

Modelo de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil



Monografía presentada para la obtención del
Título de

Magíster en Computación

Estudiante:

Ingeniero, Jorge Adrián Muñoz Velasco

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas – Grupo de Investigación en Inteligencia
Computacional
Maestría en Computación
Popayán, agosto de 2020

Modelo de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil



Monografía presentada para la obtención del
Título de

Magíster en Computación

Estudiante:

Ingeniero, Jorge Adrián Muñoz Velasco

Directora: PhD. Carolina González Serrano

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas – Grupo de Investigación en Inteligencia
Computacional
Maestría en Computación
Popayán, agosto de 2020

Resumen

La importancia de la evaluación en el proceso formativo de los estudiantes es clave para alcanzar los objetivos de aprendizaje. A su vez, la tecnología también está contribuyendo a mejorar y empoderar a los estudiantes y profesores respecto a los desafíos de enseñanza y aprendizaje del siglo XXI. Sin embargo, la evaluación a través de nuevas tecnologías es desafiante tanto para el profesor como para el estudiante, así, varios investigadores en el campo han propuesto diferentes Modelos y Sistemas de Aprendizaje Móvil que consideran aspectos de evaluación, pero muchos de estos sistemas carecen de elementos formativos que permitan el soporte o realimentación continua al estudiante cuando este es evaluado; además no se están considerando las condiciones ambientales del entorno de aprendizaje que puedan afectar al estudiante y por ende alterar los resultados del proceso evaluativo. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación propone un modelo conceptual de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil, con elementos de realimentación y uso de información contextual. El modelo se construye a partir de la caracterización de diferentes propuestas de la literatura, entrevista a expertos y oportunidades de mejora. Esta investigación también presenta, un prototipo software con base en el concepto de realimentación definido en el modelo propuesto, el cual es evaluado a través de un estudio de caso multimodal para evidenciar la efectividad de la realimentación definida en la propuesta.

Palabras claves: Evaluación Formativa, Sistemas de Aprendizaje Móvil, Realimentación, Contexto Sensible, Modelo Conceptual, Estudio de Caso, Prototipo Software.

DEDICATORIA

A el Dios de la vida por permitirme culminar un logro más bajo su amor y guía. A mis padres, Jorge Muñoz y Luz Dary Velasco, por sus principios y ejemplos, por su empeño en mi formación académica desde pequeño, por entender que la mejor herencia que me pueden dejar es la educación; a mis hermanas por su apoyo y comprensión, especialmente, a mi hermana Carolina Muñoz por sus revisiones finales a este documento. A mi directora de grado, Carolina González, por su acompañamiento y dirección, de quien he tenido la oportunidad de aprender desde el pregrado y por quien tengo una especial admiración al ser una extraordinaria mujer investigadora, inteligente, sensible y gran profesional.

También agradezco a Miguel Ángel Mendoza, profesor de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, quien me recibió en la ciudad de Tunja para desarrollar mi pasantía de investigación, a él y a su grupo de investigación, mil gracias. Especial aprecio y agradecimiento a Santiago García, por su apoyo durante el desarrollo del prototipo software, pero sobre todo por su nobleza y ayuda para conmigo. A Diego Fernando Paladinez, profesor de la Institución Educativa Antonio García Paredes, y a la misma institución, quienes de manera amable y muy oportuna permitieron la realización del estudio de caso a pesar de la situación derivada por la pandemia del covid19. A Jhonatan Moreno, profesor de la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas por su asesoría para la interpretación de los resultados cuantitativos de la investigación.

A mis compañeros de oficina, Andrea Pabón, Julián Bolaños, Daniel Paz y Alex Rosero, quienes estuvieron al tanto de mi progreso durante mis estudios. A Jhon Masso, por las buenas reflexiones a las que llegábamos respecto a la presente propuesta. Y sin dudarlo, a la ilustre Universidad del Cauca, a los docentes del departamento de Sistemas y al personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, y a mis compañeros del programa de Maestría en Computación.

*A todos y cada uno de los que siempre estuvieron pendientes de mis estudios.
Con aprecio y cariño,*

Jorge Adrián Muñoz Velasco

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| CAPITULO I. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 12 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN..... | 15 |
| 1.3. APORTE INVESTIGATIVO..... | 16 |
| 1.4. OBJETIVO GENERAL..... | 17 |
| 1.4.1. Objetivos específicos | 17 |
| 1.5. ESQUEMA METODOLÓGICO | 17 |
| 1.5.1. Fase de Información..... | 18 |
| 1.5.2. Fase Proposicional y Analítica | 18 |
| 1.5.3. Fase de Valoración | 19 |
| 1.5.4. Fase de Documentación y Divulgación | 19 |
| 1.6. CONDICIONES DE ENTREGA | 19 |
| 1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES..... | 20 |
| 1.8. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO | 20 |
| CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL E INVESTIGATIVA | 22 |
| 2.1. MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.1.1. Sistemas de Aprendizaje Móvil (Mobile Learning System) | 22 |
| 2.1.2. Contexto..... | 22 |
| 2.1.3. Computación sensible al contexto (Context-Aware Computing) | 23 |
| 2.1.4. Evaluación..... | 23 |
| 2.1.5. Realimentación formativa y características | 24 |
| 2.1.6. Modelo | 25 |
| 2.1.7. Componente software | 25 |
| 2.2. ESTADO DEL ARTE | 25 |
| 2.2.1. Experiencias de Aprendizaje Móvil y Ubicuo sensibles al contexto | 25 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2. Experiencias de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil | 30 |
| 2.3. BRECHAS Y DESAFÍOS..... | 35 |
| 2.4. CONCLUSIONES | 36 |
| CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN DE ENTIDADES, TÉCNICAS Y COMPONENTES DE MODELADO | 37 |
| 3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN | 37 |
| 3.1.1. Pregunta de investigación..... | 37 |
| 3.1.2. Fuente de datos y estrategia de búsqueda..... | 38 |
| 3.1.3. Criterios de inclusión y exclusión | 39 |
| 3.2. RESULTADOS | 39 |
| 3.2.1. Estudios primarios seleccionados..... | 39 |
| 3.2.2. Descripción de resultados..... | 41 |
| 3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS | 43 |
| 3.3.1. Evaluación | 43 |
| 3.3.2. Entidades del contexto..... | 44 |
| 3.3.3. Técnicas de razonamiento..... | 45 |
| 3.3.4. Componentes de modelado..... | 46 |
| 3.4. CONCLUSIONES..... | 47 |
| CAPITULO IV. MODELO DE EVALUACIÓN FORMATIVA EN SISTEMAS DE APRENDIZAJE MÓVIL | 49 |
| 4.1. INTRODUCCIÓN..... | 49 |
| 4.2. ALCANCE..... | 49 |
| 4.3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO..... | 51 |
| 4.4. CREACIÓN DEL MODELO MEF-SAM..... | 53 |
| 4.4.1. Fase F1: Análisis fuentes de información | 53 |
| 4.4.2. Fase F2: Selección y agrupamiento de conceptos | 54 |
| 4.4.3. Integración de nuevos conceptos | 58 |
| 4.4.4. Construcción del modelo MEF-SAM..... | 66 |
| 4.4.5. Formalización del modelo MEF-SAM..... | 71 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5. CONCLUSIONES..... | 73 |
| CAPÍTULO V. PROTOTIPO DE HERRAMIENTA SOFTWARE BASADO EN MODELO MEF-SAM..... | 75 |
| 5.1. INTRODUCCIÓN..... | 75 |
| 5.2. HERRAMIENTAS RELACIONADAS | 76 |
| 5.3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO..... | 79 |
| 5.4. PROTOTIPO SOFTWARE | 81 |
| 5.4.1. Sprint 1: Aplicación de servicios | 81 |
| 5.4.2. Sprint 2: Formulario web..... | 82 |
| 5.5. CONCLUSIONES..... | 84 |
| CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN DEL MODELO PROPUESTO..... | 86 |
| 6.1. INTRODUCCIÓN..... | 86 |
| 6.2. METODOLOGÍA..... | 87 |
| 6.3. DISEÑO..... | 88 |
| 6.3.1. Objetivo del estudio | 89 |
| 6.3.2. Preguntas de investigación..... | 89 |
| 6.3.3. Constructores y definiciones operacionales..... | 89 |
| 6.3.4. Proporciones teóricas | 90 |
| 6.3.5. Unidades de análisis..... | 90 |
| 6.4. PREPARACIÓN..... | 91 |
| 6.4.1. Fuentes e instrumentos de datos..... | 92 |
| 6.4.2. Recursos de apoyo | 93 |
| 6.5. EJECUCIÓN..... | 93 |
| 6.5.1. Lista de chequeo | 93 |
| 6.5.2. Mecanismo de recolección de datos..... | 95 |
| 6.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS | 95 |
| 6.6.1. Pregunta 1 de investigación..... | 96 |
| 6.6.2. Pregunta 2 de investigación..... | 97 |
| 6.6.3. Pregunta 3 de investigación..... | 97 |
| 6.6.4. Pregunta 4 de investigación..... | 100 |

| | |
|---------------------------------------------------|-----|
| 6.7. CONCLUSIONES | 103 |
| 6.7.1. Conclusiones del estudio | 103 |
| 6.7.2. Limitantes | 104 |
| 6.7.2. Oportunidades de mejora | 104 |
| CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y TRABAJOs FUTURO..... | 105 |
| 7.1. CONCLUSIONES | 105 |
| 7.2. OPORTUNIDADES DE MEJORA..... | 107 |
| 7.3. TRABAJO FUTURO | 107 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 109 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1. Alcance y aporte de modelo MEF-SAM. | 51 |
| Figura 2. Elaboración propia, proceso metodológico para la construcción del modelo | 52 |
| Figura 3. Elaboración propia, resultados del proceso de caracterización. | 53 |
| Figura 4. Entidades del contexto sensible de la caracterización..... | 55 |
| Figura 5. Agrupamiento y síntesis de conceptos. | 57 |
| Figura 6. Relacionamiento de uno o varios conceptos con párrafos o ideas en Atlas.ti | 59 |
| Figura 7. Red de conceptos relacionados..... | 61 |
| Figura 8. Matriz de co-ocurrencia de los conceptos generados..... | 62 |
| Figura 9. Conceptos nuevos del proceso de entrevista | 63 |
| Figura 10. Dimensiones de realimentación [68]. | 64 |
| Figura 11. Característica fuentes de realimentación..... | 66 |
| Figura 12. Conceptos finales del modelo MEF-SAM. | 67 |
| Figura 13. Modelo de Evaluación MEF-SAM | 68 |
| Figura 14. Vista componentes modelo MEF-SAM | 69 |
| Figura 15. Vista tecnológica del modelo MEF-SAM..... | 70 |
| Figura 16. Vista funcional <caso general> del modelo MEF-SAM..... | 71 |
| Figura 17. Tabla de comparación dimensiones de realimentación [69]. | 77 |
| Figura 18. Marco de trabajo Scrum implementado | 80 |
| Figura 19. Aplicación Android EvaluaSense | 82 |
| Figura 20. Formulario de evaluación..... | 83 |
| Figura 21. Mecanismo de realimentación | 83 |
| Figura 22. Reglas de inferencia condicional | 84 |
| Figura 23. Procesos generales de un estudio de caso. | 87 |
| Figura 24. Gráfico sobre tipos de realimentación..... | 96 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 25. Gráfico sobre tiempo de ocurrencia | 97 |
| Figura 26. Gráfico sobre tipos de presentación | 98 |
| Figura 27. Gráfico sobre afectación durante la evaluación | 98 |
| Figura 28. Red de conceptos sobre opiniones de los estudiantes | 99 |
| Figura 29. Barra de porcentajes sobre preguntas correctas pre y pos test..... | 102 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Características de realimentación efectiva..... | 24 |
| Tabla 2. Preguntas de investigación | 38 |
| Tabla 3. Estudios primarios | 41 |
| Tabla 4. Entidades del contexto sensible..... | 41 |
| Tabla 5. Técnicas de razonamiento | 42 |
| Tabla 6. Componentes de modelado | 43 |
| Tabla 7. Entidad “Físico” agrupada con las características de la entidad “Ubicación”. | 55 |
| Tabla 8. Perfil de expertos. | 59 |
| Tabla 9. Conceptos y componentes relacionados a Google Classroom..... | 78 |
| Tabla 10. Pila de producto | 81 |
| Tabla 11. Preguntas de investigación estudio de caso | 89 |
| Tabla 12. Constructores operacionales | 90 |
| Tabla 13. Constructores operacionales | 91 |
| Tabla 14. Análisis de CV porcentual | 102 |

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la UNESCO, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) aumentan y enriquecen las oportunidades de aprendizaje en diferentes contextos [1]. En Colombia, la incorporación y uso de TIC en las aulas de clase, ha sido promovida por el Gobierno Nacional [2], [3], entregando desde el año 2010 al 2016 un aproximado de 1.648.000 dispositivos móviles o tabletas, enmarcadas en el programa Tabletas para Educar [4]. En consecuencia, el Plan Nacional Decenal de Educación, 2016-2026 [5] propende por el desarrollo integral de los ciudadanos y resalta que se debe aprovechar de manera transversal el potencial que tienen las nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación, construcción de conocimiento, investigación e innovación.

Así, los primeros esfuerzos por incorporar y usar TIC en los entornos educativos, se encuentran alrededor del Aprendizaje Electrónico o EL (por sus siglas en inglés), el cual se refiere a la utilización de sistemas electrónicos para soportar las estrategias y procesos educativos [6]. Los proyectos de EL, se han visto limitados en el tiempo debido al costo, peso, tamaño y cuidado de la infraestructura en condiciones muy controladas [1]. Por su parte, el Aprendizaje Móvil o ML (por sus siglas en inglés), es soportado con el uso de dispositivos portables bajo la premisa que el estudiante puede aprender en diferentes lugares y momentos [7], [8]; el avance de la tecnología en los últimos años ha traído consigo dispositivos ubicuos [6] que se integran a los dispositivos físicos existentes en los ambientes de aprendizaje. Esta última tecnología denominada Aprendizaje Ubicuo o UL (por sus siglas en inglés), detecta las ubicaciones y contextos del mundo real [9], integra los beneficios del EL y ML en entornos de aprendizaje soportados por tecnología, con el fin de usar la

información del contexto¹ para entregar contenidos o materiales educativos adaptados de acuerdo las preferencias y necesidades de cada estudiante y de las características de los dispositivos y entornos.

En este sentido, los sistemas que utilizan la información del contexto se denominan Sistemas de Aprendizaje Móvil Sensibles al Contexto [10], los cuales deben considerar el contexto de aprendizaje y contexto móvil, con el objetivo de garantizar procesos de aprendizaje efectivos. El contexto de aprendizaje, hace referencia a: (i) características del estudiante, (ii) recursos educativos, (iii) actividades de aprendizaje y (iv) estrategia pedagógica; mientras que el contexto móvil está definido por el aprendizaje obtenido con respecto al medio de entrega (dispositivo móvil) [11]. Así, la identificación y recuperación de la información del contexto requiere considerar la dinamicidad del proceso, lo cual implica considerar los cambios en rendimiento, desplazamiento y necesidades del estudiantado [12].

Cabe anotar que cuando se habla de procesos de aprendizaje, es indispensable mencionar la evaluación (assessment), la cual hace referencia a un proceso de recopilación, interpretación y uso sistemático de la información, para mejorar el aprendizaje y la motivación de los estudiantes [13]. La evaluación provee información valiosa para guiar a los profesores, apoyar a los estudiantes paso a paso y/o monitorear su progreso y logros [10]. Según [14], el componente más importante del proceso de evaluación, es la realimentación (feedback), considerándolo como el medio único y potente para alcanzar y/o mejorar los logros académicos. Una adecuada realimentación realizada regularmente, debe ser constructiva y significativa [15], es decir, debe informar al estudiante y al profesor sobre los logros alcanzados, identificar las principales dificultades durante el proceso de aprendizaje, con el objetivo de realizar las intervenciones necesarias,

¹ “El contexto es cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad es una persona, lugar u objeto que es considerado relevante para la interacción entre el usuario y una aplicación”. A. Dey, Understanding and using context, Personal Ubiquitous Comput. 2001. 4-7.

en términos de contenidos, tiempo, formas y estrategias de aprendizaje, ayudas, entre otras [16].

Investigadores en el campo de la evaluación han sugerido promover esfuerzos y estrategias que permitan evidenciar la efectividad del aprendizaje en procesos de evaluación formativa soportados por tecnología [10], [17]. Así, diferentes estudios han realizado propuestas en dominios específicos [18]–[21], los cuales no consideran entidades del contexto que permitan capturar las características o situaciones de cada estudiante, limitando posibles ajustes o mejoras sobre las condiciones de evaluación y las prácticas educativas establecidas por el docente. De igual forma, la efectividad de los mecanismos de realimentación de este tipo de sistemas requiere de la identificación efectiva de información, la cual está sujeta a los eventos que pueda desencadenar cada estudiante, ya sea por su rendimiento, nivel de comprensión, motivación, habilidades, cambio de ubicación o características del dispositivo que usa [22], [23].

De esta forma, la identificación adecuada de las entidades del contexto y el análisis de la información, permitirán realizar una adecuada realimentación y soporte de los servicios educativos [24] requeridos en entornos sensibles al contexto acorde a los requerimientos de docentes y estudiantes.

En este sentido, se prioriza la necesidad de contar con soluciones del ámbito computacional, que permitan definir de manera explícita los componentes que se deben considerar en los sistemas de aprendizaje móvil sensibles al contexto para soportar procesos de evaluación formativa.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el presente proyecto plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo soportar procesos de evaluación formativa en sistemas de aprendizaje móvil que permitan proveer realimentación efectiva de acuerdo a la información del contexto?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Las tecnologías móviles y ubicuas están configurando un nuevo paradigma económico, social, cultural y educativo que obliga al desarrollo de individuos capaces de adaptarse a situaciones de constante cambio en una sociedad de nuevos conocimientos y competencias. El uso de computadores portátiles, celulares inteligentes, tabletas, dispositivos de computación ubicua, entre otros, están revolucionando la forma de entender la comunicación y los procesos educativos en el aula, dando soporte a nivel adaptativo, colaborativo, investigativo, comunicativo y productivo en las actividades de aprendizaje [25]. Sin embargo, la evaluación a través de dispositivos móviles continúa siendo un componente crítico dentro del proceso educativo [11]. Así, los principales inconvenientes encontrados en la revisión de la literatura hacían referencia a los constantes cambios del contexto, las amplias características de los dispositivos tecnológicos y las diferentes necesidades del estudiantado que implican una compleja adaptación de los servicios educativos, especialmente, la evaluación. En evaluación, estrategias como el enfoque formativo están siendo aplicadas con TIC [10], [17], con el objetivo de dar soporte a estudiantes y docentes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, y en algunos casos, el soporte se basa en características del contexto, permitiendo entregar y ajustar materiales educativos según la información del ambiente de aprendizaje [26], [27].

En el ámbito de los Sistemas de Aprendizaje Móvil son pocos los modelos, arquitecturas, frameworks y en general propuestas [26], [28]–[34], que consideran elementos de evaluación y especialmente con características de realimentación, con el fin de proveer al estudiante una ayuda satisfactoria y de entendimiento respecto a su progreso en una temática dada. En la literatura, se observa que los mecanismos de realimentación más comunes corresponden a formatos textuales que indican si la respuesta es o no correcta, y en algunas ocasiones, indican la respuesta a texto completo.

Desde el área computacional, se han provisto de modelos y sistemas que consideran al estudiante, los contenidos de aprendizaje, los estilos de aprendizaje e incluso se ha llegado a medir, por ejemplo, el nivel de conocimientos y rendimiento a través de técnicas de razonamiento con el fin de conocer cuál es el estado de conocimiento del estudiante durante un proceso de aprendizaje. Sin embargo, son pocas las propuestas que relacionan la información del contexto (capacidad que tienen los dispositivos móviles para leer información a través de sensores) en procesos de evaluación y determinar cómo dichas condiciones ambientales, físicas, de tiempo y del dispositivo afectan los procesos de evaluación. En este sentido, las anteriores brechas permiten inferir la ausencia de un modelo de evaluación conceptual que considere elementos como realimentación, uso de contexto sensible y recoja los componentes software en común de los sistemas o modelos existentes que permita un mayor entendimiento a investigadores y desarrolladores de las posibilidades de evaluación en Sistemas de Aprendizaje Móvil.

1.3. APORTE INVESTIGATIVO

Considerando las falencias identificadas durante el proceso de revisión de la literatura, el presente trabajo de grado propone una solución que permite establecer los componentes software que se deben tener en cuenta para aplicar en procesos de evaluación (con realimentación) considerando elementos del contexto sensible. Así, los aportes de investigación corresponden a: i) presentar una caracterización de la entidades del contexto, técnicas de razonamiento y componentes de modelado, ii) proponer un modelo conceptual que considere todos los elementos encontrados en la caracterización y además que incluya consideraciones de expertos en el área de trabajo y iii) presentar una evaluación del modelo propuesto a través de un estudio de caso, el cual permita adaptar herramientas existentes y evidenciar el uso de los componentes software propuestos en el modelo.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Proponer un modelo de evaluación formativa, que haciendo uso de información contextual permita proveer realimentación en tiempo real en Sistemas de Aprendizaje Móvil sensibles al contexto.

1.4.1. Objetivos específicos

1. Caracterizar las propuestas de evaluación formativa en sistemas de aprendizaje móvil para identificar entidades, técnicas y componentes relevantes.
2. Definir un modelo de evaluación formativa para sistemas de aprendizaje móvil que, considerando los aspectos identificados en la caracterización, permita proveer realimentación en tiempo real durante el proceso de evaluación.
3. Evaluar el modelo propuesto, en términos de efectividad de la realimentación mediante un estudio de caso, con estudiantes de básica y media en una Institución Educativa (IE) de la ciudad de Popayán.

1.5. ESQUEMA METODOLÓGICO

Para el desarrollo del proyecto propuesto se usó la Metodología de Ingeniería de Software definida por Finkelstein [35]. Esta metodología contiene las siguientes fases: (i) Fase de Información, (ii) Fase Proposicional y Analítica, (iii) de Valoración, y (iv) de Documentación y Divulgación.

1.5.1. Fase de Información

En esta fase se construyó el marco conceptual y el estado del arte del proyecto, donde se definieron, clasificaron y analizaron fuentes de información como estudios, artículos científicos, libros entre otros, el proceso fue guiado por la metodología de investigación documental definida en el Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería [36]. Las temáticas asociadas a esta fase corresponden a: modelos de evaluación, modelado de estudiante y contexto, sistemas de aprendizaje móvil y ubicuo y realimentación.

1.5.2. Fase Proposicional y Analítica

Durante esta fase se especificaron los criterios relacionados a la temática de investigación, se caracterizaron los modelos de evaluación, contexto y estudiante existentes, identificando los sistemas de aplicación, teorías que abordan, técnicas, métodos y aplicaciones tecnológicas. El resultado de este proceso corresponde a un revisión sistemática y seguirá las pautas definidas por [37]. Este proceso de clasificación y selección permite una adecuada identificación de elementos del campo móvil de aprendizaje.

Como resultado del proceso de caracterización, se continuó con la creación del modelo de evaluación formativa a través de la guía definida por [38] y se establecieron las fases para la consecución del mismo. Luego de concretar la propuesta del Modelo de Evaluación, se desarrolló un prototipo de herramienta software que hace uso de conceptos del modelo propuesto y permite la identificación de la información del contexto y realimentación formativa, este desarrollo se llevó a cabo en el marco de trabajo iterativo e incremental Scrum [39], el cual define los eventos: (i) Sprint Planning, donde se seleccionan los requerimientos funcionales que serán implementados por cada iteración; (ii) Sprint Execution, en el que se implementará el incremento de software de acuerdo a los

requerimientos definidos en el evento anterior, dando como resultado un incremento probado y funcional; (iii) Sprint Review, en el cual se revisó la funcionalidad del incremento realizado y (iv) Sprint Retrospective, que permitió reflexionar en el proceso de desarrollo seguido bajo el marco de trabajo Scrum para identificar y aplicar oportunidades de mejora.

1.5.3. Fase de Valoración

Consiste en realizar la verificación y validación de los resultados hallados a través de métodos como juicio de expertos, estudio de caso, focus group, entrevistas o aplicación de cuestionarios específicos, etc. Se realizó un estudio de caso tomando como referencias los lineamientos propuestos por [40], [41], [42].

1.5.4. Fase de Documentación y Divulgación

Esta fase se llevó a cabo mediante la generación de los productos derivados del proceso investigativo y la presentación de resultados por medio de informes de proyecto y generación de productos científicos como artículos de investigación.

1.6. CONDICIONES DE ENTREGA

Los resultados de la propuesta de trabajo de Maestría en Computación entregados son:

1. Monografía que contiene la información recopilada a través del estado actual del conocimiento y los resultados obtenidos mediante la ejecución del presente proyecto.
2. Un artículo indexado que presente los resultados del proceso investigativo durante la ejecución del proyecto.

