

Enseñanza de sistemas de radiocomunicaciones terrestres con línea de vista mediante software educativo

Álvaro Andrés Báez-Pérez, Ángelo Joseph Soto-Vergel & Jorge Enrique Herrera-Rubio

Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Villa del Rosario, Colombia. alvaro.baez@unipamplona.edu.co,
angelo.soto@unipamplona.edu.co, jherrera@unipamplona.edu.co

Resumen— El proceso de enseñanza-aprendizaje, a nivel de ingeniería, carece de herramientas sólidas que impacten y retroalimenten adecuadamente el proceso, y el área de las radiocomunicaciones terrestres con línea de vista no es la excepción; por lo cual, los estudiantes y docentes se ven obligados a recurrir a procesos memorísticos y rutinarios enmarcados en un paradigma conductista, generando deficientes aprendizajes. Este proyecto identifica el estilo de aprendizaje que caracteriza al estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona Campus Villa del Rosario y propone una herramienta computacional educativa acorde a las necesidades particulares del mismo. Para tal efecto, se aplica el instrumento de estilos de aprendizaje de Kolb. Como resultado se caracteriza el estilo de aprendizaje del programa académico y se desarrolla un software que impacta las necesidades educativas de los estudiantes, logrando una transición desde el conductismo hacia el constructivismo, presentando los mapas conceptuales como herramienta principal.

Palabras Clave— proceso de enseñanza-aprendizaje; radiocomunicaciones terrestres con línea de vista; software educativo; modelo experiencial de Kolb; constructivismo.

Recibido: 14 de febrero de 2019. Revisado: 19 de junio de 2019. Aceptado: 26 de junio de 2019.

Teaching terrestrial line-of-sight radiocommunication systems using educational software

Abstract— The teaching-learning process, at the engineering level, lacks solid tools that adequately impact and feedback the process, and the area of terrestrial radiocommunications with line of sight is no exception; therefore, students and teachers are forced to resort to memoristic and routine processes framed in a behavioral paradigm, generating deficient learning. This project identifies the learning style that characterizes the student of Telecommunications Engineering at the University of Pamplona Campus Villa del Rosario and proposes an educational computer tool according to the particular needs of the student. For this purpose, Kolb's learning styles instrument is applied. As a result, the learning style of the academic program is characterized and a software is developed that impacts the educational needs of the students, achieving a transition from behaviorism to constructivism, presenting concept maps as the main tool.

Keywords— teaching-learning process; terrestrial radiocommunications with line of sight; educational software; Kolb experiential model; constructivism.

1. Introducción

El área de las comunicaciones inalámbricas ha tenido un amplio desarrollo en los últimos años debido a las ventajas que ofrece en

relación con las redes cableadas: menor tiempo de instalación, flexibilidad, escalabilidad, portabilidad, entre otras [1]. A su vez, la relevancia de las aplicaciones y la posible gama de servicios que pueden soportar estas redes hace que el dimensionamiento de las mismas sea una actividad que requiera efectividad con el fin de garantizar el funcionamiento óptimo de estas [2], funcionamiento que se ve afectado por diferentes factores que toman lugar en el trayecto que separa los dos terminales del sistema; en esta transición entre el Emisor y el Receptor la señal de radio sufre pérdidas, cuya evaluación es una tarea fundamental en el dimensionamiento de redes inalámbricas. En términos físicos, esta pérdida de señal se entiende como la reducción del nivel de potencia de las ondas electromagnéticas durante su recorrido, debido a los mecanismos de propagación de reflexión, difracción y dispersión, y la forma de propagación que ésta emplee (onda terrestre, onda celeste, onda espacial), impactando significativamente en la cobertura y desempeño de las redes [3], [4]; cuyo fundamento está en el cálculo de las pérdidas de potencia en la trayectoria de propagación [5]. De ahí la importancia de determinar con exactitud el valor de estas pérdidas, además de entender los diferentes fenómenos que sufren las ondas electromagnéticas al propagarse, para ello el aprendizaje y la comprensión de dichos fenómenos presenta un alto grado de complejidad debido a que el área de las radiocomunicaciones encuentra a la teoría electromagnética como su pilar, siendo esta última un área con gran dificultad de aprendizaje para los alumnos [6].

Sin embargo, el desarrollo tecnológico ha ido influyendo de manera progresiva el sector educativo, así, las aulas demandan nuevas necesidades formativas y una adaptación tecnológica que vaya acorde con este desarrollo, haciendo que ésta sea cada vez más virtual [7]. Teniendo en cuenta la relevancia que tiene actualmente el área de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y su oportuna aplicabilidad en el sector de la educación; se busca poder aprovechar las ventajas que estas ofrecen en pro de la educación de las radiocomunicaciones.

En Colombia, se han desarrollado diferentes investigaciones en las que el software es empleado como herramienta en el aula de clase para mitigar dificultades de aprendizaje; tal es el caso de Saavedra [8] quien afirma que la utilización del software

Como citar este artículo: Báez-Pérez, A.A., Soto-Vergel, A.J. and Herrera-Rubio, J.E., Enseñanza de sistemas de radiocomunicaciones terrestres con línea de vista mediante software educativo. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 78-87, Marzo - Julio de 2019.

educativo permitió a los estudiantes ser más activos, participativos y autónomos en la adquisición de conocimientos, lo cual se reflejó en un incremento significativo de las calificaciones. Por su parte, Palacio [9] encontró que una de las razones por las cuales los estudiantes no comprenden los conceptos se debe a la falta de innovación en el aula, donde el principal recurso es la clase magistral teórica, situación que fue suplida mediante la utilización de software académico.

En Iberoamérica, se han desarrollado trabajos como RADIOWEB, herramienta software para la realización de prácticas relacionadas con la planificación de sistemas de radiocomunicaciones basado en e-learning [10]; una plataforma Moodle, para la enseñanza de la teoría electromagnética [11] y un software basado en simulaciones por imágenes, para la enseñanza del electromagnetismo [12]. Todos ellos concluyen, en términos generales, que el software ayuda a socializar la información, a tener una mejor comunicación entre estudiantes y tutores, e incluso es considerado una fuente de motivación al permitir una dinámica diferente en la tradicional aula de clase.

Sobre la validez, Hernández [13] plantea una evaluación del software educativo como medio instruccional en el proceso de enseñanza-aprendizaje, concluyendo que indudablemente, las herramientas computacionales cuyo desarrollo está inmerso en una metodología educativa, propicia la instrucción adecuada de los conceptos gracias a su facilidad de uso.

De acuerdo con lo anterior, este proyecto desarrolla un software educativo tomando en cuenta que los contenidos temáticos que se adquieren en el aula de trabajo deben estar contextualizados de manera que el estudiante logre desarrollar un pensamiento deductivo e interpretativo aplicable en el área profesional de su proceso de formación, que le permitan determinar todas las variables que afectan a un sistema de comunicación, en el proceso del dimensionamiento de los radio enlaces, como también, realizar los cálculos para la planificación del óptimo diseño de un radioenlace, entendiéndolo y comprendiendo los fenómenos que se presentan.

