



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE
UN AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAJE PARA
EL APOYO A LA ENSEÑANZA DE
RADIOLOGIA A ESTUDIANTES DE MEDICINA**

Johan Alberto Durán Guerrero

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de medicina, Departamento de Imágenes Diagnósticas
Bogotá, Colombia

2018

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAJE PARA EL APOYO A LA ENSEÑANZA DE RADIOLOGIA A ESTUDIANTES DE MEDICINA

Johan Alberto Durán Guerrero

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Especialista en Radiología e Imágenes Diagnósticas

Director:

Profesor Luis Heber Ulloa Guerrero

Línea de Investigación:

Pedagogía e Historia de la Radiología

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Radiología e Imágenes Diagnósticas (GRID)

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Imágenes Diagnósticas

Bogotá, Colombia

2018

A mi madre y mi hermano por ser el eje central de mi vida, fuente de motivación e infinita comprensión.

Agradecimientos

A Luis Heber Ulloa Guerrero, Octavio de Jesús Arévalo Espejo y Alfonso Javier Lozano Castillo, médicos radiólogos, por su trabajo como coautores de los módulos virtuales, que constituyeron una valiosa herramienta pedagógica para los estudiantes de medicina de la Universidad Nacional de Colombia.

A la Dirección Nacional de Innovación Académica de la Universidad Nacional de Colombia, por la colaboración en la producción, diseño y virtualización de los recursos educativos digitales.

A Luis Carlos Salazar Díaz, médico epidemiólogo y residente de Radiología e Imágenes Diagnósticas por su colaboración en el análisis estadístico de los datos.

Resumen

Introducción: La inclusión de ambientes virtuales de aprendizaje a la educación presencial se denomina aprendizaje mixto (Blended Learning).

Objetivo: Diseñar, implementar y evaluar una metodología de aprendizaje mixto para la enseñanza de radiología a estudiantes de Medicina.

Materiales y métodos: Se diseñaron cinco módulos virtuales como parte del curso de Introducción a las Imágenes Diagnósticas. Se implementó la metodología de aprendizaje mixto durante los periodos 2016-II y 2017-I. Se obtuvo desenlaces de desempeño académico con pruebas estandarizadas y se evaluó el efecto de la intervención, mediante la comparación con un grupo control del período 2015-II.

Resultados: 204 estudiantes fueron incluidos en el grupo de aprendizaje mixto y 90 como grupo control. La mediana de la nota final en el grupo de educación mixto fue de 16.5 (RIQ: 15.5-17.8) y en el grupo control 15.0 (RIQ: 13.5 – 16.5) ($p=0.001$). La ganancia de conocimiento promedio en el grupo de aprendizaje mixto fue de 5.8 (DE: 2.4) puntos y se asoció con el número de visitas a los módulos virtuales ($p<0.05$). El porcentaje de estudiantes satisfechos fue cercano al 100%.

Conclusiones: La metodología de aprendizaje mixto impacta positivamente el proceso de enseñanza-aprendizaje y mejora el rendimiento académico, con altos índices de satisfacción.

Palabras clave: Radiología, Educación Médica, Sistemas en Línea, Enseñanza, Aprendizaje Basado en Problemas, Capacitación de Usuario de Computador (Fuente DeCS).

Abstract

Introduction: Inclusion of virtual learning environments into classroom education is known as Blended Learning.

Objective: To design, to implement and to evaluate Blended Learning methodology within radiology course teaching among medicine students from Universidad Nacional de Colombia.

Methods: Five virtual modules were designed as part of Diagnostic Imaging Introduction course for medicine students. Blended Learning methodology was implemented on 2016-II y 2017-I classes. Performance was measured by standardized tests and the intervention effect was obtained by comparing to a control group from 2015-II period (conventional education).

Results: 204 students were included on Blended Learning group and 90 students were included on control group (conventional methodology). Median final exam score among Blended Learning group was 16.5 (IQR: 15.5-17.8) and 15.0 (IQR: 13.5 – 16.5) among control group ($p=0.001$). Gain of Knowledge on average among Blended Learning group was 5.8 (SD: 2.4) points. Association between gain of knowledge and number of visits to virtual modules was statistically significant ($p<0.05$). The proportion of good performance on satisfaction survey regarding learning objectives and virtual modules utility was 99,4% and 100% respectively.

Conclusions: Blended Learning methodology positively impact teaching-learning process in Radiology and improve academic performance among medicine students with high satisfaction rates.

Keywords: Radiology, Education/Medical, Online Systems, Teaching/methods, Problem-Based Learning, Computer User Training (Source MeSH).

Contenido

	Pág.
Resumen.....	IX
Lista de figuras	XII
Lista de tablas.....	XIII
Introducción	1
1. Planteamiento del problema y objetivos.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	5
2. Marco teórico y conceptual.....	6
2.1 Uso de las TIC en educación.....	8
2.2 Recursos educativos digitales en radiología	11
2.3 Evaluación de ambientes virtuales de aprendizaje	12
2.4 Enfoque pedagógico.....	13
2.4.1 Modelos de aprendizaje.....	13
2.4.2 Aprendizaje mixto. (<i>Blended-Learning</i>)	14
3. Metodología	15
3.1 Diseño instruccional <i>ADDIE</i>	15
3.2 Análisis estadístico	22
4. Resultados y discusión	25
4.1 Resultados.....	25
4.2 Discusión	29
5. Conclusiones y recomendaciones	32
5.1 Conclusiones y recomendaciones	32
Bibliografía	33

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Interfaz virtual utilizada	19
Figura 2. Ejemplo del tipo de pregunta utilizada en los exámenes	21
Figura 3. Distribución de acuerdo al examen final	24
Figura 4. Número de visitas a los módulos virtuales	25
Figura 5. Ganancia de conocimiento	26

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Diseño instruccional ADDIE para la creación de objetos virtuales de aprendizaje	15
Tabla 2. Objetos virtuales de aprendizaje (módulos) para el apoyo a la enseñanza de radiología	17
Tabla 3. Banco de preguntas	22
Tabla 4. Encuesta de satisfacción	27

Introducción

Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), brindan la posibilidad de crear nuevos espacios de interacción que facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje. La inclusión de ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) dentro y fuera del aula de clase generan un entorno que lleva a los estudiantes a ser partícipes de su propio aprendizaje(1). En el caso específico de la educación presencial, los docentes mediante la aplicación de un AVA obtienen grandes ayudas para la gestión del conocimiento al poder desarrollar recursos educativos, evaluar, generar informes, y permitir una comunicación a través de foros de discusión entre otras ventajas(2).

La especialidad de Radiología e Imágenes Diagnósticas comprende todas aquellas áreas del conocimiento médico, que utilizando diferentes tecnologías, permiten aproximar el diagnóstico de un gran número de patologías, y en otras ocasiones incluso proveen actuaciones terapéuticas (Procedimientos Intervencionistas). Para tal fin, se utilizan diferentes modalidades que tiene una integración creciente con la informática como (Ecografía, Tomografía Computarizada, Resonancia Magnética, entre otras). Este amplio abanico hace que educar en el área del Diagnóstico por Imágenes constituya un gran desafío, debido no solo a la variedad de técnicas sino también al rápido avance de las mismas.

A pesar del gran avance en los programas informáticos para elaborar materiales educativos multimedia, se requiere de otros elementos en la metodología de enseñanza, llevando al docente de una posición en la cual imparte conocimiento, a una labor más compleja, donde el uso de la tecnología se convierte en una realidad cotidiana y necesaria, para facilitar el aprendizaje (3), en base al componente tecnológico se puede estructurar todo el proceso pedagógico para lograr los objetivos de aprendizaje propuestos(4).

Estos cambios han generado un reto significativo para todos los docentes, los cuales deben ponerse a la par con las tendencias culturales y sociales de una población que encuentra en la tecnología un instrumento que media en sus actividades diarias. Surge entonces la búsqueda de ese enlace que permita al docente acercarse a sus alumnos, y dedicar gran parte de su tiempo a la creación de diferentes recursos educativos digitales además de buscar la mejor estrategia de implementarlos con éxito. Alrededor de esta situación nos planteamos la pregunta que sustenta este trabajo: ¿Cuál es el impacto en la implementación de un ambiente virtual de aprendizaje en la enseñanza de radiología a estudiantes de medicina?.

