

Propuesta para el diseño e implementación de cursos MOOC  
accesibles para la enseñanza de la matemática

Trabajo fin de máster

Máster Universitario en I.A. Avanzada

Especialidad: Enseñanza-Aprendizaje, Colaboración y Adaptación

Directora: Covadonga Rodrigo San Juan

Alexa Ramírez-Vega

Junio, 2016

## TABLA DE CONTENIDOS

---

<b>Tabla de contenidos.....</b>	<b>2</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>5</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>6</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Objetivo general.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Contenido de los capítulos.....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 1. Marco teórico.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Nuevas tendencias de educación virtual.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Massive Open Online Courses (MOOC).....</b>	<b>14</b>
1.2.1 Historia de los MOOC.....	14
1.2.2 MOOC en Educación Matemática.....	19
1.2.4 Limitaciones de los MOOC.....	22
<b>1.3 Plataformas para cursos en línea.....</b>	<b>28</b>
1.3.1 Características y funcionalidades de LMS.....	28
1.3.2 Comparación de LMS.....	31

<b>1.4 Usabilidad y accesibilidad en Internet</b> .....	<b>36</b>
<b>1.5 Tecnologías y discapacidad</b> .....	<b>41</b>
1.5.1 Tecnologías de apoyo para la accesibilidad Web.....	42
1.5.2 Documentos y Formatos Accesibles.....	46
<b>1.6 Evaluación de la accesibilidad</b> .....	<b>53</b>
<b>1.7 Accesibilidad en cursos MOOC</b> .....	<b>58</b>
<b>Capítulo 2. Metodología</b> .....	<b>60</b>
<b>2.1 Definición de metodología</b> .....	<b>60</b>
2.1.1 Test de accesibilidad manuales.....	62
2.1.2 Test de accesibilidad automáticos.....	63
2.1.3 Evaluación de material didáctico.....	63
2.1.4 Evaluación de contenido matemático.....	64
<b>2.2 Clasificación de los problemas encontrados</b> .....	<b>65</b>
<b>Capítulo 3. Desarrollo de pruebas</b> .....	<b>67</b>
<b>3.1 Test de Accesibilidad Manuales</b> .....	<b>68</b>
<b>3.2 Test de Accesibilidad Automáticos</b> .....	<b>72</b>
<b>3.3 Evaluación de Material Didáctico</b> .....	<b>75</b>
3.3.1 evaluación de material multimedia.....	75
<b>3.4 Evaluación de Contenido Matemático</b> .....	<b>77</b>

