

# Desarrollo de las competencias matemáticas en la formación del ingeniero industrial

**Efraín Ignacio Martínez Mendoza**

eframartinez67@hotmail.com

Universidad Cooperativa de Colombia, (Bogotá –Colombia)

## Resumen

El objeto de estudio de este proyecto se fundamentó en la Ingeniería Didáctica, desarrollada por Michele Artigue. Es por esto que, en la presente investigación la metodología fue desarrollada a mediano plazo con el objeto de establecer las dificultades que se le podrían presentar a un estudiante de primer semestre de ingeniería al resolver un problema.

Lo anterior se hizo a través del diseño de un modelo didáctico, el cual se caracteriza por un esquema experimental basado en realizaciones didácticas como: la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza. Así, se partió de un diagnóstico, el diseño de unos instrumentos denominados talleres, la aplicación y la evaluación en cuatro momentos denominados fases.

Como consecuencia de lo anterior, con el fin de dar una visión general al problema de investigación, se formuló una serie de interrogantes fundamentales que permitiera guiar este proceso dentro de la educación superior –específicamente en la Universidad Cooperativa de Colombia, con el propósito de detectar las dificultades que se presentan frecuentemente en el proceso enseñanza–aprendizaje de las matemáticas por competencias en estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial y sugerir alternativas didácticas. De ahí que, se planteó como objetivo de la investigación: Construir una situación didáctica para el desarrollo de las competencias matemáticas en estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia.

Por consiguiente, con la construcción de la situación didáctica se logró el objetivo enunciado en el trabajo de investigación, ya que permitió establecer avances significativos en los estudiantes en el momento de plantear, resolver y analizar una situación problema.

**Palabras clave:** Competencias, Competencias del ingeniero industrial, Competencias matemáticas, Ingeniería didáctica.

## 1. Introducción

En la facultad de ingeniería de la universidad Cooperativa de Colombia, seccional Bogotá, se presentan ciertos problemas de aprendizaje con los estudiantes que ingresan a primer semestre de ingeniería en cada uno de los pensamientos matemáticos, razón por la que, desde hace cinco años, se implementó en el pensum la asignatura Fundamentos de Matemáticas en cada uno de los programas de la facultad de ingeniería, debido al bajo desempeño académico de los estudiantes en las asignaturas de Cálculo Diferencial, Física Mecánica, Algoritmia y Lógica Matemática, así como al alto número de estudiantes reprobados y la continua deserción del programa. Frente a tal panorama, se planteó como problema: ¿Qué situación didáctica es necesaria implementar para el desarrollo de competencias matemáticas, a partir de la resolución de problema, se deben implementar con estudiantes de primer semestre de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Bogotá?

El Marco de referencia que se desarrolló en la investigación tocó grandes temas que en la actualidad se siguen discutiendo en la educación secundaria y superior, como son las competencias. Estas se revisaron a partir de tres perspectivas: *i*) la génesis del concepto, *ii*) competencias del ingeniero industrial y, *iii*) las competencias matemáticas. También, se revisaron las secuencias didácticas de Guy Brousseau aplicadas a la ingeniería didáctica, lo que permitió formular cuatro etapas o fases de investigación.

En la primera fase, se hizo un cuadro didáctico descriptivo de los análisis preliminares como: epistemológicos, enseñanza tradicional y sus efectos, concepciones de los estudiantes y campo de las restricciones. La segunda fase, denominada de concepción y análisis *a priori* de las situaciones didácticas de la ingeniería, se plantearon unas hipótesis para determinar el

comportamiento de los estudiantes frente a una situación didáctica. La tercera fase, se desarrolló la experimentación con la aplicación de unos talleres que permitieran evidenciar los progresos de aprendizaje de los estudiantes. Por último, la cuarta fase, denominada de análisis *a posteriori* y evaluación, se fundamentó en el conjunto de datos recogidos a lo largo de la experimentación, a saber, las observaciones realizadas de las secuencias de enseñanza, al igual que las producciones de los estudiantes en clase o fuera de ella.

Ahora bien, atendiendo a los objetivos, preguntas orientadoras y problema, este estudio se realizó desde el enfoque mixto, a partir del diseño de cuatro etapas de investigación, así como el diseño de instrumentos didácticos, desarrollando cada enfoque cuantitativo y cualitativo de forma independiente.

