



**Impacto del aula invertida durante el proceso educativo superior sobre las derivadas considerando la ciencia de datos y el aprendizaje automático**

**Impact of the flipped classroom during the higher education process on the derivatives considering the science of data and learning machine**

Ricardo-Adán Salas-Rueda<sup>1</sup> y José-Luis Lugo-García<sup>2</sup>

---

Fecha de recepción: 22/08/2017; Fecha de revisión: 07/10/2018; Fecha de aceptación: 27/10/2018

**Cómo citar este artículo:**

Salas-Rueda, R.A., & Lugo-García, J.L. (2019). Impacto del aula invertida durante el proceso educativo superior sobre las derivadas considerando la ciencia de datos y el aprendizaje automático. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 8(1), 147-170 doi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v8i1.9542>

Autor de Correspondencia: [ricardoadansalasrueda@hotmail.com](mailto:ricardoadansalasrueda@hotmail.com)

---

**Resumen:**

Esta investigación cuantitativa tiene como objetivo analizar la incorporación del aula invertida en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre las matemáticas. La muestra está conformada por 88 estudiantes de la Facultad de Negocios que cursaron la asignatura Matemáticas básicas para los negocios durante el ciclo escolar 2016.

Este estudio analiza el impacto del aula invertida para la comprensión, habilidad, aplicación y utilidad de las derivadas. Por medio de la regresión, estas variables son utilizadas para la construcción de cuatro modelos de pronóstico relacionados con las calificaciones del examen parcial. Los resultados del aprendizaje automático con 50%, 60% y 70% de entrenamiento indican que el aula invertida es un modelo innovador, creativo e idóneo para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre las matemáticas. Asimismo, la ciencia de datos permite establecer diversos modelos predictivos sobre el uso del aula invertida en el campo educativo por medio de la técnica árbol de decisión. Por último, los docentes pueden modificar y actualizar las actividades escolares por medio del aula invertida

**Palabras clave:** Aula Invertida; Enseñanza Superior; TIC; Ciencia de Datos; Aprendizaje Automático; Enseñanza-Aprendizaje

---

<sup>1</sup> Universidad La Salle (México), [ricardoadansalasrueda@hotmail.com](mailto:ricardoadansalasrueda@hotmail.com); CÓDIGO ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4188-4610>

<sup>2</sup> Universidad La Salle (México), [joseluis.lugo@ulsa.mx](mailto:joseluis.lugo@ulsa.mx); CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3255-6153>

**Abstract:**

This quantitative research aims to analyze the incorporation of the flipped classroom in the teaching-learning process on mathematics. The sample consists of 88 students of the Business School who studied the subject Basic Mathematics for Business during the 2016 school year. This study analyzes the impact of the flipped classroom for the comprehension, skill, application and utility of the derivatives. By means of regression, these variables are used for the construction of four forecast models related to the grade of the partial exam. The results of learning machine with 50%, 60% and 70% of training indicate that the flipped classroom is an innovative, creative and ideal model to facilitate the teaching-learning process on mathematics. Likewise, the science of data allows establishing different predictive models on the use of the flipped classroom in the educational field by means of the decision tree technique. Finally, teachers can modify and update school activities through the flipped classroom.

**Key Words:** Flipped classroom; Higher education, ICT; Data science; Machine learning; Teaching-learning

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, el empleo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) está originando una transformación digital y pedagógica en el campo educativo (Almaraz, Maz y López, 2017; Garrote, Arenas y Jiménez, 2018; Salas y Salas, 2018). De hecho, los nuevos paradigmas involucran la modificación del comportamiento de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje con la finalidad de estimular la creatividad, la curiosidad, el trabajo en equipo y la adquisición del conocimiento fuera del aula (Flores, Arco y Silva, 2016).

Las acciones y actividades de los docentes dentro y fuera del salón de clases permiten mejorar el aprendizaje de los alumnos y la creación de escenarios educativos con calidad (Godoy, Varas, Martínez, Treviño y Meyer, 2016). Incluso, las herramientas digitales están propiciando cambios radicales durante la planeación de las actividades escolares (Flores, 2018; Lamas y Lalueza, 2016; Salas, 2016).

Debido a los avances de la tecnología, las instituciones educativas están diseñando e implementando nuevos modelos didácticos como el aula invertida (Flipped Classroom) con el propósito de desarrollar las competencias (Avello y Duart, 2016; O'Flaherty y Phillips, 2015).

Cabe mencionar que el modelo aula invertida representa una alternativa para mejorar la organización de las actividades escolares al fomentar una renovación de las metodologías educativas tradicionales (Blasco, Lorenzo y Sarsa, 2016; Perdomo, 2016).

En este modelo, el docente distribuye los materiales didácticos como las lecturas de artículos o los videos cortos a los estudiantes antes de la sesión presencial. Posteriormente, en el salón de clases se promueve el aprendizaje activo y cooperativo por medio del estudio de casos y debates (Miragall y García, 2016; Lee, Lim y Kim, 2017).

Asimismo, el modelo Flipped classroom propicia el aprendizaje significativo, motiva el aprendizaje y desarrolla las habilidades de los estudiantes (O'Flaherty y Phillips, 2015).

