

Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como propuesta metodológica

Mathematics in the training of an engineer: mathematics in context as a methodological proposal.

Elia Trejo Trejo

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, Méjico

Patricia Camarena Gallardo

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (Zacatenco, Méjico)

Natalia Trejo Trejo

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, Méjico

Resumen

En este artículo se establece como propuesta metodológica para la enseñanza de las matemáticas en el nivel de Ingeniería a la fase didáctica de la Matemática en Contexto de las Ciencias. Se parte de la selección de un evento contextualizado y posteriormente se muestran los pasos que el profesor de matemáticas debe seguir para presentar a los estudiantes una matemática contextualizada. Se trabaja con el caso particular de una ecuación diferencial para determinar matemáticamente el orden de una reacción química. Con esta actividad se logra vincular dos áreas de conocimiento las matemáticas avanzadas con la bioquímica avanzada, materias cursadas por un Ingeniero en Procesos Bioalimentarios del subsistema de Universidades Tecnológicas. La propuesta metodológica se distingue por actividades previas, tales como la selección adecuada del evento a contextualizar, la identificación de los conocimientos previos de matemáticas y de la disciplina del contexto, y el diseño de la situación de aprendizaje en donde se trabaja con la Matemática en Contexto. Estas actividades las debe realizar el profesor antes de proponer a los estudiantes la situación de aprendizaje contextualizada. Los hallazgos sugieren que con la implementación de esta propuesta metodológica los estudiantes se convierten en sujetos activos con un papel protagónico en su formación académica y profesional mientras que el profesor se transforma en una guía y facilitador del conocimiento, donde su papel principal es el diseño de las situaciones de aprendizaje y su conducción durante la ejecución de las mismas.

Palabras clave: Fase didáctica, Matemática en Contexto de las Ciencias, propuesta metodológica, situación de aprendizaje.

Abstract

This article establishes the proposed methodology for the teaching of mathematics at the level of Engineering to the learning phase of the Mathematics in Context of Science. By selecting a contextualized event are the steps that the math teacher should continue to present students with a mathematical context. It works with the particular case of a differential equation to mathematically determine the order of a chemical reaction, linking two areas of advanced mathematics knowledge with advanced biochemistry, courses taken by a Process Engineer Bioalimentary Technological Universities subsystem. The proposed methodology is distinguished by previous activities, such as the proper selection of the event into context, identifying previous mathematics knowledge and discipline on the context, and the design of the learning situation in which we work with mathematics in Context. These activities should be performed by the teacher before proposing students contextualized learning situation. The findings suggest that the implementation of this proposed methodology students become active participants with a starring role in their academic and professional while the teacher becomes a guide and facilitator of knowledge, where his main role is to design learning situations and their conduct during the execution of the same.

Keywords: Phase didactic, Context Mathematical Sciences, proposed methodology, learning situation.

Introducción

Los retos y desafíos de las Universidades, actualmente han cambiado, el desarrollo tecnológico exige que los ingenieros que se formen en la educación superior sean competitivos en el ámbito nacional e internacional para hacer frente al proceso de globalización, por lo que se hace necesario el replantear el porqué de las matemáticas, sus contenidos y la metodología de enseñanza, de modo que los estudiantes tengan la capacidad para ser creativos, innovadores y razonar en torno a la solución de problemas del área de desarrollo que les compete.

Bajo esta óptica, la enseñanza universitaria debe dejar de ser conservadora, es decir la metodología eminentemente presencial del docente en sesiones magistrales debe abandonarse y buscar alternativas donde los estudiantes puedan ser sujetos activos en su formación académica. Estas nuevas metodologías deben reconocer la importancia de una buena base científica por parte de los estudiantes en donde se integre el saber y saber hacer con el saber ser, lo cual será posible si aunado al pensamiento analítico, crítico y reflexivo se fomenta el trabajo en equipo que coadyuve a desarrollar la solidaridad, la responsabilidad, la ética y la honestidad. De este modo se contribuye a formar estudiantes con actitudes, habilidades y valores necesarios para tener ingenieros con oportunidades de éxito en su formación académica y en su vida profesional. En atención a lo anterior, corresponde al profesor, en este caso en particular al profesor de matemáticas el buscar una metodología de enseñanza para que el futuro ingeniero reciba, en su formación académica, las herramientas que le permitan tener un buen desempeño profesional.

En consecuencia se propone a la Matemática en Contexto de las Ciencias (MCC) (Camarena 2000) como una estrategia metodológica para la enseñanza de las matemáticas en las carreras de Ingeniería. La MCC tiene sus orígenes en el Instituto Politécnico Nacional (IPN-México), con resultados satisfactorios sobre la enseñanza de las matemáticas (Camarena, 1984). Actualmente su uso se está haciendo extensivo a otros niveles educativos, tal es caso de las Universidades Tecnológicas mexicanas.

Lo anterior se justifica, pues los reportes de investigación sugieren que mediante el uso de la MCC se provee a los estudiantes de las herramientas necesarias que le permitan enfrentar exitosamente problemas que requieren de capacidad analítica e innovación, se mejoran las actitudes y habilidades que permiten tener logros en el aprendizaje de las matemáticas, se crean hábitos de trabajo individual y en equipo en búsqueda del conocimiento científico y su aplicación en la solución de problemas y desde luego se desarrolla en el estudiante el interés por la investigación aplicada, acercándolo a la resolución de problemas reales garantizando una sólida formación en matemáticas contribuyendo en la comprensión y resolución de fenómenos relacionados con la ingeniería (Trejo y Camarena, 2011a; Trejo y Camarena, 2012). Cuando se trabaja con la Matemática en Contexto de las Ciencias el estudiante debe asumir un rol protagónico en el proceso de enseñanza aprendizaje y el profesor se convierte en un orientador que facilita la apropiación del conocimiento, fomenta la solidaridad, el respeto y el trabajo en equipo.

Trabajar con una matemática contextualizada no es una tarea fácil ni para el profesor ni para el estudiante (Trejo y Camarena, 2011b) pues es necesario integrar conocimientos matemáticos con otras áreas de conocimiento con las implicaciones inherentes de este proceso. En el caso particular del profesor, cuando se quiere utilizar a la Matemática en Contexto de las Ciencias, en su fase didáctica, surgen dudas de cómo hacerlo.

Este artículo busca, sin ser el único modo, mostrar cómo un profesor puede trabajar con la Matemática en Contexto de las Ciencias para fomentar la interdisciplinariedad. Se toma como ejemplo a la carrera de Ingeniero en Procesos Bioalimentarios, formación ofertada por las Universidades Tecnológicas, y como tema específico la enseñanza de las ecuaciones diferenciales y su aplicación en la resolución de un problema del área de bioquímica. Con lo anterior se espera contribuir en el diseño y rediseño de actividades didácticas para estudiantes de nivel superior y de carreras técnicas encaminadas al aprendizaje de las matemáticas

Fundamentos teóricos

Vázquez (2012) señala que un ingeniero es quien, con los recursos disponibles y sus conocimientos, brinda creaciones útiles a la sociedad; así asevera que México es la sexta nación con mayor número de estudiantes de ingeniería graduados; añade que a pesar de ello, existe un notable desfase entre sus conocimientos y lo que el país necesita. En ese sentido, Reséndiz (2008) y Rodríguez (2011) coinciden en indicar que la escuela debe proporcionar a sus estudiantes una visión general y bien integrada de la ingeniería (funciones, métodos y contexto) que les permita tomar conciencia de los conocimientos y las capacidades adicionales que después deberán aprender en el ejercicio profesional.

Aunado a lo anterior, Covarrubias (1998) considera que los profesionales de las ingenierías deben tener conocimientos técnicos y de las ciencias puras, de tal forma que la profesión ha llegado a ser catalogada como perteneciente a las llamadas ciencias de la transferencia, sirven de interfase entre el mundo de las ciencias puras y el mundo de la industria y lo social. Este autor define a la ingeniería como:

“Las ciencias de la transferencia, en donde se incluyen las diferentes ramas de la ingeniería (...) comparten con las ciencias puras una preocupación por la ciencia productiva, pero por otra parte tienen características bastantes diferentes: su actividad está dirigida principalmente a resolver problemas que surgen de las actividades sociales y económicas; sus graduados son normalmente empleados por la industria. Ellas persiguen asuntos o problemas ampliamente vinculados con objetivos o fenómenos hechos artificialmente y sus comunidades científicas activas en investigación en esas áreas están estrechamente vinculados con profesiones más preocupadas por la aplicación de sus resultados. Las ciencias de la transferencia juegan un papel esencial en proporcionar una interfase entre el mundo de la "ciencia pura" y el mundo de la industria o la problemática social. Investigan problemas concretos surgidos en todos los campos del entorno humano, vistas como campos o disciplinas” (Covarrubias, 2002; pp.3, 4)

Guevara (2005), Recuero (2002), Rugarcía (2000) y Covarrubias (1998) coinciden en que, la formación de ingenieros tiene por objetivos crear profesionales que posean:

- Conocimientos basados en física y matemáticas que fundamentan su especialidad así como los de la práctica correcta de la misma; de instrumentación y nuevas tecnologías; de relaciones industriales y fundamentos de dirección empresarial.
- Capacidades para manejar información técnica y estadística; para desarrollar y utilizar modelos que simulen el comportamiento del mundo físico; para aplicar conocimientos en la resolución de problemas técnicos reales; para trabajar en proyectos multidisciplinarios; para combinar calidad con sencillez en la producción y el mantenimiento de productos y servicios; para comunicarse con claridad; para emprender acciones o proyectos.
- Formación ética: que les permita plena conciencia y respeto por lo que constituye su profesión y de su responsabilidad hacia la sociedad y el ambiente; basada en los valores intelectuales, estéticos, afectivos, gregarios (sociabilidad), físico-biológicos, económicos y materiales.