Finalmente, es importante resaltar que esta investigación aportó el diseño y validación de una situación didáctica a partir de cada una de las fases de la Ingeniería Didáctica, implementado unas secuencias de enseñanza, que favorecen el aprendizaje y el desarrollo de competencias matemáticas, enfatizando en el análisis, planteamiento y solución de problemas en el campo numérico.

## 2. Marco de referencia

### Competencias Matemáticas

En el propósito de formación inicial los estudiantes de ingeniería requieren el dominio de conceptos matemáticos en las distintas aplicaciones, como en la solución de problemas físicos, químicos y en cada una de las asignaturas de matemáticas, permitiéndoles desarrollar habilidades en otros campos de estudio. Por esta razón se hacen necesarios una enseñanza y un aprendizaje de competencias matemáticas que conlleve a los estudiantes a establecer relaciones entre diversos conocimientos, como la construcción de modelos matemáticos funcionales. Fandiño (2008) afirma: “la competencia es la expresión misma de la propensión al conocimiento y al uso de los conocimientos adquiridos para proceder en la misma dirección, hacia nuevos conocimientos” (p. 41). Si bien es cierto que los alumnos de la facultad de

ingeniería aprenden en general unas matemáticas en un contexto escolar del saber, se les debe llevar a un proceso de aprendizaje del saber hacer a partir de la solución de problemas usuales de la vida cotidiana en el ámbito profesional de modo que logren alcanzar competencia matemática en un mundo real. Estas competencias matemáticas se deben reflejar en el alumno cuando por sí solo interpreta y argumenta en situaciones problemáticas, como lo indica D'amore (2008): “en la competencia matemática se evidencian tres aspectos: el cognitivo, el afectivo y la tendencia de acción” (p.44). En cuanto al aspecto cognitivo hace referencia al conocimiento de la disciplina matemática; en lo afectivo corresponde a la disposición y voluntad de parte del alumno y finalmente en la tendencia de acción se tiene como referente a la dedicación como a la persistencia frente a los problemas matemáticos que debe realizar.

Godino (2008) refiere que un análisis riguroso en competencias matemáticas implica la adopción de un modelo epistemológico que sea acorde a las nuevas tendencias filosóficas de las matemáticas. Por ello:

La matemática es una actividad humana que implica la solución de problemas. En la búsqueda de respuestas o soluciones a estos problemas externos o internos emergen y evolucionan progresivamente las técnicas, reglas y sus respectivas justificaciones, las cuales son socialmente compartidas. La competencia matemática requiere familiaridad con los tipos de problemas, y los recursos disponibles para su solución.

En la actividad matemática se utilizan distintos recursos lingüísticos y expresivos que desempeñan un papel comunicativo e instrumental. La competencia matemática requiere dominio y fluidez en el uso de las lingüísticas y operatorios, esto es, competencia comunicativa, así como de conversión y tratamiento entre los distintos registros de representación.

La matemática es un sistema de reglas (definiciones, axiomas, teoremas), que tienen una justificación fenomenológica y están lógicamente estructuradas. La competencia matemática requiere el dominio de los sistemas matemáticos disponibles y capacidad para desarrollarlos ante las necesidades de resolver nuevos problemas (compresión racional). (p 82, 83).

En su teoría Brousseau (1999), afirma: “Hemos llamado ‘situación’ a un modelo de interacción de un sujeto con cierto medio que determina a un

conocimiento dado como el recurso del que dispone el sujeto para alcanzar o conservar en este medio un estado favorable.

La situación didáctica es una situación construida intencionalmente con el fin de hacer adquirir a los alumnos un saber determinado. Brousseau en 1982 la definía de esta manera: “Un conjunto de relaciones establecidas explícita y/o implícitamente entre un alumno o un grupo de alumnos, un cierto medio (que comprende eventualmente instrumentos u objetos) y un sistema educativo (representado por el profesor) con la finalidad de lograr que estos alumnos se apropien de un saber constituido o en vías de constitución”

### 3. Aspectos metodológicos

De manera coherente con los objetivos, preguntas orientadoras y problema, este estudio se realizó desde el enfoque mixto, a partir del diseño de cuatro etapas de investigación, así como, el diseño de instrumentos didácticos, desarrollando cada enfoque cuantitativo y cualitativo de forma independiente.