3. Entrega digital vía Google Drive: documentos en versión digital incluye 1 monografía, 1 artículo de investigación indexado y anexos generados durante el proceso de investigación.

1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES

La presente propuesta de modelado abarcó las siguientes temáticas de investigación: Evaluación Formativa, Sistemas de Aprendizaje Móvil, Contexto Sensible y Realimentación. El modelo se describió en términos conceptuales que permita encapsular componentes software en conceptos simples y relaciones entre los conceptos.

El modelo es una propuesta conceptual que indica los elementos que se deben considerar en evaluación formativa para sistemas de aprendizaje móvil, así la creación del modelo no implica el desarrollo formal de una herramienta software nueva, por lo tanto, este trabajo adapta herramientas existentes para validar el uso de los conceptos propuestos. El modelo no se extiende a otro tipo de sistemas de aprendizaje digitales o de aprendizaje electrónico, se limita al uso en el ámbito móvil. El modelo es una propuesta que busca orientar a los investigadores y desarrolladores frente a los elementos que se deben considerar alrededor de evaluación formativa en el campo móvil de aprendizaje.

1.8. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Capítulo 1: Introducción. Este capítulo describe el planteamiento del problema, los objetivos, justificación, aporte investigativo, alcance y limitaciones, y finalmente, la estructura del documento.

Capítulo 2: Marco teórico y Estado del arte. En este capítulo se realiza una descripción en detalle de las teorías y trabajos de investigación que fundamentan el trabajo y la ejecución del proyecto.

Capítulo 3: Caracterización de componentes de modelado, técnicas de razonamiento y entidades del contexto alrededor de Evaluación en Sistemas de Aprendizaje Móvil.

Capítulo 4: Definición del Modelo de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil.

Capítulo 5: Desarrollo de prototipo software que aplique conceptos de realimentación de acuerdo al modelo propuesto.

Capítulo 6: Evaluación del modelo propuesto. En este capítulo, se diseña y ejecuta un estudio de caso con base en el prototipo software propuesto y se analizan los resultados de la evaluación.

Capítulo 7: Conclusiones y Trabajo futuro. En este capítulo se describen los resultados y las conclusiones obtenidas a partir del trabajo realizado, así como el trabajo futuro que puede desarrollarse tomando como inicio la presente investigación.

CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL E INVESTIGATIVA

En este capítulo, en la sección 2.1., se presentan los conceptos que fundamentan el actual estudio de investigación, en la sección 2.2., el estado del arte alrededor de Evaluación Formativa, Sistemas de Aprendizaje Móvil, Computación de Contexto Sensible y Realimentación, en la sección 2.3., las brechas encontradas después de la revisión, y finalmente en la sección 2.4., las conclusiones del presente capítulo.

2.1. MARCO TEÓRICO

Los conceptos fundamentales corresponden a Sistemas de Aprendizaje Móvil, Contexto, Computación de Contexto Sensible, Evaluación, Modelo y Componentes Software.

2.1.1. Sistemas de Aprendizaje Móvil (Mobile Learning System)

Es un sistema de aprendizaje que hace referencia al aprendizaje que ocurre en cualquier lugar y cualquier momento usando dispositivos portables [25]. Los dispositivos portables pueden ser PDA (Personal Digital Assistant), teléfonos móviles, celulares inteligentes, computadoras inalámbricas y tabletas, entre otros. Así, el uso de estos dispositivos aumenta la flexibilidad, potencia el rendimiento y permite acceder a más recursos de aprendizaje [43]. Los elementos básicos del aprendizaje móvil son estudiantes, docentes, entorno, contenido y evaluación; y las características de este tipo de sistemas corresponden a ubicuidad, portabilidad, flexible, privado, interactivo, colaborativo y de información instantánea [25].

2.1.2. Contexto

“Contexto es cualquier información que pueda ser usada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad es una persona, lugar u objeto que es considerado relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo al usuario y aplicaciones en sí mismas” [44].

2.1.3. Computación sensible al contexto (Context-Aware Computing)

La sensibilidad al contexto se refiere a la adaptación de software para proveer información relevante o servicios de acuerdo a las actividades del usuario y los cambios del contexto [44], como: ubicación de uso, personas cercanas, anfitriones, dispositivos accesibles, iluminación, nivel de ruido, conectividad de red, costo de comunicación, estado de banda ancha, situación social, entre otros. La sensibilidad al contexto responde a tres preguntas: ¿Dónde está?, ¿Con quién está? y ¿Qué recursos hay cerca? [45].

2.1.4. Evaluación.

Es un proceso que recolecta, interpreta y usa sistemáticamente la información para mejorar el aprendizaje y contribuye a la satisfacción del estudiante [10]. En este sentido, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, define la evaluación como *“el proceso permanente y objetivo para valorar el nivel desempeño de los estudiantes”* [46]. Es de resaltar que existen tres tipos de estrategias de evaluación de acuerdo al trabajo realizado en [10]:

Evaluación formativa: su objetivo es informar al estudiante y al docente acerca del grado de dominio logrado y descubrir dónde y cómo un estudiante tiene dificultades de aprendizaje. La evaluación formativa es un proceso que provee realimentación con fines de ajuste en la enseñanza-aprendizaje para mejorar las capacidades de los estudiantes.

Evaluación sumativa: es una estrategia para medir la suma del aprendizaje alcanzado, la cual califica o clasifica el desempeño de los estudiantes, informando acerca de su rendimiento general respecto a una competencia o estándar de aprendizaje.

Evaluación diagnóstica: generalmente se produce al comienzo del aprendizaje. Es un tipo de evaluación que permite pronosticar la cantidad de aprendizaje inicial u obtenido.

2.1.5. Realimentación formativa y características

La realimentación formativa es considerada como “*cualquier tipo de información proporcionada a los estudiantes sobre su aprendizaje o rendimiento con el fin de modificar el pensamiento del estudiante para alcanzar los objetivos de aprendizaje*” [22]. Varios autores describen las características para proveer realimentación efectiva durante el proceso de evaluación. En la tabla 1, se presentan la relación entre autores y características recomendadas.

| Características\Estudio | Sara [47] | Thanos [48] | Nicol[49] |
|--------------------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Realimentación continua | - | X | X |
| Realimentación descriptiva | X | X | X |
| Objetivos dirigidos | X | X | X |
| Autoevaluación y coevaluación | X | - | X |
| Colaboración | X | - | X |
| Motivacional | - | X | X |
| Fortalezas y debilidades | - | X | - |
| Progresión del aprendizaje | X | - | X |

Tabla 1. Características de realimentación efectiva

2.1.6. Modelo

Un modelo en ingeniería de software es definido con dos propósitos: i) para describir un problema (modelo conceptual) dado por un usuario y ii) para describir cómo será el sistema de software que resuelve el problema del usuario. Así, la primera concepción de un modelo en ingeniería de software implica describir las partes existentes de un problema del mundo y representar los conceptos implicados en el dominio del problema con el fin de plantear una solución [50].

2.1.7. Componente software

Un componente software consiste en información encapsulada y puede estar construida por otros componentes. Representa uno o más procesos relacionados a nivel de organización o lógica [51].

2.2. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se describen los trabajos, propuestas y experiencias de investigación encontradas en la literatura en la ventana de tiempo 2010-2019.

2.2.1. Experiencias de Aprendizaje Móvil y Ubicuo sensibles al contexto

En [6], se realiza una revisión acerca de sistemas de aprendizaje ubicuo sensibles al contexto donde se destaca que los Entornos de Aprendizaje Inteligente – SLE (por sus siglas en inglés) mejoran el aprendizaje y enriquecen el entorno con dispositivos tecnológicos permitiendo adquirir el conocimiento más rápido. Los elementos generales de un entorno SLE: i) contenidos de aprendizaje adaptados, ii) detección de contexto del mundo real, iii) interacción con usuarios vía dispositivos de computación ubicua y iv) recomendación de estrategias o herramientas de aprendizaje. Este tipo de entornos requiere de condiciones flexibles, alta

adaptabilidad e inteligencia. La revisión establece que el manejo del contexto es una problemática que se debe abordar debido a que los estudiantes cambian de ubicación o situación en el tiempo, lo cual hace las operaciones más complejas. En este sentido, el incorporar técnicas de aprendizaje adaptativo y sistemas de tutoría inteligente para entornos sensibles al contexto es uno de los más importantes problemas de investigación en el campo del aprendizaje mejorado por tecnologías.

En [11], se presenta una visión general acerca del proceso de adaptabilidad y personalización respecto al contexto educativo a través de trabajos expuestos en la literatura. El razonamiento basado en ontologías, modelos adaptativos, propuestas de arquitectura, técnicas de agrupamiento y sistemas de aprendizaje adaptativos y ubicuos, corresponden a estrategias que se utilizan para abordar la adaptación y personalización de contenidos basados en contexto. Los autores describen que la mayoría de los contenidos de aprendizaje están diseñados para plataformas de escritorio y no móviles, además de no tener en cuenta preferencias y necesidades de los estudiantes, al igual que los contextos y características de los dispositivos, causando desmotivación o insatisfacción durante el proceso de educativo. La evaluación sigue siendo un proceso crítico, ya que varía respecto al estilo de aprendizaje, contenidos presentados a cada estudiante, cambios constantes en el ambiente y la variedad de dispositivos disponibles, así como en la estrategia pedagógica sobre la cual se implementa.

En [23], se propone el diseño de un sistema de aprendizaje móvil colaborativo y sensible al contexto – CCMLS (por sus siglas en inglés) basado en el modelado semántico de recursos de aprendizaje y contexto de aprendizaje. La propuesta es diseñada para soportar adaptación a nivel de colaboración, entrega y gestión. La arquitectura general considera tres (3) elementos esenciales: (i) objetos de aprendizaje, (ii) contexto de aprendizaje y (iii) adaptaciones de aprendizaje. Los permanentes cambios y las disponibilidades del contexto en entornos de aprendizaje móvil son desafíos que se abordan con la representación gráfica del

contexto a través de ontologías, los elementos considerados para el contexto corresponden a perfil de usuario, dispositivo, tiempo, ubicación, colaboración y entorno, por su parte, el nivel semántico se basa en el estándar IEEE de metadatos de objetos de aprendizaje – LOM (por sus siglas en inglés). Se sugiere que en posteriores trabajos se estudie y represente un modelo de contexto para entornos colaborativos y sensibles al contexto.

Un mapeo sistemático de la literatura acerca de entornos de aprendizaje ubicuos sensibles al contexto es realizado en [24]. El estudio encuentra que los servicios educativos soportados por tecnología en este tipo de entornos están relacionados a recomendación, evaluación, notificación, colaboración, monitoreo, comunicación, reforzamiento, búsqueda, entrenamiento, presentación, adaptación, clasificación, entrega, gestión y navegación. Los tipos de contexto más comunes son el contexto computacional, contexto de usuario, contexto físico y contexto del tiempo. Las tecnologías más citadas en entornos sensibles al contexto corresponden a celulares inteligentes, RFID, QR-Code, NFC, códigos de barras y GPS. El uso de clasificadores bayesianos y ontologías destacan por su amplio uso. Los retos, desafíos y trabajos futuros se relacionan con la dificultad de identificar y recopilar la información del contexto del usuario para adaptar la características o funcionalidades del sistema, debido a la complejidad que requiere soportar los constantes cambios del contexto sin interrumpir la ejecución de actividades y modificar el comportamiento del sistema.

Una revisión de técnicas sobre modelado de contexto se realiza en [52]. El estudio describe los requerimientos a tener en cuenta para realizar un modelado de contexto de información, entre ellos: composición distribuida, validación parcial, riqueza y calidad de la información, incompleto y ambiguo, nivel de formalidad, aplicabilidad para entornos existentes. Los autores incluyen las técnicas más frecuentes para el modelado de contexto, las cuales han sido utilizadas en otras investigaciones: valor clave de pares, esquema de marcado, esquema gráfico, orientados a objetos,

basados en lógica, basados en ontologías y de contexto espacial. Finalmente, los autores resaltan la necesidad de contar con un modelo de contexto que pueda ser accedido desde Internet y por sensores.

Un sistema de adaptación de contenidos para aprendizaje móvil personalizado es presentado en [53]. El sistema considera información del estudiante y es relacionada con habilidades cognitivas, intenciones, estilos de aprendizaje, preferencias e interacciones con el fin de lograr adaptación de contenidos. La arquitectura presentada considera elementos como dispositivo móvil, gestión del contexto, sensores, servidor en la nube, bases de datos y motor de adaptación. De igual forma, se propone el uso de una técnica de razonamiento basada en la captura de la información contextual, la cual es definida a partir de cuatro elementos del contexto: identidad, ubicación, espacio físico y tiempo. Los investigadores describen que el sistema puede extenderse para mejorar la experiencia de aprendizaje a través de la interpretación de más parámetros como motivación, nivel de comprensión, sentimientos y estado anímico. Finalmente, se resalta la importancia de hacer seguimiento al nivel de comprensión después de cada lección a través de otras estrategias que permitan brindar un aprendizaje más satisfactorio.

Un modelo común para sistemas de aprendizaje colaborativo móvil adaptativo es propuesto en [28]. El modelo denominado AMCLS (por sus siglas en inglés), se compone de seis partes: Modelo de Estudiante, Modelo de Aprendizaje Colaborativo, Modelo de Dominio, Modelo de Recomendación Adaptativo basado en Contexto Sensible, Modelo de Evaluación y Modelo de Presentación. El sistema está diseñado para entregar contenidos y rutas de aprendizaje de acuerdo a preferencias, contexto y otras características. El modelo AMCLS no es verificado con usuarios reales y los autores esperan validar la propuesta en futuros estudios para confirmar su efectividad y posibles mejoras. La propuesta de los autores considera dos factores claves para lograr ejercicios adaptativos de acuerdo al nivel de adquisición del conocimiento y nivel de habilidad, además, establece cuatro

pasos: predicción del conocimiento, selección de ejercicios apropiados, algoritmo basado en técnicas de minería de datos y diseño de un agente de aprendizaje. La investigación resalta que actualmente, es necesario abordar problemas sobre cómo: 1) construir y presentar contenidos de aprendizaje móvil acorde a las características y variedad de dispositivos, 2) adquirir eficientemente el contexto de aprendizaje del estudiante y 3) mejorar la experiencia de usuario en este tipo de sistemas.

En [54], se propone una ontología para modelar contexto y adaptar a cualquier dominio. Los elementos considerados en el modelado de contexto son: usuario, actividad, tiempo, dispositivo, servicios y ubicación. El ciclo de vida del contexto considera elementos como: adquisición, modelado, razonamiento y distribución del contexto. El estudio presenta dos casos de instanciación del modelo propuesto a nivel de un salón de clases inteligente y de un cuarto de cirugía. La importancia de crear e integrar una ontología de dominio específico con fines de adaptación en tiempo real es un trabajo a futuro que debe ser abordado, así como el descubrimiento de información relevante para adaptar servicios de acuerdo al cambio de contexto.

En [55], se aborda la creación de materiales de aprendizaje generados por un motor adaptativo basado en reglas de adaptación XML bajo el paradigma condición-acción. La propuesta considera características de perfil del estudiante como: estilo de aprendizaje, estilo cognitivo, estado cognitivo y contexto del estudiante. El nivel de adaptación se da en contenido y rutas de navegación basadas en el contexto. Características físicas como luminosidad, conectividad, posición y ruido son propuestos en el perfil del estudiante para la creación de material adecuado. El estado emocional y expresión facial influirán en las decisiones de adaptación y deberán ser abordados en próximos trabajos. El estudio no incluye elementos de información básica del estudiante y se queda corto en aspectos relacionados con el contexto del dispositivo, del usuario y del ambiente de aprendizaje, entre otros.

En [26], se propone un sistema que integra los conceptos de aprendizaje móvil adaptativo y aprendizaje invertido a través de un modelo que tiene en cuenta diferentes dimensiones del contexto, entre ellas: contexto centrado en el usuario, contexto del entorno, contexto de ejecución y contexto del dispositivo. El modelado de contexto se realiza a través de UML. El objetivo del sistema es proporcionar un formato de contenido multimedia basado en las necesidades del aprendizaje invertido, teniendo en cuenta los estilos de aprendizajes considerados por Felder y Silverman [56]. La validación del sistema propuesto se realiza con una aplicación móvil que considera los estilos de aprendizaje y el contexto, mientras que una segunda versión de la aplicación incluye la dimensión del contexto del dispositivo. La evaluación refleja en general resultados favorables. Los investigadores consideran como trabajo futuro la integración de un modelo de evaluación adaptativa para conocer el progreso y efectividad del aprendizaje en los estudiantes a través del enfoque de aprendizaje invertido.

2.2.2. Experiencias de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil

En [22], se presenta el estado actual acerca de la realimentación formativa en sistemas de aprendizaje interactivos, se destaca que la realimentación refleja el estado actual del aprendizaje o rendimiento del estudiante, permite reorientar el pensamiento y modificar el comportamiento, con el fin de mejorar los resultados de aprendizaje y tomar decisiones instruccionales. Las analíticas, el aprendizaje de máquina, la minería de datos, el procesamiento del lenguaje natural entre otros, son las técnicas más utilizadas para brindar soporte durante el proceso de aprendizaje. La realimentación puede variar dependiendo del contexto de información y requiere de especial atención debido a las limitaciones y situaciones donde es difícil evaluar según los dominios, tareas y perfiles. El estudio resalta que todavía es necesario proveer estrategias de realimentación menos complejas que brinden información relevante y valiosa para cerrar la brecha entre el estado actual y el aprendizaje

deseado, de igual forma, que hagan uso de la ubicuidad y de los comentarios de profesores, compañeros y padres.

En [57], se realiza una revisión crítica acerca de seis (6) problemas alrededor de la evaluación formativa: definición conceptual, efectividad, dominio de dependencia, medición, desarrollo profesional y sistema. Se resalta que el propósito de la evaluación formativa es proveer realimentación y correcciones en cada etapa del proceso educativo, esto implica realizar mediciones relevantes que permitan inferir sobre lo que saben y pueden hacer los estudiantes. Los resultados del proceso de evaluación formativa son usados para adaptar la enseñanza a las necesidades diarias de los estudiantes, así la evaluación formativa no es una prueba sino un proceso que ocurre constantemente, pero que sigue siendo una parte crítica del sistema. Teorías de acción como KLT (Keeping Learning on Track) se usan para el entrenamiento de docentes y el cambio en las prácticas de enseñanza con el fin de influir en el comportamiento e incrementar los logros de los estudiantes. Los docentes necesitan de materiales de apoyo y de conocimientos prácticos para implementar efectivamente evaluación formativa en el aula.

Una revisión de herramientas y técnicas para evaluación formativa con capacidad de datos es realizada en [58]. El estudio encuentra que existen dos categorías de datos: Los tipos de datos puntuados por máquina donde solo se permite una cantidad finita de preguntas y una respuesta al ítem evaluado, por otro lado, los datos capturados durante el flujo de las actividades pueden variar según el ambiente de aprendizaje, temática o situación dada, así por ejemplo, se encuentran datos como tasa correcta de respuesta, tasa de lectura de materiales, tiempo de lectura, nivel de esfuerzo, tasa de atención, puntaje acumulado, entre otros. Respecto al procesamiento de datos se resalta que, en el flujo de actividades los datos no son procesados, mientras que, en otras instancias se requiere de análisis descriptivos con simples consultas a bases de datos. La minería de datos se utiliza para descubrir patrones y datos relevantes con el fin de construir modelos de rendimiento

de estudiante, creación de modelos expertos para realimentación automatizada o hacer recomendaciones para correcciones. El uso de sistemas Fuzzy, Redes Neuronales, K-means, agrupamiento por herencia, árbol de decisiones, análisis semántico y aprendizaje de máquina son técnicas utilizadas en minería de datos. La presentación de datos se realiza a través de reportes, gráficas y realimentación en tiempo real para estudiantes. Se requiere de más esfuerzos para disminuir la dificultad en su conceptualización y uso por parte de docentes. Así como las recomendaciones e información relevante que se presenta a los docentes para interpretación y toma de decisiones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Una propuesta de Evaluación Formativa Adaptativa para Sistemas de Aprendizaje Móvil Sensible al Contexto es realizada en [10]. El trabajo postula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo adaptar los objetos de aprendizaje de acuerdo a las necesidades de los estudiantes? En este sentido, se propone un modelo de evaluación formativo adaptativo que usando la teoría de Pruebas Adaptativas Computarizadas (CAT, por sus siglas en inglés) permita considerar las necesidades de los estudiantes y la información del contexto, con el fin de adaptar actividades de evaluación. La variedad de definiciones en la literatura que existen alrededor de los elementos o dimensiones del contexto lleva a los autores a establecer como referente las tres categorías propuestas por [45]: contexto computacional, contexto de usuario y contexto físico. Se concluye que la evaluación es un módulo relevante en los procesos de aprendizaje y se deben proporcionar métodos de evaluación adaptativa que permitan brindar información útil para guiar a los docentes, ayudar a los estudiantes, adaptar contenidos de evaluación según necesidades y hacer seguimiento sobre el progreso y los logros alcanzados. Finalmente, el modelo será implementado en próximos trabajos de investigación.

En [30], se propone un marco de trabajo basado en servicios para entregar recursos de evaluación en entornos móviles. La propuesta es descrita por capas, utiliza ontologías para modelar el contexto y es evaluada con estudiantes de pregrado. La

propuesta hace uso de servicios web y de tecnologías de la web semántica. La arquitectura considera las capas de i) Contexto de Evaluación, ii) Semántica y iii) Recursos de Evaluación. En los trabajos relacionados y discusión, se resalta la carencia de una propuesta de investigación que aborde diferentes dimensiones del contexto en el campo móvil, ya que las existentes, requieren de arquitecturas específicas basadas en servicios web o no se pueden reutilizar para diferentes dominios y contextos de evaluación. Además, se espera agregar diferentes formas en la entrega y presentación de preguntas.

La propuesta de un sistema de aprendizaje móvil adaptativo para evaluar resultados de aprendizaje es presentada en [59]. La investigación resalta la existencia de varios problemas en el marco de procesos de aprendizaje móvil en evaluación adaptativa, entre ellos: i) gran parte de los sistemas de aprendizaje móvil no tienen en cuenta las diferentes habilidades de cada estudiante, ii) en el proceso de evaluación solo usa un valor de sesión y no se consideran otros valores, iii) la repetición de una prueba de sesión no es controlada y los estudiantes pueden realizar una prueba cuantas veces consideren, estableciendo una desventaja frente a los estudiantes que en una sola prueba obtuvieron un alto puntaje. Los autores presentan un modelo de aprendizaje móvil adaptativo con un método de ponderación aditivo simple, que integra dos de los tres dominios de la taxonomía de Bloom, cognitivo y afectivo. Los criterios de evaluación usados fueron: valor de la prueba, repetición de la sesión de aprendizaje e intensidad de aprendizaje. No se evidencia cómo se tienen en cuenta las habilidades de cada estudiante, el modelo de evaluación adaptativo se limita a una evaluación convencional sin tener en cuenta otros elementos del contexto y no se realiza evaluación real del modelo propuesto.

Un estudio de diseño experimental que examina los efectos de una herramienta de evaluación formativa digital (DAFT, por sus siglas en inglés) en el área de gramática, fue desarrollado en [17]. El estudio resalta que el experimento se realizó con una población escolar aproximada de 1600 estudiantes de grado tercero de primaria. La

investigación utiliza un modelo teórico ítem-respuesta de anteriores estudios, con el fin de predecir los niveles de habilidad de los estudiantes basado en respuesta previas. Luego de realizar las pruebas con los estudiantes, se determinó que los efectos de la herramienta sobre la población escolar no son concluyentes debido a que: i) no existe persistencia completa de los datos para hacer una comparación, ii) el software no fue llamativo para los estudiantes en comparación con el software matemático de una investigación previa, iii) los estudiantes no completaron todas las lecciones y iv) algunas escuelas no participaron durante el transcurso del experimento. Finalmente, los autores resaltan que los trabajos a futuro en el ámbito de herramientas DAFT deben considerar: i) investigar más sobre la efectividad de este tipo de herramientas sobre la enseñanza-aprendizaje para comprender en qué condiciones son ineficientes estos sistemas, ii) realizar más experimentos en diversas áreas temáticas, iii) se necesitan más investigaciones cualitativas sobre cómo los docentes y estudiantes utilizan la información dada por el sistema y cuáles elementos son más relevantes para el proceso, iv) comprobar si el uso de lecciones adaptativas son más eficientes que las lecciones estáticas y si el apoyo del docente influye en el proceso y v) cómo utilizar los comentarios de los estudiantes para lograr efectividad en el aprendizaje.

