

SmartFC: Aplicación móvil para estudiantes de educación media soportada en aula invertida en entornos de baja conectividad

Fabinton Sotelo Gomez, Lina M. Pastes Urbano, Hamil S. Terán, Mario F. Solarte, José A. Ruipérez-Valiente

Abstract— En este artículo se presenta la aplicación móvil SmartFC, una aplicación dirigida a los estudiantes, que permite implementar el modelo de aula invertida apoyado en TICs, incluso en condiciones de baja o nula conectividad. Esta propuesta no solo permite la visualización de recursos educativos abiertos, sino que también permite tener un registro del esfuerzo realizado por los estudiantes durante el desarrollo de la actividad académica; además de permitir una comunicación bidireccional entre estudiantes y docentes.

Index Terms— Flipped classroom, high school, Technology Platforms

I. INTRODUCTION

Actualmente la tecnología avanza a un ritmo vertiginoso e impacta todos los ámbitos sociales [1]; La educación es una de las áreas donde el ecosistema tecnológico actual ha impactado considerablemente [2,3]; prueba de ello es la manera en la que se han venido implementando las tecnologías de la información y la comunicación (TIC); las cuales han puesto a disposición de educadores y estudiantes herramientas que han permitido mejorar la implementación de los modelos de enseñanza y aprendizaje [4]. De la misma manera en la que cambia la sociedad los modelos educativos también buscan reinventarse y adaptarse a las tendencias actuales, apoyándose de herramientas tecnológicas que se encuentran hoy en día a su disposición [5,6,2]. Uno de los modelos que más se ha venido implementado es “Flipped Classroom” o aula invertida el cual es definido como un enfoque pedagógico en el que la instrucción directa se mueve al espacio de aprendizaje individual, y el espacio grupal resultante se transforma en un entorno de aprendizaje dinámico e interactivo donde el educador guía a los estudiantes a aplicar conceptos, e

involucrarse creativamente en el tema [7,8,9]. En este modelo se usan lecturas y más recientemente con el apoyo de las TIC videos y elementos multimedia [10,11], para que los alumnos los estudien de manera individual, antes de la clase. Estudios han demostrado que el modelo de aula invertida ha mostrado ser más eficaz frente a los modelos de enseñanza tradicional y ha impactado de manera positiva los resultados académicos de los estudiantes [12,13,14,8]. A pesar de que la definición de aula invertida no está sujeta al uso de la tecnología [15,16], muchos autores ven en esta una oportunidad para mejorar el proceso de aprendizaje. En la literatura se evidencia la existencia de distintas herramientas que pueden ser usadas para apoyar este modelo; sin embargo, no hay evidencia de que estas aplicaciones o herramientas se hayan utilizado en ambientes donde la conectividad a internet es limitada o deficiente. En base a lo anterior este artículo se propone una aplicación móvil para apoyar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje basado en el modelo de aula invertida, incluso en condiciones de baja conectividad. A continuación, se destacan las principales características del modelo de aula invertida; la arquitectura implementada en la aplicación y finalmente se hace una breve descripción del estudio de caso donde se hace uso de la aplicación aquí planteada.

II. MODELO DE AULA INVERTIDA

El modelo de aula invertida es un modelo de enseñanza cuyo principal objetivo es que el alumno asuma un rol activo durante el proceso de aprendizaje, para esto el modelo invierte los procesos y roles que se dan en los modelos de enseñanza tradicional [9,18], utiliza el tiempo fuera del aula para impartir la cátedra con ayuda de herramientas multimedia, y el tiempo de clase es utilizado para resolver dudas, realizar prácticas, abrir foros de discusión y reforzar el aprendizaje, a través de métodos interactivos de trabajo colaborativo [19]. Bajo esta premisa el

F. Sotelo is with the Department of Telematics at the Universidad del Cauca and Fundación Universitaria de Popayan, Popayan, Colombia (e-mail: fabinton.sotelo@unicauca.edu.co).

L. Pastes is with the Department of Telematics at the University of Cauca, Popayan, Colombia (e-mail:linapastes@unicauca.edu.co).

H. Teran is with the University of Cauca, Popayan, Colombia (e-mail:hamil@unicauca.edu.co).

M. Solarte is with the Department of Telematics at the University of Cauca, Popayan, Colombia (e-mail: msolarte@unicauca.edu.co).

J. Ruipérez is with the Department of Information and Communications Engineering at the University of Murcia, Murcia, Spain (e-mail: jruiperez@um.es).

modelo de Aula Invertida, invierte el modelo propuesto en la taxonomía de Bloom; el cual propone que los procesos cognitivos de orden inferior, que en los modelos tradicionales se encuentran ligados a los ambientes dentro de clase sean extrapolados fuera de esta, es decir, que los alumnos estudien los conceptos teóricos por sí mismos a través de las diversas herramientas que el docente ponga a su disposición, como videos o podcasts grabados por su profesor o por otras personas, y el tiempo de clase se aproveche para resolver dudas relacionadas con el material proporcionado y profundizar en los temas [20, 21, 22]. En la literatura se han encontrado una serie de estudios [21, 23, 13, 14], en donde se demuestran que, al aplicar el modelo de aula invertida, se obtuvieron mejores resultados en las evaluaciones en comparación con los cursos de la clase tradicional, además de mejorar la motivación y propiciar el aprendizaje auto dirigido y autorregulado en los estudiantes [8].

