

Modelo ^{TPACK}: ¿Medio para innovar el proceso educativo considerando la ciencia de datos y el aprendizaje automático?

Salas-Rueda, Ricardo Adán

Modelo TPACK: ¿Medio para innovar el proceso educativo considerando la ciencia de datos y el aprendizaje automático?

Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 7, núm. 19, 2019

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457658021003>

DOI: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.19.67511>

Modelo TPACK: ¿Medio para innovar el proceso educativo considerando la ciencia de datos y el aprendizaje automático?

TPACK model: A means to innovate the educational process considering data science and machine learning?

Ricardo Adán Salas-Rueda ^a
Universidad La Salle, México

Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 7, núm. 19, 2019

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Recepción: 23 Octubre 2018
Aprobación: 25 Febrero 2019

DOI: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.19.67511>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457658021003>

Resumen: **Objetivo** - analizar el diseño y uso de la Aplicación Web Sobre la Probabilidad Condicional (AWSPC) en el proceso educativo considerando el modelo Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), la ciencia de datos y el aprendizaje automático.

Método - se realizó una investigación mixta para evaluar el impacto de la AWSPC en el campo de la estadística. La muestra está compuesta por 61 alumnos que cursaron la asignatura: Instrumentación Estadística para los Negocios, durante el ciclo escolar 2018.

Resultados - los resultados del aprendizaje automático (50%, 60% y 70% de entrenamiento) permiten afirmar que la aplicación AWSPC mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por otro lado, la ciencia de datos establece diversos modelos predictivos sobre el uso de la aplicación AWSPC en el campo educativo (técnica árbol de decisión).

Limitaciones - la aplicación AWSPC presenta la simulación de la probabilidad condicional y de intersección sobre el suministro de piezas. Los contenidos de esta herramienta tecnológica se encuentran en español, por lo que para futuras investigaciones se pueden diseñar y construir sistemas web educativos que presenten los contenidos en diferentes idiomas y se utilice diversos ejercicios durante las simulaciones. Por ejemplo, el uso de la inteligencia artificial en el contexto educativo permitiría la personalización de los temas.

Principales hallazgos - el modelo TPACK permite la construcción de nuevas herramientas digitales como la aplicación AWSPC por medio de los conocimientos tecnológico, pedagógico y disciplinar. Se recomienda el uso del modelo TPACK en los diferentes niveles educativos para mejorar las condiciones de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: TPACK, ciencia de datos, minería de datos, tecnología, aprendizaje automático.

Abstract: **Purpose** - to analyze the design and use of the Web Application Conditional Probability (AWSPC) in the educational process considering the TPACK model, data science and machine learning.

Methodology - this study uses the quantitative and qualitative approach to assess the impact of the AWSPC in the field of statistics. The sample consists of 61 students who took the Statistical Instrumentation for Business subject during the 2018 school year.

Results - the results of the machine learning (50%, 60% and 70% of training) allow affirming that the AWSPC application improves the teaching-learning process. On the other hand, data science establishes various predictive models on the use of the AWSPC application in the educational field (decision tree technique).

Limitations - these include that the AWSPC application presents the simulation of the conditional and intersection probability on the parts supply; the contents of this technological tool are in Spanish. Therefore, future research can design and build educational web systems that present the contents in several languages and use different

exercises during the simulations. For example, the use of artificial intelligence in the educational context would allow the personalization of the themes

Findings - the TPACK model allows the construction of new digital tools such as the AWSPC application through technological, pedagogical and disciplinary knowledge. This study recommends the use of the TPACK model at different educational levels to improve the teaching-learning conditions.

Keywords: tpack , data science, data mining, technology, machine learning.

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) están transformando la planeación y organización de las actividades en los centros educativos (Chee, Yahaya y Hasniza, 2018; Kopcha, Rieber y Walker, 2016; Salas-Rueda y Salas, 2018; Santos *et al.*, 2018). En particular, las instituciones educativas mexicanas junto con los docentes están innovando las prácticas escolares por medio del diseño, la construcción y/o el uso de las aplicaciones web. Por consiguiente, los profesores deben identificar nuevas estrategias que faciliten el uso de las herramientas digitales en el salón de clases (Arenas, Rondán y Ramírez, 2018; Salas-Rueda y Salas, 2019; Sung y Hwang, 2018; Tondeur *et al.*, 2017).

En México, las políticas educativas (p.ej., Estrategia Digital Nacional) buscan la integración y el uso de la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje por medio del desarrollo de las habilidades digitales en los docentes y alumnos (Padilla, 2018). Los cursos ofrecidos en los centros escolares están enfocados al manejo de las plataformas web y aplicaciones localizadas en Internet. Asimismo, las universidades están interesadas en diseñar y usar ambientes virtuales de aprendizaje debido a que estas organizaciones necesitan mejorar y ampliar la oferta educativa (Salas *et al.*, 2019; Samperio y Barragán, 2018). Cabe mencionar que las herramientas tecnológicas permiten innovar las prácticas pedagógicas de las escuelas (Koh y Chai, 2016; Salas-Rueda, Vázquez y Lugo, 2016; Leszczynski *et al.*, 2018). Por ejemplo, las aplicaciones web facilitan el acceso a la información y los recursos desde cualquier lugar y momento.

El modelo TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) permite identificar los conocimientos que necesitan los docentes para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje por medio de las aplicaciones tecnológicas (Samperio y Barragán, 2018; Srisawasdi, Pondee y Bunterm, 2018; Zhan, Quan y Ren, 2013). Este marco de referencia propone el uso de los conocimientos tecnológico, pedagógico y disciplinar para lograr una integración eficiente de las herramientas digitales en el aula (Chang, Jang y Chen, 2015; Koh y Chai, 2016; Yeh *et al.*, 2014). En particular, el Conocimiento Tecnológico incluye los aspectos sobre la funcionalidad y el uso de las TIC (Graham, Borup y Smith, 2012; Kabakci y Coklar, 2014; Samperio y Barragán, 2018).

Los docentes del Siglo XXI pueden actualizar las actividades escolares y prácticas educativas por medio del modelo TPACK, debido a que el uso de los conocimientos tecnológico, pedagógico y disciplinar facilitan la creación de espacios innovadores y creativos para el aprendizaje y

la enseñanza. La integración y aceptación de las TIC en las actividades escolares no es un proceso sencillo debido a que la mayoría de los docentes no tienen desarrolladas sus competencias digitales (Campos y Ramírez, 2018). De hecho, la creación de los ambientes virtuales para el aprendizaje se realiza en la mayoría de las ocasiones sin analizar los factores pedagógicos y tecnológicos (Samperio y Barragán, 2018). Incluso, las disposiciones y normas mexicanas sobre la integración de las TIC no han logrado tener un gran impacto en el contexto educativo (Padilla, 2018). Por consiguiente, esta investigación cuantitativa y cualitativa propone el uso del modelo TPACK para innovar el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre la probabilidad condicional y de intersección por medio de la aplicación AWSPC

Las preguntas de investigación son:

- ¿Cuál es el impacto de la aplicación AWSPC en el proceso educativo sobre la probabilidad condicional y de intersección considerando el aprendizaje automático (50%, 60% y 70% de entrenamiento)?
- ¿Cuáles son los conocimientos del modelo TPACK que permiten la construcción de la aplicación AWSPC ?
- ¿Cuáles son las percepciones de los alumnos sobre el uso de la aplicación AWSPC en el proceso educativo sobre la probabilidad condicional y de intersección?
- ¿Cuáles son los modelos predictivos relacionados con el proceso educativo (probabilidad condicional y de intersección) y la aplicación AWSPC interfaz eficaz e intuitiva construidos por medio de la minería de datos (técnica árbol de decisión)?

El artículo se divide en 5 secciones. En la primera sección se explican las características y los elementos que componen al modelo TPACK. La segunda sección describe la metodología empleada en este estudio mixto. En la tercera sección se muestran los resultados obtenidos sobre la aplicación AWSPC considerando la ciencia de datos (técnica árbol de decisión) y el aprendizaje automático. En la cuarta sección se discuten los resultados sobre el uso de la aplicación AWSPC en el proceso educativo. Por último, la quinta sección presenta las conclusiones.

MODELO TPACK

Los avances de la tecnología están provocando que las instituciones educativas modifiquen las actividades de enseñanza-aprendizaje realizadas dentro y fuera del salón de clases (Kopcha, Ottenbreit, Jung y Baser, 2014; Tezer y Turan, 2018; Venkataraman y Ramasamy, 2018). En México, las universidades están promoviendo la innovación tecnológica en el aula por medio de la capacitación de los docentes. Los cursos ofrecidos están relacionados con la integración y el uso de los aspectos pedagógicos y tecnológicos en las asignaturas.