<b>Capítulo 4. Análisis de resultados .....</b>	<b>80</b>
<b>Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>92</b>
<b>5.1 Conclusiones.....</b>	<b>92</b>
<b>5.2 Recomendaciones Generales.....</b>	<b>96</b>
<b>5.3 Guía para diseño de MOOC accesibles para matemáticas .....</b>	<b>98</b>
5.3.1 Generales.....	99
5.3.2 Contenido matemático web.....	99
5.3.3 Contenido matemático multimedia.....	101
<b>Trabajo futuro.....</b>	<b>102</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>104</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>121</b>
<b>Anexo 1. Evaluación de los criterios de la Norma une 153010:2012 a los cursos mooc seleccionados .....</b>	<b>122</b>
<b>Anexo 2. Resultados generales de la evaluación de los criterios de accesibilidad para contenido matemático .....</b>	<b>125</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Comparativa de herramientas automáticas para evaluación de accesibilidad.....	54
<b>Tabla 2.</b> Lista de cursos MOOC seleccionados para evaluar .....	60
<b>Tabla 3.</b> Criterios de accesibilidad para evaluar contenido matemático.....	64
<b>Tabla 4.</b> Porcentaje de páginas evaluadas que cumplen el criterio de accesibilidad manual indicado .....	71
<b>Tabla 5.</b> Cantidad y porcentaje de páginas con problemas de accesibilidad según el test automático .....	73
<b>Tabla 6.</b> Cumplimiento de requisitos de accesibilidad para contenido multimedia	76
<b>Tabla 7.</b> Cumplimiento de requisitos de accesibilidad de contenido matemático..	77
<b>Tabla 8.</b> Clasificación general de los problemas de accesibilidad encontrados ....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b> Página con lección del curso EXA .....	68
<b>Figura 2.</b> Página de asignaciones del curso EXB .....	69
<b>Figura 3.</b> Página de comunicación o foros de consulta del curso CRA.....	69
<b>Figura 4.</b> Página con lección del curso CRB .....	70
<b>Figura 5.</b> Página de asignaciones del curso UYA .....	70
<b>Figura 6.</b> Página con lección del curso UYB .....	71
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de problemas de accesibilidad encontrados según su nivel	82
<b>Figura 8.</b> Cantidad de páginas con problemas de accesibilidad por nivel y plataforma .....	83
<b>Figura 9.</b> Cantidad de problemas de accesibilidad por nivel y curso .....	84
<b>Figura 10.</b> Formatos de contenido matemático presente en los cursos de cada plataforma .....	86
<b>Figura 11.</b> Cantidad de cursos que cumplen alguno de los requisitos de accesibilidad de contenido matemático disponible en las páginas web .....	86
<b>Figura 12.</b> Cantidad de cursos que cumplen alguno de los requisitos de accesibilidad de contenido matemático para personas con discapacidad auditiva.....	87

## INTRODUCCIÓN

---

En la actualidad han surgido nuevos modelos de enseñanza y aprendizaje, gracias a la incorporación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y la Web 2.0 en los distintos escenarios educativos. Estos escenarios van desde la educación virtual tradicional (e-learning), educación con dispositivos móviles (m-learning) y técnicas de autoaprendizaje apoyado con elementos audiovisuales (Schneckenberg, 2004).

Estas nuevas formas de enseñar y aprender han impactado los diversos modelos de educación, pero hace pocos años, con la proliferación de cursos MOOC (Massive Open Online Courses), se marcó un hito en la educación superior.

Los MOOC iniciaron (Downes, 2012) como cursos en línea especializados (principalmente de ciencias de la computación), de instituciones reconocidas mundialmente y dirigidos a una población masiva. Esto generó tal impacto que para el 2015 ya se contabilizan MOOC de prácticamente todas las áreas del conocimiento, pero siempre tratando de mantenerse en nivel superior y especializado.

De esta manera, los cursos MOOC sobre el área de matemática también han tenido gran auge y a su vez generado importantes implicaciones en su diseño e implementación, pues se sabe que el mayor reto de este tipo de cursos es la simbología matemática, reto que se vuelve aún mayor al tratarse de cursos totalmente en línea.

Debido a lo anterior, y aunado a la tecnología se ha logrado solventar algunas de las dificultades presentes en cursos virtuales masivos de matemáticas. Pero además de la simbología, los cursos MOOC en general enfrentan un reto mayor, la discapacidad, que afecta al 15% de la población mundial (aproximadamente mil millones de personas), según datos del primer informe

sobre la discapacidad de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Organización mundial de la Salud, 2011).

En el mundo 285 millones de personas sufren de discapacidad visual (ceguera total o baja visión) (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2014) y 360 millones de personas sufren de algún tipo de discapacidad auditiva (total o parcial) (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2015). Esto nos deja un total de 645 millones de personas en todo el mundo con algún nivel de discapacidad auditiva o visual, lo cual es equivalente a 64,5% de personas con discapacidad padecen alguna de este tipo.

Según la OMS (Organización mundial de la Salud, 2011) la discapacidad consiste en una interacción con el medio ambiente, el cual presenta barreras y limitaciones que impiden a las personas con discapacidad interactuar de manera adecuada. Por lo tanto, la OMS propone posibilitar el acceso a todos sistemas y servicios convencionales, lo cual implica adecuar los medios para hacerlos accesibles para las personas con algún tipo de discapacidad.