Este modelo define de manera clara tres momentos de aprendizaje. El primero es “antes de la clase”, en el cual se da soporte a los procesos cognitivos de orden inferior como lo son:

- Recordar: Consiste en reconocer, recordar, listar y traer a la memoria información relevante de la memoria de largo plazo.
- Comprender: Es la habilidad de interpretar, ejemplificar o construir significado a partir del material educativo, ya sean lecturas, videos o explicaciones.

El segundo momento, es “durante la clase”, en el cual el estudiante se encuentra dentro del aula consolidando conocimientos con la guía del docente; Durante este momento se da soporte a los procesos cognitivos de orden superior los cuales son:

- Aplicar: Consiste en la utilización o aplicación de un proceso aprendido para dar solución a diferentes problemas.
- Analizar: Es diferenciar, organizar o descomponer el conocimiento en sus partes y pensar en cómo estas se relacionan con su estructura global.
- Evaluar: Consiste en la comprobación y la crítica. Permite comparar y discriminar entre ideas; y escoger basándose en argumentos razonados.
- Crear: Involucra reunir conocimiento para llevar a cabo tareas creadoras, para generar, planificar y producir algo nuevo.

Finalmente, el último momento es “después de clase” Durante el cual el estudiante realiza tareas de repaso y refuerzo de temáticas de manera individual.

Con el objetivo de encontrar qué tipo de herramientas tecnológicas han sido utilizadas para implementar este modelo dentro del contexto de educación media; se realizó una revisión bibliográfica, por medio de una búsqueda sistemática en las bases de datos en línea de SCOPUS y WOS (web of science) desde 1999 hasta el 30 de septiembre del 2019 [9]; con la cadena de búsqueda “(Flipped classroom) AND (Inverted learning)”. A partir de esta búsqueda se

obtuvieron 61 artículos que mostraban la implementación del modelo de aula invertida en educación media [45]. Este estudio dio como resultado que en su mayoría las implementaciones de aula invertida solo hacen uso de recursos tecnológicos para las secciones antes de clase; y el recurso tecnológico más utilizado en los estudios analizados son los videos/conferencia [24, 25, 26, 27, 28, 29]. En cuanto a la utilización de herramientas para la gestión de contenidos académicos se pudo observar que todas las herramientas encontradas fueron aplicadas en contextos en los que se contaba con el servicio de internet, y en su mayoría, estas plataformas solo fueron usadas para entregar el contenido a los estudiantes [30, 31, 32, 31, 33, 34]; esto puede llegar a suponer un problema ya que no existe una manera para verificar las acciones, la participación o el comportamiento de los estudiantes fuera del aula [28].

A partir de esta revisión literaria se identificó que la aplicación no solo debe acompañar al estudiante durante todos los momentos de su proceso de aprendizaje, sino también capturar medidas que permitan determinar su comportamiento antes de la clase, además de funcionar en entornos de baja conectividad [45].

III. CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN

Teniendo en cuenta lo anterior, y para dar soporte a los lineamientos del modelo de aula invertida la aplicación telemática está basada en la gestión de actividades, en donde se define a la actividad como el conjunto de instrucciones y elementos que permiten alcanzar un objetivo académico y abarcar todos los niveles de la pirámide de Bloom; y se encuentra dividida tres momentos, los cuales son:

- Antes de clase: Soporta los procesos cognitivos de orden inferior, consta de una serie de indicaciones para los estudiantes y un conjunto de elementos REA (Recursos educativos abiertos) para que los estudiantes consulten; además de un test que permite corroborar la realización del primer momento de la actividad por parte del estudiante.
- Durante la clase: En este momento se da soporte a los procesos cognitivos de orden superior, para ello se propone hacer de uso de un taller elaborado por el docente que permite a los estudiantes consolidar conocimiento y alcanzar los últimos niveles de la pirámide de Bloom. Finalmente, durante este momento se realiza una evaluación para comprobar el trabajo realizado.
- Después de la clase: Durante este momento el estudiante tiene acceso a las actividades para que pueda realizar ejercicios de refuerzo.

Además de dar soporte a lo anterior la aplicación debe recolectar los eventos de navegación que el estudiante realice mientras se encuentre activo en la aplicación. Esto con el fin de determinar una serie de métricas que permita determinar el comportamiento del estudiante y comprobar la realización de las tareas del momento “antes de clase”. Por último, la aplicación debe funcionar en entornos de baja conectividad,

de tal manera que permita implementar el modelo incluso en zonas donde no existe acceso a internet, y no tomar a este servicio como un aspecto determinante que impida la implementación del modelo en poblaciones marginadas. En las siguientes secciones se muestra el proceso realizado para realizar la delimitación de métricas que debe generar la aplicación telemática; y la arquitectura que permite que funcione en entornos conectados y de baja conectividad.