El modelo TPACK describe los conocimientos que necesitan los docentes durante la planeación, organización y ejecución de las prácticas

educativas por medio de la tecnología (Jen *et al.*, 2016; Salas-Rueda, 2018). De hecho, este marco de referencia utiliza las TIC para lograr el diseño eficiente de los cursos por medio de los conocimientos tecnológico, disciplinar y pedagógico (Koh y Chai, 2014; Mishra y Koehler, 2006). El conocimiento tecnológico adquiere un rol fundamental para la creación de espacios virtuales educativos y el desarrollo de las competencias en los estudiantes.

El modelo TPACK permite identificar los aspectos que influyen en el desarrollo de la práctica educativa, la comprensión de los factores sobre el aprendizaje y la creación de las actividades escolares por medio de las herramientas digitales (Blackwell, Lauricella y Wartella, 2016). Por ejemplo, los docentes pueden utilizar las plataformas digitales como Moodle o Blackboard para fomentar el aprendizaje centrado en los estudiantes.

Diversos autores (p.ej., Scherer, Tondeur y Siddiq, 2017) mencionan que el Conocimiento Disciplinar (*Content Knowledge*, TK) se refiere al conocimiento sobre los temas que se enseñan, el Conocimiento Pedagógico (*Pedagogical Knowledge*, PK) está relacionado con las estrategias, los principios y las prácticas instruccionales del aula, y el Conocimiento Tecnológico (*Technological Knowledge*, PK) está asociado con las nuevas herramientas de la información y comunicación.

El uso de los conocimientos tecnológico, disciplinar y pedagógico durante la planeación de las actividades escolares permite transformar las funciones y el papel de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las herramientas digitales promueven el rol activo del alumno, mejoran la asimilación del conocimiento y facilitan el desarrollo de las habilidades.

De acuerdo con Scherer *et al.* (2017), las interacciones entre los conocimientos tecnológico, disciplinar y pedagógico dan como resultado:

De acuerdo con Scherer *et al.* (2017), las interacciones entre los conocimientos tecnológico, disciplinar y pedagógico dan como resultado:

1. Conocimiento Disciplinar Tecnológico (*Technological Content Knowledge*, TCK): conocimiento sobre la representación de los temas de las asignaturas por medio de la tecnología
2. Conocimiento Pedagógico Tecnológico (*Technological Pedagogical Knowledge*, TPK): conocimiento sobre el uso de las herramientas digitales para implementar las prácticas y estrategias instruccionales
3. Conocimiento Disciplinar Pedagógico (*Pedagogical Content Knowledge*, PCK): Conocimiento sobre el empleo de los enfoques instruccionales en las asignaturas

Además, el modelo TPACK permite desarrollar las competencias digitales de los docentes con el propósito de lograr una incorporación exitosa de la tecnología en las actividades escolares (Koh y Chai, 2016; Pamuk *et al.*, 2013). Diversos autores (p.ej., Blackwell *et al.*, 2016; Koh y

Chai, 2016; Phillips, 2017) han utilizado este marco de referencias en las instituciones educativas.

Por ejemplo, Koh y Chai (2016) utilizaron la aplicación Google Doc (conocimiento tecnológico), aprendizaje basado en la investigación (conocimiento pedagógico) y temas sociales (conocimiento disciplinar). Asimismo, Salas-Rueda (2018) utilizó el modelo TPACK para facilitar la incorporación del software Raptor, los videos YouTube y la red social Facebook en el proceso educativo sobre las matemáticas.

El modelo TPACK facilita la planeación, organización y realización de diversas actividades escolares como la discusión en foros por medio de la plataforma Moodle y la creación de contenidos por medio de las herramientas Web 2.0 (Papanikolaou, Makri y Roussos, 2017). Incluso, Blackwell *et al.* (2016) utilizaron este marco de referencia con la finalidad de analizar el uso de Tablet en el nivel primaria.

Las demandas y necesidades de la sociedad en el Siglo XXI provocan que los profesores busquen, analicen y seleccionen nuevas estrategias para mejorar las condiciones de enseñanza-aprendizaje. En particular, el modelo TPACK permite identificar los conocimientos que necesitan los docentes para lograr una exitosa integración de las TIC en las actividades escolares (Blackwell *et al.*, 2016; Scherer *et al.*, 2017; Zhan *et al.*, 2013).

METODOLOGÍA

El objetivo de esta investigación mixta es analizar el uso de la aplicación AWSPC en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre la probabilidad condicional y de intersección considerando el modelo TPACK, la ciencia de datos (técnica árbol de decisión) y el aprendizaje automático.

Participantes

La muestra está compuesta por 61 alumnos que cursaron la asignatura: Instrumentación Estadística para los Negocios en una Universidad Mexicana durante el ciclo escolar 2018 (Ver tabla 1).

Tabla 1.
Muestra de este estudio

No.	Licenciatura	Número de alumnos	Edad promedio
1	Administración	9	18.66
2	Comercio	19	18.78
3	Contaduría	15	18.86
4	Mercadotecnia	16	18.93
5	Informática	2	19

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento

El procedimiento inició con la planeación y construcción de la aplicación AWSPC por medio del Conocimiento Tecnológico (lenguaje de programación PHP y HTML), conocimiento disciplinar (probabilidad condicional y de intersección) y conocimiento pedagógico (simulación por computadora).

La tabla 2 muestra el uso del modelo TPACK en esta investigación.

Tabla 2.
Uso del modelo TPACK para la construcción de la aplicación AWSPC


No.	Conocimiento	Descripción
1	Tecnológico	Uso del lenguaje de programación PHP y HTML para construir la aplicación web
2	Disciplinar	Probabilidad condicional y de intersección
3	Pedagógico	Simulación por computadora
4	Tecnológico y Disciplinar	Por medio de la aplicación web, el alumno proporciona los datos para iniciar la simulación sobre la probabilidad
5	Tecnológico y Pedagógico	La simulación por computadora permite mostrar los cálculos relacionados con la probabilidad condicional y de intersección a través de la aplicación web
6	Disciplinar y Pedagógico	La simulación por computadora permite mostrar las fórmulas, los procedimientos y los cálculos relacionados con la probabilidad condicional y de intersección
7	Tecnológico, Disciplinar y Pedagógico	Construcción de la aplicación AWSPC

Fuente: elaboración propia.

La aplicación AWSPC muestra la simulación de la probabilidad condicional y de intersección sobre el suministro de las piezas considerando los estados: Buena, Regular y Mala. La figura 1 muestra la pantalla de inicio.

Probabilidad condicional

Cierta fábrica en el Estado de México desea conocer la probabilidad relacionada con las piezas buenas, regulares y malas suministradas por los proveedores.



	Buena (B)	Regular (R)	Mala (M)
Proveedor 1 (P1)			
Proveedor 2 (P2)			
Proveedor 3 (P3)			

Selecciona la simulación para el cálculo de la probabilidad condicional considerando:

Piezas-Buenas
Piezas Regulares
Piezas Malas

Figura 1.
Aplicación AWSPC
Fuente: elaboración propia.

La figura 2 muestra las acciones realizadas por los estudiantes en la aplicación AWSPC.

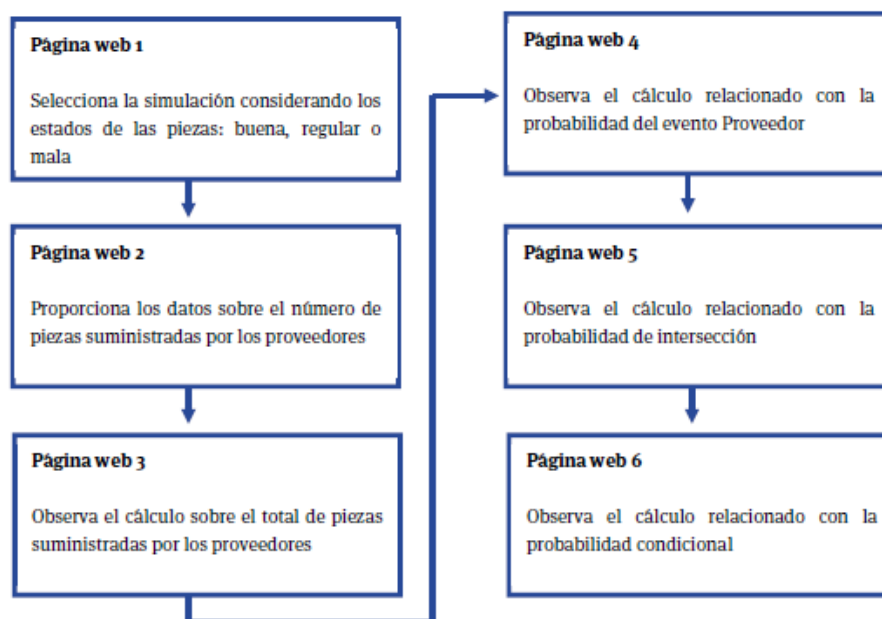


Figura 2.
Acciones de los estudiantes en la aplicación AWSPC
Fuente: elaboración propia.