Según lo anterior, todos los sistemas de información deberían de cumplir ciertas normas que garanticen el acceso de estos sistemas a toda la población y poder apoyar las recomendaciones de la OMS en materia de discapacidad. Esta situación ha llevado a organizaciones internacionales como World Wide Web Consortium (W3C) a generar recomendaciones y estándares para la Web, con el objetivo de garantizar a las personas la participación en igualdad en la Web, tengan alguna discapacidad (visual-auditiva) o no (W3C, 2015).

De esta manera, se debe garantizar la usabilidad (facilidad que brinda un dispositivo o sitio en la Web para ser utilizado por los usuarios) y accesibilidad (permite que cualquier usuario pueda acceder a la información en la Web y utilizarla, independientemente de sus condiciones físicas o tecnológicas) de todos los sitios Web, situación que se vuelve aún más crítica si se trata de páginas Web con fines educativos, como lo son los cursos MOOC.

Sobre esta problemática varios autores han realizado estudios sobre las limitaciones existentes en los cursos MOOC para atender las necesidades de cada persona (tengan discapacidad o no) (Rodríguez Ascaso & González Boticario, 2015) y pautas que permitan evaluar el nivel de accesibilidad de cursos MOOC determinados (Iniesto & Rodrigo, 2014c). Además, otros estudios han permitido elaborar lineamientos para la creación de contenidos digitales accesibles de todo tipo (SamaRojo & Sevillano Asensio, 2012), lo cual es un punto de partida para la elaboración de contenidos educativos accesibles en la web.

Por su parte, la accesibilidad de fórmulas y expresiones matemáticas en la Web implica la adopción de estándares que permitan a los sistemas interpretar de forma correcta las expresiones que tienen un componente visual y una estructura no lineal que dificulta su lectura. Para esto existen estándares definidos por la W3C, conocido como MathML, (W3C, 2014) para la correcta creación e interpretación de expresiones matemáticas en los navegadores Web. La utilización de MathML implica gran esfuerzo por parte de los desarrolladores, aunque existen sistemas que facilitan este proceso, otras iniciativas también proponen herramientas más amigables que permitan la transformación entre formatos que ayuden a una adecuada creación e interpretación de los textos matemáticos disponibles en la Web (Sepúlveda, 2011).

Debido a lo anterior, surge la necesidad de conocer sobre el estado de la accesibilidad en cursos MOOC de matemáticas. Ya que aunque se conocen datos sobre la poca accesibilidad de cursos MOOC en general y sobre formas adecuadas de crear contenido matemático accesible, no hay datos o pautas sobre el diseño e implementación de cursos MOOC accesibles para la enseñanza de la matemática.

En este trabajo se expone, en primer lugar, la evaluación del grado de accesibilidad (utilizando diversas técnicas) de seis cursos MOOC sobre matemáticas, disponibles en tres de las plataformas que albergan la mayor

cantidad de MOOC a nivel mundial. Seguidamente se proponen pautas para el diseño e implementación de cursos MOOC accesibles en el área de matemáticas, según los resultados obtenidos con la evaluación de los cursos.

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

---

Evaluar el grado de accesibilidad de cursos MOOC en el área de matemática para determinar los problemas más relevantes con miras de elaborar una guía para el diseño e implementación de MOOC accesibles para la enseñanza de la matemática.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

---

- Identificar dos cursos MOOC de tres proveedores distintos sobre alguna área de la matemática.
- Seleccionar seis páginas representativas de cada curso para ser evaluadas.
- Aplicar diversos test manuales para determinar la accesibilidad de los cursos seleccionados en distintos indicadores.
- Aplicar test automático para evaluar el cumplimiento de los criterios WCAG 2.0.
- Evaluar el cumplimiento de las normas de diseño móvil, mediante test manual.
- Evaluar manualmente el cumplimiento de las recomendaciones para accesibilidad de material didáctico.
- Evaluar el cumplimiento de requerimientos de accesibilidad para contenido matemático.
- Sintetizar los resultados obtenidos en cada test aplicado.
- Clasificar los problemas de accesibilidad encontrados.
- Elaborar una guía con recomendaciones para el diseño e implementación de MOOC accesibles para matemáticas.