Este estudio cuantitativo analiza el impacto del aula invertida durante el proceso educativo sobre las derivadas. Por consiguiente, las preguntas de investigación son:

- ¿ Cuáles son los modelos de pronóstico sobre la calificación del examen parcial considerando el uso del aula invertida durante la comprensión, habilidad, aplicación y utilidad de las derivadas?
- ¿ Cuál es el impacto del aula invertida en el proceso educativo sobre las derivadas considerando el aprendizaje automático (50%, 60% y 70% de entrenamiento)?
- ¿ Cuáles son los modelos predictivos sobre el uso del aula invertida en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las derivadas?
- 

### **1.1 Aula invertida**

La clase invertida representa un modelo didáctico fundamental para el desarrollo del aprendizaje a través del uso de diversos recursos multimedia fuera del aula (Blasco, Lorenzo y Sarsa, 2016; Caligaris, Rodríguez y Laugero, 2016; Lai y Hwang, 2016; Sohrabi y Iraj, 2016).

De hecho, el modelo Flipped Classroom utiliza la pedagogía centrada en el estudiante con la finalidad de mejorar la asimilación y retención de la información de las asignaturas por medio del uso de técnicas vinculadas con el aprendizaje activo (Betihavas, Bridgman, Kornhaber y Cross, 2016; Calimeris y Saue, 2015).

En particular, este modelo pedagógico favorece el aprendizaje en el salón de clases por medio de la atención personalizada, la resolución de problemas en grupos y las metodologías colaborativas (Nuñez y Gutiérrez, 2016; Wanner y Palmer, 2015).

Asimismo, el aula invertida es un modelo que modifica las actividades escolares, es decir, el alumno revisa los contenidos de la materia antes de asistir al aula por medio del empleo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (Fornons y Palau, 2016; Miragall y García, 2016; Nuñez y Gutiérrez, 2016).

Cabe mencionar que el modelo Flipped classroom es considerado una modalidad emergente del aprendizaje híbrido o blended learning (Blasco, Lorenzo y Sarsa, 2016; Borao y Palau, 2016; Lee, Lim y Kim, 2017).

De acuerdo con Blasco, Lorenzo y Sarsa, (2016, p.18), “cuando un estudiante acude al aula tras ver un vídeo sobre una práctica está mucho mejor preparado para la misma, pues ya conoce mejor las funciones

específicas de cada programa y puede centrarse mejor en los objetivos planteados".

En particular, la clase invertida mejora el rendimiento académico de los estudiantes durante el proceso educativo (Borao y Palau, 2016; Fornons y Palau, 2016; Green y Schlairet, 2017; Roach, 2014; Sacristán, Martín, Navarro y Tourón, 2017; Soliman, 2016).

Por ejemplo, este modelo pedagógico mejora las calificaciones y la satisfacción de los alumnos durante la unidad didáctica sobre los cálculos farmacéuticos (Cotta, Shah, Almgren, Macías y Mody, 2016).

Del mismo modo, el aula invertida propicia un incremento en el promedio de las calificaciones para la asignatura de microeconomía (Olitsky y Cosgrove, 2016).

Incluso, el aula invertida junto con los Cursos masivos abiertos masivos (Massive Open Online Course) son empleados en el campo educativo con el propósito de perfeccionar las condiciones de enseñanza-aprendizaje (Liu, 2016).

Por otro lado, el modelo Flipped classroom propicia la organización eficaz del trabajo escolar al facilitar el seguimiento de las tareas y la resolución de dudas en el salón de clases e incentivar el trabajo autónomo del estudiante (Blasco, Lorenzo y Sarsa, 2016).

En realidad, el papel del profesor se modifica durante el proceso educativo, es decir, el docente deja el rol de experto y se convierte en un colaborador. Del mismo modo, el estudiante cambia de oyente pasivo a colaborador (Blasco, Lorenzo y Sarsa, 2016).

Las ventajas del aula invertida son la creación de un entorno flexible y una cultura del aprendizaje (Blasco, Lorenzo y Sarsa, 2016). Además, este modelo reduce el tiempo de exposición en el salón de clases con la finalidad de incrementar la realización de actividades relacionadas con la aplicación de los conocimientos teóricos (Miragall y García, 2016).

Por último, existe una necesidad en el área educativa relacionada con la actualización de los programas escolares (currículo e instrucción) a través del modelo Flipped Classroom (Hao y Lee, 2016).

## 2. MÉTODO/DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN

Esta investigación cuantitativa tiene el objetivo de analizar la incorporación del modelo aula invertida durante el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre las derivadas.

### 2.1 Participantes

La muestra está compuesta por 88 estudiantes de los grupos 100, 102 y 104, los cuales cursaron la asignatura Matemáticas básicas para los negocios en la Universidad La Salle Campus Ciudad de México durante el ciclo escolar 2016.

La Tabla 1 muestra que el 39.773% de los participantes son mujeres y el 60.227% son hombres.

Tabla 1. Muestra de la investigación

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Femenino	8	6	6	13	2	35
Masculino	15	24	9	4	1	53
Total	23	30	15	17	3	88

Además, la edad promedio de los estudiantes de la Facultad de negocios es de 18.75 años.

### 2.2 Procedimiento

El procedimiento inició con la identificación y selección de 12 videos YouTube sobre los siguientes temas: Cálculo de límites, Concepto de Derivada, Cálculo de derivadas por fórmulas, Regla de la cadena, Derivadas de orden superior, Derivación implícita y Criterio de la primera derivada. Posteriormente, se construyó un sitio web con el propósito de difundir estos videos sobre la derivada. Los estudiantes emplean este sitio web para consultar los videos YouTube antes de asistir al salón de clases.

En la sesión presencial, los alumnos forman grupos de tres integrantes con el propósito de reflexionar y debatir sobre la resolución de los ejercicios. El docente de la asignatura Matemáticas básicas para los negocios adquiere el papel de colaborador y ayuda a los estudiantes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por último, cada uno de los grupos resuelve un ejercicio en el pizarrón.

