



Modelo semipresencial para la formación universitaria.

Aplicación a titulaciones técnicas

Blended-learning model for university training.
Application to technical degrees

Paz Fernández
Departamento de Ingeniería Civil,
Universidad de Granada, Granada, España
pazfero@ugr.es

María del Carmen Rodríguez-Ponce
Centro de Estudios Matemáticos
para las Ciencias Técnicas (CEMAT),
Universidad Tecnológica de La Habana
José Antonio Echeverría (CUJAE), Habana, Cuba
chacha@mecanica.cujae.edu.cu

Alicia Fernández-Oliveras
Departamento de Didáctica de las Ciencias
Experimentales, Universidad de Granada,
Granada, España
alilia@ugr.es

RESUMEN • Elaboramos un modelo didáctico innovador para el aprendizaje autónomo en la universidad en modalidad semipresencial, que incluye estructura, características didácticas de sus elementos y evaluación. Ejemplificado mediante un tema de matemáticas e implementado a través de Moodle, el modelo se aplicó en titulaciones técnicas universitarias y se realizó un control del logro de contenidos y competencias, obteniéndose una superación promedio del 70 % entre ambos aspectos evaluados. Según la validación realizada mediante consulta a expertos, el modelo es adecuado para sus objetivos. Mediante una encuesta de valoración del modelo, el alumnado participante manifestó una gran satisfacción con todos los recursos utilizados. El modelo promueve la independencia cognoscitiva y el trabajo autónomo del estudiantado, modificando el rol del profesorado, acorde con una universidad con proyección de futuro.

PALABRAS CLAVE: Modelización Didáctica; Aprendizaje Semipresencial; Innovación Educativa; Educación Superior; Enseñanza de las Matemáticas.

ABSTRACT • Here we formulate an innovative didactic model for autonomous blended-learning at the university, which includes structure, educational features of its elements and evaluation. Exemplified with a unit of mathematics and implemented through Moodle, the model is applied to technical university degrees and a control is undertaken regarding achievement of the contents and competences, reaching an average attainment of 70 % in both aspects evaluated. According to the assessment by consulting experts, the model is suited to its objectives. After an evaluation survey of the model, the participating students expressed great satisfaction with the resources used. The model promotes cognitive independence and autonomous work in students, shifting the role of the teacher in line with a future-oriented university.

KEYWORDS: Educational Modelling; Blended-learning; Educational Innovation; Higher Education; Mathematics Teaching.

Recepción: abril 2020 • Aceptación: junio 2020 • Publicación: octubre 2020

INTRODUCCIÓN

La tecnología es el signo de los tiempos hoy; con ella se pueden optimizar los recursos humanos de la educación y atender situaciones singulares en las que el poder de la comunicación *on-line* permite asegurar las actuaciones formativas, rompiendo las fronteras de las aulas y adaptando la educación a las necesidades sociales.

Integrar metodológicamente las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la formación matemática y científica universitaria, generando una «cultura didáctica tecnológica», todavía requiere más investigación y buena práctica docente, ya que «cada materia tiene modos específicos de enseñanza y una tradición didáctica propia de sus profesores» (Bolívar, 2005, p. 6), que necesitan un estímulo para hacer el cambio de paradigma, integrando en sus aulas los sistemas didácticos a distancia *e-learning* y semipresenciales *blended-learning*, así como atendiendo a necesidades de la materia y del alumnado.

El cambio a una metodología semipresencial requiere una importante recontextualización consistente en encontrar relaciones nuevas entre el contenido y su representación mediante la investigación y la aplicación al aula por docentes dispuestos a revisar su «imagen» del saber matemático y científico.

Dada la gran importancia social de la educación semipresencial en países en los que un alto porcentaje de población simultanea vida laboral con formación superior, decidimos elaborar un modelo didáctico semipresencial para el aprendizaje en el nivel universitario, contextualizado en las matemáticas y denominado formación semipresencial con innovación curricular en matemáticas (FOSICMA). Dicho modelo tiene como fines la mejora de los aprendizajes competenciales matemáticos y científicos, el desarrollo de la independencia cognoscitiva del alumnado, el cambio de rol del profesorado y la introducción de las TIC en la metodología didáctica, apoyada en la plataforma *Moodle (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment)*. El objetivo de este artículo es presentar el modelo FOSICMA, mostrando su estructura, validación y un ejemplo aplicado a la enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones diferenciales en titulaciones universitarias técnicas de ingenierías informáticas y mecánica.

ANTECEDENTES

Nos interesan los trabajos sobre modalidad semipresencial (MS) y, especialmente, los centrados en educación matemática y científica. Por ejemplo, aquellos que elaboran modelos de MS semejantes a FOSICMA en el proceso, la plataforma *Moodle* o el planteamiento (Suartama et al., 2019; Yang, 2019, el más próximo a nuestro modelo), los que muestran su fundamentación constructivista (Castillo, 2008) o las problemáticas socioeducativas que resuelve la MS, como posibilitar mayor número de matriculaciones y ahorro económico para las instituciones (Chirikov et al., 2020). Inciden en los aspectos económicos Chirikov et al. (2020), como puede ser el cálculo del coste de un curso, realizando un inusual análisis de los requisitos del instructor STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), y llamando la atención sobre su escasez y su remuneración, que debe ser acorde a su *curriculum vitae* y a la dedicación requerida por el curso. Resaltamos el trabajo de Suartama et al. (2019) por su innovación dentro de la MS, al integrar los avances de los dispositivos electrónicos móviles dentro de las herramientas tecnológicas que complementan la plataforma Moodle con gran éxito, mostrando que estas metodologías semipresenciales son el futuro para la formación universitaria.

Las publicaciones enfocadas en matemáticas o ciencias que contemplan las TIC se pueden analizar según el grado de implicación de las tecnologías o por el nivel educativo tratado.

Merecen atención las reflexiones de Romero y Quesada (2014) sobre los recursos tecnológicos que muestran el potencial de estos para superar los obstáculos específicos asociados al aprendizaje efectivo de las ciencias y su revisión de la literatura relacionada. Murga-Menoyo et al. (2011) informan de un

proyecto llevado a cabo en la universidad a distancia española, UNED, con el objetivo de poner las TIC al servicio del aprendizaje autónomo, concretamente para la elaboración de mapas conceptuales en educación ambiental. Los participantes implicados en el proyecto, implementado mediante la elaboración de una guía y una videoclase, le reconocen un notable valor para mejorar su capacidad de autoorganización.

Hay estudios donde el alumnado elabora sus propias actividades para herramientas tecnológicas como complemento de la enseñanza presencial (Navas, 2011), otros se centran en evaluar a la metodología didáctica con tecnología, MS u otros modelos, por su efectividad en el aprendizaje o por la aceptación de los usuarios, en secundaria (Lin, 2017) o en la universidad (Risnawati, 2018). Solo algunos se detienen a aclarar las tres modalidades de enseñanza con tecnología utilizadas actualmente: enseñanza presencial asistida por tecnologías, enseñanza *on-line* o telepresencial, con todo el proceso educativo a distancia y protagonismo tecnológico, y modalidad semipresencial, en la que se integran las técnicas didácticas con las herramientas tecnológicas en un todo que aglutina presencial y *on-line*, que parece la más eficaz (Lin, 2017).

