consideración de la complejidad. Tomando en consideración herramientas electrónicas como calculadoras y software, que ayudan al profesional a realizar su labor. “En palabras de un distinguido ingeniero, un software avanzado de cálculo estructural y un bisturí se consiguen por menos de 10 mil pesos en los mercados informales de Santiago (...), y su uso inexperto es igualmente peligroso.” (Jorge Oyarzún, 2009)

En su enseñanza tradicional, las matemáticas sugieren una visión idealista de un mundo de conceptos donde todo se tiene, sin falla, de modo lógico, universal, con una garantía de perennidad. Si esta visión permite agarrarse a invariantes en un mundo de cambios, puede también, al extremo, dificultar la adaptación al mundo extraescolar donde los conocimientos son a menudo localmente significativos, efímeros, vagos, y hasta arbitrarios. Los saberes relativos a la transformación de los conceptos matemáticos en un contexto de lo real, dan lugar, parece, cada vez más, a nuevas formas de organización, de formulación de traducción de enunciados en situación de resolución de problemas, cuyas formalizaciones tienden a consolidar un estatus del saber, aproximado a los saberes teóricos. (Barbier, 1996) Paralelamente estos últimos saberes, asimilados a los saberes disciplinares de investigación, de enseñanza, o de disciplinas profesionales a la ingeniería, tienden a extenderse a nuevos objetos y a nuevos campos de saberes teóricos que los aproximan a la acción y a su inteligibilidad en sus utilidades (Barbier, 1996; Caron, 2001)

## **1.2 La aparición de la noción competencia**

*“Nuevos paradigmas, como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes, y la actual economía conforman un escenario particular que requiere de nuevas formas de intercambio y de comunicación. El mundo cambió y sigue cambiando, y la sociedad actual exige más a la Universidad; no sólo exige la formación profesional (el “saber”), sino también, la dotación de competencias profesionales a sus egresados (el “saber hacer”). (CONFEDI , 2016)*

Debido al aumento del conocimiento y la velocidad con que éste se genera, la transmisión del conocimiento de manera tradicional de enseñanza se hace cada vez más difícil de conducir y transmitir. El hecho es, que no podemos pretender que la formación de un futuro ingeniero abarque su totalidad de esta manera, ya que son muchos los conocimientos que deben ser adquiridos. Es por esto, que se comienzan a buscar nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje que permitan desarrollar competencias específicas referidas a la profesionalidad en el campo laboral.

En el plano del trabajo el término competencia surgió de la empresa. A partir de la necesidad de caracterizar tareas de aptitudes, conocimientos y destrezas necesarias para cumplir exitosamente las actividades que componen una función laboral, y de acuerdo a los estándares definidos por el sector productivo (OIT, 2007), se vinculó la capacidad de movilizar conocimientos teóricos (el saber) y destrezas prácticas (el saber hacer) en un saber actuar frente a una situación compleja.

De Terssac (1996) definió la noción de competencia en el contexto profesional, que “permite pensar en la relación entre el trabajo y los saberes retenidos por el individuo”. En el contexto didáctico, Orange (1996) asocia el concepto competencia en la clase, al saber actuar y utilizar de manera eficaz los conocimientos en la resolución de situaciones problemas complejos; los conceptos matemáticos, herramientas matemáticas, relaciones entre conceptos, definiciones, etc., planteadas por el profesor (Tardif, 2008). Según Tardif, la idea de saber actuar hace surgir la noción que cada competencia está esencialmente ligada a la

acción y le otorga un carácter más global que un conocimiento técnico procedural. Él integra además la “movilización” de un conjunto de recursos que son los contenidos del curriculum como herramientas en la resolución de problemas. De esta manera, entendemos, según Tardif, que una competencia es “**la utilización y la movilización de recursos**” y no el uso de un algoritmo memorizado y practicado repetidamente en vista de asegurar la aprobación del curso, sino en vista de un saber actuar muy flexible y adaptable a diversos contextos y problemáticas. Conviene destacar acá que se trata de una movilización selectiva de recursos de conocimientos en las situaciones de aprendizaje en los momentos de reflexión-en-vista-de-la acción, reflexión-el-transcurso-de-la acción y de reflexión a partir de la acción (Tardif, 2008).

La noción de competencia ni sustituye ni revoluciona la tradicional de conocimiento, le añade la dimensión de conocimiento en ejercicio (saber hacer) y también, con algunos matices, la de conocimiento gestado en la práctica. Caron y De Cotret (2007) proponen que las competencias extienden potencialmente los tipos de utilización del saber en la institución escolar. Es decir, que ciertas funciones *protomatemáticas (protomathématiques)* del saber (Chevallard, 1985) podrían ser más explícitamente tomadas en cuenta y desarrolladas en una perspectiva de competencias. Podemos pensar, por ejemplo, modelizar, formular conjeturas, probar, que forman parte de la actividad matemática sin ser específicos a un saber dado; en estos casos, la idea de competencia permite dirigir de vez en cuando la atención en cada una de estas utilizaciones. En este sentido, (Tarabay, 2005), afirma que una formación para la competencia es una

formación que debe tener un cierto sesgo profesional, lo que implica que no sólo se impartan conocimientos teóricos y prácticos sino que se forme a los estudiantes en actitudes frente al trabajo profesional que les aguarda.

De aquí, que se comience a trabajar en una renovación curricular, teniendo como objetivo el desarrollar competencias en función al perfil de egreso profesional que demanda la sociedad, centrada sobre las cuestiones de profesionalización en la resolución de problemas.

### **1.3 La resolución de problemas como cuadro de desarrollo**

*"Hacer matemáticas, pensar en objetos "abstractos" como los números, las figuras, discutir lo la "verdad " y de lo "falso" utilizando conocimientos compartidos que permiten sobrepasar el argumento de autoridad, es comenzar a apropiarse de elementos de la cultura científica. Esta cultura se caracteriza, por cierto, por conocimientos pero principalmente se ejerce a través de las actividades de resolución de problemas y los debates a los cuales pueden dar lugar las soluciones elaboradas por los alumnos."*  
*(Documento de aplicación de los programas, Matemáticas, MINEDUC).*

Los programas actuales anuncian "un lugar central para la resolución de problemas" (MINEDUC, 2012). Señala el programa, el aprendizaje es más que la adquisición de conocimientos. Es más bien la investigación, la comunicación, la representación, el raciocinio y la utilización de una variedad de enfoques para resolver un problema. También es la adquisición de otras habilidades y actitudes. Desde un punto de vista educativo, en general, la resolución de problemas es contemplada como una parte del currículum relacionada con aplicaciones directas

de modelos científicos ya formulados y probados (Begoña Gros, 1990). En el enfoque didáctico, la resolución de problemas compromete la devolución<sup>1</sup> del estudiante de manera autónoma en la exploración y validación de sus resultados lo que implica, por parte de la enseñanza, la capacidad de identificar y analizar situaciones problemáticas cuyo método de solución no resulte obvio de manera inmediata para los estudiantes. Esto comprende despertar la motivación del estudiante, buscando situaciones problemas al nivel de las matemáticas enseñadas que le ayuden a involucrarse en la búsqueda de la resolución con el fin de desarrollar y lograr su pleno potencial como estudiante ahora y más tarde como ingeniero innovador constructivo y reflexivo (OCDE, 2014 ).

La enseñanza desde la perspectiva de resolución de problemas pretende poner el acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas (Brousseau, 1998). Surge así, la disposición necesaria en los alumnos de los conocimientos teóricos y procedimentales requeridos como indispensables para resolver la situación problema que se le ha planteado. Esto señala la búsqueda consciente de un modelo que potencie el desarrollo de un alumno independiente, que en interacción con el conocimiento y el mundo que lo rodea aprende y organiza su saber como parte de su construcción personal y profesional. (Curotto, 2008)

---

<sup>1</sup> Según Brousseau 1998 la devolución corresponde al proceso en que el estudiante realiza interacciones con el problema, llevando a discusiones, debate, realización de preguntas, presenten conflictos cognitivos, de forma que el profesor guía por medio de intervenciones y realización de preguntas.

(Poirier, 2001) establece que, para construir nuevos conocimientos, se hace necesario poner en duda el saber ya adquirido. El estudiante debe percatarse de que sus conocimientos iniciales no son suficientes, es así como una de las mejores formas de llegar a la puesta en duda del saber adquirido es la resolución de problemas. Además, menciona que un “buen” problema, para empezar, tiene un objetivo que lograr, una solución que encontrar, pero esta solución no se encuentra directamente; no aparece de la aplicación de una técnica, sino de una búsqueda de la solución. Detrás de esta idea se esconde la de un desafío razonable: para despertar el interés de los estudiantes, el problema a resolver debe presentar un desafío ni demasiado simple ni demasiado complejo.

La resolución de problemas resulta ser así una de las problemáticas que en estos últimos tiempos está siendo abordada con gran interés y preocupación por la investigación educativa. Para Gaulin (2001) hablar de problemas implica considerar aquellas situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y donde para responder hay que pensar en las soluciones y definir una estrategia de resolución que no conduce, precisamente, a una respuesta rápida e inmediata. (Curotto, 2008).

Según Jover (2003), la enseñanza de la ingeniería apunta a crear ingenieros capacitados para resolver problemas, por lo que propone que en el aula se ejercite la resolución de problemas para lograr en ellos esta competencia. Un egresado que sabe resolver problemas, agrega Jover, tiene un valor agregado y, en consecuencia, esta competencia legitima su calidad y la calidad de la formación que ofrece la carrera que cursó.