Esta investigación utilizó la hoja de cálculo y herramienta Rapidminer para analizar el impacto del aula invertida en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre las derivadas.

La hoja de cálculo (método de regresión) permite la construcción de cuatro modelos para pronosticar las calificaciones de los estudiantes considerando el uso del aula invertida:

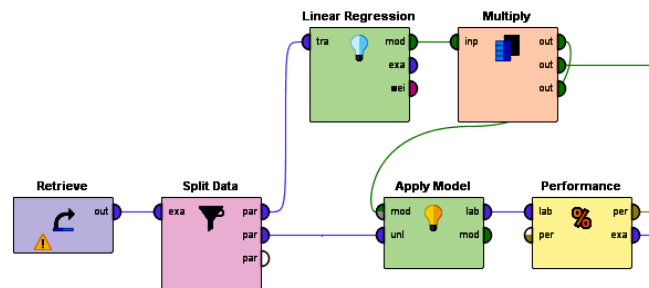
- Modelo 1: Uso del aula invertida en las actividades antes y durante la sesión presencial sobre la comprensión de las reglas de derivación, la derivada del polinomio y el cálculo de las derivadas
- Modelo 2: Uso del aula invertida en las actividades antes y durante la sesión presencial sobre el desarrollo de las habilidades para recordar las fórmulas, reconocer la clasificación e identificar las reglas sobre las derivadas
- Modelo 3: Uso del aula invertida en las actividades antes y durante la sesión presencial sobre la aplicación de las derivadas por medio del empleo de las fórmulas, la resolución de los problemas y la realización de las tareas
- Modelo 4: Uso del aula invertida en las actividades antes y durante la sesión presencial sobre la utilidad de las derivadas a través del uso de la regla de la cadena, las derivadas de orden superior y las derivadas implícitas

La herramienta Rapidminer permite calcular el aprendizaje automático (regresión) con el 50%, 60% y 70% de entrenamiento para analizar las siguientes hipótesis:

- Hipótesis 1: El aula invertida (actividades antes y durante la sesión) sobre las reglas de derivadas favorece positivamente la habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas
- Hipótesis 2: El aula invertida (actividades antes y durante la sesión) sobre las reglas de derivadas favorece positivamente la habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas
- Hipótesis 3: El aula invertida (actividades antes y durante la sesión) sobre las reglas de derivadas favorece positivamente la habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas

La Figura 1 muestra el uso de la herramienta Rapidminer para calcular el aprendizaje automático. El componente Split Data permite establecer los valores sobre el entrenamiento y la evaluación.

Figura 1. Aprendizaje automático en la herramienta Rapidminer

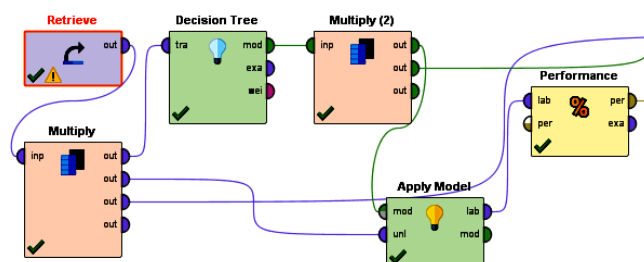


Asimismo, la herramienta Rapidminer es utilizada para la construcción de los siguientes modelos predictivos por medio de la técnica árbol de decisión:

- Modelo Predictivo 1 sobre el uso del aula invertida (reglas de derivadas) y la habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas
- Modelo Predictivo 2 sobre el uso del aula invertida (reglas de derivadas) y la habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas
- Modelo Predictivo 3 sobre el uso del aula invertida (reglas de derivadas) y la habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas

La Figura 2 muestra el uso de la herramienta Rapidminer para la construcción de los modelo predictivos por medio de la técnica árbol de decisión.

Figura 2. Modelos predictivos en la herramienta Rapidminer



### 2.3 Recolección de datos

El Instrumento de medición 1 (examen del segundo parcial) está compuesto por 6 ejercicios sobre los temas de la derivada y es utilizado para diseñar los 4 modelos de regresión relacionados con las variables de comprensión, habilidad, aplicación y utilidad (Ver Tabla 2).



Tabla 2. Instrumento de medición 1

No.	Pregunta	Puntos
1	Encontrar la derivada de la siguiente función: $y = x^4 - 2x^3 + x^3 + 1000$	10%
2	Utiliza la definición de límite para encontrar la primera derivada de la siguiente función $y = x^2 + 4x + 1$	15%
3	Encontrar la distancia, velocidad y aceleración si $x=2$ . Considera que la Función distancia es $y = 2x^3 + x^2 + x + 1$	15%
4	Encontrar el valor crítico, los intervalos de crecimiento y decrecimiento y el máximo o mínimo de la siguiente función $y = x^2 - 4x + 8$	20%
5	Encontrar la cuarta derivada $y^{IV}$ de la siguiente función: $y = (-2x + 1)^4$	20%
6	Encontrar $y'$ $y^3 + 2x = y^2 + 1$	20%

El Instrumento de medición 2 está compuesto por 15 preguntas cerradas (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Instrumento de medición 2

No.	Variable	Dimensión	Escala de medición
1	Perfil del estudiante	Edad	18 años, 19 años, 20 años, 21 años, 22 años y 23 años
		Carrera	Administración, Contaduría, Comercio, Mercadotecnia e Informática
		Sexo	Hombre y Mujer
2	Uso del aula invertida para la comprensión	Reglas de derivación	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
		Derivada del polinomio	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
		Cálculo de las derivadas	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
3	Uso del aula invertida para el desarrollo de las habilidades	Recordar las fórmulas	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
		Reconocer la clasificación	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
		Identificar las reglas sobre las derivadas	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
4	Uso del aula invertida para la aplicación	Empleo de las fórmulas	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
		Resolución de los problemas	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
		Realización de las tareas	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
5	Uso del aula invertida para la utilidad	Uso de la regla de la cadena	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
		Uso de las derivadas de orden superior	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)
		Uso de las derivadas	Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5)