En la literatura encontramos propuestas didácticas de MS con declaraciones generales de principios y actividades (Castillo, 2008), pero no tantos diseños estructurados como modelo. Tal es el caso de Yang et al. (2019), trabajo afín al nuestro por plantear la renovación metodológica en clases de matemáticas en la universidad, diseñar un modelo de MS y mostrar un ejemplo para un curso universitario de ingeniería. Esta investigación estuvo motivada por la reducción de horas de clase de la materia, que llevó a adoptar la enseñanza mixta porque ayudaba a completar las tareas estipuladas en el programa de estudios sobre álgebra lineal en un periodo de tiempo limitado, combinando las ventajas del aula tradicional y MOOC (*Massive Online Open Course*).

Respecto a los niveles educativos, en Educación Secundaria citaremos solo a Lin (2017), que realizó un amplio estudio de la efectividad de la instrucción con *Moodle* en el rendimiento del aprendizaje y las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas, con resultados positivos. Además, revisa investigaciones que muestran mejores logros de los estudiantes trabajando con la plataforma *Moodle* en comparación con otros enfoques, en las calificaciones y en las actitudes del estudiantado hacia las matemáticas, y recoge trabajos comparativos que comprueban cómo combinar elementos *on-line* y cara a cara tiene grandes ventajas tanto frente a la educación puramente presencial como no presencial.

La MS en la universidad se va extendiendo en los últimos años por todo el mundo. Martín-Blas y Serrano-Fernández (2009) presentan actividades con *Moodle* para un curso de física superior en Ingeniería Forestal en Madrid, encontrando un mayor interés del estudiantado por la física y favoreciendo su interacción con el profesorado y con recursos más motivadores. Haripersad (2011), preocupado por la comprensión del cálculo integral de estudiantes de ingenierías en Sudáfrica, diseña la MS tomando el modelo a distancia de Mason y la conferencia tradicional, y afirma que su alumnado alcanza un pensamiento matemático más profundo e interpretativo con las tareas planteadas de este modo.

En un curso de matemáticas para Ciencias de la Computación en Macedonia del Norte, Pacemska et al. (2012) compararon grupos homogéneos tres años consecutivos, el primero tradicional, y los otros dos con *Moodle*, y obtuvieron los mejores resultados al tercer año, debido a que en el segundo faltó dominio y aceptación de la tecnología, lo que demuestra la importancia de la aceptación de los recursos tecnológicos por parte del alumnado. También

en la titulación de Ciencias de la Computación, pero en Indonesia, Pardamean et al. (2013) hacen un estudio experimental sobre teoría de grafos en el que comparan un curso con MS basada en *Moodle* con otro con una metodología tradicional, mostrándose más eficaz la MS, que es valorada positivamente mediante un modelo de aceptación TAM (*Technology Acceptance Model*) como el que adaptamos en nuestro estudio (Davis et al., 1989). Zakaria y Daud (2013) estudian la valoración de *Moodle* que hacen estudiantes de un curso de posgrado en Educación Matemática en Malasia, la cual resulta ser muy positiva.

También en Malasia, pero en una universidad tecnológica, Said et al. (2018) diseñan un curso semipresencial de ecuaciones diferenciales ordinarias para ingenierías y ciencias que presenta semejanzas con nuestro trabajo en la temática, pero difiere en el soporte tecnológico utilizado: una plataforma MOOC. Sus resultados son muy favorables en rendimiento, comprensión y esfuerzo del alumnado participante, el 95 % del cual se siente satisfecho con la metodología empleada.

Sobre el curso de preálgebra de la Universidad de Uyo, en Nigeria, Awodeyi et al. (2014) hicieron un estudio comparado de formación presencial y MS, y concluyeron que esta era más eficiente por permitir un mejor aprendizaje y actitud hacia las matemáticas de estudiantes, tecnólogos e institución, lo que beneficia a todos los implicados en el hecho educativo. Bigotte et al. (2016) ofrecen un plan individual para superar las dificultades con las matemáticas utilizando CeAMatE-on, el Centro de Apoyo de Matemáticas en Ingeniería, un espacio destinado a monitorear a los estudiantes que asisten a un curso de cálculo diferencial e integral en Portugal, siendo un complemento de la plataforma *Moodle* muy bien valorado por los estudiantes, que promueve la construcción por el alumnado de itinerarios educativos corresponsables según el nivel cognitivo y estilo de aprendizaje preferido.

Timofeeva et al. (2019) diseñan un modelo MS con *Moodle* como plataforma de aprendizaje e investigaron su aplicación a la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en estudios de licenciatura en Rusia. Los datos del desempeño académico del estudiantado en la prueba del modelo MS sugieren que es eficiente, pero destacan que los estudiantes de nivel académico previo alto y medio aumentaron sus logros con la MS, mientras que los de nivel bajo los redujeron. Uno de los trabajos más originales por su objeto de estudio es el de Laelasari et al. (2019), que dentro de las actitudes positivas hacia las matemáticas, definen y estudian una: la resiliencia matemática, y comprobaron que, aunque la mayoría de los estudiantes de Educación Matemática obtienen bajos resultados de aprendizaje en el curso de programación lineal, aquellos que tienen una gran capacidad de sobreponerse a sus fallos y rehacer su proceso formativo lograrán el éxito, superarán los obstáculos en el aprendizaje de las matemáticas y podrán resolver problemas matemáticos difíciles. Sus resultados mostraron que la resiliencia matemática mediante el uso de MS tuvo un aumento significativo. Consideramos esto muy valorable para la MS, al ser la resiliencia la clave del éxito final para un alto porcentaje del alumnado.

MARCO TEÓRICO

Nuestro marco teórico lo delimitan la MS y su contextualización en el paradigma constructivista de didáctica de las matemáticas y las ciencias. La MS ha evolucionado en los últimos 15 años en sentido integrador, creando un ecosistema educativo que diluye fronteras y hace confluír la presencialidad y la virtualidad en un todo (Turpo, 2013).

La plataforma virtual, requerida en la MS como vehículo depositario de la información, necesita una configuración y un funcionamiento compatibles con los principios psicológicos y sociológicos del aprendizaje constructivista social. En este sentido, escogemos *Moodle* por considerarla adecuada en sus fundamentos (Romero et al., 2015).

El «trabajo autónomo» del alumnado, elemento esencial en la MS, es un medio para el desarrollo de la actividad cognoscitiva independiente, en sus dimensiones lógica y psicológica. Se caracteriza por integrar el nivel de interés del estudiante, sus motivaciones, las relaciones de lo cognitivo y lo afectivo, lo externo y lo interno, siguiendo una organización lógica. El objetivo de la aplicación del trabajo autónomo en nuestro modelo es lograr la independencia cognoscitiva del alumnado. En el proceso del conocimiento, esta se identifica por el interés y esfuerzo en aplicar métodos de autocontrol del proceso que se debe seguir en el desarrollo del trabajo y análisis de sus resultados, combinando la superación independiente de las dificultades, el tratamiento crítico de los materiales de estudio y el planteamiento constante de nuevos problemas, con la creatividad que conduce no solo a trabajar a su propio ritmo, sino también a encontrar de manera ingeniosa caminos y soluciones a sus propias necesidades cognitivas (Rodríguez et al., 2012).

METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló en un proyecto que seguía el diseño ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación, evaluación) según el modelo de Hack (2016), que modifica para la formación universitaria el de Allen (2006) y muestra el producto de las fases de diseño y evaluación. Iniciamos nuestra investigación (fase de análisis) con un estudio teórico de la MS, continuamos con un análisis de cómo estaba establecida para matemáticas de ingenierías en Cuba y, tras encontrar grandes contradicciones entre teoría y práctica, concluimos que era necesaria una propuesta didáctica nueva para esta modalidad y esta materia. Se acometió la fase de diseño mediante un proceso de indagación didáctica, con partes teóricas y otras experimentales, que ha incluido el diseño y teorización fundamentada de un modelo, su validación, su ejemplificación en un tema de ecuaciones diferenciales (fases de desarrollo y evaluación) y la implementación en varias aulas de estudios universitarios de ingeniería en Cuba (fase de implementación).