Es así, que en esta investigación se realiza una caracterización del estudiante al cual va dirigido el software con el fin de desarrollar una herramienta acorde a las necesidades particulares y específicas de la población objeto de estudio, buscando un modelo de enseñanza centrado en el desarrollo de competencias y de aprendizaje autónomo [14], suministrando la información que requiera el estudiante, en la forma correcta y en el momento que se demande. La interacción entre la herramienta y el estudiante depende de la secuencia de pasos que da él mismo, las elecciones y respuestas ante una serie de preguntas pueden, por ejemplo, activar una mayor enseñanza en un concepto que aún no se ha dominado o hacer avanzar al estudiante presentando material sobre un nuevo tema; ofreciendo mayores posibilidades de maximizar su comprensión frente a los diferentes conceptos que se encuentran inmersos en la temática a tratar, gracias a que estas tecnologías ofrecen ventajas como accesibilidad, interactividad y flexibilidad, convirtiéndolas en aliadas poderosas de las nuevas estrategias de aprendizaje, especialmente en la educación superior [7].

A partir de lo descrito, el presente artículo expone la metodología propuesta para el desarrollo del software educativo, la cual cuenta con el análisis del problema, la caracterización de la población e identificación de los objetos de aprendizaje; procediendo con el desarrollo de la herramienta

computacional y finalizando con la evaluación y pruebas. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos mediante pre-test y pos-test con la finalidad de validar la metodología propuesta para el desarrollo del software, así como la utilización del mismo como apoyo para el docente en el proceso educativo en el área de las radiocomunicaciones.

2. Metodología

Con el propósito de determinar la metodología a implementar para un mejor ajuste en función de los contenidos abordados por el software educativo a diseñar, fue esencial establecer una serie de características que esta metodología debería obedecer, las cuales se mencionan a continuación:

- Característica 1 - Determinación específica del contexto. Se debe tomar en cuenta los siguientes factores: la necesidad a atender, la forma en cómo se llevará a cabo, la caracterización de la población implicada, el análisis del contenido que será abordado, los modelos pedagógicos aplicables, las estrategias de instrucción en relación a la temática y, los requerimientos técnicos y computacionales.
- Característica 2 - No requerir de un equipo interdisciplinario. Es importante que la correcta aplicación de la metodología no dependa de un grupo de diseño y desarrollo conformado por profesionales y especialistas en Ingeniería Software, lo cual sería un factor limitante, derivando en la inviabilidad de la misma para este caso específico.
- Característica 3 - Sencillez en su aprendizaje y aplicación. Debe presentar una estructura procedimental definida, en la cual se especifiquen cada una de las etapas que la conforman y los objetivos a cumplir en cada una, eludiendo así posibles confusiones, permitiendo una fácil comprensión y correcta aplicación.
- Característica 4 - Inclusión del modelo orientado a objetos. Ofrece una mejor representación del mundo que se pretende diseñar en función de cada una de las características que lo identifica, representándolas como objetos y garantizando un lenguaje único durante el desarrollo de cada una de las etapas que conforman la metodología.
- Característica 5 - Equiparar el diseño educativo con el diseño computacional. Establece un equilibrio entre la parte pedagógica y la computacional, al otorgarles la misma relevancia durante el desarrollo, repercutiendo positivamente en la calidad del producto que se pretende conseguir.
- Característica 6 - Procesos de prueba - desarrollo. Debe proponer que se efectúen pruebas a lo largo de la fase de desarrollo, validando el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos que se van desarrollando, además de presentar modelos beta o realización de pruebas piloto a fin de lograr mayor eficiencia.
- Característica 7 - Seguimiento al estudiante. Proporciona métodos que permitan evaluar el desempeño del estudiante, antes, durante y después del uso del software, para que esto permita determinar la incidencia que tiene el software en el proceso de enseñanza - aprendizaje.

Basado en las anteriores características, se procedió a comparar las metodologías de desarrollo de software educativo que fueron objeto de estudio, identificando si obedecían o no

Tabla 1. Comparativa de metodologías de desarrollo de software educativo

Metodologías	Características						
	1	2	3	4	5	6	7
Metodología de Diseño y Desarrollo Multimedia	○	✗	○	✗	✗	○	✗
Ingeniería de Software Educativo Orientada a Objetos	○	✗	○	○	○	○	✗
Modelo de Diseño Instruccional ADITE	○	○	✗	✗	○	○	○
Metodología Orientada A Objetos Para Desarrollar Software Multimedia E Hipermedia	○	○	○	○	○	✗	✗

Fuente: Los autores con información tomada de [15]-[18].

dichas características. En la Tabla 1 se presenta el análisis correspondiente.

Teniendo en cuenta la comparación entre las metodologías que fueron objeto de estudio, se logró apreciar que ninguna de ellas cumple todos los criterios necesarios para que fuese viable su aplicación en este proyecto, por tal motivo se propuso integrar metodologías con el objetivo de solventar las falencias que presentan cada una por separado, asegurando así que se cumplan los requisitos propuestos para la aplicación en el presente proyecto a fin de implementar una metodología con mejor adaptabilidad. Esta metodología consta de 4 etapas, según se puede apreciar en la Fig. 1.

La etapa de análisis es la base de la metodología, dentro de ella se identifica el tipo de población a la cual va dirigida la herramienta educativa a desarrollar y a su vez la problemática que esta deberá atender. Dentro de la etapa 2, diseño instruccional, se busca determinar las metas u objetivos que se quieren alcanzar con el software educativo y establecer las estrategias o métodos instruccionales necesarios para cumplirlos. Para la etapa 3, diseño y desarrollo tecnológico, se determina la estrategia metodológica para llevar a cabo el desarrollo del software educativo, haciendo énfasis en el lenguaje de programación y las herramientas necesarias para su

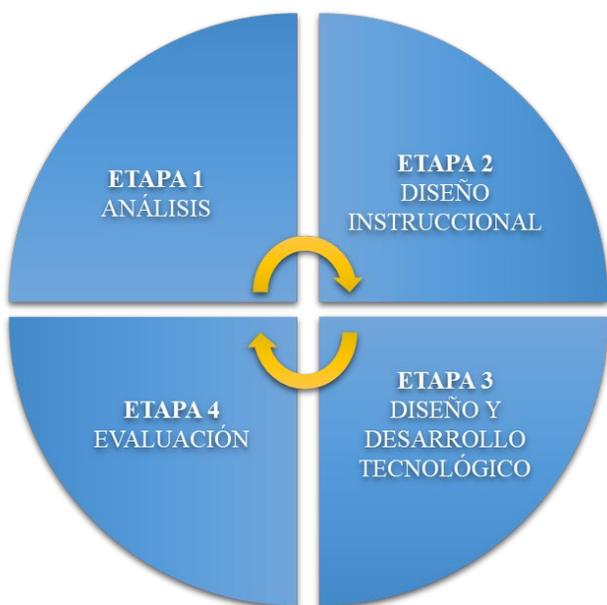


Figura 1. Etapas de la metodología de desarrollo. Fuente: Los autores.

