

EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE DE BALANCES DE MATERIA EN MODALIDAD VIRTUAL IMPLEMENTADO POR LA PANDEMIA COVID-19

EVALUATION OF THE LEARNING OF MATTER BALANCES IN VIRTUAL MODALITY IMPLEMENTED BY THE COVID-19 PANDEMIC

M. T. Castillo Escobedo¹
F. J. Cerino Córdova²
A. M. García León³

RESUMEN

La pandemia de COVID-19 forzó a que los cursos existentes emigraran en tiempos muy cortos, a la modalidad virtual o en línea. En esta investigación se analizó la efectividad de las estrategias de enseñanza-aprendizaje aplicadas a la unidad de aprendizaje de Balances de Materia del programa educativo de Ingeniero Químico de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Las estrategias de aprendizaje utilizadas fueron: exámenes de diagnóstico, casos de estudio, exámenes asíncronos y un producto integrador de aprendizaje (PIA). Los indicadores para medir la efectividad de las evidencias fueron el promedio de calificaciones semestrales (evaluación sumativa) en cada una de las evidencias. Los resultados muestran que, en el examen de diagnóstico los estudiantes tienen los conocimientos previos básicos necesarios para adquirir los conocimientos a adquirir de Balances de Materia. En lo que respecta a los casos de estudio y el PIA se obtuvieron calificaciones promedio altas, lo que demuestra que estas dos evidencias tuvieron un mayor impacto en el aprendizaje significativo de balances de materia (BM). Además, los estudiantes desarrollaron competencias blandas, como trabajo colaborativo, diferentes roles de liderazgo y de comunicación que les permitirán enfrentar escenarios cercanos al ámbito laboral.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic forced existing courses to migrate, in a very short time, to the virtual or online modality. In this research, the effectiveness of the teaching-learning strategies applied to the Material Balances learning unit of the Chemical Engineering educational program of the Faculty of Chemical Sciences of the Autonomous University of Nuevo León was analyzed. The learning strategies used were diagnostic exams, case studies, asynchronous exams, and an integrative learning product (PIA). The indicators to measure the effectiveness of the evidence were the average semester grades (summative evaluation) in each of the evidence. The results show that in the diagnostic exam, the students have the basic prior knowledge necessary to acquire the knowledge to acquire of Material Balances. Regarding the case studies and the PIA, high average scores were obtained, which shows that these two pieces of evidence had a greater impact on the meaningful learning of material balances (BM). In addition, the students developed soft skills, such as collaborative work, different leadership, and communication roles, which will allow them to face scenarios close to the workplace.

ANTECEDENTES

La impartición de cátedra ha tomado un nuevo rumbo ante los nuevos retos, principalmente, debido a la pandemia por COVID-19. Por lo que, los programas de cursos presenciales han

¹ Profesor de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. maria.castilloes@uanl.edu.mx.

² Profesor – Investigador de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León. felipejccuanl@yahoo.com.mx.

³ Profesor – Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. azucenamgl@yahoo.fr.

sido adaptados en contenidos, horas/clase, estrategias de enseñanza-aprendizaje y evaluación para su impartición en línea.

En un tiempo excepcionalmente mínimo, los profesores y estudiantes de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) han tenido que capacitarse en el uso de plataformas y herramientas digitales, que permitan modificar la impartición de los cursos de presencial a *on-line*.

Para los profesores con una larga experiencia ha sido un gran reto transitar de manera repentina de la utilización de un pizarrón de clase a una pantalla de computadora. Además, se han tenido que cambiar los espacios de trabajo, los apoyos educativos, la interacción entre el profesor y los estudiantes. Asimismo, los profesores han modificado las formas de evaluación y de medición de las competencias, que se encuentran estipuladas en las diferentes unidades de aprendizajes de los planes de estudio académicos.

De la misma forma, los estudiantes han modificado la forma de adquirir los conocimientos, la interacción con el profesor y con sus mismos compañeros de clase. En este proceso de adaptación, ambos, tanto el profesor como los estudiantes han tenido un gran aprendizaje, viéndose en la necesidad de explorar nuevas tendencias tecnológicas digitales en educación del mundo actual.