Durante la Unidad Didáctica “Probabilidad”, los estudiantes de las Licenciaturas en Administración, Contaduría, Comercio, Informática y Mercadotecnia ingresaron a la aplicación AWSPC.

Las aplicaciones tecnológicas empleadas en esta investigación son:

- La herramienta RapidMiner permite realizar el cálculo sobre el aprendizaje automático con 50%, 60% y 70% de entrenamiento (regresión lineal), y establecer los modelos predictivos sobre el uso de la aplicación AWSPC en el proceso educativo (técnica árbol de decisión)
- El software MAXQDA permite la creación de la nube de palabra a través de los datos cualitativos.
- El software SPSS permite realizar el cálculo sobre el Factor de carga, el Alfa de Cronbach y la Varianza media extraída para validar el instrumento de medición (cuestionario).

Este estudio analizó el impacto de la aplicación AWSPC (interfaz eficaz e intuitiva) durante el proceso educativo de la probabilidad por medio del aprendizaje automático con 50%, 60% y 70% de entrenamiento (regresión lineal). La interfaz eficaz se refiere a que la aplicación AWSPC es rápida, funcional y útil. Por otro lado, la interfaz intuitiva se refiere a que la aplicación AWSPC es sencilla, clara y fácil de usar.

La figura 3 muestra el uso de la herramienta RapidMiner para realizar el cálculo sobre el aprendizaje automático (50%, 60% y 70% de entrenamiento). Cabe mencionar que el componente Split Data permite modificar el porcentaje sobre el entrenamiento.

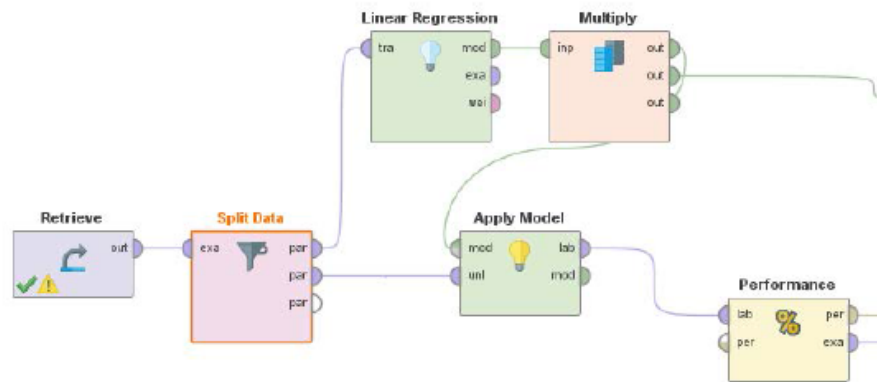


Figura 3.
Aprendizaje automático en la herramienta RapidMiner
Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

Las hipótesis de esta investigación sobre el uso de la aplicación awspc en el proceso educativo sobre la probabilidad condicional son:

- H1: La interfaz eficaz de la aplicación AWSPC influye positivamente en el proceso educativo sobre la probabilidad condicional
- H2: La interfaz intuitiva de la aplicación AWSPC influye positivamente en el proceso educativo sobre la probabilidad condicional.

Asimismo, las hipótesis de esta investigación sobre el uso de la aplicación awspc en el proceso educativo sobre la probabilidad de intersección son:

- H3: La interfaz eficaz de la aplicación AWSPC influye positivamente en el proceso educativo sobre la probabilidad de intersección
- H4: La interfaz intuitiva de la aplicación AWSPC influye positivamente en el proceso educativo sobre la probabilidad de intersección.

Por otro lado, la herramienta RapidMiner permite identificar los siguientes modelos predictivos sobre la aplicación awspc y el proceso educativo por medio de la técnica árbol de decisión (minería de datos):

- Modelo Predictivo 1 sobre la aplicación AWSPC (interfaz eficaz) y el proceso educativo de la probabilidad condicional.
- Modelo Predictivo 2 sobre la aplicación AWSPC (interfaz intuitiva) y el proceso educativo de la probabilidad condicional.
- Modelo Predictivo 3 sobre la aplicación AWSPC (interfaz eficaz) y el proceso educativo de la probabilidad de intersección.
- Modelo Predictivo 4 sobre la aplicación AWSPC (interfaz intuitiva) y el proceso educativo de la probabilidad de intersección.

Por ejemplo, la figura 4 muestra la información sobre el perfil del estudiante (sexo, edad y carrera), la aplicación AWSPC (interfaz eficaz) y

el proceso educativo (probabilidad condicional) para la elaboración del Modelo Predictivo 1 por medio de la herramienta RapidMiner.

Row No.	ProbCond	Interfaz efic...	Sexo	Edad	Carrera
1	Totalmente	Bastante	Hombre	20	Mer
2	Totalmente	Totalmente	Hombre	18	Con
3	Totalmente	Totalmente	Mujer	20	Adm
4	Totalmente	Totalmente	Mujer	18	Con

Figura 4.

Información para la elaboración del Modelo Predictivo 1

Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

La figura 5 muestra los elementos empleados durante la construcción de los modelos predictivos por medio de la herramienta RapidMiner.

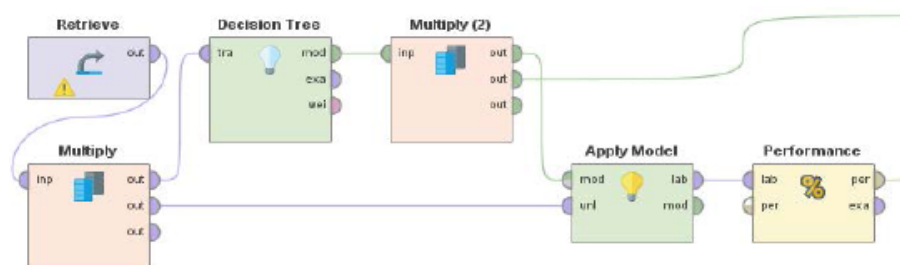


Figura 5.

Modelos predictivos en la herramienta RapidMiner

Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

Recolección de los datos

El instrumento de medición contiene las variables de Diseño de la AWSPC, Usabilidad de la AWSPC y Proceso educativo. La escala de medición está compuesta por las categorías: Totalmente (1), Bastante (2), Regular (3), Poco (4) y Nada (5). Asimismo, este estudio calcula los datos sobre la fiabilidad (Alfa de Cronbach) y validez (Varianza media extraída) por medio del programa spss (Ver tabla 3).

Tabla 3.

Variables de este estudio

Variable	Dimensión	Factor de carga	Alfa de Cronbach	Varianza media extraída
Diseño de la AWSPC	Agradable	0.871	0.782	0.744833
	Rápida	0.855		
Usabilidad de la AWSPC	Interfaz intuitiva	0.926	0.758	0.69665
	Interfaz eficaz	0.732		
	Probabilidad condicional	0.926		
Proceso educativo	Probabilidad de intersección	0.788	0.856	0.73921

Fuente: elaboración propia.

Las pruebas de fiabilidad y validez requieren que los valores sean superiores al 0.60 para el Alfa de Cronbach y 0.5 para el Factor de carga (Pock, 2007). Asimismo, Barclay, Thompson y Higgins (1995) indican que la Varianza media extraída debe tener un valor superior al 0.5. La tabla 3 muestra que las variables de este estudio cumplen con los criterios del Alfa de Cronbach, Factor de carga y Varianza media extraída.

Por otro lado, la variable cualitativa sobre la percepción de los estudiantes está integrada por las dimensiones: proceso de enseñanza-aprendizaje, motivación, medio innovador, herramienta de apoyo, beneficios, satisfacción, competencias y utilidad.

Análisis de los datos

Al finalizar la Unidad didáctica “Probabilidad”, el instrumento de medición fue aplicado a los alumnos de la asignatura Instrumentación Estadística para los Negocios. El software SPSS permitió el cálculo del Factor de carga, Alfa de Cronbach y Varianza media extraída. Asimismo, la herramienta RapidMiner fue utilizada para calcular el aprendizaje automático con 50%, 60% y 70% de entrenamiento (regresión lineal) e identificar los modelos predictivos sobre la aplicación AWSPC por medio de la técnica árbol de decisión. Por último, la nube de palabras fue construida por medio de la herramienta MAXQDA.