### 1.3 CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS

---

Para lograr los objetivos propuestos, en el primer capítulo se hace una revisión sobre los conceptos básicos relacionados con nuevas tendencias de educación virtual, Massive Open Online Courses (MOOC) su historia, relación con educación matemática, limitaciones; plataformas para cursos en línea, usabilidad y accesibilidad en Internet, tecnologías y discapacidad, evaluación de la accesibilidad y los trabajos relacionados con accesibilidad en cursos MOOC. En el capítulo 2 se describe la metodología utilizada para la realización del trabajo, mientras que en el capítulo 3 se detalla el desarrollo de las pruebas de accesibilidad (manuales, automáticas, de material multimedia y matemático) a los cursos seleccionados. En el capítulo 4 se describen los resultados obtenidos con la implementación de las pruebas de accesibilidad. Finalmente, en el capítulo 5 se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis de los resultados, donde se incluyen recomendaciones generales y una guía básica para el diseño de MOOC accesibles para matemáticas.

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

---

En este capítulo se describen y analizan los trabajos relacionados sobre MOOC, accesibilidad web, educación matemática y educación virtual en general, haciendo énfasis en el análisis de la accesibilidad de cursos MOOC y evaluación de la accesibilidad de contenido matemático presente en la web.

### 1.1 NUEVAS TENDENCIAS DE EDUCACIÓN VIRTUAL

---

La educación virtual genera posibilidades y ventajas en educación, pero posee ciertas limitaciones que se deben tomar en cuenta para su implementación. Por lo tanto, han surgido diversas modificaciones o variaciones del *e-learning* que vienen a solventar las nuevas necesidades y a reducir algunas de las limitaciones mencionadas anteriormente. Una de las variaciones más utilizadas es el *Blended Learning* o aprendizaje combinado o bimodal, este consiste en la combinación de la formación virtual y la formación presencial. El modelo del aprendizaje bimodal se presenta como la nueva modalidad para el *e-learning* con el propósito de superar las malas experiencias de los estudiantes que seguían actividades formativas exclusivamente virtuales (Schneckenberg, 2004).

Por otra parte, con el creciente uso de las computadoras portátiles, los teléfonos inteligentes y *tablets* para acceder a Internet se ha dado el surgimiento de otra variación del *e-learning* denominada *m-learning* (proveniente de *mobile learning*), el cual consiste en la capacidad de aprender en todas partes en todo momento, sin permanencia física a conexión mediante redes de cable (Georgiev, Georgieva, & Smrikarov, 2004).

De igual forma, la evolución de la Web 2.0, debido a la introducción de herramientas que permiten la interacción a través de Internet, en combinación con el *e-learning*, ha llevado al surgimiento del término *e-learning 2.0*, donde el aprendizaje se crea y se construye a través de diversas herramientas interactivas en la web, dando cabida a lo que varios autores (Downes, 2007; Siemens, 2010)

han definido como conectivismo (o conectismo), el cual consiste en el aprendizaje mediante redes y conexiones a través del flujo de información abierto, en tiempo real y bidireccional producido por los aprendices.

Como la forma de aprender y enseñar cambia, ya sea mediante *e-learning 2.0*, *b-learning* o *m-learning*, los medios y ambientes dónde se desarrollan estos procesos cambian también. En este sentido, surgen diversos entornos o ambientes virtuales los cuales brindan las herramientas para llevar a cabo el proceso de aprendizaje a través de ellos.