Para los ingenieros, es crucial convencerse de la aplicación de las matemáticas; la aplicación de éstas es lo que ha permitido lograr el desarrollo que ha alcanzado la ingeniería. (Iriarte, 2001) Debido a esto es necesario saber cuál es el lugar que ocupa la aplicación matemática durante la formación del ingeniero. Además, la misma palabra *aplicación* parece llevar a confusión, según Roitman, 1995, las interpretaciones son muy variadas, por un lado lo que se ve en la aplicación de un concepto a otros dominios de las matemáticas, a lo que se entiende como la aplicación de una técnica simple de cálculo a la vida diaria del alumno. (Caron, 2004)

En el programa del curso Cálculo II de ingeniería Civil Informática de la universidad del Bío-Bío, se hace mención a que durante el curso se estudian integrales definidas, sucesiones, las series y el cálculo diferencial de *n variables*, y sus aplicaciones. Sin embargo, a partir de tales programas, no se puede obtener una idea clara del lugar que tendrá la aplicación. Ya que en educación, a menudo se asocia el algoritmo con un enfoque procesal, casi behaviorista del aprendizaje (Roitman, 1995), el alumno es programado según una secuencia de operaciones que hay que memorizar. Recordemos, pues, que por algoritmo, en ingeniería Civil Informática, se entiende una secuencia de operaciones típicamente destinada a un computador para producir una solución a un problema (de matemáticas u otro). Por lo tanto, otorgar un espacio a la aplicación y explicitación a las *matemáticas discretas* y a los *algoritmos* por ejemplo, en la formación universitaria, sería una contribución importante, ya que esto permitiría explicar algunos modelos matemáticos utilizados por algunos software específicamente. Lo que hace posible

para el estudiante modelizar y resolver manteniendo una mirada crítica sobre los resultados. En efecto, el algoritmo puede ser visto como una herramienta, un método que ayuda a producir un resultado, dentro de una variedad de situaciones, y en este sentido, es esencial en informática y en matemáticas aplicadas. Por ejemplo, los *algoritmos numéricos iterativos* de cálculo de raíces pueden aplicarse tanto a polinomios de grado  $n$  como a funciones más complejas.

Podría existir una explicitación, en tal caso, si se utilizan expresiones de “situaciones concretas” haciendo que el alumno determine los diferentes casos posibles, las relaciones de dependencia con las variables del problema, las situaciones-límites, y los aspectos probabilistas del problema. Finalmente, un algoritmo puede también ser visto como un objeto matemático cuyas propiedades (convergencia, complejidad, exactitud) emanan de un análisis teórico; el estudio de los algoritmos podría ofrecer un complemento a la geometría como medio de desarrollar el sentido de la demostración y el razonamiento deductivo.

El tiempo requerido para una enseñanza de las matemáticas que integra tantos elementos puede estar disponible sólo si se recorta en otra parte. El aprendizaje por la repetición de técnicas laboriosas y en lo sucesivo automatizadas podría ser bien este "en otra parte". En particular, al nivel universitario se podría repensar completamente los cursos de cálculo diferencial e integral que dedican muchísimo tiempo al aprendizaje de técnicas, y a menudo pasan por el lado de la interpretación del problema y de su solución.

## **1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué métodos privilegia hoy la enseñanza de las matemáticas, en la formación del futuro ingeniero de la Universidad del Bío Bío? ¿Qué competencias desarrollan los estudiantes?

## **1.5 HIPÓTESIS**

La enseñanza actual de las matemáticas privilegia el aprendizaje algorítmico.

### **1.6.1 OBJETIVO GENERAL**

Explorar qué tipo de competencias desarrollan los estudiantes de ingeniería de la Universidad del Bío Bío.

### **1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Analizar las relaciones personales de los estudiantes de ingeniería de la UBB con las matemáticas.
2. Analizar las producciones de los estudiantes.
3. Describir las competencias que desarrollan los estudiantes.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 El lugar de la aplicación matemática**

Hacer un lugar a la aplicación en el curso de matemática, es dar tiempo para *contextualizar* y *modelizar*. En la perspectiva de desarrollo de competencias a través de resolución de problemas, el interés didáctico de la contextualización y de la modelización es difícilmente discutible. Las dificultades asociadas con estas acciones no son sin embargo insignificantes.

#### **2.1.1 Contextualización**

La contextualización, se refiere a hacer comprender un problema sacado de la realidad, que incorpora informaciones no matemáticas, es decir, un problema lo más realista posible, para el cual su resolución recurrirá a la utilización de conceptos y métodos matemáticos. La contextualización, sirve además para ilustrar estos conceptos y métodos, testimoniar su utilización, y desarrollar saberes prácticos de resolución de problemas (Caron, 2004)

Debe incluir una toma en cuenta de la relación con la realidad, tanto en la construcción del saber matemático como en su aplicación. Y las razones para ir en esta dirección van más allá del apoyo de la motivación del alumno, a quien puede dar lugar una contextualización de las matemáticas a diferentes dominios de realidad.

Según Chevallard (1991) la modelización matemática puede ser considerada como un proceso de “contextualización” de los objetos matemáticos tomándolos como instrumentos de modelización de un sistema matematizado (Pascual, 2013).

Ya que debe incluir una toma en cuenta de la relación con la realidad, tanto en la construcción del saber matemático como en su aplicación. Y las razones para ir en esta dirección van más allá del apoyo de la motivación del alumno, a quien puede dar lugar una contextualización de las matemáticas a diferentes dominios de realidad.

### **2.1.2 Potencialidades de la contextualización**

*“Nos enseñan un montón de cosas, nos dicen que esto nos servirá más adelante, pero no nos muestran en qué situación. Las matemáticas, es el mejor ejemplo”*

Olga Béguin, 13 ans, Genève

Según Béguin, Marcellus et Vitale (1996), la motivación es una de las primeras potencialidades que se le asocian a la contextualización. Parnell (1998), habla del “enfoque del congelador” en la enseñanza de las matemáticas. En este enfoque, se les pide a los estudiantes que conserven a largo plazo conocimientos, aislados de toda aplicación y deben creer al profesor cuando les asegura que podrían necesitarlos más tarde y que los encontrarán intactos. Para muchos estudiantes, el trabajo al nivel abstracto es difícil, cuando además no ven la utilidad, simplemente se niegan al aprendizaje. Sin embargo, Parnell plantea que, si la enseñanza estuviese dirigida a la búsqueda de vínculos entre el contenido disciplinario y el contexto para su utilización, entre la escuela y otras formas de experiencia, y entre las disciplinas. El interés de los estudiantes se vería

estimulado, favoreciendo el desarrollo del pensamiento, las competencias y de las herramientas necesarias para la supervivencia en nuestra sociedad compleja.

Pero, la importancia de la contextualización no solamente reside en la motivación, sino que además permite atribuir un sentido a los símbolos y reglas formales que muchas veces son enseñadas como convenciones arbitrarias sin vínculos más que como la expresión de relaciones entre cantidades y entidades físicas, de invariantes fundamentales. (Resnick, 1987, Caron 2012). Partiendo del supuesto de que una tal enseñanza no favorece al alumno a vincular las reglas matemáticas y sus propias intuiciones, podemos entonces comprender que el alumno tendrá un crecimiento en sus habilidades de cálculo, y una regresión en las habilidades vinculadas a la resolución de problemas. La contextualización de un concepto, en cambio, podría ayudar a reconstruir el sentido de eso, utilizando el concepto en el ejemplo, que no se limita a un solo contexto. Además, en el marco del desarrollo de competencias, la integración de la contextualización a la enseñanza de las matemáticas permitiría la adaptabilidad progresiva a la variabilidad de contextos de utilización, ya sea de carácter local o interdisciplinario de algunos conocimientos. (Caron, 2004)

Otro aspecto a tener en consideración, es que, la contextualización puede combinar matemáticas de alto nivel con la selección y consideración de su utilización en medio de trabajo.

### **2.1.3 Dificultades de la contextualización**

La contextualización requiere de tiempo y recursos para su aplicación. Si en el curriculum no está integrada, difícilmente se dispondrá de estos recursos. Según Forman y Steen (1994), repensar un curriculum que integre la perspectiva de aplicación, es algo que no se inscribe en la tradición curricular, ni en la escuela de la enseñanza clásica. Los matemáticos que se interesan por el curriculum de la formación fundamental, argumentan estos autores, lo hacen principalmente con el fin de lograr una preparación para la formación universitaria matemática, dejando de lado la aplicación de los conceptos, por otro lado, los que definen las matemáticas enseñadas en el sector profesional, privilegian el desarrollo de habilidades técnicas, y no procuran desarrollar una comprensión del saber matemático (Caron, 2004)

A esto, se añade un problema de percepción. Para muchos matemáticos y profesores, las matemáticas aplicadas son percibidas como matemáticas de segundo orden (Breiteig, 1994). Un problema sería negar la posibilidad de encontrar un sentido, un valor, una motivación intrínseca al estudio de las matemáticas como tal, al utilizar la motivación exterior a las matemáticas. En este caso, para prevenir esto habría que velar en no caer en el exceso. (Caron, 2004)

## **2.2 Modelización**

Pollak, matemático que trabajó durante 35 años en los Laboratorios Bell y formó ingenieros en esta empresa, señala que en niveles técnicos avanzados los

ingenieros necesitan en su práctica de un enfoque sistemático eficaz en la resolución de problemas:

*“Antes que todo, necesitamos tener conocimiento del hecho de que el pensamiento matemático, el pensamiento analítico, estructural, cuantitativo, sistemático, puede ser aplicado al mundo real y generar observaciones de gran valor; en otros términos, que la modelización matemática es posible y puede ser eficaz. (Pollak, 1988)”*

La modelización aumenta de manera extraordinaria el poder de previsión de la ciencia: un pequeño número de principios bastan para construir un dominio conceptual extendido como el de la mecánica; la teoría celular y la teoría de la evolución se reencuentran de manera implícita en la mayor parte de los anuncios de biología...” (Dupin, 1995). De hecho, con las tecnologías que permiten explorar y resolver problemas cada vez más complejos y abordar sitios de la realidad cada vez más vastos, la modelización ha adquirido una importancia considerable en la práctica matemática, y una de las cuestiones claves de su enseñanza (Abedul, 2000). Ocupa un lugar cada vez más importante en las formaciones de ingenieros. Los planes y programas de estudio de diferentes instituciones señalan, ya sea en términos de competencias o de contenidos, que uno de los objetivos de las asignaturas matemáticas es dotar al estudiante de herramientas matemáticas para que modele situaciones prácticas. (Romo-Vasquez, 2014)

Tal como afirma Mogen Niss (1989) “La modelización matemática es el arte de aplicar las matemáticas a situaciones de la vida real”. En principio, en la resolución de problemas complejos, existe un proceso de modelización detrás de todo



modelo matemático. Esto significa que alguien de manera implícita o explícita ha recorrido un proceso de establecer una relación entre alguna idea matemática y una situación real. (Blomhoj & Jensen, 2003)

Según Blomhoj y Jensen (2003), es posible describir un proceso de modelización matemática posible describir un proceso de modelización matemática consistente en los siguientes seis sub-procesos

(a) **Formulación del problema:** formulación de una tarea (más o menos explícita) que guíe la identificación de las características de la realidad percibida que será modelizada.

(b) **Sistematización:** selección de los objetos relevantes, relaciones, etc. del dominio de investigación resultante e idealización de las mismas para hacer posible una representación matemática.

(c) Traducción de esos objetos y relaciones al lenguaje matemático.

(d) Uso de métodos matemáticos para arribar a resultados matemáticos y conclusiones.

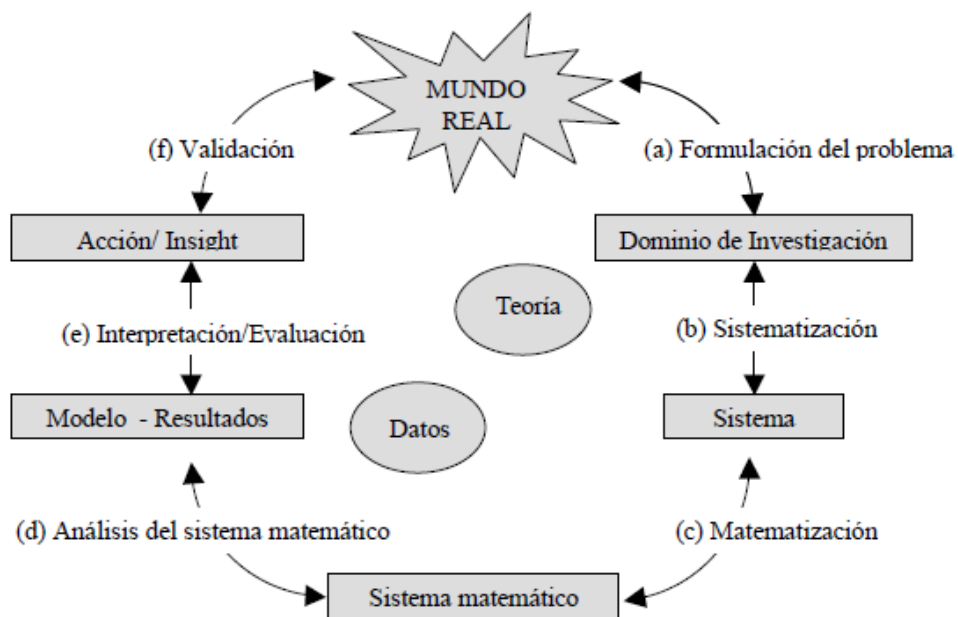
(e) Interpretación de los resultados y conclusiones considerando el dominio de investigación inicial.

(f) Evaluación de la validez del modelo por comparación con datos (observados o predichos) y/o con el conocimiento teórico o por experiencia personal o compartida.

Sin embargo, también se señala que la modelización no debe ser tomada como un proceso lineal, un proceso de modelización siempre toma la forma de un proceso cíclico donde las reflexiones sobre el modelo y la intención de uso de éste, conduce a una redefinición del modelo. De hecho, cada uno de los seis subprocesos puede introducir cambios en el proceso previo. (Blomhoj & Jensen, 2003).

En la mayoría de los casos, la matematización y el análisis del modelo (procesos (c) y (d)) se constituyen en un problema matemático para el que modela y en consecuencia, el proceso de modelización incluye resolución de problemas matemáticos.

Para un mejor entendimiento, el proceso de modelización es mostrado en el siguiente esquema. (Figura 1) según Blomhoj (2003)



**Figura 1.** Un modelo gráfico de un proceso de modelización

Blomhoj & Jensen (2003), señalan que el conocimiento teórico y los datos empíricos del dominio de investigación son la base para todos los sub-procesos, los cuales están indicados mediante las dos elipses en el centro del diagrama. A veces, los “Datos” existen previos al proceso de modelización y por lo tanto, estos “datos” pueden ser usados en los procesos de sistematización y matematización y eventualmente usados también para validar el modelo.

Desarrollar en los alumnos la sensibilidad necesaria para estas profundas reflexiones es una parte importante de las metas a largo plazo para la enseñanza de la modelización matemática. Por el tiempo que requiere y la necesidad de centrarse en los intereses individuales de los alumnos (para evitar para que el contexto de aplicación se instaure en obstáculo), la modelización constituye una de las razones para integrar los proyectos de alumnos en el aprendizaje de las matemáticas. Para que tales proyectos puedan contribuir al desarrollo de competencias de modelización, es importante dejar el cuidado al alumno de elegir las matemáticas que requerirá (Caron y Muller, 2005). E iremos más allá de la regresión generada por la calculadora (a la cual la modelización se ve a menudo reducida al segundo ciclo de la secundaria) refiriéndose al carácter explicativo del modelo: esto requiere comparar, describir el cambio, buscar los invariantes, adelantar hipótesis, combinar a un nivel global relaciones simples que se habrá podido definir a un nivel local, etc.

### 2.3 Las competencias en la resolución de problemas

La investigación de una articulación en la enseñanza entre saber teórico y saber práctico trae inevitablemente a la noción de competencia. En el contexto profesional, la noción de *competencia* "permite pensar las relaciones entre el trabajo y los saberes retenidos por el individuo, todo lo que es empeñado en la acción organizada y todo lo que permite dar cuenta de la organización de la acción" (De Terssac, 1996). En el contexto didáctico, esta misma noción permite traducir en clases las puestas en juego, a la vez para la sociedad y para el individuo, de una "cultura científica" que apunta (o destinándose) tanto a la división de una tecnicidad como el "desarrollo de las estructuras mentales, herramientas intelectuales, capacidades de pensar que abren nuevas posibilidades de comprensión" (Orange, 1997). Con estas dos definiciones, estamos lejos de un enfoque procedural que se referiría al desarrollo de micro-capacidades. Facilitar el pasaje del saber teórico al saber práctico en los dominios de aplicación de las matemáticas podría entonces significar procurar en desarrollar competencias que permiten la expansión progresiva y continua del campo de problemas matemáticos resolubles, por el alumno ahora y por el individuo más tarde. (Pascual, 2013) menciona los tres tipos de competencias definidas por Terssac (1996) relacionadas con el trabajo efectuado en la resolución de problemas y los conocimientos movilizados por un estudiante:

- 1) Las competencias de *explicitación* (los "saber-decir") para traducir lo que es, lo que hay que hacer y lo que se hizo. En matemáticas, eso implica el

control por lo menos de tres lenguajes diferentes (natural, simbólico y gráfico).

2) Las competencias de *intervención* (los "saber-intervenir") para actuar poniendo en situación los conocimientos disponibles y transformando las situaciones encontradas con conocimientos reutilizables en otros contextos. En matemáticas, esto parece corresponder a la identificación de los casos posibles, al reconocimiento teoremas apropiados, a la utilización del razonamiento matemático.

3) las competencias de *evaluación* (los "saber-situarse") para identificar, legitimar y validar todo lo que se compromete en la acción. En el contexto matemático, esto corresponde a la utilización de los diferentes métodos (analítico y algorítmico) permitiendo calcular, aplicar una transformación sobre un objeto, resolver un sistema de ecuaciones, optimizar una función, etc.

Los tres tipos de competencias definidas por Terssac pueden servir para caracterizar mejor las diferentes *fases* del proceso de resolución de problemas. En fase de *análisis*, como esencialmente se trata de traducir un enunciado de problema de una forma resoluble, se recurre en primer lugar a las *competencias de explicitación* y en segundo lugar a las *competencias de evaluación*. Las *competencias de explicitación* son las adecuadas para traducir la realidad e interactuar con los conocimientos disponibles, las competencias de evaluación son las requeridas para extraer lo esencial en función de los objetivos propuestos en la

tarea. En la modelización de la situación, las competencias de evaluación son solicitadas para identificar los conceptos y propiedades matemáticas para describir el problema, en tanto, la expresión en lenguaje matemático de una tal descripción requiere las competencias de explicitación.