RESULTADOS


A continuación se presentan los resultados sobre el diseño de la aplicación AWSPC, el aprendizaje automático (50%, 60% y 70% de entrenamiento), los modelos predictivos sobre la aplicación AWSPC en el proceso educativo (técnica árbol de decisión) y el uso de la aplicación AWSPC en el campo educativo.

Diseño de la aplicación awspc

El modelo TPACK permitió la planeación de la aplicación AWSPC por medio del conocimiento tecnológico (Lenguaje de programación PHP y HTML), conocimiento pedagógico (simulación por computadora) y conocimiento disciplinar (probabilidad condicional y de intersección). La figura 6 muestra la solicitud de la información sobre el suministro de piezas para iniciar la simulación en la aplicación AWSPC.

Probabilidad condicional

Cierta fábrica en el Estado de México desea conocer la probabilidad relacionada con las piezas buenas suministradas por los proveedores.



	Buena (B)	Regular (R)	Mala (M)
Proveedor 1 (P1)	20	30	50
Proveedor 2 (P2)	100	50	50
Proveedor 3 (P3)	200	150	150

Proporciona los datos sobre las piezas suministradas por los proveedores


Inicio
Datos
Continuar

Figura 6.
Solicitud de la información en la aplicación AWSPC
Fuente: elaboración propia.

Para calcular la probabilidad condicional y de intersección es necesario encontrar el total de piezas suministradas por cada proveedor. La aplicación AWSPC utiliza el color rojo para destacar el total de piezas de los Proveedores 1, 2 y 3 (Ver figura 7).

Probabilidad condicional

¿Cuál es la probabilidad de que una pieza al azar sea buena si es suministrada por los proveedores?



	Buena (B)	Regular (R)	Mala (M)	Total
Proveedor 1 (P1)	20	30	50	100
Proveedor 2 (P2)	100	50	50	200
Proveedor 3 (P3)	200	150	150	500
Total	320	230	250	800

Calcula el total de los proveedores

$Proveedor = Buena + Regular + Mala$

Inicio
Datos
Continuar

Figura 7.
Cálculo sobre el Total de piezas en la aplicación AWSPC
Fuente: elaboración propia.

Asimismo, la aplicación AWSPC presenta el procedimiento para calcular la probabilidad de cada proveedor (Ver figura 8).

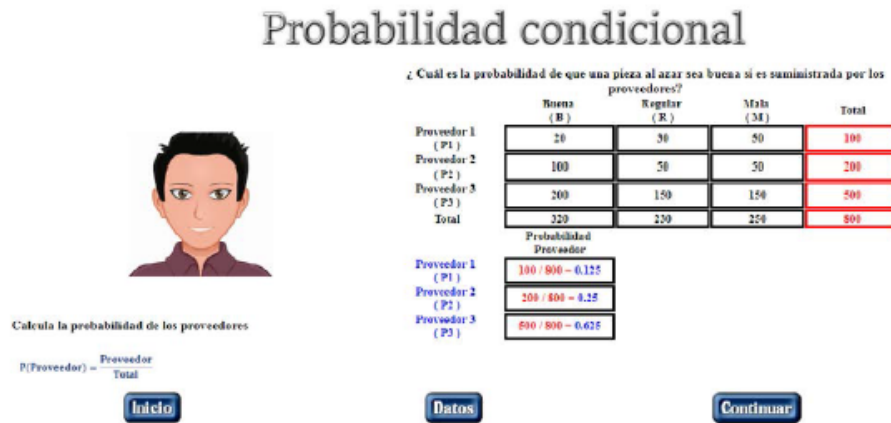


Figura 8.
Probabilidad de los proveedores en la aplicación AWSPC
Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, la aplicación AWSPC muestra el cálculo sobre la probabilidad de intersección para los eventos: Estado de la pieza (buena, regular o mala) y Proveedores (Ver figura 9).

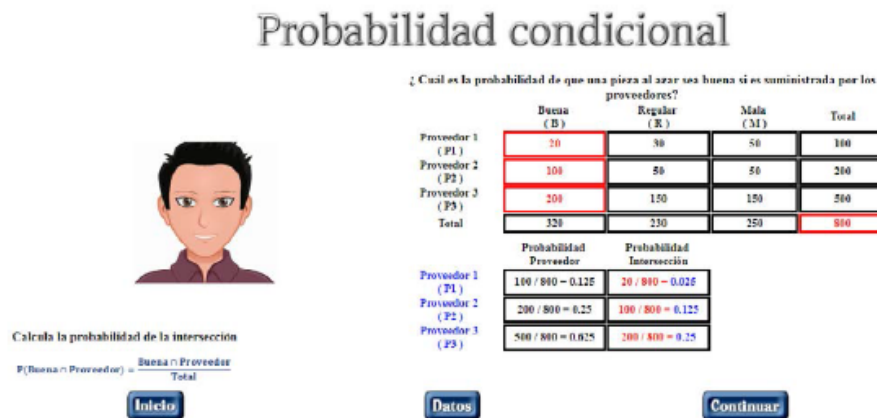


Figura 9.
Probabilidad de intersección en la aplicación AWSPC
Fuente: elaboración propia.

Por último, la aplicación AWSPC presenta el cálculo de la probabilidad condicional sobre el Estado de las piezas y los Proveedores (Ver figura 10).

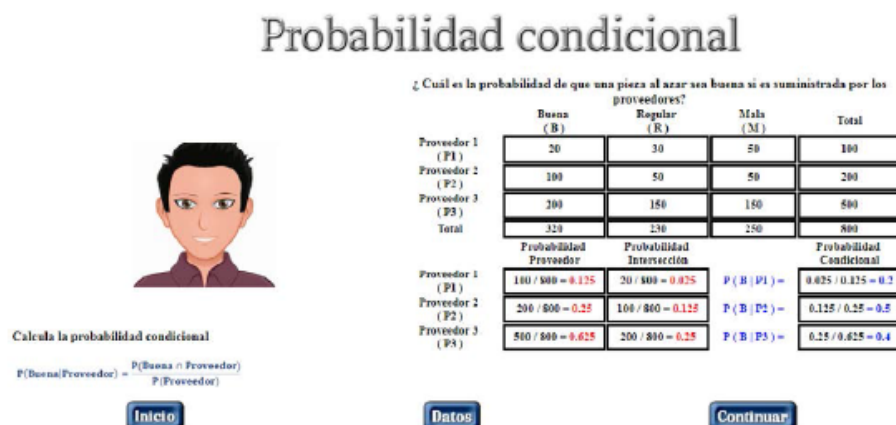


Figura 10.
Probabilidad condicional en la aplicación AWSPC
Fuente: elaboración propia.

Aprendizaje automático

Esta investigación utiliza el aprendizaje automático para identificar el impacto de la aplicación AWSPC en el proceso educativo sobre la probabilidad condicional y de intersección considerando el 50%, 60% y 70% de entrenamiento.

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos del aprendizaje automático (regresión lineal) con 50% de entrenamiento y 50% de evaluación. Todas las hipótesis de investigación son aceptadas: H1 (0.404), H2 (0.203), H3 (0.732) y H4 (0.268).

Tabla 4.
Aprendizaje automático con 50% de entrenamiento

Hipótesis	Regresión lineal	Conclusión	Error estándar	Valor p
H1: Interfaz eficaz del AWSPC → Probabilidad condicional	$y = 0.404x + 0.761$	Aceptada: 0.404	0.179	0.031
H2: Interfaz intuitiva del AWSPC → Probabilidad condicional	$y = 0.203x + 0.975$	Aceptada: 0.203	0.143	0.165
H3: Interfaz eficaz del AWSPC → Probabilidad de intersección	$y = 0.732x + 0.392$	Aceptada: 0.732	0.148	0.00003
H4: Interfaz intuitiva del AWSPC → Probabilidad de intersección	$y = 0.268x + 0.917$	Aceptada: 0.268	0.145	0.073

Fuente: elaboración propia.

Del mismo modo, todas las hipótesis de investigación son aceptadas considerando el aprendizaje automático (regresión lineal) con 60% de entrenamiento y 40% de evaluación (Ver tabla 5).

Tabla 5.
Aprendizaje automático con 60% de entrenamiento

Hipótesis	Regresión lineal	Conclusión	Error estándar	Valor p
H1: Interfaz eficaz del AWSPC → Probabilidad condicional	$y = 0.276x + 0.892$	Aceptada: 0.276	0.136	0.051
H2: Interfaz intuitiva del AWSPC → Probabilidad condicional	$y = 0.242x + 0.909$	Aceptada: 0.242	0.128	0.060
H3: Interfaz eficaz del AWSPC → Probabilidad de intersección	$y = 0.462x + 0.683$	Aceptada: 0.462	0.127	0.0009
H4: Interfaz intuitiva del AWSPC → Probabilidad de intersección	$y = 0.300x + 0.856$	Aceptada: 0.300	0.130	0.026

Fuente: elaboración propia.

