



## ENSEÑANZA BASADA EN COMPETENCIAS

# El diseño de instrucción en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales



Lorena Hernández Limón\*, Francisca Sandoval Reyes, Israel Hernández Romero, Tomás Ramos González y José Saúl Oseguera López

Facultad de Ciencias Químicas, región Poza Rica-Tuxpan, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

Recibido el 23 de abril de 2014; aceptado el 24 de septiembre de 2014

### PALABRAS CLAVE

Diseño instruccional;  
Pensamiento complejo;  
Proyecto aula;  
MEIF

### KEYWORDS

Instructional design;  
Complex thinking;  
Classroom project;  
MEIF

**Resumen** La presente investigación muestra los resultados obtenidos al realizar un diseño instruccional para una microunidad de la experiencia educativa Ecuaciones Diferenciales, impartida a la sección I del cuarto periodo del programa educativo de Ingeniería Química. Los resultados muestran que el 98% de los estudiantes cumplió en tiempo y forma las actividades solicitadas, que el nivel con que se entregaron estas fue de inicialmente regular hasta excelente al final y que el 88% de los estudiantes aprobaron el examen parcial de esta microunidad, por lo cual podemos decir que la aplicación de este diseño con esta sección fue excelente.

Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

### On instructional design for the learning of differential equations

**Abstract** This research shows the results obtained by performing an instructional design for a Differential Equations (ED) micro-unit for a Educational experience imparted to Section I of the fourth period of the educational program in Chemical Engineering. The results showed that 98% of students met in a timely manner with the requested activities, the level with those who presented was a regular at the beginning and at the end was excellent and 88% of students proved the partial test this micro-unit, so we can say that the application of this design with this section was excellent.

All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: lorhernandez@uv.mx (L. Hernández Limón).

## Introducción

En 2004, las facultades de Ingeniería zona Poza Rica-Tuxpan de la Universidad Veracruzana incursionaron en un nuevo modelo educativo, llamado Modelo Educativo Integral y Flexible (MEIF), cuyo propósito es que el énfasis curricular recaiga en la formación de los estudiantes, y no en información enciclopedista, ya que un alumno bien formado cuenta con las actitudes y herramientas para el constante autoaprendizaje a través de las bases que ha creado al educarse de una manera integral.

La formación integral parte de la idea de desarrollar, equilibrada y armónicamente, diversas dimensiones del sujeto que lo lleven a formarse en lo intelectual, lo humano, lo social y lo profesional (Zarzar, 1993), la formación profesional está orientada hacia la generación de conocimientos, habilidades y actitudes, encaminados al saber hacer de la profesión, incluye tanto una ética de la disciplina como nuevos saberes que favorezcan la inserción de los egresados en el mundo laboral y propicia una actitud de aprendizaje permanente que permita la autoformación. La formación humana se relaciona con el desarrollo de actitudes y la integración de valores que influyen en el crecimiento personal y social del ser humano como individuo; la formación social fortalece los valores y las actitudes que permiten al sujeto relacionarse y convivir con otros.

Para alcanzar estos fines educativos, se considera necesaria la incorporación de tres ejes integradores: teórico, heurístico y axiológico (Beltrán, 1998), los mismos considerados idóneos para la formación de los futuros profesionales, quienes deberán responder a las demandas y los retos sociales del siglo XXI. El eje teórico se refiere a los modos de aproximarse al conocimiento; se sustenta en el estudio de la sistematización y la construcción del conocimiento, con la finalidad de presentarlo en su génesis histórica y científica, y no como producto acabado e inamovible. El eje heurístico está orientado a la generación de conocimientos, técnicas, recursos y acciones creativas e innovadoras sistematizadas, proyectadas hacia la aportación de los avances científicos, tecnológicos y artísticos para hacer frente a las cambiantes demandas del entorno laboral, social y cultural. Este eje visualiza que el aprendizaje se construye cuando el alumno se enfrenta a la realidad, maneja información a través del análisis, el debate y la investigación.