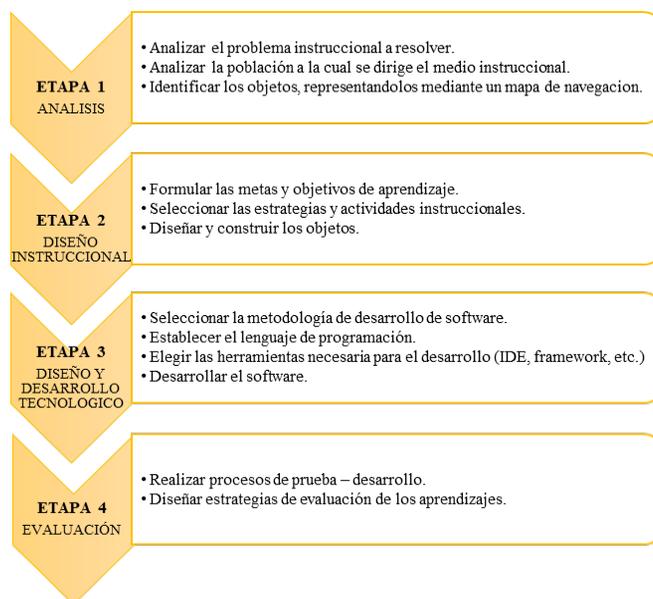


Figura 2. Actividades pertenecientes a cada etapa de la metodología propuesta. Fuente: Los autores.

correcto desarrollo. En la etapa final, evaluación, se pone a prueba el software a fin de poder corroborar su desempeño empleando diferentes métodos evaluativos. Estas etapas se estructuran en la Fig. 2, identificando las actividades desarrolladas en cada una de ellas.

3. Implementación de la metodología

3.1. Etapa 1: Análisis

3.1.1. Actividad 1 - Problema instruccional a resolver

Está enfocado hacia los diferentes ejes temáticos abordados en el área de telecomunicaciones y que a su vez conciernen a sistemas de comunicaciones terrestres con línea de vista, temática en la cual la tendencia de los estudiantes es hacia un aprendizaje de tipo memorístico y hacia una inclinación por los procedimientos rutinarios (aplicación de fórmulas), sin lograr la comprensión conceptual de los mismos, tendencias que en muchas ocasiones son influenciadas por el estilo de enseñanza del docente; lo cual converge en una problemática del proceso educativo que quiere mitigarse con el aporte de esta investigación, al menos en el área de interés.

3.1.2. Actividad 2 - Análisis de la población

No existe una única forma de aprender, por lo cual, se debe caracterizar a los estudiantes basándose en sus preferencias, las cuales se relacionan con formas de recopilar, interpretar, organizar y procesar la información adquirida. Para poder identificar cual es el estilo predominante en los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, se recurre al modelo propuesto por David Kolb.

Kolb define su modelo basándose en la percepción y el procesamiento de la información, considerándolas dimensiones

Tabla 2

Percepción de la información	Procesamiento de la información
Por experiencias concretas	Por experiencias activas
Por conceptualización abstracta	Por observación reflexiva

Fuente: Los autores con información tomada de [19].

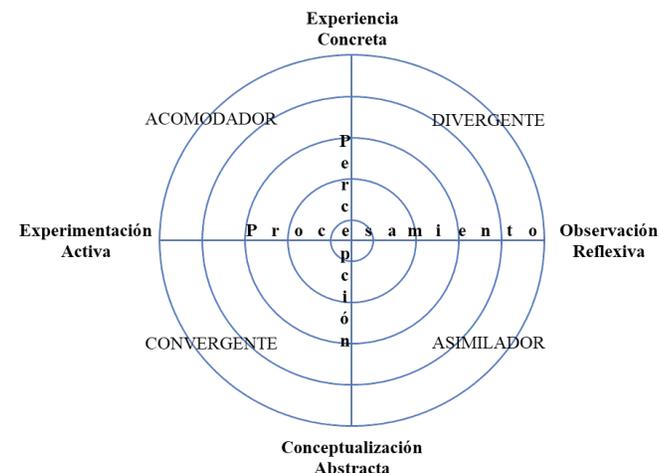


Figura 3. Matriz de cuatro cuadrantes - estilos de aprendizaje de David Kolb. Fuente: Los autores con información tomada de [19].

del aprendizaje, y a su vez, establece dos modos de percibir y dos formas de procesar la información; proponiendo así cuatro etapas en el aprendizaje las cuales se muestran en la Tabla 2

Basado en las dimensiones concernientes a la percepción y procesamiento de la información, Kolb, propone un modelo de 4 cuadrantes que explica las diferentes formas como las personas aprenden, originando la descripción de los estilos de aprendizaje, tal y como se muestra en la Fig. 3.

Estas dimensiones de procesamiento y percepción de la información, propuestas por David Kolb, se describen de la siguiente manera:

- **Percepción**

Experiencia concreta (Aprender experimentando). Las personas aprenden mediante actividades concretas, que les permita sumergirse en ellas y aprender de las mismas.

Conceptualización abstracta (Aprender generalizando). A partir de ideas o información teórica, reflexionan de manera lógica y analítica; concibiendo de mejor manera la información.

- **Procesamiento**

Experimentación activa (Aprender haciendo): Aplican la información que recibieron, en problemas o situaciones, que les permita comprobar la utilidad de la misma; trayendo como resultado la formulación de hipótesis.

Observación reflexiva (Aprender procesando): Analizan la información adquirida, desde diferentes puntos de vista, considerando los diversos significados que puedan estar presentes y así obtener una comprensión más profunda.

Según la orientación o inclinación que presenten, respecto a la forma en cómo se procesa y se percibe la información, se denotan 4 estilos de aprendizaje; divergente, asimilador, convergente y acomodador. Las principales características de estos estilos de aprendizaje se evidencian en la Tabla 3.

Tabla 3

Estilos de aprendizaje propuestos por David Kolb

Estilos de aprendizaje	Características
Divergente (Sentir + Observar)	a) Las capacidades dominantes de este estilo son la experiencia concreta y la observación reflexiva. b) Habilidad para observar un mismo fenómeno desde diferentes puntos de vista. c) Pueden generar gran cantidad de ideas a partir de una información adquirida. d) Pensamiento inductivo, partiendo de lo particular hasta lo general. e) Prefieren realizar trabajos en grupo con la intención de conocer distintas opiniones. f) Estilo correlacionado con carreras de arte, educación, historia, literaturas y psicología.
Asimilador (Pensar + Observar)	a) Las capacidades dominantes de este estilo son la observación reflexiva y la conceptualización abstracta. b) Capacidad para comprender la información, organizándola de manera clara y lógica. c) Mayor atracción hacia teorías lógicas que por actividades prácticas. d) Observan, racionalizan y reflexionan. e) Facilidad para definir y delimitar problemas, a partir de la creación de modelos teóricos, lógicos y secuenciales. f) Estilo que es característico de individuos con elección de carreras como derecho, matemáticas y aquellas relacionadas con la investigación.
Convergente (Pensar + Actuar)	a) Las capacidades dominantes de este estilo son la conceptualización abstracta y la experimentación activa. b) Solucionan problemas a partir del uso del razonamiento hipotético-deductivo. c) Prefieren las prácticas de laboratorio, simulaciones y problemas enfocados a situaciones reales. d) Tienden a encontrar utilidades prácticas a las ideas y teorías, a fin de encontrar el “¿Por qué?” de las cosas. e) Estilo que caracteriza a individuos que están inclinados hacia carreras de tecnología e ingeniería.
Acomodador (Sentir + Actuar)	a) Las capacidades dominantes en este estilo son la experimentación activa y la experiencia concreta. b) Trabajan activamente en el campo, trazando objetivos y probando distintas alternativas para el alcance de los mismos. c) Actúan guiados por su intuición, enfocándose más en actuar que en pensar. d) Presentan inclinación hacia la resolución de problemas mediante la interacción con demás personas, en lugar de desarrollar su propio resultado. e) Estilo que caracteriza a individuo que están inclinados hacia carreras relacionadas con negocios y administración

Fuente: Los autores con información tomada de [19]-[23].