#### Etapas de la investigación

Con el propósito de direccionar la investigación desde el enfoque mixto, se diseñó una matriz que relacionara cada una de las cuatro etapas con los diferentes instrumentos aplicados en cada una de ellas y su análisis pertinente.

| ETAPAS                           | INSTRUMENTOS   | ANÁLISIS  |
|----------------------------------|--|---|
| Diagnóstico                      | Encuesta   | Se hizo un análisis con SPSS (Paquete Estadístico para Ciencias Sociales) |
| Diseño del instrumento didáctico | Instrumento del diseño didáctico, para cada una de las Fases | Análisis de cada una de las fases con SPSS.<br>Prueba de hipótesis        |
| Aplicación                       | Entrevistas<br>Diario de Campo                               | Análisis Cualitativo con Atlas. Ti  |
| Evaluación                       | Examen<br>Estadística Talleres                               | Análisis con SPSS   |

## Diagnóstico

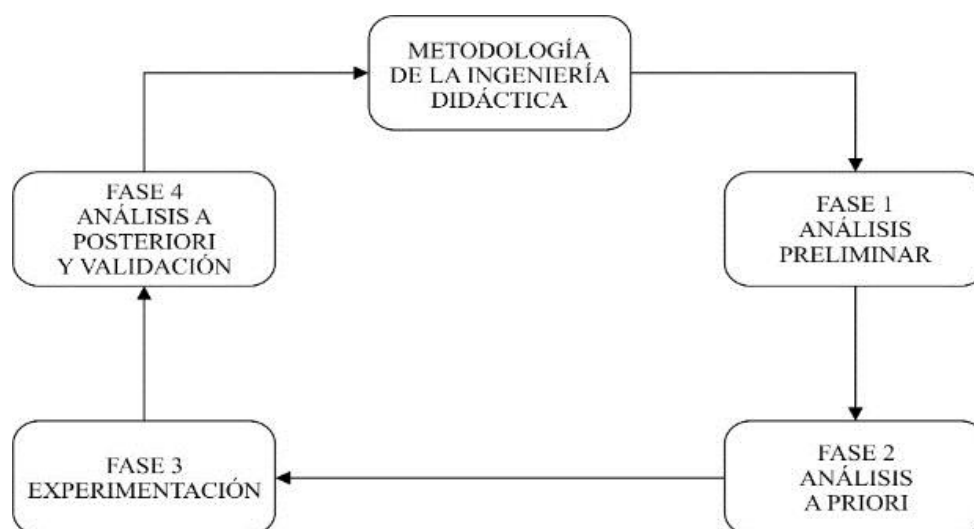
El estudio abarca dos grupos de estudiantes de primer semestre del programa de ingeniería industrial de la facultad de ingenierías de la Universidad Cooperativa de Colombia, seccional Bogotá, en la asignatura álgebra lineal, con características similares.

Uno de los grupos conformados se denominó GE experimental y el otro GC de control; a cada grupo se le aplicó de forma simultánea una encuesta de caracterización. En el grupo GE se desarrolló una propuesta didáctica cuyo objeto de investigación es la experimentación en clase que se sitúa dentro del enfoque comparativo con validación externa, con la comparación estadística del rendimiento del grupo experimental con el grupo de control. En el grupo control GC se desarrolló la clase tradicional, sin embargo se aplicaron cada uno de los talleres desarrollados con el grupo experimental GE y el examen final.

Dentro de la propuesta didáctica aplicada al grupo experimental GE se desarrollaron una prueba de entrada, tres talleres y una prueba final. En el momento de la aplicación del primer taller se realizó una grabación en video y en cada uno de los talleres se realizaron observaciones (diario de campo). Finalmente, se seleccionaron seis estudiantes por grupo quienes posteriormente fueron entrevistados.

## Diseño del instrumento didáctico

En la segunda etapa, la estrategia didáctica que se implementó en el marco teórico de la tesis emerge dentro de un ámbito conceptual de la teoría de situaciones del matemático francés Guy Brousseau, quien a su vez refiere a la combinación de interrelaciones entre tres sujetos como el estudiante, el maestro y el medio didáctico. La ingeniería didáctica puede desarrollarse como una metodología de la investigación con el propósito de caracterizar una situación *a priori* para luego confrontarla con un análisis *a posteriori* de la situación observada. Esta metodología se distingue por un esquema experimental fundamentado en las realizaciones didácticas sobre la concepción, la realización, la observación y el análisis de secuencias de enseñanza a partir de cuatro fases, como se puede ver en el siguiente gráfico:



Metodología Ingeniería Didáctica. Elaboración personal a partir de R. Douady (1984)

La ingeniería didáctica facilita al docente elementos fundamentales que le permiten generar conocimiento al interior del aula, convirtiéndose en una estrategia eficaz por su adaptación y solidez en el medio escolar, apoyados en la experimentación en clase. Régine Douady establece que el término ingeniería didáctica designa un conjunto de secuencias de clase pensadas, organizadas y articuladas en el tiempo de manera coherente por un profesor ingeniero, con el fin de realizar un proyecto de aprendizaje para una población determinada de alumnos. (Pochulu Marcel, p. 40, 2012)

## Aplicación

El objetivo de esta etapa en sus dos primeras fases corresponde a detectar las posibles dificultades presentadas durante la actividad, como en cada una de las respuestas dadas por los alumnos, para este fin se realizaron observaciones que fueron plasmadas por el investigador en diarios de campo. Seguidamente, la tercera fase consistió en la experimentación del diseño de una situación didáctica para la enseñanza y el aprendizaje en la resolución de problemas utilizando las matrices como modelo matemático en el análisis, planteamiento y solución.

Finalmente, una vez concluido todo el proceso de implementación al grupo experimental, se realizó una entrevista a estudiantes de los grupos experimental GE y control GC.



## Evaluación

La cuarta etapa que es a su vez la cuarta fase implementada en la segunda etapa, tuvo como objeto de estudio la validación y valoración de la situación didáctica con la aplicación del examen final a cada uno de los grupos.

En esta misma, se aplicaron en primer lugar talleres y posteriormente el examen final diseñados para el grupo experimental GE y el grupo control GC, teniendo en cuenta que en el grupo control GC las actividades se realizaron sin la implementación de las secuencias facilitadoras del aprendizaje de la ingeniería didáctica.

Una vez concluido el proceso de implementación de la secuencia didáctica al grupo experimental GE, se elaboró una estadística de resultados tanto de los talleres como del examen final respecto de cada uno de los grupos con el objeto de validar la propuesta planteada.

## 4. Desarrollo de la investigación

El análisis realizado en cada una de las fases y en la entrevista permite describir detalladamente lo encontrado durante la investigación, facilitando por una parte la explicación sobre las dificultades presentadas en los estudiantes de los grupos experimental GE y control GC. Por otra parte, verificar que la ingeniería didáctica implementada en el grupo experimental GE, posibilita desarrollar las competencias en los estudiantes por medio de la resolución de problemas.

En lo que respecta a las dificultades evidenciadas durante el proceso llevado a cabo en la práctica de los talleres y la entrevista, arrojan una información valiosa al primer objetivo propuesto en el presente trabajo, el cual corresponde a identificar las dificultades de los estudiantes de primer semestre de ingeniería Industrial en el análisis, planteamiento y solución de un problema. Además, la conexión entre los momentos de planeación, adecuación de las fases, desarrollo de la ingeniería didáctica y aplicación permitió recopilar los diferentes obstáculos en los alumnos de los grupos experimental GE y control GC. Para ilustrar, en la prueba diagnóstica utilizada en los dos grupos se evaluaron cinco ejes temáticos: aritmética de



fraccionarios, expresiones algebraicas, factorización, fracciones algebraicas y ecuaciones, encontrando desempeños bajos en las fracciones algebraicas, factorización, ecuaciones y en menor número en la aritmética de fraccionarios.

En consecuencia, las dificultades halladas en cada una de las fases de la ingeniería didáctica, como también en las entrevistas, reflejan el bajo nivel de conocimientos matemáticos de los estudiantes aprendidos en su educación básica y media, quizás porque la enseñanza se focalizó al desarrollo de algoritmos y se le dio poca importancia a potencializar la resolución de problemas. A su vez, D'Amore (2008) expresa que se requiere que el alumno enfrente problemas nuevos, no sólo ejercicios, para medir su capacidad de proyectarse, de arriesgar, haciendo uso de conocimientos aún no del todo asimilados.

Con respecto al segundo objetivo propuesto en la investigación, el cual correspondió al diseño y validación de una situación didáctica que facilitara el aprendizaje y la enseñanza en la resolución de problemas. Para los fines de validación, se confrontaron los análisis a-priori y a-posteriori, con lo implementado en la fase tres a estudiantes del grupo experimental GE, frente al modelo tradicional llevado a cabo en alumnos del grupo control GC, teniendo en cuenta, en los dos grupos la estadística de los talleres, el examen final y la prueba de hipótesis enunciada en la fase dos.