Para validar acerca de la comprensión que se tiene de la respuesta y poder juzgar sobre el resultado de las técnicas, las *competencias de evaluación* desempeñan un papel principal y vienen con el apoyo de las competencias de intervención para prever de nuevas técnicas, si los resultados no son enteramente satisfactorios.

### **3. METODOLOGÍA**

Como buscamos explorar las competencias que desarrollan los estudiantes de ingeniería de la UBB, se utilizará una metodología de investigación mixta. Aplicaremos un cuestionario semiestructurado que nos será de doble utilidad, por un lado, exploraremos las tendencias de las formas de relacionarse con las matemáticas, y por otro lado nos ayudará a seleccionar los tipos de individuos para un análisis cualitativo en profundidad.

#### **3.1 CONTEXTO Y SUJETOS DE ESTUDIO**

El estudio realizado tuvo como sujetos a estudiantes de tres carreras de ingeniería, Ingeniería Civil Mecánica de la UBB Sede Concepción, considerando el curso Cálculo Integral, Ingeniería Comercial Sede Concepción, considerando también el curso Cálculo Integral, e Ingeniería Civil Informática, Cálculo II, Sede Chillán. Finalmente, se seleccionaron estudiantes de Ingeniería Civil Mecánica para el análisis cualitativo de los datos.

La finalidad de este estudio es conocer cómo se relacionan los estudiantes de ingeniería formados en la Universidad del Bío Bío con las matemáticas, mediante un estudio que permita conocer aspectos que podrían influir en su relación.

#### **3.2 APLICACIÓN DE CUESTIONARIO**

Con el fin de obtener una mayor información, se realiza una readecuación a un cuestionario, el cual nos permitirá conocer las relaciones de los estudiantes con las matemáticas que han tenido durante y a lo largo de su formación.

Para conocer las percepciones que tienen los estudiantes de ingeniería de la UBB, de su formación en matemática se realizó la aplicación de este cuestionario, el cual permite que los estudiantes caractericen y describan su formación recibida, formación deseada, y cursos que a su parecer, más y menos han aportado en su formación matemática.

#### **4. ANÁLISIS CUANTITATIVO**

Este análisis nos ayudará a identificar las tendencias de la formación de los estudiantes, tanto de la que han recibido, como de la que desearían recibir. Además, junto con identificar las tendencias de la formación, lograremos distinguir los distintos tipos de individuos según sus preferencias.

##### **4.1 Percepción de la formación**

Para realizar el análisis del cuestionario se elaboraron tablas que presentan los ítems descriptivos que los estudiantes seleccionaron para dicha pregunta, y el porcentaje de la frecuencia con que los estudiantes de las distintas carreras de ingeniería que participaron de este estudio los percibieron. Las tablas corresponden a cada una de las preguntas realizadas en el cuestionario, relativas a la caracterización de la asignatura que más y menos les han aportado, de la formación recibida y la formación deseada.

##### **4.2 Percepción de los cursos**

En las preguntas 6 y 7 del cuestionario, se les pregunta a los estudiantes cuáles han sido los cursos de matemática que más y menos le han aportado, respectivamente, para luego seleccionar algunos enunciados de la tabla A del cuestionario, que mejor describan dichos



cursos. De esta manera podemos identificar cómo y cuál han sido esos cursos, e identificar las tendencias de los estudiantes.

#### 4.2.1 Percepción del curso que más ha aportado

En general, los estudiantes de ingeniería han señalado que el curso que más les ha aportado en su formación matemática, tiene una base en la aplicación (ítems G y B), pero además, le dan una no menor importancia al desarrollo del razonamiento y sentido de la demostración. Principalmente (55%) de los estudiantes de ingeniería civil mecánica, percibieron que una apertura o enfoque sobre el desarrollo del razonamiento y sentido de la demostración (ítems J U K), les proveyeron de una mejor formación en matemática. Cerca del 50% de estos estudiantes considera los ítems relacionados a la aplicación (ítems G, L U M) como los que más ayudaron a su formación matemática, disminuyendo considerablemente la elección por los relacionados a la enseñanza tradicional con un 35% y 21% ítem F, un conjunto de teoremas y demostraciones dadas por el profesor, e ítem E, un conjunto de definiciones de objetos y de sus propiedades.

Parece ser que los estudiantes consideran en general, los cursos con un mayor lugar a la aplicación, les ha ayudado más en su formación matemática.

ENUNCIADO	Porcentaje (%) de estudiantes que eligieron un enunciado			
	TOTAL	ICO	ICM	ICI
G. Una serie de ejercicios para aplicar las fórmulas enseñadas.	45	45	45	47
JUK. Una apertura/enfoque sobre el desarrollo del razonamiento y del sentido de demostración.	42	30	55	40
B. Una serie de problemas para hacer comprender la teoría.	42	35	45	47

C. Una secuencia progresiva de conceptos, del más simple al más complejo.	42	45	38	47
F. Un conjunto de teoremas y de demostraciones dadas por el profesor.	36	40	35	33
LUM. Una apertura/enfoque sobre las posibilidades de aplicación de los conceptos enseñados.	34	30	48	13
H. Un conjunto de técnicas de cálculo con sus condiciones de utilización.	31	40	41	0
E. Un conjunto de definiciones de objetos y de sus propiedades.	23	35	21	13
<b>Total de estudiantes que respondieron a esta pregunta</b>	<b>64</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>15</b>

Tabla 1. Caracterización de la asignatura que más le ha aportado en su formación matemática.

Es importante señalar que la asignatura percibida como la que más aporte les ha otorgado en la comprensión de las matemáticas a los estudiantes de ingeniería civil mecánica corresponde a Cálculo 2, con 16 preferencias, del total de 29 estudiantes. El segundo lugar de preferencia corresponde a Cálculo 1, elegida por 10 estudiantes.

#### 4.2.2 Percepción del curso que menos ha aportado

Las respuestas para esta pregunta no arrojaron una notable mayoría, como en la anterior. Los estudiantes perciben que el curso que menos les aportó en su formación matemática, podía ser descrito como una serie de problemas para hacer comprender la teoría (ítem B). De los 7 estudiantes de ingeniería civil mecánica que señalaron el ítem B para esta pregunta, sólo 3 señalaron que el curso que más les ha aportado, podía ser descrito con este mismo enunciado.

ENUNCIADO	Porcentaje (%) de estudiantes que eligieron un enunciado			
	TOTAL	ICO	ICM	ICI
B. Una serie de problemas para hacer comprender la teoría.	28	21	28	33
F. Un conjunto de teoremas y de demostraciones dadas por el profesor.	28	29	28	27
A. Una serie de problemas difíciles sin un vínculo con la teoría.	26	50	28	20
E. Un conjunto de definiciones de objetos y de sus propiedades.	19	29	12	20
G. Una serie de ejercicios para aplicar las fórmulas enseñadas.	17	7	16	27
C. Una secuencia progresiva de conceptos, del más simple al más complejo.	13	7	20	7
JUK. Una apertura/enfoque sobre las posibilidades de aplicación de los conceptos señalados.	13	7	24	0
H. Un conjunto de técnicas de cálculo con sus condiciones de utilización.	6	0	12	0
D. Un estudio formal de espacios abstractos y de estructuras matemáticas.	6	7	8	0
<b>Total de estudiantes que respondieron a esta pregunta</b>	<b>54</b>	<b>14</b>	<b>25</b>	<b>15</b>

Tabla 2. Caracterización de la asignatura que perciben menos le ha aportado en su formación matemática.

Los estudiantes de ingeniería civil mecánica señalaron casi en su mayoría (69%), que los cursos que menos les han aportado han sido ligados al álgebra, en particular, el curso de algebra lineal 59% de las preferencias. Además, es importante señalar que un 17% de los estudiantes, indicaron que todos los cursos les han aportado.

### 4.3 Percepción de la formación recibida

Una gran parte de los estudiantes de ingeniería coincide con que su formación matemática recibida ha sido en gran parte una serie de ejercicios para aplicar las fórmulas enseñadas (ítem G), y una serie de problemas para hacer comprender la teoría (ítem B). Esto daría un importante lugar a la aplicación, sin embargo sólo un 11% del total de estudiantes señala el ítem A, una serie de problemas difíciles sin vínculo con la teoría, y un escaso 8% marca el ítem O, un enfoque sobre la exploración y la experimentación, lo que nos podría indicar que los estudiantes no han recibido en su mayoría un enfoque en problemas, sino, han utilizado ejercicios de aplicación más bien directa, quitándole espacio a la exploración.

ENUNCIADO	Porcentaje (%) de estudiantes que eligieron un enunciado			
	TOTAL	ICO	ICM	ICI
G. Una serie de ejercicios para aplicar las fórmulas enseñadas.	34	35	30	40
B. Una serie de problemas para hacer comprender la teoría.	34	30	30	47
C. Una secuencia progresiva de conceptos, del más simple al más complejo.	27	20	33	27
F. Un conjunto de teoremas y de demostraciones dadas por el profesor.	23	40	7	27
H. Un conjunto de técnicas de cálculo con sus condiciones de utilización.	21	35	19	7
L U M. Una apertura / enfoque sobre las posibilidades de aplicación de los conceptos enseñados.	19	15	22	20
E. Un conjunto de definiciones de objetos y de sus propiedades.	13	20	4	20

A. Una serie de problemas difíciles sin vínculo con la teoría.	11	15	11	7
O. Un enfoque sobre la exploración y la experimentación.	8	10	11	0
<b>Número total de estudiantes que respondieron a esta pregunta</b>	<b>62</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>15</b>

Tabla 3. Caracterización por los estudiantes de la formación recibida en matemáticas.