3.1.3. Actividad 3 - Objetos implicados

Cada uno de los temas en cuestión, fueron representados como una serie de lecciones, considerando a estas como objetos, para los cuales se tienen en cuenta los elementos multimedia necesarios para su elaboración. La relación existente entre los objetos, viene dada por las asociaciones que se presentan entre cada una de las lecciones tratadas. Estas asociaciones representan en los sistemas multimedia los links, hipervínculos o ramificaciones hacia otras lecciones o unidades de información [18].

A partir de lo anterior, se representa, mediante un mapa de

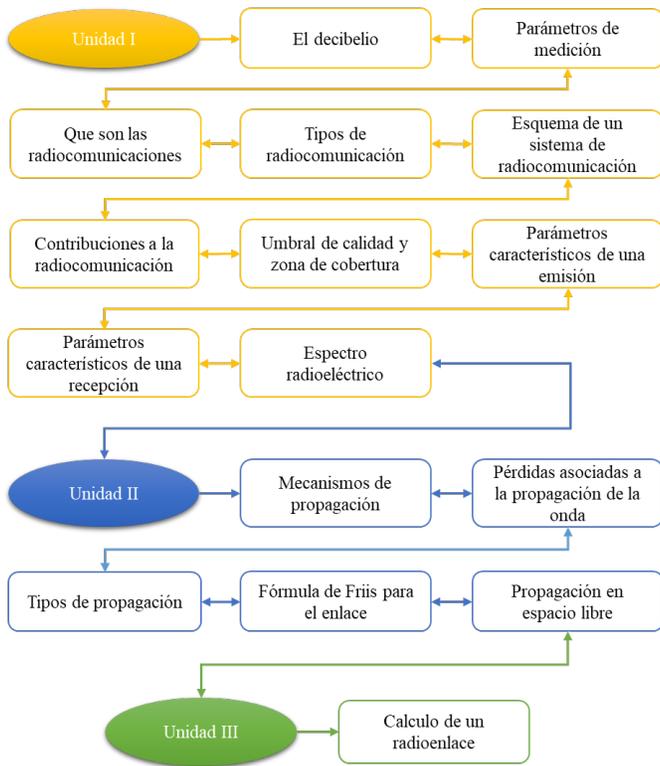


Figura 4. Mapa de navegación del software educativo. Fuente: Los autores.

navegación, cada uno de los objetos que componen el proyecto, a fin de estructurar de una forma gráfica y detallada las relaciones entre ellos. Dicho mapa se puede apreciar en la Fig. 4.

3.2. Etapa 2: Diseño instruccional

3.2.1. Actividad 1 - Metas y objetivos

Se busca una transición desde un aprendizaje de tipo conductista (aprendizaje que es memorístico, repetitivo, mecánico y, además, no es duradero, siendo necesario reforzarlo [24]) hacia un aprendizaje constructivista (el cual se basa en generar relaciones y conexiones entre los pre-saberes del alumno con los nuevos conocimientos que se le presentan, a fin de que este pueda crear su propio conocimiento [25]); esta transición se logra con la consecución de dos modelos teóricos, que se relacionan, y fundamentan el aprendizaje constructivo; y a su vez hacen parte de un proceso en el cual, partiendo desde el aprendizaje significativo, se busca llegar al cambio conceptual.

- *Aprendizaje significativo.* Este tipo de aprendizaje ocurre por asimilación de nuevos conceptos y proposiciones en una estructura conceptual y proposicional ya existente que tiene el alumno [26]. De este modo, se busca que el alumno sea capaz de generar su propio concepto, estableciendo una relación entre los conocimientos previos y la nueva información adquirida; eso implica comprender la importancia de la misma, dejando de lado el proceso memorístico. Dentro de este tipo de aprendizaje se

distinguen 3 procesos: selección, donde la memoria del estudiante determina lo que es importante aprender (memoria sensorial); organización de la información, donde se establecen representaciones coherentes y con sentido para el estudiante (memoria a corto plazo); integración, su misión es integrar conocimientos, los nuevos con los existentes, generando relaciones significativas (memoria a largo plazo) [27].

- *Cambio conceptual.* El tener malas concepciones, que en ocasiones no son más que simples hipótesis o conjeturas, tienden a interferir en el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos. El cambio es importante, si no se produce un proceso de cambio no hay aprendizaje [27], es por ello que estas concepciones deben ser modificadas o reemplazadas, es a esto lo que se conoce como cambio conceptual; el cual es descrito como la sustitución o modificación de los conceptos que posee un individuo, así como a la transformación de los procesos mediante los que se manejan dichos conceptos [28]. De este modo la aplicación del modelo de cambio conceptual involucra descubrir las preconcepciones de los estudiantes acerca un tópico o fenómeno y usar diferentes estrategias instruccionales para ayudar a modificar su estructura cognoscitiva, y por ende la transformación de sus preconcepciones [29].

3.2.2. Actividad 2 - Selección de estrategias

En aras de buscar que el estudiante “aprenda a aprender” y comprenda los contenidos de la materia, más allá de memorizarlos; el mapa conceptual se presenta como una herramienta de gran utilidad para lograr el aprendizaje significativo y por ende el cambio conceptual [30].

- *Mapas conceptuales.* Son una representación gráfica, esquemática y fluida que permite la presentación de conceptos relacionados y organizados jerárquicamente [31]. Esta estrategia de aprendizaje permite que los estudiantes capten y retengan el significado de los contenidos curriculares a través de la relación entre conceptos [26]; siendo, además, la principal herramienta de un aprendizaje basado en modelo constructivista, puesto que constituye un método eficaz para el desarrollo de habilidades cognoscitivas y deductivas, de manera que puede ser empleado para la identificación y abordaje de problemas reales y de esta manera arribar a conclusiones y soluciones creativas y autónomas[30].

3.2.3. Actividad 3 - Construcción de objetos.

A partir de la estrategia educativa seleccionada, se representa cada eje temático mediante un mapa conceptual.

3.3. Etapa 3: Diseño y desarrollo tecnológico

3.3.1. Actividad 1 - Metodología de desarrollo de software

Respecto a la metodología empleada para el desarrollo computacional, es importante que el conjunto de prácticas que esta proponga estén enfocadas a la optimización de tiempo y a su vez

contribuyan positivamente en la calidad de proyectos de desarrollo de software desempeñados individualmente, se opta por la metodología “Proceso de Software Personal (PSP, Personal Software Process)”, propuesta por Watts S. Humphrey.

3.3.2. Actividad 1.2 - Proceso Personal de Software (PSP).

El PSP es un proceso de auto mejoramiento diseñado para ayudar a controlar, administrar y mejorar la forma en que se trabaja individualmente [32]. El PSP proporciona datos históricos a fin de realizar un mejor trabajo acorde a los compromisos establecidos, apoyándose en métodos detallados de planificación y estimación [33], esto se puede apreciar en la Fig. 5.