Además de lo señalado, Salazar (2000) refiere que durante la formación de los ingenieros se debe poner énfasis en desarrollar mentes maduras y educar ingenieros que puedan pensar. Identifica al uso de las técnicas matemáticas como un medio muy poderoso para lograr este objetivo sobre todo si son utilizadas para describir, modelar y resolver situaciones técnicas. Consecuentemente, sugiere que la matemática es la herramienta más poderosa para el ingeniero y su dominio desde los principios de su carrera le permitirá un rápido progreso en temas específicos de su formación profesional.

En esta investigación cobra importancia el primer punto en el que se indica que las matemáticas fundamentan la formación del ingeniero y desde luego la aplicación de dichos conocimientos en la resolución de problemas técnicos reales, dado que los ingenieros que se forman en las Universidades Tecnológicas se insertan en el sector productivo y durante su vida profesional habrán de dar solución a problemas reales donde se requiere la aplicación de las matemáticas (Trejo y Camarena, 2012).

La matemática en Contexto de las Ciencias

En el nivel superior, específicamente en carreras donde se forman ingenieros, las matemáticas constituyen una herramienta de apoyo para su formación (Camarena, 2000, 2006b y 2008), dado que durante este proceso como en su vida profesional han de resolver problemas en donde de forma recurrente es común ver que apliquen las matemáticas; es decir, las matemáticas en este nivel se conciben como una herramienta fundamental en la resolución de problemas científicos (REMATH, 2010). Sin embargo, las matemáticas se han enseñado como ciencia abstracta (IST, 2010) privilegiando lo que se conoce como una la enseñanza tradicional, basada en el profesor como eje central.

Lo anterior hace difícil que el estudiante transfiera el conocimiento matemático al área de su formación profesional razón por la cual Camarena (1984, 1995) propone que, para apoyar la construcción del conocimiento matemático y en particular de conceptos matemáticos en el nivel superior, se necesita presentar un concepto a los estudiantes en diversos contextos del área de conocimiento de la carrera profesional, de situaciones de la vida cotidiana y de actividades de la vida laboral y profesional. En ese sentido, se debe fomentar un enfoque transdisciplinario de tal manera que el profesor de matemáticas coadyuve a entender los fenómenos de la naturaleza y resolver los problemas que plantea la sociedad, cada vez más complejos (Crombie, 2008).

La Matemática en Contexto de las Ciencias, a través de la fase didáctica, contribuye en la adquisición de las competencias matemáticas señaladas por Niss (2003): a) pensar matemáticamente; b) plantear y resolver problemas matemáticos; c) modelar matemáticamente; d) argumentar matemáticamente; e) representar entidades matemáticas (situaciones y objetos); f) utilizar los símbolos matemáticos; g) comunicarse con las matemáticas y comunicar sobre matemáticas y h) utilizar ayudas y herramientas (incluyendo las nuevas tecnologías).

Es así como en éste artículo se asume a la Matemática en Contexto de las Ciencias (MCC) como la estrategia metodológica para la enseñanza de las matemáticas en la carrera de un Ingeniero egresado del Subsistema de Universidades Tecnológicas. En seguida se detallan algunos aspectos de la MCC, mismos que sustentan la investigación.

La Matemática en el Contexto de las Ciencias (MCC) (Camarena, 1984; 1995; 2000) se ha desarrollado desde 1982 a la fecha, a través de investigaciones realizadas principalmente en el Instituto Politécnico Nacional de México y reflexiona acerca de la vinculación que debe existir entre la matemática y las ciencias que la requieren, entre la matemática y las situaciones de la vida cotidiana, así como su relación con las actividades profesionales y laborales. La Matemática en Contexto de las Ciencias nace en el nivel universitario y se está llevando hacia los niveles educativos anteriores (Camarena, 2008).

La teoría se fundamenta en tres paradigmas: la matemática es una herramienta de apoyo y materia formativa; tiene una función específica en el nivel superior; los conocimientos nacen integrados. El supuesto filosófico educativo de esta teoría es que el estudiante esté capacitado para hacer la transferencia del conocimiento de la matemática a las áreas que la requieren y con ello las competencias profesionales y

laborales se ven favorecidas, porque se pretende contribuir a la formación integral del estudiante y a construir una matemática para la vida.

La Matemática en Contexto de las Ciencias concibe al proceso de aprendizaje y de la enseñanza como un sistema donde intervienen las cinco fases de la teoría: curricular, cognitiva, didáctica, epistemológica y docente (figura 1); además, hacen presencia factores de tipo emocional, social, económico, político y cultural. Como teoría, en cada una de sus fases se incluye una metodología con fundamento teórico, acorde a los paradigmas en los que se sustenta, donde se guían los pasos para el diseño curricular, se describe la didáctica a seguir, se explica el funcionamiento cognitivo de los alumnos y se proporcionan elementos epistemológicos acerca de los saberes matemáticos vinculados a las actividades de los profesionistas, entre otros.



Fuente: Adaptado de Camarena (2000)

Figura n. 1. Fases de la Matemática en Contexto de las Ciencias (MCC).

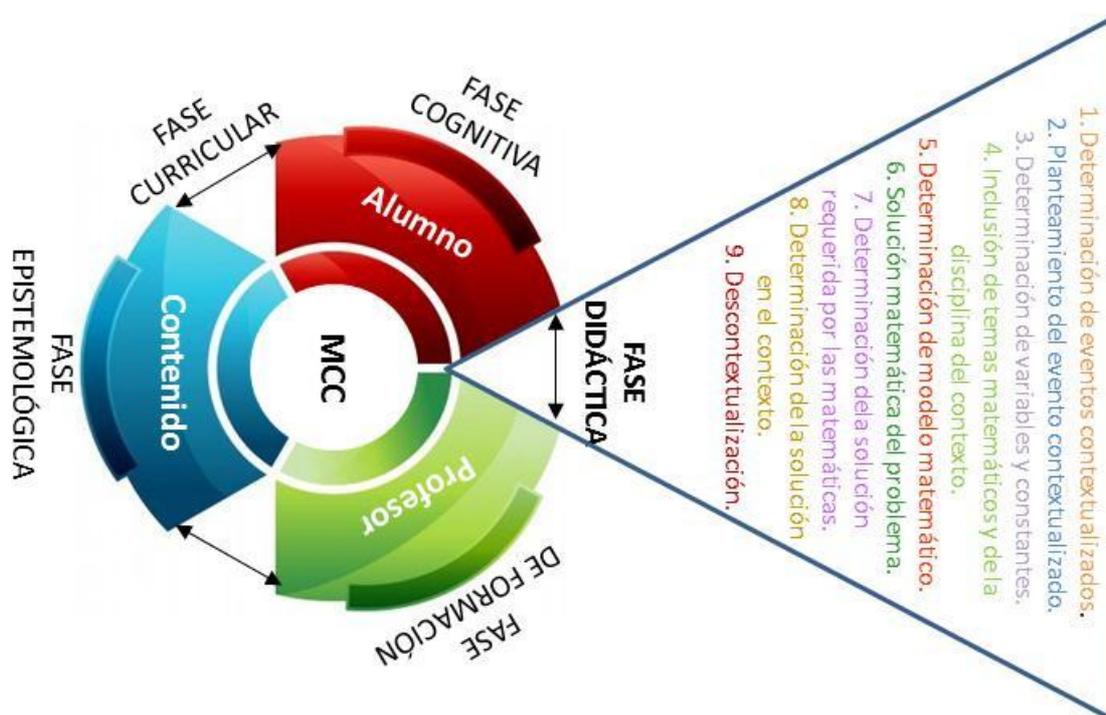
La metodología de enseñanza de las matemáticas que se propone en ésta investigación incide directamente en la fase didáctica de la teoría, denominada Matemática en Contexto (MC). En ella se le solicita al estudiante trabajar con una matemática contextualizada en las áreas del conocimiento de su futura profesión en estudio, en actividades de la vida cotidiana y en actividades profesionales y laborales, todo ello a través de eventos contextualizados, los cuales pueden ser problemas o proyectos.

La Matemática en Contexto contempla nueve etapas, que se desarrollan en el ambiente de aprendizaje en equipos de tres estudiantes: líder académico, líder emocional y líder de trabajo. Estas etapas son (figura 2) (Camarena, 1995; 2000; 2006a; 2006b):

1. Determinación de los eventos o problemas matemáticos contextualizados.
 - a. Análisis de textos de las demás asignaturas que cursa el estudiante para determinar los eventos contextualizados que deberán ser planteados a los alumnos siempre y cuando estén a su alcance cognitivo.