Este proyecto inicia como una solución a las necesidades propias de la asignatura de introducción a las imágenes Diagnósticas, del currículo de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, y se convierte en toda una metodología de aprendizaje mixto "*Blended Learning*", que junta la experiencia de la enseñanza tradicional en las aulas de clase, con un ambiente de aprendizaje virtual complementario. A continuación se expone todo el proceso de integración a las TIC de la asignatura, partiendo desde el análisis del contexto institucional y los recursos disponibles, pasando por el diseño y desarrollo de los recursos educativos digitales, hasta la completa implementación y evaluación del ambiente virtual de aprendizaje. Se describen las diferentes fases del proyecto y se exponen los resultados cualitativos y cuantitativos de la intervención pedagógica, que permiten hacer una estimación del impacto en la enseñanza.

1. Planteamiento del problema y objetivos

1.1 Planteamiento del problema

El Departamento de Imágenes Diagnósticas de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, tiene la responsabilidad de la formación en el área, a estudiantes de pregrado en medicina con asignaturas propias en sexto y séptimo semestre. Además realiza actividades de apoyo a otros departamentos (morfología, pediatría, cirugía y terapias). Los principales problemas que se presentan para el desarrollo de las asignaturas se citan a continuación:

1. Las clases se imparten a un número excesivo de alumnos, lo cual limita la interacción del docente con cada uno de los estudiantes de acuerdo a sus necesidades de aprendizaje individuales.
2. El tiempo docente es limitado para completar los objetivos de formación.
3. Se requiere de recursos educativos digitales para el apoyo a la enseñanza, que incentiven el autoaprendizaje bajo la orientación del profesor.

1.2 Justificación

El presente proyecto está enfocado en utilizar las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) para la producción de objetos virtuales de aprendizaje, buscando un eficaz aprovechamiento del tiempo docente en la enseñanza de radiología a estudiantes de pregrado en medicina. Se plantea por lo tanto como un apoyo a la docencia presencial y no como sustituto de ésta.

La perspectiva metodológica del aprendizaje autónomo dirigido requiere del docente unos modos innovadores de aprender a enseñar y especialmente, un estilo de facilitación real de la autonomía de cada estudiante. La tarea del docente no es ya presentar una información estructurada y cerrada, sino ofrecer al estudiante una visión amplia y las fuentes apropiadas para que se comprenda su realidad.

Ventajas de la aplicación de las TIC en la enseñanza de radiología(5)(6):

- Pueden simular un rango variable de casos que permiten enseñar y evaluar conocimientos indispensables en la práctica clínica de la radiología.
- El estudiante controla el ritmo de avance de los contenidos. Se promueve un uso eficiente del tiempo, permitiendo saltar o revisar material adecuadamente.
- La interactividad promueve la concentración y el aprendizaje.
- El valor de lo novedoso añade motivación. Los estudiantes se aficianan aún más al uso de herramientas informáticas.
- Los estudiantes pueden elegir el momento del día o de la noche para aprender.
- Retroalimentación inmediata cuando se realizan evaluaciones.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar, implementar y evaluar un ambiente virtual de aprendizaje para el apoyo a la enseñanza de radiología a estudiantes de medicina de la Universidad Nacional de Colombia.

1.3.2 Objetivos específicos

- Producir objetos virtuales de aprendizaje para el apoyo a la enseñanza de radiología a estudiantes de pregrado en medicina.
- Desarrollar una aplicación web que permita almacenar, consultar y actualizar diferentes objetos virtuales de aprendizaje integrado a la plataforma Moodle.

- Implementar y evaluar un ambiente virtual de aprendizaje en la plataforma Moodle que facilite el acceso a recursos educativos digitales y evaluaciones en la asignatura de introducción a las imágenes diagnósticas.
- Fomentar el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones como una herramienta pedagógica para la enseñanza de la radiología al interior del departamento de imágenes diagnósticas.

2. Marco teórico y conceptual

2.1 Uso de las TIC en la enseñanza de radiología

En el documento Normas sobre competencias en TIC para docentes (7), la UNESCO desarrolla toda una propuesta que lleva en sí misma uno de los retos del mundo actual al afirmar que los estudiantes y los docentes deben utilizar la tecnología digital con eficacia. Esto en un contexto educativo sólido, puede ayudar a los estudiantes a adquirir diversas capacidades que les permita ser, según este documento: “Competentes para utilizar tecnologías de la información. Buscadores, analizadores y evaluadores de información. Solucionadores de problemas y tomadores de decisiones. Usuarios creativos y eficaces de herramientas de productividad. Comunicadores, colaboradores, publicadores y productores. Ciudadanos informados, responsables y capaces de contribuir a la sociedad”.

Pero la realidad muestra que los escenarios educativos conforme al contexto social, económico y cultural, pueden ser muy inestables o no brindar las plataformas o el soporte necesario para la implementación de procesos virtuales eficientes. Por lo tanto se deben generar estrategias eficaces que permitan el acceso, el uso eficaz y en lo posible continuo de las TIC en los procesos educativos, brindando a los estudiantes una valiosa oportunidad de adquirir competencias significativas a través de su uso(8).

Entre estas experiencias cabe destacar el uso de la multimedia y de los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA), cuya implementación hace parte del objeto central del presente trabajo, razón por la cual se abordará su definición, junto con las diversas herramientas básicas y necesarias para el logro de este fin.

Los ambientes virtuales de aprendizaje son entornos informáticos digitales e inmateriales que proveen las condiciones para la realización de actividades de aprendizaje. Estos ambientes pueden utilizarse en la educación en todas las modalidades (presencial, no

presencial o mixta). En los ambientes virtuales de aprendizaje podemos distinguir dos tipos de elementos: los constitutivos y los conceptuales. Los primeros se refieren a los medios de interacción, recursos, factores ambientales y factores psicológicos; los segundos se refieren a los aspectos que definen el concepto educativo del ambiente virtual y que son: el diseño instruccional y el diseño de interfaz. Los elementos constitutivos de los ambientes virtuales de aprendizaje son (9):

Medios de interacción: mientras que la interacción en los ambientes de aprendizaje no virtuales es predominantemente oral; la interacción en los ambientes virtuales se da, por ahora, de manera predominantemente escrita, sin embargo ésta puede ser multidireccional (a través del correo electrónico, video-enlaces, grupos de discusión, etc. en donde la información fluye en dos o más sentidos, a manera de diálogo), o unidireccional (principalmente a través de la decodificación o lectura de los materiales informáticos, en donde la información sólo fluye en un sentido emisor-receptor).

Los recursos: si bien en los ambientes no virtuales de aprendizaje los recursos suelen ser principalmente impresos (textos) o escritos (apuntes, anotaciones en la pizarra o pizarrón), en los ambientes virtuales los recursos son digitalizados (texto, imágenes, hipertexto o multimedia). En ambos casos (presencial o virtual) se puede contar con apoyos adicionales como bibliotecas, hemerotecas, bibliotecas virtuales, sitios web, libros electrónicos, etc.

Los factores físicos: aunque los factores ambientales (iluminación, ventilación, disposición del mobiliario, etc.), son muy importantes en la educación presencial, en los ambientes virtuales de aprendizaje dichas condiciones pueden escapar al control de las instituciones y docentes, sin embargo, siguen siendo importantes. Si el ambiente virtual de aprendizaje se ubica en una sala especial de cómputo, es posible controlar las variables del ambiente físico. En caso contrario, las condiciones dependen de los recursos o posibilidades del estudiante o del apoyo que pueda recibir por parte de alguna institución. Por otro lado, las TIC pueden contribuir a hacer más comfortable un ambiente de aprendizaje al estimular los sentidos a través de la música o imágenes que contribuyen a formar condiciones favorables.

Las relaciones psicológicas: las relaciones psicológicas se median por la computadora a través de la interacción. Es aquí donde las TIC actúan en la mediación cognitiva entre las estructuras mentales de los sujetos que participan en el proyecto educativo. Para nosotros, éste es el factor central en el aprendizaje.

Los elementos conceptuales de los ambientes virtuales de aprendizaje son:

El diseño instruccional: se refiere a la forma en que se planea el acto educativo. Expresa, de alguna manera, el concepto que se tiene del aprendizaje y del acto educativo. La definición de objetivos y el diseño de las actividades, la planeación y uso de estrategias y técnicas didácticas, la evaluación y retroalimentación son algunos de sus elementos, dependiendo del modelo instruccional adoptado.