El diseño de PSP se basa en los siguientes principios de planeación y de calidad [33].

- Cada ingeniero es esencialmente diferente; para ser más precisos, los ingenieros deben planear su trabajo y basar sus planes en sus propios datos personales.
- Para mejorar constantemente su funcionamiento, los ingenieros deben utilizar personalmente procesos bien definidos y medidos.
- Para desarrollar productos de calidad, los ingenieros deben sentirse personalmente comprometidos con la calidad de sus productos.
- Cuesta menos encontrar y arreglar errores en la etapa inicial del proyecto que encontrarlos en las etapas subsecuentes. Es más eficiente prevenir defectos que encontrarlos y arreglarlos.
- La manera correcta de hacer las cosas es siempre la manera más rápida y más barata de hacer un trabajo.

El modelo PSP está dividido en niveles, implantados de manera incremental. Los niveles superiores adicionan características a los niveles ya implantados lo que minimiza el impacto de los cambios en los hábitos del desarrollador. Este deberá tan sólo adaptar nuevas técnicas a las ya existentes y conocidas [33]. Estos niveles se pueden apreciar en la Tabla 4.

Según se ha visto, el modelo PSP presenta un conjunto ordenado de procesos, definidos y estructurados en distintos niveles, lo cual propicia un tipo de mejoramiento progresivo, a medida que va aumentando de nivel dentro del modelo. A su vez, se encuentra enfocado a ciertos objetivos, los cuales se pueden apreciar en la Fig. 6.



Figura 5. Indicaciones del Proceso Personal de Software (PSP). Fuente: Los autores con información tomada de [33].

Tabla 4 Niveles de mejoramiento PSP

Nivel	Nombre	Actividad
PSP 0	Medición personal	Registro de tiempo
		Registro de defectos
		Patrón de tipos de defectos
PSP 0.1	Registro de defectos	Patrón de codificación
		Medida de tamaño
		Propuesta de mejoramiento en procesos
PSP 1	Planteamiento personal	Estimación de tamaño
		Informe de pruebas
		Planteamiento de tareas
		Cronogramas
PSP 2	Gerenciamiento de la calidad personal	Revisiones de código
		Revisiones de proyecto
		Patrones de proyecto
PSP 3	Proceso personal cíclico	Desarrollo cíclico

Fuente: [35].

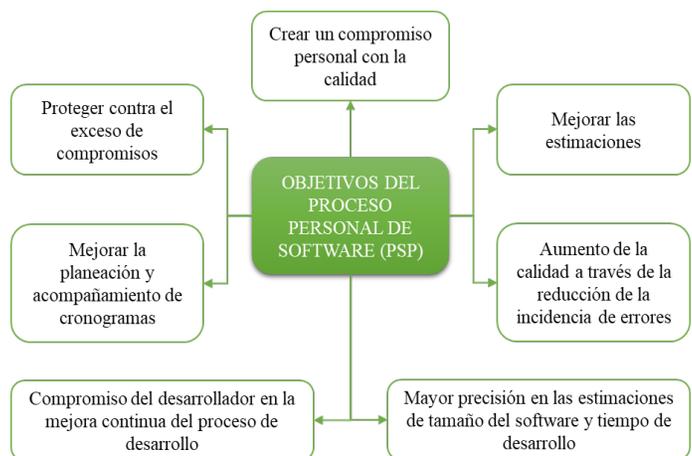


Figura 6. Objetivos del Proceso Personal de Software. Fuente: Los autores con información tomada de [34].

3.3.3. Actividad 2 - Lenguajes de programación empleados

Este proceso está fundamentado en desarrollo web, para el cual se emplearon lenguajes como:

- **HTML.** Significa Lenguaje de Marcado para Hipertextos (HyperText Markup Language), colección de estándares para el diseño y desarrollo de páginas web, representa la manera en que se presenta la información en el explorador de internet y la manera de interactuar con ella.
- **Javascript.** (abreviado comúnmente JS) empleado para el diseño de sitios web, permitiendo crear acciones dinámicas en ellos. No requiere de compilación ya que el lenguaje funciona del lado del cliente, los navegadores son los encargados de interpretar estos códigos.
- **CSS3.** Hojas de Estilo en Cascada (del inglés Cascading Style Sheets) o CSS es un lenguaje que define la apariencia de las páginas web.
- **PHP** (Hypertext Preprocessor). Es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

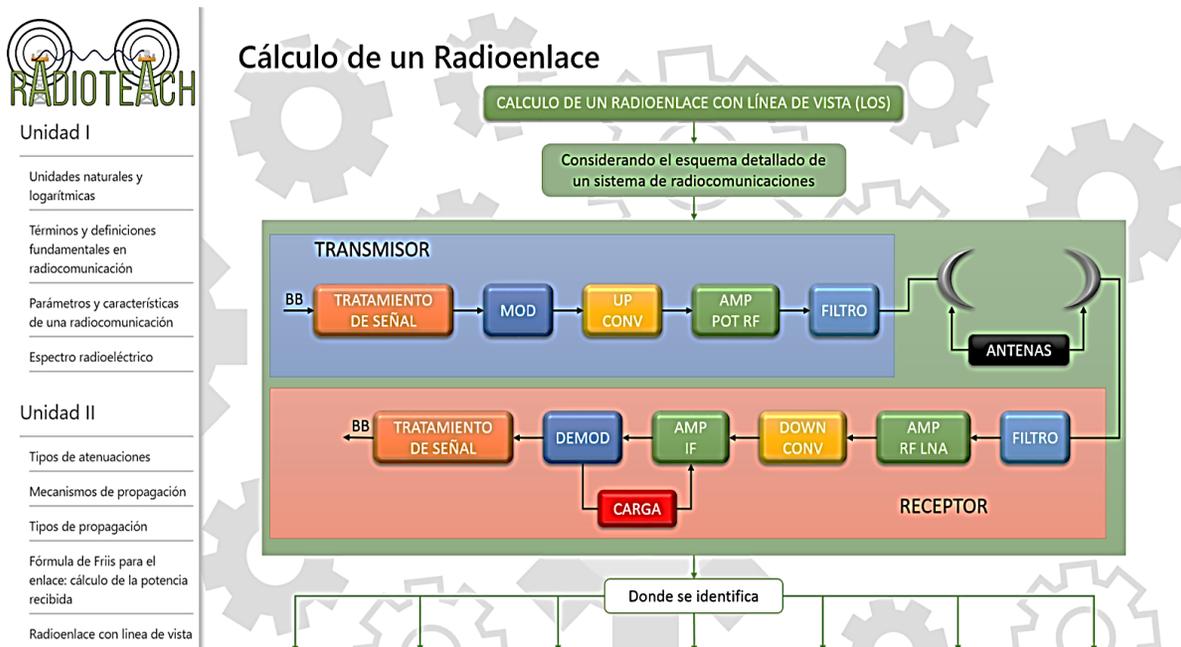


Figura 7. Interfaz gráfica del software educativo “RadioTeach”.
Fuente: Los autores.