Un sistema de aprendizaje basado en realidad aumentada es propuesto en [29]. El sistema utiliza un mecanismo de evaluación formativa para evaluar contenidos de un curso de arquitectura. El sistema es presentado y evaluado con 39 estudiantes universitarios a través de una evaluación experimental. El estado de arte refleja que los sistemas de aprendizaje móvil basados en evaluación formativa aumentan la motivación y facilitan el aprendizaje. El mecanismo de evaluación se basa en tres características: i) respuesta repetida, ii) no hay respuesta proporcionada y iii) realimentación inmediata, las cuales hacen parte del flujo de aprendizaje y se aplican según la respuesta del estudiante y el tipo de pregunta. Luego de la experimentación, los autores concluyen que el mecanismo proporciona significativamente mejores logros de aprendizaje frente al enfoque convencional y

resulta más significativo y motivante para aprender. La inclusión de un mecanismo de realimentación personalizado para proporcionar vías adicionales para el intercambio de ideas y discusión profunda será un trabajo a futuro. Finalmente, se requiere de más estudios para validar la estrategia en otras áreas de enseñanza y aplicación, además de aumentar el número de la muestra en el estudio experimental.

2.3. BRECHAS Y DESAFÍOS

Teniendo en cuenta la revisión de la literatura presentada se observa que existen varios desafíos y problemáticas que aún deben ser abordadas según [6], [11], [22], [57], [60]. La incorporación y uso de medios tecnológicos ha incrementado en los últimos años y según el informe Horizont [61], será muy común dentro de pocos años ver cada vez más tecnología en las aulas de clase soportando diversas temáticas de aprendizaje, lo anterior, debido a la cercanía y facilidad que permiten las tecnologías para fomentar el aprendizaje en los estudiantes. En este sentido, los desafíos planteados por la literatura se centran en: (i) dificultad para identificar y recopilar eficientemente la información del contexto relacionada con el usuario y su dispositivo, (ii) limitaciones en el descubrimiento y análisis de información no estructurada en tiempo real con fines de adaptación, (iii) contenidos no acordes a las necesidades, preferencias, ámbito del contexto y variedad del dispositivo, además de la falta de componentes inclusivos, (iv) permanentes cambios en la ubicación o situación del estudiante y de sus contextos de aprendizaje, (v) carencia de estrategias de realimentación en tiempo real según el dominio, actividades y perfiles, (vi) ausencia de mecanismos de evaluación que consideren diferentes dimensiones del contexto e incluyan nuevos componentes, y finalmente (vii), la falta de mecanismos para medir el progreso y efectividad del aprendizaje, por lo cual, se requiere aún de mayores estudios y pruebas en este campo de investigación.

2.4. CONCLUSIONES

Luego de realizar la revisión general del estado del arte, es pertinente resaltar la importancia del uso de la información del contexto, dicha información es capturada por sensores de los dispositivos móviles, pero la captura y análisis de esta información es un desafío que aun varios trabajos de investigación están abordando. Es necesario discriminar las entidades del contexto y sus características para darle una estructura clara a estos elementos de la computación sensible al contexto.

La evaluación se resalta como una brecha significativa por abordar a nivel de investigación, debido a que aún no hay claridad en cómo incorporar elementos de evaluación efectivos en procesos de aprendizaje. Características clave como la realimentación requiere de mayor atención, aquí se hace necesario brindar nuevas estrategias que permitan al estudiante contar con diversas formas de realimentarse durante el proceso de enseñanza-evaluación.

CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN DE ENTIDADES, TÉCNICAS Y COMPONENTES DE MODELADO

Este capítulo se encuentra organizado de la siguiente manera: en el ítem 3.1.) enfoque metodológico utilizado para realizar la caracterización, 3.2.) presentación de los resultados del proceso de caracterización, 3.3.) análisis de los resultados alrededor de evaluación, entidades del contexto, técnicas de realimentación y componentes de modelado, y finalmente, en el ítem 3.4.) conclusiones finales del capítulo.

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio establece como procedimiento guía para la revisión de la literatura los pasos definidos en [37]. El objetivo de esta revisión, es proveer una visión global del conocimiento sobre Evaluación en Sistemas de Aprendizaje Móvil y la importancia de la información del contexto en este tipo de sistemas.

Las pautas definidas para el protocolo de revisión corresponden a: i) preguntas de investigación, ii) fuente de datos y estrategia de búsqueda, iii) criterios de inclusión y exclusión, y iv) ejecución de la cadena de búsqueda.

3.1.1. Pregunta de investigación

Se establece como referencias las investigaciones realizadas por [6], [11], [58]; quienes desarrollan estudios relacionados con Contexto Sensible, Aprendizaje Móvil Adaptativo y Técnicas de Evaluación Formativa entre 2006 y 2014. Lo anterior, se establece para dar solidez a la presente investigación con el fin de identificar los elementos de evaluación comunes en los Sistemas de Aprendizaje Móvil.

El estudio fue guiado por la siguiente pregunta de investigación: *¿Cuál es el estado actual del conocimiento sobre Evaluación en Sistemas de Aprendizaje Móvil?*

Las preguntas de investigación específicas (ver tabla 2) permiten identificar los trabajos que han incorporado mecanismos de evaluación y considerado uso de información contextual. De igual forma, las preguntas permiten identificar las técnicas más utilizadas para medir el nivel de conocimiento y el nivel de rendimiento de los estudiantes, así como también, permiten describir y analizar los componentes² de modelado en común de los diferentes estudios que consideran procesos de evaluación.

3.1.2. Fuente de datos y estrategia de búsqueda

Los motores de búsqueda representan la principal fuente de publicaciones en el área de investigación, entre ellos: Scopus, Science Direct, IEEE Xplore y ACM Digital Library. La cadena de búsqueda corresponde a los términos más relevantes y cercanos a los estudios que se pretenden investigar: *(Evaluation OR Assessment Formative OR Feedback) AND (Model OR System) AND (Mobile Learning OR m-learning) AND (Context-Aware OR Context awareness)*.

| No. Pregunta | Pregunta de investigación |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PI1 | ¿Cuáles son las investigaciones desarrolladas alrededor de Sistemas de Aprendizaje Móvil sensibles al contexto? |
| PI2 | ¿Cuáles son los Sistemas de Aprendizaje Móvil sensibles al contexto que consideran procesos de evaluación? |
| PI3 | ¿Cuáles entidades del contexto son utilizadas en los sistemas encontrados que incluyen evaluación? |
| PI4 | ¿Cuáles son las técnicas de razonamiento consideradas con fines de realimentación en los sistemas que incluyen evaluación? |
| PI5 | ¿Cuáles son los componentes de modelado en los sistemas que incluyen evaluación? |

Tabla 2. Preguntas de investigación

² “Un componente es simplemente una cápsula de datos. De este modo, la ocultación de la información se convierte en el principio básico de construcción” [51].

3.1.3. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión se establecen con base en la cadena de búsqueda, publicaciones académicas y profesionales indexadas realizadas en conferencias, revistas y libros, artículos en inglés publicados entre 2014-2018 y estudios que incorporen mecanismos de evaluación y uso de información contextual. Los criterios de exclusión, se restringen a los artículos que no se relacionan con Sistemas de Aprendizaje Móvil, además de investigaciones en evaluación no propias del proceso de enseñanza-aprendizaje, artículos que solo presentan resumen o contenido en diapositivas, contenido de literatura gris, información de blogs personales o folletos y sistemas de aprendizaje en ámbitos no móviles.

3.2. RESULTADOS

La ejecución de la cadena de búsqueda permitió encontrar los siguientes artículos por motor de indexación: Scopus (48 artículos), Science Direct (14 artículos), IEEEExplore (73 artículos) y ACM Digital Library (4 artículos) para un total de 139 artículos primarios. Cabe resaltar que después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión sobre los artículos encontrados, se seleccionaron 52 investigaciones con base en la revisión de títulos, resumen y palabras clave. Finalmente, solo 22 investigaciones fueron leídas a texto completo debido a su aporte y relación con la temática de estudio, priorizando revisiones de la literatura, modelos, arquitecturas y estudios de caso que permitan conceptualizar acerca de los mecanismos de evaluación y el uso de la información contextual.

3.2.1. Estudios primarios seleccionados

Los países con mayor actividad investigativa son Morocco, Tunisia y Taiwán, siendo los investigadores de este último país, donde más se profundiza en el campo de la evaluación. En la tabla 3, se presentan los artículos primarios relacionados a la pregunta PI1, de los cuales, solo once (11) estudios hacen referencia a evaluación (PI2).

| Autor(es) | Título | País | Evaluación |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| [62] | A Generalized Approach for Context-Aware Adaptation in Mobile E-Learning Settings | Alemania | x |
| [28] | Research on Adaptive Mobile Collaborative Learning System | China | ✓ |
| [53] | A Content-Adaptation System for Personalized M-Learning | Mauritius | x |
| [23] | Design for a context-aware and collaborative mobile learning system | Tunisia | x |
| [63] | To context-aware learner modeling based on ontology | Morocco | x |
| [24] | Context-Aware Ubiquitous Learning | Brasil | x |
| [27] | A Context-Aware Mobile Learning System Using Dynamic Content-Adaptation for Personalized Learning | Mauritius | x |
| [34] | Research on Individualized Learner Model Based on Context-awareness | China | x |
| [55] | Personalized adaptive content system for context-aware ubiquitous learning. | Morocco | x |
| [64] | Framework for designing context-aware learning systems | Finlandia | x |
| [17] | The effects of a digital formative assessment tool on spelling achievement: results of a randomized experiment. | Los Países Bajos | ✓ |
| [26] | Considering mobile device constrains and context-awareness in adaptive mobile learning for flipped | Morocco | x |
| [29] | Effects of formative assessment in an augmented reality approach to conducting ubiquitous learning activities for architecture courses. | Taiwam | ✓ |
| [65] | Negotiation based adaptive learning sequences: Combining adaptivity and adaptability | Taiwam | ✓ |
| [66] | Capturing Learner's Activity Events from a Mobile Learning System using Adaptive Event Framework | Kenia | x |
| [30] | A Context-Aware Framework to Provide Personalized Mobile Assessment | Tunisia | ✓ |

| | | | |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---|
| [31] | Mobile-based Assessment: Towards a Motivational Framework | Grecia | ✓ |
| [10] | Towards an Adaptive Formative Assessment in Context-Aware Mobile Learning | Morocco | ✓ |
| [32] | Improving Educational Assessment in Mobile Environment | Reino Unido | ✓ |
| [33] | An Evaluation system of students (applied in primary school in Tunisia) | Tunisia | ✓ |
| [59] | New Concept of Learning Outcomes Assessment in Adaptive Mobile Learning | Indonesia | ✓ |
| [67] | The effectiveness of a meaningful learning-based evaluation model for context-aware mobile learning | Taiwan | ✓ |

Tabla 3. Estudios primarios

3.2.2. Descripción de resultados

La información del contexto está siendo utilizada para crear y entregar materiales de aprendizaje. En la tabla 4, se clasifican solo los estudios que consideran evaluación y se detalla las entidades del contexto utilizadas por cada estudio de investigación, dando así respuesta a la pregunta P13.

| Autor(es) | Tiempo | Ubicación | Dispositivo | Estudiante | Físico |
|------------------|---------------|------------------|--------------------|-------------------|---------------|
| [28] | ✓ | ✓ | ✓ | x | ✓ |
| [17] | x | x | x | x | x |
| [29] | x | x | x | x | x |
| [65] | x | x | x | x | x |
| [30] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | x |
| [31] | x | ✓ | x | x | x |
| [10] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | x |
| [32] | x | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| [33] | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | x |
| [59] | x | x | x | x | x |
| [67] | x | x | x | x | x |

Tabla 4. Entidades del contexto sensible

En la tabla 5, se presentan las técnicas de razonamiento (pregunta PI4) utilizadas en los estudios previos de la tabla 4, incluyendo el objetivo de medición de la técnica. El estudio de [31] no reporta uso de técnica.

| Autor(es) | Técnica de razonamiento | Objetivo de medición |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| [28] | No especifica. | Nivel de conocimiento |
| [17] | Modelo teórico ítem-respuesta | Nivel de rendimiento |
| [29] | Web-based Assessment and Test Analyses (WATA) system | Nivel de conocimiento |
| [65] | Reglas Fuzzy | Nivel de rendimiento |
| [30] | Algoritmo Recuperación de Recursos de Evaluación Personalizado | Adquisición de contexto |
| [31] | - | - |
| [10] | Reglas de adaptación con CAT | Nivel de conocimiento y rendimiento |
| [32] | Extensión de algoritmo basado en el Modelo de Análisis del Factor de Rendimiento | Nivel de conocimiento y rendimiento |
| [33] | Lógica de primer orden | Nivel de conocimiento |
| [59] | Método de ponderación adaptiva simple | Nivel de rendimiento |
| [67] | Proceso de Jerarquía Analítica | Nivel de rendimiento |

Tabla 5. Técnicas de razonamiento

Por último, en la tabla 6, se presenta la información relacionada a la pregunta PI5 referente a los componentes de modelado en los Sistemas de Aprendizaje Móvil que incorporan procesos de evaluación. Los estudios de [17], [29] no presentan componentes de modelado.

| Autor(es) | Componentes de modelado |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [28] | Modelos de Estudiante, Dominio, Aprendizaje Colaborativo y Evaluación. Modelo de Recomendación Adaptativo basado en Contexto. |
| [17] | No especifica. |
| [29] | No especifica. |
| [65] | Modelo de estudiante, Módulo pedagógico, Framework de factores adaptativos y Módulo de adaptación basado en negociación. |
| [30] | Interfaz gráfica, dispositivo, aprendices. Módulos de adquisición, razonamiento y entrega. Módulo Recursos de evaluación. |
| [31] | Banco de preguntas, módulo de entrega, soporte basado en geolocalización, realimentación, autenticidad, soporte para guía apropiada, comunicación y colaboración. |

| | |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [10] | Interfaz de evaluación adaptativa, objetos de aprendizaje, motor de evaluación adaptativa, reglas de adaptación, contexto del estudiante y perfil del estudiante. |
| [32] | Modelado de estudiante, motor de evaluación dinámica, motor de recomendación, dispositivo, evaluación dinámica, recursos de aprendizaje. |
| [33] | Autenticación, gestión del contexto, Base de Datos Ontológica, Módulo de Evaluación y Banco de Preguntas y Respuestas. |
| [59] | Dominio cognitivo y Dominio afectivo. |
| [67] | Modelo de evaluación basado en aprendizaje significativo. Dimensiones: Activa, Auténtica, Constructiva, Cooperativa e Interactiva. |

Tabla 6. Componentes de modelado

3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a la pregunta PI1 , se evidencia que los estudios de [23], [26], [67] desarrollan investigación en el marco de aprendizajes como el colaborativo, invertido y significativo; esto confirma que nuevos enfoques de aprendizaje están siendo investigados en el campo de tecnologías móviles y ubicuas. Así mismo, cinco estudios [10], [17], [29], [32], [65] adoptan la estrategia pedagógica de evaluación formativa para proveer realimentación y soporte a estudiantes y docentes, con el fin de mejorar el nivel de rendimiento, alcanzar logros y tomar decisiones acerca de las rutas de aprendizaje y materiales educativos.

3.3.1. Evaluación

En evaluación, se evidencian varios mecanismos [11], [26] que están siendo incorporados en los Sistemas de Aprendizaje Móvil (Pregunta PI2). Sin embargo, la evaluación sigue siendo un componente crítico y es necesario promover esfuerzos con el fin de dar soporte a estudiantes y docentes en contenidos de evaluación, apoyo técnico, seguimiento y consecución de objetivos de aprendizaje, así como realimentación efectiva durante la evaluación [22]. Otros estudios, resaltan que la evaluación formativa provee oportunidades a los estudiantes para incrementar la

responsabilidad de su propio aprendizaje y fomentar una mayor comprensión del conocimiento [29], [65]. El estudio de [65] revela que la propuesta de evaluación basada en negociación puede extenderse a la búsqueda de ayuda, realimentación y ubicación de compañeros de estudio, así mismo, que el modelo propuesto puede ser más completo para abordar niveles de rendimiento más precisos, detallando el nivel de conocimiento y conceptos erróneos. Estudios como [30], [33] hacen uso de ontologías y notación semántica para personalizar recursos y actividades de evaluación, en ambos casos, se resalta la necesidad de contar con otros tipos de preguntas. La investigación realizada por [31], indica que carece de soporte para entornos sensibles al contexto en el marco del modelo de evaluación móvil definido. Finalmente, el estudio de [10] presenta tres reglas de adaptación basadas en contexto sensible, con el fin de entregar contenidos de pruebas adaptativas según los niveles de dificultad, pero aún no se ha podido corroborar la efectividad de esta propuesta basada en pruebas adaptativas computarizadas.

3.3.2. Entidades del contexto

Los trabajos relacionados a la pregunta PI3, evidencian que solo seis investigaciones (ver tabla 4) involucran aspectos de información contextual, es decir, que consideran características del contexto para ser usadas en los Sistemas de Aprendizaje Móvil. En este sentido, la relevancia del contexto en el aprendizaje es un elemento clave [15] para proveer actividades, contenidos y recursos de aprendizaje efectivos basados en las características de los dispositivos, las necesidades de los estudiantes y de los factores ambientales o del lugar donde ocurre el aprendizaje [11], [22].

Respecto a las entidades del contexto, solo cuatro estudios hacen referencia a la entidad llamada tiempo, donde autores como [10], [28] utilizan la característica fecha, [28] tiempo de duración y [30], [33] consideran fechas de inicio y fin para las actividades de aprendizaje. Por otro lado, los estudios de [10], [28], [30]–[33]

relacionan como entidad del contexto a la ubicación. La entidad denominada dispositivo hace referencia a conectividad de red, costo de comunicación y banda ancha. En especial, estudios como [30] utilizan las normas definidas por el Consorcio W3C para la captura de propiedades hardware y software de los dispositivos. De la entidad llamada estudiante, se relacionan las características más comunes, entre ellas: información personal, nivel de conocimiento, preferencias, estilo de aprendizaje, nivel de rendimiento, comportamiento histórico y aspectos de colaboración. Solo dos estudios [28], [32] hacen referencia a la entidad físico, donde las características en común corresponden a nivel de ruido, iluminación y temperatura. Finalmente, las técnicas de modelado de contexto más común son ontologías y bases de datos.

3.3.3. Técnicas de razonamiento

De acuerdo con la pregunta PI4, las técnicas de razonamiento encontradas (ver tabla 5) hacen referencia a técnicas para medir nivel de conocimiento y el nivel de rendimiento de los estudiantes. En particular, el estudio de [59], se enfoca en obtener resultados de notas finales a través de sesiones tipo prueba, donde la estrategia de evaluación es sumativa. Por otro lado, solo cinco estudios [10], [17], [29], [32], [65], se enfocan en proveer realimentación como soporte al proceso de evaluación, siendo estos estudios, los que abordan evaluación formativa. Solo los estudios de [10], [32] consideran elementos contextuales. El soporte más común es orientado a estudiantes, solo dos estudios proveen soporte a docentes [17], [29].

En el estudio de [17], se propone una herramienta de evaluación formativa digital basada en el modelo Teórico Ítem-Respuesta, los autores sugieren que se puede mejorar la entrega de realimentación para la toma de decisiones. El estudio de [29] presenta un mecanismo de evaluación formativa en tiempo real para la enseñanza de la arquitectura basado en Realidad Aumentada, como trabajo futuro, se pretende incluir un mecanismo de realimentación personalizado. El estudio realizado por [65]

diseña un sistema de negociación basado en reglas Fuzzy haciendo uso de un modelo de negociación, la propuesta pretende ser extendida para dar soporte a nivel de realimentación. La investigación de [10] plantea un método de evaluación basado en reglas de adaptación haciendo uso de pruebas adaptativas computarizadas, el estudio resalta la importancia de los métodos de evaluación para presentar a los estudiantes procesos coherentes y adaptados.

Un algoritmo de razonamiento es presentado en el estudio [30] para proveer contenidos de evaluación, se resalta la importancia de contar con una arquitectura que pueda ser usada en diferentes dominios y contextos de evaluación. Los autores [32] proponen un algoritmo basado en el modelo Factor de Análisis de Rendimiento, donde se estima el nivel de conocimiento con base en el número de respuestas previas correctas e incorrectas. La creación de algoritmos de análisis para captura de datos, toma de decisiones y seguimiento del nivel de comprensión son desafíos a futuro de acuerdo a [29], [53], [66]. El estudio de [59] presenta un método de inteligencia artificial llamado ponderación aditiva simple para la toma de decisiones, el trabajo a futuro de este estudio, radica en optimizar el método para evaluación de aprendizaje; el estudio no considera elementos contextuales.

3.3.4. Componentes de modelado

Finalmente, los estudios primarios descritos en la tabla 6, responden a la pregunta PI5, donde solo nueve estudios presentan componentes a nivel de modelado. Algunos trabajos no establecen componentes software [17], [29]. Los componentes son presentados en términos de módulos [10], capas [30], framework [65], necesidades humanas [31], motores [32], dominios [59] y dimensiones [67]. De igual forma, se evidencia que no hay consenso frente a lo que representa un modelo de evaluación, cada propuesta presenta, interpreta e implementa de manera diferente el concepto de evaluación en el campo móvil de acuerdo al dominio de aplicación, en este punto, los investigadores podrían presentar un modelado común que

permita hacer uso de la información del contexto, estrategias de evaluación, enfoques pedagógicos y mecanismo de realimentación efectivos. Entre todos los estudios descritos en la tabla 6, los componentes en común hacen referencia a: entrega de contenidos, perfil del estudiante, adquisición del contexto, banco de preguntas, evaluación adaptativa, módulo de razonamiento y módulo de realimentación. Respecto a los métodos de evaluación, se evidenció el uso de: estrategia de pre-test y pos-test; estrategia basada en cuestionarios, autoevaluación y consenso, y estrategia basada en sistema WATA "respuesta repetida", "No hay respuesta que proporcionar" y "Realimentación inmediata" [68].

3.4. CONCLUSIONES

El estado actual del conocimiento sobre evaluación en Sistemas de Aprendizaje Móvil muestra que el uso de estrategias de evaluación como el enfoque formativo, permite a los estudiantes la apropiación del aprendizaje y mayor comprensión del conocimiento; siendo la realimentación el componente clave dentro de esta estrategia de evaluación. El soporte a este tipo de evaluaciones viene dado a partir de la medición o predicción del nivel de conocimiento, al igual que la creación, adaptación y/o entrega de actividades, contenidos y recursos de aprendizaje basados en el perfil del estudiante y su nivel de rendimiento.

Estudios recientes han empezado a involucrar elementos del contexto con mecanismos de evaluación [10], [32], siendo estos elementos diferenciadores en el proceso, ya que representan la situación actual del estudiante en el aula de clase. Así, el contexto es un componente clave y de alto desafío para los investigadores, con el fin de proveer nuevos servicios educativos basados en la información que pueda ser capturada alrededor del estudiante. Las entidades en común de las propuestas revisadas corresponden a tiempo, ubicación, físico, dispositivo y estudiante.

Por otro lado, las técnicas de razonamiento utilizadas para la medición del nivel de conocimiento y nivel de rendimiento corresponden a modelo Teórico Ítem-Respuesta, Evaluación basada en Web y Análisis de Pruebas, Reglas Fuzzy, Reglas de Adaptación basadas en CAT y algoritmos de Extensión del Modelo de Análisis del Factor de Rendimiento. Así, solo las Reglas de Adaptación basada en CAT y la extensión del Modelo de Análisis del Factor de Rendimiento consideran elementos del contexto. La técnica de razonamiento más usada de acuerdo a la revisión de la literatura, es Fuzzy.

Finalmente, los componentes de modelado en Sistemas de Aprendizaje Móvil que consideran mecanismos de evaluación y uso de la información del contexto, tienen módulos para: i) entregar y adaptar contenidos de aprendizaje, ii) crear y actualizar el perfil del estudiante, iii) capturar y analizar la información del contexto, iv) almacenar y adaptar preguntas de evaluación, v) medir el nivel de conocimiento y el nivel de rendimiento y vi) entregar realimentación en tiempo real de manera efectiva.

CAPITULO IV. MODELO DE EVALUACIÓN FORMATIVA EN SISTEMAS DE APRENDIZAJE MÓVIL

4.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta la creación del Modelo de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil, denominado MEF-SAM, por sus siglas en español. La pertinencia del Modelo de Evaluación, se fundamenta a través del conocimiento adquirido en las etapas investigativas de identificación de oportunidades, líneas de acción, caracterización de entidades del contexto, técnicas de razonamiento y componentes de evaluación descritas en los capítulos anteriores.

Adicionalmente, cinco expertos en el área de pedagogía y tecnologías fueron entrevistados. Como resultado, se logran reafirmar conceptos encontrados, incluir nuevos conceptos y reducir el alcance del Modelo de Evaluación Formativa. Esto conduce a identificar y precisar los elementos para tener en cuenta alrededor de evaluación, realimentación, Sistemas de Aprendizaje Móvil y uso de información contextual.

Finalmente, este capítulo contiene los siguientes apartados: i) introducción, ii) alcance, iii) metodología de desarrollo, iv) creación del modelo MEF-SAM y v) conclusiones.

