



ISSN: 1646-9895

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação  
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

J a n e i r o 1 9 • J a n u a r y 1 9



©AISTI 2019 <http://www.aisti.eu>

Nº E17

## **Edição / Edition**

Nº. E17, 01/2019

**ISSN:** 1646-9895

## **Indexação / Indexing**

Academic Journals Database, CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, Index-Copernicus, Index of Information Systems Journals, Latindex, ProQuest, QUALIS, SCImago, SCOPUS, SIS, Ulrich's.

## **Propriedade e Publicação / Ownership and Publication**

AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal

**E-mail:** aistic@gmail.com

**Web:** <http://www.aisti.eu>

# Propuesta de aplicación de minería de procesos para evaluar las rutas de aprendizaje de estudiantes con discapacidad visual en cursos en línea

Diego Buenaño-Fernández<sup>1</sup>, Sergio Luján-Mora<sup>2</sup>

diego.buenano@udla.edu.ec, sergio.lujan@ua.es

<sup>1</sup>Universidad de Las Américas, José Queri, 170137, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de Alicante, San Vicente del Raspeig, 03080, Alicante, España

**Pages: 1035–1047**

**Resumen:** La culminación exitosa de un curso en línea por parte de estudiantes con algún tipo de discapacidad está relacionada directamente con la inclusión o no de criterios de accesibilidad. Las aplicaciones web, y en particular los cursos en línea, están conformados por un sinnúmero de componentes cuyo objetivo es hacer más fácil la navegación de los usuarios. La exclusión de criterios de accesibilidad en el diseño de estos componentes puede llegar a convertirse en barreras de aprendizaje para estudiantes con algún tipo de discapacidad. En la literatura revisada, se han identificado varios trabajos relacionados con el análisis de problemas de accesibilidad en entornos educativos virtuales. Sin embargo, hay poca investigación vinculada con el análisis de rutas de aprendizaje seguidas por personas con algún tipo de discapacidad. En este trabajo se propone aplicar herramientas de minería de datos educativos y de minería de procesos para detectar puntos potencialmente peligrosos en las rutas de aprendizaje que siguen este grupo de estudiantes.

**Palabras-clave:** Analítica de aprendizaje; Discapacidad visual; Minería de procesos educativos; Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1; World Wide Web Consortium (W3C).

## *Proposal of application of process mining to evaluate the learning routes of students with visual disability in online courses*

**Abstract:** The successful completion of an online course by students with some type of disability is directly related to the inclusion or not of accessibility criteria. Web applications, and in particular online courses, are made up of a number of components whose objective is to make it easier for users to navigate. The exclusion of accessibility criteria in the design of these components can become learning barriers for students with some type of disability. In the literature reviewed, several works related to the analysis of accessibility problems in virtual educational environments have been identified. However, there is little research linked to the analysis of learning routes followed by people with some type of disability. In this project, it is proposed to apply educational data mining and process mining tools

to detect potentially dangerous points in the learning routes followed by this group of students.

**Keywords:** Learning Analytics; Visual disability; Educational Process Mining; Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0; World Wide Web Consortium (W3C).

## 1. Introducción

En las plataformas educativas mediadas por las tecnologías de la información y comunicación (TIC) se puede encontrar una amplia gama de recursos interactivos de aprendizaje. Este tipo de recursos va tomando fuerza debido al apareamiento de nuevos modelos pedagógicos (Amo et al., 2018), que ponen énfasis en las actividades interactivas que realiza el estudiante en la plataforma virtual. El incremento de oportunidades de formación en todas las áreas de conocimiento está relacionado con la aparición de cursos en línea, sean estos masivos (*Massive Open Online Course*, MOOC) o privados (*Small Private Online Course*, SPOC). Sin embargo, es necesario que los administradores de estos cursos no se descuiden en la inclusión de criterios de usabilidad y accesibilidad. Caso contrario, no podrán ofrecer un verdadero aprendizaje a los estudiantes inscritos, incluyendo a las personas con algún tipo de discapacidad y adultos mayores (Iniesto, McAndrew, Minocha & Coughlan, 2008).

Por otro lado, la investigación en analítica de aprendizaje (AA) ha generado un espacio importante para el desarrollo de herramientas de análisis de datos educativos. En este contexto aparecen los estándares y especificaciones técnicas para tecnologías de aprendizaje tipo SCORM o xAPI. Estas especificaciones permiten la creación de objetos pedagógicos estructurados, que cumple con los requerimientos de: adaptabilidad, interoperabilidad, accesibilidad, reusabilidad. A través de la implementación de las directrices propuestas en xAPI, se podrá entender el significado de los datos almacenados en el repositorio de aprendizaje conocido como repositorio de registros de aprendizaje (*Learning Record Store*, LRS). A través del análisis de los datos almacenados en el LRS de xAPI se pueden identificar las rutas de aprendizaje que siguen los estudiantes al navegar por un curso en línea. Además, que se pueden identificar los posibles puntos críticos de aprendizaje que se generan en dichas rutas.