Además las hipótesis de investigación H1 (0.304), H2 (0.319), H3 (0.457) y H4 (0.365) son aceptadas considerando el aprendizaje automático (regresión lineal) con 70% de entrenamiento y 30% de evaluación (Ver tabla 6).

Tabla 6.
Aprendizaje automático con 70% de entrenamiento

Hipótesis	Regresión lineal	Conclusión	Error estándar	Valor p
H1: Interfaz eficaz del AWSPC → Probabilidad condicional	$y = 0.304x + 0.882$	Aceptada: 0.304	0.129	0.023
H2: Interfaz intuitiva del AWSPC → Probabilidad condicional	$y = 0.319x + 0.826$	Aceptada: 0.319	0.120	0.011
H3: Interfaz eficaz del AWSPC → Probabilidad de intersección	$y = 0.457x + 0.705$	Aceptada: 0.457	0.121	0.0005
H4: Interfaz intuitiva del AWSPC → Probabilidad de intersección	$y = 0.365x + 0.783$	Aceptada: 0.365	0.120	0.004

Fuente: elaboración propia.

Modelos predictivos

La figura 11 muestra el Modelo Predictivo 1. Por ejemplo, si el alumno considera que la interfaz de la AWSPC es bastante eficaz y tiene una edad mayor a 19.5 años entonces esta aplicación web facilita totalmente el proceso educativo sobre la probabilidad condicional.

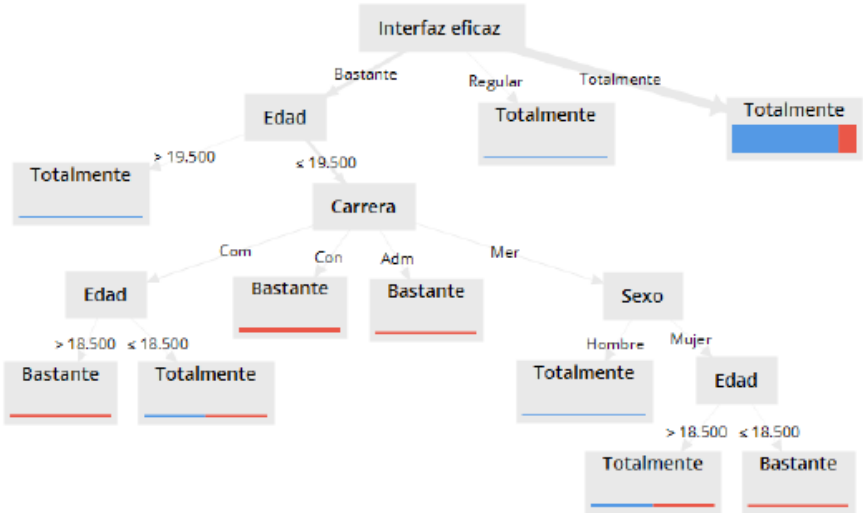


Figura 11.
Modelo Predictivo 1
Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

La tabla 7 muestra las condiciones en donde la aplicación AWSPC (interfaz eficaz) facilita totalmente el proceso educativo sobre la probabilidad condicional.

Tabla 7.
Condiciones del Modelo Predictivo 1

No.	Interfaz eficaz	Edad	Carrera	Sexo	Probabilidad condicional
1	Bastante	> 19.5 años	-	-	Totalmente
2	Bastante	≤ 18.5 años	Comercio	-	Totalmente
3	Bastante	≤ 19.5 años	Mercadotecnia	Hombre	Totalmente
4	Bastante	≤ 19.5 años y > 18.5 años	Mercadotecnia	Mujer	Totalmente
5	Regular	-	-	-	Totalmente
6	Totalmente	-	-	-	Totalmente

Fuente: elaboración propia.

La exactitud del Modelo Predictivo 1 es 86.89% (Ver figura 12).

accuracy: 86.89%

	true Totalmente	true Bastante	class precision
pred. Totalmente	42	8	84.00%
pred. Bastante	0	11	100.00%
class recall	100.00%	57.89%	

Figura 12.
Exactitud del Modelo Predictivo 1
Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

La figura 13 muestra el Modelo Predictivo 2. Por ejemplo, si el alumno considera que la interfaz de la AWSPC es totalmente intuitiva entonces esta aplicación web facilita totalmente el proceso educativo sobre la probabilidad condicional

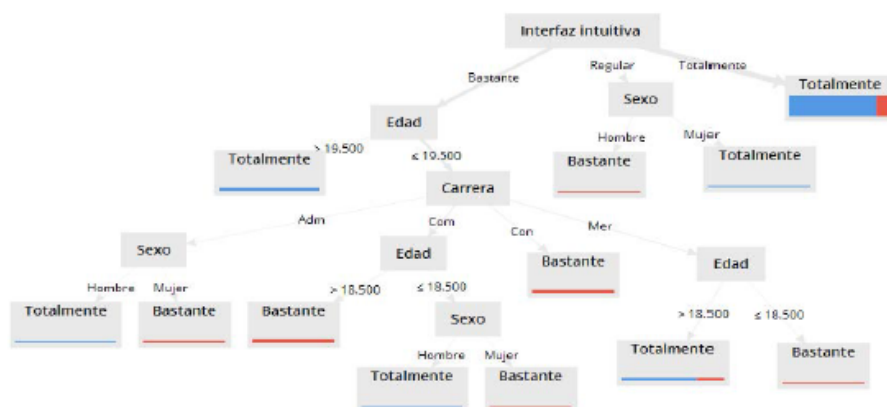


Figura 13.

Modelo Predictivo 2

Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

La tabla 8 muestra las condiciones en donde la aplicación AWSPC (interfaz intuitiva) facilita totalmente el proceso educativo sobre la probabilidad condicional.

Tabla 8.

Condiciones del Modelo Predictivo 2

No.	Interfaz intuitiva	Edad	Carrera	Sexo	Probabilidad condicional
1	Bastante	> 19.5 años	-	-	Totalmente
2	Bastante	≤ 19.5 años	Administración	Hombre	Totalmente
3	Bastante	≤ 18.5 años	Comercio	Hombre	Totalmente
4	Bastante	≤ 19.5 años y > 18.5 años	Mercadotecnia	-	Totalmente
5	Regular	-	-	Mujer	Totalmente
6	Totalmente	-	-	-	Totalmente

Fuente: elaboración propia.

La exactitud del Modelo Predictivo 2 es 90.16% (Ver figura 14).

accuracy: 90.16%

	true Totalmente	true Bastante	class precision
pred. Totalmente	42	6	87.50%
pred. Bastante	0	13	100.00%
class recall	100.00%	58.42%	

Figura 14.

Exactitud del Modelo Predictivo 2

Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

La figura 15 muestra el Modelo Predictivo 3. Por ejemplo, si el estudiante considera que la interfaz de la AWSPC es totalmente eficaz y estudia Informática entonces esta aplicación web facilita totalmente el proceso educativo sobre la probabilidad de intersección.

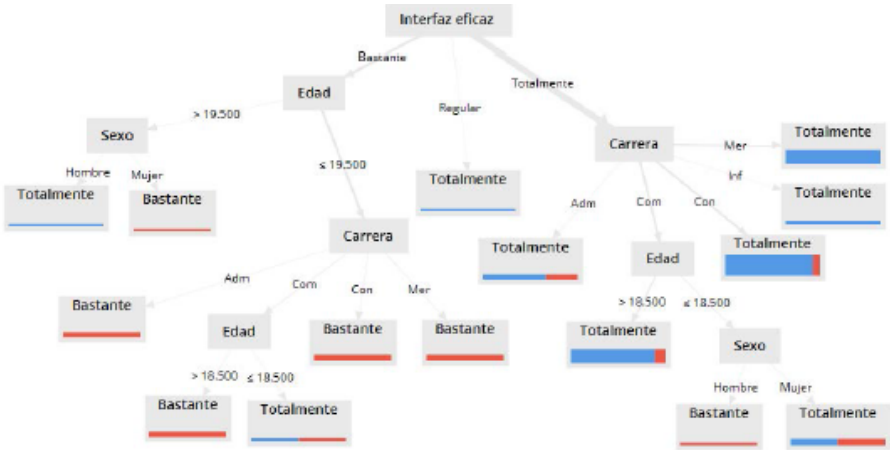


Figura 15.
Modelo Predictivo 3
Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

La tabla 9 muestra las condiciones en donde la aplicación AWSPC (interfaz eficaz) facilita totalmente el proceso educativo sobre la probabilidad de intersección.