El eje axiológico busca que la educación del estudiante esté centrada en los valores humanos y sociales, y no solo en el conocimiento, ya que la formación del individuo debe ser profunda y sensible en cuanto al compromiso social, la conservación y el respeto de la diversidad cultural y del ambiente, la superación personal mediante el autoaprendizaje, el fortalecimiento de la autoestima y el desarrollo de la apreciación del arte en todas sus manifestaciones. Está constituido por el conjunto de actitudes y valores que promueve la institución.

Con la finalidad de hacer operativos los principios de este modelo en los procesos de enseñanza y aprendizaje que ocurren en el aula, en enero de 2009 se inició el Proyecto Aula, que busca transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje y cuyo objetivo es sensibilizar y experimentar un acercamiento al diseño de instrucción a partir de la experiencia de los docentes en una unidad o microunidad de competencia de una experiencia educativa (EE) con un en-

foque epistemológico sustentado en el pensamiento complejo (Morin, 1997), la incorporación de los últimos avances de la investigación y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

Con el enfoque de pensamiento complejo (Escobar, 2011), se propone una enseñanza más cuestionadora, reflexiva e integradora, que tenga como punto de partida la ignorancia, la incertidumbre y la confusión; para hacer frente a este paradigma, se requiere una planeación de la enseñanza que sea intencionada, integradora, flexible y abierta.

Con la vinculación del aprendizaje (ACET, 2009), la investigación busca obtener diferentes tipos de visión para observar la realidad, interpretarla, comprenderla y transformarla. La investigación es un factor clave para la generación de conocimiento, además de fomentar el desarrollo de habilidades y el razonamiento crítico y creativo; además, se busca vincular el campo laboral y profesional con las EE mediante la realización de proyectos, trabajo de campo y prácticas.

Se debe incorporar a la docencia el uso de TIC (ACET, 2009) para la continua interacción maestro-alumno, y así crear nuevos espacios de aprendizaje y trabajo colaborativo.

## Metodología

Ante esta nueva perspectiva, como docentes del área de matemáticas, nos vimos obligados a cambiar el paradigma de enseñanza adoptando nuevas estrategias para consolidar el aprendizaje de los estudiantes y disminuir los índices de reprobación en la EE de ecuaciones diferenciales (ED) que se imparte a los estudiantes del cuarto periodo del programa educativo de Ingeniería Química.

Para lograr esta meta, el trabajo inició con la reflexión sobre las actividades que lleven a los estudiantes a adquirir la capacidad para aprender y abordar por sí mismos los problemas y las tareas de avanzada del mundo contemporáneo.

Según el diseño de instrucción, primeramente se enunció el perfil de egreso para identificar la aportación que hace la EE al logro de este, así como la relación que guarda con otras EE del plan de estudios. Posteriormente se planteó la Unidad de Competencia de la EE, en términos de qué será capaz de hacer el estudiante al finalizar el curso en torno a la resolución de problemas que se presentan en el campo de su actividad profesional, que involucran la investigación, el uso de las TIC y los valores que debemos fomentar en ellos.

A partir de la unidad de competencia, se identifican las subcompetencias que el estudiante debe poseer para apropiarse de ella, y estas deben quedar planteadas en términos de problemas de su profesión.

Una vez terminada esta actividad, se enuncian los problemas, las tareas o los proyectos que el profesional se encuentra en la vida real y que en este caso se modelan y resuelven con ED, se describen los niveles en los que se puede aprender la tarea (que van de lo fácil a lo difícil) mencionando en cada nivel dónde radicaría su complejidad, cómo utilizaría la investigación y los apoyos tecnológicos. Cada una de estas tareas o proyectos constituyó una microunidad de aprendizaje, y para cada nivel se describe su objetivo de desempeño, en términos de qué se quiere lograr, en qué condiciones, con qué herramientas y con qué estándares de desempeño se va a medir.

Luego se establece el andamiaje, que es el proceso desarrollado durante la interacción en el que un estudiante es guiado en su aprendizaje por el maestro, y desde esta perspectiva el docente debe ser un facilitador del aprendizaje, motivador, retador, evaluador, etc. Este andamiaje incluye todas las ayudas y estrategias de apoyo para el aprendizaje de los estudiantes, y se debe ir de lo mucho a lo poco, hasta no dar nada, para que el alumno por sí solo pueda desarrollarse.