---



---

 implícitas
 

---

## 2.4 Análisis de datos

Al finalizar la Unidad didáctica sobre las derivadas, los instrumentos de medición son aplicados en los grupos 100, 102 y 104. Posteriormente, la etapa de análisis es realizada por medio de la hoja de cálculo (regresión) y la herramienta Rapidminer (modelos predictivos y aprendizaje automático con 50%, 60% y 70% de entrenamiento).

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Comprensión sobre las derivadas

El 37.50% (33 estudiantes) consideran que el uso del aula invertida facilita bastante la comprensión de las reglas de derivación. De hecho, la Tabla 4 indica que el 54.55% está en las categorías Mucho (15 estudiantes) y Bastante (33 estudiantes).

Tabla 4. Comprensión sobre las reglas de derivación

	Administ ración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Inform ática	Total
Mucho	5	3	5	2	0	15
Bastante	9	13	2	7	2	33
Poco	7	10	7	6	0	30
Muy Poco	2	3	1	1	1	8
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

De acuerdo con el 31.82% (28 estudiantes), este modelo facilita bastante la comprensión de la derivada sobre el polinomio. Sin embargo, la mayoría de los encuestados (38 estudiantes) se localizan en la categoría Poco (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Comprensión sobre la derivada del polinomio

	Administ ración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Inform ática	Total
Mucho	4	3	3	3	0	13
Bastante	7	14	3	3	1	28
Poco	11	10	8	8	1	38
Muy Poco	1	2	1	2	1	7
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

Nuevamente, la mayoría de los participantes (34 estudiantes) está localizado en la categoría Poco (Ver Tabla 6). Sin embargo, el 50.00% (44

estudiantes) consideran que el aula invertida facilita mucho (11 estudiantes) y bastante (33 estudiantes) la comprensión sobre el cálculo de las derivadas.

Tabla 6. Comprensión sobre el cálculo de las derivadas

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	4	3	3	1	0	11
Bastante	12	13	3	3	2	33
Poco	6	11	7	10	0	34
Muy Poco	1	2	2	2	1	8
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

Por último, esta investigación utiliza los datos de los Instrumentos de medición y el método de regresión para construir el modelo de pronóstico sobre la calificación del examen parcial considerando la variable comprensión (Ver Figura 3)

Figura 3. Modelo de pronóstico considerando la variable comprensión

$$y = 7.709366518 - 0.069875628 x_1 - 0.276083182400713 x_2 + 0.106215558 x_3$$

donde

- $x_1$  : comprensión sobre las reglas de derivación
- $x_2$  : comprensión sobre la derivada del polinomio
- $x_3$  : comprensión sobre el cálculo de las derivadas
- $y$  : calificación del examen parcial

Los valores de las variables independientes son Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5).

### 3.2 Habilidad para las derivadas

El 32.95% (29 estudiantes) consideran que el modelo aula invertida desarrolla bastante la habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas. Incluso, el 15.91% (14 estudiantes) está localizado en la categoría Mucho (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	4	6	2	2	0	14
Bastante	8	11	5	4	1	29
Poco	9	9	6	9	2	35
Muy Poco	2	3	1	1	0	7
Nada	0	1	1	1	0	3
Total	23	30	15	17	3	88

La mayoría de los participantes (37 estudiantes) piensan que este modelo favorece bastante el desarrollo de la habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas. Sin embargo, el 37.50% (33 estudiantes) están en la categoría Poco (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	3	3	2	1	0	9
Bastante	9	14	8	6	0	37
Poco	10	9	4	8	2	33
Muy Poco	1	3	1	1	1	7
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

De acuerdo con el 32.95% (29 estudiantes), el aula invertida facilita bastante el desarrollo de la habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas. Sin embargo, el 42.05% (37 estudiantes) está en la categoría Poco (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	3	1	3	1	0	8
Bastante	7	14	5	3	0	29
Poco	11	10	5	9	2	37
Muy Poco	2	4	1	3	1	11
Nada	0	1	1	1	0	3
Total	23	30	15	17	3	88

La Figura 4 muestra el modelo de pronóstico sobre la calificación del examen parcial considerando los aspectos de la variable habilidad para las derivadas

Figura 4. Modelo de pronóstico considerando la variable habilidad

$$y = 7.990504324 - 0.442625993 x_1 + 0.144286916 x_2 - 0.048855016 x_3$$

donde

- $x_1$  : habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas.
- $x_2$  : habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas
- $x_3$  : habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas
- $y$  : calificación del examen parcial

Los valores de las variables independientes son Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5).

### 3.3 Aplicación de las derivadas

La Tabla 10 muestra que el 38.64% (34 estudiantes) piensan que el aula invertida facilita bastante el empleo de las fórmulas sobre las derivadas. De hecho, el 9.09% (8 estudiantes) está en la categoría Mucho.

Tabla 10. Empleo de las fórmulas sobre las derivadas

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	3	1	2	2	0	8
Bastante	9	12	7	5	1	34
Poco	9	13	6	7	0	35
Muy Poco	2	3	0	2	2	9
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

De acuerdo con el 50.00% (44 estudiantes), este modelo facilita mucho (12 estudiantes) y bastante (32 estudiantes) la resolución de los problemas sobre las derivadas (Ver Tabla 11).