IV. DELIMITACIÓN DE MÉTRICAS

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta para el desarrollo de la aplicación es la captura de métricas [28]; para determinar cuáles son las mediciones que deben ser capturadas se realizó una revisión literaria que permitió determinar el conjunto de métricas necesario para capturar el esfuerzo realizado por los estudiantes fuera del aula de clases. Las plataformas analizadas fueron Moodle [35,36,37,38,39], Blackboard [39,40], Chamilo [38,41], KAcademy [42] y finalmente Coursera [43]. A partir de esta revisión se lograron identificar un conjunto de 79 métricas, a las cuales se les aplico un proceso de análisis estadístico que consistió en eliminar las métricas que no hacen parte del modelo de aula invertida, como por ejemplo las relacionadas con certificaciones; después se procedió a filtrar las métricas semejantes encontradas en cada una de las herramientas.

Este proceso permitió reducir este conjunto de métricas a un total de 30; En la figura 1 se detalla el proceso de filtrado en donde el eje “x” representa el nombre abreviado de la métrica (tabla I) y el eje “y” representa el número de coincidencias o semejanzas de cada métrica en las plataformas analizadas.

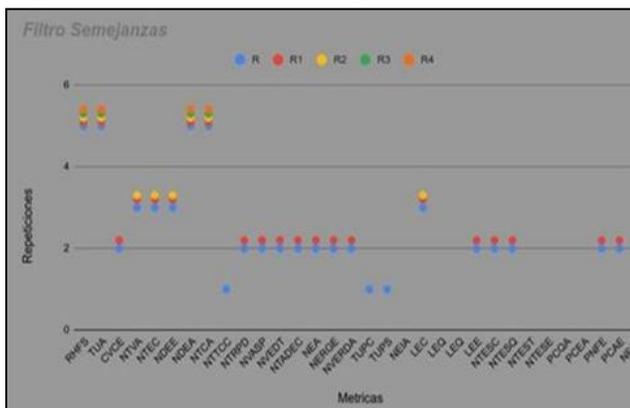


Fig. 1. Filtrado de métricas.

De esta manera se logró determinar que el conjunto de métricas encontrado permite observar el comportamiento de los estudiantes fuera del aula de clase e identificar aspectos importantes como el tipo de conexión que posee el estudiante, el número de veces que accede al contenido, y si es capaz de dar respuesta a un cuestionario propio del tema visto. En la tabla I, se describen las 30 métricas que genera la aplicación móvil. Las trece primeras métricas están relacionadas con el proceso que el estudiante lleva dentro de la aplicación en sus distintos momentos, estos podrían brindar al estudiante o al docente un registro de su interacción con una actividad, las métricas

catorce y quince reflejan el tipo de conectividad que posee el estudiante dentro de la plataforma, las métricas desde la dieciseisava hasta la veintisieteava se relacionan con las actividades que los estudiantes desarrollan en la plataforma, la última métrica se plantea como la calificación de acuerdo a las actividades que desarrollo el estudiante en la plataforma

V. ARQUITECTURA MODULAR DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Para dar soporte al modelo de aula invertida se decidió diseñar una aplicación móvil que se integre con un sistema de gestión de actividades docente; el cual permite que los docentes creen actividades en base al modelo de aula invertida para posteriormente trabajar con los estudiantes; de tal manera que la aplicación consuma las actividades que el docente genera, y permita el despliegue de la actividad y la recolección de métricas. La arquitectura que se propone en la Figura 2 no solo permite dar soporte al modelo de aula invertida, si no, que también funciona en entornos de baja conectividad, por medio de las siguientes tres capas:

A. Capa de red

En la primera capa se encuentra un servidor alojado en la nube mediante el modelo de infraestructura como servicio (IaaS) el servidor se conecta a una base de datos global y a un repositorio central; dentro de la base de datos están alojados los datos de cada uno de los colegios así mismo se encuentra un banco de actividades; y en el repositorio se encuentran todos los elementos REA disponibles para que sean utilizados por los estudiantes que posean conexión a internet.

B. Capa local

En la segunda capa está situada una red local, la cual se ubica en cada uno de los colegios, esta red está compuesta también, por un servidor, desde donde se gestiona la información de la aplicación telemática dirigida a los estudiantes. Este servidor esta a su vez conectado a una base de datos y a un repositorio de recursos. En este caso la base de datos contiene la información propia de cada colegio; mientras que en el repositorio se localizan un subconjunto de elementos REA los cuales se almacenan en el a partir de la sincronización con la capa superior localizada en la nube por medio del protocolo HTTP, además de los elementos REA creados por cada colegio.

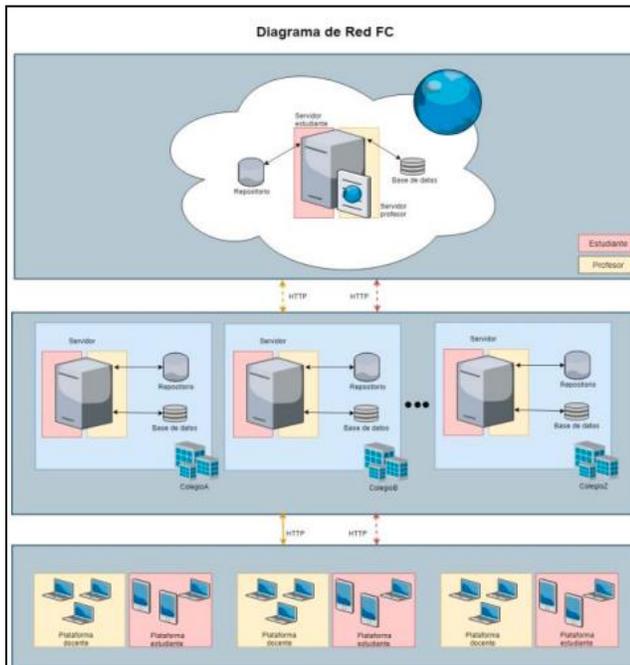


Fig. 2. Arquitectura de red.