- b. Vinculación con la industria para determinar eventos contextualizados de la actividad laboral y profesional del área de conocimiento de la carrera en cuestión, para ser planteados y abordados por los alumnos cuando proceda.
 - c. En acción guiada por el profesor y de forma colaborativa, alumnos y profesores determinan eventos de la vida cotidiana procedentes, que sean del interés del estudiante y que involucren los temas a tratar en el curso.
2. Planteamiento del evento o fenómeno contextualizado.
 3. Determinación de las variables (dependientes, independientes y controladas) y las constantes del problema.
 4. Inclusión de los temas y conceptos matemáticos para abordar el desarrollo del modelaje y su solución, así como los temas indispensables de las disciplinas del contexto.
 5. Determinación del modelo matemático
 6. Solución matemática del problema
 7. Determinación de la solución requerida por el problema en el ámbito de las disciplinas del contexto.
 8. Interpretación de la solución en términos del problema y áreas de las disciplinas del contexto.
 9. Descontextualización de los conceptos y temas a tratarse en el curso.

La Matemática en Contexto además de fungir como estrategia didáctica, permite seguir un proceso metodológico para contextualizar la matemática a través de las etapas 2, 3, 5, 6 y 8, con lo cual se vincula la matemática con las demás ciencias de las carreras profesionales y técnicas en tratamiento. El tipo de evento contextualizado que se elija deberá tener historial, es decir, debió haber sido trabajado previamente por un grupo de docentes para identificar el tipo de componentes de las competencias que entran en acción, así como las preguntas tipo que realizan los estudiantes al momento de abordar los eventos, entre otras más. El éxito del evento contextualizado para que pueda desarrollar las competencias en los estudiantes tiene que ver con su elección adecuada y con la guía del profesor al momento de que los estudiantes resuelvan el evento.



Fuente: Adaptado de Camarena (2000)

Figura n. 2. Fases de la Matemática en Contexto (fase didáctica)

En relación con los resultados derivados del uso de la fase didáctica de la Matemática en Contexto se reporta una mejora en los niveles de desempeño en la aplicación del conocimiento matemático a otras áreas de la ingeniería. Además, como resultado de la implementación de la matemática en contexto, el profesor puede dar cuenta del logro en la adquisición de la competencia matemática mediante el tránsito entre diferentes registros de representación, la construcción de modelos matemáticos, las estrategias en la resolución de problemas contextualizados, el análisis de las creencias, la metacognición, el análisis de los procesos argumentativos, el desarrollo de habilidades para identificar puntos de control y regularidades (Camarena, 2008). Los resultados habrán de variar en función del objetivo, el propio diseño y aplicación de la situación didáctica generada por el profesor.

Método

De acuerdo con Peña y Pirella (2007) la investigación realizada es de tipo descriptivo y explicativo. Se muestra como el profesor de matemáticas puede utilizar la fase didáctica de la Matemática en Contexto de las Ciencias. Para ello, se establece como punto de arranque la presentación de un evento contextualizado y significativo para los estudiantes. Se aborda en concreto a la ecuación diferencial en el contexto del orden de una reacción química. Tomando entonces como principio didáctico el planteamiento de eventos contextualizados y su resolución como el camino a recorrer desde su estado inicial a uno final, se establece la propuesta metodológica mediante la matemática en contexto para la enseñanza de las matemáticas en el nivel de ingeniería.

Los resultados se describen y explican en relación a las actividades que el profesor debe desarrollar antes de poner en acción la propuesta didáctica a los estudiantes para trabajar con una matemática contextualizada (figura 3).



Fuente: Elaboración propia (2013)

Figura n. 3. Metodología de desarrollo de la investigación

Desarrollo de la propuesta

Como se refiere a lo largo del documento, en base a la Matemática en Contexto se establece una propuesta metodológica para la enseñanza del tema en particular de ecuaciones diferenciales, incidiendo en el contexto de un Ingeniero en Procesos Bioalimentarios.

Entonces, en este apartado y atendiendo la metodología, se muestra como el profesor de matemáticas debe proceder para planear la propuesta didáctica antes de ser presentada a sus estudiantes; de tal manera que estos tengan éxito durante la puesta en escena de la actividad. Es importante señalar que los resultados se han dividido en **actividades previas** que el profesor debe realizar: a) Selección del evento a contextualizar; b) identificación de conocimientos matemáticos y de la disciplina del contexto y c) diseño de situaciones de aprendizaje. En la última etapa se trabaja con la fase didáctica de la Matemática en Contexto de las Ciencias, se describen las actividades de inicio, desarrollo y cierre. Finalmente, se señala cómo el profesor, derivado de sus actividades previas, establece la última actividad que consiste en la puesta en acción de la propuesta didáctica (figura 4).



Fuente: Elaboración propia

Figura n. 4. Desarrollo de la propuesta metodológica: enseñanza de las matemáticas en el nivel de ingeniería

Actividades previas por parte del profesor de matemáticas

Es importante destacar que para que el profesor trabaje una matemática contextualizada debe involucrarse en la carrera de ingeniería donde imparte clases, dado que será necesario el que cuente no solo con los conocimientos matemáticos sino también con los conocimientos que el evento o problema a contextualizar requiera.

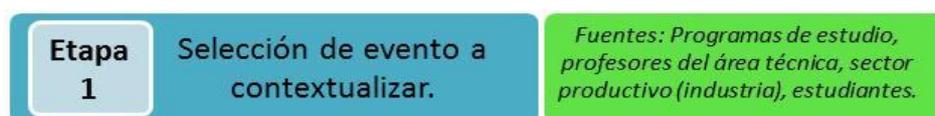
Etapas 1. Selección del evento contextualizado. La primera actividad que el profesor debe realizar corresponde a la selección del contexto para el tema matemático que desea abordar (figura 5). Para lograr esto, se tienen varias alternativas:

a) Explorar los programas de estudio de ciencias y de las materias técnicas a fin de detectar posibles aplicaciones de las matemáticas y del tema o temas a abordar;

b) trabajar de forma estrecha con los profesores que imparten las materias del área técnica o de las ciencias básicas, esto facilita el trabajo dado que los profesores son fuente directa de problemas técnicos que requieren la aplicación de las matemáticas;

c) la industria es una fuente de información para el planteamiento de problemas reales; sin embargo, si el profesor no está vinculado con este sector los profesores del área técnica pueden nutrirlo de casos de estudio o en su defecto los propios estudiantes dado que en las Universidades Tecnológicas Mexicanas existe una estrecha vinculación con el sector productivo y es común que los estudiantes realicen actividades académicas en colaboración con la industria;

d) una fuente importante para la elección de eventos a contextualizar, son los estudiantes quienes pueden señalar y escoger un tema de interés a resolver mediante la aplicación del problema, este puede ser de la vida cotidiana, del sector productivo o de alguna materia en específico. La característica de ésta participación colaborativa con los estudiantes radica en una selección donde las partes tienen interés.



Fuente: Elaboración propia

Figura n.5. Selección del evento a contextualizar

En función del tipo de evento contextualizado, este se puede abordar como caso de estudio, problema o proyecto. La elección del evento a contextualizar y su clasificación estará en función del grado de complejidad del tema, del propio evento, de las estructuras cognitivas de los estudiantes (conocimientos previos, conocimientos matemáticos y conocimientos de la disciplina que apoyará), del dominio de los contenidos del profesor y de los tiempos didácticos y cognitivos. Esta primera, etapa es de las más importantes en el proceso de aplicación de la Matemática en Contexto, pues implica un mayor compromiso e involucramiento del profesor, un mayor dominio de conocimientos matemáticos pero también de incursionar en un área que le puede resultar desconocida. De igual manera, para el estudiante atender un evento

contextualizado requiere de mayor demanda cognitiva, compromiso, dedicación, motivación y trabajo en equipo.

En resumen, durante esta primera etapa el profesor deja de ser el centro del conocimiento, convirtiéndose en facilitador mientras que el estudiante se torna en un sujeto activo, responsable de su formación y con autonomía para la adquisición del conocimiento. Es preciso señalar, que cuando se selecciona el evento a contextualizar el profesor puede ya haber trabajado con los conocimientos matemáticos inherentes al problema matemático (con su estrategia tradicional) o mediante éste ir incorporando los temas necesarios sobre el nuevo concepto de estudio. Consecuentemente, la Matemática en Contexto reconoce la importancia del uso de algoritmos, ejercicios nemotécnicos y demás estrategias utilizadas por los profesores de matemáticas dado que cada una de ellas tienen funciones cognitivas diferentes.