La indagación didáctica teórica, partiendo de la escasez de modelos precedentes y basada en el marco de fundamentos, concluyó con el diseño del modelo FOSICMA. Este fue validado por juicio de expertos de universidades de Cuba y España, previo diseño del material de validación por el equipo investigador.

La fase de implementación se realizó en la materia Matemáticas III, de segundo año de varios grados, de la Universidad de Titulaciones Técnicas de la Habana (CUJAE), durante dos semestres, en sus siete sedes. El primer semestre se aplicó en Ingenierías Informáticas y el segundo, en Ingeniería Mecánica.

Para diseñar el sistema de evaluación se identificaron las diez competencias curriculares específicas y las siete transversales relacionadas con la materia, y se contextualizaron en el modelo FOSICMA, enlazando mediante análisis de contenido cada competencia a las actividades de aprendizaje que contribuyen a su adquisición y estableciendo relaciones pormenorizadas entre ellas. Las actividades constituyen un instrumento de medida cualitativa del logro de las competencias asociadas. Posteriormente se acometió la evaluación del alumnado por contenidos y por competencias (Fernández et al., 2018). También se recogió la valoración del

FOSICMA por parte del alumnado mediante un cuestionario de ocho ítems inspirado en el TAM (Davis et al., 1989).

ESTRUCTURA Y EJEMPLIFICACIÓN DEL MODELO DISEÑADO

El modelo didáctico semipresencial FOSICMA incluye los siguientes elementos estructurales:

- Plan calendario, que refleja las secuencias de actividades.
- Guía de trabajo del estudiante y del docente que incluye: orientaciones para el trabajo autónomo (OTA), actividades presenciales (AP) y actividades no presenciales (ANP) y utilización del libro de texto.
- Pautas para uso de la plataforma *Moodle*.

Plan calendario

El plan calendario es la distribución de las actividades en el orden en que estas deben ser ejecutadas por el alumnado para conseguir los objetivos previstos. Planifica las AP y las ANP, con igual orden de importancia, y propone el tiempo promedio para cada actividad, calculado según el momento del proceso de enseñanza-aprendizaje, el grado de complejidad del tema y los objetivos de estas.

La secuencia de actividades incluye, por semana:

- Una *actividad presencial*, orientadora del contenido que desarrollará el alumnado en el trabajo autónomo, pero sin su abordaje explícito.
- Actividades no presenciales y sus orientaciones*, que son semanales y varían en cantidad y tiempo de dedicación, según el tema. Se realizan como trabajo autónomo, con el fin de desarrollar las habilidades del tema, aplicando e integrando conocimientos adquiridos hasta ese momento.
- Una *actividad presencial de retroalimentación*, que cierra el tema. Las dudas son debatidas con el docente y colaborativamente, se realizan ejercicios y se controla el cumplimiento de las tareas propuestas.

En la figura 1 vemos la secuencia de actividades presenciales y no presenciales de cada tema.

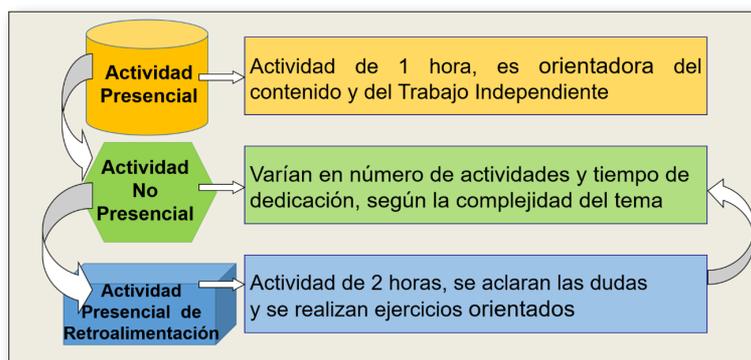


Fig. 1. Secuencia de actividades dentro de cada tema.

La secuencia de actividades, presenciales y no presenciales, que se diseñaron en el plan calendario para desarrollar todo el programa del curso Matemáticas III se muestra en la tabla 1. Se planificaron 30 actividades presenciales (para 16 semanas) que representan 40 horas del calendario curricular (42 %) y

26 actividades no presenciales con 55 horas del calendario curricular (58 %), ya que, en concordancia con las características teóricas de la MS, se dedica más tiempo al trabajo autónomo. En la tabla 1 las actividades presenciales de retroalimentación se han designado con APR, se ha indicado el número de cada actividad tras el símbolo # y su duración en horas se ha señalado entre paréntesis.

Tabla 1.
Secuencia de actividades organizadas por semanas y orden dentro de cada semana

<i>Semana</i>	<i>1.ª actividad</i>	<i>2.ª actividad</i>	<i>3.ª actividad</i>	<i>4.ª actividad</i>
1	AP #1 (3h)	ANP #1 (3h)	ANP #2 (2h)	
2	APR #2 (2h)	AP #3 (1h)	ANP #3 (3h)	ANP #4 (2h)
3	APR #4 (2h)	AP #5 (1h)	ANP #5 (3h)	
4	APR #6 (2h)	AP #7 (1h)	ANP #6 (2h)	ANP #7 (3h)
5	APR #8 (2h)	AP #9 (1h)	ANP #8 (3h)	
6	APR #10 (2h)	AP #11 (1h)	ANP #9 (3h)	ANP #10 (2h)
7	APR #12 (2h)	AP #13 (2h)	ANP #11(4h)	
8	APR #14 (2h)	AP #15 (1h)	ANP #12 (3h)	ANP #13 (2h)
9	APR # 6 (2h)	AP #17 (1h)	ANP #14 (3h)	
10	APR #18 (2h)	AP #19 (1h)	ANP #16 (3h)	ANP #17 (2h)
11	APR #20 (2h)	AP #21 (1h)	ANP #18 (3h)	ANP #19 (2h)
12	APR #22 (2h)	AP #23 (1h)	ANP #20 (3h)	ANP #21 (2h)
13	APR #24 (2h)	AP #25 (1h)	ANP #22 (2h)	ANP #23 (2h)
14	APR #26 (2h)	AP #27 (1h)	ANP #24 (2h)	ANP #25 (2h)
15	APR #28 (2h)	AP #29 (1h)		
16	ANP #26 (4h)	APR #30 (2h)		

*Los bloques temáticos del programa del curso se indican mediante el color: verde = ecuaciones diferenciales, morado = series numéricas, amarillo = métodos numéricos.

Guía de trabajo

La articulación de la guía de trabajo y los restantes medios resulta esencial. Es un material didáctico en formato impreso que orienta y facilita el aprendizaje, reforzando la actividad del profesorado. La guía incluye las actividades (AP y ANP) y las orientaciones. Ambas deben generar ambientes desarrolladores para estimular la formación de conceptos y la capacidad de resolver problemas, mediante el desarrollo de procesos lógicos de pensamiento que propicien la independencia cognoscitiva. Las características didácticas de las orientaciones son: orientar la motivación hacia el objeto de estudio, desarrollar la necesidad de aprender y facilitar el cómo hacerlo, promoviendo el sistema de actividades hacia la exploración del conocimiento desde posiciones reflexivas y autónomas.