El diseño de interfaz: Se refiere a la expresión visual y formal del ambiente virtual. Es el espacio virtual en el que han de coincidir los participantes. Las características visuales y de navegación pueden ser determinantes para una operación adecuada del modelo instruccional.

2.2 Recursos educativos digitales en radiología

La investigación sobre herramientas de enseñanza digital en Radiología comenzó a principios de los años 70, pero establecer la eficacia práctica de su uso aún necesita estudios de investigación(10), más aun cuando están cambiando a la vez los contenidos de Radiología Clínica (nuevas técnicas de estudio, nuevas indicaciones, etc.) y la tecnología de computadores y aplicaciones informáticas. Los primeros trabajos publicados en el ámbito médico se centraban fundamentalmente en describir nuevos programas o herramientas (11)(12), o relacionados con mejoras de la tecnología computacional (13)(14).

La red de Internet es una fuente de recursos muy importante para la adquisición de conocimientos y excelente complemento de los métodos tradicionales, con portales, directorios y buscadores, que facilitan búsquedas de información y ahorran tiempo al estudiante. Entre los recursos de más interés en Radiología, se encuentran las revistas

electrónicas, los congresos virtuales, conferencias on-line, colecciones de casos, tutoriales, foros, listas de distribución y news; y los más recientes Wikis y Blogs. Para realizar búsquedas de recursos, se cuenta con herramientas generales y herramientas específicas de radiología. Además se puede encontrar acceso a través de dos modalidades (15):

Aprendizaje off-line: significa fuera de línea, desconectado, de manera que se recurre a material didáctico almacenado en el ordenador, o en diferentes tipos de soporte (cd-rom, dvd, etc.), por tanto no se necesita acceso a internet.

Ventajas: El recurso docente reside en nuestro propio ordenador, de manera que las limitaciones de velocidad son menores.

Desventajas: No hay interacción virtual con el profesor.

Aprendizaje on-line: significa literalmente en línea o conectado, es decir estar conectado con el sitio donde están los recursos docentes electrónicos, de manera remota y por medio de internet. En inglés, se emplea con frecuencia el término “web-based-training”, es decir aprendizaje basado en la web.

Ventajas: Permite interacción a distancia en tiempo real. Permite la gestión de usuarios por el profesor.

Desventajas: la velocidad de transmisión, puede limitar su utilización.

A su vez la entrega de contenido puede ser:

Sincrónica: se refiere a tiempo real, el e-learning dirigido por un instructor, en donde todos los estudiantes reciben información de forma simultánea y se comunican directamente con otros estudiantes. Los ejemplos incluyen la teleconferencia (audio, vídeo, o ambos), foros de chat de internet y mensajería instantánea.

Asíncrona: La transmisión y recepción de información no se producen al mismo tiempo. Los estudiantes son responsables de su propio ritmo de autoaprendizaje.

El instructor y los alumnos se comunican utilizando tecnologías de e-mail o de retroalimentación, pero no en tiempo real.

A continuación se exponen conceptualmente algunos de los recursos educativos de uso frecuente disponibles en la red:

Portales radiológicos: un portal de internet es un sitio web, que ofrece desde su página de inicio, una amplia variedad de recursos organizados: buscadores, conferencias, noticias, foros, etc.

Repositorios radiológicos: un repositorio es un sitio web cuyo objetivo es presentar de forma organizada un listado de enlaces a sitios web agrupados en categorías y subcategorías según su temática.

Congresos virtuales: son reuniones científicas en la que los asistentes no están físicamente presentes, pero se trata de organizarlos de manera tal, que se aproxime lo más posible a los congresos presenciales. El material que se vuelca en el contenido del congreso, suele permanecer por largo tiempo, para que pueda ser consultado en cualquier momento. Algunos de estos congresos, dan créditos de formación continuada.

Conferencias 'on-line': las conferencias 'on-line' forman parte fundamental de los congresos virtuales, y del material formativo creado por los departamentos de radiología. Se puede presentar en distintos formatos (powerpoint, flash, pdf). Habitualmente incluyen audio.

Tutoriales virtuales: los tutoriales constituyen un método de educación on-line, empleando material diverso que tiene por objetivo, instruir en temas relacionados. Los componentes de un tutorial suelen ser o presentación de contenidos o evaluación o transición a otros módulos o secciones.

Objeto Virtual de aprendizaje: es un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. El objeto de aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadatos) que facilite su almacenamiento, identificación y recuperación.

Plataformas educativas: el aprendizaje on-line, puede implementarse y organizarse mediante una plataforma educativa, sistema de gestión de aprendizaje o LMS (de learning management system). Un LMS difiere de un sitio web estándar en varios aspectos: proporciona un mecanismo para monitorizar la utilización del material, medios para evaluaciones y facilita la comunicación entre profesores y alumnos mediante grupos de discusión y colaboración. Las plataformas educativas integran recursos diversos basados en videoconferencias, tutoriales, material de autoestudio, evaluaciones y cuestionarios de satisfacción.

2.3 Evaluación de ambientes virtuales de aprendizaje

Las tecnologías *E-Learning* no han alterado el hecho de que las sesiones de clase en el aula, las sesiones cara a cara con los profesores siguen siendo el eje central de la educación, contrario a las predicciones (16). Se han documentado variedad de evaluaciones del impacto que han tenido las TIC desde diferentes puntos de vista, que pasan por lo académico económico, organizativo, psicológico y sociocultural (17)(18)(19).

El *E-Learning* ha generado mucha expectativa en los campos pedagógico, social y económico desde su incursión en el ámbito educativo y formativo, que unido al interés por la calidad en cualquiera de sus manifestaciones, crea la necesidad de tener modelos adecuados de evaluación (20). Antes de iniciar una intervención pedagógica con la utilización de las TIC se debe tener en cuenta que si no se evalúa, no hay retroalimentación, no se conocen los resultados, no se identifican los puntos débiles, los puntos fuertes, los ajustes y conexiones para la formulación de políticas y la puesta en marcha de estrategias. En este contexto, Diversos autores han revisado y analizado algunos conjuntos de variables e indicadores para hacer medición en metodologías de educación virtual (21)(22)(23)(24)(25)(26)(27). A continuación se resumen las variables más utilizadas en la evaluación del *E-Learning*:

- Satisfacción del estudiante
- Desempeño del estudiante
- Retroalimentación por parte del instructor

- Usabilidad del sistema virtual
- Actitud del estudiante hacia las TIC
- Motivación con el aprendizaje virtual
- Uso de computadores en el salón de clase
- Ganancia de conocimiento
- Uso de los recursos educativos digitales
- Facilidad de uso percibida del sistema
- Claridad del contenido del sistema
- Utilidad percibida
- Flexibilidad de los cursos
- Calidad del curso

2.4 Enfoque pedagógico

2.4.1 Modelos de aprendizaje

Para comprender el uso y el impacto de las TIC en educación, se presentan en esta sección los principales modelos de aprendizaje empleados en la actualidad, que a saber son: objetivista, constructivista, colaborativo, cognitivo y socio-cultural. Se describen sus principales características y los aspectos que los hacen relevantes(28).

Modelo Objetivista:

En la educación tradicional se tiene un esquema estructural con el profesor como eje central o fuente del conocimiento en su área de dominio. De esta forma se asume que los estudiantes deben adquirir el conocimiento que les proporciona su educador, y que este conocimiento corresponde a una realidad objetiva. Es entonces, cuando el objetivo del aprendizaje en los estudiantes, es el de entender esta realidad y tener la capacidad de reproducir el conocimiento relacionado con esta realidad.

Este esquema ha sido el modelo de aprendizaje predominante en educación incluso hoy en día, donde los estudiantes tienen mayor libertad y control sobre su propia formación

gracias al uso de TIC con fines educativos y E-Learning en general, el profesor sigue como centro del conocimiento en el aula de clase.

Modelo Constructivista:

Este modelo propone quitarle el centro de la estructura de aprendizaje al profesor, y dárselo al estudiante, si se tiene en cuenta que, a diferencia del modelo objetivista, aquí se considera que el conocimiento es construido de forma personal entre los estudiantes. Entonces, el proceso de aprendizaje se convierte en la formación de conceptos para representar la realidad.

El modelo constructivista se puede resumir entonces en estas tres propuestas:

1. El conocimiento no se transmite, se construye por parte de cada aprendiz.
2. El aprendizaje consiste en la formación de conceptos abstractos que representan la realidad.
3. El profesor es un mediador del proceso creativo de los estudiantes.