.Capa cliente

En esta capa están los dispositivos finales en los que se ejecuta la aplicación telemática de naturaleza móvil; la cual permite a los estudiantes descargar cada una de las actividades y almacenarlas de forma local, de tal manera que los estudiantes puedan realizarlas incluso si no poseen internet, los datos recolectados por la aplicación se sincronizarán con los servidores de las capas superiores en cuanto el dispositivo posea internet o se encuentre en el área de cobertura de la red local. La aplicación móvil es capaz de soportar los tres momentos de establecidos en los lineamientos del modelo además de funcionar en entornos de baja conectividad, esta aplicación debe capturar los eventos que permitirán generar las métricas posteriormente; para este fin se construyó una arquitectura de software con 3 capas que dan soporte a los requerimientos que plantea el modelo de aula invertida (Figura 3).

A. Capa de aplicación

Esta es la capa que ve el usuario; en donde reside la interfaz gráfica que presentará la aplicación. En esta capa se localiza una aplicación móvil que permita que los estudiantes interactúen con las actividades asignadas por los docentes.

B. Capa de gestión

En esta capa se encuentra toda la lógica de la aplicación, se reciben las peticiones del usuario y se presentan los resultados correspondientes. Para dar solución a los requerimientos del modelo se hace uso de los siguientes módulos:

- **Módulo de Sincronización:** Permite que la aplicación se sincronice con los servidores de la capa local o de red según sea el caso, además de identificar el modo de conexión (local, o de red).

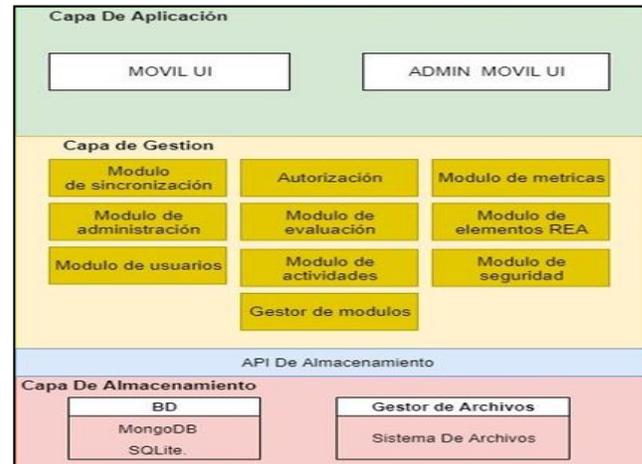


Fig. 3. Modelo por capas.

- **Gestor de Módulos:** Permite la comunicación entre los módulos internos y gestiona la comunicación entre capas adyacentes.
- **Módulo de Autorización:** Permite gestionar los permisos y autorizaciones necesarios para que la aplicación funcione de forma eficaz.
- **Módulo de Evaluación:** Permite el despliegue de las evaluaciones y el almacenamiento de respuestas dentro de la aplicación. **Módulo de actividades:** Permite interactuar y almacenar el contenido de las actividades de forma local en el dispositivo.
- **Módulo de Métricas:** Este módulo permite capturar y almacenar los eventos necesarios para generar las métricas del esfuerzo realizado por los estudiantes.
- **Módulo de Elementos REA:** Permite la visualización de contenido REA de acuerdo a las preferencias de los usuarios.
- **Módulo de Seguridad:** Se encarga de los procesos de cifrado y la protección de datos.
- **Módulo de Usuarios:** Permite crear cuentas de estudiante, modificar datos y restablecer contraseñas.

C. Capa de almacenamiento.

En esta capa se encuentran los gestores de bases de datos, se encarga de recibir las peticiones de la capa de gestión y devolver los datos correspondientes.

La anterior arquitectura es capaz de dar soporte al modelo de aula invertida aun en condiciones de baja conectividad; y permite identificar algunos aspectos de lo que hace el estudiante durante el momento que no se encuentra dentro del aula; para ello el módulo de recolector de métricas es uno de los más importantes dentro de esta propuesta. a continuación, se describen puntos importantes de su implementación.

VI. MÓDULO DE MÉTRICAS

El principal aporte de esta propuesta es la capacidad que tiene la aplicación para realizar el proceso de recolección de métricas; para ello el sistema requiere la captura y el almacenamiento de eventos, los cuales son centrados en analizar la participación del

estudiante en la plataforma [44]; dentro de los eventos que se requiere capturar y almacenar se encuentra el clic evento, fecha y hora de registro, fecha y hora de iniciar sesión, fecha y hora de cerrar sesión; esto deja un rastro de clic y evento log, llamado un flujo el cual está asociado con un estudiante en particular. Para ello la aplicación construye un evento log, que agrupa los eventos con identificador de usuario (ID). A partir del almacenamiento de los eventos y la sincronización que hace la aplicación con el servidor se realizara un proceso de minería de datos, que permite generar las métricas.