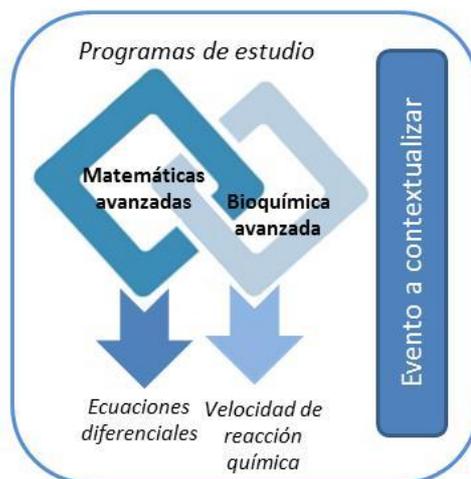
Es importante destacar que el uso de eventos contextualizados, en las clases de matemáticas, permiten el desarrollo de habilidades de pensamiento (Trejo y Camarena, 2012) pero sobre todo la transferencia de conocimientos, es decir la aplicación de las matemáticas en situaciones reales a las que habrán de enfrentarse los futuros ingenieros.

En atención al ejemplo que nos ocupa, enseguida se sugiere como el profesor puede llevar a cabo esta primera etapa.

En este caso en particular la selección del evento a contextualizar se hace mediante la revisión y análisis de dos materias por un lado matemáticas y por el otro una ciencia aplicada (figura 4). En seguida se describe este proceso. En la materia de Matemáticas Avanzadas, contemplada en el Programa de Estudio de Ingeniero en Procesos Alimentarios, del Subsistema de Universidades Tecnológicas en México se tiene la unidad IV denominada Cálculo Integral en donde se pide (figura 5) *“resolver ecuaciones diferenciales e integrales mediante el cálculo integral para la solución de problemas de la industria alimentaria”* (Programa de Estudios vigente, CGUT, 2013; disponible en <http://cgut.sep.gob.mx/Planes%20de%20estudios.htm>), mientras que en el programa de estudios de Bioquímica Avanzada, del mismo Programa Educativo, en la Unidad I Cinética Química (figura 6) se solicita abordar el tema de velocidad de reacción química. Entonces, vinculando estas dos áreas de conocimiento se selecciona como evento: La determinación de la velocidad de una reacción química de primero orden mediante el uso de una ecuación diferencial. El evento a contextualizar queda definido como:

“Se tiene una muestra de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), la cual ha reaccionado en un reactor discontinuo, determine matemáticamente su velocidad de reacción para comprobar que se trata de una reacción de primer orden”.

Con la definición del evento contextualizado se habrá de continuar el proceso de contextualización, mediante la Matemática en Contexto.



Fuente: Elaboración propia

Figura n.6. Selección del evento a contextualizar

MATEMÁTICAS AVANZADAS

UNIDADES TEMÁTICAS

1. Unidad Temática	IV. Cálculo Integral
2. Horas Prácticas	19
3. Horas Teóricas	6
4. Horas Totales	25
5. Objetivo	El alumno resolverá ecuaciones diferenciales e Integrales mediante el cálculo integral para la solución de problemas de la industria alimentaria.

Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Diferenciales	Identificar los conceptos de diferencial; incrementos y diferenciales; interpretación geométrica y teoremas típicos de diferenciales.	Calcular ecuaciones diferenciales para la solución de problemas aplicados en el sector alimentario.	Analítico Ordenado
Integrales definidas e indefinidas	Reconocer los conceptos de función de primitiva; integral definida e indefinida; reglas básicas de integración; teorema fundamental del cálculo; evaluación de integrales definidas e indefinidas; técnicas de integración (directa, sustitución y por partes).	Utilizar Integrales definidas e indefinidas de problemas prácticos para las operaciones unitarias de ingeniería de alimentos.	Analítico Ordenado Asertivo

Fuente: CGUT (2013)

Figura n.7. Plan de estudios vigentes de Matemáticas Avanzadas

BIOQUÍMICA AVANZADA

UNIDADES TEMÁTICAS

1. Unidad Temática	I. Cinética química
2. Horas Prácticas	5
3. Horas Teóricas	5
4. Horas Totales	10
5. Objetivo	El alumno establecerá la importancia de los factores que influyen en la cinética molecular (concentración, temperatura y catalizadores) para controlar la naturaleza química de la reacción en procesos alimentarios.

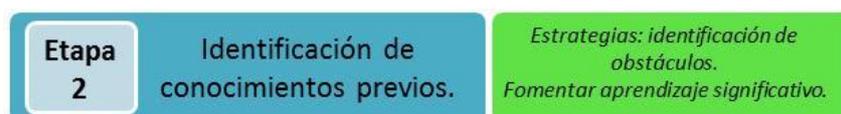
Temas	Saber	Saber hacer	Ser
Velocidad de reacción aplicado a los procesos alimentarios	Describir el concepto de velocidad de reacción y su implicación en los efectos en alimentos.	Demostrar la velocidad de una reacción química conocida.	Analítico Crítico Autónomo
Factores que afectan la velocidad de reacción	Identificar los factores que afectan a velocidad de una reacción (naturaleza química de los reactivos, concentración, temperatura y catalizadores).	Demostrar como afectan los factores a la velocidad de reacción.	Analítico Crítico

Fuente: CGUT (2013)

Figura n. 8. Plan de estudios vigentes de Bioquímica Avanzadas

Etapa 2. Identificación de conocimientos previos de matemáticas y de la disciplina con la que se trabaja. Trabajar con una matemática contextualizada no es tarea fácil para el profesor de matemáticas, como se ha mencionado se requiere que se involucre en áreas de conocimiento que muy probablemente no le son familiares. Lo cual implica una mayor dedicación en la planeación didáctica del tema a abordar, situación que se recomienda debe ser considerada por la Institución donde se labore para generar las condiciones adecuadas, de lo contrario existe el riesgo de regresar a una práctica matemática tradicional con los resultados que ya se conocen (figura 9).

En esta etapa es tarea del profesor la identificación de nociones previas con las que cuenta el estudiante (matemáticas y de la disciplina de apoyo). Entonces el docente puede diseñar o rediseñar actividades a partir de éstas y apoyar la construcción de conocimientos significativos (Ausubel, 1990), además es una oportunidad para identificar los obstáculos (didácticos, epistemológicos, cognitivos u ontogénicos) que el mismo y sus estudiantes pueden enfrentar en la resolución del evento contextualizado.



Fuente: Elaboración propia

Figura n. 9. Etapa 2. Identificación de conocimientos previos

Dando continuidad al ejemplo que nos ocupa, para vincular una ecuación diferencial con la velocidad de una reacción química es importante que el profesor

identifique los conocimientos necesarios del contexto; en esta etapa se parte de la idea del dominio de los conocimientos matemáticos por parte del profesor.

Conocimientos previos de la disciplina

El conocer el orden de una reacción química permite al estudiante y futuro profesionalista determinar la velocidad de reacción (cantidad del reactivo que se consume, o la de producto que se forma, por unidad de volumen en la unidad de tiempo) en que se realizará la misma, lo cual puede influir directamente en diferentes procesos.

La velocidad de una reacción química depende de la cantidad disponible de reactivos, más exactamente de su concentración. Así, para una reacción del tipo:



la ecuación que relaciona la velocidad del proceso con la concentración de los reactivos se expresa en forma genérica como:

$$\text{Velocidad (V)}= k[A]^n \text{ d}$$

k es una constante

n es el coeficiente numérico de la reacción química.

Esta ecuación constituye la llamada ley de velocidad de una reacción química. Se denomina reacción química de primer orden aquella reacción para un solo reactante en la que la velocidad de reacción (V) es proporcional a la primera potencia de concentración de un solo reactante, solo un reactante sufre cambio químico.

Una forma de obtener el orden de una reacción es estudiar cómo varía la velocidad de reacción con la concentración del reactivo, y a partir de los datos obtenidos se construye la gráfica correspondiente, y se determina su ecuación empírica. Con esta ecuación obtenida se puede calcular la constante de velocidad (k) y si esta no varía a través del tiempo se dice que la reacción es de orden o grado uno, lo cual significa que la velocidad de reacción es proporcional a la concentración del reactivo. Lo anterior se puede modelar a través de una ecuación diferencial y su representación gráfica en escala logarítmica es una línea recta. Aun cuando estos datos se pueden obtener de forma experimental, para el ejemplo el profesor puede proveer a los estudiantes las tablas con la información de tal manera que aplique una ecuación diferencial para verificar su velocidad de reacción.

Con la información técnica investigada y analizada por el profesor de matemáticas, se concretiza el planteamiento del evento contextualizado, las actividades derivadas de él y las estrategias de solución en las que, de acuerdo con las expectativas del profesor, se pueden incluir por ejemplo diferentes sistemas de representación para su solución.

Continuando con el evento contextualizado seleccionado, se trabaja específicamente con la reacción química del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) comúnmente llamada agua oxigenada, cuyo orden de reacción se sabe que es uno y la reacción es clasificada como de descomposición ($H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$). Como se mencionó en el párrafo anterior, se decide proporcionar a los estudiantes una tabla

con los datos de la concentración del peróxido a través del tiempo (figura 10). Esta decisión es tomada para reducir el grado de dificultad del evento, de lo contrario se requieren mayores conocimientos previos de cinética química.