Modelo Cooperativo o Colaborativo:

En el modelo colaborativo, el aprendizaje emerge por medio de la interacción de los individuos con otros individuos. Esta interacción es discusión, intercambios de ideas y de información, lo cual involucra un pensamiento más crítico del individuo. En este orden de ideas, este modelo también se opone a la idea de que el conocimiento tenga una representación única y que deba ser transmitido entre los individuos como tal para la consecución del aprendizaje. Aquí el papel del profesor es el de facilitador para el intercambio de información y conocimiento entre los estudiantes.

Modelo Socio-cultural:

Con esta propuesta se dice que el conocimiento está atado al contexto social, cultural e histórico del aprendiz. Entonces, el conocimiento se convierte en una interpretación cultural de la realidad. Sin embargo, de nuevo no se trata de una realidad única y objetiva, sino una realidad particular para cada individuo. Desde este punto de vista, los modelos constructivista y colaborativo son opuestos, si se tiene en cuenta que tienden a centrar el conocimiento en lo que entiende la mayoría, en vez de lo que entiende la minoría, es decir, en el nivel más atómico, cada persona desde el contexto socio-cultural en que se encuentra.

Modelo del Procesamiento Cognitivo:

El modelo de procesamiento cognitivo de la información propone a grandes rasgos que el aprendizaje consiste en la repetición frecuente de procesos cognitivos, y que el conocimiento se estructura en forma de modelos mentales en la memoria de cada individuo. De esta forma, se asume también que cada persona tiene estilos de aprendizaje diferentes. Este modelo se considera una extensión del pensamiento constructivista, con la característica de que se hace énfasis en la forma en que se representa el conocimiento adquirido por cada individuo.

2.4.2 Aprendizaje mixto (*Blended-Learning*).

El aprendizaje mixto, (*Blended-Learning*) se basa en una aproximación del constructivismo social de la educación, enfatizado en el hecho de que los estudiantes (y no solo los profesores) pueden contribuir a la experiencia educativa en muchas formas. Es en este contexto donde las plataformas virtuales de aprendizaje tienen un rol central, debido a que son lo suficientemente flexibles para permitir una amplia gama de modos de enseñanza. Puede ser utilizado para generar contenido de manera básica o avanzada (por ejemplo páginas web) o evaluación, y lo más importante no hace del constructivismo una camisa de fuerza, pues no requiere un enfoque constructivista de enseñanza, todo el tiempo para su aplicación(29).

3. Metodología

3.1 Diseño instruccional ADDIE

Es un proceso de diseño Instruccional interactivo, en donde los resultados de la evaluación formativa de cada fase pueden conducir al diseñador instruccional de regreso a cualquiera de las fases previas. El producto final de una fase es el producto de inicio de la siguiente fase (29). En la tabla 1 se resumen las diferentes fases del proceso metodológico.

Tabla 1. Diseño instruccional ADDIE para la creación de objetos virtuales de aprendizaje.

ADDIE		
Fase	Definición	Pasos a seguir
Análisis	El paso inicial es analizar el alumnado, el contenido y el entorno cuyo resultado será la descripción de una situación y sus necesidades formativas.	<ul style="list-style-type: none"> • Definir la cantidad de Objetivos de aprendizaje • Establecer la audiencia • Conocer el contenido existente • Escoger el sistema de gestión de aprendizaje • Conocer los recursos y las limitaciones • Establecer un calendario para el proyecto
Diseño	Se desarrolla un programa del curso	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuración de contenidos • Guión gráfico de contenidos

	deteniéndose especialmente en el enfoque pedagógico y en el modo de secuenciar y organizar el contenido.	<ul style="list-style-type: none"> Definición de evaluaciones
Desarrollo	La creación real (producción) de los contenidos y materiales de aprendizaje basados en la fase de diseño.	<ul style="list-style-type: none"> Uso del guion gráfico creado en la fase de diseño. Trabajo en equipo con expertos en la materia, diseñadores multimedia / web y programadores.
Implementación	Ejecución y puesta en práctica de la acción formativa con la participación de los alumnos.	<ul style="list-style-type: none"> Coordinación e integración de los contenidos a la audiencia. Seguimiento de las actividades formativas en la plataforma de aprendizaje.
Evaluación	Esta fase consiste en llevar a cabo la evaluación formativa de cada una de las etapas del proceso ADDIE y la evaluación sumativa a través de pruebas específicas para analizar los resultados de la acción formativa.	<ul style="list-style-type: none"> Análisis cuantitativo y cualitativo de los datos obtenidos a través del proceso formativo. Encuesta de satisfacción.

Fase de diseño:

Se realizó un estudio observacional, retrospectivo y analítico, durante los periodos académicos 2016-II y 2017-I con estudiantes de medicina que cursaron la asignatura de Introducción a las Imágenes Diagnósticas, quienes recibieron una metodología de

aprendizaje mixto. Se tomó como grupo control el periodo 2015-II, en el cual se realizó una metodología pedagógica convencional.

Metodología educativa convencional:

Se presentó el contenido programático de la asignatura mediante conferencias magistrales dadas con una intensidad de 1 hora semanal, la evaluación se realizó mediante exámenes parciales y un examen final con preguntas de selección múltiple.

Metodología educativa de aprendizaje mixto (Blended-Learning):

Los estudiantes tuvieron acceso a un ambiente virtual de aprendizaje en la plataforma *Moodle*, que contenía 5 objetos virtuales de aprendizaje (OVA), los cuales se desarrollaron como módulos. Adicionalmente, se realizaron conferencias magistrales de 1 hora semanal. Se midió el número de accesos a cada módulo por estudiante.

Fase de desarrollo:

Se creó un ambiente virtual de aprendizaje en la plataforma *Moodle* con 5 objetos virtuales de aprendizaje (módulos), en la tabla 2 se enumeran los diferentes objetos virtuales de aprendizaje y en la figura 1 se presenta la interfaz virtual utilizada.

Tabla 2. Objetos virtuales de aprendizaje (módulos) para el apoyo a la enseñanza de radiología.

Objeto virtual de aprendizaje (OVA)	Objetivos de aprendizaje
Historia del desarrollo tecnológico y las aplicaciones clínicas de los rayos X	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender los principales sucesos históricos que rodearon el descubrimiento de los rayos X. • Conocer las principales innovaciones tecnológicas que permitieron el desarrollo de las aplicaciones médicas de los rayos X.
Anatomía radiológica del tórax	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar la anatomía radiológica del

	<p>tórax normal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correlacionar las estructuras anatómicas en radiología convencional y tomografía computarizada.
Radiografía de tórax normal	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer los conceptos técnicos primordiales para la adquisición de una radiografía de tórax. • Aprender un esquema ordenado para el análisis de una radiografía de tórax. • Revisar de forma sistemática cada estructura anatómica en una proyección PA y lateral.
Radiografía de abdomen simple	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la anatomía radiológica en un estudio de abdomen simple. • Conocer las principales indicaciones de la radiografía de abdomen simple.
Generalidades en neuroimágenes	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las características de las diferentes modalidades de imágenes diagnósticas en el SNC. • Conocer las principales indicaciones de cada modalidad. • Aprender los principales hallazgos semiológicos que indican alteración patológica del SNC.

Figura 1. Interfaz virtual utilizada.

Imágenes diagnósticas
Facultad de Medicina

Módulo El tórax

INICIO INTRODUCCIÓN CONTENIDO -

Inicio en: El Tórax / Sección 1. Anatomía convencional

Sección 1. Anatomía convencional

Radiografía de tórax en proyección convencional

Proyección PA Proyección Lateral

Imagen diagnóstica Estructuras anatómicas

Sección 1. Anatomía en radiología convencional
Sección 2. Lóbulos pulmonares y cisuras
Sección 3. Anatomía axial del pulmón
Sección 4. Anatomía coronal del pulmón
Sección 5. Anatomía del árbol bronquial
Sección 6. Anatomía axial del mediastino
Sección 7. Anatomía coronal del mediastino
Sección 8. Anatomía de las arterias coronarias
Sección 9. Anatomía de la pared torácica

DER

VBD Vena braquiocefálica derecha
VCS Vena cava superior
APIL Arteria pulmonar interlobar
AD Aurícula derecha
ASI Arteria subclavia izquierda
Ao Aorta
TAP Tronco arteria pulmonar
AI Aurícula izquierda
VI Ventriculo izquierdo
VAP Ventana aortopulmonar
CMn Cisura menor
T Tráquea
BFD Bronquio fuente derecho
BFI Bronquio fuente izquierdo
RCF Receso costofrénico

« 1 2 3 4 5 »

Fuente: Elaboración propia. Disponible en
http://www.virtual.unal.edu.co/innovaciones/img_diagnosticas

Las características de los objetos virtuales de aprendizaje fueron las siguientes:

- Uso de la imagen institucional de la Universidad Nacional de Colombia.
- Compatibilidad con todos los navegadores y sistemas operativos.
- Optimización de la navegación en múltiples dispositivos: computadores, tabletas y celulares.
- Rápida velocidad de descarga.
- Facilidad para la adición de nuevos módulos de aprendizaje.