Un 33% de los estudiantes de ingeniería civil mecánica describen la formación recibida como una secuencia progresiva de conceptos, del más simple al más complejo. Además de destacar los ítems (G y B) relacionados con la aplicación de las fórmulas enseñadas, y los problemas para hacer comprender la teoría, casi el 20% de los estudiantes señaló la formación recibida como un conjunto de técnicas de cálculo con sus condiciones de utilización. Se evidencia una formación con un enfoque en lo procedural, y aplicación directa de la teoría.

#### 4.4 Formación deseada

Finalmente, para completar esta sección acerca de la percepción que los estudiantes tienen de su formación en matemáticas, les solicitamos recurrir a los enunciados utilizados anteriormente, esta vez para caracterizar la formación deseada en matemáticas. Esta caracterización pone en evidencia a la vez los elementos que les gustaron más y aquellos que les habría gustado ver.

Los estudiantes de ingeniería civil mecánica desearían que la búsqueda exitosa de un enfoque de resolución a un problema matemático complejo (ítem C) fuera parte

de su formación matemática, lo que, nos podría indicar que su formación ha sido mayormente del tipo tradicional, y no basada en la resolución de problemas. Además, en segundo lugar de elección, los estudiantes han seleccionado que desearían asegurar la comprensión de un nuevo concepto formal que hace pensar de otro modo (ítem D).

ENUNCIADO	Porcentaje (%) de estudiantes que eligieron un enunciado			
	TOTAL	ICO	ICM	ICI
C. La búsqueda exitosa de un enfoque de resolución a un problema matemático complejo.	42	42	47	33
B. La reutilización en otras disciplinas de conceptos o de métodos vistos en matemáticas.	35	67	16	33
D. La comprensión de un nuevo concepto formal que hace pensar de otro modo.	35	17	37	50
G. La confirmación mediante la corrección de su experticia de un concepto o un método matemático.	26	25	26	25
A. El conocimiento de una fórmula o de un método general aplicable a todos los casos.	26	33	21	25
F. La simplificación de una expresión compleja mediante manipulaciones algebraicas.	19	25	21	8
H. El diseño acertado de un programa o de un procedimiento de software para resolver un problema.	12	25	11	0
<b>Número total de estudiantes que respondieron a esta pregunta</b>	<b>43</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>12</b>

Tabla 4 Caracterización de la formación deseada en matemáticas

Los estudiantes parecen preferir un enfoque centrado sobre la exploración, la experimentación, el descubrimiento y la resolución de problemas respecto de otro enfoque más procedural, que les da las fórmulas y las técnicas de cálculo (ítems H

y G). Para el conjunto de los estudiantes interrogados, la tasa de satisfacción con respecto a la formación que han recibido en matemática es ligeramente inferior a 77%: el 23% se dicen "más bien insatisfechos", el 65% "más bien satisfecho", y el 12% "completamente satisfechos".

Estos elementos nos llevan a creer que procedería matizar la visión de la formación ideal con la experiencia de la formación recibida y más concretamente de los cursos destacados para tener mejor en cuenta la complejidad de la realidad.

#### **4.5 Intereses en matemática**

**Para identificar los intereses, nos hemos guiado con el modelo utilizado por Caron (2001), la cual define y clasifica el interés por las matemáticas de manera expuesta a continuación.**

**i) Interés por la teoría** que se basa sobre todo en un atractivo para los conceptos formales, los espacios abstractos, las estructuras matemáticas, las definiciones y las propiedades, a una voluntad de comprensión de la teoría, a una búsqueda de cohesión y a una cierta sensibilidad con respecto a las pruebas; en el contexto del curso, un interés en las definiciones a utilizar como límites, bola, abiertos, sus propiedades.

**ii) Interés por el razonamiento**, que se manifiesta sobre todo por una preocupación por el desarrollo del razonamiento y del sentido de la demostración, un atractivo particular para las pruebas, la búsqueda de nuevos conceptos formales para desarrollar el pensamiento, la voluntad de explorar y experimentar para descubrir por sí mismo ciertos aspectos de la teoría o para poner a prueba su comprensión en la resolución de problemas difíciles; en el contexto de nuestro

curso, interés en el desarrollo de las demostraciones planteadas en la prueba, exploración utilizando sus herramientas, voluntad de experimentar.

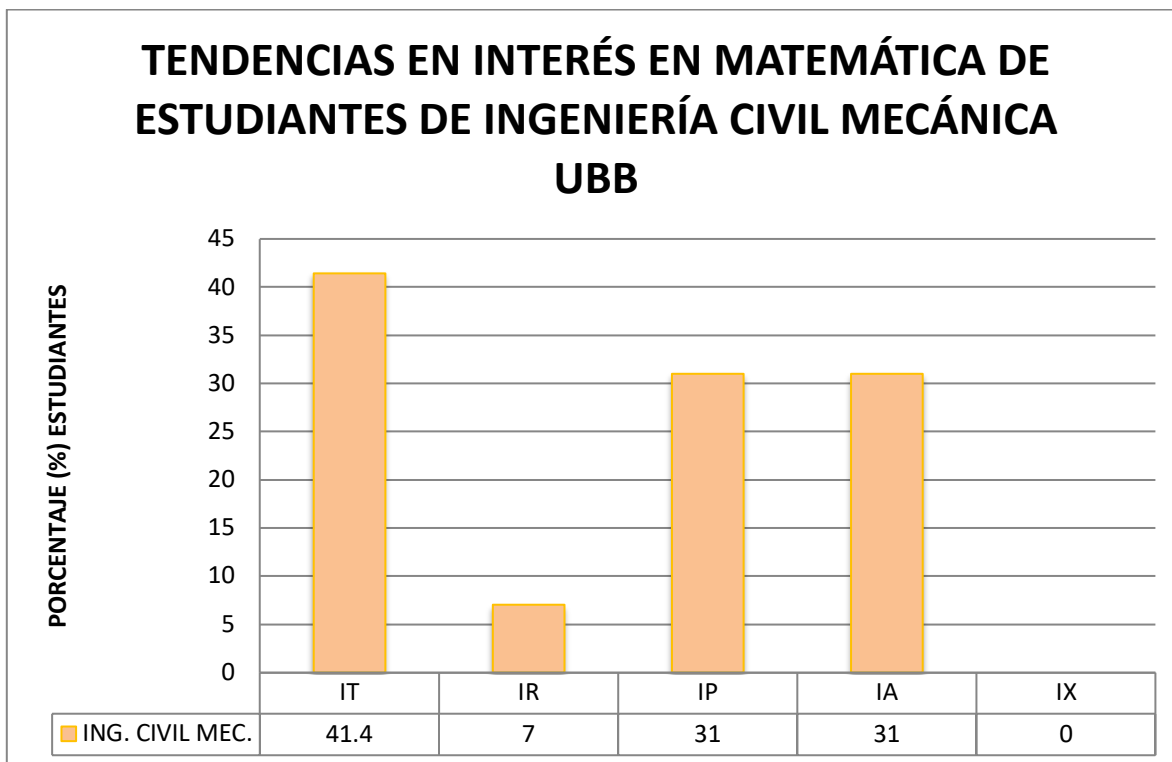
**iii) Interés por el enfoque procedimental** detectable a una focalización en los ejercicios de aplicación de fórmulas, a un atractivo para las fórmulas blindadas que «funcionan siempre» o al menos con una clara indicación de sus condiciones de uso, el placer asociado con la manipulación algebraica y la necesidad de una retroalimentación externa (ej. con ayuda de una corrección) para validar el resultado y el proceso; interés por el desarrollo de ejercicios de cálculo en los que la aplicación sea directa y deba poner en uso distintas técnicas aprendidas, uso de fórmulas, por ejemplo los ejercicios de encontrar límites.

**iv) Interés por la aplicación** que se manifiesta ante todo por un atractivo hacia el aprendizaje en matemáticas de las posibilidades de aplicación de los conceptos enseñados y las condiciones de uso, mediante la satisfacción de revisar y reutilizar en otras disciplinas estos conceptos aprendidos, y por un gusto por la exploración, la visualización, la experimentación y resolución de problemas concretos potencialmente complejos; el interés por la tecnología, visible a una apertura a la tecnología, un atractivo para las posibilidades que ofrece en términos de visualización, experimentación y programación. En este caso, el alumno utiliza las matemáticas como herramienta para otras disciplinas o contextos, resolución de problemas concretos.

Para determinar la tendencia de los estudiantes, Caron, en Caron (2001) utilizó unas fórmulas que nos entregan el potencial interés predominante de cada estudiante basándonos en sus respuestas del cuestionario. Las fórmulas utilizadas para estos diferentes indicadores figuran en el Anexo 2.



A continuación, se presenta un gráfico comparativo de los intereses de los estudiantes.



La aplicación de las fórmulas del Anexo 2, nos indica que el interés que predomina en nuestros estudiantes de ingeniería civil mecánica es el interés por la teoría, siendo este un 41,4%. Además, un 31% tiene tendencia a un interés en lo procedimental. De esta manera, podemos inferir que el interés teórico se relaciona más con el aprendizaje de memoria, algorítmico, ligado a lo procedimental. Solamente un 7% de los estudiantes tiene tendencia a un interés en el razonamiento. Es importante el interés en la aplicación predominante en 31% de los estudiantes.

Nuestros estudiantes de ingeniería civil mecánica tienden a tener un interés más ligado a la teoría y al enfoque procedimental, con una gran caída en el interés por el razonamiento.