VII. PROTOTIPO DE LA APLICACIÓN

La aplicación SmartFC se desarrolló en base a la metodología de desarrollo XP; la metodología permitió definir los roles a asumir por cada uno de los miembros del equipo. Se establecieron un conjunto de 4 iteraciones para el desarrollo de la aplicación con un tiempo de 3 semanas para cada una. La solución obtenida se compone de una aplicación móvil para dispositivos Android desarrollada en React-native; a continuación, se detallan las funcionalidades del aplicativo. La aplicación SmartFC permite al usuario (Estudiante) crear una cuenta personal y única (figura 4); al ingresar a la aplicación podrá encontrar las actividades asignadas por cada uno de los docentes de su grado divididas por materias (figura 5); cada actividad está dividida en 3 partes (figura 6); denominadas dentro de la aplicación como practica en casa, practica en clase y realiza tu examen. En la práctica en casa se desarrollan las actividades del momento antes de clase; Mientras que, para completar el momento en clase, se desarrollan las siguientes dos partes; la practica en clase y la en donde se encuentra un taller para desarrollar en compañía del docente, y la evaluación final, permite evaluar el tema.

Además de esto el estudiante puede acceder a todo el contenido REA almacenado en los repositorios ya sea de manera local o en el servidor global; también el estudiante puede comunicar las dudas que tenga sobre el tema y sincronizarlas con el servidor para posteriormente recibir retroalimentación por parte del docente (figura 7). Otro aspecto importante es que la aplicación permite al estudiante visualizar su progreso en cada actividad; así mismo como los resultados de las evaluaciones y los quiz (figura 8).

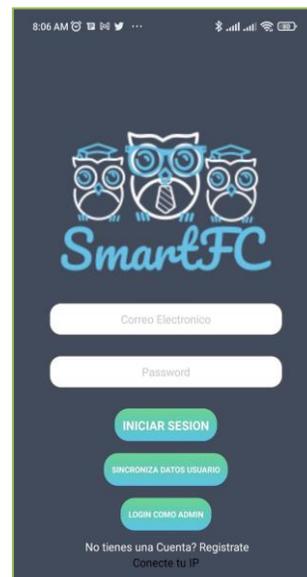


Fig. 4. Vista de ingreso.



Fig. 5. Vista de materias y actividades

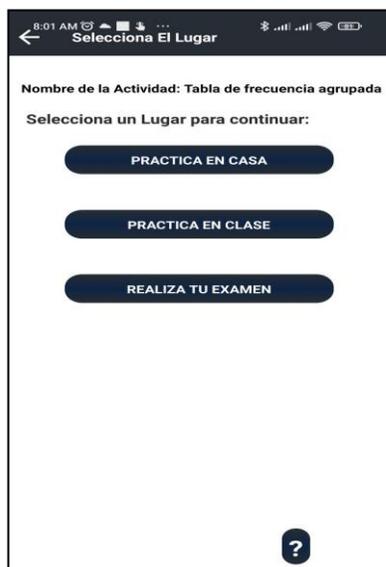


Fig. 6. Vista de Momentos de aprendizaje.

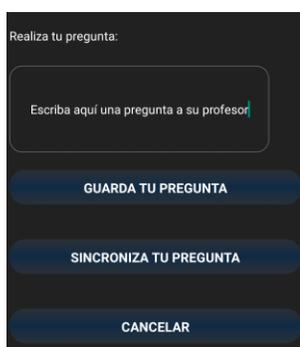


Fig. 7. Registrar dudas



Fig. 8. Perfil del estudiante.

VIII. ESTUDIO DE CASO

Para probar la recolección de métricas se decidió realizar un estudio de caso en el colegio Santa Catalina Labore del municipio de Bolívar Cauca en Colombia, con el objetivo de responder a la siguiente pregunta investigación: ¿Cómo comprobar la recolección de métricas del esfuerzo realizado por el estudiante fuera del aula de clase? Para dar respuesta a lo anterior se tomó una muestra de 31 estudiantes del grado decimo a los cuales se les dio una introducción a la metodología de aula invertida y en el manejo de la Fig. 10. Registro de métricas interactuaran con la actividad denominada “Uso de regla de 3 para calcular porcentaje”, posteriormente se les pidió que realizaran la sincronización de los eventos capturados con el servidor local instalado en el colegio en computador portátil marca Asus procesador Intel i5 a 2.7 GHz, memoria RAM de 8Gb y SSD de 480.

En la figura 9 se puede observar el número de registros almacenados en la base de datos, los cuales corresponden a 115 registros lo que permite comprobar que la recolección de métricas se realizó de manera exitosa. Además de esto durante el estudio de caso se implementaron dos encuestas una antes de iniciar la interacción con la aplicación, la cual consistía en una encuesta para conocer aspectos socioculturales de la población encuestada; y otra después del terminar la interacción con el aplicativo para determinar el grado de aceptación de la tecnología.