Tabla 11. Resolución de los problemas sobre las derivadas

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	1	2	4	5	0	12
Bastante	11	13	5	3	0	32
Poco	8	13	6	6	2	35
Muy Poco	3	1	0	2	1	7
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

Según el 34.09% (30 estudiantes), el aula invertida favorece bastante la realización de tareas sobre las derivadas. Sin embargo, el 44.32% (39 estudiantes) están la categoría Poco (Ver Tabla 12).

Tabla 12. Realización de las tareas sobre las derivadas

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	3	3	2	2	0	10
Bastante	7	11	7	4	1	30
Poco	12	13	5	8	1	39
Muy Poco	1	2	1	2	1	7
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

La Figura 5 muestra el modelo de pronóstico sobre la calificación del examen parcial considerando los aspectos de la variable aplicación de las derivadas.

Figura 5. Modelo de pronóstico considerando la variable aplicación

$$y = 7.843692414 - 0.090676907 x_1 - 0.425061928 x_2 + 0.219676834 x_3$$

donde

$x_1$  : empleo de las reglas sobre las derivadas

$x_2$  : resolución de los problemas sobre las derivadas

$x_3$  : realización de tareas sobre las derivadas

$y$  : calificación del examen parcial

Los valores de las variables independientes son Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5).

### 3.4 Utilidad de las derivadas

Según el 35.23% (31 estudiantes), el aula invertida facilita bastante el uso de la regla de la cadena. Sin embargo, el 43.18% (38 estudiantes) está localizado en la categoría Poco (Ver Tabla 13).

Tabla 13. Uso de la regla de la cadena

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	3	0	3	1	0	7
Bastante	9	11	5	6	0	31
Poco	7	17	6	6	2	38
Muy Poco	4	1	1	3	1	10
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	3	0	3	1	0	7

La mayoría de los encuestados (37 estudiantes) consideran que este modelo facilita bastante el uso de las derivadas de orden superior (Ver Tabla 14).

Tabla 14. Uso de las derivadas de orden superior

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	3	3	2	2	0	10
Bastante	9	14	7	6	1	37
Poco	8	10	6	6	1	31
Muy Poco	3	2	0	2	1	8
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

El 45.45% (40 estudiantes) señala que el aula invertida favorece poco el uso de las derivadas implícitas (Ver Tabla 15). Únicamente el 30.68% (27 estudiantes) están distribuidos en las categorías Mucho (8 estudiantes) y Bastante (19 estudiantes).

Tabla 15. Uso de las derivadas implícitas

	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática	Total
Mucho	2	1	3	2	0	8
Bastante	5	7	3	3	1	19
Poco	10	15	7	7	1	40
Muy Poco	6	6	2	4	1	19
Nada	0	1	0	1	0	2
Total	23	30	15	17	3	88

La Figura 6 muestra el modelo de pronóstico sobre la calificación del examen parcial considerando los aspectos de la variable utilidad de las derivadas.

Figura 6. Modelo de pronóstico considerando la variable utilidad

$$y = 8.272115604 + 0.231537585 x_1 - 0.359153941 x_2 - 0.306506815 x_3$$

donde

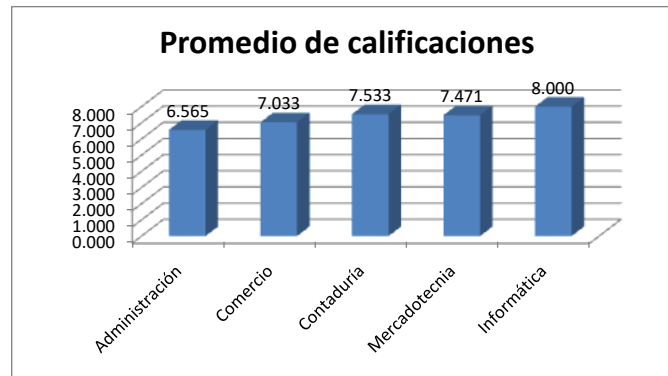
- $x_1$  : uso de la regla de la cadena
- $x_2$  : uso de las derivadas de orden superior
- $x_3$  : uso de las derivadas implícitas
- $y$  : calificación del examen parcial

Los valores de las variables independientes son Mucho (1), Bastante (2), Poco (3), Muy Poco (4) y Nada (5).

### 3.5 Rendimiento académico

El promedio general del examen parcial (Instrumento de medición no. 1) es de 7.1136. Asimismo, la Gráfica 1 presenta el promedio obtenido por los estudiantes de las Licenciaturas en Administración, Comercio, Contaduría, Mercadotecnia e Informática.

Gráfica 1. Promedio de calificaciones en el examen parcial



Cabe mencionar que los alumnos de la Licenciatura en Informática obtuvieron el mejor desempeño académico durante la realización del examen parcial. Por otro lado, los estudiantes de la Licenciatura en Administración presentan el menor rendimiento académico (Ver Gráfica 1).

Por último, la Tabla 16 muestra el promedio del examen parcial considerando el género y la licenciatura.

Tabla 16. Resultados del examen parcial

Género	Administración	Comercio	Contaduría	Mercadotecnia	Informática
Femenino	7.375	6.33333333	6.5	7.23076923	8
Masculino	6.13333333	7.20833333	8.22222222	8.25	8

### 3.6 Ciencia de datos

Los resultados del aprendizaje automático con 50% de entrenamiento y 50% de evaluación indican que la hipótesis 1 (0.476), hipótesis 2 (0.456) y hipótesis 3 (0.457) son aceptadas (Ver Tabla 17).