Por último, se realiza la evaluación del aprendizaje logrado por el estudiante mediante un diseño de rúbricas vinculadas a los objetivos de desempeño, por cada tarea y en cada nivel de aprendizaje.

Después de realizar una reflexión profunda de los aportes que la EE de ED debe aportar al futuro profesional de la ingeniería química, se llegó a la conclusión de plantear la tarea para la primera microunidad (tabla 1).

Para el logro de estos objetivos de desempeño, se diseñaron dos actividades básicas: la entrega de informes de investigación (que debían incluir introducción, desarrollo del tema, ejemplos, conclusiones y bibliografía consultada) y la resolución de un problemario.

Al final de la microunidad, se presentaron siete reportes de investigación y un problemario consistente en la resolución de 65 problemas seleccionados por el maestro. El texto que se consideró como bibliografía básica del curso fue el libro de Dennis G. Zill, *Ecuaciones Diferenciales con aplicaciones de modelado* (6.<sup>a</sup> edición, editorial Thomson), que se proporcionó a los estudiantes en versión electrónica.

Posteriormente se les suministró la rúbrica con que se los iba a evaluar (tabla 2).

## Resultados

Para el primer objetivo de desempeño, se consideró la entrega de tres informes de investigación que versaron sobre clasificación de las ecuaciones diferenciales, tipos de solución de una ED y el método de las isoclinas; se entregaron 41 informes y se evaluaron según los lineamientos señalados en la rúbrica; se obtuvo que el 55% eran aceptables; el 30%, buenos y solo el 15%, excelentes, esto debido a que fue el

**Tabla 1** Tarea del diseño de instrucción

Tarea	Nivel	Complejidad	Investigación	Tecnología	Objetivos de desempeño
Resolver problemas químicos que se pueda modelar mediante ED de primer orden	Resolver problemas sobre clasificación de ED y obtención de soluciones particulares	Distinguir los diferentes factores que intervienen en la clasificación de una ED y diferenciar lo que es una solución general de una particular	Investigar problemas químicos que se modelen con ED y clasificarlos	Utilizar <i>software</i> que apoye la solución de ecuaciones algebraicas	Clasificar ED y distinguir una solución general de una particular, de manera individual, apoyándose en <i>software</i> y reportándolo en un problemario
	Resolver EDO de primer orden	Distinguir cuándo se debe aplicar cada uno de los métodos existentes en la resolución de una EDO de primer orden	Investigar el funcionamiento de cada uno de los métodos existentes para resolver EDO de primer orden	Utilizar <i>software</i> que apoye la solución de derivadas e integrales	Utilizar cada uno de los métodos existentes para resolver una ED de primer orden a mano, apoyándose en <i>software</i> y reportándolos en un problemario con un mínimo de cinco problemas por método
	Modelar y resolver problemas químicos en los que se usen EDO de primer orden	Modelar problemas químicos con EDO de primer orden	Investigar problemas químicos que se pueda modelar mediante EDO de primer orden y que sean resueltos por alguno de los métodos vistos	Utilizar <i>software</i> que resuelva EDO de primer orden	Modelar problemas químicos mediante EDO de primer orden y resolverlos por los métodos adecuados, de manera individual, apoyándose en <i>software</i> y reportándolo en un problemario que incluya como mínimo tres problemas

ED: ecuación diferencial; EDO: ED ordinaria.