Las AP y ANP se han diseñado teniendo en cuenta los roles del profesorado como facilitador y del estudiantado como gestor del aprendizaje. Cada actividad tiene como finalidad: *a)* la apropiación de los contenidos básicos más actualizados; *b)* el desarrollo de las competencias que deberán aplicarse en la vida profesional; *c)* la consolidación y ampliación de los contenidos a través de tareas de aprendizaje; *d)* la ejecución, profundización, integración y generalización de determinados métodos de trabajo que permitan desarrollar habilidades para utilizar los conocimientos adquiridos de modo autónomo.

Las orientaciones incluyen, para cada tema:

1. El desarrollo de las *tareas de aprendizaje* de cada actividad (ANP).
2. Los *objetivos específicos*, relevantes y evaluables, del tema.
3. El desarrollo *de orientaciones para el trabajo*, con tareas de aprendizaje intercaladas, seguidas de respuestas comentadas y acompañadas de figuras o recursos gráficos. Constituyen la parte más importante de la guía y requieren la mayor creatividad y dedicación.

Uso de la plataforma Moodle

Se eligió la plataforma Moodle por sus aplicaciones: tablón de anuncios, foro de discusión, chat y correo electrónico, que permiten al alumnado trabajar con documentos conjuntos, enviar reflexiones personales y debatir sobre un tema, lo que posibilita el autoaprendizaje y la autoevaluación. Proporciona al profesorado un seguimiento del progreso mediante: resultados de ejercicios, test de autoevaluación, participación en la comunicación y estadísticas de los itinerarios seguidos en los materiales de aprendizaje.

Contextualización temática del modelo: ecuaciones diferenciales

La presentación completa de la contextualización temática del modelo desarrollado no es viable, dada su gran extensión. Mostraremos solo algunos elementos del ejemplo que se aplicó en la asignatura Matemática III del currículo de las titulaciones técnicas mencionadas, que incluye contenidos de series numéricas (38 horas), métodos numéricos (51 horas) y ecuaciones diferenciales (26 horas), tema del cual tomamos algunos elementos para ejemplificar el modelo. La secuencia de AP y ANP se muestra en la tabla 1 con fondo verde.

Para el desarrollo de cada una de las actividades se elaboró un pequeño dossier en el que se recoge toda la información necesaria y los pasos que se han de seguir para realizarla satisfactoriamente. En la AP1 se orientan a trabajar de forma autónoma los contenidos relativos a definiciones básicas de las ecuaciones diferenciales y ecuaciones diferenciales de primer orden. En la AP3 y la AP5, lo relativo a definiciones básicas de las ecuaciones diferenciales de orden superior y a derivadas parciales, respectivamente.

A continuación, se expone, de forma genérica, la estructura y los epígrafes de las AP de todos los temas:

- Título: aparece el nombre del tema del que tratará esta actividad.
- Forma de enseñanza-aprendizaje: actividad presencial.
- Tiempo: 1 hora.
- Objetivos: se establecen en función del tipo de actividad (introducción, motivación o refuerzo) y deben ser comprensibles, motivadores y alcanzables en el tiempo asignado.
- Capítulos y epígrafes que orientar: se exponen los capítulos y epígrafes del libro de texto correspondientes a la actividad, que se deben trabajar de forma autónoma, con las orientaciones dadas.
- ¿Qué debe preparar previo a esta actividad? En este apartado se precisan los conceptos que deben dominar para autogestionar, de forma independiente pero con las orientaciones didácticas, los nuevos contenidos.
- Introducción: momento en el que el profesorado motivará el tema que se deba estudiar, vinculándolo con los conocimientos previos.
- Desarrollo: el docente orientará y estimulará el trabajo autónomo, ofreciendo los conceptos y las indicaciones que considere necesarios para poder autogestionar los nuevos contenidos.
- Conclusiones: se orientan las ANP que deben realizar para trabajar el tema tratado.

La tabla 2 muestra el texto completo de la AP1 con el ejemplo de ecuaciones diferenciales. Análogamente, para las ANP se presenta su estructura general y el ejemplo en la tabla 3.

Tabla 2.
Actividad presencial 1 del tema 1 de ecuaciones diferenciales

<i>Actividad: AP #1 Tema: #1 Ecuaciones diferenciales</i>
<p><i>Título:</i> Definiciones básicas de las ecuaciones diferenciales. Ecuaciones diferenciales de primer orden. <i>Forma de enseñanza aprendizaje:</i> Actividad presencial. <i>Tiempo:</i> 1 hora.</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Identificar las ecuaciones diferenciales ordinarias. – Clasificarlas las ecuaciones diferenciales de primer orden. – Reconocer los métodos de solución de estas para ser aplicados en las actividades no presenciales que se orientan. <p><i>Bibliografía:</i> Zill y Wright (2015). Ecuaciones diferenciales con aplicaciones.</p> <p>Capítulos y epígrafes que se deben orientar:</p> <p>Capítulo 1: Epígrafes 1.1, 1.2. Capítulo 2: Epígrafes 2.1, 2.2, 2.4, 2.5. Capítulo 3: Epígrafes 3.1, 3.2.</p> <p><i>¿Qué debe preparar previo a esta actividad?</i></p> <p>Debe repasar los siguientes conceptos estudiados en Matemática I y II:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Las propiedades fundamentales de las funciones exponenciales y logarítmicas y aplicarlas en la solución de ecuaciones algebraicas. – Los conceptos de derivada y diferencial de funciones de una y varias variables. – Calcular derivadas parciales de cualquier orden empleando las reglas de derivación y la regla de la cadena. – Hallar el diferencial de funciones de varias variables. – El concepto de primitiva o integral indefinida de una función, así como las fórmulas de integración de las funciones elementales básicas conocidas como integrales inmediatas. – Calcular integrales definidas utilizando los teoremas fundamentales del cálculo integral, las tablas y los métodos de integración: sustitución, por partes y fracciones simples. <p><i>Bibliografía:</i> Stewart (2008). Cálculo con trascendentes tempranas.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Parte I para funciones de una variable, derivadas, aplicaciones y diferenciales. – Parte II para integrales indefinidas, definidas y métodos de integración. – Parte III para funciones de varias variables. <p><i>Introducción:</i></p> <p>A partir del estudio del cálculo diferencial, muchas han sido las aplicaciones estudiadas sobre la derivada de una función. La modelación matemática de múltiples problemas elementales de la técnica y la ciencia aparece bajo el signo de la derivada, por lo que su solución implica resolver ecuaciones donde las variables que intervienen aparecen bajo el signo de la derivada. En el tema actual, se estudiarán los conceptos y métodos que den solución a este tipo de ecuaciones.</p> <p><i>Desarrollo:</i></p> <p>Del cálculo diferencial aprendieron la interpretación geométrica del concepto de derivada de una función en un punto, el cual emplearán para resolver el siguiente problema: <i>Hallar la ecuación de la curva que satisface que la pendiente de la recta tangente en cada punto (x, y) es igual al doble de la suma de la abscisa y la ordenada del punto, si se conoce que dicha curva pasa por el punto $(1, 0)$.</i></p> <p>A partir de los conocimientos que posees de Matemática I y II, debes ser capaz de modelar este problema y llegar a la ecuación: $m = 2(x + y)$</p> <p>Como conoces, la pendiente de la recta tangente a una curva se interpreta como la derivada de la variable dependiente respecto a la independiente, por tanto, la expresión anterior es equivalente a: $\frac{dy}{dx} = 2(x + y)$ (1) con la condición dada: $y(1) = 0$.</p> <p>La ecuación (1) tiene como una de sus expresiones, por lo que hemos llegado a una ecuación que al tener uno de sus componentes bajo el signo de la derivada se le llama ecuación diferencial.</p> <p>Determinar cuál es la función $y = f(x)$ que satisface la ecuación constituye uno de los problemas básicos de este curso, o sea, se trata de responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo se resuelve una ecuación diferencial y se determina la función incógnita? El éxito en este empeño depende en buena medida de la capacidad de reconocer de qué tipo es la ecuación diferencial y poder aplicar un método específico.</p> <p>Las ecuaciones diferenciales (ED) son por excelencia uno de los temas de las matemáticas que mayor aplicación tienen en diversas ramas de la vida, ya sea en problemas que describen el comportamiento de fenómenos físicos, como eléctricos, mecánicos, químicos, sociológicos, económicos, entre otros, que conducen a que su modelación se realice a través de ecuaciones o sistemas de ecuaciones diferenciales.</p>

Para lograr resolver estos problemas, primeramente deben estudiar los conceptos y teoremas y las definiciones relacionadas con las ED, conocer los diferentes tipos de ecuaciones y clasificarlas según su orden y linealidad. A partir de estas clasificaciones han de estudiar el significado de hallar la solución a una ED y los teoremas relacionados con esto.