Varios trabajos previos (Iniesto, McAndrew, Minocha, & Coughlan, 2016), (Iniesto, McAndrew, Minocha, & Coughlan, 2014), (Ngubane-Mokiwa, 2016) se orientan a evaluar y validar la aplicación de criterios de accesibilidad sobre todo en MOOC. Sin embargo, no se han orientado a analizar detalladamente los elementos del curso que pueden presentar barreras de accesibilidad. Por lo tanto, en el presente trabajo, apoyados por la minería de procesos educativos (*Educational Process Mining*, EPM) se plantea identificar y listar los elementos del curso que necesitan una revisión del autor. Estos elementos son los que no permiten que los estudiantes puedan avanzar con el aprendizaje de la manera planificada.

La EPM es una alternativa emergente en el campo de la minería de datos educativos (*Educational Data Mining*, EDM). La EPM analiza los datos de los archivos de registro, archivos de base de datos o archivos de pistas de auditoría almacenados en plataformas educativas. Estos archivos contienen una secuencia de eventos producto de la interacción

de estudiantes con las plataformas virtuales de aprendizaje. El objetivo de la EPM es descubrir, analizar y proporcionar una representación visual del proceso educativo completo (Bogarín, Cerezo, & Romero, 2018).

El documento se estructura de la siguiente manera. La sección 2 constituye una fundamentación teórica, en la que se detallan conceptos relacionados con la propuesta. La sección 3 presenta la metodología utilizada para implementar el trabajo. Finalmente, la sección 4 contiene las conclusiones del trabajo realizado.

## **2. Fundamentación teórica**

### **2.1. Evaluación de accesibilidad web en MOOC**

La continua evolución de los MOOC, desde su nacimiento hace aproximadamente una década, ha potenciado su alcance, brindando un sinnúmero de oportunidades de aprendizaje para personas de todo el mundo. Sin embargo, para alcanzar su máximo potencial, los MOOC deben cumplir con criterios de accesibilidad para poder llegar a diversos estudiantes, con o sin discapacidades. En la revisión de la literatura, hemos encontrado algunas investigaciones publicadas que están relacionadas con la evaluación de accesibilidad de contenido en plataformas MOOC.

Un estudio presentado en el año 2013 (Sanchez-Gordon & Lujan-Mora, 2013) mostró los resultados preliminares de un análisis de accesibilidad realizado sobre un número pequeño de MOOC. Las conclusiones fueron que las WCAG 2.0 no incluyen requisitos de accesibilidad para personas de edad avanzada. Adicionalmente, los autores concluyeron que debería haber un aumento de conciencia por parte de los autores de contenido de cursos web, con el propósito de producir contenido accesible.

En el año 2014, una investigación propuso dos categorías de accesibilidad que deben ser consideradas en los contenidos web y las plataformas MOOC. Las categorías presentadas fueron personales y no personales. Los autores concluyeron que la no inclusión de criterios de accesibilidad web en los MOOC podría discriminar la participación de personas con algún tipo discapacidad. Es decir, los MOOC no cumplían uno de sus principales objetivos: brindar acceso a todas las personas (Sanchez-Gordon & Luján-Mora, 2014).

En el trabajo realizado por Iniesto, McAndrew, Minocha, & Coughlan (2017), se presentó una serie de iniciativas orientadas a apoyar a los proveedores de MOOC para lograr una mayor accesibilidad en sus plataformas. Por otro lado, también se plantearon sugerencias para los estudiantes con discapacidad orientadas a mejorar su aprendizaje permanente. De esta revisión de artículos relacionados con la evaluación de criterios de accesibilidad en las plataformas y recursos de los MOOC, se puede evidenciar una necesidad latente de realizar propuestas orientadas a mitigar la discriminación de acceso para personas con una o varias discapacidades, así como también para adultos mayores.

### **2.2. Accesibilidad web**

La accesibilidad web se conoce como el conjunto de características incluidas en el diseño web, que hacen posible que todas las personas puedan percibir, entender, navegar e

interactuar en la red (Luján-Mora, 2013). El World Wide Web Consortium (W3C) a través de la Iniciativa para la Accesibilidad Web (*Web Accessibility Initiative*, WAI) ha propuesto tres estándares enfocados en la mejora de la accesibilidad web (World Wide Web Consortium, 2018a):

- 1. Pautas de accesibilidad al contenido web (Web Content Accessibility Guidelines, WCAG).
- 2. Pautas de accesibilidad de las herramientas de autor (Authoring Tool Accessibility Guidelines, ATAG).
- 3. Pautas de accesibilidad de los agentes de usuario (User Agent Accessibility Guidelines, UAAG).