4.2. ALCANCE

El modelo de evaluación MEF-SAM, se construye a partir del concepto de modelo definido en [50], según el cual un modelo es utilizado para describir un problema alrededor de un dominio de conocimiento específico. En la construcción general de un software, un modelo puede ser utilizado con dos propósitos: i) describir a nivel

conceptual las partes existentes del dominio (modelo conceptual) o ii) definir un producto software con especificación de requerimientos y diseño de actividades (modelo computacional). El modelo MEF-SAM, es un modelo conceptual que representa las partes del conocimiento y provee a los investigadores y desarrolladores una visión general acerca de los elementos esenciales que deben ser considerados en el desarrollo de procesos de evaluación formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil.

La propuesta del modelo parte de la concepción de ofrecer realimentación durante el proceso de evaluación. En este sentido, los trabajos revisados a través del estado del arte reflejaron poco uso de la realimentación al considerar estrategias sumativas [10] donde solo se provee realimentación al final del proceso educativo. El modelo de evaluación propuesto, se basa en una estrategia formativa [10], que permite fomentar realimentación continua a través de la identificación de fuentes, formatos, tipos y momentos de entrega de la realimentación.

La aplicabilidad del modelo conceptual gira en torno a Sistemas de Aprendizaje Móvil que permiten la captura de información contextual, especialmente, de condiciones físicas, ambientales y del dispositivo. Estas condiciones, afectan los procesos de evaluación que normalmente se desarrollan por parte de los estudiantes en ambientes de aprendizaje mediante el uso de tecnologías móviles. Por lo tanto, el presente modelo considera el uso de la información contextual como estrategia de entrega efectiva de realimentación con el fin de proveer formas y medios para aclarar y reforzar el conocimiento adquirido por los estudiantes. Así, el alcance y aporte del modelo, se encuentra en la intersección de los Sistemas de Aprendizaje Móvil, Evaluación Formativa, Realimentación y Contexto Sensible, ver figura 1.

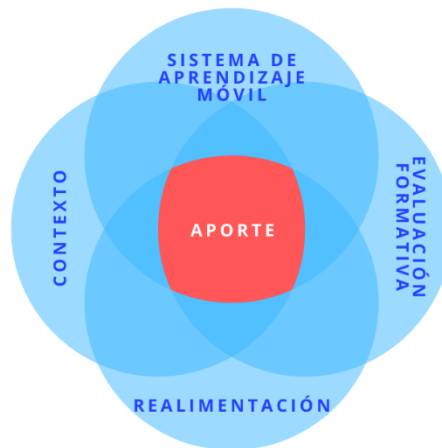


Figura 1. Alcance y aporte de modelo MEF-SAM.

4.3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

El proceso metodológico para la creación del Modelo de Evaluación MEF-SAM, se basa en la adaptación del método cualitativo para la creación de marcos de trabajo conceptuales [38]. El presente trabajo establece y adapta las siguientes fases de acuerdo con el método referenciado:

- 1) *Fase 1: Análisis fuentes de información:* el objetivo de esta fase es analizar y relacionar conceptos y/o características a través de una representación gráfica o textual que permita el entendimiento de los resultados encontrados previamente en el proceso de caracterización o revisión de la literatura.
- 2) *Fase 2: Selección y agrupamiento de conceptos:* en esta fase se reconocen y seleccionan los conceptos más relevantes para la investigación y se analizan conceptos ambiguos, similares, repetidos o diferenciadores con el fin de agrupar y sintetizar elementos y características.

- 3) *Fase 3: Integración de nuevos conceptos:* en esta fase se agregan los conceptos descubiertos durante las entrevistas y asesorías con expertos en el campo de investigación.
- 4) *Fase 4: Construcción del modelo:* el objetivo de esta fase es representar a través de un paradigma de modelado estándar los conceptos y relaciones entre conceptos a nivel gráfico alrededor del dominio específico de conocimiento.
- 5) *Fase 5: Formalización del modelo:* el objetivo de esta fase es describir los conceptos representados en el modelo construido previamente en la fase 4 con el fin de dar mayor comprensión del significado de cada componente definido.

En la figura 2, se observan las fases y su respectivo flujo para la creación del Modelo de Evaluación MEF-SAM.

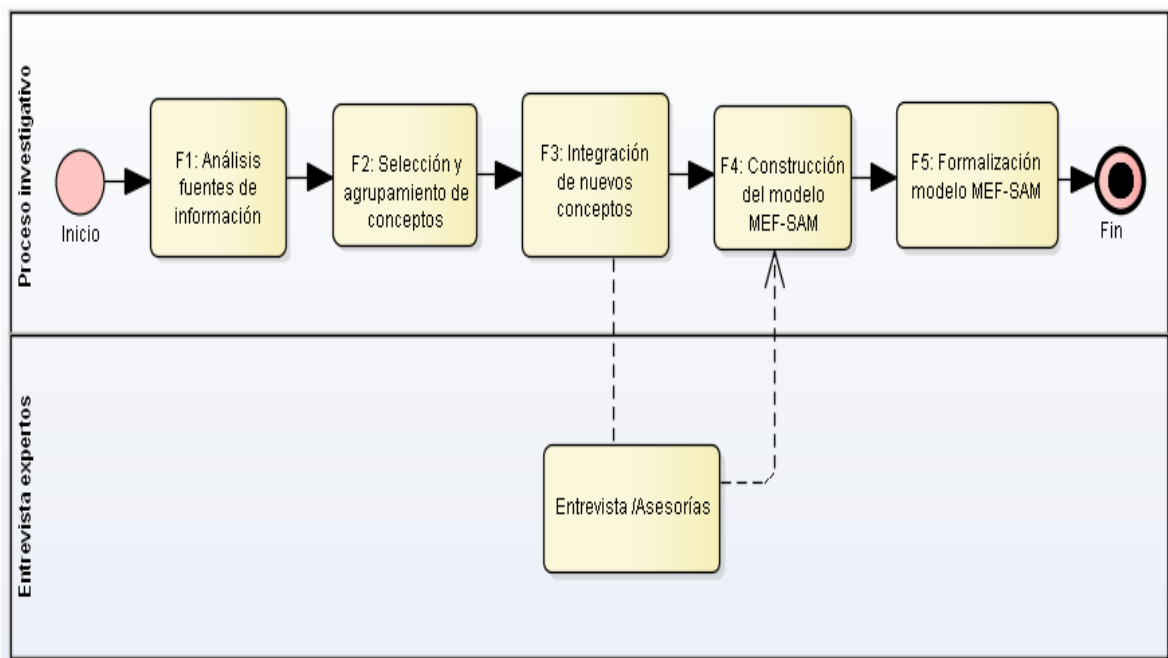


Figura 2. Elaboración propia, proceso metodológico para la construcción del modelo

4.4. CREACIÓN DEL MODELO MEF-SAM

En esta sección, se detalla las actividades propias de la creación del Modelo de Evaluación para Sistemas de Aprendizaje Móvil de acuerdo al proceso definido en la figura 2.

4.4.1. Fase F1: Análisis fuentes de información

En esta primera fase, se analizan y agrupan conceptualmente los resultados del proceso de caracterización de componentes software para la construcción del Modelo de Evaluación MEF-SAM, específicamente, los elementos y características relacionadas a entidades del contexto sensible, técnicas de razonamiento y componentes de modelado en Sistemas de Aprendizaje Móvil que incorporan procesos de evaluación. En la figura 3, se presentan elementos y características encontradas durante el proceso de caracterización realizado en el capítulo tres (3) del presente documento.

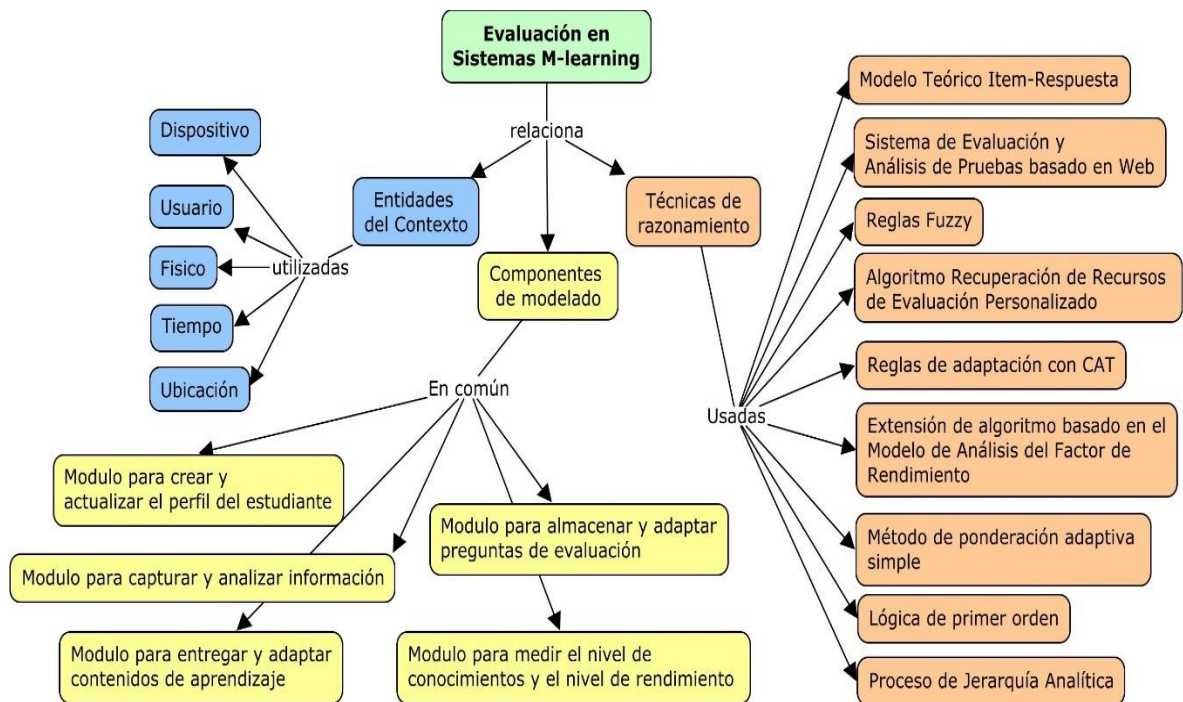


Figura 3. Elaboración propia, resultados del proceso de caracterización.

La caracterización permitió evidenciar que los elementos denominados “Entidades del contexto” y “Técnicas de razonamiento”, son componentes de software relacionados de manera general con los módulos de captura y análisis de información, y módulo de conocimiento-rendimiento, respectivamente. Así, el ejercicio individual de caracterizar las “Entidades del contexto” permitió evidenciar que las entidades más comunes son: Dispositivo, Usuario, Físico, Tiempo y Ubicación; a su vez, el conjunto de “Técnicas de razonamiento”, se utilizan para medir nivel de conocimiento y nivel de rendimiento de los estudiantes.

4.4.2. Fase F2: Selección y agrupamiento de conceptos

En esta fase, se realiza agrupamiento de los componentes software (ver figura 3) y se sintetiza en conceptos generales. El objetivo es encapsular los fines de uso y las características relacionadas para dar sentido lógico y resumido a cada componente software. A continuación, se realiza el proceso de agrupamiento para la información encontrada.

Entidades del contexto

Entidades como “Físico” y “Ubicación” son correspondientes para un grupo de investigadores, es decir, que cuentan con características similares, mientras que para otros investigadores existe diferencia entre las condiciones donde se encuentra el estudiante (Ubicación) y las condiciones ambientales (Físico) que están ocurriendo en torno al proceso de aprendizaje. En este sentido, la presente investigación establece que la Ubicación es una característica propia de la entidad denominada Físico, y por lo tanto, las características de Ubicación se integran a la entidad Físico como se observa en la tabla 7.

| | |
|---------------|-------------------|
| Físico | ruido |
| | asientos |
| | clima |
| | espacio |
| | iluminación |
| | temperatura |
| | ubicación real |
| | tipo lugar |
| | descripción lugar |

Tabla 7. Entidad “Físico” agrupada con las características de la entidad “Ubicación”.

Las entidades “Dispositivo” y “Tiempo” con sus características respectivas, se detallan en el ANEXO A. De este modo, la información contextual es el conjunto de entidades del contexto que permite la captura de la información del entorno. Así, a partir de esta sección, el componente de entidades del contexto se define como Contexto Sensible. En la figura 4, se observa de manera general los conceptos relacionados al Contexto Sensible (Dispositivo, Físico y Tiempo) y se excluye la entidad denominada “Usuario” debido a que su representación, importancia y significado se hace a través del concepto general denominado Estudiante.

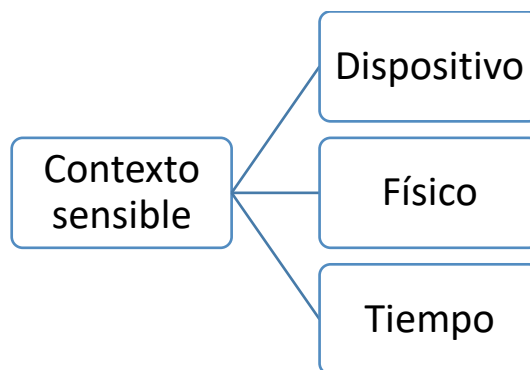


Figura 4. Entidades del contexto sensible de la caracterización

Técnicas de razonamiento

La medición del nivel de conocimiento y el nivel de rendimiento viene dado por el uso de técnicas de razonamiento como se observa en la figura 3. En este sentido, la exploración de algoritmos de minería de datos como K-Means, A priori, Naive Bayes, entre otros, pueden ser utilizados con el fin de analizar los defectos en la adquisición del conocimiento [28], pero que requieren de más investigación para conocer el aporte y alcance en este tipo de sistemas. De otro lado, una de las técnicas más utilizadas para realizar inferencia de información corresponden a Reglas de Lógica Difusa [65] y uso de Pruebas Adaptativas Computarizadas [10], ambas técnicas basadas en reglas. Las reglas son el componente de inferencia más común de acuerdo a la revisión de los trabajos relacionados en la caracterización.

Debido a la gran variedad de técnicas y trabajos futuros en esta área en específico, el presente modelo no establece técnicas y/o algoritmos para el análisis, pero si se considera un concepto general denominado "Inferencia".

Componentes de modelado

Entre los componentes de modelado más destacados de acuerdo a la figura 3, se encuentran módulos con el fin de:

- *Crear y actualizar información del estudiante:* este componente representa la información del estudiante, estilos de aprendizaje, nivel de conocimiento, etc. La anterior información se encapsula en el concepto denominado Estudiante.
- *Medir nivel de conocimiento y nivel de rendimiento:* este componente representa las mediciones sobre el nivel de conocimiento, nivel de rendimiento del estudiante y la toma de decisiones en relación con el proceso

evaluativo y la información contextual. El concepto general de este componente se denomina Inferencia como se explicaba anteriormente.

- *Capturar y analizar información del contexto*: este componente representa la información relacionada al Contexto Sensible, ver figura 4.
- *Almacenar y adaptar preguntas*: este componente representa los contenidos de evaluación, tipos de evaluación y formas de entrega. El concepto general de este componente se denomina Evaluación.
- *Entregar y adaptar contenidos de aprendizaje*: este componente está relacionado con contenidos y objetivos de aprendizaje. El concepto general de este componente se establece como Dominio de Conocimiento.

Así, en la figura 5, se presentan los conceptos agrupados y sintetizados con base en la descripción y análisis de los componentes generales de la figura 3.

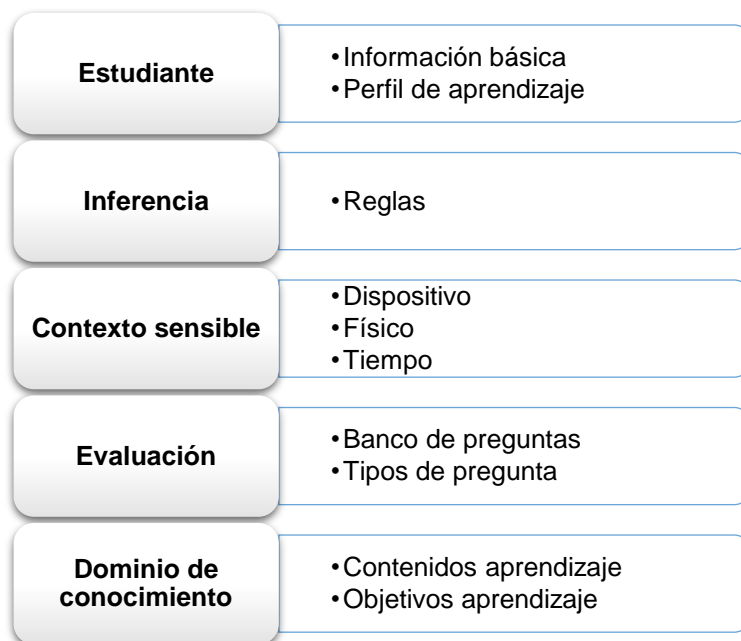


Figura 5. Agrupamiento y síntesis de conceptos.

Al finalizar la fase 2 de selección y agrupamiento, se puede concluir que, los conceptos más relevantes relacionados a Sistemas de Aprendizaje Móvil que consideran evaluación son: Estudiante, Inferencia, Contexto Sensible, Evaluación y Dominio de Conocimiento.

4.4.3. FASE 3: Integración de nuevos conceptos

En esta fase se realizan dos actividades para la generación de nuevos conceptos, las cuales corresponden a entrevista con expertos y ampliación del concepto de realimentación.

4.4.3.1. Proceso de entrevistas a expertos

El proceso de entrevistas a expertos tiene como objetivo identificar los conceptos relacionados a las temáticas de estudio, entre ellas: Modelo Pedagógico, Ambientes de Aprendizaje, TIC, Evaluación, Evaluación Formativa y Realimentación. Así mismo, corroborar la similitud, discordancia y/o ausencia con respecto a los conceptos encontrados previamente. Para la realización de las entrevistas, se prepara un protocolo guía (ver ANEXO B), con el fin de dar un orden y establecer las preguntas a los entrevistados. El protocolo es un proceso guiado, que consideró el consentimiento informado de datos, el cual contó con la grabación de voz de cada experto entrevistado para posteriormente tratar la información a través de un método cualitativo para el análisis de datos. La entrevista fue aplicada a cinco expertos entre licenciados e ingenieros en área de las TIC y la Educación (ver tabla 8, perfil de expertos). Una vez aplicadas las entrevistas y realizada la sistematización de la información (ver Anexo C), se procede a utilizar la herramienta de software para análisis de datos cualitativos Atlas.ti [69].

| Experto | Formación |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Entrevistado I | Licenciado en Informática Educativa, Magister en TI aplicada a la Educación y Doctor en Ciencias de la Educación. |
| Entrevistado II | Licenciado en Informática Educativa, Especialista en Gerencia Educativa, Magister en Informática Educativa y Doctor en Ciencias de la Educación. |
| Entrevistado III | Ingeniero de Sistemas, Especialista en Tutoría Virtual, Magister en Pedagogía, Magister en Software Libre y Doctorado Honoris Causa de Iberoamérica. |
| Entrevistado IV | Ingeniero de Sistemas, Especialista en Pedagogía para el Desarrollo de Aprendizaje Autónomo, Magister en E-Learning, Doctorando en Ciencias de la Electrónica |
| Entrevistado V | Ingeniero de Sistemas, Magister en Informática |

Tabla 8. Perfil de expertos.

La herramienta Atlas.ti permite importar los documentos de texto del proceso de entrevistas de manera individual y crear conceptos o códigos alrededor de los párrafos o ideas que han expresado los entrevistados, un párrafo o un conjunto de palabras puede estar relacionado con uno o varios conceptos como se observa en la figura 6. El objetivo de etiquetar las respuestas de los expertos, es poder conocer que conceptos giran en torno a la temática de estudio y poder incluir nuevos conceptos o corroborar la cercanía de los conceptos ya encontrados en las anteriores fases.

De acuerdo a su formación y experiencia, ¿Qué elementos se deben considerar en un modelo pedagógico en el que se tiene la mediación de TIC?

Estudiantes

Profesores

Técnicas/Estrategias

TIC (Formación de los docentes, mantenimiento de los recursos, contenidos, calidad de contenidos, aspectos técnicos).

Personal de apoyo técnico y pedagógico.

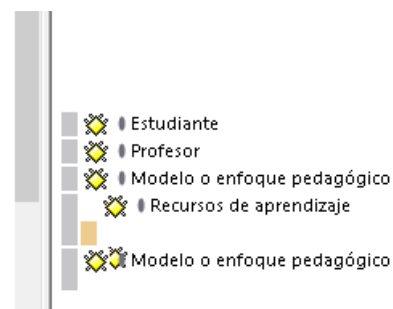


Figura 6. Relacionamiento de uno o varios conceptos con párrafos o ideas en Atlas.ti

Una vez terminado el proceso de etiquetado sobre todos los documentos textuales, se procesan los conceptos para analizar el nivel de correspondencia entre ellos y el

número de ocurrencias. Como resultado del proceso anterior, se genera un mapeo de los conceptos a nivel gráfico, que permite crear una red de conceptos que se asocia con diferentes tipos de relaciones según sea el sentido de un concepto a otro. Las relaciones consideradas por Atlas.ti son:

- == : is associated with (es asociado con)
- [] : is part of (es parte de)
- => : is cause of (es causa de)
- <> : contradicts (contrario)
- isa : is a (es un/a)
- . : noname (no nombrada)
- *} : is property of (es propiedad de)

De acuerdo con los conceptos procesados, se procedió a realizar las asociaciones respectivas teniendo en cuenta la correspondencia entre los conceptos y el ámbito del problema, lo cual permitió construir la red que se observa en la figura 7. La red se representa de forma semántica, lo que permite observar la jerarquía y la importancia de los conceptos. El concepto jerárquicamente más alto corresponde a Ambiente de Aprendizaje, del cual se desprende Sistema de Aprendizaje, y este a su vez, se relaciona con los conceptos: Evaluación, Profesor, Modelo pedagógico, Contexto sensible, Estudiante y Dominio de conocimiento. Es importante aclarar que, el investigador debe ser conocedor de las temáticas de estudio debido a que el proceso de relacionamiento depende del conocimiento o inferencia que pueda lograr entre los conceptos.

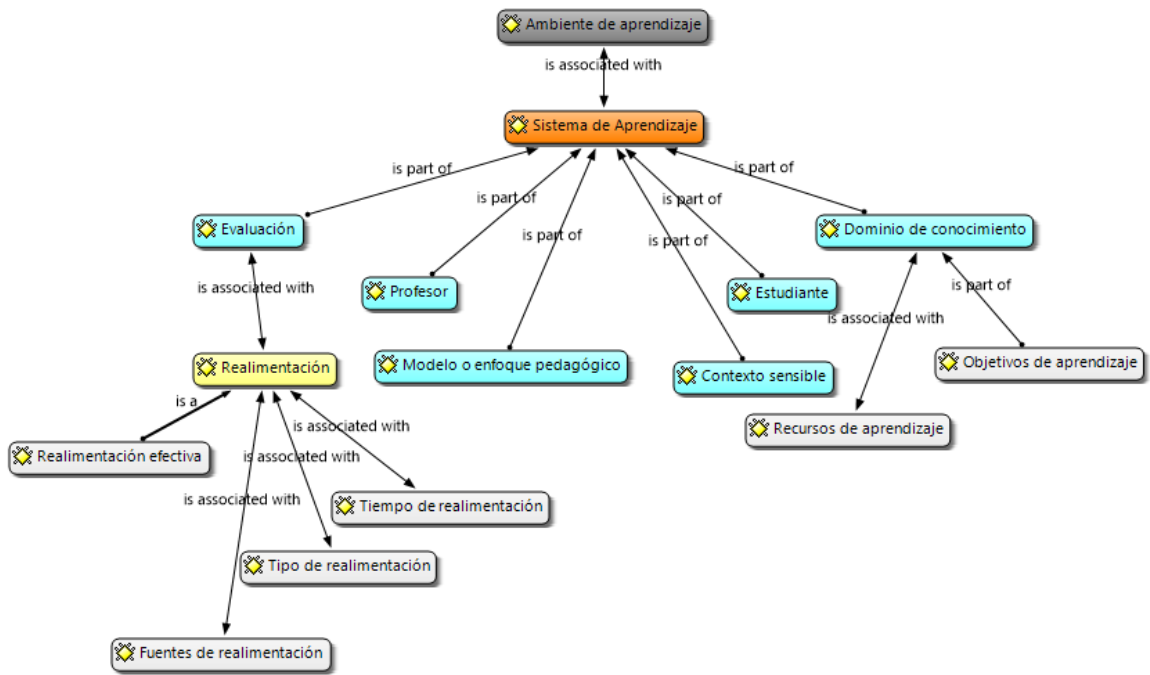


Figura 7. Red de conceptos relacionados.

A partir de la red de conceptos, se observa que conceptos como Evaluación, Contexto sensible, Estudiante y Dominio de Conocimiento coinciden con los conceptos encontrados en el proceso de caracterización de la figura 5, exceptuando el concepto de inferencia. De igual forma, se observa que la realimentación es una parte fundamental asociada al concepto de Evaluación y se observan elementos importantes como tiempo de ocurrencia, tipo de realimentación y fuente de suministro.