De acuerdo con un estudio realizado por López, *et al.* (2020) menciona que, para la enseñanza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (disciplinas STEM), el uso de herramientas digitales puede servir para mejorar las competencias científicas, matemáticas y tecnológicas de los estudiantes, así como, para mejorar sus competencias digitales. Akdemir (2010) comenta que, es difícil la enseñanza de tecnología, ingeniería y matemáticas en cursos completamente en línea, es por lo que, las estrategias que se aplican en los procesos de enseñanza deben de ser específicas y enfocadas para proveer las condiciones que mejor se adecúen, a cada disciplina, a fin de lograr los objetivos de aprendizaje (Driscoll, 2000).

Adicionalmente, la adopción simple e inalterada de métodos de instrucción tradicionales mientras se enseña en línea, no producirá las competencias deseadas o establecidas en las unidades de aprendizaje (York, *et al.*, 2007). En una investigación realizada por Myers y Schiltz (2012) muestra que, la percepción de los estudiantes sobre su experiencia general de aprendizaje con estrategias de instrucción y el diseño del curso en línea, no sólo afectó su aprendizaje sino también su satisfacción general de un curso en línea.

En este estudio se muestran las adecuaciones realizadas para la impartición de las unidades de aprendizaje (UA's) en modalidad no escolarizada o en línea, considerando los nuevos lineamientos que se establecieron por la UANL, en su estrategia digital, como la utilización de una plataforma oficial para impartir los cursos en línea (Microsoft 365 TEAMS). Previamente, para la impartición de cursos en línea se realizaron reuniones colegiadas de profesores, modificándose los cursos con la finalidad de poder ser impartidos en línea. Tales modificaciones se enfocaron principalmente en: contenidos de las unidades de aprendizaje, horas asignadas, actividades de aprendizaje, recursos, evidencias de aprendizaje y formas de evaluaciones. En la (UA) de Balances de Materia (BM), la cual se imparte en el cuarto

semestre del programa académico de Ingeniero Químico de la Facultad de Ciencias Químicas de la UANL se aplicaron diferentes herramientas digitales.

Tales herramientas se utilizaron para aplicar un examen de diagnóstico en línea (*Microsoft Forms*), examinar los conocimientos previos necesarios en el inicio del curso. Se utilizaron celulares, redes sociales, *Whatsapp*, *Facebook*, *Instagram*, entre otros. Se fortaleció el uso de plataformas digitales de búsqueda como Google, videos de *YouTube*, aplicaciones de *Microsoft office*, tales como Excel, Power Point, Word, entre otros. Todo lo anterior, fueron herramientas y acciones implementadas para que los estudiantes adquirieran los conocimientos y las competencias que marca el programa, las cuales son avaladas por los organismos acreditadores nacionales e internacionales: Consejo de Acreditación de Enseñanza de la Ingeniería (CACEI, 2018) y Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET, 2017).

El propósito de este estudio fue analizar diferentes aristas en el aprovechamiento académico, de la impartición de la UA de BM completamente en línea, así como identificar el uso de estrategias digitales, actividades de aprendizaje y recursos, que ayudaron a los estudiantes a adquirir los conocimientos de principios de la ingeniería química y las competencias para realizar el análisis de los requerimientos de materia de un proceso; así como el dominio del uso de herramientas digitales.

METODOLOGÍA

Partiendo de que el aprendizaje toma lugar a través de la conducta activa del estudiante y que este se mide por los conocimientos que aprende, las habilidades y competencias que adquiere, esta UA cuenta con tres etapas:

1. Análisis de sistemas sin reacción química.
2. Análisis de sistemas con reacción química.
3. Utilización de ecuaciones de estado y de equilibrio fisicoquímico.

En cada una de ellas se tienen contenidos específicos, evidencias y actividades de aprendizajes, criterios de desempeño, recursos y evaluación.

Dentro de las evidencias de aprendizaje, para cada una de las etapas, los estudiantes realizan: resolución de casos de estudio, aprendizaje basado en problemas (PBL), exámenes en línea y un producto integrador de aprendizaje (PIA). El producto integrador de aprendizaje, consiste en la realización de un video, en donde muestran la resolución de un problema relacionado con un proceso químico de la industria o un problema hipotético.