Tiempo de reacción	Concentración del H ₂ O ₂ (M)
0	0.97
10	0.96
19	0.95
26	0.94
37	0.93
52	0.92
68	0.91
83	0.90
99	0.89
117	0.88
135	0.87
152	0.86
171	0.85
193	0.84
218	0.83
242	0.81
268	0.80
295	0.79
326	0.78
365	0.77

Fuente: Elaboración propia

Figura n.10. Datos del evento contextualizado proporcionado al estudiante

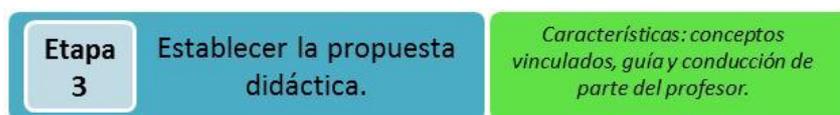
En resumen, los conocimientos previos de la disciplina de contexto requeridos por los estudiantes son: reacciones químicas, tipos de reacciones químicas, velocidad de reacción y métodos para determinar la velocidad de reacción.

En cuanto a los conocimientos matemáticos previos se identifican: funciones, funciones lineales, exponenciales, transformación de funciones, funciones logarítmicas, derivada, antiderivadas e integral definida. Se parte de la idea del dominio de estos conocimientos por parte del estudiante dado que previamente han aprobado matemáticas II que aborda funciones, cálculo integral y diferencial (Programas de estudio-CGUT; 2013).

En este punto el profesor establece como estrategia didáctica la introducción de los nuevos temas matemáticos, mismos que son sugeridos en el programa de estudios. A saber: ecuaciones diferenciales, métodos de solución de ecuaciones diferenciales, modelos de crecimiento y decrecimiento. Además, durante su investigación de los conocimientos técnicos, detectó que el orden de una reacción química puede determinarse mediante métodos analíticos y gráficos por lo cual, para apoyar la aprehensión del nuevo conocimiento puede considerar en su estrategia didáctica el tránsito entre los diferentes registros de representación (Duval, 1993) e incluso puede decidir utilizar la tecnología electrónica, como el uso de un graficador o un simulador del proceso. Estas decisiones estarán en función de los tiempos didácticos pero sobre todo del dominio, por parte del profesor, de dichas estrategias.

Etapa 3. Generar la propuesta didáctica o situación de aprendizaje. En la etapa tres (figura 9), el profesor debe diseñar la propuesta didáctica o situación de aprendizaje para los estudiantes, misma que deberá ser trabajada previamente por él,

para poder anticiparse a las dificultades y preguntas. El éxito en la construcción del conocimiento matemático está en función directa de una buena propuesta didáctica pero sobre todo de la conducción y guía de la actividad por parte del profesor.



Fuente: Elaboración propia

Figura n.11. Establecer la propuesta didáctica

En torno al ejemplo, se muestra la propuesta didáctica o situación de aprendizaje planteada a los estudiantes así como las acciones (preguntas intercaladas) que el profesor debe realizar para su resolución. Para establecer la propuesta didáctica se trabaja con las etapas de la Matemática en Contexto y se ha dividido la situación de aprendizaje en tres momentos: actividades o tareas de inicio, de desarrollo y de cierre.

Ambiente de la situación de aprendizaje: El espacio físico a utilizar es el salón de clases que cuenta con mesas binarias que pueden moverse fácilmente para un trabajo en equipo de tres integrantes, donde se identifica al líder emocional, líder académico y al líder de trabajo. Es en este equipo en donde el profesor analiza y evalúa cómo los estudiantes adquieren el conocimiento matemático.

Actividades de inicio: El profesor realiza el *planteamiento del evento contextualizado* a los estudiantes, con el cual por medio de lluvia de ideas recupera los saberes previos, tanto del área de matemáticas como del área del contexto. El problema a presentar queda expresado según se muestra en la figura 12.

<p align="center">Planteamiento del evento contextualizado</p> <p>“Se tiene una muestra de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) que ha reaccionado en un reactor discontinuo. Se sabe teóricamente que dicha reacción química es de descomposición (H₂O₂ → H₂O + O₂) y de primer orden. Utilizando la concentración del peróxido a través del tiempo y mediante una ecuación diferencial y gráficamente compruebe el orden de dicha reacción”</p>	Tiempo de reacción	Concentración del H ₂ O ₂ (M)
	0	0.97
	10	0.96
	19	0.95
	26	0.94
	37	0.93
	52	0.92
	68	0.91
	83	0.90
	99	0.89
	117	0.88
	135	0.87
	152	0.86
	171	0.85
	193	0.84
	218	0.83
	242	0.81
	268	0.80
	295	0.79
	326	0.78
365	0.77	

Fuente: Elaboración propia

Figura n. 12. Presentación del evento contextualizado

Las preguntas que el profesor realiza para determinar los conocimientos previos de los estudiantes deben estar relacionados con temas específicos del área de

matemáticas como son: funciones, función lineal, función exponencial, transformación de funciones, funciones logarítmicas, logaritmos naturales, derivada, razón de cambio, antiderivada e integral definida; en cuanto a los conocimientos técnicos es preciso que los estudiantes dominen información referente a reacciones químicas, tipos de reacciones químicas, velocidad de reacción química, métodos para determinar el orden de una reacción química.

Es importante destacar, que el primer acercamiento de los estudiantes con el problema contextualizado, cobra importancia pues la forma en cómo se le presente genera motivación e interés por su solución. Un buen dominio del contexto y de las matemáticas por parte del profesor, permitirán presentar la situación de una manera más sencilla y amigable para el estudiante.

El profesor, en las actividades de inicio, más que ser un mediador o guía en el proceso de aprendizaje del alumno, se transforma, desde la perspectiva de la Matemática en Contexto en un promotor del aprendizaje y en un investigador de su práctica y de las condiciones que la influyen. De ahí que, en referencia a su reflexión y conclusiones del análisis de su práctica proceda a la planeación y diseño de situaciones de aprendizaje favorables al proceso del alumno.

Actividades de desarrollo: Toda vez que los estudiantes están involucrados y comprometidos con encontrar la solución al evento contextualizado, la tarea del profesor sigue siendo el guiar la actividad, utilizando como estrategia el uso de preguntas intercaladas, de tal manera que los estudiantes no pierdan el interés por la solución del evento.

Para fomentar el trabajo del equipo el profesor debe hacer algunas preguntas como:

¿Qué información se tiene en el problema que me permita identificar las **variables y constantes**?

Conduciendo a los estudiantes estos podrán definir las variables, identificando la concentración del peróxido de hidrógeno (químicamente se entiende que al irse consumiendo el peróxido su concentración, necesariamente debe ir disminuyendo de manera proporcional a la formación de sus productos).



Peróxido de hidrógeno agua + oxígeno

y el tiempo que está en función de la concentración del peróxido de hidrógeno presente en el reactor.

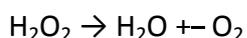
En relación con las constantes se identifica la cantidad inicial de peróxido de hidrógeno (concentración C_p).

La importancia de la identificación de las variables y las constantes radica fundamentalmente en dos aspectos, el primero da cuenta de sí los estudiantes entienden en el lenguaje técnico la información que se les está proporcionado y segundo son entrada para la construcción del modelo matemático.

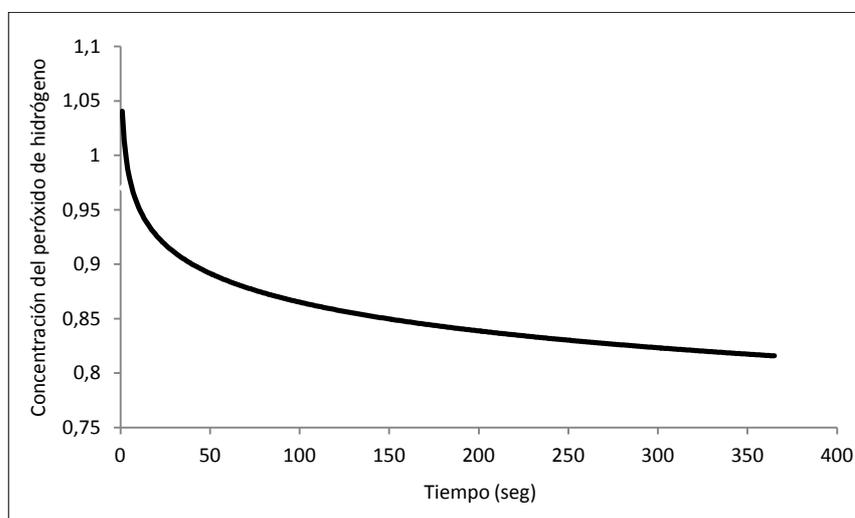
En este momento se hace necesaria la **inclusión de los temas y conceptos matemáticos y de la disciplina del contexto**, mismos que darán como resultado a

obtención del modelo matemático. Es importante recordar que el abordar eventos de las ciencias, como en este caso un evento de la bioquímica, en el que se deben aplicar las matemáticas para su resolución es tarea compleja para el profesor y lo es más para los estudiantes, dado que es necesario integrar los conocimientos de dos áreas tradicionalmente desvinculadas (Trejo y Camarena, 2011). En ese sentido, el profesor de matemáticas debe estar preparado para responder las preguntas de sus estudiantes, situación que logrará en la medida en que se involucre en el área de formación de los estudiantes.