Adicionalmente, la WAI ha planteado técnicas que deben aplicarse según las circunstancias y documentación de fallas con el objetivo de desarrollar y evaluar el contenido web, tal como se muestra en la Figura 1.

A continuación, se presenta información de las pautas de accesibilidad WCAG, ATAG y UAAG.

La versión 1.0 de las WCAG fue presentada en mayo de 1999, la versión 2.0 en diciembre del 2008. La versión 2.1 es una recomendación publicada en junio de 2018 (World Wide Web Consortium, 2008), estos lineamientos presentan un conjunto de recomendaciones que explican cómo hacer que el contenido web sea más accesible para las personas con discapacidad.

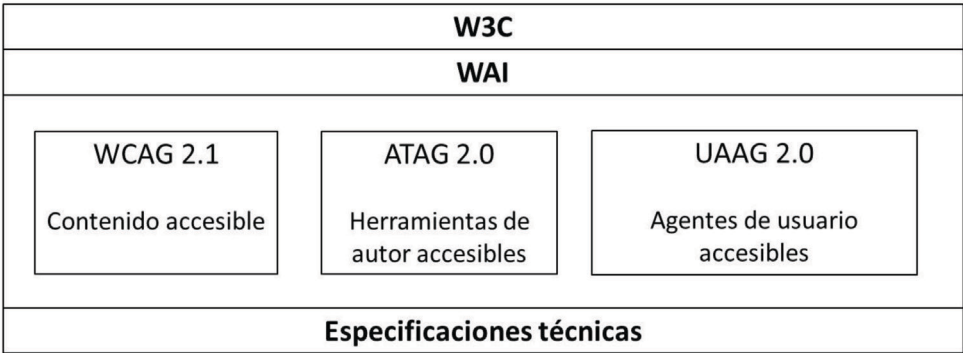


Figura 1 – Pautas de accesibilidad propuestas por W3C

Las WCAG 2.1 consideran esenciales cuatro principios de accesibilidad (World Wide Web Consortium, 2018b):

- **Perceptible:** la información presentada en una página web debe ser percibida por los usuarios.
- **Operable:** los usuarios deben poder navegar y operar los componentes de la interfaz.
- **Comprensible:** los usuarios deben ser capaces de comprender la información y el funcionamiento de la interfaz.

- Robusto: los agentes de usuario, incluidas las tecnologías de apoyo, deben permitir a los usuarios acceder al contenido.

Los lineamientos de la WCAG 2.1 incluyen 13 directrices y 78 criterios de éxito. Los criterios de éxitos de accesibilidad web son clasificados en 3 niveles de conformidad: el nivel de conformidad A (nivel mínimo de accesibilidad), nivel AA (nivel medio de accesibilidad) y nivel AAA (nivel alto de accesibilidad). W3C sugiere utilizar WCAG 2.1 con el fin de atender de mejor manera las necesidades de más personas. Es importante resaltar que la WAI mantiene compatibilidad con versiones anteriores a los lineamientos propuestos en WCAG 2.1 (Kirkpatrick & Michael, 2018).

En relación a las herramientas de edición de contenidos ATAG, son un conjunto de normas que deben cumplir las herramientas de autor para producir contenido web accesible. Las ATAG 2.0 se publicaron en septiembre de 2015 y están constituidas por dos partes (World Wide Web Consortium, 2015a):

- Parte A: incluye principios y pautas para el diseño de herramientas de autor de contenido web que son más accesibles para autores con discapacidad.
- Parte B: incluye principios y pautas para apoyar y promover la producción de contenido web accesible por parte de los autores.

En ATAG 2.0 se incluye 24 pautas (13 parte A, 11 parte B). Las pautas, a la vez, están divididas en 89 criterios de éxito (33 parte A, 56 parte B) y 3 niveles de conformidad (A, AA y AAA).

En relación a las UAAG, son pautas que recomiendan cómo hacer que los agentes de usuario (reproductores multimedia, navegadores, y productos de apoyo) sean accesibles para las personas con discapacidad. Las UAAG 2.0 fueron propuestas en diciembre del 2015 y están organizado en 5 principios (perceptible, operable, comprensible, acceso programático, especificaciones y convenciones) y 25 pautas (World Wide Web Consortium, 2015b).

En la Tabla 1, se describen a modo de ejemplo ocho de las principales barreras de accesibilidad que deben vencer las personas con discapacidad visual al acceder a recursos web.