Las variaciones, nuevas tendencias y necesidades de aprendizaje de muchas personas alrededor del mundo han hecho que constantemente surjan nuevos paradigmas de la educación en línea. En este panorama, nacen los cursos masivos abiertos en línea o *MOOCs*. Consisten en cursos gratuitos especializados en línea, dirigidos a un público masivo, internacional e impartidos por expertos en diversas áreas del conocimiento, principalmente orientados a educación superior. Los *MOOC* han tomado fuerza en los últimos dos años, un *MOOC* integra la conectividad de las redes sociales, la facilitación de un experto reconocido en el campo de estudio y una colección de recursos en línea de libre acceso (Donaldson et al., 2013).

A nivel mundial los *MOOC* han venido a cambiar la forma en cómo las universidades élite facilitan el aprendizaje, brindando cursos de alta calidad a poblaciones masivas y demográficamente distanciadas. De esta manera, estos cursos impulsados por diversos proyectos o iniciativas (*Coursera*, *Udacity*, *edX*, *UNED MOOC*, entre otras), han cambiado el esquema de educación superior tradicional, considerándolo como una innovación disruptiva en el ámbito educativo (Skiba, 2012; Stepan, 2013). Aunque el 2012 fue considerado el año de los *MOOCs* (Pappano, 2012), desde sus inicios en 2008 ha proliferado el uso de este tipo de cursos para brindar conocimientos a diversos públicos y en temáticas diversas en todo el mundo, saliendo del ámbito universitario, añadiendo valor la educación continua profesional y de apoyo.

## 1.2 MASSIVE OPEN ONLINE COURSES (MOOC)

---

El término MOOC hace referencia al acrónimo de *Massive Open Online Courses*, el cual consiste en cursos gratuitos especializados en línea, dirigidos a un público masivo e impartidos por expertos en diversas áreas del conocimiento, principalmente orientados a educación superior. Para (McAuley, Stewart, Siemens, & Cormier, 2010) los MOOC se definen como un fenómeno en línea que ha tomado fuerza en los últimos dos años, un MOOC integra la conectividad de las redes sociales, la facilitación de un experto reconocido en el campo de estudio, y una colección de recursos en línea de libre acceso. Un MOOC se basa en la participación activa de varios cientos o miles de estudiantes que auto-organizan su participación de acuerdo con los objetivos de aprendizaje, el conocimiento y las habilidades de intereses comunes. Un MOOC no requiere de pago de cuotas de inscripción, ni requisitos previos que el acceso al curso, además los estudiantes no requieren de expectativas predefinidas para la participación, y no proporciona un modelos formal de acreditación.

---

### 1.2.1 HISTORIA DE LOS MOOC

---

El primer MOOC consistió en un curso impartido en 2008 por George Siemens, teórico, investigador y conferencista canadiense en la enseñanza para la era digital; introdujo el concepto de “conectivismo” con su publicación “Connectivism: Learning as Network Creation”, y Steven Downes, académico e investigador en el área de aprendizaje virtual y Web 2.0. Junto a Siemens introdujo el “conectivismo” con su publicación “An Introduction to Connective Knowledge”. Esto resultó en un esfuerzo académico que posteriormente fue denominado, por Dave Cormier y Brian Alexander, como MOOC (Downes, 2012).

En 2010 dos profesores de la Universidad de Stanford abrieron un curso en esta modalidad sobre el tema de Inteligencia Artificial, el cual resultó un éxito, con

más de 100 mil estudiantes de 200 países alrededor del mundo; posteriormente esta iniciativa ofreció otros cursos universitarios bajo el nombre de *Udacity*.

*Udacity* es una fundación con ánimo de lucro que provee cursos masivos abiertos en línea sobre temas variados y orientados a la educación superior, actualmente cuenta con 28 cursos activos, para los cuales se espera una matrícula de más de medio millón de estudiantes. El acceso a los cursos, el material y una certificación emitida por *Udacity* es totalmente gratuito, pero los estudiantes pueden optar por una certificación oficial de reconocimiento de créditos universitarios emitidos por *San Jose State University* del estado de California, Estados Unidos (Udacity, Inc., 2013).