Tabla 17. Aprendizaje automático con 50% de entrenamiento

Hipótesis	Regresión lineal	Conclusión	Error cuadrado	al
H1: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas	$y = 0.476x + 1.394$	Acepta: 0.476	0.650	
H2: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas	$y = 0.456x + 1.418$	Acepta: 0.456	0.507	
H3: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas	$y = 0.457x + 1.483$	Acepta: 0.457	0.491	

Del mismo modo, todas las hipótesis son aceptadas considerando el aprendizaje automático con 60% de entrenamiento y 40% de evaluación (Ver Tabla 18).

Tabla 18. Aprendizaje automático con 60% de entrenamiento

Hipótesis	Regresión lineal	Conclusión	Error cuadrado	al
H1: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas	$y = 0.491x + 1.341$	Acepta: 0.491	0.725	
H2: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas	$y = 0.448x + 1.444$	Acepta: 0.448	0.585	
H3: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas	$y = 0.445x + 1.507$	Acepta: 0.445	0.561	

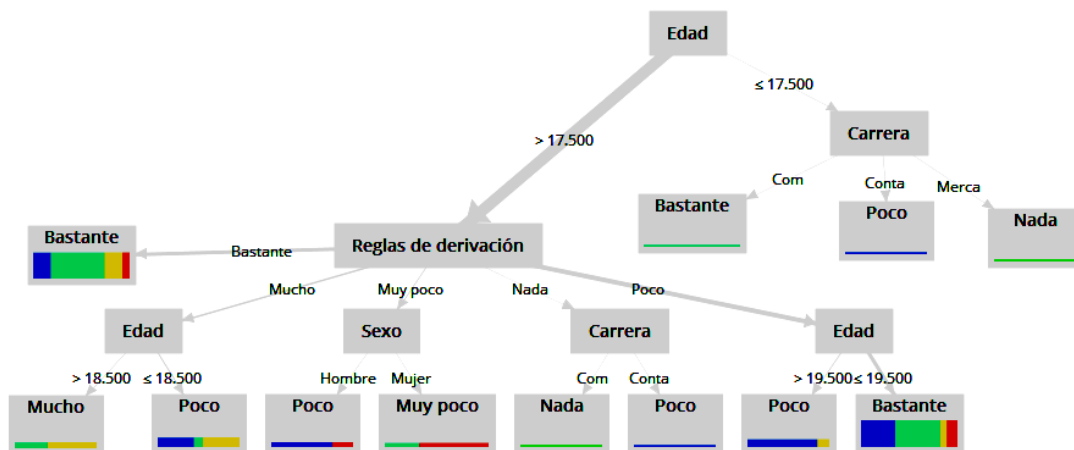
Los resultados del aprendizaje automático con 70% de entrenamiento y 30% de evaluación indican que la hipótesis 1 (0.478), hipótesis 2 (0.389) y hipótesis 3 (0.430) son aceptadas (Ver Tabla 19).

Tabla 19. Aprendizaje automático con 70% de entrenamiento

Hipótesis	Regresión lineal	Conclusión	Error cuadrado	al
H1: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas	$y = 0.478x + 1.344$	Acepta: 0.478	0.732	
H2: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas	$y = 0.389x + 1.545$	Acepta: 0.389	0.584	
H3: Aula invertida sobre las reglas de derivadas → habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas	$y = 0.430x + 1.477$	Acepta: 0.430	0.493	

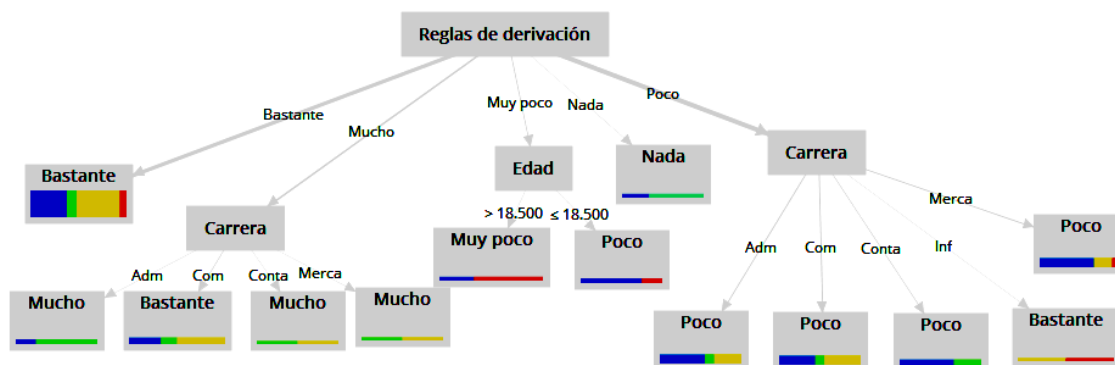
La Figura 7 muestra el Modelo Predictivo 1. Si el alumno considera que los videos sobre la reglas de derivación facilita mucho el proceso educativo y tiene una edad mayor a 18.5 años entonces el aula invertida mejora mucho la habilidad para recordar las fórmulas sobre las derivadas.