### **2.3. La minería de procesos educativos**

La minería de procesos tiene como objetivo central extraer conocimiento a partir de los registros de eventos almacenados en un sistema de información. La EPM propone la construcción de modelos de procesos educativos completos y compactos a través de los cuales se pueda reproducir todo el comportamiento de un estudiante. A través de la EPM se puede verificar si el comportamiento modelado coincide con el comportamiento observado (Bogarín et al., 2014).

En el artículo propuesto por (Bogarín et al., 2018) se presentó un marco de referencia específico para ejecutar tareas de minería de procesos en entornos educativos. En la Figura 2 se puede observar un esquema general con el flujo de información y los conceptos involucrados en la EPM. Este flujo está compuesto por los siguientes elementos: actores del proceso enseñanza aprendizaje (estudiantes y docentes), plataformas de aprendizaje virtual, registros de interacción estudiante- plataforma y modelos de procesos.

| No. | Barreras de accesibilidad                                                                          | Criterio de éxito WCAG 2.1 | Descripción                                                                                                                                                                                           | Nivel de conformidad WCAG 2.1 |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1   | <i>Carece del mapa de contenidos o mal estructurado.</i>                                           | Bloques de derivación.     | Un mecanismo está disponible para eludir bloques de contenido que se repiten en múltiples páginas web.                                                                                                | A                             |
| 2   | <i>Uso de CAPTCHA sonoro con un idioma diferente al del usuario.</i>                               | Contenido no textual.      | Se proporcionan alternativas de texto que identifican y describen el propósito del contenido no textual, y formas alternativas de CAPTCHA usando modos de salida para diferentes tipos de percepción. | A                             |
| 3   | <i>Página web sin título.</i>                                                                      | Título de la página.       | Las páginas web tienen títulos que describen un tema o propósito.                                                                                                                                     | A                             |
| 4   | <i>Imágenes sin texto alternativo que describa su contenido.</i>                                   | Contenido no textual.      | Todas las imágenes, los botones de imagen y los puntos calientes del mapa de imagen tienen un texto alternativo equivalente apropiado.                                                                | A                             |
| 5   | <i>Los subtítulos no están sincronizados con el video.</i>                                         | Subtítulos (Pregrabados)   | Los subtítulos sincronizados se proporcionan para video no en vivo, basado en la web.                                                                                                                 | A                             |
| 6   | <i>Tablas cuyo contenido resulta incompatible cuando se lee de forma secuencial.</i>               | Información y relaciones.  | La información, la estructura y las relaciones transmitidas a través de la presentación se pueden determinar mediante programación o están disponibles en texto.                                      | A                             |
| 7   | <i>Documentos PDF no accesibles.</i>                                                               | Secuencia significativa.   | Garantizar la correcta tabulación y orden de lectura en documentos PDF.                                                                                                                               | A                             |
| 8   | <i>Al expirar una sesión de trabajo el usuario pierde la información cuando vuelve a ingresar.</i> | Re/autenticación.          | Cuando una sesión autenticada caduca, el usuario puede continuar la actividad sin pérdida de datos después de volver a autenticarse.                                                                  | AAA                           |

Tabla 1 – Barreras de accesibilidad web para personas con discapacidad considerando las WCAG 2.1

A través de la aplicación de herramientas de AA es posible capturar, en diferentes niveles de granularidad, los eventos, acciones y actividades de los estudiantes. Estos eventos van desde acciones de bajo nivel, como pulsaciones de teclas y clics del ratón, hasta eventos de mayor nivel, como las actividades de aprendizaje de los estudiantes (Trcka, Pechenizkiy, & Van der Aalst, 2010).