En esta actividad profundizarán en su trabajo autónomo en todo lo relacionado con las ED clasificadas como de «primer orden», que corresponden a las ED que tienen como máxima derivada la de primer orden, como la ecuación que quedó planteada al inicio de la clase modelando el problema geométrico planteado. Estudiar los métodos de solución para estos tipos de ecuaciones, con condiciones iniciales dadas y sin estas, llegando a diferentes tipos de soluciones.

Una vez conocidos los métodos para dar solución a las ED de primer orden, estudiarán cómo estos pueden ser aplicados a la solución de tales problemas. Para aplicar las ED a la solución de problemas, deberán tener en cuenta los pasos siguientes:

1. Determinar la expresión matemática a través de una ED que modela el fenómeno, utilizando diferentes leyes de la ciencia de que se trate.
2. Determinar las condiciones iniciales que dan origen al problema.
3. Hallar la solución de la ED utilizando el método adecuado.
4. Interpretar las soluciones matemáticas obtenidas para dar respuesta adecuada a la situación real del problema.

Para el estudio de las ED y sus aplicaciones, realícelo a través de las orientaciones de las actividades no presenciales (ANP) 1 y 2, donde aparecen, además, los ejercicios que se deben resolver de forma autónoma.

Debe resolver y enviar al profesor los ejercicios que aparecen en la plataforma *Moodle* para este tema de ED de primer orden, lo que corresponde a una de las formas de su evaluación en la asignatura. En la próxima actividad presencial (AP), se aclararán las dudas que se hayan presentado en este tema durante la solución de los ejercicios orientados en las dos ANP; los cuales deben llevar a esta actividad, así como la solución de la ED que quedó modelada en esta actividad.

Las ANP tienen los siguientes componentes:

- Título: aparece el nombre del tema del que tratará esta actividad.
- Forma de enseñanza-aprendizaje: actividad no presencial.
- Tiempo: varía entre 2 y 4 horas, según complejidad del tema y momento del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Habilidades que se deben desarrollar: señala las habilidades que deben desarrollar los estudiantes durante la ejecución. Al finalizar la actividad deben ser claramente evaluables.
- Orientaciones del trabajo autónomo (OTA): están concebidas para la búsqueda y exploración del conocimiento autónomamente desde posiciones reflexivas. Se aportan ayudas pedagógicas para avanzar en el conocimiento, logrando aprendizaje desarrollador.

Para las ecuaciones diferenciales, las ANP1 y 3 se desarrollan sobre los conceptos y definiciones de las ecuaciones diferenciales en general, los métodos de solución de las ecuaciones diferenciales de primer orden y de las ecuaciones diferenciales de orden superior respectivamente, así como sobre el desarrollo de habilidades en su solución. En las ANP2, 4 y 5 se modelan y resuelven problemas a través de la solución de ecuaciones diferenciales de primer orden, de orden superior y de derivadas parciales respectivamente. La tabla 3 desarrolla la ANP1 del capítulo 1. Para el capítulo 2 existen 20 orientaciones más del mismo tipo, cuya reproducción excede la extensión de este artículo.

Tabla 3.
Actividad no presencial 1 del tema ecuaciones diferenciales

<p><i>Actividad:</i> Actividad no presencial (ANP) #1 <i>Tema:</i> #1 Ecuaciones diferenciales.</p>
<p><i>Título:</i> Definiciones básicas de las ecuaciones diferenciales. Ecuaciones diferenciales de primer orden. Métodos de solución.</p> <p><i>Forma de enseñanza-aprendizaje:</i> Actividad no presencial.</p> <p><i>Habilidades que se deben desarrollar:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Identificar las ecuaciones diferenciales (ED), caracterizando los componentes en cada caso. – Clasificar las ED según el tipo, orden y linealidad. – Identificar las ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) de primer orden y primer grado en los tipos: variables separables, exactas y lineales. – Aplicar el teorema de existencia y unicidad al hallar la solución de una EDO de primer orden y primer grado con condiciones iniciales. – Obtener la solución general y/o particular a partir de condiciones dadas, de una EDO de primer orden de los tipos: variables separables, exactas y lineales.
<p><i>Orientación al trabajo autónomo para ANP #1:</i></p> <p><i>Para el libro de texto: del capítulo 1</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estudie en el <i>epígrafe 1.1</i> lo referente a las definiciones básicas y la terminología de las ecuaciones diferenciales en las páginas 2 a 8: <ul style="list-style-type: none"> – Estudie e interprete la definición 1.1 de ecuaciones diferenciales, concepto de gran importancia. A partir de este se apoyará para el estudio de las ecuaciones que estudiarán en todo el tema. – No existe una única vía de solución para las ED, sino que esto depende del tipo (ordinaria o parcial), del orden y de su linealidad. Estudie estos tipos de clasificaciones y proponga 3 ejemplos de ED para la AP #2, clasificándolas según dichos tres elementos. 2. A partir del conocimiento que tiene de las ecuaciones algebraicas, debe recordar que la solución de estas es aquella constante que al sustituirla en la ecuación la transforma en una identidad. Este concepto en su esencia es el mismo para las ecuaciones diferenciales, pero la solución no será el valor de una constante. Para conocer el concepto de solución de una ecuación diferencial con más rigor, estudie la definición 1.2 de la página 4. 3. Realice las siguientes tareas en los ejemplos que se orientan a partir de la página 4: <ul style="list-style-type: none"> – Ejemplo 1: Estudie cómo se demuestra que la función $y = \frac{x^4}{16}$ es solución de la ED $\frac{dy}{dx} - xy^{\frac{1}{2}} = 0$, aplicando lo expresado en la definición 1.2. Comprendida esta, investigue si la función $y = 0$ es solución de la misma ED. – Ejemplo 2: Rectifique el error que tiene este ejemplo, la función que es solución de la ED es $y = xe^x$, y no $y = \frac{x^4}{16}$ que es la que aparece. Después de rectificar el error y comprender dicha demostración, realícela sin mirar el texto e investigue si la función $y = 0$ es solución de la misma ED. – Según los resultados obtenidos en la tarea planteada en los ejemplos 1 y 2, respecto a la función $y = 0$, diga a qué conclusión puede llegar y cómo se denomina este tipo de solución. – A partir de lo estudiado en el ejemplo 2, responda a las interrogantes del ejemplo 3 y lleve estos resultados a la AP #2. – Las soluciones de las ED de los ejemplos anteriores son funciones explícitas; fundamente esta afirmación. – En el ejemplo 4 se muestra, a diferencia de los anteriores, la solución de una ED dada en forma implícita; estudie este tipo de solución y la comprobación de esta. <ul style="list-style-type: none"> – Observe la figura 1.1 de este ejemplo, que muestra gráficamente un conjunto de soluciones de la ED. – Además de las soluciones dadas por el texto, proponga 3 soluciones de esta ED. – ¿A qué conclusión puede llegar respecto al número de soluciones de una ED? – Si no logra responder a las preguntas anteriores, estudie el ejemplo 5, que demuestra que la solución de una ED puede ser un número infinito de soluciones. Observe la figura 1.2, que muestra gráficamente un conjunto de soluciones de la ED. Si aún tiene dudas: <ul style="list-style-type: none"> – Debe estudiar además el ejemplo 6, que ayudará a la comprensión de esta importante conclusión. – Demuestre en el ejemplo 7 que las funciones dadas son soluciones de la ED. – Estudie el ejemplo 8, que muestra que una función definida por partes es la solución de la ED.