Fase implementación y evaluación:

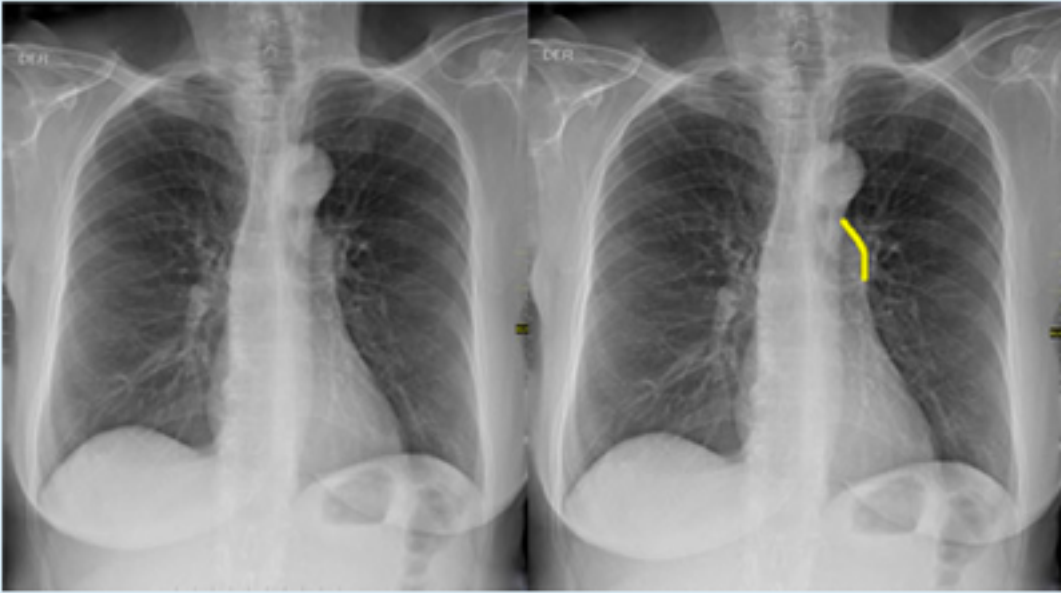
El estudio comprendió un examen pretest al comienzo de la asignatura y un examen postest al final, con el objetivo de medir la ganancia de conocimiento. Los 204 estudiantes tuvieron acceso a un ambiente virtual de aprendizaje en la plataforma *Moodle*, que contenía 5 objetos virtuales de aprendizaje (OVA), los cuales se desarrollaron como módulos que complementaban las conferencias magistrales dadas con una intensidad de 1 hora semanal. Se midió el número de accesos a cada módulo virtual durante la fase de implementación con el fin de evaluar la relación entre el tiempo dedicado a la plataforma virtual y la ganancia de conocimiento. Se realizó además una comparación de los resultados obtenidos en el examen final con el grupo control que no tuvo acceso al complemento virtual durante el periodo 2015-II.

Evaluación pretest y postest.

Ambas evaluaciones, tenían un total de 40 preguntas de selección múltiple con única respuesta, obtenidas de un banco desarrollado en el AVA. En la figura 2 se presenta un ejemplo de las preguntas utilizadas y en la tabla 3 se expone el número de preguntas creadas.

Figura 2. Ejemplo del tipo de pregunta utilizada en los exámenes.

¿Cuál es la estructura anatómica señalada en amarillo?



Seleccione una:

- a. Ventriculo izquierdo
- b. Tronco de la arteria pulmonar
- c. Auricula izquierda
- d. Arteria pulmonar izquierda

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Banco de preguntas

Categoría	No de preguntas
Introducción a las imágenes diagnósticas	15
Módulo: Anatomía radiológica del tórax	20
Módulo: radiografía de tórax normal	20
Semiología radiológica del tórax	20
Glándula mamaria	15
Musculoesqueletico	5
Módulo: neuroimágenes	20
Radiología intervencionista	5
Medicina nuclear	5
Abdomen y ecografía	5
Teleradiología	5

3.2 Análisis estadístico

Se realizó una descripción de las variables cualitativas mediante porcentajes y las variables cuantitativas mediante medidas de tendencia central, media para variables normales y mediana/rango intercuartílico en caso contrario. Se realizaron pruebas de normalidad para las variables continuas mediante histogramas de frecuencia, gráficos de cajas y bigotes, pruebas estadísticas (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Francia y Shapiro Wilk).

Se compararon los periodos académicos antes y después de la intervención mediante prueba de comparaciones múltiples de las medianas utilizando la prueba de Kruskal-Wallis.

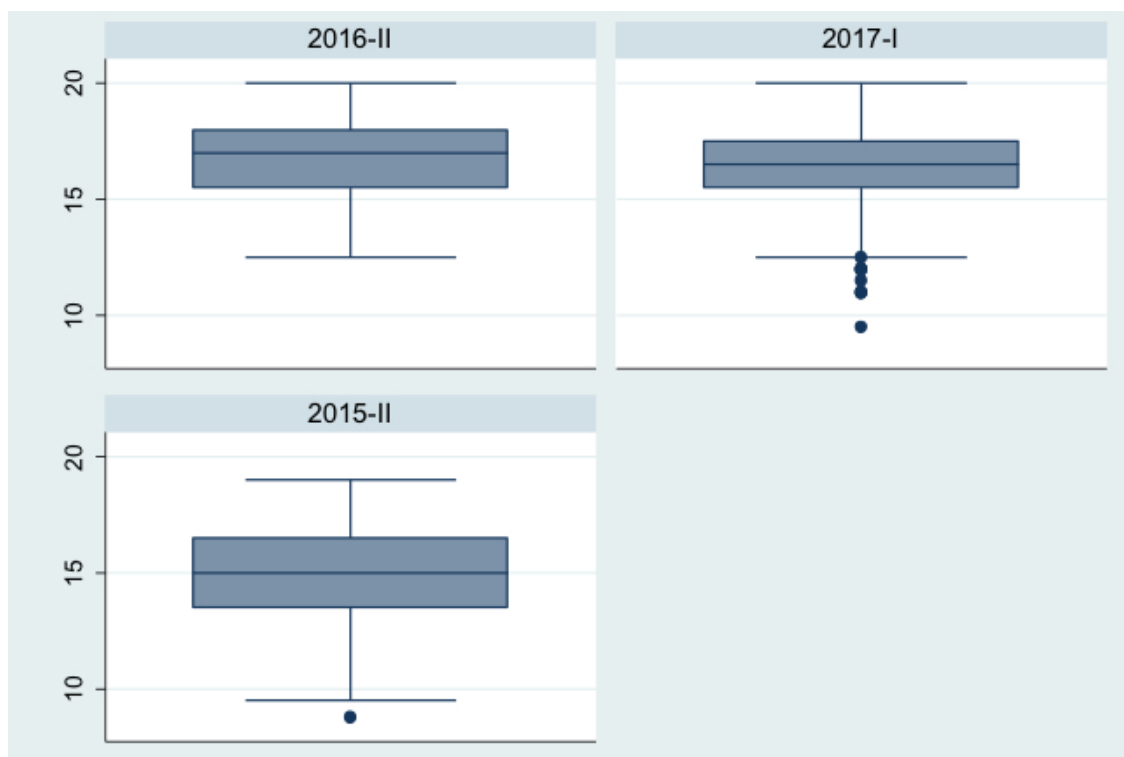
Se efectuó un análisis de la asociación entre la frecuencia de uso de la intervención y el desenlace de ganancia de conocimiento mediante regresión lineal con pruebas de evaluación del modelo (normalidad de residuales, linealidad del modelo y homocedasticidad). Adicionalmente, se evaluó la correlación entre la ganancia de conocimiento y la nota del examen final con la frecuencia de uso de la intervención mediante el coeficiente de Spearman.