**Tabla 2** Rúbrica de la primera microunidad

Objetivo de desempeño	Evidencias y criterios de evaluación	Aceptable	Bueno	Excelente
Objetivo de desempeño 1: aprender a clasificar una ED y distinguir una solución general de una particular de manera individual reportándolo en un problemario con un mínimo de tres problemas por tema	Informe de investigación que incluya: introducción, desarrollo del tema, ejemplos, conclusiones y bibliografía consultada	El informe solo incluye el desarrollo del tema y la bibliografía consultada, no fue presentado a tiempo	El informe solo incluye introducción, desarrollo del tema y bibliografía consultada; fue presentado a tiempo	El informe de investigación incluye: introducción, desarrollo del tema, ejemplos, conclusiones y bibliografía consultada; fue presentado a tiempo
	Problemario con los ejercicios resueltos	El problemario solo contiene un ejercicio de todos los temas y no fue presentado a tiempo	Se presentan dos ejercicios de todos los temas y son legibles, además de ser presentados a tiempo	Se presentan tres ejercicios del tema, resueltos con orden y legibilidad, además de ser presentados a tiempo
	Un examen parcial que incluya dos problemas de este objetivo	Resuelve solo un acierto en el examen parcial	Resuelve acierto y medio en el examen parcial	Resuelve los dos aciertos en el examen parcial
Objetivo de desempeño 2: aprender a utilizar cada uno de los métodos existentes para resolver una ecuación diferencial ordinaria de primer orden, a mano, apoyándose en <i>software</i> y reportándolos en un problemario con un mínimo de cinco problemas por método	Informe de investigación que incluya introducción, desarrollo del tema, ejemplos y bibliografía consultada	El informe solo incluye el desarrollo del tema y bibliografía consultada	El informe solo incluye introducción, desarrollo del tema y bibliografía consultada	El informe de investigación incluye introducción, desarrollo del tema, resultados y bibliografía consultada
	Problemario con los ejercicios resueltos	El problemario solo contiene dos ejercicios por tema y se presentó a tiempo	Se presentan de tres a cuatro ejercicios por tema y son legibles, además de presentados a tiempo	Se presentan cinco ejercicios por tema, resueltos con orden y legibilidad, además de presentados a tiempo
	Un examen parcial que incluya tres problemas de este objetivo	Obtiene solo un acierto en el examen parcial	Obtiene dos aciertos en el examen parcial	Obtiene tres aciertos en el examen parcial
Objetivo de desempeño 3: modelar un problema químico mediante una ecuación diferencial de primer orden, seleccionar el método adecuado para su resolución y resolverlo, de manera individual, apoyándose en <i>software</i> y reportándolo en un problemario que incluya como mínimo tres problemas	Informe de investigación que incluya introducción, desarrollo del tema, ejemplos y bibliografía consultada	El informe solo contiene desarrollo del tema y bibliografía consultada	El informe solo contiene introducción, desarrollo del tema y bibliografía consultada	El informe de investigación incluye introducción, desarrollo del tema, resultados y bibliografía consultada
	Problemario con los ejercicios resueltos	El problemario solo incluye un ejercicio de todos los temas y se presentó a tiempo	Se presentan dos ejercicios de todos los temas y son legibles, además de presentados a tiempo	Se presentan tres ejercicios del tema, resueltos con orden y legibilidad, además de presentados a tiempo
	Un examen parcial que incluya un problema de este objetivo	Resuelve el 50% del problema en el examen parcial	Resuelve un 70-85% del problema en el examen parcial	Resuelve correctamente el problema en el examen parcial

primer informe entregado y los estudiantes tuvieron muchas dudas en cuanto a su elaboración.

Para el segundo objetivo de desempeño, se encargaron tres informes de investigación sobre los temas método de separación de variables, funciones homogéneas y factor integrante. De los 41 informes entregados, los resultados mostraron que el 35% eran aceptables; el 35%, buenos y el 30%, excelentes, ya que muchos de los estudiantes despejaron sus dudas.

En el tercer objetivo de desempeño, se solicitó la entrega de solo un informe de investigación sobre problemas de la ingeniería química que se puede modelar con ED de primer orden; de los 41 informes solicitados, el 15% eran buenos; el 20%, aceptables y el 65%, excelentes, lo que revela que la mayoría de los estudiantes entendieron la mecánica de elaboración de estos informes.

El día que se presentó el examen parcial de la primera microunidad, los estudiantes (como pase para su examen)

entregaron un problemario que contenía la resolución de 65 problemas según los lineamientos señalados en la rúbrica; de los 41 entregados, el 15% eran buenos; el 15%, aceptables y el 70%, excelentes.