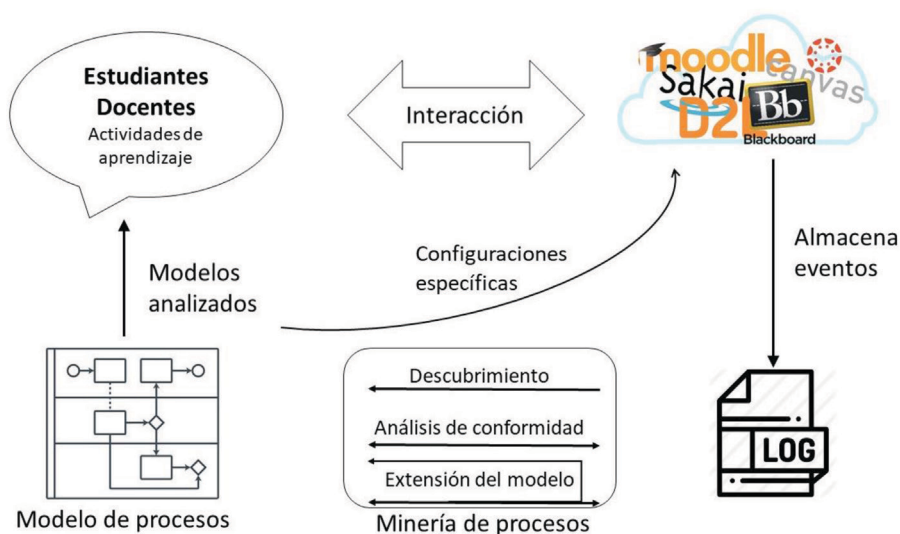


Figura 2 – Elementos de la minería de procesos

Existen diversas aplicaciones de software gratuitas y licenciadas que se utilizan para llevar a cabo la minería de procesos. En la revisión bibliográfica realizada para el presente trabajo, se han identificado tres aplicaciones que se usan específicamente en la EPM. La herramienta ProM<sup>1</sup> es un marco de referencia genérico de código abierto, es el más completo y el que comúnmente se ha aplicado. El software Disco<sup>2</sup> es una herramienta de propósito general aplicada en el área de minería de procesos, es una aplicación comercial y utilizada con frecuencia en el campo educativo. Finalmente, la herramienta SoftLearn<sup>3</sup> que es una aplicación de propósito específico orientada a la minería de procesos en el área educativa.

En relación con las técnicas de minería de procesos que comúnmente se han utilizado en trabajos realizados en el área educativa se han identificado las siguientes: 1) Técnicas de descubrimiento de procesos; 2) Técnicas de análisis de conformidad; y 3) Técnicas de extensión del modelo de proceso (Pechenizkiy, Trčka, Vasilyeva, Aalst, & Bra, 2009).

Las técnicas de descubrimiento de procesos, se enfocan en la creación de un modelo de procesos basado exclusivamente en un registro de eventos. Es decir, describe la información del archivo de registro de una manera compacta y precisa. Los algoritmos más utilizados en el dominio educativo son: algoritmos Alpha, algoritmos de minería heurísticos, algoritmos genéticos y algoritmos de minería difusos (Bogarín et al., 2018).

La técnica de análisis de conformidad, requiere de un modelo de proceso teórico preexistente que se pueda comparar con el modelo descubierto creado a partir de eventos

<sup>1</sup> <http://www.promtools.org>

<sup>2</sup> <https://fluxicon.com/disco/>

<sup>3</sup> <https://tec.citius.usc.es/SoftLearn/>

de registro. El propósito es confirmar si el comportamiento observado está de acuerdo con las suposiciones del modelo teórico (Tóth, Rölke, Goldhammer, & Barkow, 2017).

La técnica de extensión del modelo de proceso también involucra un modelo de procesos teórico existente. Pero a diferencia de las técnicas de análisis de conformidad, en esta técnica se busca extender o mejorar los modelos de proceso basados en los datos de comportamiento observados (Van der Aalst, 2012).

La aplicabilidad de la minería de procesos en el área educativa se ha extendido hacia diferentes aplicaciones. En el trabajo realizado por Bogarín et al., (2018) se ha propuesto una clasificación de estos aportes en las siguientes áreas: Aprendizaje colaborativo soportado por computadora, cursos de entrenamiento profesional, minería de currículum, registro de estudiantes, evaluaciones basadas en computador, entre otros. En la literatura revisada no se han encontrado trabajos relacionados con la aplicación de EPM orientada a la identificación de puntos críticos en las rutas de aprendizaje seguidas por personas con discapacidad visual.

## 2.4. Herramientas de analítica de aprendizaje

Las herramientas de AA pueden aportar un marco de referencia ideal para analizar los procesos de enseñanza-aprendizaje que se dan en contextos educativos mediados por las TIC. La AA se puede entender como la recopilación, medición, análisis y visualización de datos orientados a entender el comportamiento de los estudiantes y así poder optimizar su experiencia de usuario (Amo et al., 2018). Por ejemplo, las acciones como reproducir, detener, rebobinar, reenviar o repetir videos se pueden rastrear aplicando diferentes herramientas de AA.

Las herramientas de AA son usadas para recopilar datos producto de la interacción que realizan los estudiantes cuando trabajan en entornos virtuales de aprendizaje. Dependiendo del entorno, los datos recopilados se almacenan en archivos de registro y generalmente son datos sin ninguna estructura establecida. Por lo cual, sobre dichos datos es necesario realizar obligatoriamente un trabajo detallado de pre procesamiento. La elección de una herramienta adecuada es fundamental en el proceso de AA. Algunas de estas herramientas se fundamentan en el concepto de *clickstream*. De acuerdo a (Chan, Chiu, Ng, & Kwong, 2015) la definición de *clickstream* hace referencia al registro de la ruta de navegación que realiza un usuario mientras navega por la web. En los entornos virtuales de aprendizaje, los datos de *clickstream* apoyan la gestión docente, ya que les permite visualizar la interacción de los estudiantes con las diversas actividades de aprendizaje propuestas.