En atención al ejemplo, el profesor debe guiar a los estudiantes indicándoles la necesidad de trabajar con la reacción química del peróxido de hidrógeno (H_2O_2), señalando que se trata de un solo reactivo y motivándolos para que ellos obtengan dicha reacción química. El resultado de esta tarea será la reacción química de descomposición:



En este punto, es importante que el profesor reflexione con sus estudiantes sobre qué es lo que ocurre con el peróxido a través del tiempo ¿La concentración permanece constante, aumenta, disminuye? Una forma de ayudar a los estudiantes, en caso de que presenten algún obstáculo para continuar con el proceso de solución, puede ser el análisis gráfico (figura 13). La gráfica se construye con la tabla de datos dada en el evento, en donde la concentración del peróxido de hidrógeno se grafica en función del tiempo.



Fuente: Elaboración propia

Figura n. 13. Disminución de la concentración del reactivo a través del tiempo

En resumen, deberán llegar a la conclusión que a través del tiempo la concentración habrá de disminuir, pues recurren a sus conocimientos previos que les indican que el trabajar con una reacción química de descomposición significa la formación de dos o más productos y por tanto el desgaste del reactivo. Esto significa que de una cantidad inicial total de moles (unidad de medida de concentración

química) "a", concebida como la unidad, habrá de consumirse la concentración hasta quedar una fracción de la unidad (-).

La siguiente pregunta obligada por el profesor será ¿A qué velocidad se lleva a cabo la reacción química? En este momento, los estudiantes recurren a los conocimientos del área técnica para introducir el concepto de velocidad de reacción (V) qué mide que tan rápido se consume el reactivo (H_2O_2) o se forman los productos ($H_2O + O_2$). Químicamente esto se expresa, mediante la ecuación cinética que relaciona la velocidad de reacción con la constante de velocidad (k) y la concentración del reactivo estableciéndose como:

$$V=kC_p \quad (1)$$

Cuando los estudiantes hacen referencia a este modelo químico, se les preguntará ¿Matemáticamente como se indica que la velocidad de consumo del reactivo varía con el tiempo? Es evidente, que el estudiante habrá de recurrir a sus conocimientos matemáticos previos como la derivada, concebida como velocidad de cambio, de igual manera se hará presente el concepto de diferencial. Si no aparecieran de forma espontánea, nuevamente el profesor deberá tomarse un tiempo para ayudar a los estudiantes a recordar dichos conceptos.

Dado que la concentración del reactivo varía a través del tiempo la diferencia de concentraciones puede expresarse mediante el diferencial, diciendo que la velocidad de la reacción varía o es diferente con respecto al tiempo, matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$V = \frac{dC_p}{dt}$$

Cuando se analizó la concentración inicial y se indicó el consumo del reactivo ("a"), se señaló que este cada vez será menor, por lo que si de manera inicial se tenían "a" moles, con el paso del tiempo se tendrán $1/a$ moles, es decir se consumen partes proporcionales de la concentración inicial; por lo que la ecuación cinética 1 queda expresada como se muestra a continuación. El profesor debe reflexionar con los estudiantes cómo expresar matemáticamente el consumo del reactivo, para ello habrá de introducir el significado, desde el punto de vista de la química, del signo menos.

$$V = -\frac{1}{a} \frac{dC_p}{dt} \quad (2)$$

En este punto, se debe observar que se cuenta con dos expresiones para la velocidad de reacción, en la primera, la ecuación cinética, en donde se desconoce la constante de velocidad (k) y una vez teniéndola, permite definir claramente que se trata de una reacción de primer orden, y en la segunda se tiene la derivada de la concentración con respecto al tiempo. El profesor, debe hacer un alto en la secuencia didáctica y preguntar al equipo de trabajo ¿Cómo utilizar dicha información para la obtención del modelo matemático que describa la velocidad de la reacción química de primer orden?

Al tratarse de dos ecuaciones que representan la velocidad de la reacción química, matemáticamente se pueden igualar y con ello obtener el modelo matemático requerido por el evento contextualizado (figura 14) y que corresponde a

una ecuación diferencial. Es importante destacar que para este momento, los estudiantes han previamente abordado el estudio de las ecuaciones diferenciales y sus métodos de solución así que puede considerarse que ya forman parte de sus conocimientos previos.

Consecuentemente, el **modelo matemático** que describe a la velocidad de las reacciones químicas de primer orden se obtiene igualando la ecuación 1 y 2 expresado por una ecuación diferencial (contiene una función desconocida (C_p) y su derivada $\frac{dC_p}{dt}$).

$$-\frac{1}{a} \frac{dC_p}{dt} = kC_p \quad (3)$$

Rapidez de consumo del
Proporcional a su concentración

Donde k es la constante de velocidad (proporcionalidad).

Fuente: Elaboración propia

Figura n. 14. Modelo matemático de la velocidad de una reacción química de primer orden

Cuando el estudiante obtiene el modelo matemático, se considera que ha sido capaz de vincular a las matemáticas con la disciplina del contexto, es decir logra la transferencia de los conocimientos matemáticos a otras ciencias (Camarena, 2000). A partir de este momento, se considera que el grado de dificultad del evento contextualizado disminuye, pues toda vez que se cuenta con el modelo matemático se habrá de aplicar el algoritmo necesario para su solución.

Con el modelo matemático obtenido, se pasa a la **solución matemática** del mismo para lo cual se puede utilizar el método de variables (figura 15).

Modelo matemático de la velocidad de una reacción: $-\frac{1}{a} \frac{dC_p}{dt} = kC_p$

Solución por método de separación de variables: $\int_{C_{p_0}}^{C_{p_t}} \frac{dC_p}{C_p} = \int_0^t -ak(dt)$

$$\ln(C_p)|_0^t = -akt|_0^t$$

$$\ln(C_p)_t - \ln(C_p)_0 = -akt$$

$$-\ln(C_p)_t + \ln(C_p)_0 = akt$$

$$\ln(C_p)_0 - \ln(C_p)_t = akt$$

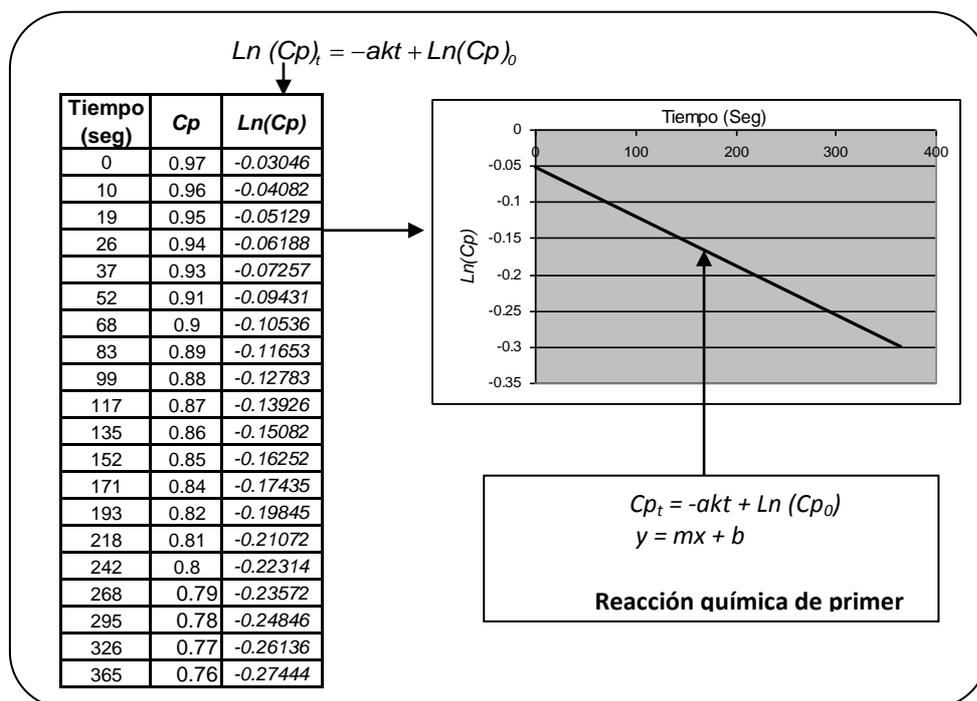
Solución matemática: $\ln \frac{(C_p)_0}{(C_p)_t} = akt$

Fuente: Elaboración propia

Figura n. 15. Solución matemática encontrada para el modelo matemático

La solución del modelo matemático, corresponde sólo a la solución matemática de la ecuación diferencial que representa la velocidad de reacción. Ahora, para que los estudiantes determinen si se trata de una reacción química de primero orden, el