3.3.4. Actividad 3 - Herramientas necesarias

Se requiere el uso de herramientas que permitan llevar a cabo el correcto desarrollo del software educativo, para ello se emplearon herramientas como:

- *Phpstorm*. Es un Ambiente de desarrollo interactivo que está construido sobre la plataforma de código abierto IntelliJ, desarrollado por JetBrains. Para este proyecto se empleó una versión con licencia de tipo educativa.
- *Node.js*. Entorno de ejecución, de código abierto para JavaScript, diseñado para construir aplicaciones en red escalables.
- *Electron*. Biblioteca de código abierto desarrollada por GitHub para construir aplicaciones de escritorio multiplataforma con HTML, CSS y JavaScript.
- *Bootstrap*. Framework de código abierto que permite crear interfaces web con HTML, CSS y JavaScript.

A manera de ejemplo se muestra en la Fig. 7, una vista de la interfaz gráfica del software educativo desarrollado.

3.4. Etapa 4: Evaluación

3.4.1. Actividad 1 - Pretest y postest

El pretest (cuestionario aplicado antes de la implementación del software) y postest (cuestionario aplicado después de la implementación e interacción de los estudiantes con el software) son considerados instrumentos de medición, que permiten cuantificar los cambios en el aprendizaje de los estudiantes y evaluar la metodología de enseñanza propuesta, basada en el software educativo. Estos instrumentos siguen el modelo cognitivo “pregunta - respuesta”, con los cuales se busca indagar acerca de las ideas que tienen los estudiantes

sobre conceptos relacionados con el área de las radiocomunicaciones terrestres.

Las diferentes concepciones están clasificadas en, percepción adecuada, aproximada e inadecuada, esto con el fin de poder identificar y determinar si los conceptos aportados por los estudiantes, coinciden o poseen cierta relación, con las definiciones propias de un ingeniero en telecomunicaciones, las cuales están basadas en los principales referentes bibliográficos.

Estos cuestionarios fueron elaborados a partir de la temática abordada por el software, para lo cual se contó con el apoyo de docentes expertos en el área de las radiocomunicaciones, en el desarrollo de software y en educación.

3.4.2. Actividad 2 - Prueba piloto

La prueba piloto, es un elemento de gran trascendencia dentro del presente proyecto, consiste en la primera puesta en práctica del software desarrollado ante una muestra de la población implicada. Dicha prueba permite a los estudiantes interactuar por primera vez con el software, a fin de que estos logren realizar sus aportes respecto a usabilidad del mismo.

En relación a lo anterior, las opiniones de los estudiantes estuvieron basadas en los errores de redacción y de ortografía que se encontraron mientras interactuaban con el software. Del mismo modo detectaron errores funcionales, respecto a botones de navegación entre las diversas temáticas o de cálculo de parámetros de radioenlaces analógicos y digitales. A su vez, fueron considerados los aportes sobre funcionalidades que, a criterio de ellos, el software debería poseer a fin de tener una mejor usabilidad y así ser una herramienta completa y adaptada para los estudiantes de Radiocomunicaciones de la Universidad de Pamplona, sede Villa del Rosario.

4. Resultados

Una vez culminada la implementación de la metodología propuesta para el desarrollo de software educativo y la aplicación de cada uno de los métodos evaluativos (Pretest y Postest), se procedió a realizar un análisis de las respuestas aportadas por los estudiantes que conformaron la población objeto de investigación, a fin de poder determinar la incidencia que tiene el software dentro del proceso educativo y del mismo modo, corroborar si se lograron las metas u objetivos de aprendizaje que se trazaron dentro de la etapa 2 de dicha metodología. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el pretest y el postest, en función de las percepciones de los estudiantes en cada una de las preguntas.

4.2. Resultados del pretest y postest

Una vez fueron graficadas las cantidades porcentuales de las percepciones los estudiantes en cada pregunta del pretest (ver Fig. 8), se logra evidenciar que las percepciones aproximadas e inadecuadas priman sobre la percepción adecuada, donde esta última solo se hace presente en seis preguntas de un total de doce. Por otra parte, la percepción inadecuada es un factor común en cada una de las preguntas del pretest.

Haciendo un análisis temático se identifica que los contenidos sobre los cuales se tiene la mayor conjetura son: el

análisis completo y detallado de un radioenlace, los tipos de propagación que se pueden emplear en un sistema de radiocomunicaciones y todo lo relacionado con radioenlaces digitales.

A manera de síntesis se presenta en la Fig. 9, una ponderación de los resultados mostrados en la Fig. 8, donde se puede evidenciar que el 48% de la población objeto de estudio tiene una percepción inadecuada de los temas analizados, así mismo el 35% posee una percepción aproximada y tan solo un 17% presenta una percepción adecuada.

A partir del análisis de los resultados obtenidos en el pretest se procede a la incorporación del software educativo desarrollado como parte de la práctica pedagógica del docente en el aula, durante un lapso de 3 semanas. Una vez culminados los encuentros en los cuales el software educativo formo parte de la dinámica de las clases, se procede a la aplicación del postest, cuyos resultados se muestran en la Fig. 10.

Con base en los resultados obtenidos en el postest, se logra evidenciar en la Fig. 11 la reducción de los porcentajes de percepciones aproximadas e inadecuadas, pasando de un 17% a 72% de percepciones adecuadas, lo cual permite inferir que el uso de software educativo en la práctica pedagógica del docente es una herramienta que favorece el proceso de enseñanza - aprendizaje.

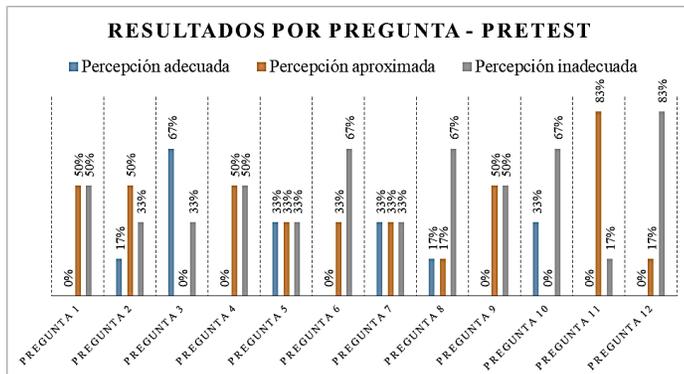


Figura 8. Resultados por pregunta - pretest.
Fuente: Los autores.

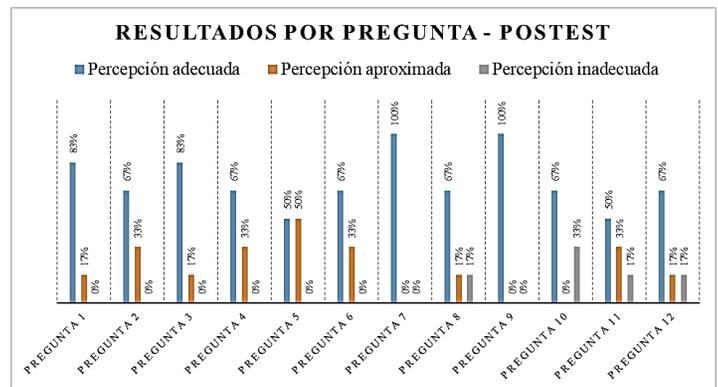


Figura 10. Resultados por pregunta - postest.
Fuente: Los autores.



Figura 9. Resultados ponderados - pretest.
Fuente: Los autores.



Figura 11. Resultados ponderados - postest.
Fuente: Los autores.