En relación con la estadística descriptiva aplicada a cada taller se encontró un mejor desempeño de los integrantes del grupo experimental GE, de forma progresiva durante la implementación de las fases de la ingeniería didáctica, sin embargo en el primer taller los alumnos del grupo control GC presentaron un resultado sobresaliente y en los otros dos talleres desempeños bajos con respecto a los estudiantes del grupo experimental GE.

Asimismo con el propósito de corroborar los resultados encontrados con la estadística descriptiva se aplicó en cada uno de los talleres una estadística inferencial, utilizando los promedios y la desviación estándar en el planteamiento de las hipótesis nula y alterna, por medio de la regla t-student en el intervalo de confianza IC hallado validando el rendimiento de cada grupo en los respectivos talleres.

En síntesis, se confirma por medio de la estadística inferencial aplicada en cada uno de los talleres el buen desempeño de los integrantes del grupo

experimental GE de forma progresiva, comparado con los resultados logrados por los alumnos del grupo control GC. Es decir, en el desarrollo de cada taller los estudiantes del grupo experimental GE fueron mejorando sus promedios, caso contrario en los integrantes del grupo control GC se evidenció un desempeño deficiente con promedios por debajo de tres.

Con respecto al resultado evidenciado en el examen en cada uno de los grupos, se constató por medio de la estadística descriptiva un mejor desempeño en los integrantes del grupo experimental GE, comparado con los resultados obtenidos por alumnos del grupo control GC. En efecto, los promedios de los estudiantes del grupo control GC no mejoraron durante la aplicación de cada una de las actividades, así como en el examen final.

## 5. Conclusiones

1. Se probó que la aplicación de situaciones didácticas orientadas a desarrollar las competencias matemáticas, conlleva a fortalecer los conocimientos matemáticos en la aplicación de problemas de ingeniería.
2. En la construcción del modelo didáctico se realizó un estudio amplio de los contenidos, lo que facilitó establecer una relación entre los objetivos de la asignatura, las nociones previas y los contenidos.
3. A medida que se desarrollaba cada fase se observó en los estudiantes del grupo experimental, un desempeño significativamente alto en la aplicación gradual de los talleres, caso contrario, en los estudiantes del grupo control se observó un desempeño significativamente bajo.
4. Las dificultades de tipo operacional y de análisis presentadas por los estudiantes del grupo experimental, se fueron superando progresivamente en la aplicación continua de las secuencias de actividades, en tanto que, en los alumnos del grupo control persistieron los problemas.
5. Para desarrollar competencias matemáticas en estudiantes de ingeniería, se debe realizar un estudio reflexivo de la secuencia de enseñanza, conllevando a revisar los objetivos, los contenidos y las nociones previas, además de los conocimientos e intereses de los alumnos.

## Proyección de la investigación

1. En la implementación de un modelo didáctico se requiere de la participación y retroalimentación de profesionales pedagogos, como también de pares académicos que enseñan la asignatura.
2. La Facultad de Ingeniería debe facilitar a los docentes del área de ciencias básicas, espacios de socialización y retroalimentación que permitan fortalecer los procesos de aprendizaje-enseñanza.
3. Se debe planear las secuencias de enseñanza antes de iniciar un curso, como también cada uno de los talleres a desarrollar con los estudiantes. Es de suma importancia hacer un estudio de los resultados de la prueba diagnóstica aplicada a los futuros estudiantes de ingeniería.
4. La Facultad de Ingeniería debe realizar cambios en el proceso de selección de los estudiantes, tomando como referente las competencias que debe desarrollar un futuro ingeniero industrial.

## Referencias bibliográficas

- Artigue, M., Douady, R., Moreno, L., & Gómez, P. (1998). *Ingeniería Didáctica en Educación Matemática*. Bogotá: Una empresa docente.
- D'Amore, B., Godino, J. D., & Pinilla, M. I. (2008). *Competencias Matemáticas*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Pochulu, M. D., & Rodriguez, M. A. (2012). *Educación Matemática, Aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Universitaria de Villa María.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Interamericana.
- Tobón, S. (2007). *Competencias en la Educación Superior*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Tobón, S., Rial, A., Carretero, M. Á., & García, J. A. (2006). *Competencias, Calidad y Educación Superior*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.