4. Resultados y discusión

4.1 Resultados

En el periodo 2015-II se realizó una prueba piloto con el objetivo de obtener resultados del rendimiento académico antes de realizar la intervención pedagógica con el uso del ambiente virtual de aprendizaje. La mediana de la nota del examen final en el grupo 2015-II fue de 15/20 puntos. En los periodos con la utilización de los objetos virtuales de aprendizaje la mediana fue en 2016-I 16.5/20 puntos y en 2017-I 17/20 puntos. En la figura 3 se muestra la distribución de los estudiantes de acuerdo al resultado del examen final. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de estudiantes que realizaron el apoyo con los módulos virtuales en comparación con el grupo que solo recibió las clases magistrales.

Figura 3. Distribución de acuerdo al examen final.



Se realizó un seguimiento en los grupos 2016-I y 2017-II en la fase de implementación para cuantificar el número de visitas por estudiante a cada módulo virtual como se muestra en la figura 4.

Cada estudiante visitó 21 veces los módulos virtuales de acuerdo a los valores de la mediana, lo cual significa que cada módulo recibió al menos 4 visitas por estudiante durante el desarrollo de la asignatura.

Se midió el resultado del examen final, en la figura 5 se muestra la ganancia de conocimiento de acuerdo a los resultados obtenidos en el examen pretest en comparación con el examen posttest.

Figura 4. Número de visitas a los módulos virtuales.

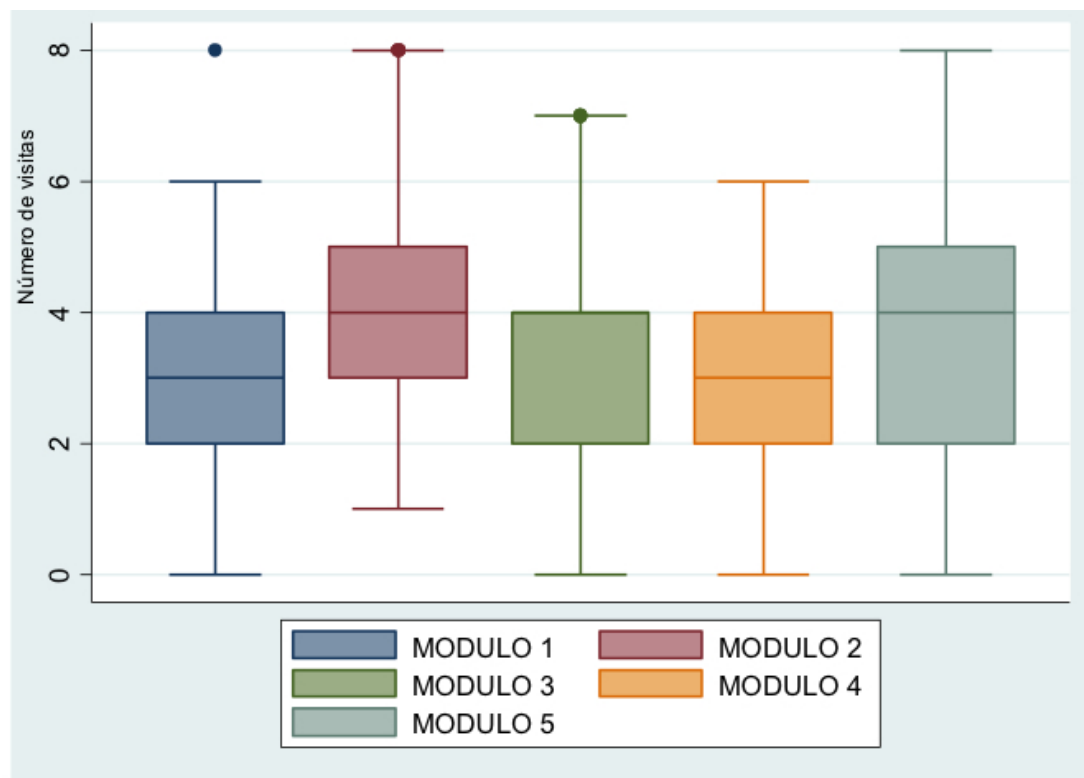
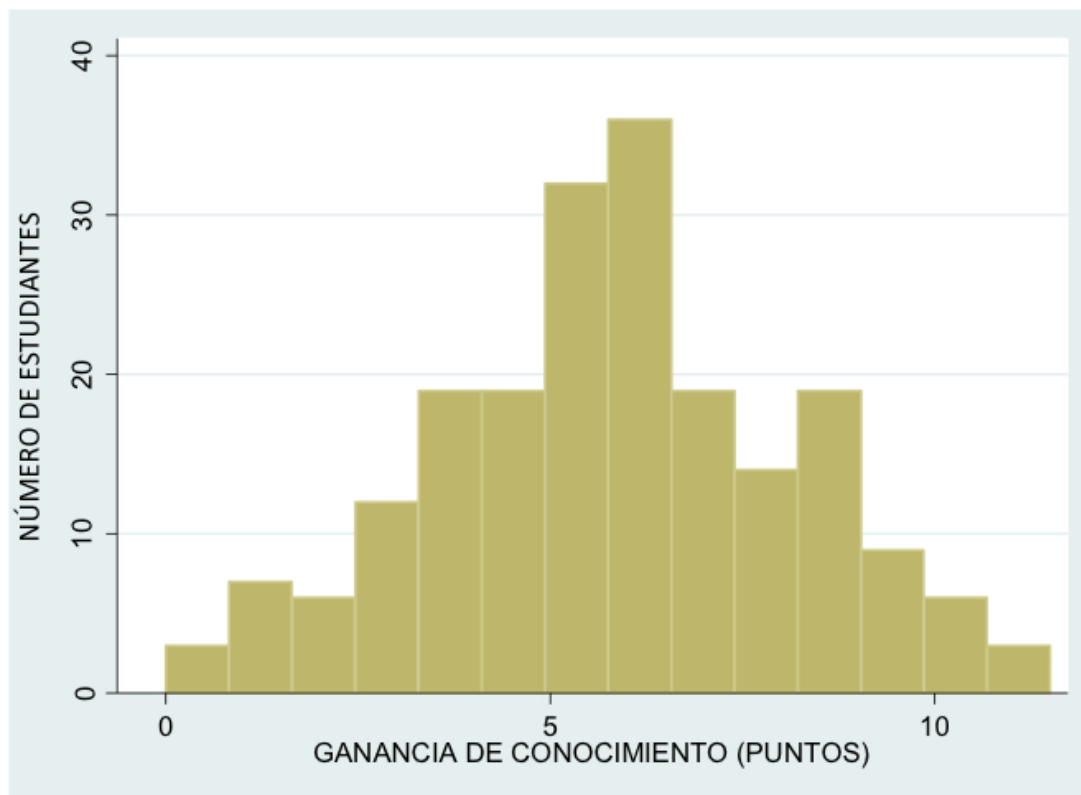


Figura 5. Ganancia de conocimiento.



Al realizar el análisis estadístico de regresión lineal, se encontró un factor de asociación, estadísticamente significativo entre el número de visitas a los módulos virtuales y una mejor ganancia de conocimiento encontrando 0.22 puntos adicionales en el examen final por cada visita a los módulos virtuales, ($p < 0.000$ IC 95%). Los estudiantes tuvieron en promedio 6/20 en ganancia de conocimiento (RI 4.5-7.25 IC 95%), al utilizar la metodología de aprendizaje mixto (*Blended-Learning*).

En la tabla 4 se presentan los resultados de la encuesta de satisfacción.

Tabla 4. Encuesta de satisfacción.

Pregunta	Respuesta n (%)		
	Muy satisfactorio	Satisfactorio	No satisfactorio
1. El diseño los objetos virtuales de aprendizaje fue:	150 (85)	27 (15)	0 (0)
2. La metodología de apoyo virtual utilizada para el desarrollo de la asignatura fue:	158 (89)	19 (11)	0 (0)
3. La accesibilidad a la plataforma Moodle y los recursos educativos digitales fue:	148 (83)	28 (15.4)	1 (0.6)
4. La cantidad de módulos virtuales desarrollados como apoyo a la docencia presencial fue:	90 (51)	79 (45)	7 (4)
5. La forma de evaluación de los diferentes módulos virtuales fue:	128 (72)	49 (28)	0 (0)
6. Consideras que los objetos virtuales de aprendizaje sirvieron de apoyo a tu proceso educativo:	Si		No
	177 (100)		0 (0)

4.2 Discusión

Los resultados de nuestro proyecto demuestran que la implementación de una metodología de aprendizaje mixto (*Blended-Learning*), tiene un impacto estadísticamente significativo en la ganancia de conocimiento y en el grado de satisfacción de los estudiantes de pregrado de medicina en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los principios básicos de radiología. Se evidencia un mejor rendimiento académico en los exámenes finales y un grado de adherencia y utilización de los recursos educativos digitales.