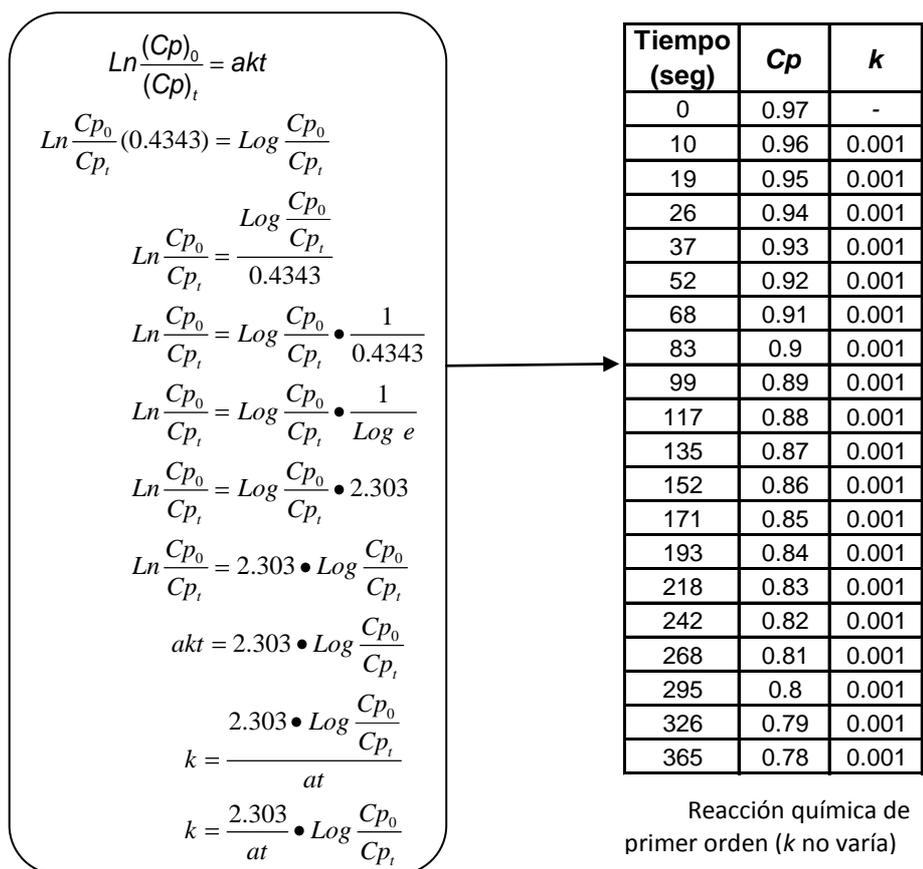
profesor debe preguntar a los estudiantes ¿Cómo se debe utilizar la solución matemática para encontrar la solución en términos de la disciplina del contexto? Es decir, cómo determinar si se trata de una reacción de primer orden. Para ello, los estudiantes deben recordar que cuentan con la tabla de datos (figura 10, con ésta información y la solución matemática se obtiene la concentración del peróxido de hidrógeno a través del tiempo, para ello será necesario el que los estudiantes despejen Cp_t y graficar dicha información. El estudiante recurrirá nuevamente a sus conocimientos técnicos previos y recordar que la representación gráfica de una reacción química de primer orden es una gráfica lineal (figura 14). Si el profesor decide trabajar con diferentes sistemas de representación, para fomentar la aprehensión del conocimiento, en este momento puede utilizar el sistema de representación gráfico, tabular y analítico y buscar su tránsito entre dichos sistemas.



Fuente: Elaboración propia

Figura n. 16. Determinación del orden de reacción mediante la solución matemática

Para fomentar el análisis matemático, el profesor puede solicitar al equipo de estudiantes, el uso de la velocidad de reacción (k) para comprobar si se trata de una reacción química de primer orden; nuevamente, los estudiantes deberán recurrir a los conocimientos propios de la disciplina y recordar que la velocidad de reacción de una reacción química de primer orden no cambia, es decir es constante. De esta manera, los estudiantes, a partir de la solución matemática deben despejar k y utilizar los datos de la tabla (figura 10) para determinar el valor de k (figura 17); al no variar dicho valor se concluye que se trata de una reacción química de primer orden, lo cual significa desde el punto de vista de la disciplina del contexto, que el consumo del reactivo (peróxido de hidrógeno) es proporcional a la concentración del mismo.



Fuente: Elaboración propia

Figura n. 17. Determinación del orden de reacción química mediante la solución de una ecuación diferencial y la constante de velocidad (k)

En relación con las actividades realizadas, se puede establecer la **solución requerida por el evento**, la cual corresponde a la determinación de la constante de velocidad (k) o en su defecto la representación gráfica de la concentración del peróxido de hidrógeno a través del tiempo. Estos dos resultados, se han obtenido mediante el uso de una ecuación diferencial resuelta por variables separadas. Se considera que cuando los estudiantes tienen la competencia de vincular los conocimientos matemáticos con los de la disciplina que apoyan y llegar a un resultado favorable, tendrán pocos problemas para la **interpretación de la solución en términos del evento** (Trejo y Camarena, 2011), de tal manera que para el caso que nos ocupa, se trata de una reacción química de primer orden cuando al resolver la ecuación diferencial y sustituir los valores de la concentración inicial y las diferentes concentraciones a través del tiempo, se obtiene una gráfica lineal y un valor de k que no varía, con lo que se comprueba que el peróxido de hidrógeno es una reacción química de primer orden.

Actividades de cierre: En las actividades de cierre el profesor debe reforzar los temas relacionados al concepto matemático de ecuaciones diferenciales. Las estrategias que el profesor siga para concluir el tema están en función de su experiencia, el tiempo didáctico y la observación de los niveles de desempeño de sus estudiantes al resolver el evento contextualizado. En esta etapa se identifica la **descontextualización** de los temas, es decir se trabaja nuevamente con ecuaciones

diferenciales que pueden resolverse por los diferentes métodos (a manera de reforzar el aprendizaje de los estudiantes), también se pueden presentar otro tipo de problemas en lo que se apliquen las ecuaciones diferenciales o la retroalimentación verbal de la actividad, de tal manera que el profesor asegure que el concepto matemático bajo estudio ha sido aprehendido por los estudiantes y que estos han adquirido la competencia de transferir los conocimientos matemáticos bajo estudio a otras áreas del conocimiento.

Actividad final: puesta en acción de la propuesta didáctica

En la etapa anterior se mostró como el profesor definió el evento a contextualizar y se sugirió cómo trabajar con las etapas de la Matemática en Contexto. Durante este proceso se previeron las preguntas guía a realizar y las posibles dudas de los estudiantes. Ésta actividad permite rediseñar la secuencia didáctica. Toda vez que ya se cuenta con una secuencia didáctica se plantea a los estudiantes para que procedan a trabajarla; no se debe olvidar que el papel del profesor es guía para esta actividad y que debe estar dispuesto a resolver dudas y coadyuvar al logro del objetivo de la actividad.

Como se ha mencionado, mediante la fase didáctica de la Matemática en Contexto de las Ciencias se busca coadyuvar para que los estudiantes sean competentes en matemáticas, es decir que sean capaces de resolver problemas en diversos ámbitos de su formación y desarrollo profesional. En consecuencia, una parte importante de la puesta en acción de la propuesta didáctica es la aprehensión del conocimiento matemático, entendiéndose como la posibilidad de su aplicación a otras áreas del conocimiento. Para determinar este proceso se realiza la evaluación del logro de la competencias matemáticas (Niss, 2003), haciendo uso de la evaluación por desempeño. Es decir, en la Matemática en Contexto se conceptualiza a la evaluación como una estrategia que permea el proceso de enseñanza-aprendizaje y que, partiendo de los desempeños como componente primordial, los criterios que caracteriza a dichos desempeños y los productos del aprendizaje o evidencias, llevan a obtener juicios de valor que permite la reflexión y valoración que se hace para determinar si los aprendizajes y si las competencias han sido logradas.

En atención al caso que se ha venido proponiendo, el profesor puede evaluar los logros mediante la demostración del desempeño del grupo de enfoque (equipos de tres estudiantes) en la resolución del problema propuesto y para ello puede hacer uso de las capacidades evaluables mostradas en la tabla 1.

Competencia matemática específica	Capacidad evaluable
Pensar matemáticamente	Descubrir regularidades Utilizar la inducción como estrategia de resolución de un problema.
Plantear y resolver problemas matemáticos	Traducir al lenguaje algebraico los enunciados verbales de problemas. Interpretar el resultado de un problema en el contexto en que se enuncio. Perseverar en la búsqueda de soluciones. Comprobar la validez del resultado del problema.
Utilizar los símbolos matemáticos	Expresar mediante el lenguaje algebraico una propiedad, relación o regularidad. Tránsito entre diferentes representaciones matemáticas. Aplicar las técnicas de manipulación de expresiones algebraicas.
Comunicarse con las matemáticas y comunicarse sobre matemáticas	Precisión del lenguaje utilizado para expresar las estrategias y razonamientos utilizados en la resolución del problema.

Fuente: Elaboración propia

Tabla n. 1. Evaluación del desempeño al establecer una propuesta didáctica basada en la fase didáctica de la Matemática en Contexto de las Ciencias

Es importante señalar que en cada una de las etapas de la propuesta metodológica, descrita en este artículo, el papel del profesor no es solo de diseñador y guía, en cada una de las etapas puede realizar investigación educativa atendiendo las fases de la Matemática en Contexto de las Ciencias (cognitiva, epistemológica, didáctica, de formación docente y curricular) y apoyándose de otros marcos teóricos para explicar los fenómenos observables en el salón de clases.