Por su parte, en octubre de 2011 otros profesores de la Universidad de Stanford crearon la plataforma denominada *Coursera*, iniciando con dos cursos del área de computación, hasta lograr expandirse a más de 500 cursos a finales del 2014 y con más de 4.4 millones de estudiantes matriculados en estos cursos alrededor del mundo (Herman, 2012). *Coursera* es una compañía de educación que se asocia con las principales universidades y organizaciones en el mundo que ofrecen cursos en línea para que cualquiera pueda tomar, de forma gratuita. En las clases que se ofrecen en *Coursera* se pueden ver las conferencias impartidas por profesores de clase mundial, aprender a su propio ritmo, realizar pruebas de los conocimientos y reforzar los conceptos a través de ejercicios interactivos (Coursera, Inc., 2013). Actualmente cuenta con más de 500 cursos, principalmente en inglés, pero para inicios del 2012 incorporó cursos en español, portugués, francés, chino, italiano, etc. Impartidos por más 60 universidades de todo el mundo.

Paralelo a estas iniciativas han surgido otras que han permitido satisfacer la demanda de este tipo de cursos a nivel mundial, aunque *Coursera* sigue liderando y marcando la pauta en cursos de este tipo; destacando con su modelo de sustentabilidad, sistema de evaluación y acreditación de los cursos que imparten (Daniel, 2012; Dellarocas & Van Alstyne, 2013).

Al igual que *Udacity* y *Coursera*, otras instancias de educación superior se dieron a la tarea de incursionar en la formación virtual basada en cursos MOOC. Entre estas se destaca edX, entidad sin fines de lucro creada por los socios fundadores de Harvard y MIT en 2012, con el objetivo de brindar educación superior de calidad a los estudiantes de todo el mundo de forma abierta. EdX ofrece MOOCs y clases interactivas en línea en temas como derecho, historia, ciencia, ingeniería, negocios, ciencias de la computación, entre otros (edX, 2013). Para el 2014 edX incluía 28 universidades y 17 instituciones socias fuera de Estados Unidos, además, cuenta con más de 60 cursos disponibles de diversas áreas, ofreciendo certificados de aprobación de los cursos sin costo (Gaebel, 2014).

De esta manera, comenzaron a surgir nuevas y mejores ofertas de formación en línea bajo la modalidad de MOOCs, incluyendo cursos en español, francés y portugués para finales del 2012, el cual fue denominado el año de los MOOCs según un artículo publicado en New York Times a finales de ese año (Pappano, 2012). Sumado a la proliferación de nuevos MOOC a nivel mundial, Google implementó un curso de este tipo sobre cómo hacer búsquedas en Internet, lo cual evolucionó a finales del 2012 en una plataforma de código abierto denominada *CourseBuilder* (De Waard, 2013), aunque aún se encuentra disponible, Google decidió, para finales de 2013, colaborar con otra plataforma denominada *Open edX* y centrar sus esfuerzos en esta nueva alianza (Google, 2013).

En España, en enero de 2013 se puso en marcha *Miriada X*, una cooperación entre la Empresa española Telefónica (compañía especializada en ofrecer soluciones integrales de aprendizaje online para la Educación y Formación) y Universia (la mayor red de universidades de habla hispana y portuguesa). *Miriada X* fue diseñado para facilitar el intercambio y cooperación entre instituciones españolas y latinoamericanas. Hasta el momento, 20 instituciones se han unido, de ellos de España y tres de Puerto Rico y la República Dominicana (Gaebel, 2014). También, la Universidad Nacional de

Educación a Distancia (UNED), lanzó para octubre del 2012 la primera edición de la iniciativa *UNED MOOC*, que finalizó en mayo del 2013, con 20 cursos disponibles y más de 170 000 estudiantes matriculados (Read & Rodrigo, 2014). Ahora esta iniciativa se llama UNED Abierta, disponible en<sup>1</sup>.