5. Conclusiones

Los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, campus Villa del Rosario tienen estilo de aprendizaje convergente y asimilador, según el modelo de Kolb. Convergente porque perciben y procesan la información mediante la conceptualización abstracta y la experimentación activa, respectivamente. Asimilador porque perciben y procesan la información mediante la conceptualización abstracta y la observación reflexiva, respectivamente. Es decir, son estudiantes que prueban los conceptos aprendidos experimentalmente, mediante simulaciones y prácticas de laboratorio con un excelente razonamiento inductivo, lo cual les permite destacarse en el estudio y la investigación de fenómenos físicos.

Según lo expuesto por Kolb, el estilo de aprendizaje característico de los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, Campus Villa del Rosario, es coherente con el estilo de aprendizaje que estudian carreras de tecnología e ingeniería y tienden a especializarse en las ciencias de información, investigación y análisis.

Caracterizar el estilo de aprendizaje de los estudiantes, permite trazar metas y objetivos de aprendizaje, los cuales se enfocan a un paradigma constructivista, recurriendo al mapa conceptual como herramienta instructiva. Lo anterior en aras de satisfacer las preferencias de percepción y procesamiento de información de los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, Campus Villa del Rosario.

El pretest se aplica después de desarrollar las clases siguiendo una metodología conductista y, aunque hubo prácticas de laboratorio, los resultados obtenidos permiten inferir que la experimentación activa, por sí sola, no genera un aprendizaje significativo, puesto que el 48% presenta una percepción inadecuada, el 35% una percepción aproximada y tan solo un 17% una percepción adecuada de los conceptos analizados. Debido a ello, se enfoca el desarrollo del software en la conceptualización abstracta y con los resultados del postest se evidencia una mejora en el aprendizaje, dado que el 72% presenta una percepción adecuada, el 21% una percepción aproximada y tan solo un 7% presenta una percepción inadecuada; representando así la consecución del cambio conceptual en los estudiantes.

A la hora de tratar la temática correspondiente a análisis de radioenlaces tanto análogos como digitales, se evidencia que, pese a que existe una mejora en cuanto a las percepciones conceptuales que tienen los estudiantes sobre la misma, las percepciones inadecuadas y aproximadas se siguen presentando con un porcentaje constante. A partir de lo anterior, es necesario el uso de técnicas pedagógicas diferentes que permitan complementar esta temática, las cuales pueden estar basadas en prácticas de laboratorio o de campo, para así mejorar la comprensión conceptual en busca de un aprendizaje significativo.

El uso de software educativo en sí mismo no tiene la facultad de incidir positivamente en el desarrollo de conocimientos, es por ello que cobra importancia el momento

pedagógico de su aplicación y es allí donde se destaca el impacto de este proyecto en la práctica pedagógica de los docentes del programa Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, demostrando que no es suficiente tener las herramientas que se consideran adecuadas para la enseñanza de los diversos conceptos y fenómenos, objetos de estudio, considerando la importancia del ¿Cómo? ¿Cuándo? y ¿Dónde? de su inclusión en el proceso de enseñanza - aprendizaje, llevando a los docentes hacia una reflexión seria sobre la planeación pedagógica, didáctica y curricular de sus asignaturas.

Se realizó un aporte en el estado del arte en lo referente al desarrollo de software educativo en su comprensión, descripción y creación; resaltando la utilidad del diagnóstico previamente ejecutado en la metodología propuesta en este proyecto, basado en la caracterización de los estudiantes y en la diversificación temática que sería abordada por el software, incrementado así el impacto de su aplicación en el proceso educativo.

Referencias

- [1] Vaca-Calero, J. del C., Simulación del modelo de propagación Cost 231 Walfisch-ikegami para el canal móvil de bandas 4G, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2015.
- [2] Quintana, R.A., Bordón-López, R. y Sánchez, S.M., Estudio comparativo de los modelos de propagación de canal inalámbrico, RIELAC, 1, pp. 12-26, 2013.
- [3] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) y Agencia Nacional del Espectro (ANE), Ingeniería del espectro radioeléctrico, 1^{ra} Ed., República de Colombia, 2012.
- [4] Uquillas-Trujillo, G.B. y Calvopiña, W., Mediciones y simulación de atenuaciones producidas por edificaciones que afectan a la banda de radiodifusión en frecuencia modulada en la ciudad de Riobamba, Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2016.
- [5] Castillo-Olmo, I., Caracterización experimental del canal radio a 2.4 GHz para sistemas MIMO en entornos de interiores, Tesis de grado, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España, 2008.
- [6] Mejía, L.S., Osorio-Vélez, B.E., Osorio, J.A., Campillo, G.E. y Covalada, R., Análisis de la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo en el nivel tecnológico y universitario, Entre Cienc. e Ing., 0(12), pp. 24-28, Jan. 2012.
- [7] Cózar-Gutiérrez, R., V De Moya-Martínez, M. Hernández-Bravo, J.A. and Hernandez-Bravo, J.R., Conocimiento y uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) según el estilo de aprendizaje de los futuros maestros, Form. Univ., 9(13), pp. 105-118, 2016.
- [8] Saavedra-Pencué, A.O., Diseño de un software educativo para el aprendizaje de funciones matemáticas en la Institución Educativa de Roza-Palmira. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia, 2013.
- [9] Muñoz-Palacio, Ó.D., Propuesta de enseñanza del concepto de producto vectorial a través de la utilización del software cabri 3-D, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, 2015.
- [10] Navarro-Fuentes F.A. et al., RadioWeb: herramienta Web para la realización de prácticas de asignaturas relacionadas con sistemas de radiocomunicaciones., Congr. Int. Innovación Docente, pp. 387-398, 2011.
- [11] Arias-Erazo, H.M., Diseño y construcción de un aula virtual para la conceptualización de teoría electromagnética en la carrera de electrónica y redes de información de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, usando la plataforma, Quito, 2014., 2014.
- [12] Teixeira-da Silva, M.A., da Hora-Macedo, S. and dos Santos-Leite, E., Teaching electromagnetism by images simulations in the telecommunications technical course, J. Educ. Instr. Stud. World, 6(4), pp.