Conclusiones

Aunque se reconoce a las matemáticas como pilar importante en la formación integral de los ingenieros, persiste aún un divorcio entre los contenidos matemáticos con el de las diferentes asignaturas; debido a ello los estudiantes muestran poco interés por las aplicaciones matemáticas aun cuando es a través de ellas que se resuelven de forma efectiva diversos problemas de la ingeniería. En consecuencia, debe modificarse la metodología de la enseñanza de las matemáticas buscando estrategias que lo acerquen a su especialización, fomentando en el aula el desarrollo de habilidades de valoración, reflexión individual y colectiva y sobre todo el compromiso de los estudiantes en su formación académica y profesional.

Las nuevas metodologías y técnicas de enseñanza deben inducir a que el docente actúe en el proceso de enseñanza aprendizaje como facilitador, de tal manera que los estudiantes desarrollen competencias y habilidades que le permitan un buen desarrollo social, personal y profesional.

En consecuencia, para que la Universidad actual cumpla con las demandas de formación que requiere la sociedad, se reitera la importancia de que los profesores

adopten nuevos enfoques en la enseñanza y la formación, especialmente en los que se refiera a la instrucción matemática y el aprendizaje basado en el planteamiento de problemas, que refleja la naturaleza de la propia ingeniería, dado que es bajo este escenario en que el futuro ingeniero puede adquirir los conocimientos y métodos de carácter científico que lo habilitarán y que le pueden garantizar el éxito profesional. Para lograr este objetivo se establece a la Matemática en Contexto de las Ciencias como estrategia metodológica, dado que permite vincular a las matemáticas con las diferentes áreas de conocimiento del Ingeniero.

Es importante que las situaciones problemáticas que habrán de seleccionarse en la Matemática en Contexto sean significativas y contextualizadas a las necesidades y conocimientos previos de los estudiantes; es así como la propuesta planteada muestra cómo se puede presentar el tema de ecuaciones diferenciales y cómo adquieren un nuevo significado a partir del planteamiento de una situación problemática y no del símbolo numérico mismo.

En el desarrollo del presente artículo se mostró cómo el profesor puede trabajar con la Matemática en Contexto para fomentar la transferencia de conocimientos matemáticos a las diferentes disciplinas del contexto, destaca el nuevo papel del profesor y del estudiante, por un lado como facilitador y por el otro como responsable de la adquisición de su propio conocimiento. A su vez el profesor se vuelve un ente reflexivo de su propia práctica docente, permitiendo el desarrollo de investigación en el entorno educativo para dar solución a problemas de índole didáctico, pedagógico y cognitivo que le son perfectamente conocidos.

Se reconoce la necesidad de madurar aún más el trabajo de investigación presentado, más es válido y una responsabilidad obligada, compartir la experiencia hasta ahora alcanzada y expresada en el presente artículo.

Referencias bibliográficas

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1990). *Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas.
- Camarena, G. P. (1984). El currículo de las matemáticas en ingeniería. *Memorias de las Mesas redondas sobre definición de líneas de investigación en el IPN*, México.
- Camarena, G. P. (1995). La enseñanza de las matemáticas en el contexto de la ingeniería. *Memorias del XXVIII Congreso Nacional Matemática Mexicana*. México.
- Camarena, G. P. (2000), *Informe del proyecto de investigación titulado: Etapas de la matemática en el contexto de la ingeniería*. México, ESIME-IPN.
- Camarena G. P. (2006a). *Las Funciones Generalizadas en Ingeniería, construcción de una alternativa didáctica*. Colección de investigaciones, Editorial ANUIES, México.
- Camarena, G. P. (2006b). La matemática en el contexto de las ciencias en los retos educativos del siglo XXI. *Científica*, 167-173. Consultado el 12 de enero, 2013. En <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61410403>

- Camarena, G. P. (2008). Teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias. *Actas del III Coloquio Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas*. Conferencia Magistral, Perú. Consultado el 5 de mayo, 2013. En <http://www.riieeme.mx/docs/SRBQPatyCamarena2008.pdf>
- CGUT (2013). Planes y programas de estudio para la Ingeniería en Procesos Alimentarios. En red en <http://cgut.sep.gob.mx/Planes%20de%20estudios.htm> Consultado el 18 de mayo de 2013.
- Covarrubias, J (1998). *Tres documentos sobre la formación de ingenieros*. Revista Ingenierías I(1).5-9.
- Crombie, W. (2008). *Algebra and Foundations of University Calculus: A theoretical reconstruction*. ICME XI. 11th International Conference on Mathematical Education; Poster Presentation and Round Tables; pp 15; Julio 9, Querétaro, Mexico. <http://icme11.org>.
- Duval, R. (1993). Semiosis y noesis. *En lecturas en didáctica de la matemática: Escuela Francesa*. México. Sección de Matemática Educativa del CINVESTAV-IPN. México.
- Guevara, E. (2005). *Introducción a la Ingeniería*. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- IST-Information Society Technology (2010). Results. En red en <http://cordis.europa.eu/ictresults/index.cfm>. Consultado el 23 de octubre de 2013.
- Peña, T; Pirella, J. (2007). La complejidad del análisis documental. *Información Cultura y Sociedad*, 16, 55-81.
- Recuero, M. (2002). *Formación de Ingenieros en España*. Revista Facultad de Ingeniería U.T.A. (Chile). 10. 45-57.
- REMATH (2010). Representing Mathematics with Digital Media. The Amusement Park. En red en <http://remath.cti.gr>. Consultado el 24 de octubre de 2013.
- Reséndiz, D. (2008). *El rompecabezas de la ingeniería, por qué y cómo se transforma el mundo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Rodríguez, M. E. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. *Revista de Didáctica de las matemáticas*. Vol. 77, julio de 2011, 35-49.
- Rugarcía, A. (2000). Los retos en la formación de ingenieros químicos. *Revista de Aniversario de Educación Química*. 319-330.
- Salazar, C. J. (2000). Formación socio humanística del Ingeniero en Iberoamérica. Caso: Colombia. *XXVII Conferencia Nacional de Ingeniería*, México. p. 2.
- Trejo, T. E., Camarena, G. P., y Trejo, T. N. (2012). La enseñanza de las ecuaciones diferenciales en el contexto de la química. *Memorias del 5to. Congreso Internacional sobre la enseñanza y aplicación de las matemáticas*. FES Cuautitlán-UNAM., México.
- Trejo, T. E., Camarena, G. P., y Trejo, T. N. (2011a). La matemática en contexto como estrategia metodológica para el desarrollo de competencias profesionales en

ingeniería. *Memorias del 6to. Congreso Internacional de Metodología de la Ciencia y la Investigación para la Educación*. 62-75. Campeche, México.

Trejo, T. E., Camarena, G. P., y Trejo, T. N. (2011b). Concepciones de los profesores y su impacto en la enseñanza de un sistema de ecuaciones lineales con dos incógnitas *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*. Vol. 24. Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. En P. Crespo, C. C. (Ed).

Vázquez, L. R. I. (2012). ¿Qué ingenieros necesita México? *Innovación Educativa*. Vol. 12. Núm. 60, 125-136.

Artículo concluido el 18 de julio de 2013

Cita del artículo:

Trejo Trejo, E.; Camarena Gallardo, P; Trejo Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: una propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria. REDU*. Vol. 11, Número especial dedicado a *Engineering Education*, pp. 397-424. Recuperado el (fecha de consulta) en <http://red-u.net>

Acerca de las autoras



Elia Trejo Trejo

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Programa Educativo de Procesos Alimentarios

Mail: etrejo@utvm.edu.mx

Maestría en Ciencias con Orientación en Matemática Educativa por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. Profesora de Tiempo Completo en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital. Línea de investigación desarrollada Matemática en Contexto de las Ciencias e Investigación Educativa.



Patricia Camarena Gallardo

Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME, Zacatenco)

Mail: pcamarena@ipn.mx

Licenciada en física y matemáticas por la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM), maestría y doctorado en ciencias con especialidad en matemática educativa por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), ambos del IPN. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), nivel 2; representante de México ante el Consejo Interamericano de Educación Matemática; coordinadora de la Red Internacional de Matemáticas en el Contexto de las Ciencias. Titular de más de 25 proyectos de investigación, destacando entre los productos de investigación la metodología dipcing para el diseño de programas de estudio de las ciencias básicas en ingeniería. Autora de cinco libros sobre la materia, de innumerables artículos especializados, e invitada especial de eventos y conferencias internacionales en todo el continente americano.



Natalia Trejo Trejo

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Programa Educativo de Procesos Alimentarios

Mail: ntrejo@utvm.edu.mx

Maestría en Desarrollo Organizacional por el Instituto Tecnológico Latinoamericano del Estado de Hidalgo, México. Profesora de Tiempo Parcial en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital. Línea de investigación desarrollada Investigación Educativa y Desarrollo Organizacional (Cambio planificado).