4. En el ejemplo 9 se proponen tipos de solución particular y singular. Estudie además el concepto de solución general o completa de una ED en la página 9.

- A partir de lo estudiado, diga con sus palabras cuándo se le denomina a la solución de una ED:
 - solución particular
 - solución singular
 - solución general o completa.

Dé un ejemplo de cada una y lleve estos a la AP #2.

5. Para aplicar los conceptos estudiados hasta el momento, resuelva los siguientes ejercicios del epígrafe 1.1: 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 23 y lleve estos resultados a la AP #2.

6. Estudie en el epígrafe 1.2 de la página 12 los orígenes de las ecuaciones diferenciales.

7. Investigue cómo encontrar la ED, si se conoce la función que da solución a esta, a través del estudio del epígrafe 1.2.1.

8. Apoyándose en el ejemplo 2, encuentre la ED de la familia de parábolas $y = cx^2$; una vez obtenida la ED, compruebe que la familia de parábolas es solución de esta, sustituyendo la solución en la ED. Describa los pasos que debe seguir para este procedimiento.

9. Si no logra encontrar adecuadamente la ED:

- Estudie el ejemplo 6 de la página 14.
- Apoyándose en este ejemplo, determine la ED de la familia de curvas: $y = (x + c)^3$ y compruebe el resultado.

Las actividades presenciales del tipo denominado de retroalimentación (APR) tienen las siguientes componentes:

- Título: aparece el nombre del tema que tratará esta actividad.
- Forma de enseñanza-aprendizaje: actividad presencial.
- Tiempo: 2 horas.
- Objetivos: están en función de la comprobación de los conocimientos adquiridos y el desarrollo de habilidades, mediante su aplicación y generalización.
- Capítulos y epígrafes que orientar: se exponen los capítulos y epígrafes del libro de texto que deben haber estudiado independientemente con las orientaciones dadas.
- Desarrollo: los estudiantes desarrollan las tareas de las ANP a través de la plataforma *Moodle* y realizan preguntas sobre aspectos teóricos trabajados de forma autónoma. El profesorado aclara las dudas.
- Conclusiones: los estudiantes exponen lo aprendido respecto a aplicación y generalización de la temática. El docente concluye consolidando aspectos esenciales para asegurar su mejor comprensión. Los estudiantes llevan resueltos los ejercicios orientados en las ANP que le anteceden. El profesorado aclara las dudas y realiza el control de cómo se ha desarrollado el proceso de aprendizaje según las competencias definidas para cada caso. Para el ejemplo de ecuaciones diferenciales, las APR2, 4 y 6 cierran el tema de estudio (tabla 1).

Evaluación del alumnado

Se realizó la evaluación de los contenidos y las competencias logrados por el alumnado en modo continuo (mediante elementos de la plataforma *Moodle*) y final (mediante pruebas presenciales escritas, con ítems de aplicación de conocimientos), cuyos resultados fueron satisfactorios (el 64 % superan contenidos y el 70 % competencias). Sintetizamos el modo de evaluación del modelo recogido en Fernández et al. (2018).

Los elementos didácticos que componen el método de evaluación por competencias diseñado son: el portafolio, las pruebas presenciales y los criterios de valoración de aprendizajes. El proceso de evaluación constitutivo del método comprende tres fases conceptual y temporalmente diferenciadas: la evaluación frecuente (o continua), la evaluación parcial y la evaluación final. La evaluación frecuente

incluye elementos del portafolio, prueba presencial corta, oral o escrita. Los elementos del proceso de las evaluaciones parciales y evaluación final son: prueba parcial presencial, que cierra el tema, y prueba final escrita, donde el estudiante integra los contenidos trabajados de ecuaciones diferenciales y mide las competencias desarrolladas en conjunto. Se sintetizan en la figura 2 estos elementos y su flujo de actuaciones.

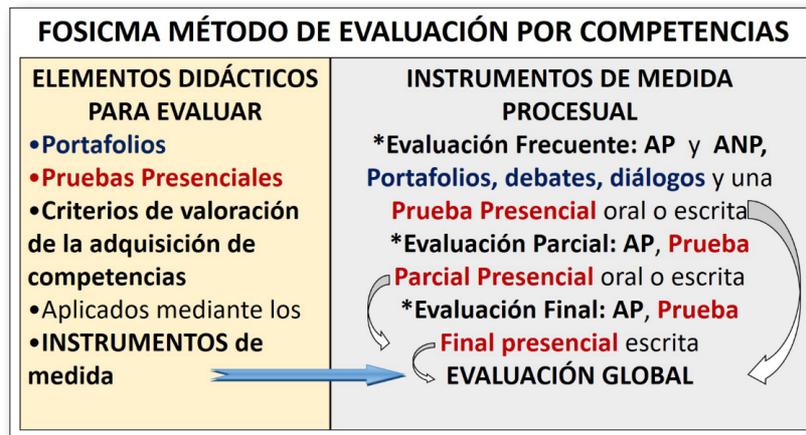


Fig. 2. Método de evaluación de FOSICMA (modificado de Fernández et al., 2018).

Validación del modelo

Se validó el modelo mediante juicio de siete expertos, dos de la Universidad de Titulaciones Técnicas de la Habana y cinco de la Universidad de Granada, que analizaron los materiales y respondieron a un cuestionario de diez ítems de valoración con escala Likert (0-4). Los enunciados de los ítems I a VIII son:

«Los elementos del modelo:

1. Tienen un lenguaje comprensible.
2. Permiten avanzar en el aprendizaje del tema, según las características individuales.
3. Están didácticamente concebidos para el logro de la independencia cognitiva.
4. Permiten la apropiación de conceptos.
5. Aprenden con ellos a resolver ecuaciones diferenciales.
6. Permiten aplicar las ecuaciones diferenciales a la solución de problemas.
7. Ayudan a generalizar métodos de modelación de sistemas físicos resueltos por ecuaciones diferenciales.
8. Son viables para el estudio autónomo, al nivel de los nuevos planes de estudios».

Los resultados de las respuestas dadas a estos ítems valoraron de excelente (3-4) los elementos del modelo. En el ítem IX, se debe valorar de 0 a 3 una lista de competencias que se pueden lograr con este modelo. Todos los expertos valoraron positivamente la influencia de las orientaciones en las cinco competencias consideradas. La tabla 4 muestra dichas competencias y sus valoraciones.