La utilización de un ambiente virtual de aprendizaje como apoyo a la enseñanza presencial genera una interacción eficiente entre estudiantes, docentes y las tecnologías de la información y comunicaciones. Además, permite una mayor flexibilidad en la utilización del tiempo docente(30). Otros autores han demostrado que la integración de la enseñanza en línea a las clases magistrales supera las restricciones de tiempo y lugar, y mejora la calidad de la educación, porque promueve el desarrollo de competencias ampliando los conceptos y recursos que proveen los libros de texto (31).

Nuestros resultados están de acuerdo con un metanálisis publicado por Chumley-Jones en 2002(32), que concluye que existe suficiente evidencia sobre la efectividad de la enseñanza de medicina con la utilización de herramientas virtuales, por lo tanto se deben proveer los recursos que permitan a los profesores hacer un uso oportuno y adecuado de las TIC en su práctica diaria. Además, varios estudios coinciden en afirmar que la enseñanza virtual tuvo un efecto positivo en el logro de habilidades clínicas y fue comparable a las formas tradicionales de enseñanza. En estos trabajos se han obtenido mejores resultados en los exámenes clínicos estructurados, en estudiantes expuestos a recursos digitales como complemento a su formación presencial (33)(34)(35)(36)(37).

De igual manera el grado de satisfacción con este tipo de metodología ha sido demostrado por diferentes autores(38)(39), que concluyen que el aprendizaje mixto contribuyó al proceso educativo al facilitar el autodesarrollo y el desarrollo metacognitivo, asociado a una mayor responsabilidad de los estudiantes en comparación con los entornos tradicionales de aprendizaje. Estos investigadores atribuyeron el éxito, al uso creativo de la tecnología informática y la naturaleza práctica del material, y concluyeron que los educadores médicos deberían considerar el enfoque de aprendizaje mixto para estandarizar los procesos de aprendizaje clínico.

Todos los formatos educativos tienen fortalezas y limitaciones, y el aprendizaje mixto no es una excepción. Una metodología ideal, tendría como objetivo mejorar las percepciones del entorno educativo, la resolución de problemas, el pensamiento crítico, las habilidades de toma de decisiones, así como el aumento de conocimiento al estandarizar las experiencias de los estudiantes de forma flexible sin un lugar o momento específico(40). Sin embargo, cualquier diseño metodológico se queda corto, ante las

exigencias de los estudiantes del siglo XXI, acostumbrados a innovaciones constantes en todas las áreas del conocimiento, en nuestro estudio varios estudiantes comentaron que los objetos virtuales de aprendizaje, eran pocos, y demandaban la creación de nuevos complementos digitales para la totalidad de las clases magistrales, con el argumento de que podían usar el material electrónico varias veces, hasta que estuvieran satisfechos y pudieran moverse a su propio ritmo, además de una mayor disponibilidad del docente a través del chat para la resolución de dudas. Precisamente vemos, estas exigencias como una oportunidad para seguir mejorando, teniendo en cuenta que el proceso de autoevaluación de las asignaturas debe ser permanente.

El tiempo asignado a los cursos de enseñanza de radiología en las escuelas de medicina suele ser limitado; el aprendizaje mixto se puede utilizar en la educación médica para aumentar la exposición de los estudiantes a los contenidos del área. Diferentes investigaciones han demostrado que un curso asociado a un componente en línea puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes de radiología y optimizar el tiempo docente(41)(42)(43). En nuestro estudio realizamos una evaluación de cada módulo como una estrategia de motivación extrínseca, al comparar con un estudio similar(44), nuestros estudiantes visitaron un mayor número de veces los módulos virtuales y obtuvieron una mejor ganancia de conocimiento, con diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo control, y con un factor de asociación moderado entre el número de accesos a la plataforma y el resultado en el examen final.

Una debilidad obvia de la parte virtual del aprendizaje mixto es la falta de interacción personal entre estudiantes y profesores. Sin embargo, esto fue superado por interacciones durante conferencias semanales. Aunque el E-Learning es un enfoque establecido y eficaz en muchas escuelas de medicina, no debe reemplazar el aprendizaje tradicional, por lo que el aprendizaje mixto es probablemente un mejor enfoque que la enseñanza puramente basada en la web(45).

Al construir un modelo de trabajo de aprendizaje mixto, los organizadores del curso deben decidir de antemano qué partes del plan de estudios se entregarán de manera presencial y cuáles pueden entregarse en línea o mediante otra modalidad de aprendizaje electrónico. El equilibrio entre la educación presencial y el E-Learning es delicado, dependiendo de factores como el resultado del aprendizaje, el nivel de los estudiantes, los recursos electrónicos y la experiencia del capacitador. Otro tema que debe tenerse en cuenta al construir cursos de aprendizaje mixto es el alcance de las habilidades informáticas de los estudiantes, se deben tomar medidas para evitar que los estudiantes que carecen de habilidades informáticas se vean desfavorecidos o frustrados, la retroalimentación continua de los estudiantes sobre el material entregado electrónicamente es por lo tanto importante(46).

Este estudio adolece de algunas deficiencias relevantes, como se describe a continuación. Aunque se estandarizó la forma de evaluación, no es posible realizar las mismas preguntas a cada grupo, de igual manera en todos los semestres de medicina se tocan como elemento de aprendizaje las imágenes diagnósticas, e inevitablemente cada

estudiante habrá ganado algunos conocimientos previos antes de empezar la asignatura de radiología, lo cual puede repercutir en el examen pretest y por lo tanto en la medición de la variable ganancia de conocimiento. Además no es posible controlar la comunicación de los estudiantes de diferentes grupos, por lo tanto los últimos grupos evaluados de alguna manera estaban mas enterados de los recursos digitales asi como de la forma de evaluación.

La variable ganancia de conocimiento es una forma de cuantificar el impacto de los módulos virtuales en el aprendizaje, sin embargo, no se puede diferenciar claramente cuanto de esa ganancia de conocimiento obedece a los recursos digitales y cuanto al esfuerzo individual, las clases magistrales y los libros de texto. En resumen, este estudio busca objetivizar de una forma organizada un aspecto propio de la subjetividad humana, no obstante, los resultados reflejan por si solos, excelentes resultados en las estrategias de motivación y facilitación de las fuentes del conocimiento, y como esto puede mejorar los resultados finales en cada estudiante.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones y recomendaciones

La metodología de aprendizaje mixto tiene un impacto estadísticamente significativo en el rendimiento académico de los estudiantes de radiología, lo cual incluso puede extrapolarse a otras áreas de la educación médica. La implementación de módulos virtuales que complementan la educación presencial permite fortalecer el proceso de enseñanza con altos índices de satisfacción, justificando el tiempo y los recursos que se requieren para su diseño y producción.

Antes de iniciar una intervención pedagógica con la utilización de las TIC se debe tener en cuenta que si no se evalúa, no hay retroalimentación, y por lo tanto no se conocen los resultados, no se identifican los puntos débiles y los puntos fuertes. Por ende la metodología de evaluación es igual de importante que el diseño y desarrollo web de los objetos virtuales de aprendizaje. Teniendo claro este concepto se pueden hacer los ajustes y conexiones para la creación de lineamientos que permitan un mejoramiento continuo del proceso de enseñanza en nuestras asignaturas.

La metodología ADDIE para la creación de un objeto virtual de aprendizaje es eficiente porque permite precisamente evaluar cada etapa del proceso de desarrollo y corregir cualquier aspecto técnico o pedagógico sin detener el avance del proyecto. La discusión y debate sobre innovación académica debe ser constante con el objetivo de optimizar los modelos pedagógicos y ajustarlos a las necesidades de los estudiantes y a la realidad tecnológica en la que vivimos, los docentes tienen un rol principal en la formulación de estrategias que permitan fortalecer la presencialidad a través de herramientas digitales con altos estándares de calidad.