## 5. ANALISIS CUALITATIVO DE DATOS

El análisis cualitativo se hará con el curso de la carrera de ingeniería civil mecánica. Para conocer mejor los intereses de nuestros estudiantes, les solicitamos escoger uno o dos enunciados entre 9 (Anexo 1, Tabla B, pregunta 10) para que identificaran lo que más les aportaba satisfacción en matemáticas.

Los resultados están registrados en la siguiente tabla.

ENUNCIADO	% estudiantes de ICM que seleccionaron este enunciado
B. La reutilización en otras disciplinas de conceptos o de métodos vistos en matemáticas.	56
F. La simplificación de una expresión compleja mediante manipulaciones algebraicas.	37
D. La comprensión de un nuevo concepto formal que hace pensar de otro modo.	26
C. La búsqueda exitosa de un enfoque de resolución a un problema matemático complejo.	15
A. El conocimiento de una fórmula o de un método general aplicable a todos los casos	15
G. La confirmación mediante la corrección de su experticia de un concepto o de un método matemático.	15
I. El descubrimiento de una demostración elegante.	7

E. La experimentación y la visualización con la ayuda del computador de fenómenos matemáticos..	0
H. El diseño acertado de un programa o de un procedimiento de software para resolver un problema.	0
<i>Número de estudiantes que respondieron a esta pregunta</i>	<b>27</b>

*Tabla 5. Caracterización de enunciados que describen lo que más les da satisfacción en matemáticas.*

Parece ser que los estudiantes sienten una mayor satisfacción, al aplicar y utilizar las matemáticas en distintas disciplinas (ítem B). Lo que podría justificar su deseo por aprender matemáticas desde la aplicación, exploración, utilización y resolución de problemas.

## 5.1 Errores e identificación de competencias

### 5.1.1 Presentación del problema

Se consideró para este estudio, el certamen n°1 del curso cálculo multivariable de ingeniería civil mecánica, UBB, el cual consta de cuatro ejercicios, los que se muestran a continuación.

#### Problema 1

Sea  $x_0 \in \mathbb{R}^n, \varepsilon > 0$ . Pruebe que la bola  $\mathcal{B}(x_0, \varepsilon) \in \mathbb{R}^n$  es un abierto de  $\mathbb{R}^n$ .

#### Problema 2

Considere el conjunto  $\mathcal{U}$  definido por

$$\mathcal{U} = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2, x^2 + y^2 \leq 1\} \cup \left\{ \left( -1 + \frac{3}{n}, 0 \right) \in \mathbb{R}^2, n \in \mathbb{N} \right\}$$

- (i) Identifique gráficamente el conjunto  $\mathcal{U}$
- (ii) Determine  $\dot{\mathcal{U}}, \overline{\mathcal{U}}, \mathcal{U}', \partial\mathcal{U}$
- (iii) Decida si  $\mathcal{U}$  es abierto o cerrado, acotado y/o compacto. Justifique adecuadamente sus afirmaciones.

#### Problema 3

Determine, aplicando la definición  $(\varepsilon - \delta)$ , si la función

$$f(x, y) = \begin{cases} y(x^4 + 4x^2y^2 - y^4), & \text{si } (x, y) \neq (0, 0), \\ 0, & \text{si } (x, y) = (0, 0) \end{cases}$$

es continua.

#### Problema 4

Calcule los siguientes límites, si existen.

(i)  $\lim_{(x,y) \rightarrow (-1,-1)} \frac{x^3y^3-1}{x^2y^2-1}$

(ii)  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{xy}{\sqrt{x^2+y^2}}$

### 5.1.2 Análisis a priori

PROBLEMA	SABER DECIR	SABER EVALUAR	SABER INTERVENIR
<b>PROBLEMA 1</b>	<p><b>Traducir e interpretar el enunciado del problema.</b></p> <p><i>El estudiante debe tener dominio de los conceptos de bola y de conjunto abierto, en <math>\mathbb{R}^n</math>, y saber interpretar el enunciado en lenguaje matemático.</i></p>	<p><b>Definir una estrategia de resolución combinando objetos y métodos.</b></p> <p><i>Se trata de establecer y estructurar un método para validar lo solicitado en el enunciado de acuerdo a las condiciones dadas.</i></p>	
		<p><b>Utilizar propiedades de norma en <math>\mathbb{R}^n</math> y de orden en <math>\mathbb{R}</math></b></p> <p><i>El estudiante debe conocer las propiedades de norma en <math>\mathbb{R}^n</math> y de orden en <math>\mathbb{R}</math>, y seleccionárselas adecuadamente para que le ayude a orientar una demostración.</i></p>	
		<p><b>Reconocer Hipótesis</b></p> <p><i>El estudiante debe reconocer y expresar de forma equivalente las hipótesis.</i></p>	
			<p><b>Utilizar una propiedad para orientar la resolución</b></p> <p><i>El estudiante debe identificar la propiedad de la desigualdad triangular como una herramienta facilitadora en la resolución y que le permita aplicar las hipótesis.</i></p>
	<p><b>Elegir los parámetros apropiados de acuerdo al método y significado de los conceptos</b></p> <p>Esto, para detectar si el estudiante comprende el concepto de conjunto abierto y bola abierta, la cual en su definición, presenta un parámetro (el radio) que se debe elegir adecuadamente para validar la naturaleza abierta del conjunto dado.</p>		
<b>PROBLEMA 2</b>	<p><b>Graficar el conjunto del enunciado.</b></p> <p><i>El estudiante debe comprender la definición analítica (por comprensión) e identificar su representación gráfica.</i></p>		

	<p><b>Identificar gráficamente los conjuntos solicitados y expresarlos en forma analítica.</b></p> <p><i>Con esto se trata de identificar si el estudiante comprende los conceptos de punto interior, punto de acumulación, punto frontera y la adherencia del conjunto. Debe expresarlos en forma analítica por comprensión.</i></p>	
		<p><b>Decidir si <math>U</math> es abierto, cerrado, acotado y/o compacto.</b></p> <p><i>El estudiante debe comprender los conceptos topológicos señalados (conjunto abierto, cerrado, acotado, compacto) y utilizar las propiedades adecuadas que le permitan dar respuesta a lo solicitado.</i></p>
<p><b>PROBLEMA 3</b></p>		<p><b>Aplicar un método</b></p> <p><i>Directamente el problema pide que el estudiante resuelva el ejercicio por medio de la definición <math>\varepsilon - \delta</math>, debe conocer esta definición y el concepto de continuidad por dicha definición.</i></p>
	<p><b>Elegir el parámetro <math>\delta</math> apropiado</b></p> <p><i>La definición <math>\varepsilon - \delta</math> contempla al parámetro <math>\delta</math>, el cual es necesario elegir correctamente para que la proposición (definición para continuidad) sea verdadera.</i></p>	

		<p><b>Utilizar aproximaciones óptimas</b></p> <p><i>Para la optimización en las aproximaciones se debe utilizar algunas desigualdades y elegir adecuadamente el parámetro <math>\delta</math></i></p>
<b>PROBLEMA 4</b>		<p><b>Elegir un método de resolución en función de criterios</b></p> <p><i>El estudiante necesita comprender la utilización de los diferentes métodos de resolución de límites en situaciones en que no sean de evaluación y aplicación directa.</i></p>
		<p><b>Establecer y justificar las condiciones de aplicación de un método</b></p> <p><i>Para evaluar si el estudiante reconoce y valida las condiciones iniciales de aplicación de un método.</i></p>
		<p><b>Explicar el funcionamiento de un método</b></p> <p><i>Evaluar la aplicación de un método según el funcionamiento y elegir el más óptimo de acuerdo al contexto.</i></p>

### 5.1.3 Errores detectados e identificación de las competencias

*De los estudiantes retenidos de Ingeniería Civil Mecánica*

Los datos relativos a los tipos de errores cometidos en la resolución de problemas de estos diferentes estudiantes están resumidos en la siguiente tabla (Tabla n°6), en la cual se muestran los errores de estudiantes con distintos intereses según el cuestionario y el cálculo de indicadores de interés. Se seleccionaron 2 estudiantes con un claro interés por la teoría, 2 con tendencia al interés por la aplicación, y 2 con tendencia a un interés en lo procedimental. Con estos 6 estudiantes, se elaboró esta tabla con el fin de exponer y recoger información acerca de los errores que cada grupo de estudiantes presenta en la

resolución de la prueba, utilizando para esto la matriz de competencias, resultando lo siguiente.

Errores cometidos	Interés por la teoría		Interés en la aplicación		Interés en lo procedimental	
	i = 19	i=18	i= 4	i=14	i= 1	i=20
<b>Errores de evaluación</b>	Problema 3: No utiliza aproximaciones óptimas para la elección del parámetro adecuado $\delta$	Problema 1: No establece una estrategia adecuada para validar lo solicitado en el enunciado.	Problema 4: No justifica las condiciones de aplicación de un método.	Problema 3: No utiliza aproximaciones óptimas que le permita encontrar el parámetro asociado $\delta$		Problema 3: El estudiante no utiliza aproximaciones óptimas para la elección del parámetro adecuado $\delta$
<b>Errores de explicitación</b>	Problema 1: No traduce ni interpreta el enunciado del problema, por lo que no puede continuar con el desarrollo del ejercicio.	Problema 1: El estudiante no tiene dominio de los conceptos de bola y de conjunto abierto. Problema 2:	Problema 1: No traduce ni interpreta el enunciado del problema, por lo que no puede continuar con el		Problema 1: No traduce ni interpreta el enunciado del problema. Por lo que no puede continuar con el desarrollo del ejercicio.	Problema 1: No traduce ni interpreta el enunciado del problema, por lo que no puede continuar con el desarrollo del ejercicio.