Como resultado de este proceso se pudo observar que en su el 96.7% de los estudiantes poseen un teléfono inteligente para su uso personal, además destacaron en su mayoría que la calidad del internet en su colegio en deficiente, y el 32.2% no posee conexión a internet en sus hogares; lo que valida la hipótesis de que la aplicación debe funcionar en entornos conectados y de baja conectividad, para que el internet no sea un factor de exclusión para implementar modelos académicos que hacen uso de Tics. Por otro lado, como los resultados de la encuesta de aceptación de la tecnología fueron altamente positivos en donde el 87% de los estudiantes afirmo que pretenden seguir haciendo uso de la aplicación (figura 10, figura 11).

Los resultados mostraron ser positivos, se pudo verificar la recolección de métricas de manera real en un entorno con condiciones de baja conectividad; los estudiantes consideraron como ventajoso el uso de esta aplicación para mejorar los procesos de aprendizaje que llevan actualmente, y se obtuvo un grado de intención de uso del 87.1% lo que no lleva a concluir que la herramienta es altamente aceptada por los estudiantes, por su facilidad de uso y su utilidad percibida.

IX. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Es preciso destacar la importancia que tiene para el proceso de aprendizaje de los estudiantes de escuelas y colegios, que la forma en la que aprenden se actualice y reinvente de acuerdo a las necesidades y tendencias que se presentan actualmente. en base a esto, el moldeo de aula invertida permite incorporar el uso de la TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje, además de posibilitar que los estudiantes formen una visión más crítica y proactiva durante el aprendizaje. una de las partes más

importantes del modelo aula invertida y que hasta ahora no se aplica de forma consistente, es el saber qué hace el estudiante fuera del aula de clase, por tanto el sistema de recolección de métricas juega un papel importante al crear una aplicación que apoye a los estudiantes durante el proceso de aprendizaje; otro aspecto a destacar es que el su mayoría las investigaciones en las que se aplica aula invertida y TIC se han realizado en entornos donde la conexión a internet está garantizada, por lo que para poblaciones donde este servicio no está asegurado se dificulta la implementación de este tipo de modelos, esto se confirmó al implementar el estudio de caso en donde una tercera parte de la población no tenía acceso a internet en sus hogares y poseían una conexión deficiente en sus colegios.

Para continuar con la investigación es necesario elaborar un estudio de caso más amplio que permita verificar el impacto del uso de la aplicación telemática en los logros académicos de los estudiantes que adopten el modelo aula invertida, además de continuar en el desarrollo de la aplicación que permita mejorar la experiencia de los estudiantes dentro del aplicativo.

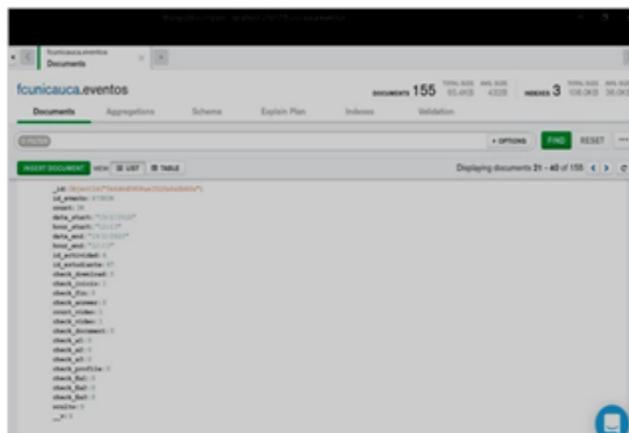


Fig. 9. Vista de materias y activides



Fig. 10. Utilidad percibida

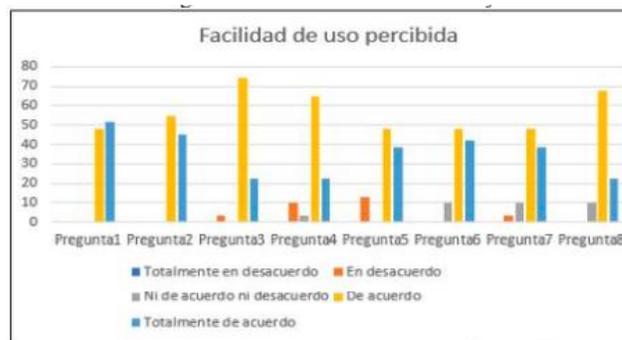


Fig. 11. Intención de uso Facilidad de uso percibida

ACKNOWLEDGMENT

Esta investigación es financiada por la beca de Innovación Cauca 04-2017 para el Doctorado en Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