Adicionalmente, se generó una matriz de coocurrencia a partir de un conjunto de conceptos seleccionados que tuvieran alta correspondencia con la problemática. La matriz contiene el número de ocurrencias entre conceptos seleccionados y un grado de intensidad o fuerza entre los conceptos (con medición entre 0 y 1). En la figura 8, se observa la matriz construida con base en los conceptos previamente seleccionados y la cantidad numérica correspondiente al número de ocurrencias,

donde uno (1) es el mínimo de ocurrencias entre los conceptos. Adicionalmente, es importante resaltar que:

- i) El concepto de realimentación muestra una mayor co-ocurrencia frente al concepto de Estudiante y Evaluación, lo que es lógico y relevante debido al enfoque de evaluación formativa que toma la investigación.
- ii) Dos conceptos nuevos que aparecen en esta etapa corresponden a Profesor y Enfoque Pedagógico, donde el número de ocurrencias frente al concepto de Estudiante y Evaluación respectivamente, son significativamente altos, evidenciando que el concepto de Profesor y Enfoque Pedagógico son relevantes en este tipo de Sistemas.

| | Ambiente de : | Contexto sens | Dominio de c | Estudiante | Evaluación | Modelo o enfi | Profesor | Realimentació | Sistema de Ap |
|-------------------------|---------------|---------------|--------------|------------|------------|---------------|----------|---------------|---------------|
| Ambiente de aprendizaje | | 4 - 0,33 | n/a | 1 - 0,05 | 2 - 0,06 | 1 - 0,03 | n/a | n/a | 4 - 0,31 |
| Contexto sensible | 4 - 0,33 | | n/a | 1 - 0,05 | 3 - 0,10 | 1 - 0,03 | n/a | n/a | 1 - 0,07 |
| Dominio de conocimiento | n/a | n/a | | n/a | 1 - 0,03 | 1 - 0,03 | n/a | n/a | n/a |
| Estudiante | 1 - 0,05 | 1 - 0,05 | n/a | | 5 - 0,14 | 2 - 0,05 | 6 - 0,30 | 7 - 0,21 | n/a |
| Evaluación | 2 - 0,06 | 3 - 0,10 | 1 - 0,03 | 5 - 0,14 | | 6 - 0,13 | 2 - 0,05 | 7 - 0,15 | 1 - 0,03 |
| Modelo o enfoque pedag | 1 - 0,03 | 1 - 0,03 | 1 - 0,03 | 2 - 0,05 | 6 - 0,13 | | 2 - 0,06 | 2 - 0,04 | 1 - 0,03 |
| Profesor | n/a | n/a | n/a | 6 - 0,30 | 2 - 0,05 | 2 - 0,06 | | 4 - 0,12 | n/a |
| Realimentación | n/a | n/a | n/a | 7 - 0,21 | 7 - 0,15 | 2 - 0,04 | 4 - 0,12 | | n/a |
| Sistema de Aprendizaje | 4 - 0,31 | 1 - 0,07 | n/a | n/a | 1 - 0,03 | 1 - 0,03 | n/a | n/a | |

Figura 8. Matriz de co-ocurrencia de los conceptos generados

Finalmente, se resalta que la entrevista a expertos permitió encontrar nuevos conceptos (ver figura 9), así como los procesos realizados en Atlas.ti evidenciaron tanto a nivel de la red semántica construida como de la tabla de co-ocurrencia generada, que los conceptos de Profesor, Enfoque Pedagógico y Realimentación son significativamente fuertes, por lo tanto, fueron considerados para la creación del modelo.

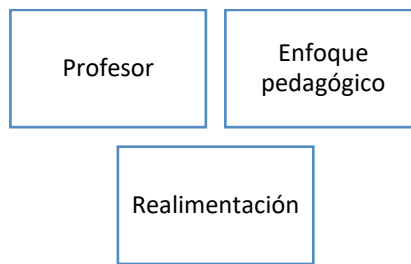


Figura 9. Conceptos nuevos del proceso de entrevista

4.4.3.2. Relevancia del proceso de realimentación

La importancia de la realimentación en los procesos de evaluación formativos es clave para ayudar a comprender a los estudiantes sobre cuál es el estado del proceso de aprendizaje, cuáles son los objetivos a cumplir y cómo alcanzarlos [49]. Tradicionalmente, la realimentación siempre se ha entendido como la información que es proporcionada a través de personas, sin embargo, la tecnología permite ampliar el rango de posibilidades de realimentación en entornos de aprendizaje mediados por TIC [22] [48].

La variedad de dominios de estudio, las condiciones del contexto y las formas en cómo aprenden los estudiantes, llevan a repensar cómo entregar realimentación significativa y qué posibilidades brindan las tecnologías para responder a dicho cuestionamiento. En este sentido, primero se debe definir con claridad hasta dónde abarca la realimentación, qué tipos existen, en qué momentos se entrega y quiénes podrían soportar la realimentación.

Así, durante el proceso del estado de arte y de la caracterización de los componentes de modelado, se observó que diferentes estudios consideran la entrega de realimentación de manera convencional, es decir, solo se limitan a indicar si la respuesta es correcta o no, y en algunos casos entregan la respuesta indicando los pasos de solución, es de resaltar que la forma más común para la entrega de realimentación es en formato texto. Por lo tanto, es importante establecer

un marco de trabajo sobre el cómo, el cuándo, qué y quién debe entregar realimentación. Para ello, en el trabajo realizado por [70], se definen las dimensiones de la realimentación como se observa en la figura 10, donde se observan tres ejes fundamentales para la entrega de realimentación, entre ellos: realimentación basada en ocurrencia, ii) realimentación según el tipo de respuesta y iii) realimentación de acuerdo al medio de presentación o entrega.

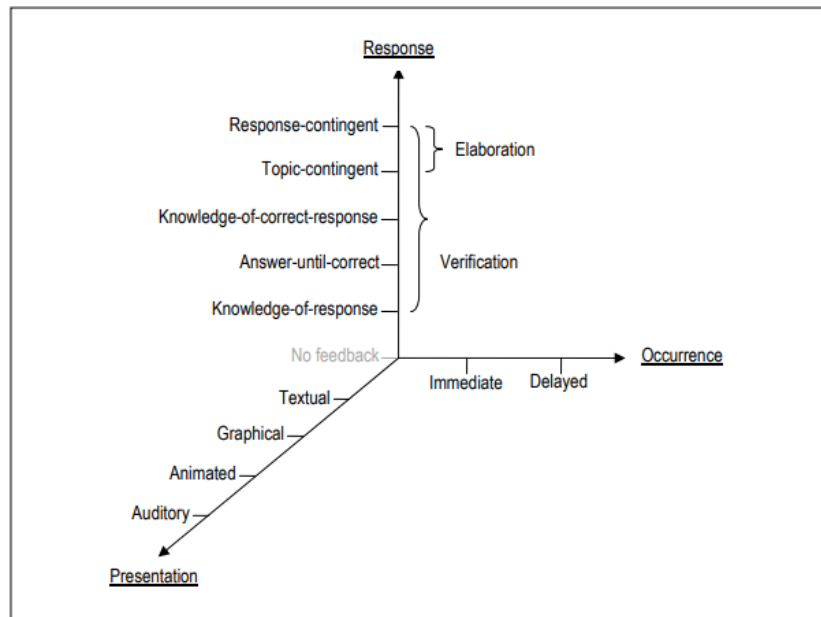


Figura 10. Dimensiones de realimentación [68].

Es importante resaltar que, en los procesos de evaluación formativa, la realimentación ocurre de manera inmediata y continua durante todo el proceso de aprendizaje y evaluación, soportando al estudiante con el fin de alcanzar los objetivos educativos establecidos para el aprendizaje. A continuación, se explica de forma breve las dimensiones consideradas en la figura 10.

- 1) *Tipo de respuesta*: corresponde a los diferentes tipos de respuestas definidos en la figura 10. La realimentación es dada a nivel de verificación o elaboración (la elaboración requiere de mayor esfuerzo, ya sea por el sistema o por la persona que soporta la realimentación). Los tipos de respuesta definidos son:

- a. Conocimiento de respuesta o Knowledge-of-response, indica a los estudiantes si una respuesta es correcta o incorrecta (la más común de las realimentaciones).
 - b. Respuesta hasta que sea correcta o Answer-until-correct, hace que el estudiante permanezca en una pregunta hasta que marque la respuesta correcta.
 - c. Conocimiento de respuesta correcta o Knowledge-of-correct-response, entrega a los estudiantes la respuesta correcta a cada pregunta, pero no entrega información adicional.
 - d. Realimentación eventual de tema o Topic-contingent feedback, entrega al estudiante verificación de cada pregunta e información elaborada de acuerdo al objetivo del tema.
 - e. Realimentación eventual de respuesta o Response-contingent feedback, entrega al estudiante una respuesta específica y explica por qué fue correcta o incorrecta.
- 2) *Tipo de despliegue*: la forma de presentar la realimentación viene dada por la entrega de formatos tipo textual, gráfico, vídeo y audio. Varios trabajos a nivel de la literatura carecen de la entrega de formatos en vídeo y audio, por lo cual se requiere de esfuerzos para brindar otras oportunidades de realimentación que estén acorde al estilo de aprendizaje de cada estudiante. La entrega más común de realimentación viene dada por información textual.
- 3) *Tiempo de ocurrencia*: el tiempo de entrega de la realimentación de acuerdo a la figura 10, es de forma inmediata o acumulada. En este sentido, la entrega más adecuada en procesos de evaluación formativa es la realimentación inmediata, ya que permite conocer el estado actual del estudiante e incidir en la mejora del proceso educativo.

Adicionalmente, a la incorporación de los anteriores elementos, también se considera la inclusión de una característica denominada “Fuentes de realimentación”, con el fin de garantizar formas de entrega que promuevan la interacción entre los actores alrededor del proceso de aprendizaje-evaluación.

4) *Fuentes de realimentación*: La fuente de realimentación es una de las características más desafiantes, ya que se busca entregar realimentación al estudiante a través varios canales de comunicación. Distintas fuentes realimentación permiten colaboración entre los diferentes actores del ámbito educativo, es decir, entre los padres de familia, profesores, estudiantes y terceros que tuvieran lugar dentro del proceso de aprendizaje-evaluación. De esta manera, se hace necesario que el modelo propuesto de la posibilidad a cada estudiante de interactuar con sus compañeros de clase, solicitar soporte y guía durante el proceso de evaluación, así como también permitir al estudiante brindar dicho soporte a otros compañeros. Las fuentes de realimentación consideradas en este modelo corresponden a: i) tutor o profesor (entrega personalizada), ii) asistente virtual (entrega heterogénea), iii) compañero de clase (entrega no homogénea) y realimentación propia (auto entrega, fomentada por pistas), ver figura 11.

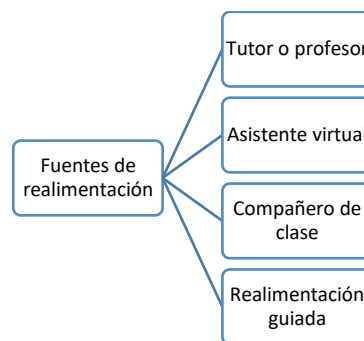


Figura 11. Característica fuentes de realimentación.

4.4.4. FASE 4: Construcción del modelo MEF-SAM

De acuerdo a las fases anteriores de identificación y descubrimiento de nuevos conceptos, la construcción del Modelo de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil inicia con el agrupamiento de todos los conceptos encontrados en las fases anteriores. Así, en la figura 12, se encuentran resumidos todos los conceptos relacionados a la presente propuesta de investigación.

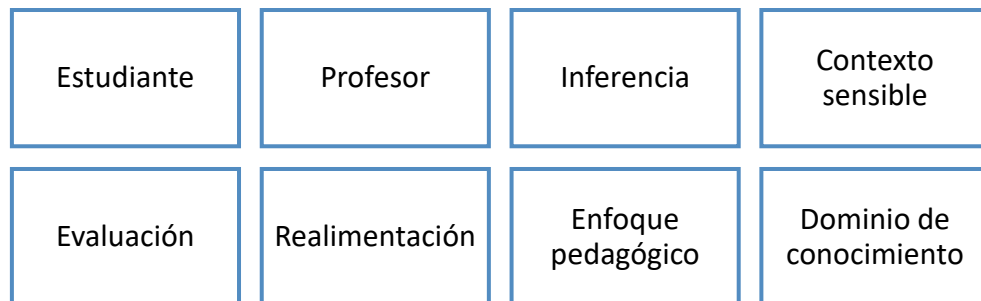


Figura 12. Conceptos finales del modelo MEF-SAM.

Debido a la importancia del Contexto Sensible y de la Realimentación como aporte significativo del presente modelo (ver figura 1), se propone también conceptualizar las partes o características de estos elementos. El enfoque de modelado utilizado para representar el modelo MEF-SAM corresponde al enfoque orientado a objetos [52], el cual es el enfoque más común de modelado utilizado después de las ontologías. Este permite encapsular las partes del problema en componentes rectangulares que consideran nombre, estereotipo, atributos y asociaciones entre los conceptos modelados.

A continuación, en la figura 13, se presenta el Modelo de Evaluación Formativa en Sistemas de Aprendizaje Móvil MEF-SAM, que considera todos los resultados de las fases anteriores donde se asocian conceptos para dar un sentido lógico al modelo propuesto.

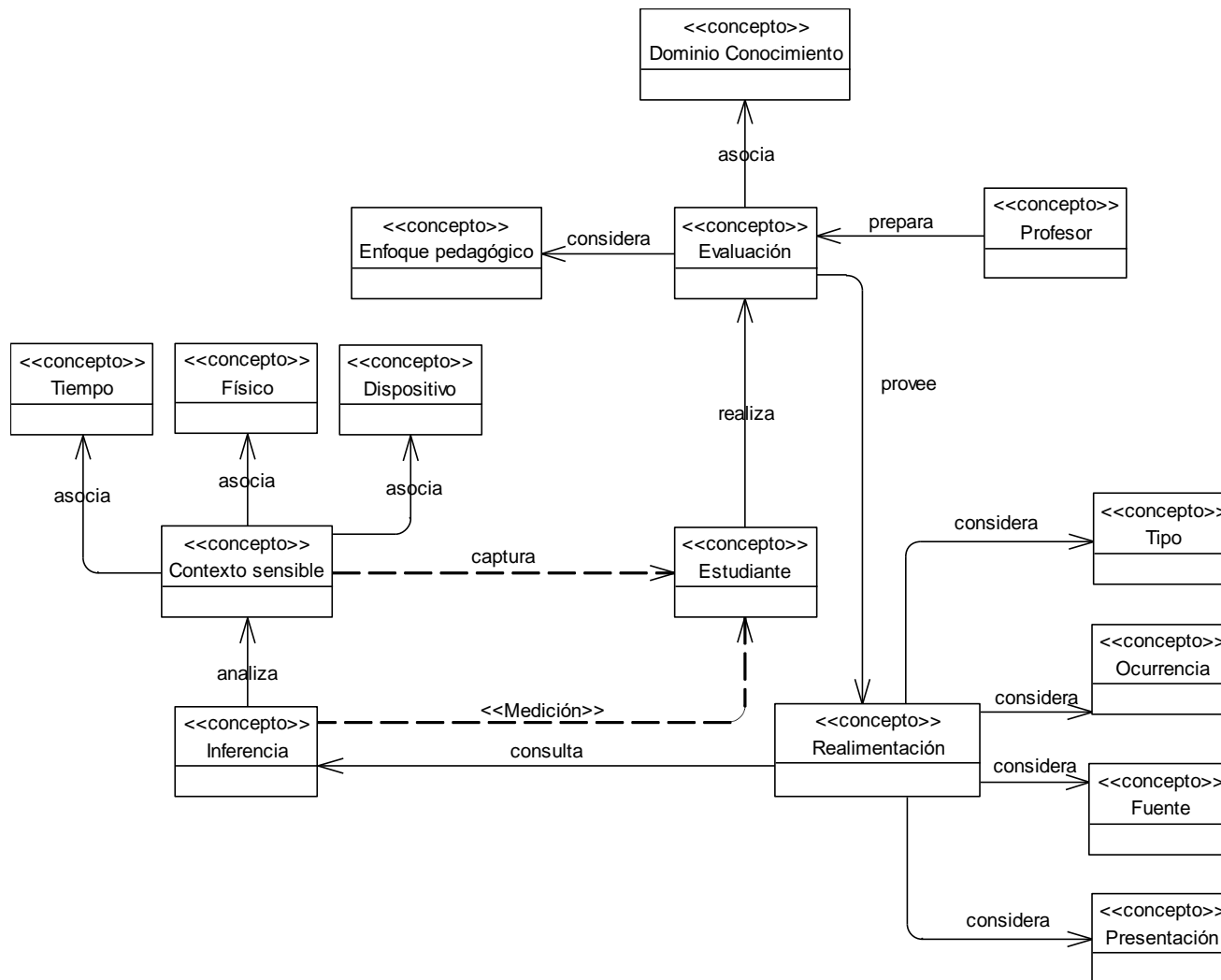


Figura 13. Modelo de Evaluación MEF-SAM

Adicionalmente, se proporcionan otras vistas de software como arquitectura, tecnológica y funcional con el fin de que desarrolladores e investigadores puedan tener una visión más amplia de las posibilidades y alcance del modelo propuesto. En las figuras 14, 15 y 16, se presentan las vistas adicionales desarrolladas en Enterprise Architecture [71].

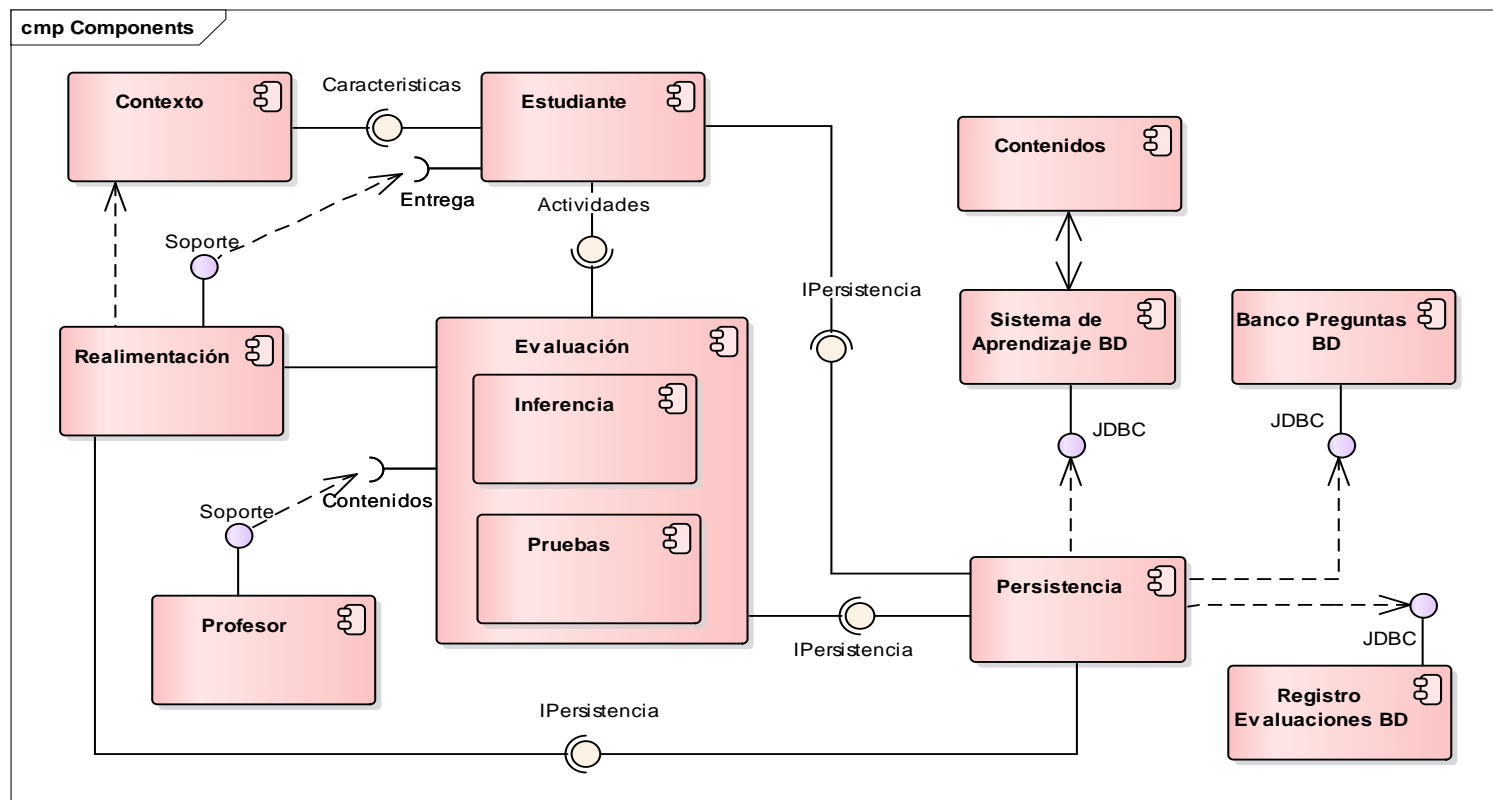


Figura 14. Vista componentes modelo MEF-SAM

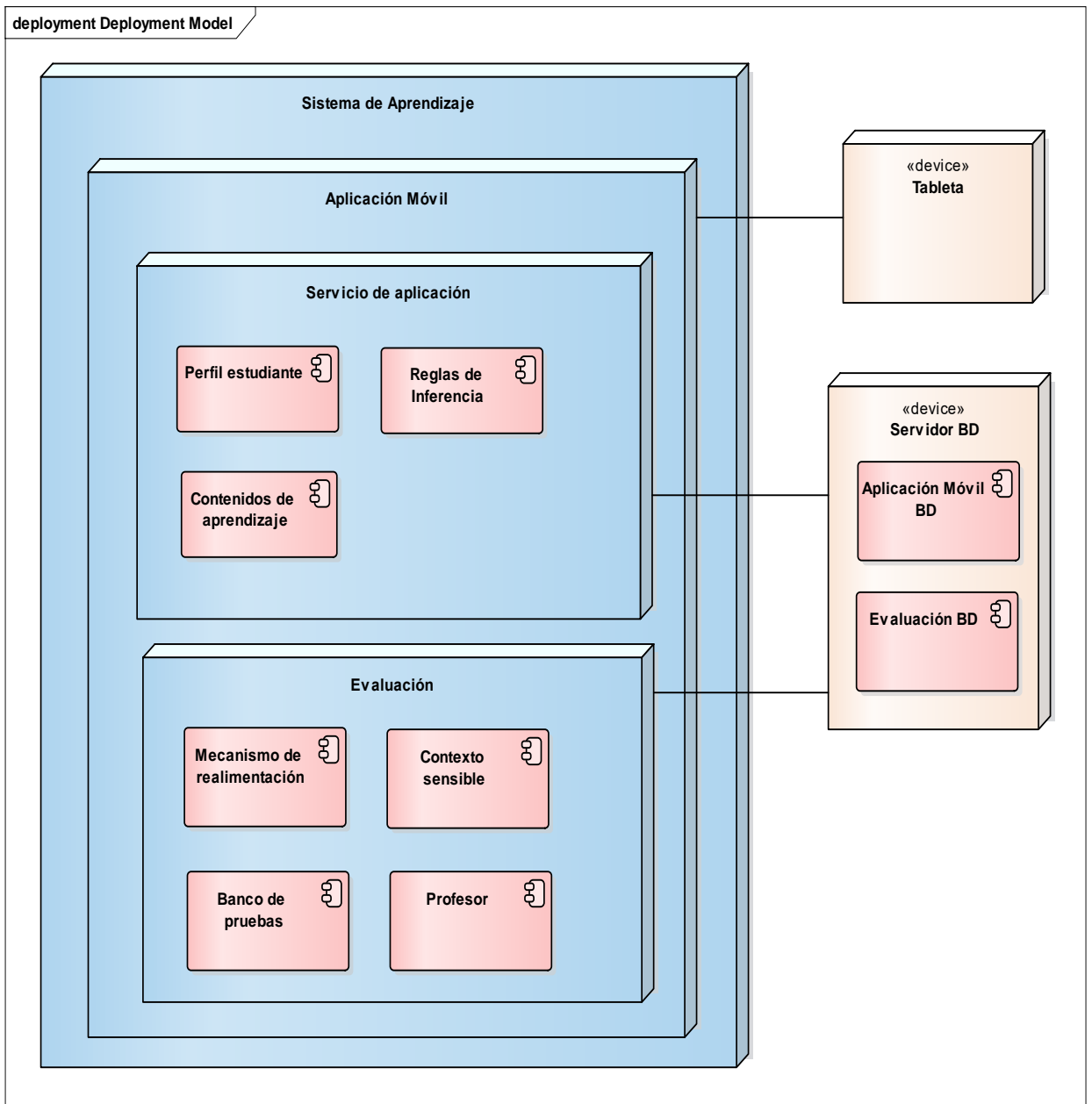


Figura 15. Vista tecnológica del modelo MEF-SAM

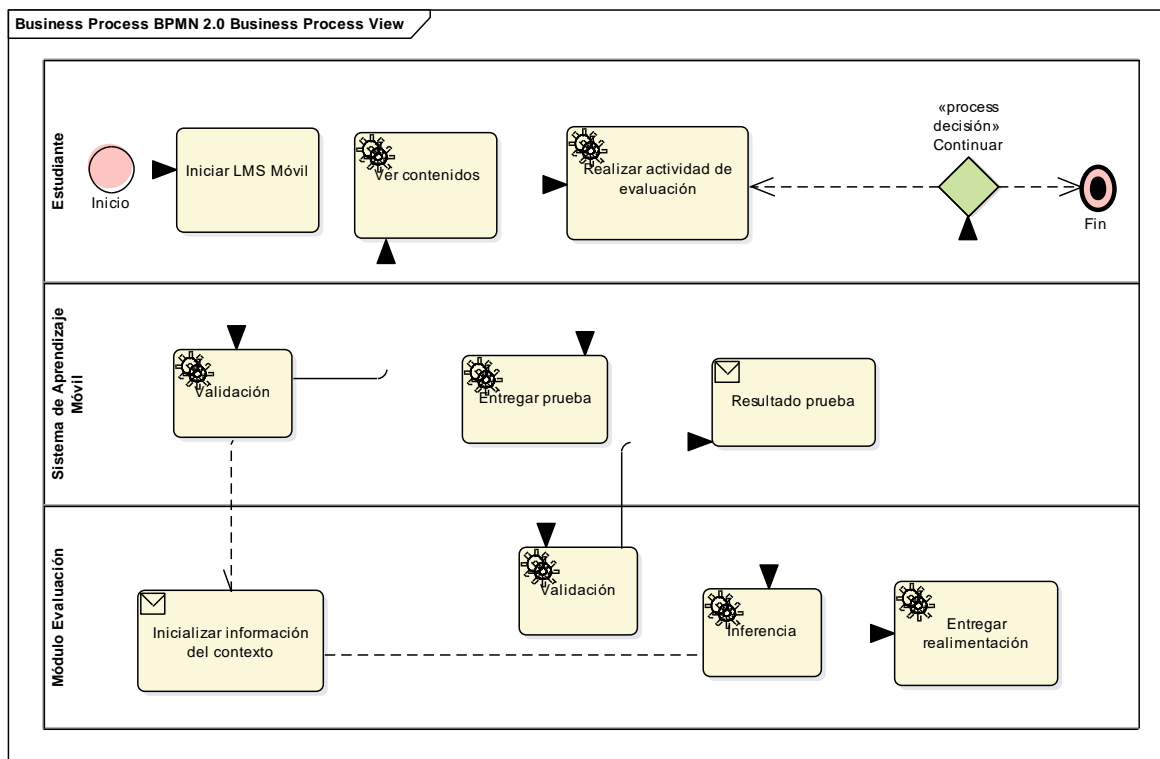


Figura 16. Vista funcional <caso general> del modelo MEF-SAM

4.4.5. FASE5: Formalización del modelo MEF-SAM

En esta fase, se describen los conceptos del modelo propuesto en la figura 13. A continuación, se lista y detalla cada uno de los conceptos del modelo con el fin de permitir mayor comprensión del significado de cada concepto.