Tin Can API o xAPI<sup>4</sup> es una especificación que permite registrar una amplia gama de experiencias que un usuario puede tener al interactuar con diferentes plataformas educativas. Esta especificación es de código abierto y permite almacenar datos con alto grado de granularidad en un LRS. En este repositorio se almacenan las actividades de interacción que realiza un estudiante cuando utilizan entornos de aprendizaje mediados por las TIC (Lim, 2015). El LRS almacena declaraciones de estado (*statements*) o registros que están relacionados con las actividades de aprendizaje. Estas declaraciones siguen un patrón sencillo basado en: Sujeto + Verbo (acción) + Objeto de aprendizaje. La aplicación

<sup>4</sup> <https://xapi.com/overview/>

xAPI y el LRS pueden existir sin necesidad de una plataforma virtual de aprendizaje, este concepto nos acerca hacia la generación de cursos en línea autogestionables y actividades de aprendizaje independientes de la plataforma tecnológica.

### 3. Metodología

Uno de los principales inconvenientes que se tiene a la hora de identificar problemas de accesibilidad en cursos en línea es que no se han desarrollado mecanismos que permitan ubicar exactamente cuáles son los componentes de un determinado curso que presentan barreras de accesibilidad (Cooper, Ferguson, & Wolff, 2016). Este problema persiste a pesar de que existen varios trabajos orientados a realizar la evaluación la accesibilidad en cursos en línea. Por lo tanto, un objetivo que se propone en el presente trabajo es identificar y listar los componentes del curso que presentan problemas de accesibilidad, ya que son estos los que impiden avanzar a los alumnos que presentan algún tipo de discapacidad.

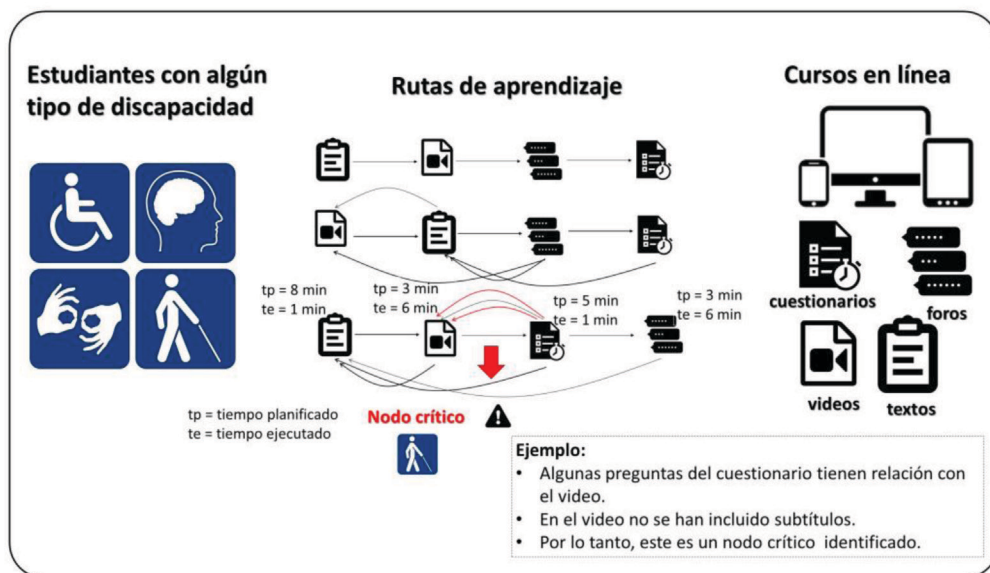


Figura 3 – Esquema que describe el problema identificado

Para cumplir con el objetivo propuesto se han implementado dos cursos en línea utilizando la plataforma Angular. Esta herramienta es un framework de código abierto que se utiliza para crear y mantener aplicaciones web de una sola página (*Single-page application*). Esta tecnología está compuesta por componentes individuales que se pueden reemplazar o actualizar de forma independiente, sin actualizar toda la página (Jadhav, Sawant, & Deshmukh, 2015). La estructura y contenidos de los cursos serán iguales. El primer curso deberá incluir criterios de accesibilidad para personas con discapacidad visual, mientras que el segundo no incluirá criterios de accesibilidad. En la Figura 4 se muestra un esquema gráfico de la propuesta.