		No identifica los conjuntos solicitados (conjuntos de puntos interiores, adherencia, frontera, acumulación, ni los expresa de forma analítica)	desarrollo del ejercicio. Problema 2: No identifica los conjuntos solicitados (conjuntos de puntos interiores, adherencia, frontera, acumulación, ni los expresa de forma analítica.		Problema 2: No expresa analíticamente (por comprensión) los conjuntos solicitados.	Problema 2: No identifica ni expresa adecuadamente los conjuntos solicitados. Problema 4: El estudiante no justifica ni establece las condiciones de aplicación de un método
<b>Errores de intervención</b>		Problema 3: No realiza la elección de parámetro correcta para que la proposición sea	Problema 3: No aplica un método adecuado		Problema 3: No aplica correctamente el método, pues no utiliza la definición correcta de límite. $\varepsilon - \delta$	Problema 4: El estudiante no elige el método de resolución en función de criterios.

		verdadera.			(continuidad por definición de límite)	
--	--	------------	--	--	--	--

Repartición de los errores en los estudiantes retenidos de la escuela Ing. Mecánica

A partir de los datos compilados en la Tabla 6 , suponemos competencias particulares en evaluación en los estudiantes con tendencia a tener un enfoque procedimental, en explicitación en los estudiantes con un mayor interés en la aplicación, y en intervención en los estudiantes más teóricos y con interés en la aplicación. Los estudiantes con un enfoque en lo procedimental darían prueba de dificultades en explicitación, y la evaluación.

**5.2 Percepción, motivación y aprendizaje**

Los que se adhirieron al enfoque procesal consideran de eso como una competencia particular el hecho de aplicar correctamente una fórmula, sin procurar probarla o incluso comprender el origen de ella.

La búsqueda de “la aplicación de las fórmulas” revela de este modo una concentración sobre la gestión, sobre el procedimiento, y no sobre los conceptos matemáticos.

Vemos entonces los límites que hay con “hacer matemáticas sin comprender verdaderamente siempre de dónde viene eso”.

### 5.3 Vínculos con las competencias de

**explicitación**, conduciría a reducir los objetos matemáticos a definiciones y a confundir el respeto de los procedimientos lógicos con el razonamiento, hay que reconocer que el desarrollo de un cierto control de diferentes lenguajes (simbólico, numérico, gráfico, natural) y del paso de uno al otro es esencial para la comprensión de las matemáticas y más aún, para su aplicación.

**intervención**, prefiere acordarse de fórmulas aplicables directamente que de comprender y de recordar de dónde vienen. Este enfoque le parece más eficaz y más seguro.

La búsqueda de aplicación de las fórmulas.

**Y evaluación**, estas competencias determinan entre otras cosas la elección de la estrategia que será utilizada y necesitan un dominio de los conceptos y métodos factibles para asegurar la eficacia en la aplicación.

## **6. Resultados**

Luego de nuestra investigación, encontramos que los estudiantes retenidos de ingeniería civil mecánica tienden a ser teóricos, sin embargo igualmente muestran un interés por la aplicación y el procedimiento. Que exista este interés es beneficioso pues, si vamos al perfil del futuro ingeniero, se hace necesario el desarrollo de competencias de evaluación e intervención.

Según el análisis de competencias realizado, los estudiantes demuestran mayoritariamente un dominio en las competencias de saber intervenir y explicitar, sin embargo presentan mayor cantidad de errores en las competencias de saber evaluar. De esta manera, confirmamos nuestra hipótesis, pues la enseñanza actual de las matemáticas privilegia el aprendizaje algorítmico, es decir, un enfoque teórico, con énfasis en el procedimiento, y no un aprendizaje basado en la resolución de problemas, ni aplicación de las matemáticas en distintos contextos.

## 7. Bibliografía

- Blomhoj, & Jensen. (2003). Modelización matemática- Una teoría para la práctica.
- Caron, F. (2001). Effets de la formation fondamentale sur les compétences d'étudiants universitaires dans la résolution de problèmes de mathématiques appliquées. Thèse de l'Université de Montréal.
- Curotto, M. d. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje.
- Dupin, J. (1995). Modelos y modelización en la enseñanza.
- GÓMEZ-CHACÓN, I. M. (2010). Competencias Matemáticas. Instrumentos para las Ciencias Sociales y Naturales.
- Jorge Oyarzún, U. (. (2009). *Algunas reflexiones sobre la educación de los Ingenieros.*
- Jover, M. L. (2003). La resolución de problemas en la enseñanza de la ingeniería.
- Mulder, M., Weigel, T., & Collings, K. (2008). El concepto de competencia en el desarrollo de la educación y formación profesional en algunos estados miembros de la UE: Un análisis crítico.
- Pascual, S. (2013). Una secuencia didáctica para un concepto unificador en un curso de álgebra lineal de un programa de formación a la ingeniería.
- Poirier, L. (2001 ). Enseigner les maths au primaire. Notes didactiques, Éditions du Renouveau Pédagogique Inc. (ERPI), Canadá.
- Rico, L. (1995). Errores en el aprendizaje de las matemáticas.
- Romo-Vasquez. (2014). Modelización matemática en la formación de ingenieros.
- Tarabay, F. (2005). EN TORNO A LA INNOVACION DOCENTE: COMPETENCIAS VERSUS CONOCIMIENTO.
- Tardif, J. (2008). Desarrollo de un programa por competencias. *Revista de curriculum y formación de profesorado.*

## ANEXO 1: CUESTIONARIO APLICADO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS HISTORIAL EDUCACIÓN MATEMÁTICA DEL ESTUDIANTE

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Correo electrónico(ubicable): \_\_\_\_\_

Asignatura: \_\_\_\_\_

Semestre al que corresponde la asignatura: \_\_\_\_\_

Semestres que lleva en la universidad desde que ingresó a la carrera: \_\_\_\_\_

Profesor(a) de la asignatura: \_\_\_\_\_

Carrera: \_\_\_\_\_

### Observaciones:

- El conocimiento de su dirección de correo electrónico nos permitirá contactarlo en caso necesario para la continuación del proyecto.
- Las informaciones contenidas en este cuestionario permanecerán estrictamente confidenciales. Solo la responsable del proyecto tendrá acceso a ella.
- Cualquier publicación (tesis, artículo, conferencia, etc.) usará solamente los datos del proyecto, preservando el anonimato de los encuestados.
- En todo momento, usted es libre para retirarse del proyecto.

### PREGUNTAS CUESTIONARIO

1. Indique todos los establecimientos educacionales a los que ha asistido, empezando por el más reciente (al que asiste actualmente) y hasta donde cursó cuarto medio. (En período indique año de ingreso y año de egreso/actual)

Período	Establecimiento	Ciudad	Nivel	Carrera
<i>Ej. 2015 - actualidad</i>	<i>UBB</i>	<i>Concepción</i>	<i>Universitario</i>	<i>Ingeniería Civil</i>

2. A lo largo de su educación, desde (e incluyendo) cuarto medio, ¿en qué curso/asignatura de matemáticas tuvo un mayor éxito?

\_\_\_\_\_

¿Qué importancia le atribuye a este éxito?

\_\_\_\_\_ muy grande    \_\_\_\_\_ grande    \_\_\_\_\_ moderada    \_\_\_\_\_ insignificante

3. ¿Es esta la primera vez que ha tomado esta asignatura?

\_\_\_\_\_ Si    \_\_\_\_\_ No

4. ¿Qué cursos de matemáticas ha tomado en la universidad? Por favor, dé una apreciación general (contenido y enseñanza) usando una escala de 1 a 5 donde **1 = mediocre** y **5 = excelente**.

Título	Apreciación
<i>Ej. Análisis Matemático 1, Pedagogía en Educación Matemática</i>	<i>4</i>


5. ¿De qué libros (o textos o apuntes o manuales) de matemáticas Ud. se recuerda en particular? Por favor, dé una apreciación general usando una escala del 1 a 5 donde **1 = mediocre** y **5 = excelente**.

**Nivel universitario:**

<b>Tema o contenido</b>	<b>Título</b>	<b>Autor(a)</b>	<b>Apreciación</b>

**Nivel de Educación Media:**

<b>Tema o contenido</b>	<b>Título</b>	<b>Autor(a)</b>	<b>Apreciación</b>

6. ¿Cuál es el **curso** de matemáticas (o de otra disciplina) que **más ha aportado** para su comprensión de las matemáticas?

---



¿Cuál(es) de los enunciado(s) de la Tabla A, describiría mejor dicho curso? (Indique letra del enunciado)

---



---



---

*(máximo de 4 enunciados)*

**TABLA A**

<p>A. Una serie de problemas difíciles sin un vínculo con la teoría.</p> <p>B. Una serie de problemas para hacer comprender la teoría.</p> <p>C. Una secuencia progresiva de conceptos, del más simple al más complejo.</p> <p>D. Un estudio formal de espacios abstractos y de estructuras matemáticas.</p> <p>E. Un conjunto de definiciones de objetos y de sus propiedades.</p> <p>F. Un conjunto de teoremas y de demostraciones dadas por el profesor.</p> <p>G. Una serie de ejercicios para aplicar las fórmulas enseñadas.</p> <p>H. Un conjunto de técnicas de cálculo con sus condiciones de utilización.</p> <p>I. Una voluntad de descubrir la teoría por parte del estudiante.</p> <p>J. Una apertura sobre el desarrollo del razonamiento y del sentido de la demostración.</p> <p>K. Un enfoque sobre el desarrollo del razonamiento y del sentido de la demostración.</p> <p>L. Una apertura sobre las posibilidades de aplicación de los conceptos enseñados.</p> <p>M. Un enfoque sobre las posibilidades de aplicación de los conceptos enseñados.</p> <p>N. Una apertura en exploración y experimentación.</p> <p>O. Un enfoque sobre la exploración y la experimentación.</p> <p>P. Una apertura a la tecnología (calculadora, software o programación).</p> <p>Q. Un enfoque en la tecnología (calculadora, software o programación).</p>
--

7. ¿Cuál es el curso de matemáticas que **menos le ha aportado**?