- 1) *Estudiante*: este concepto está relacionado con el perfil educativo del estudiante en el sistema, sus características como estilo de aprendizaje, nivel de conocimiento y nivel de rendimiento.
- 2) *Profesor*: representa al tutor o profesor de un área de conocimiento, es quién prepara los contenidos y el banco de preguntas. También es una fuente de realimentación especificada en el modelo. Su responsabilidad recae en la

toma de decisiones con el fin de mejorar el proceso educativo de los estudiantes.

- 3) *Inferencia*: describe el mecanismo utilizado para analizar la información entrante durante el proceso de evaluación y tomar una decisión de entrega de realimentación adecuada con base en la información del contexto de aprendizaje, dicha información, es capturada por los sensores disponibles en los dispositivos móviles. Además, este concepto se vincula con el uso de técnicas de razonamiento a través de algoritmos avanzados de minería de datos, analíticas de aprendizaje, entre otros.
- 4) *Enfoque Pedagógico*: permite orientar al profesor sobre las prácticas educativas y describe las formas sistemáticas para aplicar las ideas y actividades. Especialmente, hace hincapié en el proceso de evaluación formativo que garantice la comprensión de las temáticas y el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje.
- 5) *Dominio de Conocimiento*: representa las áreas de conocimiento que pretenden ser abordadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación y relaciona los contenidos o materiales educativos, así mismo como los objetivos de aprendizaje que deben alcanzar los estudiantes.
- 6) *Contexto sensible*: este concepto describe las entidades del contexto que se consideran alrededor del proceso de evaluativo del estudiante. La información del contexto es representada por entidades y sus características respectivas, junto al concepto de inferencia permiten gestionar las entregas de realimentación más adecuadas de acuerdo a los datos capturados por los sensores del dispositivo móvil. Las entidades del contexto sensible consideradas corresponden a Dispositivo, Físico y Tiempo.

- 7) *Evaluación*: el concepto de evaluación representa los contenidos a evaluar, el banco de preguntas, las formas de evaluación y los mecanismos para proveer realimentación de acuerdo al proceso de aprendizaje del estudiante. Es gestionado por el profesor a través del sistema de aprendizaje móvil y se relaciona directamente con el dominio de conocimiento y la realimentación.

- 8) *Realimentación*: es el concepto más representativo del modelo MEF-SAM, a través de este concepto se pretende dar soporte al estudiante a nivel de las fuentes de realimentación, formas de presentar la realimentación, tipos de entrega de la realimentación y en el momento de ocurrencia de la realimentación. Es un concepto que está estrechamente relacionado con las reglas de inferencia y a su vez con el contexto sensible, con el único fin de soportar el proceso de evaluación entregando realimentación efectiva al estudiante.

4.5. CONCLUSIONES

El proceso de análisis, selección y agrupamiento que se detalla en la caracterización del capítulo 3 permitió identificar los conceptos claves para el modelo de evaluación MEF-SAM, en este sentido, se abordaron en detalle los conceptos relacionados a Contexto Sensible y Técnicas de Razonamiento con fines de realimentación. De igual forma, se identificaron conceptos relevantes como Estudiante, Evaluación y Dominio de Conocimiento, los cuales eran descritos en términos de componentes software en los diferentes trabajos revisados.

La incorporación de nuevos conceptos a través del proceso de entrevistas a expertos e investigación propia permitió identificar conceptos importantes como Profesor, Enfoque Pedagógico y Realimentación. Así, el modelo considera estos conceptos para dar completitud más adecuada a la realidad de los sistemas de

aprendizaje móvil en relación con los actores y componentes software que están presentes o que pueden incorporarse en procesos de evaluación formativa.

El uso de herramientas de análisis cualitativo para la interpretación de textos, específicamente Atlas.ti, permitió analizar los datos cualitativos que normalmente son difíciles de procesar. La herramienta facilitó el análisis y la interpretación debido a los procesos de etiquetado de conceptos sobre párrafos o ideas, lo que permitió crear redes de conceptos y tablas de coocurrencia para el análisis y conclusión de conceptos propios de la investigación.

El agrupamiento y asociación de los conceptos permitió crear un modelo general que considera entrega de realimentación basada en contexto sensible a través de procesos de inferencia, que permiten considerar las condiciones reales del ambiente donde se realizan procesos de evaluación formativo. Además de relacionar conceptos importantes como el enfoque pedagógico, el dominio de conocimiento y al profesor como actor relevante en este tipo de modelos. Luego, se presentaron tres vistas de ingeniería de software (arquitectura, tecnológica y funcional) que permiten ampliar la visión y facilitar el despliegue o adaptación del modelo propuesto para entornos de aprendizaje móvil. Finalmente, se describieron los conceptos propios del modelo MEF-SAM con el fin de facilitar la comprensión de cada uno de ellos y ampliar la discusión y visión que puedan tener diferentes investigadores en el área.

CAPÍTULO V. PROTOTIPO DE HERRAMIENTA SOFTWARE BASADO EN MODELO MEF-SAM

5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se investigó sobre las herramientas existentes relacionadas a la temática de estudio y se describe la adaptación e implementación de un prototipo software con base en los conceptos definidos en la figura 13 (modelo MEF-SAM). Para ello, se utilizó la plataforma Google Classroom [72] como sistema de aprendizaje móvil, ya que permitió suplir la mayoría de conceptos relacionados con el modelo de estudio y facilitaba la creación de nuevos componentes software para luego adaptar al mismo sistema. De esta manera, se implementó un formulario de evaluación para disponer en Google Classroom, el cual considera aspectos de realimentación basados en información contextual y una aplicación Android con uso de base de datos en la nube para la captura de la información del contexto a través del uso del sensor de luz y de presión de ruido de los dispositivos móviles, esta información sensorial es usada por el formulario de evaluación en tiempo real para la entrega de realimentación.

Es importante aclarar que el presente trabajo de grado no pretende crear una herramienta software nueva o completamente robusta, ya que extendería el alcance definido para esta investigación e implicaría de más tiempo y de recursos para la consecución de un software completo.

Finalmente, este capítulo contiene los siguientes apartados: i) introducción, ii) herramientas relacionadas, iii) metodología de desarrollo, iv) prototipo software y v) conclusiones.

5.2. HERRAMIENTAS RELACIONADAS

Durante el proceso de investigación se encontraron diferentes herramientas software que relacionan aspectos de evaluación, especialmente, de realimentación con soporte para la entrega de texto de forma inmediata. De acuerdo al estudio postulado en [70], se comparan cinco herramientas web como SIETTE, COMPASS, PASS, iAdaptTest y CosyQTI, las cuales se analizan de acuerdo a las dimensiones de realimentación referenciadas por el autor: Respuesta, Presentación y Ocurrencia. Las estrategias de preguntas más citadas son: preguntas de verdadero/falso, opción múltiple, abiertas, ítem-gráfico, preguntas definidas por el usuario, marcos de evaluación como “EvaluationToLearn”, entre otras. La forma más común de realimentación es el conocimiento de si una respuesta es correcta o incorrecta, y en el caso de COMPASS, hay una entrega de realimentación más completa por cada respuesta del estudiante.

En particular, a nivel de la dimensión de “Presentación” como se observa en la figura 17, ninguna de las herramientas utiliza formatos multimedia como audio, video o imagen y tampoco se encuentra registro que la información ambiental o la información contextual sea tenida en cuenta para la entrega efectiva de realimentación. Durante este proceso, se realizó la respectiva gestión ante los autores de las herramientas mencionadas, con el fin de adaptar o agregar un nuevo módulo que considerará aspectos del presente modelo; en este sentido, solo se logró acceder a la herramienta SIETTE [73] en modo de prueba, lo que permitió observar el mecanismo de evaluación y de realimentación. Debido al licenciamiento restringido, no fue permitido ningún tipo de adaptación.

| Dimension | | SIETTE | COMPASS | PASS | CosyQTI | iAdaptTest |
|--------------|-------------------------------|--------|---------|------|---------|------------|
| Response | Response-contingent | | | | | |
| | Topic-contingent | | x | | | |
| | Knowledge-of-correct-response | x | x | x | x | x |
| | Answer-until-correct | | | | | |
| | Knowledge-of-response | | | | | |
| Presentation | Textual | x | x | x | x | x |
| | Graphical | | | | | |
| | Animated | | | | | |
| | Auditory | | | | | |
| Occurrence | Immediate | x | x | x | x | x |
| | Delayed | | | | | |

Figura 17. Tabla de comparación dimensiones de realimentación [69].

En procesos de investigación en la literatura gris, se encontraron otras herramientas de aprendizaje a nivel web y móvil, pero por su grado de complejidad y/o tipo de licencia no fueron consideradas para la presente investigación. De este modo, se llegó al estudio de la plataforma de aprendizaje Google Classroom, la cual cuenta con versión web y móvil para soportar procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación que permiten crear/modificar/consumir servicios relacionados con tecnologías de la empresa Google y de terceros.

Así, el objetivo de este prototipo software es representar la mayoría de los conceptos del modelo propuesto. En este sentido, se busca complementar algunos conceptos no existentes en la plataforma Google Classroom, para ello, en la tabla 9 se observa el listado de conceptos considerados en el modelo MEF-SAM y su correspondiente componente de Google Classroom. Además, se precisa sobre su completitud o limitación para cumplir con el objetivo del prototipo.

| | Concepto MEF-SAM | Componente Classroom | Observación |
|----------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Enfoque Pedagógico | Aprendizaje Semipresencial, Aprendizaje Móvil, Aprendizaje Invertido, entre otros. | Permite desplegar diferentes enfoques de aprendizaje, entre ellos, el Aprendizaje Móvil al disponer de una aplicación para dispositivos móviles. |

| | | | |
|----------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Dominio de conocimiento | Variado o diverso. | Se pueden configurar diferentes materiales o contenidos de aprendizaje independiente del dominio de conocimiento. |
| 3 | Profesor | Creador y gestor | Permite al docente tener control del espacio educativo desde la creación, edición y eliminación de materiales. |
| 4 | Estudiante | Asistente y participante | Permite al estudiante interactuar con materiales educativos y presentar pruebas. |
| 5 | Evaluación | Cuestionarios | Permite vincular cuestionarios de evaluación con diferentes tipos de preguntas y realimentación SOLO al final del cuestionario. En este sentido, se puede considerar que la evaluación no es formativa. |
| 6 | Contexto sensible | No hay correspondencia | No permite leer datos a través de sensores para temas de evaluación. |
| 7 | Inferencia | No hay correspondencia | No considera reglas básicas de inferencia que permitan aprovechar la información del contexto |
| 8 | Realimentación | QuizFeedback | Permite configurar realimentación en términos de texto y URL para cada pregunta. Pero no considera realimentación inmediata, solo al final del cuestionario. |

Tabla 9. Conceptos y componentes relacionados a Google Classroom.

De acuerdo a la descripción realizada en la tabla 9, se observa que no hay correspondencia con los conceptos de “Evaluación, Contexto sensible, Inferencia y Realimentación” correspondientes al modelo propuesto. Por lo tanto, se deben

desarrollar los componentes adecuados para que haya una completitud más cercana y se pueda evidenciar la utilidad del modelo de evaluación formativa.

De esta manera, se establecieron dos tareas macro a nivel de requerimientos: i) desarrollar un formulario de evaluación que considere características de realimentación y reglas de inferencia de acuerdo al modelo propuesto y ii) desarrollar un mecanismo de recolección de información contextual en tiempo real haciendo uso de los sensores de los dispositivos móviles. Estos dos desarrollos, fueron utilizados en la plataforma Classroom como remplazo del mecanismo de formularios de evaluación (Google Forms) y del mecanismo de realimentación existente (QuizFeedBack), el cual no considera información del contexto para la entrega de realimentación efectiva de acuerdo al análisis de la tabla 9.

5.3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Con base en las tareas establecidas en el apartado anterior, se realizaron los desarrollos respectivos a través del marco de trabajo Scrum [39], para lo cual, se consideraron tres eventos i) planeación, ii) ejecución de Sprints (con duración de 2 semanas cada uno) y iii) Revisión y Retrospectiva de acuerdo la metodología de trabajo. Los eventos 2 y 3 se ejecutan de forma cíclica, es decir, primero se desarrolló el Sprint e inmediatamente se revisó y probó el desarrollo, de esta forma se realizó cada Sprint hasta cumplir con los requerimientos establecidos en el paso 1. En la figura 18, se observa los eventos y artefactos considerados para el desarrollo de estas dos tareas de programación.

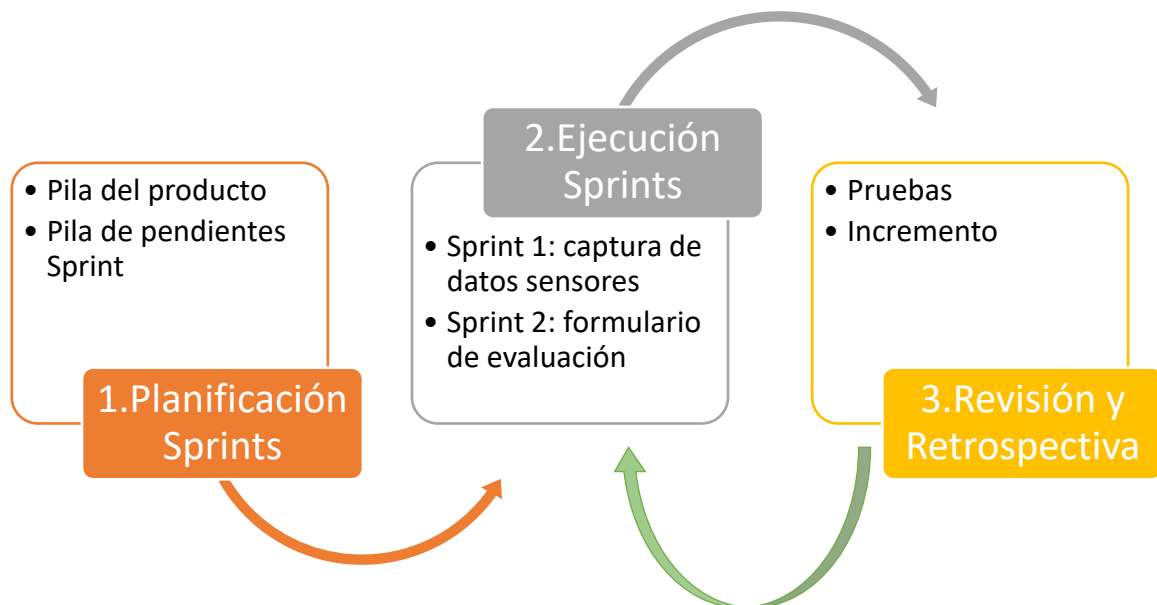


Figura 18. Marco de trabajo Scrum implementado

Respecto a los requerimientos de la Pila de Producto, estos se orientaron a la creación de un formulario web (código FW), con el fin de ser agregado a la plataforma Classroom. De igual forma, la creación de una aplicación de servicios (código AS) para la lectura de información contextual. En la tabla 10, se listan los requerimientos considerados en la Pila de Producto para los dos desarrollos del presente prototipo.

| # | Código | Requerimiento |
|---|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | AS-001 | Capturar información sensorica en dispositivos móviles |
| 2 | AS-002 | Almacenar información en base de datos en la nube |
| 3 | AS-003 | Implementar trabajo en segundo plano del servicio de captura |
| 4 | AS-004 | Ingresar correo electrónico para registro de usuarios |
| 5 | FW-005 | Desarrollar de un formulario web para evaluación mediante la estrategia convencional pregunta-selección múltiple. |
| 6 | FW-006 | Crear mecanismo de configuración de preguntas y respuestas |
| 7 | FW-007 | Desarrollar un mecanismo de realimentación en tiempo real con uso de diferentes formatos multimedia |
| 8 | FW-008 | Desarrollar modulo para la lectura y procesamiento de la información capturada por sensores. |

| | | |
|----|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | FW-009 | Definir e implementar reglas con base a la información sensorica recuperada y entregar la realimentación más efectiva. |
| 10 | FW-010 | Ingresar correo electrónico para realización de evaluación e identificación de dispositivo móvil |

Tabla 10. Pila de producto

5.4. PROTOTIPO SOFTWARE

Una vez establecido el documento Pila de Producto o también llamado Product Backlog de acuerdo a Scrum, se procedió a desarrollar los componentes software necesarios para el cumplimiento de los requerimientos, entre ellos:

- Aplicación de servicios (AS) en Android Studio Development con almacenamiento de datos en Google Firebase.
- Formulario web (FW) en Google Script Web con lectura de preguntas y respuestas basadas en Google Sheets.

5.4.1. Sprint 1: Aplicación de servicios

En este primer Sprint, se desarrolló una pequeña aplicación para dispositivos móviles llamada “EvaluaSense”, que tuvo como objetivo leer los datos relacionados con sonido y luz a través de los sensores de cada móvil. El instalador y el código respectivo se podrán observar en detalle en la carpeta de anexos de este trabajo de grado (ANEXOS, carpeta “3. Herramientas software”). En la figura 19, se observa un pantallazo de aplicación Android donde se solicita el correo electrónico al usuario para el registro y almacenamiento de datos sensoricos en la base de datos en la nube Google Firebase.



Figura 19. Aplicación Android EvaluaSense

Para dar cumplimiento a los requerimientos relacionados con la tarea AS de la Pila de Producto, se realizó un esquema JSON en la base de datos Firebase, ver ANEXO D. Terminado el desarrollo de esta aplicación, se realizó el proceso de revisión y retrospectiva donde se logró verificar de forma funcional que la aplicación cumplía con los requerimientos establecidos en la Pila de Producto. En las pruebas, se encontró que la aplicación no estaba ejecutándose adecuadamente en segundo plano, por lo cual, se procedió hacer las correcciones respectivas, ya que esta funcionalidad es importante para soportar la entrega de realimentación en tiempo real de acuerdo con las condiciones del contexto.

5.4.2. Sprint 2: Formulario web

En este segundo Sprint, se abordó la creación de un formulario web con el fin de configurar el proceso de evaluación formativa que permitiera entregar por cada pregunta, realimentación en tiempo real con diferentes formatos planos o multimedia (texto, audio, imagen y video). En la carpeta de ANEXOS (“3.

Herramienta software”) se puede observar a mayor detalle el código fuente desarrollado en Google Script.

En la figura 20, se observa un pantallazo del formulario de evaluación con una pregunta configurada y un mecanismo de selección para dar respuesta a la pregunta, un botón para comprobar la respuesta y un botón de siguiente. Es de resaltar que, este formulario es ejecutado desde la plataforma Classroom, la cual permite agregar este recurso como cuestionario de evaluación y configurar otras características propias de un proceso evaluativo. En la figura 21, se detalla el mecanismo de realimentación con soporte de imagen, donde el usuario establece una respuesta, comprueba si es válida y recibe una respuesta de “Es correcta. Felicitaciones” o una respuesta de “Incorrecto”. En el caso de ser incorrecto, el usuario recibe un soporte a través de los materiales planos o multimedia establecidos y de acuerdo a la información contextual que este siendo capturada por los sensores, en términos de los niveles de luz y ruido percibidos en ese momento por el dispositivo móvil, se hará la entrega de realimentación más adecuada.



Figura 20. Formulario de evaluación



Figura 21. Mecanismo de realimentación

Es de resaltar que, la entrega de realimentación utiliza un componente de inferencia condicional basado en los niveles de ruido y luz capturados al momento de generar la realimentación. Estas reglas condicionales se adaptaron con base a la especificación “Ambient Light Sensor” del W3C (The World Wide Web Consortium), ver ANEXO E.

De manera resumida, en la figura 22, se presentan los rangos establecidos en el código de inferencia condicional (ver ANEXO F).

| Sensor | Rango establecido |
|----------|-----------------------------------------------------------------|
| Ruido(R) | R<35 (apto) R>=35(no apto) |
| Luz(L) | L>= 20 y L < 100 L>=100 y L <150 L>=150 y L<250 L>=250 |

Figura 22. Reglas de inferencia condicional

Finalmente, las preguntas, respuestas y realimentación se configuraron a través de una hoja de cálculo en línea, en el ANEXO G, se puede detallar el formato establecido.

5.5. CONCLUSIONES

Las herramientas actuales en Sistemas de Aprendizaje Móvil no consideran aspectos ambientales como luz y ruido, en general, información sensorica que pueda influir en los procesos de evaluación. Además, hay poca evidencia en la literatura científica de herramientas móviles que realicen procesos de realimentación en tiempo real por cada pregunta.

Se utilizó el marco de trabajo Scrum para guiar el desarrollo de programación, lo cual permitió la consecución de los objetivos y requerimientos propios de este capítulo. En los anexos D, E, F y G, se detallan documentos importantes que soportan este proceso de desarrollo.

La plataforma de aprendizaje Google Classroom, se adaptó para evidenciar la utilidad del presente modelo de evaluación formativa MEF-SAM. En este sentido, se realizaron dos desarrollos de software para suplir los conceptos que no son considerados o que no se encuentran en Classroom. Como resultado final, se creó una aplicación de servicios en Android para la captura y almacenamiento de la información sensórica de los dispositivos móviles y un formulario web que considera aspectos de realimentación en tiempo real utilizando la información sensórica.

Finalmente, cabe resaltar que el prototipo de herramienta software es la plataforma Google Classroom (con sus respectivas configuraciones) y los desarrollos software obtenidos en este capítulo (los cuales se integraron y consumieron de forma adecuada a la plataforma de aprendizaje). En el siguiente capítulo, se abordará el uso del prototipo a través de un estudio de caso.

CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se aborda la evaluación del modelo propuesto en términos de la efectividad de la realimentación a través de un estudio de caso, el cual es aplicado con un grupo de estudiantes de una institución educativa de la ciudad de Popayán. Inicialmente, se establece un esquema metodológico de acuerdo a las guías expuestas por Runeson [41] y Yin [40], con el fin de definir los procesos y elementos a tener en cuenta para el desarrollo del estudio de caso.