En cada una de esas evidencias, utilizaron herramientas digitales que les permitieron realizar la actividad, así como, de ser evaluadas para obtener una medición del logro de los conocimientos, habilidades y destrezas.

En la Tabla 1 aparecen las evidencias de aprendizaje y su ponderación (%) en la evaluación sumativa de la UA de BM.

Tabla 1. Evidencias de aprendizaje y ponderación (%) de la UA de BM

Evidencia de Aprendizaje (cantidad)	Ponderación (%)
Casos de estudio (3)	15
Exámenes en línea (3)	60
Producto integrador de aprendizaje (1)	25
Total	100

Las herramientas digitales en tiempos de pandemia, utilizadas por los estudiantes para desarrollar sus evidencias de aprendizaje desde sus hogares fueron muy diversas tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Uso de herramientas digitales para el desarrollo de evidencias de aprendizaje de la UA de BM

Evidencias de Aprendizaje	Herramientas Digitales
Casos de Estudio	Microsoft Teams Excel WhatsApp Libros Electrónicos Buscadores en la Web Google Académico Videos de YouTube Académicos
Exámenes	Celulares Inteligentes Microsoft Teams Microsoft Forms Calculadora Programable y Básica Excel
Producto Integrador de Aprendizaje (PIA)	Microsoft Teams YouTube WhatsApp Excel Power Point Celulares Redes Sociales de Comunicación

El presente estudio se realizó, utilizando los datos de seis grupos de BM durante tres periodos: agosto 2020-enero 2021, enero-junio 2021 y agosto-diciembre 2021. Se midieron cada una de las evidencias de aprendizaje, el rendimiento académico final semestral, así como, el índice de reprobación. En la Tabla 3 se muestra la cantidad de estudiantes inscritos en cada uno de los grupos.

Tabla 3. *Estudiantes inscritos en los períodos semestrales analizados*

Período semestral	Grupo	No. de estudiantes
agosto 2020-enero 2021	1	47
	2	44
enero-junio 2021	1	47
	2	23
agosto-diciembre 2021	1	51
	2	49
Total	6	261

Las evidencias de aprendizaje aplicadas en la UA de BM son exámenes de diagnóstico, casos de estudio, exámenes en línea y proyecto integrador de aprendizaje.

En cuanto a los exámenes de diagnóstico se aplicó un examen de diagnóstico con la finalidad de reconocer los conocimientos previos, los cuales se requieren para apropiarse de conocimientos nuevos, además, de que les sirva de repaso a los estudiantes y de subsanar deficiencias, si fuera necesario.

Con respeto a la resolución de casos de estudio se forman de 4 a 5 estudiantes por equipo, se les asigna un problema a resolver, en donde, el estudiante debe tomar decisiones, aplicar conocimientos profundos y conceptos, con el objetivo que le permitan enfrentarse a escenarios cercanos a una actividad laboral y profesional. Esto conlleva a facilitar el aprendizaje significativo (Ausubel, 1963). Además, este tipo de dinámicas favorece la interacción social y de comunicación entre los estudiantes y con el profesor a través del uso de plataformas de redes sociales.

Los exámenes en línea permiten evaluar en los estudiantes, la adquisición de conocimientos de BM que direccionan al desarrollo de competencias y, a su vez, éstas integran el perfil de egreso del Ingeniero Químico. Lo anterior, es apoyado por el uso de plataformas y herramientas digitales de punta.

Por otra parte, el producto integrador de aprendizaje (PIA), el objetivo es presentar la solución de caso de BM en un video por equipo integrado de 4 a 5 estudiantes, donde utilizan las plataformas y recursos digitales. Los estudiantes graban un video, en el cual resuelven un problema de BM, representado un proceso químico de la industria. Se requiere una interacción social con sus compañeros de equipo en línea, para la organización, planeación, discusión, realización de cálculos, presentación de resultados, concretar conclusiones y mostrar la bibliografía consultada.