Por su parte, el Reino Unido (UK) cuenta con *Future Learn*<sup>2</sup>, iniciativa respaldada por las universidades líderes de UK y promovida principalmente por la Open University (Bergmann & Grané, 2013). Esta plataforma fue lanzada en setiembre del 2013, actualmente cuenta con 26 socios y estudiantes provenientes de más de 150 países. También, en otras partes de Europa se han creado sitios proveedores de MOOC, entre ellos se destaca France Université Numérique (FUN)<sup>3</sup>, el primer portal francés de cursos MOOC, desarrollado con *Open edX*. Ha puesto en marcha 20 MOOC que iniciaron en enero del 2014. La plataforma MOOC es uno de los 18 puntos de acción de un plan estratégico de cinco años para la digitalización de aprendizaje y enseñanza de Francia. Además, en Alemania se han creado proyectos bajo la filosofía de MOOC que, aunque en su momento no fueron definidas como tal, si se consideran antecedentes importantes. El más destacado es el proyecto *iversity*<sup>4</sup> que ofrece cursos en inglés y alemán (Gaebel, 2014). También, en europeo se destaca el proyecto ECO (Eleaning Communication Open-Data)<sup>5</sup>, que se basa en Recursos Educativos Abiertos (REA) que permiten el acceso a cursos MOOC en seis

---

<sup>1</sup> <https://unedabierta.uned.es/catalogo/>

<sup>2</sup> <https://www.futurelearn.com>  
<https://www.futurelearn.com>

<sup>3</sup> <https://www.france-universite-numerique-mooc.fr>

<sup>4</sup> <https://iversity.org>

<sup>5</sup> <https://ecolearning.eu/>

idiomas diferentes; este esquema permite que las personas puedan crear sus propios MOOC de manera totalmente abierta y ponerlos a disposición de toda la comunidad global sin ningún costo.

En América Latina también se han desarrollado iniciativas en torno a cursos MOOC y con una oferta variada; tal es el caso de la Universidad de Galileo (Guatemala) con el proyecto *Telescopio*<sup>6</sup>, que inició su creación en 2012, para su lanzamiento en 2013, la cual resultó con 15 000 estudiantes matriculados provenientes de más de 15 países hispanohablantes: España, México, Guatemala, Colombia, Perú, entre otros (Morales, Hernandez Rizzardini, & Gutl, 2014).

Otra iniciativa reconocida como pionera en América Latina es *Veduc*<sup>7</sup> un proyecto brasileño que inició con la inclusión de lecciones en videos con subtítulos en portugués de universidades como Harvard y Yale. Posteriormente en 2013 lanzaría sus propios cursos MOOC de la Universidad de Sao Paulo con certificado (Gaebel, 2014), y a finales de ese mismo año crearía el primer MBA abierto («Cursos on-line gratuitos das melhores universidades | Veduca», s. f.).

Además, otras universidades de Latinoamérica se han unido a *Coursera*, *edX* y *MiradaX* para ofrecer sus cursos por medio de estas plataformas. Tal es el caso del Instituto Tecnológico de Monterrey, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad de los Andes (Colombia), la Universidad Nacional de Quilmes (Argentina), la Universidad Autónoma de Madrid (España), entre otras.

Al igual que muchas instituciones latinoamericanas, universidades en todas partes del mundo (África y Asia) se han unido a los grandes proveedores de

---

<sup>6</sup> <http://telescopio.galileo.edu>

<sup>7</sup> <http://www.veduca.com.br>

MOOC para ofrecer sus cursos por medio de estas plataformas, lo que ha logrado diversificar el idioma y los alcances de los cursos que ofrecen. Pero también, se han creado nuevos proveedores de MOOC en otros países como *Schoo* iniciativa de Japón que ha sido considerado el Coursera Japonés. Además, *Africamooc* es un repositorio de lecciones y material educativo de cursos MOOC de proveedores externos, no es una entidad que genere cursos propios de este continente (Gaebel, 2014).