Tabla 4.
Resultados estadísticos del ítem IX de la consulta a expertos para validar FOSICMA

Competencias que pueden lograr los estudiantes a través del uso de las orientaciones para el trabajo autónomo:	Rango de valoración/ Frecuencia				Media	Moda	Mediana
	0	1	2	3			
1. Búsqueda de fuentes de información para la solución de la tarea de aprendizaje	0	3	2	2	1,85	1	2
2. Elaboración de estrategias de aprendizaje para el estudio de nuevos contenidos	0	0	6	1	2,14	2	2
3. Solución de ejercicios o tareas de aprendizaje que propician el estudio de nuevos contenidos	0	0	4	3	2,42	2	2
4. Solución de tareas de aprendizaje con aplicación de contenidos estudiados a soluciones prácticas	0	2	3	2	2	2	2
5. Solución de tareas de aprendizaje integradoras de contenidos del tema estudiado	0	1	4	2	2,14	2	2

Del ítem X, de opiniones abiertas, se hizo estudio cualitativo, y se obtuvieron las categorías: permite avanzar en autoaprendizaje; es una guía para el nivel superior; contempla las diferencias individuales; busca la relación de experiencias anteriores con nuevos contenidos, propicia actitudes y capacidades de transformación. En general, los expertos concluyeron que FOSICMA es un método de MS enriquecedor para la formación universitaria.

Valoración del modelo por los participantes

Se realizó una encuesta de evaluación del modelo utilizado al estudiantado y se obtuvo su valoración. Se determinó estadísticamente el tamaño de la muestra representativa: 55 estudiantes. Para el análisis de los datos se agruparon las preguntas en tres variables que identifican las tres etapas del trabajo autónomo: orientación, ejecución y control. La variable orientación (tabla 5) se mide mediante los ítems 1 a 3 (naranja), la de ejecución, con los ítems 4, 5, 7 y 8 (azul), la variable control, mediante el ítem 6 (gris) y el porcentaje de aprobados, en la evaluación final.

A continuación, se indican los enunciados de las preguntas y los pesos asignados a cada una:

1. ¿Utilizó las OTA dadas para prepararse entre cada encuentro presencial? (Peso: 0,3)
2. ¿En la OTA, estaban de forma clara y precisa los conceptos que se debían estudiar? (Peso: 0,3)
3. ¿Resultó la OTA una guía adecuada para prepararse de modo autónomo? (Peso: 0,4)
4. ¿Las OTA permitieron adquirir los contenidos y ejercitarse en cada tema? (Peso: 0,3)
5. Disponibilidad de materiales didácticos que facilitan acometer las OTA (Peso: 0,2)
6. ¿Está preparado en el tema de ecuaciones diferenciales después de realizar el trabajo autónomo y aclarar las dudas surgidas durante el estudio? (Peso: 0,3)
7. ¿Las OTA del tema de ecuaciones diferenciales, respecto a las del resto de los temas de la asignatura, contribuyeron más a la preparación individual? (Peso: 0,2)
8. ¿Se rectifican los errores cometidos y se aclaran las dudas que surgen durante el trabajo independiente? (Peso: 0,4).

La tabla 5 muestra los resultados. Todas las variables tienen un valor superior al 90 % de valoraciones muy adecuado (MA) y adecuado (A), por lo cual se concluye que el alumnado participante considera el modelo notablemente adecuado.

Tabla 5.
Síntesis del análisis estadístico de la encuesta valorativa realizada a una muestra del alumnado

Ítem	MA	%MA	A	%A	NA	%NA	NO	%NO	MA+A	% MA+A
1	18	32,7	32	58,2	5	9,1	0	0,0	50	90,9
2	33	60,0	21	38,2	1	1,8	0	0,0	54	98,2
3	25	45,5	28	50,9	2	3,6	0	0,0	53	96,4
4	27	49,1	23	41,8	5	9,1	0	0,0	50	90,9
5	31	56,4	19	34,5	5	9,1	0	0,0	50	90,9
6	46	83,6	7	12,7	2	3,6	0	0,0	53	96,4
7	16	29,1	38	69,1	1	1,8	0	0,0	54	98,2
8	21	38,2	32	58,2	2	3,6	0	0,0	53	96,4

*Se agruparon las respuestas en muy adecuado (MA), adecuado (A), no adecuado (NA) y no opina (NO)

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Presentamos el modelo FOSICMA y sus objetivos de mejora de los aprendizajes competenciales matemáticos y científicos, mediante el desarrollo de la independencia cognoscitiva del alumnado y la introducción de las TIC como metodología, describiendo su estructura general aclarada con un ejemplo, su validación y aceptación por el estudiantado participante. También situamos el modelo en el panorama mundial de MS para educación universitaria, revisando trabajos que destacan por asemejarse al nuestro o por su singularidad y actualidad.

Se ha conseguido innovar en docencia universitaria, desarrollando un modelo válido por la coherencia entre sus fundamentos, objetivos y elementos operacionales, quedando patente en su metodología y en su validación realizada por expertos. Además, la valoración del FOSICMA por el estudiantado participante resulta muy positiva.

El modelo es paradigmático, ya que reúne características extrapolables a otros temas y currículos científicos. Para facilitararlo, se ha mostrado un ejemplo contextualizado en ecuaciones diferenciales que puede ser de utilidad en el ámbito de la matemática universitaria para las ingenierías.

En cuanto a la tecnología, la plataforma *Moodle*, depositaria de los recursos, ha sido muy bien valorada en todos los estudios consultados en los que fue utilizada. La innovación en *Moodle* de Suartama et al. (2019), que incluye los dispositivos móviles como herramienta educativa, marca un nuevo hito y predice que la MS es la opción del futuro.

Todo ello promete la utilidad de nuestro modelo para desarrollar en la docencia universitaria, de cualquier materia científica, la adquisición de competencias de autogestión de la información, tan necesarias hoy día para todos los ciudadanos y especialmente para los que opten por incluir en su trayectoria vital la formación académica junto al desempeño laboral. También aportamos un modelo compatible con un enfoque resiliente para instituciones que tengan como meta una universidad con proyección de futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, W. C. (2006). Overview and evolution of the ADDIE training system. *Advances in Developing Human Resources*, 8(4), 430-441.
<https://doi.org/10.1177/1523422306292942>.
- Awodeyi, A. F., Akpan, E. T. y Udo, I. J. (2014). Enhancing teaching and learning of mathematics: adoption of blended learning pedagogy in University of Uyo. *International Journal of Science and Research*, 3(11), 40-45.
- Bigotte, M. E., Gomes, A., Branco, J. R. y Pessoa, T. (2016). The influence of educational learning paths in academic success of mathematics in engineering undergraduate. En *2016 IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1-6). Nueva York: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757453>.
- Bolivar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 9(2), 1-39.
- Castillo, S., (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. *RELIME*, 11(2), 171-194.
- Chirikov, I., Semenova, T., Maloshonok, N., Bettinger, E. y Kizilcec, R. (2020). Online education platforms scale college STEM instruction with equivalent learning outcomes at lower cost. *Science Advances*, 6, 15.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aay5324>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P. y Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35, 982-1003.
- Faturrahman, M., Ibrahim, Kahar, M. S., Arsyad, R. y Rawi, R. D. P. (2018). Development of learning media based on MOODLE integrated with blended learning in mathematic learning process at SMA Muhammadiyah Al-Amin Sorong. En *I Con-ITSD, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 175, pp. 012202-1-012202-6). Bristol: IOP Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/175/1/012202>.
- Fernández, P., Rodríguez-Ponce, M. C. y Oliveras, M. L. (2018). Evaluación por competencias en la aplicación de un modelo semipresencial a las matemáticas de titulaciones técnicas universitarias. *Redimat - Journal of Research in Mathematics Education*, 7(1), 38-68.
<http://doi.org/10.17583/redimat.2018.2191>.
- Hack, G. (2016). An instructional design model for blended higher education. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age (JOLTIDA)*, 1(2), 2-9.
- Haripersad, R. (2011). Deep and surface learning of elementary calculus concepts in a blended learning environment. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*, 5(4), 291-298.
- Laelasari, Darhim y Prabawanto (2019). Analysis of students' mathematical resilience ability on linear program material through blended learning. En *5th ICMSE2018, Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1321, pp. 032065-1-032065-8). Bristol: IOP Publishing.
<http://doi:10.1088/1742-6596/1321/3/032065>.