---

¿Cuál(es) enunciado(s) entre los que figuran en la tabla A lo describiría mejor? (Indique letra del enunciado)

---

---

\_\_\_\_\_ (máximo de 4 enunciados)

8. ¿Cuál(es) enunciado(s) entre los indicados en la tabla A resumiría mejor el **conjunto de la formación que usted recibió** en matemáticas?

---

---

\_\_\_\_\_ (máximo de 4 enunciados)

9. ¿Está satisfecho de su formación en matemáticas?

- \_\_\_\_\_ Completamente satisfecho  
\_\_\_\_\_ Satisfecho  
\_\_\_\_\_ Insatisfecho  
\_\_\_\_\_ Completamente insatisfecho

Si no está “completamente satisfecho”, ¿Cuál de los enunciados de la Tabla B describen mejor la **formación que hubiese deseado recibir**? Indique letra del enunciado

---

---

---

\_\_\_\_\_ (máximo de 4 enunciados)

### TABLA B

- |   |
|---|
| A. El conocimiento de una fórmula o de un método general aplicable a todos los casos.     |
| B. La reutilización en otras disciplinas de conceptos o de métodos vistos en matemáticas. |
| C. La búsqueda exitosa de un enfoque de resolución a un problema matemático               |

- complejo.
- D. La comprensión de un nuevo concepto formal que hace pensar de otro modo.
  - E. La experimentación y la visualización con la ayuda del computador de fenómenos matemáticos.
  - F. La simplificación de una expresión compleja mediante manipulaciones algebraicas.
  - G. La confirmación mediante la corrección de su experticia de un concepto o un método matemático.
  - H. El diseño acertado de un programa o de un procedimiento de software para resolver un problema.
  - I. El descubrimiento de una demostración elegante.

10. ¿Qué es lo que le ha dado más **satisfacción** en matemáticas? Por favor, elija uno o dos enunciados entre los que se indican en la Tabla B. (Indique la letra del enunciado).

\_\_\_\_\_ (máximo de 2 enunciados)

11. Entre los siguientes conceptos matemáticos, identifique, cada uno de los que ha tenido la oportunidad de conocer, su nivel de dominio (**1 = ya lo he visto o estudiado**, **2 = podría resolver problemas usando este concepto**), el nivel de estudios en el que lo encontró por primera vez (**U=Universitario/M=Enseñanza Media**), y el/los cursos donde más lo utilizó. Por favor, no indique nada para conceptos a los que nunca ha estado expuesto.

Concepto	Dominio	Nivel	Curso
Análisis o cálculo “épsilon-delta”			
Anillos y cuerpos			
Axiomas de Euclides			
Axiomas de Peano			
Contraposición lógica			
Criterio de d’Alembert			

Ecuaciones diferenciales			
Espacio vectorial			
Homotecia			
Curvas isóclinas			
Isomorfismo			
Método de Newton-Raphson			
Demostración por absurdo			
Demostración por inducción			
Probabilidad condicional			
Relación de equivalencia			
Serie de Taylor			
Sucesiones y series			
Tablas de verdad			
Teorema de Bayes			
Teorema de Rolle			
Teorema de Thales			
Teorema de los 4 colores			
Valores propios			

12. ¿Ha tenido ya la oportunidad de concebir y escribir demostraciones matemáticas completamente por Ud. mismo(a)?, es decir, sin ninguna indicación en cuanto a los elementos que se encuentran en la demostración?

\_\_\_\_\_ Si      \_\_\_\_\_ No

Si la respuesta es “Si”, indique en qué nivel de su educación y en qué contenido matemático.

<b>Nivel</b>	<b>Contenido</b>
<i>Ej. Educación Media</i>	<i>geometría euclidiana-propiedad de los cuadriláteros</i>


13. ¿Ha participado en algún concurso de matemáticas, de un campo científico o de otra actividad extraescolar vinculada a las matemáticas?

\_\_\_ Si \_\_\_ No

Si la respuesta es “Si”, indique en qué actividad, en qué nivel y el tiempo de dedicación.

<b>Actividad</b>	<b>Nivel</b>	<b>Tiempo de dedicación</b>
<i>Ej. Campeonato Escolar Matemática</i>	<i>Educación Media</i>	<i>1 hora/semana x 5 semanas</i>

14. ¿Alguna vez, por su propia iniciativa, con la ayuda de libros, de software o cualquier otro tipo de material, buscó explorar un concepto matemático, informático, científico o financiero más allá de lo requerido para tu curso?

\_\_\_ Si \_\_\_ No

En caso afirmativo, indique qué nivel(es), para qué concepto(s) y los recursos (libros, softwares, material, etc.) que ha utilizado.

<b>Nivel</b>	<b>Concepto</b>	<b>Recursos</b>
<i>Universitario</i>	<i>funciones</i>	<i>Matlab (Software)</i>

15. Entre las siguientes **herramientas de software de contenido matemático**, califique (evalúe), cada una de aquellas que ha utilizado: tu nivel de competencia (**1 = novato, 2 = intermedio, 3 = experto**), la edad que tenía cuando la utilizó por primera vez, y el (o los) cursos donde lo utilizó (si corresponde). Por favor, no indique nada para los softwares que nunca usó.

Herramienta	Competencia	Edad	Curso
Hoja de cálculo (Excel u otra)			
Calculadora simbólica (Maple o _____)			
Calculadora gráfica (TI-82 o _____)			
Software de cálculo numérico (Matlab o _____)			
Software estadístico (SPSS o _____)			

16. ¿Cuál es el **proyecto más complejo** en el que ha trabajado (en la escuela o en una actividad extracurricular o en el mercado del trabajo)? Resuma el contexto, el objetivo, las limitaciones y dificultades asociadas, y las estrategias que ha implementado para cumplir con el objetivo.

**Contexto** (organismo, institución, etc): \_\_\_\_\_

**Objetivo:** \_\_\_\_\_

---



---

**Limitaciones/Dificultades:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Estrategias:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Gracias por tu colaboración!!!*

## ANEXO 2: CÁLCULO DE INDICADORES DE INTERÉS

Utilizando un modelo de Caron (2001), tenemos primero que caracterizar para cada estudiante la formación que parece corresponder mejor a las necesidades expresadas. Para esto, tenemos que establecer una relación de las preguntas 6 (curso que más ha contribuido a la comprensión), 7 (curso que menos ha contribuido a la comprensión), y 9b (formación deseada) del cuestionario.

Para cada estudiante  $i$ , se construye un conjunto de valores  $A_i, B_i, C_i, \dots, Q_i$  Asociados respectivamente con cada uno de los ítems de la lista de características que figuran en la tabla A del cuestionario.

Por ejemplo: Para el estudiante  $i$ , el valor asociado al ítem G: << Una serie de ejercicios para aplicar las fórmulas enseñadas>> es calculado por:

$$G_i = V(i, 6, G) + 2V(i, 9b, G) - V(i, 7, G)$$

Donde,

$V(i, n, G) = 1$ , si el estudiante  $i$  eligió el ítem  $G$  para responder a la pregunta  $n$ .  
0, de lo contrario.

Luego, debemos también considerar los valores  $SA_i, SB_i, SC_i, \dots, S_i$ , obtenidos a partir de la pregunta 10 relacionada con lo que le genera satisfacción en matemáticas. Por ejemplo, para el estudiante  $i$ , el valor asociado en el nuevo ítem G << La confirmación mediante la corrección de su experticia de un concepto o de un método matemático>> de la tabla B del cuestionario, está dada por:

$$SG_i = 2V(i, 10, G)$$

Donde,  $V(i, 10, G) =$

1, si el estudiante eligió el ítem  $G$  para responder a la pregunta 10.  
0, si no.

Utilizando diferentes combinaciones lineales de los valores  $SA_i, SB_i, \dots, S_i$ , y los valores  $A_i, B_i, C_i, \dots, Q_i$ , vamos a calcular los indicadores de interés siguientes:

- El interés por la teoría:



$$IT_i = 4(D_i + SD_i) + 2(B_i + C_i + F_i + SI_i) + E_i + I_i + J_i + K_i + SC_i + SE_i$$

- El interés por el razonamiento:

$$IR_i = 4(K_i + SI_i) + 2(A_i + D_i + I_i + J_i + SC_i + SD_i) + B_i + C_i + F_i + N_i + O_i$$

- El interés por el enfoque procedural:

$$IP_i = 4(G_i + SA_i + SG_i) + 2(H_i + SF_i) + B_i + E_i + L_i + M_i + P_i$$

- El interés por la aplicación:

$$IA_i = 4(M_i + SB_i) + 2(H_i + L_i + N_i + O_i + SC_i + SH_i) + P_i + Q_i + SA_i + SE_i$$

- El interés por la tecnología:

$$IX_i = 4(Q_i + SH_i) + 2(P_i + SE_i)$$