Este proceso investigativo en su etapa temprana, contó con la definición de un protocolo (ver ANEXO H), el cual permitió identificar y definir elementos relevantes como: objetivo del estudio, preguntas de investigación, unidades de análisis, instrumentos de recolección, lista de chequeo, entre otros elementos importantes, que son descritos más adelante en el desarrollo de este capítulo. También se evidencia el uso del prototipo móvil en un ejercicio de evaluación en el área de matemáticas, específicamente, en la temática de razones y proporciones de grado noveno. Así mismo, se presenta el análisis multimodal para dar respuesta a las preguntas de investigación definidas en el protocolo de estudio; este análisis es soportado mediante la herramienta AtlasTi [69] y el método estadístico de pruebas paramétricas [42]. El capítulo termina con la reflexión de las limitantes encontradas, posibles oportunidades de mejora y conclusiones generales.

Por lo tanto, este capítulo contiene los siguientes apartados: i) introducción, ii) metodología, iii) diseño, iv) preparación, v) ejecución, vi) análisis de resultados y vii) conclusiones.

6.2. METODOLOGÍA

De acuerdo con [41], se definen cinco procesos fundamentales para conducir este tipo de investigaciones en relación con el área de ingeniería de software. En la figura 23, observamos los procesos mencionados por el autor.

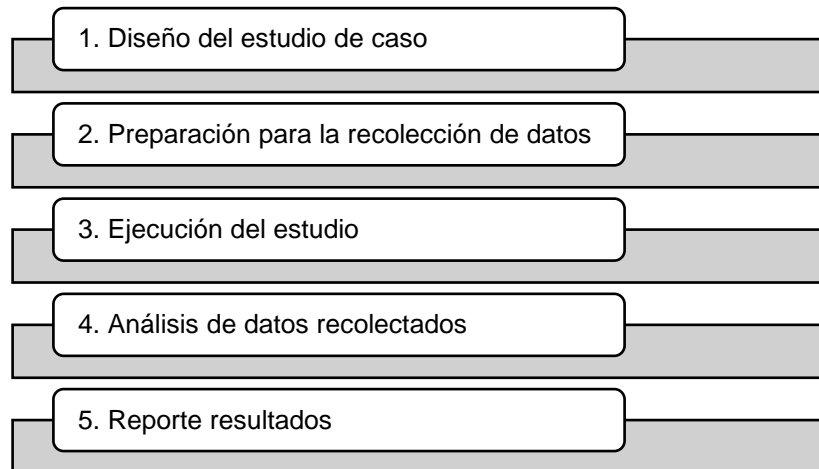


Figura 23. Procesos generales de un estudio de caso.

En este sentido, se realiza una integración entre los aspectos definidos por [40], lo cual permite describir el estudio de caso con mayor detalle y facilitar la realización del mismo. A continuación, se listan los procesos y elementos a considerar.

- **Proceso de diseño:** se define objetivo del estudio, pregunta(s) de investigación, constructores y definiciones operacionales, y proposiciones teóricas.
- **Preparación para la recolección de datos:** se define unidades de análisis, fuentes de información e instrumentos de recolección.
- **Ejecución del estudio:** se define lista de chequeo, proceso de ejecución y mecanismo para la recolección de datos.

- **Análisis de los datos recolectados:** se realiza el procesamiento de datos y el análisis por pregunta(s) de investigación.
- **Reporte de resultados:** se presentan conclusiones finales, limitantes y oportunidades de mejoras.

6.3. DISEÑO

El diseño del estudio de caso corresponde a un único diseño (tipo holístico [40]), que relaciona cinco componentes importantes, entre ellos, objetivo del estudio, preguntas de investigación, unidades de análisis, constructores y definiciones operacionales, y proposiciones teóricas.

Para la formulación de cada elemento del proceso de diseño, se tuvo en cuenta el objetivo específico número tres (3) de la presente investigación que dice “*Evaluar el modelo propuesto, en términos de efectividad de la realimentación mediante un estudio de caso, con estudiantes de básica y media en una Institución Educativa (IE) de la ciudad de Popayán*”, así mismo, el concepto de efectividad citado corresponde a “la capacidad en que se cumplen los objetivos establecidos” [74] y respecto a la realimentación formativa³⁴ se siguen las definiciones citadas por [22]. Este estudio hace referencia al concepto de efectividad de la realimentación para expresar la capacidad de conseguir realimentación con base en los conceptos definidos en el modelo MEF-SAM. De esta manera, se definen los siguientes elementos para el proceso de diseño:

³ “La retroalimentación formativa puede considerarse como cualquier tipo de información proporcionada a los estudiantes sobre su aprendizaje o rendimiento con el fin de modificar el pensamiento del estudiante para alcanzar los objetivos de aprendizaje”.

⁴ “Información proporcionada que va desde simples declaraciones de evaluación hasta complejos mensajes elaborados, que pueden aplicarse de diversas formas y ser utilizada por el estudiante de diferentes maneras”

6.3.1. Objetivo del estudio

El objetivo del presente estudio corresponde a: Evaluar la efectividad de la realimentación en términos de los conceptos definidos en el modelo MEF-SAM mediante el prototipo de herramienta software desarrollado.

6.3.2. Preguntas de investigación

En la tabla 11, se observan las preguntas de investigación definidas de acuerdo al objetivo del estudio de caso y teniendo en cuenta los elementos aplicados al prototipo desarrollado en el capítulo anterior.

| Pregunta de investigación | Descripción |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PI1 | ¿Cuál fue el tipo de realimentación entregada de acuerdo a la experiencia de los estudiantes? |
| PI2 | En términos de tiempo, ¿Cómo se considera la entrega de realimentación, inmediata o tardía ? |
| PI3 | ¿Cuáles fueron los formatos de presentación más comunes durante la realimentación? |
| PI4 | ¿Cuál fue el nivel aprendizaje alcanzado en términos del conocimiento obtenido con el uso del modelo formativo? |

Tabla 11. Preguntas de investigación estudio de caso

6.3.3. Constructores y definiciones operacionales

Los constructores que guían este estudio, se definen en la tabla 12. Principalmente, se concentran en observar el nivel del aprendizaje adquirido a través del proceso de evaluación formativa y de conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes con la entrega de realimentación recibida durante el proceso evaluativo.

| Constructor | Definición | Operante |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Evaluación formativa basada en contexto sensible | La evaluación formativa es un proceso que provee realimentación continua para mejorar y enriquecer el aprendizaje del estudiantado [15], [49]. Y el contexto sensible, es la capacidad que tiene los sistemas de aprendizaje de leer la información de ambiente a través del uso de sensores con fines de mejora y adaptación [12], [45] | Nivel de aprendizaje adquirido |
| Realimentación formativa en tiempo real | La realimentación formativa es una característica propia de los procesos de evaluación formativa que busca entregar soporte y ayuda al estudiante para mejorar y alcanzar los objetivos de aprendizaje [22] | Nivel de satisfacción con la entrega de realimentación |

Tabla 12. Constructores operacionales

6.3.4. Propositiones teóricas

Con la aplicación del prototipo software basado en los conceptos que giran alrededor de realimentación en tiempo real y de sus respectivas características, se espera:

- Incrementar el conocimiento por parte de los estudiantes en la temática definida para el estudio.
- Brindar diferentes formatos de entrega de realimentación en tiempo real basada en contexto sensible.

6.3.5. Unidades de análisis

De acuerdo a la definición de los elementos anteriores, la unidad de análisis para este estudio corresponde a estudiantes de educación básica, específicamente, estudiantes de grado noveno de la zona urbana de la ciudad de Popayán.

A continuación, en la tabla 13, se detalla una breve caracterización de la muestra poblacional (muestreo intencional) objeto de este estudio.

| Ítem | Descripción |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Nombre | Institución Educativa Antonio García Paredes |
| Tipo | Institución Educativa |
| Calendario | A |
| Sector | Oficial |
| Zona EE | Urbana |
| Jornada | Mañana, Tarde |
| Población | Mixta |
| Carácter | Académico |
| Niveles de estudio | Preescolar, Transición, Primaria, Secundaria, Media |
| Ubicación | Calle 17 #12-40, La Ladera (Antigua Casona), Popayán, Cauca |
| Datos particulares estudio de caso | |
| Estrato socio-económico | 1 y 2 |
| Número de estudiantes | 16 |
| Grado lectivo | Grado noveno (9no) |
| Número de mujeres | 9 |
| Número de hombres | 7 |

Tabla 13. Constructores operacionales

6.4. PREPARACIÓN

Durante este proceso, se definieron los siguientes elementos: fuentes información e instrumentos para la recolección de datos y recursos de apoyo para la ejecución del estudio de caso.

6.4.1. Fuentes e instrumentos de datos

Para dar respuesta a las preguntas de investigación definidas en el proceso de diseño, se establecieron las siguientes fuentes de información a nivel cualitativo y cuantitativo.

Cuantitativos

Es este sentido, se usaron cuestionarios en línea que fueron agregados a la plataforma móvil de aprendizaje, estos cuestionarios permitieron capturar los datos suministrados por la muestra poblacional, en términos de respuestas correctas o incorrectas sobre el proceso evaluativo al que fueron expuestos. Así, se utilizaron los siguientes instrumentos de recolección:

- **Evaluación con realimentación:** cuestionario de evaluación formativa sobre temas de Razón y Proporciones pertenecientes al área de matemáticas de grado noveno. Este formulario permitió brindar realimentación en tiempo real a los estudiantes cuando respondían una pregunta incorrectamente y a su vez, se fomentaba el proceso formativo de aprendizaje, ya que la realimentación entregada era bastante completa.
- **Evaluación sin realimentación:** cuestionario de evaluación convencional sin realimentación para cada pregunta. El objetivo de este cuestionario era evidenciar, si había o no incremento porcentual a favor de las respuestas correctas. La hipótesis que se estableció en este proceso fue que la evaluación con realimentación influía en esta última evaluación, los resultados se discutirán más adelante en la sección de análisis.

Cualitativos

A nivel de los instrumentos cualitativos, solo se consideró la encuesta de satisfacción. No se logró registrar de forma directa patrones de comportamiento de

forma sistemática o identificar información adicional que pudiera ser útil debido a las condiciones de emergencia sanitaria vividas por causa del Covid-19 [75].

- **Encuesta de satisfacción:** Instrumento que permitió recolectar información estructurada sobre las percepciones de los estudiantes sobre la experiencia y elementos realimentación reconocidos en el proceso de evaluación formativo.

6.4.2. Recursos de apoyo

Los recursos de apoyo utilizados fueron a nivel de aplicaciones software y de elementos tecnológicos. Eventualmente, por las condiciones sociales y económicas de los estudiantes de la población objetivo, se debió asumir algunos gastos de internet móvil para garantizar la conectividad y realización del estudio de caso.

- **Recursos software:** Plataforma Classroom, Apk Evalua MATIC, Formulario evaluación sin realimentación, Formulario evaluación con realimentación y encuesta.
- **Recursos tecnológicos:** dispositivos móviles tabletas y celulares.

6.5. EJECUCIÓN

Una vez terminadas las etapas de diseño y preparación, se procedió a elaborar la lista de chequeo con el fin de tener presente todos los elementos involucrados, así mismo, se diseñaron los mecanismos para la recolección de datos.

6.5.1. Lista de chequeo

- **Población objetivo:** contacto con el docente encargado del área de matemáticas; definición de área de trabajo, materiales educativos y del grupo de estudiantes a realizar el ejercicio académico.

- **Establecer curso virtual:** uso de la plataforma Classroom para la disposición de los materiales de aprendizaje, formularios de evaluación y encuesta de satisfacción.
- **Manual de usuario para estudiantes:** creación de manual de usuario para la realización del proceso evaluativo (ver ANEXO I). Este manual se creó debido a la no presencialidad del docente y los investigadores a causa de la emergencia sanitaria.
- **Instalador apk para dispositivos móviles:** herramienta software que permite acceder a la información sensórica de los celulares y tabletas, verificar correcto funcionamiento.
- **Formulario de evaluación parte I (pre-test):** creación de cuestionario de evaluación con uso de realimentación (ver ANEXO J) que consume servicios del apk EVALUA MATIC.
- **Materiales de realimentación:** creación de materiales de realimentación en formato texto, imagen, audio y video acorde a las preguntas de evaluación del cuestionario I (ver carpeta de ANEXOS, carpeta “4. Estudio de caso”, documento “Material General”).
- **Formulario de evaluación parte II (pos-test):** creación de cuestionario de evaluación sin realimentación (ver ANEXO K).
- **Formulario tipo encuesta sobre experiencia de usuario:** creación de encuesta sobre la experiencia de usuario y consentimiento informado (ver ANEXO L).
- **Registro estudiantes:** asegurar mecanismo para la identificación de cada estudiante en el proceso evaluativo, realizado a través del correo electrónico.
- **Vincular formularios de evaluación:** material de evaluación agregado o vinculado al prototipo software. Verificación de su funcionamiento desde la versión de dispositivos móviles.

6.5.2. Mecanismo de recolección de datos

Durante la ejecución del estudio, se registraron datos en tres diferentes instrumentos:

- Archivo Excel datos pre y pos test: se almacenó la información correspondiente a las respuestas correctas e incorrectas de los estudiantes en un documento Excel (ver carpeta de ANEXOS, carpeta “4. Estudio de caso”, archivo “Datos pre y pos test”). Aquí cabe resaltar que este formulario es un desarrollo propio a través de tecnologías de Script Web de Google.
- Archivo Excel Encuesta: se almacenó la información correspondiente a las respuestas suministradas por los estudiantes frente al uso y experiencia del prototipo software. Recolección a través de Google Forms (ver carpeta de ANEXOS, carpeta “4. Estudio de caso”, archivo “Datos encuesta”).

No se realizó registro fotográfico debido a la imposibilidad generada por la emergencia sanitaria y las condiciones de conectividad precarias de los estudiantes y sus familias. En el ANEXO M y N, se indican algunos pantallazos de conversaciones por parte del docente con sus estudiantes donde se refleja la aplicación del proceso evaluativo.

6.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizada la recolección de datos y el procesamiento de información, se procedió a realizar los respectivos cálculos (cuantitativos) y aproximaciones (cualitativas) para dar respuesta las preguntas de investigación definidas al comienzo del estudio de caso. Cabe resaltar que, las preguntas 1, 2 y 3 de investigación son analizadas desde la fuente de datos denominada encuesta, mientras que la pregunta de investigación 4, es soportada con una comparación de pruebas (primera y segunda prueba).

A continuación, se aborda cada pregunta de investigación y se analiza la información recolectada y procesada sobre una población final de 16 estudiantes.

6.6.1. Pregunta 1 de investigación

Respecto a la PI1 de investigación, se puede afirmar que:

- Los estudiantes consideraron que el tipo de realimentación recibido correspondió a “Topic-contigent feedback”, esto de acuerdo a los tipos de respuesta definidos en el capítulo del modelo. Este análisis se da debido a que el 69% de los estudiantes (ver figura 18) marcaron la opción “Indicaba la respuesta correcta y la solución para hallar la respuesta”, la cual corresponde a la definición de Topic-contigent feedback.
- Además, el resto de estudiantes (31%) indicaron otros tipos de respuesta como se observa en la figura 24. La encuesta brindo un campo de “otros”, el cual no fue diligenciado, por lo cual, se asume que la mayoría de estudiantes lograron identificar el tipo de respuesta entregada durante la realimentación.

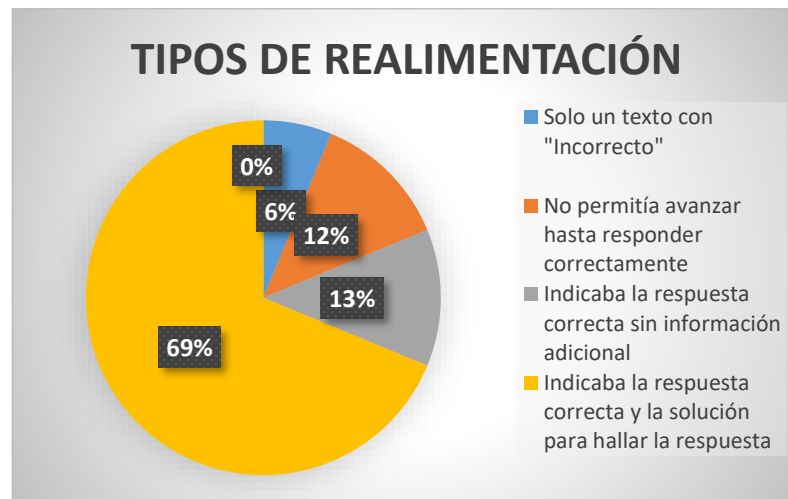


Figura 24. Gráfico sobre tipos de realimentación

6.6.2. Pregunta 2 de investigación

En relación con la pregunta de investigación PI2, se puede observar que:

- El 88% de los estudiantes (ver figura 25), manifiestan que el tiempo de entrega de la realimentación es inmediata.
- Esto permite inferir que el prototipo software propuesto cumple con el requerimiento de entregar realimentación en tiempo real.
- Un 6% de los estudiantes, manifiestan no haber recibido realimentación o que la entrega fue demorada como se observa en la figura 19.

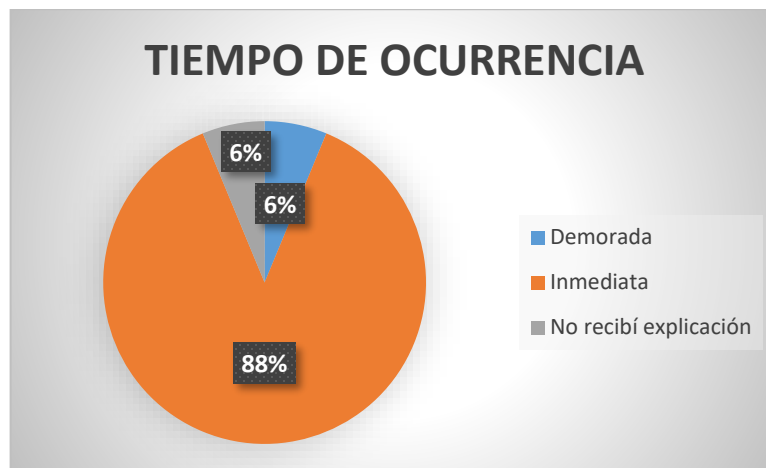


Figura 25. Gráfico sobre tiempo de ocurrencia

6.6.3. Pregunta 3 de investigación

Respecto a la pregunta PI3, sobre los formatos de presentación de la realimentación recibida durante el proceso evaluativo, se puede evidenciar lo siguiente:

- El formato de texto plano fue el tipo de presentación más entregado, correspondiente al 59% según los estudiantes (ver figura 26).
- El segundo formato multimedia más entregado fue el video con un 23%, seguido por la imagen con un 14% y el 4% de forma excepcional correspondiente a un formato de audio de acuerdo a la figura 20.

- La baja entrega del formato de audio se produjo porque los estudiantes estaban expuestos a ruidos considerables. Así, el 42% de los estudiantes manifestaron que el ruido fue lo que más los afectó durante la evaluación.

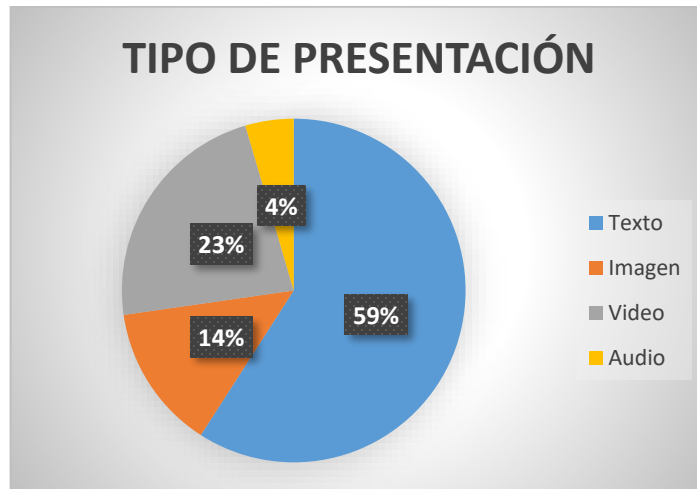


Figura 26. Gráfico sobre tipos de presentación

También se indagó sobre cuál fue el lugar de evaluación, el 69% respondió que fue en la habitación, mientras que el 31% en la sala. Otros factores que influyeron negativamente en la evaluación fueron: 37% internet, 11% horario, 5% rendimiento del celular y 5% otras condiciones (ver figura 27).

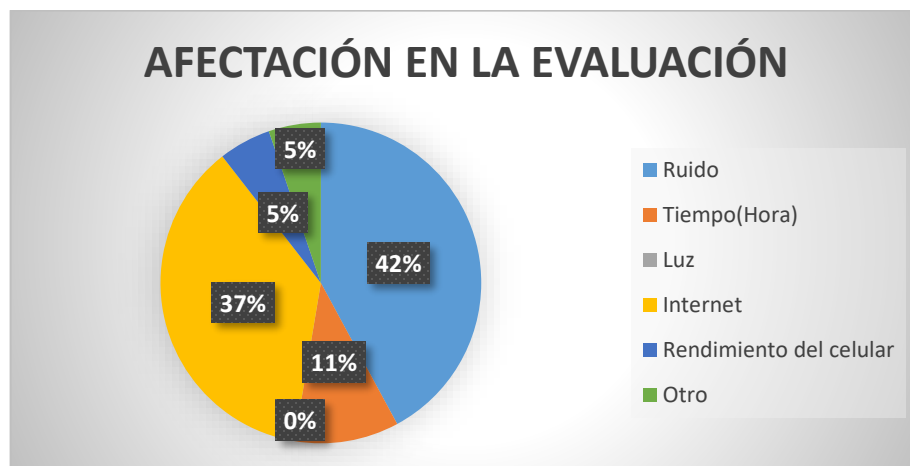


Figura 27. Gráfico sobre afectación durante la evaluación

Pero quizás, los datos más llamativos en esta parte del estudio, correspondieron a las opiniones libres que escribieron los estudiantes sobre su experiencia con el uso del prototipo software. En este sentido, los datos suministrados por los estudiantes fueron procesados a través de la herramienta de análisis cualitativo AtlasTi [69]. El proceso de análisis partió de la definición de los conceptos identificados durante la lectura de las respuestas. Así, se logró construir una red de conceptos relacionados (proceso que depende del conocimiento del investigador) que permitieron evidenciar por qué la experiencia fue satisfactoria y no satisfactoria como se observa en la figura 28.

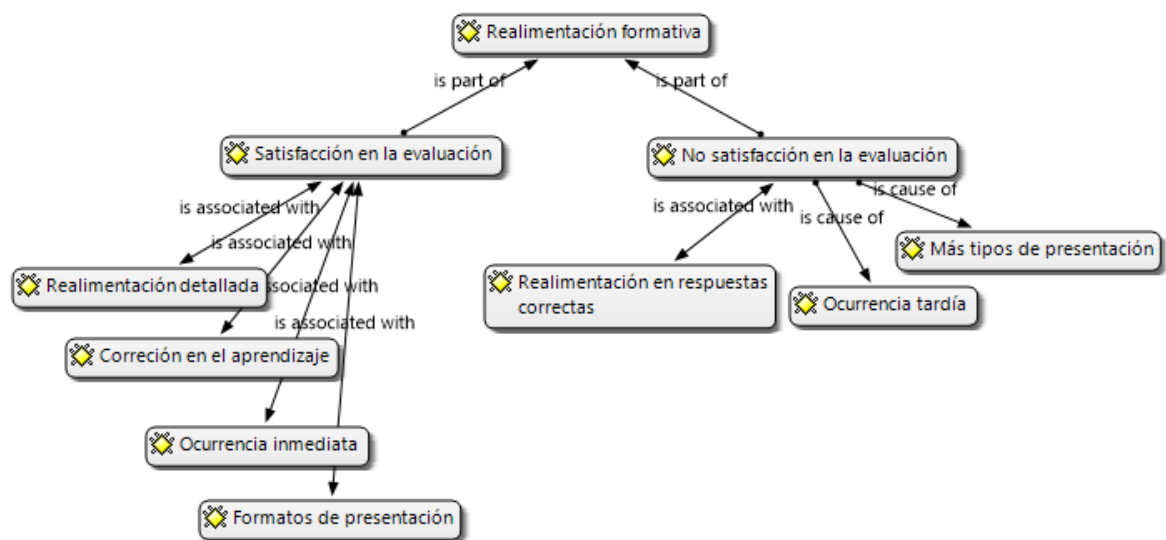


Figura 28. Red de conceptos sobre opiniones de los estudiantes

De la anterior red, se puede resaltar que:

- Los aspectos asociados a la satisfacción en la evaluación, se distinguen por ser los elementos conceptuales del modelo propuesto MEF-SAM.