- Lin, Y. W., Tseng, C. L. y Chiang, P. J. (2017). The effect of blended learning in mathematics course. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(3), 741-770. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00641a>.
- Martín-Blas, T. y Serrano-Fernández, A. (2009). The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in physics. *Computers & Education*, 52, 35-44.
- Murga-Menoyo, M. A., Bautista-Cerrom, J. y Novo, M. (2011). Mapas conceptuales con *CMAP TOOLS* en la enseñanza universitaria de la educación ambiental. Estudio de caso en la UNED. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 47-60. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n1.531>.
- Navas, N. G. (2011). Utilización de un sistema Blended Learning en el módulo de energías renovables. *Revista Eureka*, 8(2), 171-179. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i2.
- Pacemka, T. A., Pacemka, S. y Zlatanovska, B. (2012). Moodle as a teaching tools in mathematics-case study in University «Goce Delcev» Stip. En *Yearbook, Faculty of Computer Science, Goce Delcev University de Stip*. Stip, Macedonia del Norte: Goce Delcev University.
- Pardamean, B., Suparyanto, T. y Kurniawan, R. (2013). Assessment of graph theory e-learning utilizing learning management system. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 55(3), 353-358.
- Risnawati, R., Zubaidah A. y Novita S. (2018). The development of learning media based on visual, auditory, and kinesthetic (VAK) approach to facilitate students' mathematical understanding ability. En *2nd International conference on statistics, mathematics, teaching, and research, IOP Journal of Physics: Conf. Series* (Vol. 1028, pp. 012129-1-012129-8). Bristol: IOP Publishing. <http://doi:10.1088/1742-6596/1028/1/012129>.
- Rodríguez, M. C., Vega, G., Oliveras, M. L. y Fernández, P. (2012). Orientaciones didácticas del trabajo independiente en matemáticas. V Taller sobre la Enseñanza de la Matemática para Ingeniería y Arquitectura. En *16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*. La Habana: CCIA 2012.
- Romero, M. y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101-115. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>.
- Romero, J., Sola, T. y Trujillo J. M. (2015). Posibilidades didácticas de las herramientas Moodle para producción de cursos y materiales educativos. *Digital Education Review*, 28, 59-76.
- Said, J. M., Arul, E., Razak, S. A., Yahya, N. A. y Jamian, N. H. (2018). The design and implementation of massive open online course (MOOC) for Ordinary differential equations. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.33), 119-122.
- Suartama, I. K., Setyosari, P. y Ulfa, S. (2019). Development of an instructional design model for mobile blended learning in higher education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14 (16), 4-22. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i16.10633>.

- Timofeeva, E., Grigoryan, L. A., Marchenko, T. V. y Khalatyan, K. A. (2019). A model of mathematics distance learning in university training e-environment. En J. Rugelj y M. Lapina (Eds.), *Proceedings of SLET-2019, International Scientific Conference Innovative Approaches to the Application of Digital Technologies in Education and Research, Stavropol* (pp. 20-23). Dombay: CEUR Workshop Proceedings.
- Turpo, O. (2013). Perspectiva de la convergencia pedagógica y tecnológica en la modalidad Blended Learning. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 39. Sin paginación. <http://www.um.es/ead/red/39>.
- Yang, Y., Zhang, Q., Liu, B., Wang, L. y Kong, X. (2019). Case design of linear algebra hybrid teaching model under problem-based learning. *International Journal of Information and Education Technology*, 9(9), 618-622.
<https://doi.org/10.18178/ijiet.2019.9.9.1277>.
- Zakaria, E. y Daud, M. Y. (2013). The role of technology: MOODLE as a teaching tool in a graduate mathematics education course. *Asian Journal of Management Sciences & Education*, 2(4), 146-152.

Blended-learning model for university training. Application to technical degrees

Paz Fernández
Departamento de Ingeniería Civil,
Universidad de Granada,
Granada, España
pazferol@ugr.es

María del Carmen Rodríguez-Ponce
Centro de Estudios Matemáticos
para las Ciencias Técnicas (CEMAT),
Universidad Tecnológica de La Habana
José Antonio Echeverría (CUJAE),
Habana, Cuba
chacha@mecanica.cujae.edu.cu

Alicia Fernández-Oliveras
Departamento de Didáctica
de las Ciencias Experimentales,
Universidad de Granada,
Granada, España
alilia@ugr.es

Here we formulate a didactic model of blended learning (BL) for university training; innovative in that it encourages autonomous learning and that it achieves general as well as specific professional skills in students. The goal in applying autonomous work through our model is to instil cognitive independence in students. This is thus identified through the interest and effort with which the student applies self-control methods while undertaking work and analysing its results, combining independent self-improvement related to learning difficulties, critical examination of the materials, and the continual solving of new problems with creativity. For this purpose, an educational sequence is established involving in-class as well as out-of-class activities for students, backed up by didactic elements and technological resources that make up its integral BL structure, constituting an educational environment that blurs the division of in-person and virtual learning, thereby blending the two into a totality.

Our model includes the following structural elements: a timetable, which reflects the sequence of activities, a work guide for the student and teacher, with directions for the autonomous work, in-class activities (IA) and out-of-class activities (OA), the use of the textbook, as well as guidelines for using Moodle. This platform was chosen for being appropriate in its fundamentals and for providing didactic principles based on a constructivist paradigm, in harmony with the other elements of the model. The process of evaluating the model itself entails three phases, which are both conceptual and temporal: ongoing evaluation, which includes elements of the portfolio and short in-class tests; the partial evaluation with a combined test and the final evaluation with a final written exam, where the student integrates the contents of the work assigned and measures the overall skills developed.

Exemplified with a unit of mathematics, the model is applied to technical university degrees, and a control is undertaken regarding achievement of the contents and competences, reaching an average attainment of 70 % in both aspects evaluated. An example of the content of the work plan, the guide with its directions, and the IA as well as OA dealing with the first unit of the thematic block of differential equations are thus provided. The directions for each unit included: the undertaking of tasks for learning in each activity; the major and gradable specific aims of the topic; and the guidelines for the work, with alternating tasks followed by answers with comments and graphic material. According to the validation carried out by consulting experts, who analysed the materials and responded to a questionnaire of 10 assessment items on a Likert scale, the model is suitable for its objectives. Moreover, the students filled out an evaluation form for the model used, consisting of eight items on the directions, the availability of the materials, and the relation with the teacher. As a ninth indicator, the percentage of passing grades in the final exam was added. The nine indicators were deemed very suitable, suitable, or unsuitable. For the data analysis, we grouped them in three variables that identified the three stages of the independent work: directions, execution, and control. In more than 90 % of the evaluations, the three variables were deemed very suitable or suitable. That is, the students participating considered the model highly appropriate. This work was undertaken within a project with the following phases: analysis, design, development, implementation, and evaluation. Of these, we show the product of the design and evaluation. Additionally, we place the model in the worldwide panorama of BL for university education, having reviewed works that are outstanding for their similarity to ours and for their singularity and state-of-the-art approaches. Lastly, the model constitutes a paradigm itself, bringing together characteristics that can be extrapolated to other topics and different scientific curricula.