Con esta actividad de aprendizaje se integran todos los conocimientos adquiridos durante el semestre y conllevan a desarrollar y alcanzar la competencia específica de diseñar procesos industriales para generar productos de valor, agregado al sector productivo y de servicios con el cuidado del ambiente y en beneficio de la sociedad.

RESULTADOS

En el rediseño del programa analítico de la UA de BM en modalidad no escolarizada, se consideró el modelo educativo UANL 2021, el cual promueve la formación integral de los estudiantes y se sustenta en dos ejes centrales, la educación centrada en el aprendizaje y la educación basada en competencias. Dado lo anterior, el propósito que se persigue en esta UA es que los estudiantes sean autónomos en su aprendizaje, independientes en la toma de decisiones, capaces de aprender a aprender, con el objetivo de alcanzar el aprendizaje significativo (Díaz-Barriga y Hernández, 2007).

Con la adecuación en el rediseño se replantearon nuevas evidencias de aprendizaje, en donde se consideraron, tanto un nuevo diseño de clase, adecuación y creación de materiales didácticos, recursos de audio y video, equipo de soporte tecnológico, así como, recursos digitales a utilizar por estudiantes y profesores.

Los resultados obtenidos con este nuevo rediseño se muestran a lo largo de tres períodos semestrales, agosto 2020-enero 2021, enero-junio 2021 y agosto-diciembre 2021 a través de dos grupos: G1 y G2. En cada uno de los grupos se evaluó cada una de las evidencias de aprendizaje con las cuales se calculó el promedio de las calificaciones, de acuerdo con el número de estudiantes que estaban inscritos en cada grupo, siendo la calificación mínima aprobatoria de 70 (setenta) sobre una base 100.

En la Figura 1 se muestra el promedio de las calificaciones de cada una de las evidencias de aprendizaje para cada uno de los períodos semestrales. Se puede observar que, en los exámenes de diagnóstico, sí se cumple satisfactoriamente con calificaciones aceptables que van desde 70 a 84, lo que indica que los estudiantes poseen los conocimientos mínimos necesarios para la adquisición de conocimientos nuevos de Balances de Materia.

En cuanto a los casos de estudio, en casi todos los grupos para todos los periodos, las calificaciones promedio de los estudiantes estuvieron en un rango alto de 75 a 90, lo que significa que esa población de estudiantes, cumplieron satisfactoriamente con la resolución de los casos de estudio, que les permitió tener un acercamiento a escenarios próximos al ámbito laboral o profesional. Sin embargo, únicamente el g2 del período enero-junio 2021, las calificaciones promedio estuvieron debajo del mínimo aceptable (< 70), estos resultados pueden ser un reflejo del impacto que ha tenido la pandemia y el confinamiento de los estudiantes.

Con lo que respecta a la evidencia de los exámenes en línea presentan calificaciones promedio máximos de 78, esto puede deberse a que los estudiantes están sometidos a responder en un tiempo corto establecido un cuestionario, utilizando un equipo de cómputo o un celular inteligente, desde sus hogares, a veces en condiciones adversas, ruido externo, o bien, no estar en un espacio apropiado donde se puedan concentrar.

Por otra parte, en el PIA los estudiantes obtuvieron una calificación promedio muy alta en la mayoría de los grupos, en un rango de 70 a 88. Dado que, el proyecto va dirigido a solucionar un caso industrial, los estudiantes aplicaron los conocimientos adquiridos durante el curso; por lo que, se demuestra el aprendizaje significativo y las competencias desarrolladas.

Excepto en el G2 del último período semestral, donde tuvieron una calificación promedio no aprobatoria, siendo las posibles causas las ya mencionadas anteriormente.