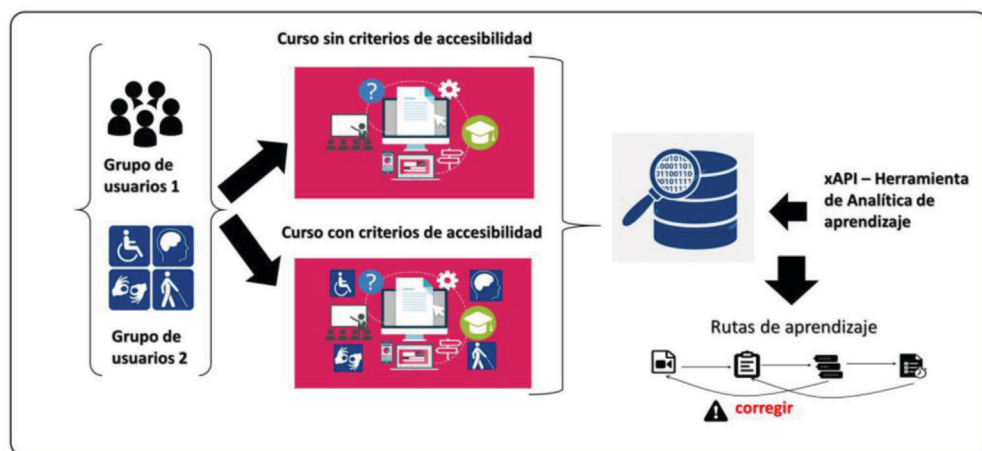


Figura 4 – Esquema de la solución planteada

Para capturar las trazas de navegación o actividades de aprendizaje del curso, es necesario configurar en xAPI declaraciones de estado (*statements*). Cada componente no interactivo de la aplicación web tiene enlazado un *statement*. Por lo tanto, dependiendo del estilo de navegación que sigue el estudiante se van generando *statements* que luego serán enviados a través de una API al repositorio LRS. Los *statements* se corresponden con la navegación del usuario (estudiante) por las pestañas de una página, se pueden registrar y luego analizar las pestañas por las que ha navegado.

Una vez que los datos hayan sido recopilados y almacenados en el LRS, se aplicarán sobre ellos técnicas de minería de procesos. El objetivo de aplicar estas técnicas es descubrir, analizar y proporcionar una representación visual del proceso educativo completo (Bogarín et al., 2018). Para el presente proyecto se plantea evaluar cuál de las siguientes técnicas de minería de procesos aporta mejores resultados al cumplimiento del objetivo planteado.

1. Técnicas de descubrimiento de procesos
2. Técnicas de análisis de conformidad
3. Técnicas de extensión del modelo de proceso

De igual manera se probará la efectividad de los siguientes algoritmos: algoritmos Alpha, algoritmos de minería heurísticos, algoritmos genéticos y algoritmos de minería difusos. Para realizar el análisis de los procesos se ha identificado en la literatura diversas aplicaciones de software gratuitas y licenciadas.

## 4. Conclusiones

El objetivo del trabajo es realizar un análisis cuantitativo de los posibles efectos que tienen la identificación de puntos críticos en las rutas de aprendizaje junto a la inclusión o no de criterios de accesibilidad en cursos en línea, sobre el aprendizaje de personas con discapacidad visual. El presente artículo está orientado específicamente a proponer un marco de referencia que permita llevar a cabo el trabajo de investigación mencionado.

La inclusión de estándares de accesibilidad en entornos virtuales de aprendizaje (WCAG 2.1, ATAG 2.0 y UAAG 2.0), no garantizan la consecución de un aprendizaje significativo de estudiantes con algún tipo de discapacidad. Por lo tanto, para complementar la funcionalidad que ofrecen dichos estándares se hace imprescindible realizar el análisis del comportamiento de los estudiantes cuando interactúan con plataformas virtuales. Dicho comportamiento se puede analizar a través del estudio de los puntos críticos identificados en las rutas de aprendizaje que siguen los estudiantes. Esto permitirá retroalimentar al docente en aspectos tales como: el diseño instruccional de los cursos. Al trabajar sobre estos dos elementos se espera obtener datos que permitan mejorar el aprendizaje de los estudiantes con algún tipo de discapacidad cuando se enfrenten a cursos en línea.

La aplicación de herramientas de AA permite recopilar información importante de la interacción que realiza el estudiante cuando trabaja en entornos virtuales de aprendizaje. Particularmente, la especificación xAPI ofrece una gama amplia de opciones para almacenar los rastros que deja un usuario al navegar por un sitio web, en este caso un entorno virtual de aprendizaje.