REFERENCES

- [1] P. J. Méndez, Mundos cambiantes: La tecnología y la educación 3.0 changing worlds: Technology and education 3.0, Revista complutense de educación 23 (1) (2012) 11–22
- [2] J. Adell, L. Castañeda, Tecnologías emergentes, pedagogías emergentes, Tendencias emergentes en educación con TIC (2012) 13– 32.
- [3] J. Cabero Almenara, Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y la comunicación (tic), Tecnología, Ciencia y Educación, 19-27.
- [4] F. Sotelo, A. Ordoñez, M. F. Solarte, Marco de referencia para la integración de recursos web como servicios de e-learning en. Irm, Tecnura (2015) 79–92.
- [5] Y. Jiugen, X. Ruonan, Z. Wenting, Essence of flipped classroom teaching model and influence on traditional teaching, 2014 IEEE Workshop on Electronics, Computer and Applications (2014) 362–365
- [6] O. G. Sosa, C. H. Manzuoli, Models for the pedagogical integration of information and communication technologies: a literature review, Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação 27 (102) (2019) 129–156.
- [7] F. L. Network, What is flipped learning? the four pillars of flip. flipped learning network, 501 (c), 2 (2014).
- [8] G. Ak,çayır, M. Ak,çayır, The flipped classroom: A review of its advantages and challenges, Computers & Education 126 (2018) 334–345.
- [9] M. J. Lage, G. J. Platt, M. Treglia, Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment, The Journal of Economic Education 31 (1) (2000) 30–43.
- [10] C. K. Lo, K. F. Hew, G. Chen, Toward a set of design principles for mathematics flipped classrooms: A synthesis of research in mathematics education, Educational Research Review 22 (2017) 50–73.
- [11] L. Cheng, A. D. Ritzhaupt, P. Antonenko, Effects of the flipped classroom instructional strategy on students' learning outcomes: A meta-analysis, Educational Technology Research and Development 67 (4) (2019) 793–824.
- [12] J. L. Bishop, M. A. Verleger, et al., The flipped classroom: A survey of the research, in: ASEE national conference proceedings, Atlanta, GA, Vol. 30, 2013, pp. 1–18.
- [13] Y. Li, T. Daher, Integrating innovative classroom activities with flipped teaching in a water resources engineering class, Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice (2016) 05016008.
- [14] C. McBride, Flipping advice for beginners: What i learned flipping undergraduate mathematics and statistics classes, Primus (2015) 694–712.
- [15] L. Abeysekera, P. Dawson, Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research, Higher Education Research & Development (2015) 1–14.