Tabla 9.
Condiciones del Modelo Predictivo 3

No.	Interfaz eficaz	Edad	Carrera	Sexo	Probabilidad de intersección
1	Bastante	> 19.5 años	-	Hombre	Totalmente
2	Bastante	≤ 18.5 años	Comercio	-	Totalmente
3	Regular	-	-	-	Totalmente
4	Totalmente	-	Mercadotecnia	-	Totalmente
5	Totalmente	-	Informática	-	Totalmente
6	Totalmente	-	Contaduría	-	Totalmente
7	Totalmente	> 18.5 años	Comercio	-	Totalmente
8	Totalmente	≤ 18.5 años	Comercio	Mujer	Totalmente
9	Totalmente	-	Administración	-	Totalmente

Fuente: elaboración propia.

La exactitud del Modelo Predictivo 3 es del 90.16% (Ver figura 16).

accuracy: 90.16%

	true Totalmente	true Bastante	class precision
pred. Totalmente	39	6	86.67%
pred. Bastante	0	16	100.00%
class recall	100.00%	72.73%	

Figura 16.
Exactitud del Modelo Predictivo 3
Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

La figura 17 muestra el Modelo Predictivo 4. Por ejemplo, si el estudiante considera que la interfaz de la AWSPC es totalmente intuitiva y estudia Comercio entonces esta aplicación web facilita totalmente el proceso educativo sobre la probabilidad de intersección.

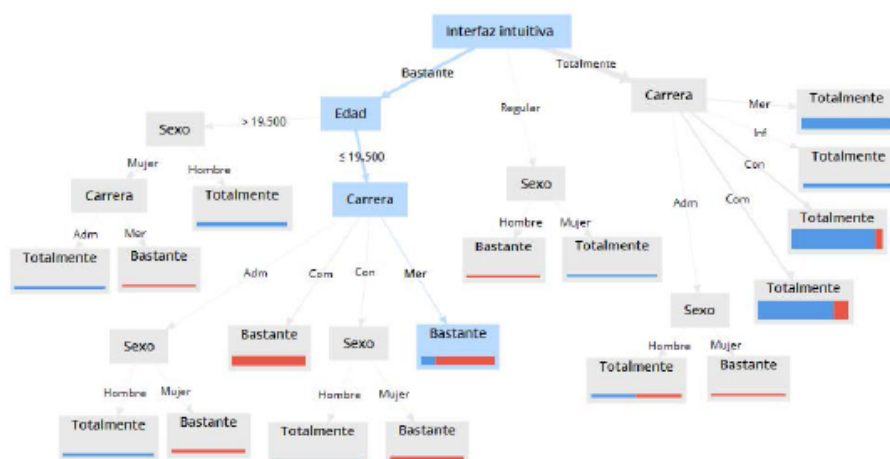


Figura 17.

Modelo Predictivo 4

Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

La tabla 10 muestra las condiciones en donde la aplicación AWSPC (interfaz intuitiva) facilita totalmente el proceso educativo sobre la probabilidad de intersección.

Tabla 10.

Condiciones del Modelo Predictivo 4

No.	Interfaz intuitiva	Edad	Carrera	Sexo	Probabilidad de intersección
1	Bastante	> 19.5 años	Administración	Mujer	Totalmente
2	Bastante	> 19.5 años	-	Hombre	Totalmente
3	Bastante	≤ 19.5 años	Administración	Hombre	Totalmente
4	Bastante	≤ 19.5 años	Contabilidad	Hombre	Totalmente
5	Regular	-	-	Mujer	Totalmente
6	Totalmente	-	Mercadotecnia	-	Totalmente
7	Totalmente	-	Informática	-	Totalmente
8	Totalmente	-	Contaduría	-	Totalmente
9	Totalmente	-	Comercio	-	Totalmente
10	Totalmente	-	Administración	Hombre	Totalmente

Fuente: elaboración propia.

La exactitud del Modelo Predictivo 4 es del 91.80% (Ver figura 18)

accuracy: 91.80%			
	true Totalmente	true Bastante	class precision
pred. Totalmente	38	4	90.48%
pred. Bastante	1	18	94.74%
class recall	97.44%	81.62%	

Figura 18.

Modelo Predictivo 4

Fuente: elaboración propia por medio de la herramienta RapidMiner.

Uso de la Aplicación awspc en el campo educativo

De acuerdo con los estudiantes, la aplicación AWSPC es una herramienta totalmente agradable (n=38, 62.2950%) y rápida (n=42, 68.8524%).

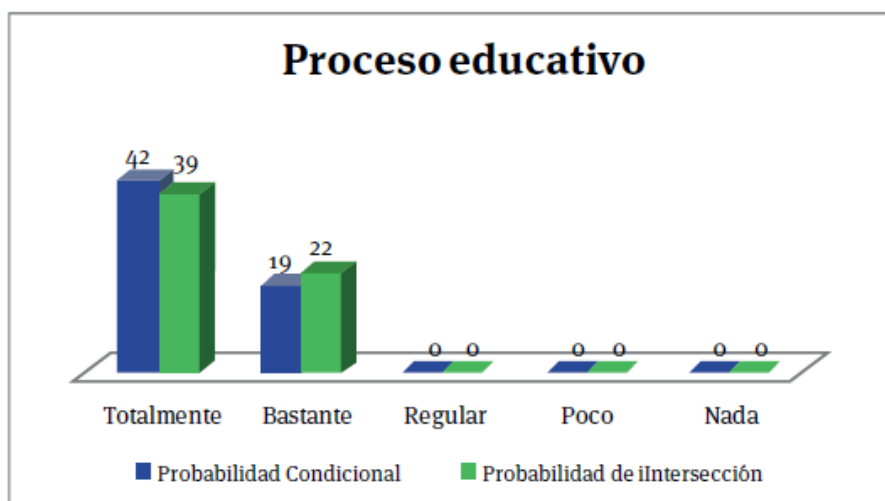
Incluso, la tabla 11 muestra que la interfaz web es totalmente intuitiva (n=37, 60.6557%) y eficaz (n=42, 68.8524%).

Tabla 11.
Aplicación AWSPC

	Agradable	Rápida	Interfaz intuitiva	Interfaz eficaz
Totalmente	38 (62.2950%)	42 (68.8524%)	37 (60.6557%)	42 (68.8524%)
Bastante	21 (34.4262%)	19 (31.1475%)	22 (36.0655%)	18 (29.5081%)
Regular	2 (3.2786%)	0 (0%)	2 (3.2786%)	1 (1.6393%)
Poco	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Nada	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Total	61 (100%)	61 (100%)	61 (100%)	61 (100%)

Fuente: elaboración propia.

Los alumnos de la asignatura Instrumentación estadística para los negocios piensan que la aplicación AWSPC facilita totalmente el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre la probabilidad condicional (n=42, 68.85%) e intersección (n=39, 63.93%). Ninguno de los estudiantes está en la categorías Regular, Poco y Nada (Ver gráfica 1).

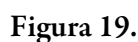


Gráfica 1.

Proceso educativo sobre la probabilidad

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis cualitativo, esta investigación utilizó la herramienta MAXQDA con el propósito de construir la nube de palabras (Ver figura 19). Cabe mencionar que las palabras que tienen la mayor frecuencia son Fácil, Aprendizaje, Clase, Comprender, Eficaz y Facilita.



Fuente: elaboración propia.

Incluso, esta aplicación web representa una herramienta de apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje:

Sí, ya que nos muestra lo visto en clase (Estudiante 7, Femenino, 19 años, Mercadotecnia).

Sí, para repasar (Estudiante 14, Femenino, 20 años, Administración).

Sí, ayuda a practicar lo visto en clase (Estudiante 55, Femenino, 18 años, Comercio).

Uno de los beneficios asociados con la aplicación awspc es el aprendizaje:

Aprendizaje, interactivo y fácil (Estudiante 5, Femenino, 19 años, Comercio).

Aprendizaje, rapidez y eficaz (Estudiante 10, Masculino, 18 años, Administración).

Facilita el aprendizaje (Estudiante 36, Femenino, 18 años, Comercio).

Asimismo, los participantes señalan que la aplicación awspc es rápida:

Rápido, sencillo y eficaz (Estudiante 32, Femenino, 19 años, Mercadotecnia).

Rápida y eficiente (Estudiante 34, Masculino, 19 años, Contaduría).

Rápida, eficaz, eficiente y fácil de usar (Estudiante 39, Femenino, 19 años, Administración).