Figura 7. Modelo Predictivo 1



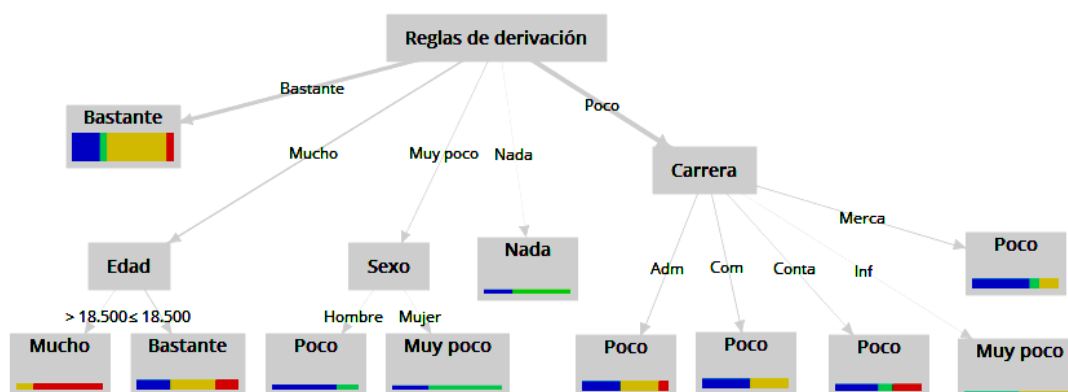
La Figura 8 muestra el Modelo Predictivo 2. Si el alumno considera que los videos sobre la reglas de derivación facilita mucho el proceso educativo y estudia la carrera de Administración (Adm.) entonces el aula invertida mejora mucho la habilidad para reconocer la clasificación de las derivadas.

Figura 8. Modelo Predictivo 2



La Figura 9 muestra el Modelo Predictivo 3. Si el alumno considera que los videos sobre la reglas de derivación facilita mucho el proceso educativo y tiene una edad mayor a 18.5 años entonces el aula invertida mejora mucho la habilidad para identificar las reglas sobre las derivadas.

Figura 9. Modelo Predictivo 3



#### 4. DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

La tecnología está transformado la planeación y realización de las actividades escolares en el Siglo XXI (Caro y Flores, 2018; Salas y Vázquez, 2017). Por ejemplo, el aula invertida facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje por medio de la organización de actividades antes y durante la sesión presencial.

En particular, esta investigación propone el uso de videos YouTube sobre las derivadas antes de la sesión presencial con el propósito de mejorar las condiciones de enseñanza y aprendizaje.

Este estudio identificó cuatro modelos de pronóstico sobre la calificación del examen parcial considerando los aspectos de la Comprensión de las reglas, el Desarrollo de las habilidades, la Aplicación y la Utilidad de las derivadas por medio de la regresión.

Los resultados del aprendizaje automático con 50%, 60% y 70% de entrenamiento indican que el aula invertida es un modelo que mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre las matemáticas. Asimismo, la ciencia de datos identificó diversos modelos predictivos (clasificación) sobre el uso del aula invertida en el campo educativo.

Diversos autores (p.ej., Lo, Lie y Hew, 2018; Mohamed y Lamia, 2018) señalan que el aula invertida es un modelo idóneo para innovar las actividades escolares por medio de la tecnología.

Las limitaciones de este estudio están relacionadas con el uso de videos YouTube antes de la sesión presencial. Por lo tanto, las futuras investigaciones pueden analizar el impacto del aula invertida considerando la incorporación de simuladores, aplicaciones en tercera dimensión y redes sociales.

Por último, el aula invertida es una alternativa pedagógica y tecnología que favorece el aprendizaje en los estudiantes por medio de las herramientas de información y comunicación.

## Referencias

- ALMARAZ-MENÉNDEZ, F., MAS-MACHADO, A., y LÓPEZ-ESTEBAN, C. (2017). Análisis de la transformación de las instituciones de Educación Superior. *Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 181-202. Recuperado de: <http://www.uco.es/ucopress/ojs/index.php/edmetic/article/view/5814/5452>
- AVELLO-MARTÍNEZ, R. y DUART, J. (2016). Nuevas tendencias de aprendizaje colaborativo en e-learning: Claves para su implementación efectiva. *Estudios Pedagógicos*, 42(1), 271-282.
- BETIHAVAS, V., BRIDGMAN, H., KORNHABER, R., y CROSS, M. (2016). The evidence for 'flipping out': A systematic review of the flipped classroom in nursing education. *Nurse Education Today*, 38, 15-21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2015.12.010>

- BLASCO, A., LORENZO, J., y SARSA, J. (2016). La clase invertida y el uso de vídeos de software educativo en la formación inicial del profesorado. *Revista d'innovació Educativa*, 17, 12-20. doi: 10.7203/attic.17.9027
- BORAO-MORENO, L., y PALAU-MARTÍN, R. (2016). Análisis de la implementación de Flipped Classroom en las asignaturas instrumentales de 4º Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 55, 1-13. doi: <http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2016.55.733>
- CALIGARIS, M., RODRÍGUEZ, G., y LAUGERO, L. (2016). A First Experience of Flipped Classroom in Numerical Analysis. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 217, 838-845. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.158>
- CALIMERIS, L., y SAUER, K. (2015). Flipping out about the flip: All hype or is there hope? *International Review of Economics Education*, 20, 13-28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iree.2015.08.001>
- CARO-BAUTISTA, L. A., y FLORES-RODRÍGUEZ, N. S. (2018). Programas educativos con uso de TIC en la región Bogotá Cundinamarca - Colombia - un modelo de evaluación. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(1), 297-320. doi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.6746>
- COTTA, K., SHAH, S., ALMGREN, M., MACÍAS-MORIARITY, L., y MODY, V. (2016). Effectiveness of flipped classroom instructional model in teaching pharmaceutical calculations. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 8(5), 646-653. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2016.06.011>
- FLORES-CUEVAS, F. (2018). La formación pedagógica y el uso de las tecnologías de la información y comunicación dentro del proceso enseñanza aprendizaje como una propuesta para mejorar su actividad docente. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(1), 151-173. doi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10025>
- FLORES, O., ARCO, I., y SILVA, P. (2016). The flipped classroom model at the university: analysis based on professors' and students' assessment in the educational field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 13, 1-12. doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-016-0022-1>