- El concepto de corrección en el aprendizaje, corresponde a la manifestación por parte del estudiantado que la evaluación con realimentación le permitió darse cuenta de los errores y tratar de no comentarlos más adelante.
- Los aspectos relacionados a la insatisfacción en la evaluación, corresponden a requerimientos como: i) presentar realimentación también para preguntas respondidas correctamente, ii) para algunos estudiantes la entrega de realimentación fue demorada y iii) entregar más formatos multimedia de presentación debido a que la mayoría fueron en texto (ver figura 20).

Finalmente, a nivel cualitativo, se resalta que el 94% de los estudiantes manifestaron que, con base en la primera evaluación soportada con realimentación, ellos tenían grandes expectativas de que en la segunda evaluación (sin realimentación) les fuese mejor. Esto, por lo tanto, debe verificarse con el análisis cuantitativo para evidenciar si hubo incremento porcentual en el número de preguntas correctas en la segunda evaluación.

6.6.4. Pregunta 4 de investigación

Antes de iniciar el análisis cuantitativo correspondiente a las pruebas con realimentación y sin realimentación es necesario resaltar que, el análisis del conjunto de datos procesado se realiza siguiendo el método de prueba t de Student definido en [42], el cual permite realizar una comparación entre las medias aritméticas de dos conjuntos correlacionados, con el fin de aceptar o rechazar las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula H_0 : La realimentación en tiempo real NO es efectiva para alcanzar mejoría en el proceso de evaluación.
- Hipótesis alternativa H_1 : La realimentación en tiempo real SI es efectiva para alcanzar mejoría en el proceso de evaluación

En este sentido, se parte de la concepción de qué el proceso de realimentación formativo influye positivamente en la evaluación y que los estudiantes que son expuestos a este tipo de procesos pueden mejorar y alcanzar los objetivos o metas de aprendizaje.

Para este análisis, se realizó cálculos estadísticos de media aritmética, desviación estándar (dispersión de datos) y coeficiente de variación (grado de variabilidad relativo) teniendo en cuenta los siguientes criterios:

$$\text{Media aritmética (MA)} = \frac{\text{Cantidad total de respuestas correctas de estudiantes}}{\text{Cantidad total de respuestas correctas posibles}}$$

Una vez procesado los datos la primera y segunda prueba, y teniendo en cuenta que el análisis se hace sobre la cantidad de preguntas correctas respondidas por los estudiantes, se encontró que,

- En la primera evaluación con realimentación, el número promedio de respuesta correctas por estudiante correspondió a cinco (5) sobre un total de 8 preguntas, mientras que en la segunda evaluación fue de seis (6) respectivamente.
- El porcentaje de respuestas correctas para la primera prueba correspondió al 65,63%, mientras que para la segunda evaluación fue del 76,56%, lo cual refleja un aumento porcentual del 10,94% en el proceso evaluativo (ver figura 29).

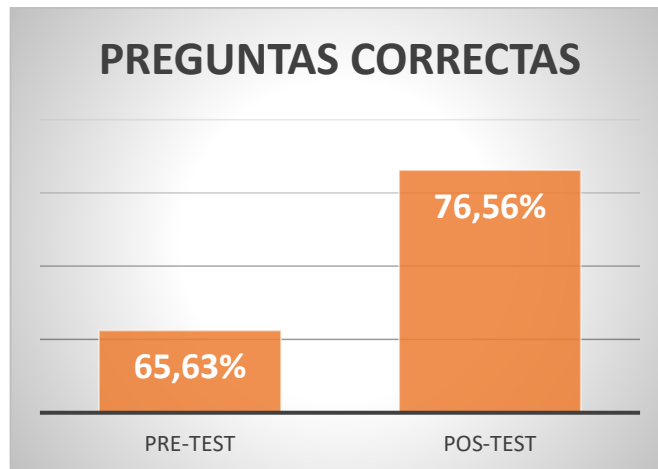


Figura 29. Barra de porcentajes sobre preguntas correctas pre y pos test

- El Coeficiente de Correlación de Pearson (CPP) porcentual de los estudiantes respecto al número de preguntas respondidas correctamente, evidencia que la media aritmética de la primera y segunda prueba son representativos de las muestras emparejadas con un 36% (ver tabla 14). Esto también significa que los datos están dentro del marco normal de homogeneidad. La tasa de error Alpha para el análisis corresponde al 5%.

| | 1RA PRUEBA | 2DA PRUEBA |
|-----------------------------------------------|-------------|------------|
| Media | 5,25 | 6,125 |
| Varianza | 2,466666667 | 1,85 |
| Muestra | 16 | 16 |
| Coeficiente correlación de Pearson CCP | | 0,35889341 |
| Estadístico t | | 2,09790314 |
| P(T<=t) una cola | | 0,02663248 |
| Valor crítico de t (una cola) | | 1,75305036 |

Tabla 14. Análisis de CV porcentual

De acuerdo a los resultados presentados, se puede observar que el valor estadístico de prueba t (2,09) supera el valor crítico (1,75), por lo tanto, se puede rechazar la

hipótesis nula (H_0), en favor de la hipótesis alternativa (H_1) y se podría afirmar que la realimentación entregada a los estudiantes logró mejorar el nivel del aprendizaje con un factor de confianza del 95%. Esto, se reafirma con el valor P (0,026), el cual es inferior al nivel de significancia Alpha (0,05) y se rechaza la hipótesis H_0 en favor de la hipótesis H_1 .

6.7. CONCLUSIONES

A continuación, se describen las conclusiones del estudio, las limitaciones encontradas y las oportunidades de mejora.

6.7.1. Conclusiones del estudio

- El prototipo software desarrollado con base en el modelo MEF-SAM, permitió brindar realimentación en tiempo real basada en contexto. Además, la evaluación cualitativa es correspondiente con los elementos de realimentación definidos en la propuesta, los cuales se consideran efectivos para mejorar el aprendizaje.
- Los tres elementos conceptuales de realimentación del modelo MEF-SAM implementados en el prototipo software fueron identificados por los estudiantes de forma satisfactoria (pregunta 1 de investigación, con un 96% de identificación) y a su vez estuvieron asociados de forma positiva al proceso de realimentación de acuerdo a la red de conceptos generada con AtlasTi.
- El prototipo software cumplió con su objetivo de realimentación en tiempo real con base en los elementos definidos en el modelo propuesto, los estudiantes identificaron desde el tipo de respuesta, el tiempo de ocurrencia y tipo de presentación de la realimentación.
- El nivel de aprendizaje alcanzado de acuerdo al número de preguntas respondidas correctamente y con base en la comparación realizada entre las

dos pruebas, permitió evidenciar un incremento significativo como parte del proceso de evaluación formativa y validar la hipótesis establecida.

6.7.2. Limitantes

- La condición de emergencia sanitaria, social y económica ocurrida por causa del covid19, influyó negativamente en la muestra poblacional debido a la desescolarización que están viviendo los planteles educativos.
- Los dispositivos móviles de los estudiantes no eran los más óptimos para realizar la prueba, en algunos casos no se contaba con sensores de luz o ruido debido a daños de los mismo o bajas capacidades de hardware.
- Escaso apoyo de las instituciones educativas para la realización del estudio de caso, debido a que los estudiantes estaban sobrecargados con responsabilidades de diferentes materias a través de los medios virtuales.
- La conectividad en algunos casos fue necesaria soportarla con planes de datos de bajo costo, ya que los estudiantes y sus familias no contaban con servicio de internet en las casas, pero tenían toda la voluntad de hacer parte de este ejercicio académico.

6.7.2. Oportunidades de mejora

- Ampliar la muestra poblacional con más estudiantes para generalizar la efectividad en el aprendizaje, así mismo, realizar procesos de evaluación más continuos y de diferentes formas con respecto a la establecida en este capítulo.
- Realizar pruebas con dispositivos que cuenten ampliamente con diferentes sensores funcionales y ampliar el prototipo para permitir este tipo de lecturas de información.
- Ampliar el estudio a otras unidades de análisis como pequeños grupos de trabajo, que permitan ver de forma más completa las características del modelo, así como establecer e inferir sobre nuevas hipótesis de investigación alrededor de esta temática.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

A continuación, se describen los principales resultados y conclusiones obtenidos en el desarrollo de la presente investigación, así como el trabajo futuro que puede desarrollarse a partir de la misma.

7.1. CONCLUSIONES

El modelo propuesto MEF-SAM fue el resultado de un esquema metodológico adaptado para la construcción de marcos de trabajo conceptuales [38]. Los procesos de investigación para la construcción del modelo, fueron: caracterización de sistemas y modelos existentes, agrupamiento de conceptos, entrevista a expertos, inclusión y adaptación de componentes existentes y formalización de conceptos.

La caracterización fue la principal fuente de insumos conceptuales y permitió el entendimiento de la temática. Se identificó con claridad que ninguna propuesta de la literatura relacionaba la información del contexto del estudiante con los procesos de evaluación formativa, específicamente, los relacionados con la entrega de realimentación.

La entrevista con expertos permitió identificar elementos relevantes que no fueron considerados por diferentes propuestas de la literatura como lo son Profesor y Enfoque Pedagógico. Además, este modelo propone la inclusión de una nueva dimensión de realimentación denominada “Fuentes de Realimentación” con base en el trabajo postulado por [70].

La consideración de diferentes vistas para el modelo propuesto permite ampliar el entendimiento de los conceptos y de la interacción entre los mismos. Los modelos adicionales están orientados a tres vistas en específico: vista funcional, vista de componentes y vista de despliegue.

El prototipo software desarrollado es un recurso web accesible que se integra con la plataforma LMS Google Classroom, además consume servicios para la captura de información del contexto, información que luego es procesada por reglas de inferencia considerando los sensores de luz y ruido, con el fin de entregar realimentación en tiempo real.

El nivel de aprendizaje alcanzado con el uso del prototipo logro un incremento significativo según el análisis cuantitativo, con un factor de confianza del 95% y aceptando la hipótesis de investigación de forma favorable. En este sentido, los análisis estadísticos aplicados permitieron evidenciar que el mecanismo basado en realimentación formativa con uso de contexto sensible del modelo MEF-SAM, influye significativamente en los resultados finales de los estudiantes.

El esquema metodológico general [35] permitió desarrollar satisfactoriamente los objetivos del presente proyecto de investigación. Además, se resalta la armonía del esquema general desarrollado por fases con el uso de diferentes metodologías para la realización de la caracterización, la construcción del modelo propuesto y la evaluación del mismo.

Finalmente, se puede concluir que el modelo propuesto, en términos de la efectividad de la realimentación, cumple con el objetivo de entregar soporte en tiempo real haciendo uso de la información contextual y mejorar significativamente el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, es importante realizar más evaluaciones con expertos y ampliar la población de estudio para poder generalizar los resultados.

7.2. OPORTUNIDADES DE MEJORA

Explorar la relación entre la información contextual, las rutas y materiales de aprendizaje. Así mismo, la definición de técnicas de razonamiento e inferencia propias del modelado con el fin de soportar adaptación y personalización en tiempo real y medir el nivel de conocimientos y rendimiento de los estudiantes.

Detallar de manera más específica el comportamiento o funcionalidad de las otras vistas propuestas, con el fin de implementar sistemas más completos y robustos que garanticen la adecuada sinergia y entendimiento de los diferentes componentes software.

7.3. TRABAJO FUTURO

A continuación, se presentan los trabajos futuros relacionados a la temática de investigación del presente proyecto:

Investigar sobre técnicas y/o algoritmos de inferencia y/o razonamiento para mejorar los procesos de adaptación, personalización y toma de decisiones en procesos de evaluación formativa.

Implementar el componente de realimentación denominado “Fuentes de realimentación”, el cual está relacionado con quién es la persona o el medio que entrega la realimentación. Aquí pueden existir diferentes desafíos de investigaciones, ya que se plantea el uso de tutores virtuales, soporte del profesor, ayuda entre compañeros, elementos de coevaluación, autoevaluación y realimentación propia con estimulación del sistema.

Realizar evaluaciones adicionales con expertos y ampliar la muestra poblacional para corroborar los hallazgos del presente estudio. Así mismo, la creación de un sistema propio que implemente por completo todos los conceptos propuestos.

Presentación de los resultados de investigación del modelo y del estudio de caso en revistas indexadas. Actualización del estado del arte y mejoras al modelo propuesto en concordancia con los estudios actuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Unesco, *Directrices para las políticas de aprendizaje móvil*. 2013.
- [2] Ministerio de Educación Nacional de Colombia, "Tabletas para Educar." p. 11, 2016.
- [3] Ministerio de Educación Nacional de Colombia, "Computadores para Educar." 2016.
- [4] Lady Cifuentes and F. Mesa, "Políticas de aprendizaje móvil en el ámbito colombiano," *Revista.Redipe.Org*, pp. 1–8, 2018.
- [5] Ministerio de Educación Nacional de Colombia, "Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026," 2017.
- [6] R. Kalaivani and R. Sivakumar, "A Survey on context-aware ubiquitous learning systems," *Int. J. Control Theory Appl.*, vol. 10, no. 23, pp. 111–124, 2017.
- [7] V. C. Quijada-monroy and U. Interamericana, "Aprendizaje móvil: experiencias y nuevas perspectivas," *Congr. Iberoam. Ciencia, Tecnol. Innovación y Educ.*, pp. 1–24, 2014.
- [8] M. Sharples, J. Taylor, and G. Vavoula, "Towards a Theory of Mobile Learning," *Gamification*, pp. 2167-, 2005.
- [9] G. J. Hwang, C. C. Tsai, and S. J. H. Yang, "Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 11, no. 2, pp. 81–91, 2008.
- [10] F. E. Louhab, A. Bahnasse, and M. Talea, "Towards an Adaptive Formative Assessment in Context-Aware Mobile Learning," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 135, pp. 441–448, 2018.
- [11] R. Madhubala and A. Akila, "Context Aware and Adaptive Mobile Learning : A Survey," *Adv. Comput. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 5, pp. 1355–1370, 2017.
- [12] D. Lupiana, "Context Modeling for Context-Aware Systems," *Int. J. Intell. Comput. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 807–816, 2017.

- [13] J. Gainen and P. Locatelli, *Assessment for the new curriculum : a guide for professional accounting programs*, Accounting. Accounting Education Change Commission, 1995.
- [14] J. Hattie, "Influences on Student Learning," pp. 1–25, 1999.
- [15] K. Kulasegaram and P. K. Rangachari, "Beyond 'formative': assessments to enrich student learning," *Adv. Physiol. Educ.*, vol. 42, no. 1, pp. 5–14, 2018.
- [16] G. J. Hwang and H. F. Chang, "A formative assessment-based mobile learning approach to improving the learning attitudes and achievements of students," *Comput. Educ.*, vol. 56, no. 4, pp. 1023–1031, 2011.
- [17] J. M. Faber and A. J. Visscher, "The effects of a digital formative assessment tool on spelling achievement: Results of a randomized experiment," *Comput. Educ.*, vol. 122, pp. 1–8, 2018.
- [18] M. González, D. Benchoff, C. Huapaya, and C. Remon, "Aprendizaje Adaptativo: Un Caso de Evaluación Personalizada," no. 1, pp. 65–72, 2017.
- [19] J. Jaquez, J. Noguez, G. Aguilar-Sanchez, L. Neri, and A. Gonzáles-Nucamendi, "TecEval : An on-line dynamic evaluation system for engineering courses available for web browsers and tablets," 2015.
- [20] - Chancellor's Office University of California, "Adaptive Learning Technology Pilot Report," p. 32, 2016.
- [21] M. H. Wang *et al.*, "Item response theory with fuzzy markup language for parameter estimation and validation," *IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst.*, vol. 2015-Novem, 2015.
- [22] I. Goldin, S. Narciss, P. Foltz, and M. Bauer, "New Directions in Formative Feedback in Interactive Learning Environments," *Int. J. Artif. Intell. Educ.*, vol. 27, no. 3, pp. 385–392, 2017.
- [23] S. Baccari and M. Neji, "Design for a context-aware and collaborative mobile learning system," *IEEE Int. Conf. Comput. Intell. Comput. Res.*, 2016.
- [24] Á. R. Lopes, D. Carvalho De Oliveira, and R. T. Vaccare Braga, "Context-aware Ubiquitous Learning: Literature Systematic Mapping on Ubiquitous Learning Environments," 2017.

- [25] F. Ozdamli and N. Cavus, "Basic elements and characteristics of mobile learning," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 28, no. December, pp. 937–942, 2011.
- [26] F. E. Louhab, A. Bahnasse, and M. Talea, "Considering mobile device constraints and context-awareness in adaptive mobile learning for flipped classroom," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 23, no. 6, pp. 2607–2632, 2018.
- [27] B. Curum, N. Chellapermal, and K. K. Khedo, "A Context-Aware Mobile Learning System Using Dynamic Content Adaptation for Personalized Learning," *Emerg. Trends Electr. Electron. Commun. Eng.*, vol. 416, 2017.
- [28] L. Luo, Y. Yang, and Y. Wei, "Research on Adaptive Mobile Collaborative Learning System," *Springer Nat. Singapore Pte Ltd*, pp. 414–423, 2017.
- [29] H. C. Chu, J. M. Chen, G. J. Hwang, and T. W. Chen, "Effects of formative assessment in an augmented reality approach to conducting ubiquitous learning activities for architecture courses," *Univers. Access Inf. Soc.*, pp. 1–10, 2017.
- [30] A. Harchay, L. Cheniti-Belcadhi, and R. Braham, "A Context-Aware Framework to Provide Personalized Mobile Assessment," *Interact. Des. Archit.*, pp. 82–97, 2014.
- [31] S. A. Nikou and A. A. Economides, "Mobile-based assessment: Towards a motivational framework," *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, pp. 1522–1526, 2017.
- [32] S. I. Banno and Y. Yang, "Improving educational assessment in mobile environment," *Proc. - 2nd Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Technol.*, pp. 591–597, 2016.
- [33] W. Ben Khalifa, D. Souilem, and M. Neji, "An evaluation system of students (Applied in Primary School in Tunisia)," *Proc. IEEE/ACS Int. Conf. Comput. Syst. Appl. AICCSA*, pp. 1385–1390, 2018.
- [34] S. Huang, B. Yin, and M. Liu, "Research on individualized learner model based on context-awareness," *Proc. - 2017 Int. Symp. Educ. Technol. ISET 2017*, pp. 163–167, 2017.

- [35] A. Finkelstein, *The Future of Software Engineering*. ACM, 2000.
- [36] C. E. Serrano, *Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería*. Universidad del Cauca, 2005.
- [37] B. Kitchenham, "Procedures for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering," *Keele Univ. Durham Univ. UK*, 2007.
- [38] Y. Jabareen, "Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure," *Int. J. Qual. Methods*, vol. 8, no. 4, pp. 49–62, 2009.
- [39] K. Schwaber and M. Beedle, *Agile software development with Scrum*. Pearson International Edition, 2002.
- [40] R. K. Yin, *The Case Study As A Research Method*, SAGE Inc., vol. 5. 2009.
- [41] P. Runeson and M. Höst, "Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering," *Empir. Softw. Eng.*, vol. 14, no. 2, pp. 131–164, 2009.
- [42] A. Dietrichson, *Métodos Cuantitativos*, Bookdown. 2019.
- [43] J. Traxler, "Defining mobile learning," *Learning*, vol. 40, no. September 2004, pp. 261–266, 2005.
- [44] A. Dey, "Understanding and using context," *Pers. ubiquitous Comput.*, pp. 4–7, 2001.
- [45] B. Schilit, N. Adams, and R. Want, "Context-Aware Computing Applications," pp. 85–90, 2008.
- [46] Ministerio de Educacion Nacional de Colombia, "Sistema Nacional de Evaluación y Promoción," no. 1290, pp. 1–5, 2009.
- [47] S. McManus, "Attributes of effective formative assessment," *Assess. Educ. Princ. Policy Pract.*, 2008.
- [48] T. Hatziapostolou and I. Paraskakis, "Enhancing the Impact of Formative Feedback on Student Learning Through an Online Feedback System," *Electron. J. e-Learning*, vol. 8, no. 2, pp. 111–122, 2010.
- [49] D. Nicol and D. MacFarlane-Dick, "Formative assessment and selfregulated learning: A model and seven principles of good feedback practice," *Stud. High. Educ.*, vol. 31, no. 2, pp. 199–218, 2006.

- [50] O. Dieste, N. Juristo, A. Moreno, J. Pazos, and S. Almudena, "Conceptual Modelling in Software Engineering and Knowledge Engineering: Concepts, Techniques and Trends," *World Sci. Publ. Co.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–35, 2000.
- [51] M. Broy *et al.*, "What characterizes a (software) component?," *Softw. - Concepts Tools*, vol. 19, no. 1, pp. 49–56, 1998.
- [52] K. S. Sagaya Priya and Y. Kalpana, "A review on context modelling techniques in context aware computing," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 429–433, 2016.
- [53] B. Curum, C. P. Gumbheer, K. K. Khedo, and R. Cunairun, "A content-adaptation system for personalized m-learning," *2017 1st Int. Conf. Next Gener. Comput. Appl.*, pp. 121–128, 2017.
- [54] J. Aguilar, M. Jerez, and T. Rodríguez, "CAMEOnto: Context awareness meta ontology modeling," *Appl. Comput. Informatics*, vol. 14, no. 2, pp. 202–213, 2018.
- [55] I. El Guabassi, Z. Bousalem, M. Al Achhab, I. Jellouli, and B. E. El Mohajir, "Personalized adaptive content system for context-Aware ubiquitous learning," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 127, pp. 444–453, 2018.
- [56] R. M. Felder and L. K. Silverman, "Learning and Teaching Styles In Engineering Education," *Eng. Educ.*, vol. 78, no. June, pp. 674–681, 1988.
- [57] R. E. Bennett, "Formative assessment: a critical review," *Assess. Educ. Princ. Policy Pract.*, vol. 18, no. 1, pp. 5–25, 2011.
- [58] R. Nyland, "A Review of Tools and Techniques for Data-Enabled Formative Assessment," *J. Educ. Technol. Syst.*, vol. 53, no. 5, p. 004723951774893, 2017.
- [59] M. A. Wirawan and G. Mahendra, "New Concept of Learning Outcomes Assessment in Adaptive Mobile Learning," vol. 134, pp. 263–268, 2017.
- [60] H. Crompton, D. Burke, and K. H. Gregory, "The use of mobile learning in PK-12 education: A systematic review," *Comput. Educ.*, vol. 110, pp. 51–63, 2017.
- [61] New Media Consortium, *Horizon Report: 2015 Higher Education Edition*. 2015.

- [62] T. Moebert, R. Zender, and U. Lucke, *A Generalized Approach for Context-Aware Adaptation in Mobile E-Learning Settings*, vol. 406. 2016.
- [63] L. Akharraz, A. El Mezouary, and Z. Mahani, "To context-Aware learner modeling based on ontology," *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, pp. 1326–1334, 2018.
- [64] R. Tortorella, D. Kinshuk, and N. S. Chen, "Framework for designing context-aware learning systems," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 23, no. 1, pp. 143–164, 2018.
- [65] C. Y. Chou, K. R. Lai, P. Y. Chao, C. H. Lan, and T. H. Chen, "Negotiation based adaptive learning sequences: Combining adaptivity and adaptability," *Comput. Educ.*, vol. 88, pp. 215–226, 2015.
- [66] J. Mutahi, O. Bent, A. Kinai, K. Weldemariam, and B. Sengupta, "Capturing Learner's Activity Events from a Mobile Learning System Using Adaptive Event Framework," *2nd ACM Int. Conf. Mob. Softw. Eng. Syst.*, pp. 109–112, 2015.
- [67] P. Chiu and Y. Huang, "The effectiveness of a meaningful learning-based evaluation model for context-aware mobile learning," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 46, no. 2, pp. 437–447, 2015.
- [68] T. H. Wang, K. H. Wang, W. L. Wang, S. C. Huang, and S. Y. Chen, "Web-based Assessment and Test Analyses (WATA) system: Development and evaluation," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 20, no. 1, pp. 59–71, 2004.
- [69] T. Muhr, "ATLAS/ti - A prototype for the support of text interpretation," *Qual. Sociol.*, vol. 14, no. 4, pp. 349–371, 1991.
- [70] C. Saul, M. Runardotter, and H.-D. Wuttke, "Towards Feedback Personalisation in Adaptive Assessment," *B. Abstr. Work. Program. Sixth EDEN Res. Work.*, pp. 142–143, 2010.
- [71] S. Systems and S. Maguire, "Enterprise Architect User Guide Series," pp. 1–29, 2017.
- [72] Iftakhar Shampa, "Google classroom: What works and how?," *J. Educ. Soc. Sci.*, vol. 3, pp. 12–18, 2016.

- [73] R. Conejo, E. Guzmán, E. Millán, M. Trella, and J. L. Pérez-de-, “SIETTE : A Web – Based Tool for Adaptive Testing,” vol. 14, pp. 1–33, 2004.
- [74] P. Commission, “On efficiency and effectiveness : some definitions,” no. May, 2013.
- [75] BID, “Educación en tiempos de coronavirus,” *Banco Interam. Desarro.*, 2020.