La interfaz web de la aplicación awspc permite resolver dudas sobre el proceso educativo de la probabilidad:

Resolución de dudas (Estudiante 4, Femenino, 18 años, Contaduría).

Resuelve dudas (Estudiante 26, Femenino, 18 años, Informática).

Incluso, los alumnos de las Licenciaturas en Administración, Comercio, Contaduría, Informática y Mercadotecnia consideran que la aplicación awspc es didáctica:

Didáctico (Estudiante 3, Femenino, 20 años, Administración).

Eficaz y didáctica (Estudiante 9, Masculino, 18 años, Mercadotecnia).

Didáctica y rapidez (Estudiante 30, Femenino, 18 años, Contaduría).

Otro de los beneficios relacionado con esta aplicación web es la facilidad de uso:

Sencillo, fácil y rápido (Estudiante 42, Femenino, 18 años, Comercio).

Fácil e innovadora (Estudiante 45, Masculino, 19 años, Mercadotecnia).

Amigable, fácil de usar e interactiva (Estudiante 55, Femenino, 18 años, Comercio).

Los universitarios están satisfechos de utilizar la tecnología en la asignatura Instrumentación estadística para los negocios:

Sí, ya que me ayudó a entender mejor los temas de clase (Estudiante 7, Femenino, 19 años, Mercadotecnia).

Sí, facilita mucho los cálculos (Estudiante 34, Masculino, 19 años, Contaduría).

Sí, ayuda mucho en los procedimientos (Estudiante 36, Femenino, 18 años, Comercio).

Asimismo, los encuestados mencionan que la aplicación awspc es una herramienta útil para aprender la probabilidad condicional y de intersección por medio de la práctica:

Sí, practicas lo visto en clase (Estudiante 39, Femenino, 19 años, Administración).

Sí, ya que nos facilita el proceso de aprendizaje (Estudiante 45, Masculino, 19 años, Mercadotecnia).

Sí, ya que aprendes por medio de la práctica (Estudiante 47, Femenino, 19 años, Mercadotecnia).

La simulación de los datos permite a los alumnos analizar el procedimiento sobre la probabilidad:

Sí, ayuda a conocer el ejercicio con diferentes datos (Estudiante 18, Femenino, 18 años, Mercadotecnia).

Sí, nos muestra cómo hacer las cosas (Estudiante 35, Femenino, 19 años, Comercio).

Sí, porque puedes resolver tus dudas paso por paso (Estudiante 40, Masculino, 19 años, Contaduría).

Incluso, las fórmulas de la aplicación awspc facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre la estadística:

Sí, porque es más fácil (Estudiante 39, Femenino, 19 años, Administración).

Sí, vemos las fórmulas que se utilizan en el proceso (Estudiante 40, Masculino, 19 años, Contaduría).

Sí, porque podemos revisar cómo se obtuvo el resultado (Estudiante 45, Masculino, 19 años, Mercadotecnia).

Según los universitarios, el diseño de esta aplicación web es agradable y favorece el aprendizaje:

Sí, el diseño es bueno y favorece el aprendizaje (Estudiante 36, Femenino, 18 años, Comercio).

Sí, es más amigable la interacción (Estudiante 49, Femenino, 20 años, Mercadotecnia).

Sí, es bastante dinámico y agradable a la vista (Estudiante 51, Femenino, 18 años, Contaduría).

Asimismo, la aplicación awspc propicia un rol activo de los estudiantes durante el proceso educativo:

Sí, se enseña de una manera interactiva (Estudiante 2, Masculino, 18 años, Contaduría).

Sí, ayuda a la interacción (Estudiante 6, Masculino, 20 años, Informática).

Sí, es muy interactivo (Estudiante 55, Femenino, 18 años, Comercio).

Por último, la aplicación awspc facilita el desarrollo de las habilidades en los alumnos:

Sí, nos ayuda a pensar (Estudiante 28, Masculino, 20 años, Contaduría).

Sí, porque voy haciendo los cálculos mentalmente (Estudiante 39, Femenino, 19 años, Administración).

Sí, porque hacemos operaciones y vemos las fórmulas (Estudiante 53, Femenino, 19 años, Comercio).

DISCUSIÓN

El marco de referencia AWSPC permite identificar los conocimientos tecnológico, pedagógico y disciplinar con el propósito de organizar la práctica educativa por medio de las TIC (Alqurashi, Gokbel y Carbonara, 2017; Doukakis, Koiliyas y Chionidou, 2011; Scherer *et al.*, 2017). En particular, esta investigación mixta utilizó este modelo para la planeación, organización y construcción de la aplicación AWSPC.

De acuerdo con los universitarios, la aplicación AWSPC facilita totalmente la asimilación del conocimiento sobre la probabilidad condicional y de intersección. Incluso, los encuestados mencionan que esta herramienta tiene una interfaz web rápida, agradable, intuitiva y eficaz.

El modelo TPACK facilita la integración y el empleo de las herramientas digitales en las actividades de enseñanza-aprendizaje (Gao y Mager, 2013; Srisawasdi *et al.*, 2018). De hecho, los conocimientos tecnológico (lenguaje de programación PHP y HTML), pedagógico (simulación por computadora) y disciplinar (probabilidad condicional y de intersección) permitió la incorporación exitosa de la aplicación AWSPC en la unidad didáctica “Probabilidad”.

Este estudio mixto comparte las ideas de diversos autores (p.ej., Scherer *et al.*, 2017; Yeh *et al.*, 2014; Zhan *et al.*, 2013) sobre la importancia del modelo TPACK para mejorar la planeación y realización de las actividades escolares por medio de las TIC. Los resultados del aprendizaje automático (50%, 60% y 70% de entrenamiento) indican que la aplicación AWSPC influye positivamente en el proceso educativo sobre la probabilidad condicional y de intersección.

Cabe mencionar que el conocimiento pedagógico se refiere a la identificación de las actividades relacionadas con la enseñanza que permitan mejorar el aprendizaje (Chang *et al.*, 2015; Samperio y Barragán, 2018). En particular, la estrategia sobre la simulación permitió el desarrollo de las competencias por medio de la presentación del procedimiento sobre el cálculo de la probabilidad condicional y de intersección.

Además, los estudiantes de las Licenciaturas en Administración, Comercio, Contaduría, Informática y Mercadotecnia señalan que la aplicación AWSPC es una herramienta innovadora y útil para la asignatura Instrumentación estadística para los negocios.

Por otro lado, la técnica árbol de decisión (ciencia de datos) permite la identificación de diversos modelos predictivos sobre el uso de la aplicación AWSPC (interfaz eficaz e intuitiva) en el proceso educativo (probabilidad condicional y de intersección). Cabe mencionar que la exactitud de los modelos predictivos es superior al 86.00%: Modelo 1 (86.89%), Modelo 2 (90.16%), Modelo 3 (90.16%) y Modelo 4 (91.80%).

La herramienta MAXQDA permite realizar el análisis cualitativo por medio de la construcción de la nube de palabras, esto es, Fácil, Aprendizaje, Clase y Comprender son las palabras más frecuentes localizadas en las preguntas abiertas.

Por último, el modelo TPACK permite construir procesos de enseñanza-aprendizaje eficaces y útiles por medio de la interacción de los conocimientos tecnológico, pedagógico y disciplinar (Samperio y Barragán, 2018).

CONCLUSIONES

El modelo TPACK permite la incorporación eficiente de las herramientas digitales en el campo educativo por medio de los conocimientos tecnológico, pedagógico y disciplinar. De hecho, este marco de referencia permitió la planeación y construcción de la aplicación AWSPC a través del lenguaje PHP y HTML, la simulación por computadora y los temas sobre la probabilidad condicional y de intersección.

Por medio del conocimiento tecnológico (lenguaje PHP y HTML), esta investigación logró la construcción de una interfaz web intuitiva y eficaz capaz de facilitar el proceso educativo sobre la estadística. Asimismo, el modelo TPACK permitió identificar la estrategia de la simulación por computadora (Conocimiento Pedagógico) con la finalidad de mejorar el proceso educativo sobre la probabilidad condicional y de intersección (Conocimiento Disciplinar).

Cabe mencionar que el modelo TPACK facilitó la organización y creación de una herramienta tecnológica útil, eficaz, rápida y agradable para la Unidad didáctica Probabilidad. De hecho, los alumnos de la asignatura Instrumentación estadística para los negocios señalan que la aplicación AWSPC incrementa la motivación y propicia un rol activo en el aprendizaje.