- [16] M. K. Kim, S. M. Kim, O. Khera, J. Getman, The experience of three flipped classrooms in an urban university: an exploration of design principles, *The Internet and Higher Education* 22 (2014) 37–50.
- [17] A. Churches, Taxonomía de bloom para la era digital, *EduTEKA*. Recuperado 11.
- [18] C. Berenguer-Albaladejo, et al., Acerca de la utilidad del aula invertida o flipped classroom, Universidad de Alicante. Instituto de Ciencias de la Educación.
- [19] W. Martínez Olvera, I. Esquivel-Gámez, J. Martínez Castillo, Aula invertida o modelo invertido de aprendizaje: Origen, sustento e implicaciones, *Los Modelos Tecno-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI* (2014) 143–160.
- [20] F. Soares, A. P. López, Teaching mathematics using massive open online courses, *Proceedings of INTED2016 Conference 7th-9th March 2016* (2016) 2635–2641.
- [21] E. Triantafyllou, O. Timcenko, L. Busk Kofoed, Student behaviors and perceptions in a flipped classroom: A case in undergraduate mathematics, *Proceedings of the Annual Conference of the European Society for Engineering Education 2015 (SEFI 2015)*.
- [22] M. G. Ureña, L. M. Gómez, V. V. Ruiz, E. Calderón, A. L. Crispín, M. A. F. González, J. V. Gallego, El aprendizaje asistido por ordenador en la enseñanza de la medicina y la cirugía en la facultad de medicina.
- [23] R. Dawood, M. Syaryadhi, M. Irhamsyah, et al., Measuring the increase in students' comprehension in a flipped introductory calculus course, *International Conference on Interactive Collaborative Learning* (2017) 202–207.
- [24] D. Schultz, S. Duffield, S. C. Rasmussen, J. Wageman, Effects of the flipped classroom model on student performance for advanced placement high school chemistry students, *Journal of chemical education* 91 (9) (2014) 1334–1339.
- [25] C. K. Lo, C. W. Lie, K. F. Hew, Applying “first principles of instruction” as a design theory of the flipped classroom: Findings from a collective study of four secondary school subjects, *Computers & Education* 118 (2018) 150–165
- [26] B. Ayçiçek, T. Yanpar Yelken, The effect of flipped classroom model on students' classroom engagement in teaching english., *International Journal of Instruction* 11 (2) (2018) 385–398.
- [27] Y.-N. Huang, Z.-R. Hong, The effects of a flipped english classroom intervention on students' information and communication technology and english reading comprehension, *Educational Technology Research and Development* 64 (2) (2016) 175–193.
- [28] T. R. Hodgson, A. Cunningham, D. McGee, L. Kinne, T. J. Murphy, Assessing behavioral engagement in flipped and non-flipped mathematics classrooms: Teacher abilities and other potential factors, *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology* 5 (4) (2017) 248–261.
- [29] L. Zheng, Application research on “flipped classroom” teaching mode in colleges and universities, in: *International Conference on Education, Management and Computing Technology (ICEMCT-16)*, Atlantis Press, 2016.
- [30] C. Kostaris, S. Stylianos, D. G. Sampson, M. Giannakos, L. Pelliccione, Investigating the potential of the flipped classroom model in k-12 ict teaching and learning: An action research study, *JSTOR*, 2017.
- [31] Leo, K. Puzio, Flipped instruction in a high school science classroom, *Journal of Science Education and Technology* 25 (5) (2016) 775–781.
- [32] K. Slemmons, K. Anyanwu, J. Hames, D. Grabski, J. Mlsna, E. Simkins, P. Cook, The impact of video length on learning in a middle-level flipped science setting: implications for diversity inclusion, *Journal of Science Education and Technology* 27 (5) (2018) 469–479.
- [33] Y. Hao, Middle school students' flipped learning readiness in foreign language classrooms: Exploring its relationship with personal characteristics and individual circumstances, *Computers in Human Behavior* 59 (2016) 295–303
- [34] A. Giglio, Flipping classroom: Some experiments with university and k-12 classes, in: *6th International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN2014)*, 2014, pp. 6406–6413.
- [35] C. Romero, S. Ventura, E. García, Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial, *Computers & Education* 51 (1) (2008) 368–384.
- [36] R. C. Kushwaha, A. Singhal, S. Swain, Learning pattern analysis: A case study of moodle learning management system, in: *Recent Trends in Communication, Computing, and Electronics*, Springer, 2019, pp. 471–479.
- [37] G. Akcapinar, A. Bayazit, MoodleMiner: Data mining analysis tool for moodle learning management system, *Ilkogretim Online* 18 (1).
- [38] G. Fenu, M. Marras, M. Meles, A learning analytics tool for usability assessment in moodle environments, *Journal of e-Learning and Knowledge Society* 13 (3).
- [39] A. Corbi, D. B. Solans, Review of current student-monitoring techniques used in elearning-focused recommender systems and learning analytics: The experience api & lime model case study, *IJIMAI 2* (7) (2014) 44–52.
- [40] H. Yang, Z. Xing, Q. Wang, Y. Han, Experiences in blended learning based on blackboard in hubei university of education, *2018 13th International Conference on Computer Science Education (ICCSE)* (2018) 1–6.
- [41] V. Gil Vera, Learning analytics and scholar dropout: A predictive model, doi:10.5829/idosi.mejsr.2017.1414.1419.
- [42] A. Del Blanco, A. Serrano, M. Freire, I. Martínez-Ortiz, B. Fernández-Manjón, E-learning standards and learning analytics. can data collection be improved by using standard data models?, in: *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, IEEE, 2013, pp. 1255–1261.
- [43] M. Kloft, F. Stiehler, Z. Zheng, N. Pinkwart, Predicting MOOC dropout over weeks using machine learning methods, *Association for Computational Linguistics* (2014) 60–65.
- [44] P. Mukala, J. C. Buijs, M. Leemans, W. M. van der Aalst, Learning analytics on coursera event data: A process mining approach., in: *SIMPDA*, 2015, pp. 18–32.
- [45] Pastes Urbano, L. M., Terán, H. S., Sotelo Gómez, F., Solarte, M. F., Sepulveda, C. J., & López Meza, J. M. (2020). Bibliographic review of the flipped classroom model in high school: A look from the technological tools. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 451-474. <https://doi.org/10.28945/4605>
- Fabinton Sotelo Gomez.** Received his master's degree in telematic engineering from the Universidad del Cauca since 2013 and a systems engineer from the Universidad Nacional Abierta & Distancia (UNAD). He belongs to the IMS research group of the Fundación Universitaria de Popayán and a doctoral candidate in the telematic engineering department of the Universidad del Cauca. His research interests focus on massive online courses, e-learning, blended learning, and flipped classroom.
- Lina M. Pastes Urbano.** Electronic and Telecommunications Engineering Student (University of Cauca-Colombia). She is a collaborating member of the research seedbed Líbero of the FUP (Fundación Universitaria de Popayán); His main research interests, including virtual educational environments, flipped classroom, blended learning, learning analysis, and computer science
- Hamil S. Terán.** Electronic and Telecommunications Engineering Student (University of Cauca-Colombia), currently he is a global member of the Internet Society, also member of the Spanish chapter of the Internet Society (ISOC-ES) and collaborating member of the chapter IEEE AESS Unicauca (University of Cauca). His research interests include virtual educational environments, flipped classroom, blended learning, learning analysis, and computer science.
- Mario F. Solarte.** Received his PhD in telematic engineering from University of Cauca since 2019. MSc in Telematic Engineering since 2009. Specialist in formulation and evaluation of social development projects, from the Iberoamerican University Corporation in 2000 and electronics and telecommunications engineer from the University of Cauca. He currently works as a researcher and professor in the telematic engineering department of the University of Cauca and collaborates in various research projects. His research interests focus on eLearning, Massive Online Courses, Learning Styles and Digital Education Contents.
- José A. Ruipérez-Valiente** (Senior Member, IEEE) received the B.Eng. degree in telecommunications from Universidad Católica de San Antonio de Murcia, and the M.Eng. degree in telecommunications and the M.Sc. and Ph.D. degrees in telematics from Universidad Carlos III of Madrid while conducting research with Institute IMDEA Networks in the area of learning analytics and educational data mining. He was a postdoctoral associate with MIT. He has received more than 20 academic/research awards and fellowships, has published more than 90 scientific publications in high impact venues, and participated in over 18 funded projects. He currently holds the prestigious Spanish Fellowship Juan de la Cierva with the University of Murcia