- FORNONS-JOU, V. y PALAU MARTÍN, R. (2016). Flipped Classroom en la asignatura de matemáticas de 3º de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 55, 1-17. doi: <http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2016.55.284>
- GARROTE-ROJAS, D., ARENAS-CASTILLEJO, J.A., y JIMÉNEZ-FERNÁNDEZ, S. (2018). Las TIC como herramientas para el desarrollo de la competencia intercultural. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(2), 166-183. doi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.10543>
- GODOY-OSSA, F., VARAS-SCHEUCH, L., MARTÍNEZ-VIDELA, M., TREVIÑO, E., y MEYER, A. (2016). Interacciones pedagógicas y percepción de los estudiantes en escuelas chilenas que mejoran: una aproximación exploratoria. *Estudios pedagógicos*, 42(3), 149-169.
- GREEN, R., y SCHLAIRET, M. (2017). Moving toward heutagogical learning: Illuminating undergraduate nursing students' experiences in a flipped classroom. *Nurse Education Today*, 49, 122-128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.11.016>
- HAO, Y., y LEE, K. (2016). Teaching in flipped classrooms: Exploring pre-service teachers' concerns. *Computers in Human Behavior*, 57, 250-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.022>
- LAI, C., y HWANG, G. (2016). A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. *Computers & Education*, 100, 126-140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.006>
- LAMAS, M., y LALUEZA, J. (2016). Innovar en el aula: Contradicciones entre nuevas herramientas y viejos roles como medio para transformar la práctica. *Estudios Pedagógicos*, 42(3), 243-258.
- LEE, J., LIM, C., y KIM, H. (2017). Development of an instructional design model for flipped learning in higher education. *Educational Technology Research and Development*, 65(2), 427-453. doi: 10.1007/s11423-016-9502-1.

- LIU, D. (2016). The Reform and Innovation of English Course: A Coherent Whole of MOOC, Flipped Classroom and ESP. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 232, 280-286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.021>
- LO, C. K., LIE, C. W., y HEW, K. F. (2018). Applying First Principles of Instruction as a design theory of the flipped classroom: Findings from a collective study of four secondary school subjects, *Computers & Education*, 118, 150-165. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.12.003>
- MOHAMED, H., y LAMIA, M. (2018). Implementing flipped classroom that used an intelligent tutoring system into learning process. *Computers & Education*, 124, 62-76. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.011>
- MIRAGALL, M., y GARCÍA-SORIANO, G. (2016). Transformando una clase del grado en Psicología en una flipped classroom. *Revista d'innovació Educativa*, 17, 21-29. doi: 10.7203/attic.17.9097
- NUÑEZ-MARÍN, A., y GUTIÉRREZ-PORLÁN, I. (2016). Flipped Classroom para el aprendizaje del inglés: Estudio de caso en Educación Primaria. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 56, 89-102. doi: <http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2016.56.654>
- O'FLAHERTY, J., y PHILLIPS, C. (2015). The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *The Internet and Higher Education*, 25, 85-95. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.02.002>
- OLITSKY, N., y COSGROVE, S. (2016). The better blend? Flipping the principles of microeconomics classroom. *International Review of Economics Education*, 21, 1-11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iree.2015.10.004>
- PERDOMO-RODRÍGUEZ, W. (2016). Estudio de evidencias de aprendizaje significativo en un aula bajo el modelo Flipped Classroom. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 55, 1-17. doi: <http://dx.doi.org/10.21556/edutec.2016.55.618>
- ROACH, T. (2014). Student perceptions toward flipped learning: New methods to increase interaction and active learning in economics. *International Review of Economics Education*, 17, 74-84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iree.2014.08.003>

- SACRISTÁN-SAN-CRISTÓBAL, M., MARTÍN, D., NAVARRO-ASENCIO, E., y TOURÓN-FIGUEROA, E. (2017). Flipped classroom y didáctica de las matemáticas en la formación online de Maestros de Educación Infantil. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(3), 1-14. doi: <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.20.1.292551>
- SALAS-RUEDA, R. A. (2016). The impact of usable system for regression analysis in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 13(1), 1-10. doi: <https://doi.org/10.1186/s41239-016-0004-3>
- SALAS-RUEDA, R. A., y SALAS-SILIS, J. A. (2018). Simulador Logic.ly ¿Herramienta tecnológica para facilitar el proceso enseñanza-aprendizaje sobre las Matemáticas? *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 5(3), 1-25.
- SALAS-RUEDA, R. A., y VÁZQUEZ-ESTUPIÑÁN, J. J. (2017). Innovación en el proceso educativo superior a través del servicio en la nube Erpag. *Revista electrónica calidad en la educación superior*, 8(2), 62-86. doi: <http://dx.doi.org/10.22458/caes.v8i2.1917>
- SOHRABI, B., e IRAJ, H. (2016). Implementing flipped classroom using digital media: A comparison of two demographically different groups perceptions. *Computers in Human Behavior*, 60, 514-524. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.056>
- SOLIMAN, N. (2016). Teaching English for Academic Purposes via the Flipped Learning. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 232, 122-129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.036>
- WANNER, T., y PALMER, E. (2015). Personalising learning: Exploring student and teacher perceptions about flexible learning and assessment in a flipped university course. *Computers & Education*, 88, 354-369. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.008>