La ciencia de datos por medio de la técnica árbol de decisión (minería de datos) permite el establecimiento de diversos modelos predictivos relacionados con el proceso educativo (probabilidad condicional y de intersección) y la aplicación AWSPC (interfaz eficaz e intuitiva). Además, el aprendizaje automático con 50%, 60% y 70% de entrenamiento señala que la aplicación AWSPC favorece el proceso educativo sobre la probabilidad condicional y de intersección.

Las limitaciones de este estudio mixto incluyen que la aplicación AWSPC presenta la simulación de la probabilidad condicional y de intersección sobre el suministro de piezas. Incluso, los contenidos de esta herramienta tecnológica están en el idioma español.

Por consiguiente, las futuras investigaciones pueden diseñar y construir sistemas web educativos que presenten los contenidos en varios idiomas como el inglés y utilice diversos ejercicios durante las simulaciones. Incluso, el uso de la inteligencia artificial en el contexto educativo permitiría la personalización de los temas.

Referencias

- Alqurashi, E., Gokbel, E. N., y Carbonara, D. (2017). Teachers' knowledge in content, pedagogy and technology integration: A comparative analysis between teachers in Saudi Arabia and United States. *British Journal of Educational Technology*, 48(6), 1414-1426.
- Arenas, J., Rondán, F. J., y Ramírez, P. E. (2018). Modelling the success of learning management systems: application of latent class segmentation using FIMIX-PLS. *Interactive Learning Environments*, 26(1), 135-147. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1283335>
- Barclay, D., Thompson, R., y Higgins, C. (1995). The partial least squares (PLS) approach to causal modeling: Personal computer adoption and use as an illustration. *Technology Studies*, 2(2), 285-309.
- Blackwell, C. K., Lauricella, A. R., y Wartella, E. (2016). The influence of TPACK contextual factors on early childhood educators' tablet computer use. *Computers & Education*, 98(1), 57-69. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.010>
- Campos, H., y Ramírez, M. Y. (2018). Las TIC en los procesos educativos de un centro público de investigación. *Apertura: Revista de Innovación Educativa*, 10(1), 56-70.
- Chang, Y., Jang, S., y Chen, Y. (2015). Physics instructors' TPACK development in two contexts. *British Journal of Educational Technology*, 46, 1236-1249.
- Chee, K. N., Yahaya, N., y Hasniza Ibrahim, N. (2018). Factors of students' performance based on cognitive level in a mobile learning environment. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 12(2), 190-212.
- Doukakis, S., Koilias, C., y Chionidou Moskofoglou, M. (2011). An undergraduate primary education teaching practicum design and undergraduate primary teachers' satisfaction on developing technological, pedagogical and mathematical knowledge. *International Journal of Teaching and Case Studies*, 3(2), 180-195.
- Gao, P., y Mager, G. M. (2013). Constructing embodied understanding of Technological Pedagogical Content Knowledge: preservice teachers' learning to teach with information technology. *International Journal of Social Media and Interactive Learning Environments*, 1(1), 74-92.
- Graham, C., Borup, J., y Smith, N. (2012). Using TPACK as a framework to understand teacher candidates' technology integration decisions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(6), 530-546.
- Jen, T. H., Yeh, Y. F., Hsu, Y. S., Wu, H. K., y Chen, K. M. (2016). Science teachers' TPACK-Practical: Standard-setting using an evidence-based approach. *Computers & Education*, 95, 45-62. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.009>

- Kabakci Yurdakul, I., y Coklat, A. N. (2014). Modeling preservice teachers' TPACK competencies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(4), 363-376.
- Koh, J. H., y Chai, C. S. (2014). Teacher clusters and their perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) development through ICT lesson design. *Computers & Education*, 70, 222-232. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.08.017>
- Koh, J. H., y Chai, C. S. (2016). Seven design frames that teachers use when considering technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 102, 244-257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.003>
- Kopcha, T. J., Ottenbreit, A., Jung, J., y Baser, D. (2014). Examining the TPACK framework through the convergent and discriminant validity of two measures. *Computers & Education*, 78, 87-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.05.003>
- Kopcha, T. J., Rieber, L. P., y Walker, B. B. (2016). Faculty perceptions about innovation. *British Journal of Educational Technology*, 47(5), 945-957.
- Leszczynski, P., Charuta, A., Łaziuk, B., Gałązkowski, R., Wejnarski, A., Roszak, M., y Kołodziejczak, B. (2018). Multimedia and interactivity in distance learning of resuscitation guidelines: a randomised controlled trial. *Interactive Learning Environments*, 26(2), 151-162. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1337035>
- Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Padilla, S. (2018). Usos y actitudes de los formadores de docentes ante las TIC: entre lo recomendable y la realidad de las aulas. *Apertura*, 10(1), 132-148. DOI: <http://dx.doi.org/10.18381/Ap.v10n1.1107>
- Pamuk, S., Ergun, M., Cakir, R., Yilmaz, B., y Ayas, C. (2013). Exploring relationships among TPACK components and development of the TPACK instrument. *Education and Information Technologies*, 20(2), 241-263.
- Papanikolaou, K., Makri, K., y Roussos, P. (2017). Learning design as a vehicle for developing TPACK in blended teacher training on technology enhanced learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14, 1-14.
- Phillips, M. (2017). Processes of practice and identity shaping teachers' TPACK enactment in a community of practice. *Education and Information Technologies*, 22(4), 1771-1796.
- Pock, A. (2007). *Strategic Management in Islamic Finance*. Alemania: Springer.
- Salas-Rueda, R. A. (2018). Uso del modelo TPACK como herramienta de innovación para el proceso de enseñanza-aprendizaje en matemáticas. *Perspectiva educacional*, 57(2), 3-26.
- Salas-Rueda, R. A., y Salas, R. D. (2019). Impacto de la red social Facebook en el proceso educativo superior de las matemáticas considerando la ciencia de datos. *Noesis: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 28(1), 23-42. DOI: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2019.3.2>
- Salas-Rueda, R. A., Salas, E. P., Salas, R. D., y Vargas, Y. M. (2019). Análisis de la Aplicación Web Para la Estimación Puntual por medio de la Ciencia de Datos. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 6(2), 1-25.

- Salas-Rueda, R. A., y Salas, 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., Vázquez, J. J., y Lugo, J. L. (2016). Uso del avatar en el proceso de enseñanza aprendizaje sobre las aplicaciones de las derivadas. *Revista de Comunicación de la SEECI*, 39, 71-84.
- Santos, V., Quaresma, P., Maric, M., y Campos, H. (2018). Web geometry laboratory: case studies in Portugal and Serbia. *Interactive Learning Environments*, 26(1), 3-21. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1258715>
- Samperio Pacheco, V. M., y Barragán López, J. F. (2018). Análisis de la percepción de docentes, usuarios de una plataforma educativa a través de los modelos TPACK, SAMR y TAM3 en una institución de educación superior. *Apertura*, 10(1), 116-131. DOI: <http://dx.doi.org/10.18381/Ap.v10n1.1162>
- Scherer, R., Tondeur, J., y Siddiq, F. (2017). On the quest for validity: Testing the factor structure and measurement invariance of the technology-dimensions in the Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) model. *Computers & Education*, 112, 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.012>
- Srisawasdi, N., Pondee, P., y Bunterm, T. (2018). Preparing pre-service teachers to integrate mobile technology into science laboratory learning: an evaluation of technology-integrated pedagogy module. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 12(1), 1-17.
- Sung, H. Y., y Hwang, G. J. (2018). Facilitating effective digital game-based learning behaviors and learning performances of students based on a collaborative knowledge construction strategy. *Interactive Learning Environments*, 26(1), 118-134. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1283334>
- Tezer, M., y Turan, B. (2018). The impact of using mobile-supported learning management systems in teaching web design on the academic success of students and their opinions on the course. *Interactive Learning Environments*, 26(3), 402-410. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1337037>
- Tondeur, J., Aesaert, K., Pynoo, B., Braak, J., Fraeyman, N., y Erstad, O. (2017). ICT competencies for preservice teachers. *British Journal of Educational Technology*, 48, 462-472.
- Venkataraman, J. B., y Ramasamy, S. (2018). Factors influencing mobile learning: a literature review of selected journal papers. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 12(2), 99-112.
- Yeh, Y., Hsu, Y., Wu, H., Hwang, F., y Lin, T. (2014). Development and validation of TPACK - practical. *British Journal of Educational Technology*, 45, 707-722.
- Zhan, Y., Quan, J., y Ren, Y. (2013). An empirical study on the technological pedagogical content knowledge development of pre-service mathematics teachers in China. *International Journal of Social Media and Interactive Learning Environments*, 1(2), 199-212.

Notas de autor

- a Profesor e investigador de La Salle. Doctor en Diseño de Nuevas Tecnologías. Investigador SNI nivel 1.