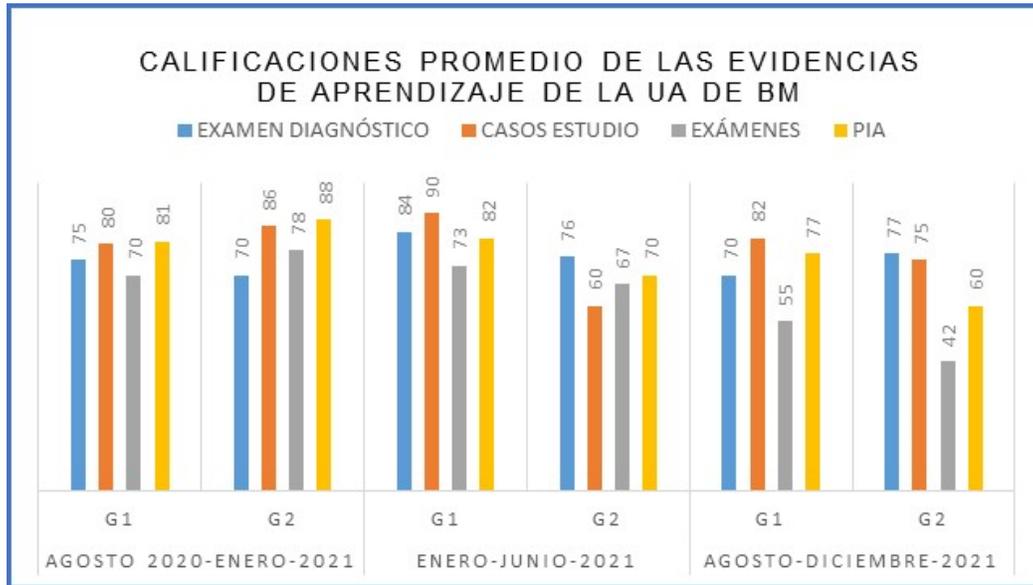


Figura 1. Calificaciones promedio de las evidencias de aprendizaje de la UA de BM

En los resultados que se muestran en la Figura 2, se observan calificaciones promedio altas obtenidas por los estudiantes en las evidencias de casos de estudio y en el PIA, con lo cual se demuestra que tales estrategias de enseñanza-aprendizaje tienen un impacto significativo en el aprendizaje de los estudiantes en la UA de BM. Además, se demuestra que cumplen con los criterios de desempeño, de tal forma que adquieren los conocimientos de la disciplina y desarrollan de forma contundente las competencias estipuladas para el curso.

Tanto los casos de estudio como en el PIA, los estudiantes desarrollan las evidencias en equipos de trabajo, en donde se fomenta la interacción colaborativa, el aprendizaje significativo, acentuando las fortalezas y las habilidades que cada uno de los estudiantes posee. En estas actividades, los equipos de trabajo se enfrentan a escenarios cercanos al ámbito laboral y en el ejercicio profesional. Además, los estudiantes fortalecieron sus habilidades en el dominio de las herramientas digitales, dado que utilizaron diferentes plataformas y herramientas digitales para llevar a cabo las evidencias.