Bibliografía

1. Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM. The impact of E-learning in medical education. *Acad Med* 2006; 81: 207–12.
2. Evans C, Gibbons N. The interactivity effect in multimedia learning. Londres: Centre for Educational Multimedia, Brunel Business School, Brunel University, Uxbridge, Middlesex. Elsevier Ltd., 2006. 14 p.
3. Collins J. Education techniques for lifelong learning: making a PowerPoint presentation. *Radiographics* 2004; 24(4):1177-1183.
4. Collins J. Education techniques for lifelong learning: giving a PowerPoint presentation: the art of communicating effectively. *Radiographics* 2004 24(4):1185- 1192.
5. Kuszyk BS, Calhoun PS, Soyer PA, Fishman EK. An interactive computerbased tool for teaching the segmental anatomy of the liver: usefulness in the education of residents and fellows. *Am J Roentgenol* 1997; 169:631–634.
6. Glenn J. A consumer-oriented model for evaluating computer-assisted instructional materials for medical education. *Acad Med* 1996; 71:251–255.
7. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2008). Normas UNESCO sobre Competencias en TIC para docentes.
8. Pinto A, Selvaggi S, Sicignano G, Vollono E, Iervolino L, Amato F, et al. E-learning tools for education: regulatory aspects, current applications in radiology and future prospects. *Radiol Med*. 2008;113:144-57.
9. Herrera M. Consideraciones para el diseño didáctico de ambientes virtuales de aprendizaje: una propuesta basada en las funciones cognitivas del aprendizaje. 2006. Recuperado de Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653), <http://www.rieoei.org/deloslectores/1326Herrera.pdf>
10. Patton DD. Computer-assisted instruction in the radiological sciences using a desk-top computer. *Radiology* 1991; 100:553–559

11. Scheiner JD, Novelline RA. Radiology clerkships are necessary for teaching medical students appropriate imaging work-ups. *Acad Radiol* 2000; 7:40–45.
12. Pickell GC, Medal D, Mann WS, Staebler RJ. Computerizing clinical patient problems: an evolving tool for medical education. *Med Educ* 1986; 20:201–203.
13. Costaridou L, Panayiotakis G, Sakellaropoulos P, Cavouras D, Dimopoulos J. Distance learning in mammographic digital image processing. *Br J Radiol* 1998; 71:167–174.
14. Sinha S, Sinha U, Kangarloo H, Huang HK. A PACS-based interactive teaching module for radiologic sciences. *Am J Roentgenol* 1992; 159:199–205.
15. Sendra F, Munoz CF. Herramientas de formación on-line en radiología. *Radiologia*. 2011;53(6):498-505. DOI: 10.1016/j.rx.2011.02.011
16. Punie Y, Zinnbauer, D, Cabrera M. A Review of the Impact of ICT on Learning. 2008 Joint Research Centre - Institute for Prospective Technological Studies.
17. Jones N, O'Shea J. Challenging Hierarchies: The Impact of E Learning. *Higher Education* 2004, 48, 379-395.
18. Blin F, Munro M. Why hasn't technology disrupted academics' teaching practices Understanding resistance to change through the lens of activity theory. *Computers & Education* 2008; 50, 475-490.
19. Virvou M, Katsionis G. On the usability and likeability of virtual reality games for education: The case of VR-ENGAGE. *Computers & Education* 2008; 50, 154-178.
20. Cabero J. Bases pedagógicas del e-learning. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 2006; 3(1).
21. Alonso F, Manrique D, Viñes JM. A moderate constructivist elearning instructional model evaluated on computer specialists. *Computers & Education* 2009; 53(1), 57-65.
22. Levy Y. Comparing dropouts and persistence in e-learning courses. *Computers & Education* 2007; 48(2), 185-204.
23. Nichols AJ, Levy Y. Empirical assessment of college student-athletes' persistence in e-learning courses: A case study of a U.S. National Association of Intercollegiate Athletics (NAIA) institution. *The Internet and Higher Education* 2009 12(1), 14-25.

24. Ozkan S, Koseler R. Multi-dimensional students' evaluation of elearning systems in the higher education context: An empirical investigation. *Computers & Education* 2009; 53(4), 1285-1296.
25. Paechter M, Maier B, Macher D. Students' expectations of, and experiences in e-learning: Their relation to learning achievements and course satisfaction. *Computers & Education* 2010, 54(1), 222-229.
26. Green SM, Weaver M, Voegeli D, Fitzsimmons D, Knowles J, Harrison M, et al. The development and evaluation of the use of a virtual learning environment (Blackboard 5) to support the learning of pre-qualifying nursing students undertaking a human anatomy and physiology module. *Nurse Education Today* 2006; 26, 388-395.
27. Francescato D, Porcelli R, Mebane M, Cuddetta M, Klobas J, Renzi. Evaluation of the efficacy of collaborative learning in face-to-face and computer-supported university contexts. *Computers in Human Behavior* 2006; 22, 163-176.
28. Leidner DE, Jarvenpaa SL. The Use of Information Technology to Enhance Management School Education: A Theoretical View. *MIS Quarterly* 1995; 19, 265-291.
29. Torres G, Reyes EA, Moreno AD, Lopez DE. Reflexión y debate sobre innovación académica. Universidad Nacional de Colombia. 2015
30. Garrison DR, Kanuta H. Blended learning: uncovering its transformative potential in higher education. *Internet Higher Educ* 2004; 7(2): 95–105. 18.
31. Lewin LO, Singh M. Blended learning B. Improving education in primary care: development of an online curriculum using the blended learning model. *BMC Med Educ* 2009; 9: 33.
32. Chumley-Jones HS, Dobbie A, Alford CL. Web-based learning: sound educational method or hype? a review of the evaluation literature. *Acad Med* 2002; 77: S86–S89.
33. Shaffer K, Small JE. Blended learning in medical education: use of an integrated approach with web-based small group modules and didactic instruction for teaching radiologic anatomy. *Acad Radiol* 2004; 11(9): 1059–1070.
34. Gordon DL, Issenberg SB, Gordon MS, LaCombe D, McGaghie ER, Petrusa ER. Stroke training of prehospital providers: an example of simulation-enhanced blended learning and evaluation. *Med Teach* 2005; 27(2): 114–121.

35. Streeter JL, Lu MT, Rybicki FJ. RadiologyWiki.org: the free radiology resource that anyone can edit. *Radiographics*. 2007;27:1193--200.
36. Fordis M et al. Comparison of the instructional efficacy of Internet-based CME with live interactive CME workshops: a randomized controlled trial. *JAMA* 2005; 294(9): 1043–1051.
37. Gormley GJ, Collins K, Boohan M, Bickle IC, Stevenson M. Is there a place for e-learning in clinical skills? A survey of undergraduate medical students' experiences and attitudes. *Med Teach* 2009; 31(1): e6–e12.
38. Choules AP. The use of elearning in medical education: a review of the current situation. *Postgrad Med J* 2007; 83: 212–216.
39. Carbonaro M, King S, Taylor E, Satzinger F, Snart F, Drummond J. Integration of e-learning technologies in an interprofessional health science course. *Med Teach* 2008; 30(1): 25–33.
40. Hsu LL, Hsieh SI. Factors associated with learning outcome of BSN in a blended learning environment. *Contemp Nurse* 2011; 38(1–2): 24–34.
41. Sparacia G, Cannizzaro F, Donna M, D'Alessandro M, Caruso G, Lagalla R. Initial Experiences in Radiology e-Learning. *RadioGraphics* 2007 27:2, 573-581
42. Hoa D, Micheau A, Gahide G. Creating an interactiveWeb-based e-learning course: a practical introduction for radiologists. *Radiographics* 2006;26:e25.
43. Dugas M, Trumm C, Stäbler A, Pander E, Hundt W, Scheidler J, et al. Case-oriented computer-based-training in radiology: concept, implementation and evaluation. *BMC Med Educ*. 2001;1:5 [accessed 28/12/2010].
44. Mahnken, A.H. Baumannb M, Meistera M, Schmitta V, Fischerc MR. Blended learning in radiology: Is self-determined learning really more effective?. *European Journal of Radiology*, Volumen 78, Número 3, 384 – 387.
45. Rowell, Melissa R., Pamela T. Johnson, and Elliot K. Fishman. "Radiology Education in 2005: World Wide Web Practice Patterns, Perceptions, and Preferences of Radiologists." *Radiographics* 2007: 563-571.
46. Link TM, Marz R. Computer literacy and attitudes towards elearning among first year medical students. *BMC Med Educ* 2006; 6: 34.