## Referencias

- Amo, D., Valls, A., Alier, M., Canaleta, X., García-Peñalvo, F., Fonseca, D., & Redondo, E. (2018). Using Web Analytics Tools to Improve the Quality of Educational Resources and the Learning Process of Students in a Gamified Situation. En *Proceedings of 12th annual International Technology, Education and Development Conference, INTED 2018* (pp. 5824-5829). <https://doi.org/10.21125/inted.2018.1384>
- Bogarín, A., Cerezo, R., & Romero, C. (2018). A survey on educational process mining. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(1), e1230. <https://doi.org/10.1002/widm.1230>
- Bogarín, A., Romero, C., Cerezo, R., & Sánchez-Santillán, M. (2014). Clustering for improving educational process mining. En *Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge - LAK '14* (pp. 11-15). <https://doi.org/10.1145/2567574.2567604>
- Chan, J., Chiu, R., Ng, G., & Kwong, T. (2015). How Clickstream Tracking Helps Design Mobile Learning Content. *International Journal of Humanities Social Sciences and Education (IJHSSE)*, 2(7), 95-104.
- Cooper, M., Ferguson, R., & Wolff, A. (2016). What can analytics contribute to accessibility in e-learning systems and to disabled students' learning? En *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge - LAK '16* (pp. 99-103). Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2883851.2883946>
- Iniesto, F., Mcandrew, P., Minocha, S., & Coughlan, T. (2008). Auditing the accessibility of Massive Open Online Courses ( MOOCs ). En *Proceedings of 14th Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe Congress, AAATE 2017* (pp. 1-4).

- Iniesto, F., McAndrew, P., Minocha, S., & Coughlan, T. (2014). Auditing the accessibility of Massive Open Online Courses (MOOCs). En *Proceedings of 14th annual of Congress Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe, AAATE 2014* (pp. 169-172).
- Iniesto, F., McAndrew, P., Minocha, S., & Coughlan, T. (2016). Accessibility of MOOCs: Understanding the Provider Perspective. *Journal of Interactive Media in Education*, 2016(1), 1-10. <https://doi.org/10.5334/jime.430>
- Iniesto, F., McAndrew, P., Minocha, S., & Coughlan, T. (2017). An investigation into the perspectives of providers and learners on MOOC accessibility. En *Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality - TEEM 2017* (pp. 1-8). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3144826.3145442>
- Jadhav, M. A., Sawant, B. R., & Deshmukh, A. (2015). Single Page Application using AngularJS. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 6(3), 2876-2879.
- Kirkpatrick, A., & Michael, C. (2018). WCAG 2.1 is a W3C Recommendation | W3C Blog. Recuperado de <https://www.w3.org/blog/2018/06/WCAG21-REC/>
- Lim, K. C. (2015). Case Studies of xAPI Applications to E-Learning. En *Proceedings of The 12th International Conference on eLearning for Knowledge-Based Society, 2015* (pp. 11-12).
- Luján-Mora, S. (2013). Web Accessibility Among the Countries of the European Union: a Comparative Study. *Actual Problems of Computer Science*, 1(3), 18-27.
- Ngubane-Mokiwa, S. (2016). Accessibility strategies for making MOOCs for people with visual impairments: A universal design for learning (UDL) perspective. En *Proceedings of Pan-Commonwealth Forum on Open Learning, 2016* (pp. 1-12).
- Pechenizkiy, M., Trčka, N., Vasilyeva, E., Aalst, W. Van Der, & Bra, P. De. (2009). Process Mining Online Assessment Data. *Computer*, 10(January), 279-288.
- Sanchez-Gordon, S., & Lujan-Mora, S. (2013). Web accessibility of MOOCs for elderly students. En *2013 12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2013.6671024>
- Sanchez-Gordon, S., & Luján-Mora, S. (2014). Web Accessibility Requirements for Massive Open Online Courses Can MOOCs be really universal and open to anyone? En *Proceedings of 5th Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual , CAFVIR 2014* (pp. 530-535).
- Tóth, K., Rölke, H., Goldhammer, F., & Barkow, I. (2017). Educational Process Mining: New Possibilities for Understanding Students' Problem Solving Skills. En *The Nature of Problem Solving* (pp. 193-210).



- Trcka, N., Pechenizkiy, M., & Van der Aalst, W. (2010). Process Mining from Educational Data. En *Data Mining and Knowledge Discovery Series* (pp. 123-142). <https://doi.org/10.1201/b10274-11>
- Van der Aalst, W. (2012). Process Mining: Making Knowledge Discovery Process Centric. *SIGKDD Explorations Newsletter*, 13(2), 45-49. Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2207243.2207251>
- World Wide Web Consortium. (2008). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. Recuperado de <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>
- World Wide Web Consortium. (2015a). Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) 2.0. Recuperado de <https://www.w3.org/TR/ATAG20/>
- World Wide Web Consortium. (2015b). User Agent Accessibility Guidelines. Recuperado de <http://www.w3.org/TR/UAAG20/>
- World Wide Web Consortium. (2018a). W3C Accessibility Standards Overview | Web Accessibility Initiative (WAI) | W3C. Recuperado de <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/>
- World Wide Web Consortium. (2018b). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. Recuperado de <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>