El primer examen parcial constó de cinco problemas: dos del primer objetivo de desempeño, tres del segundo objetivo y uno del tercer objetivo. Los problemas que se les aplicaron en el examen fueron:

1. Clasifica correctamente las siguientes ED:

$$a) x(x^2 - 1)y''' + (xy')^2 = \frac{y}{x}$$

$$b) \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2 + \frac{\partial^2 z}{\partial^2 t} = \frac{xt}{y} e^t$$

2. Determina si  $e^y = cx(y+2)^2$  es solución de  $xy y' = y + 2$

3. Encuentra la solución de las siguientes ecuaciones diferenciales:

$$a) 2xyy' = 4x^2 + 3y^2$$

$$b) y^2 \cos x \, dx + (4 + 5y \sin x) dy = 0$$

$$c) x y' + 6y = 3x y^{\frac{4}{3}}$$

4. Un depósito contiene 200 l de líquido en el que se disuelven 30 g de sal. La salmuera que contiene 1 g de sal por litro se bombea hacia el depósito a una rapidez de 4 l/min; la solución bien mezclada se bombea hacia fuera a la misma rapidez; calcule: a) la cantidad de sal que se encuentra en el depósito en cualquier tiempo; b) la cantidad de sal que habrá después de 10 min.

Se les dio un tiempo de 2 h para su resolución, y los resultados se muestran en la tabla 3. De los ocho estudiantes del nivel aceptable, solo cinco obtuvieron calificación de 5 y el resto aprobó el primer examen parcial.

## Conclusiones

Si bien en un inicio los resultados no fueron favorables en la elaboración de los informes de investigación, sí mostraron superación, ya que fueron de lo menos a lo más, y al final estos informes estaban bien elaborados de acuerdo con los lineamientos señalados en la rúbrica; además, los problema-

**Tabla 3** Resultados del primer examen parcial

Estudiantes, n (%)	Nivel obtenido	Calificación
8 (20%)	Aceptable	5-6
25 (60%)	Bueno	7-8
8 (20%)	Excelente	9-10

rios les sirvieron, ya que durante su elaboración las dudas que les iban surgiendo se resolvieron en pizarrón; de esta manera el grupo se fue retroalimentando y los resultados obtenidos en el primer examen parcial fueron halagadores, ya que un 88% de ellos lo aprobaron cuando anteriormente esto no había sido así; al final se los motivó aún más con la elaboración de un video sobre alguno de los temas vistos en clase, que posteriormente algunos de ellos subieron a páginas de videos en línea.

Si bien los resultados obtenidos por los estudiantes fueron satisfactorios para una servidora, no se debe echar las campanas al vuelo, ya que esta metodología solo se replicó en un grupo de 41 estudiantes, y hace falta que se reproduzca en más grupos y con diferentes profesores para verificar su eficiencia.

## Referencias

- Acevedo Linares, A., El pensamiento complejo en Edgar Morin, [versión electrónica] Revista Las 2 Orillas (citado 20 Dic 2013). Recuperado de <http://www.las2orillas.co/el-pensamiento-complejo-en-edgar-morin/>
- Aseguramiento para la Calidad en la Educación y el Trabajo (ACET) (2009). *Proyecto Aula, de la transformación a la innovación en el aula*. Jalapa, México: Universidad Veracruzana.
- Beltrán Casanova, J. (2004). *Nuevo modelo educativo para la universidad Veracruzana, lineamientos para el nivel de licenciatura. Propuesta*. Jalapa, México: Universidad Veracruzana.
- Morin, E. (2004). *El método*. París: Seuil.
- Escobar Mazariéga, M.C. (2011). El pensamiento complejo de Edgar Morin y los siete saberes necesarios para la educación del futuro [versión electrónica] *Revista Electrónica de GestioPolis* (citado 30 Ene 2014). Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/organizacion-talento-2/pensamiento-complejo-edgar-morin-saberes-necesarios-educacion-futuro.htm>
- Huerta Amenzola, J., et al. (2000). Desarrollo por competencias profesionales integrales. *Educación*, 2, 87-96.
- Zarzar Charur, C. (1993). *Habilidades básicas para la docencia*. México: Patria.
- Zermeño Flores, A.I. (1997). Reseña de introducción al pensamiento complejo de Edgar Morin. *Estudios sobre las culturas contemporáneas*, 3, 175-178.