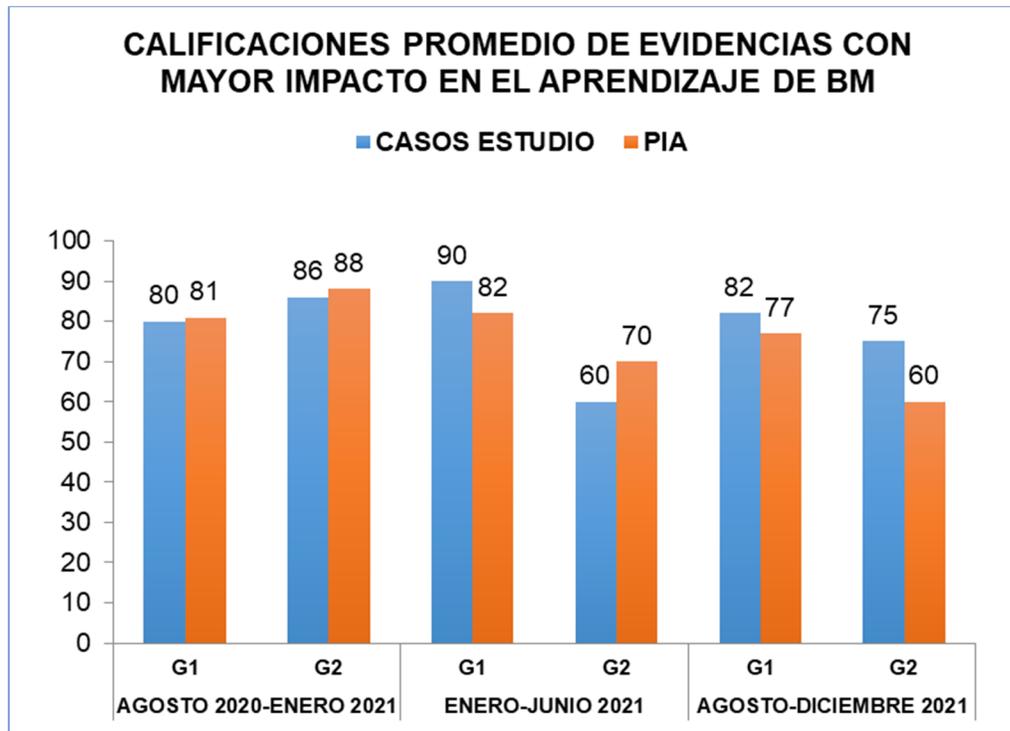


Figura 2. Calificaciones promedio de evidencias con mayor impacto en el aprendizaje de BM en los periodos semestrales por grupo

CONCLUSIONES

La pandemia COVID-19 obligó a realizar adecuaciones y modificaciones, en particular, en los programas sintéticos y analíticos del programa educativo de Ingeniero Químico. Los cambios abarcaron desde diseñar un plan de clase, modificar contenidos, materiales didácticos y de apoyo, utilizar diversas herramientas digitales, plataformas web oficiales y de acceso libre para la impartición de clases en línea y evaluaciones asíncronas.

El examen de diagnóstico permitió evaluar los conocimientos previos básicos requeridos para iniciar el aprendizaje de esta unidad de aprendizaje; en caso necesario, se implementan estrategias y materiales de apoyo.

Los casos de estudio y el proyecto integrador de aprendizaje muestran un impacto significativo en el aprendizaje de los estudiantes en la UA de BM a través de las altas calificaciones promedio obtenidas. Dado que los estudiantes cumplieron con los criterios de desempeño se demuestra que adquirieron los conocimientos de la disciplina y desarrollaron de forma contundente las competencias establecidas. Además, las plataformas y las herramientas digitales apoyaron a cumplir con el desarrollo de las evidencias.

Asimismo, los estudiantes con las evidencias desarrolladas fortalecieron sus habilidades blandas como son el trabajo en equipos, de la responsabilidad, de comunicación, roles de liderazgo y actitudes positivas, entre otros.

Finalmente, las estrategias implementadas de enseñanza-aprendizaje tienen un impacto significativo en la adquisición de conocimientos y desarrollo de competencias en los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Accreditation Board for Engineering and Technology (2017). *Criteria for accrediting engineering technology programs. 2018 - 2019*. <https://www.abet.org/wp-content/uploads/2018/02/T001-18-19-ETAC-Criteria-12-21-17-Final.pdf>

Akdemir, O. (2010). Teaching Math online: Current practices in Turkey. *Journal of Educational Technology Systems*, 39(1), 47–64. <https://doi.org/10.2190/ET.39.1.e>

Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune & Stratton

Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (2018). *Marco de Referencia 2018 del CACEI en el Contexto Internacional*. CACEI. http://cacei.org.mx/docs/marco_ing_2018.pdf

Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2007). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. McGraw Hill

Driscoll, J. (2000). *Practising Clinical Supervision: A Reflective Approach for Healthcare professionals*. Bailyère Tindall

López, V., Couso, D., & Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62). <https://doi.org/10.6018/red.410011>

Myers, M., & Schiltz, P. (2012). Use of elluminate in online teaching of statistics in the health sciences. *Journal of Research in Innovative Teaching*, 5(1), 53–62. <http://www.my-ecoach.com/online/resources/274/journal-of-research-in-innovative-teaching-volume-5.pdf#page=62>

York, C., Yang, D., & Dark, M. (2007). Transitioning from face-to-face to online instruction: how to increase presence and cognitive/social interaction in an online information security risk assessment class. *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*, 3(2), 41–50. <https://doi.org/10.4018/jicte.2007040105>