- 72-76, 2016.
- [13] Hernández-Rodríguez, A., Usabilidad de un software educativo como medio instruccional para el proceso de enseñanza-aprendizaje de una asignatura, *Rev. Iberoam. para la Investig. y el Desarro. Educ.*, 11(2), p. 34, 2013.
- [14] Carr, N., The crisis in higher education, *MIT Technol. Rev.*, 115(6), pp. 34-42, 2012.
- [15] Fuentes-Reyes, M., Metodologías para el desarrollo de software educativo, Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 2007.
- [16] Gálvis-Panqueva, Á.H., Mariño-Drews, O. y Gómez-Castro, R.A., Ingeniería de Software educativo con modelaje orientado por objetos: un medio para desarrollar micromundos interactivos, *Informática Educ. Uniandes- LIDIE*, 11(1), pp. 9-30, 1998.
- [17] Polo, M., Aproximación a un modelo de diseño: ADITE, *Docencia Univ. IV*(1), p. 17, 2003.
- [18] Benigni, G., Una metodología orientada a objetos para la producción de software multimedia *Saber*, 16(1), pp. 26-32, 2004.
- [19] Cepeda-Rodríguez, R., Los modelos de aprendizaje de Kolb, Honey y Mumford: implicaciones para la educación en ciencias, *Sophia-Educación*, 14(1), pp. 51-64, 2017.
- [20] Vergara, C., Actualidad en psicología, 2018. [Online]. Available at: <https://www.actualidadenpsicologia.com/la-teoria-de-los-estilos-de-aprendizaje-de-kolb/>. [Accessed: 15-Jan-2019].
- [21] Romero, L.N., Salinas, V. and Mortera, F.J., Estilos de aprendizaje basados en el Modelo de Kolb en educación virtual, *Apertura*, 2(1), pp. 9-17, 2010.
- [22] Gómez-Pawelek, J., El aprendizaje experiencial, Buenos Aires, 2016.
- [23] Legorreta-Cortés, B.P., Estilos de aprendizaje, *Mensaje Bioquímico*, XXX, pp. 1-11, 2014.
- [24] Leiva, C., Conductismo, cognitivismo y aprendizaje, *Tecnol. en Marcha*, 18(1), pp. 66-74, 2005.
- [25] Diaz, J.R., Los mapas conceptuales como estrategia de enseñanza y aprendizaje en la educación básica: propuesta didáctica en construcción, *Educere*, 6(18), pp. 194-203, 2002.
- [26] Gallego-Arrufat, J., Crisol-Moya, E. y Gámiz-Sánchez, V., El mapa conceptual como estrategia de aprendizaje y de evaluación en la universidad. Su influencia en el rendimiento de los estudiantes, *Enseñanza Teach. Rev. Interuniv. Didáctica*, 31(2), pp. 145-165, 2013.
- [27] Flores-Hole, C., Desde el aprendizaje significativo hasta el cambio conceptual, En: *Transposición didáctica del conocimiento.*, Fundación editorial El Perro y la Rana, 2017, pp. 31-49,
- [28] Raynaudo, G. y Peralta, O., Cambio conceptual: una mirada desde las teorías de Piaget y Vygotsky, *Lib. Rev. Psicol.*, 23(1), pp. 137-148, 2017.
- [29] Mahmud, M.C. and Gutiérrez, O.A., Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias, *Form. Univ.*, 3(1), pp. 11-20, 2010.
- [30] Vidal-Ledo, M., Vialart-Vidal, N. y Rios-Vialart, D., Mapas conceptuales. Una estrategia para el aprendizaje, *Educación Médica Super.*, 21(3), 2017.
- [31] Mayayo-Aranda, M.C., Estrategias de aprendizaje. El mapa conceptual, *Publicaciones Didact.*, 49, pp. 104-108, 2014.
- [32] Soto-Duran, D. y Reyes Gamboa, A., Proceso personal de Software en la formación del profesional informático, en: *Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática*, 2010, 4 P.
- [33] Larco-Ampudia, E.A., Uso del PSP (Personal Software Process) en el desarrollo de Software, *Escuela Politécnica Nacional*, Quito, Ecuador, 2007.
- [34] Soto-Duran, D. y Reyes-Gamboa, A., Introduciendo PSP (proceso personal de software), *Rev. Colomb. Tecnol. Av.*, 2(16), p. 5, 2010.
- [35] Humphrey, W., *Introducción al proceso software personal*, 2^{da} Ed. Addison Wesley, Madrid, España, 2001.
3. Realiza un esquema que represente un proceso de radiocomunicación
 4. ¿Para usted que es el espectro radioeléctrico? ¿lo considera importante, por qué?
 5. ¿Qué entiende por atenuación en radiocomunicaciones?
 6. ¿Qué factores cree que pueden afectar un radioenlace? ¿estos factores dependen de la frecuencia, por qué?
 7. ¿Qué entiende por mecanismos de propagación?
 8. ¿Qué entiende por tipos de propagación?
 9. ¿Describa la utilidad de la ecuación de Friis en las radiocomunicaciones?
 10. De un ejemplo de un radioenlace con línea de vista directa
 11. Describa los parámetros que se deben considerar en el cálculo de un radioenlace con línea de vista directa análogo.
 12. Describa los parámetros que se deben considerar en el cálculo de un radioenlace con línea de vista directa digital.

Postest

1. ¿Qué es un decibel (dB)?
2. ¿Qué es radiocomunicación o radioenlace?
3. Represente en un esquema detallado un proceso de radiocomunicación
4. ¿Qué es el espectro radioeléctrico? ¿Cuál es su importancia?
5. ¿Qué es atenuación en radiocomunicaciones?
6. ¿Qué factores pueden afectar un radioenlace?
7. ¿Qué son mecanismos de propagación? ¿Cuáles son?
8. ¿Cuáles son los tipos de propagación? Describalos.
9. ¿Qué función tiene la ecuación de Friis en un sistema de radiocomunicaciones?
10. Enuncie un ejemplo de un radioenlace con línea de vista directa
11. Describa los parámetros que se deben considerar en el cálculo de un radioenlace con línea de vista directa análogo.
12. Describa los parámetros que se deben considerar en el cálculo de un radioenlace con línea de vista directa digital.

A.A. Báez-Pérez, es Ing. en Telecomunicaciones en 2019, de la Universidad de Pamplona, Villa del Rosario, Colombia. De 2014 a 2018 trabajó como miembro del semillero de investigación REDCOMSIS (Redes, Comunicaciones y Sistemas), en el proyecto titulado "Implementación de una central telefónica IP usando computación distribuida basada en software libre y hardware de bajo costo". Participó en 2016 como ponente en el II evento departamental de semilleros de investigación, RedCOLSI, nodo Norte de Santander. Participó como ponente en modalidad oral en el XIV Encuentro de Matemática Aplicada y XI Encuentro de Estadística que se desarrolló el 7 de diciembre del año 2018 en San José de Cúcuta, Norte de Santander Colombia. ORCID: 0000-0002-6321-3623

A.J. Soto-Vergel, es Ing. Electrónico en 2013 de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia; Esp. en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo de Software en 2016, de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia; y Tecg. en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información en 2017 del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Bogotá, Colombia. Ha trabajado en programas y proyectos del área de electrónica, telecomunicaciones, desarrollo de software y educación en ingeniería en el Grupo de Investigación En Telecomunicaciones y Nuevas Tecnologías (GITENT). Actualmente es docente catedrático universitario en la ciudad de Cúcuta, Colombia. ORCID: 0000-0001-5093-0183.

J.E. Herrera-Rubio, es Ing. Electrónico en 2000, de la Universidad de Pamplona, Colombia; Esp. en Telecomunicaciones en 2001, de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia; MSc. en Electrónica en 2008, de la Universidad Experimental del Táchira (UNET), San Cristóbal, Venezuela y Dr. en Ciencias en 2017, de la Universidad Belloso Chacín (URBE) Maracaibo, Venezuela. Ha trabajado en la Empresa Telecom Colombia por 17 años, Ingeniero de Proyectos en las empresas Wnetworks, Comsistelco y Redes Digitales en las áreas de electrónica, telecomunicaciones y redes durante un período de 5 años, docente en ingenierías y de posgrado desde el año 2000, actualmente es docente de planta de la universidad de Pamplona y dirige el grupo de investigación GITENT, Cúcuta, Colombia. ORCID: 0000-0002-9661-54.

Anexo

Pretest

1. ¿Qué representa para usted un decibel (dB)?
2. ¿Qué entiende por radiocomunicación o radioenlace?