También, los MOOC han tenido presencia en China, desde sus primeras incursiones de cursos traducidos al mandarín (disponibles en Coursera y Edx), hasta cursos totalmente impartidos por universidades chinas. Actualmente, China cuenta con diversas plataformas propias de MOOCs, entre las cuales se destacan XuetangX, inició en 2013 por la Universidad de Tsinghua y actualmente aloja MOOC de las mejores universidades de China (Beijing Normal University, Renmin University, Shanghai Jiao Tong University etc.). Otra iniciativa es Coursera Zone, que inició con el apoyo de Coursera con el objetivo de ofrecer cursos en una plataforma completamente en lenguaje chino. La mayor plataforma china de MOOC es Kaikeba, la cual se centra en cursos enfocados en desarrollo de software y administración de proyectos impartidos por universidades élite como la Universidad de Beihang, la Universidad de Shanghai Jiao Tong, la Universidad Tecnológica de Dalian, entre otras; lo más sobresaliente es que los estudiantes tienen la posibilidad de transferir los créditos aprobados en los cursos de Kaikeba a créditos universitarios reconocidos en las universidades que los imparten. Otra iniciativa de MOOC en China es TopU.com. considera la primera plataforma enteramente china, actualmente cuenta con 200 cursos y más de 100 000 estudiantes en su plataforma (Embassy of Switzerland in China, 2014).

---

### 1.2.2 MOOC EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA

---

Otra entidad considerada por algunos autores (Herman, 2012; Pappano, 2012) precursora en modelo de MOOCs es *Khan Academy*, organización sin fines de lucro creada en 2006 por Salman Khan, quien inicialmente comenzó con

lecciones cortas grabadas en video, donde explicaba los procedimientos de ejercicios o problemas principalmente en el área de matemática. Los videos realizados por Khan y disponibles para cualquier persona en su sitio web de *Youtube*, permitió a miles de estudiantes repasar en repetidas ocasiones las lecciones sobre problemas matemáticos específicos. De esta manera, para el 2010 la organización *Khan Academy* recibió financiamiento de la fundación Gates y de Google (Herman, 2012). Actualmente *Khan Academy* cuenta con más de 4000 videos de diversas áreas (ciencias, finanzas, humanidades, etc.), todos disponibles en acceso abierto y bajo licencia *Creative Commons*. De esta manera, los estudiantes pueden hacer uso de la amplia biblioteca de contenido, incluyendo los retos interactivos, evaluaciones y videos desde cualquier computadora con acceso a la Internet (Khan Academy, 2013).

Por otra parte, en el área de matemáticas se destacan cursos introductorios como cálculo, álgebra y estadística impartidos principalmente por Coursera, edX, Udacity, MiriadaX, entre otras. Coursera cuenta con 82 cursos relacionados con algún área de la matemática, disponibles en español e inglés, lo cual representa 4,2% de los cursos que se ofrecen; edX ofrece 70 cursos relacionados con matemática en 4 idiomas diferentes, lo cual representa el 8% de los cursos disponibles por este proveedor; Udacity con 5 cursos disponibles todos en inglés, para un 5%; MiriadaX pone a disposición 14 cursos todos en español, lo cual representa un 8,6% de los cursos. Además, si se quiere conocer la oferta completa de cursos MOOC de matemática se puede acceder al [www.mooc-list.com](http://www.mooc-list.com), donde se dispone de una lista completa de MOOC de diversos proveedores y temáticas. Aquí se encuentran más de 200 MOOC sobre alguna área de las matemáticas, además de los mencionados anteriormente. También, en 2013 se realizó el lanzamiento del sitio MOOC-ED<sup>8</sup> donde se incorporan cursos de educación para profesores en varias áreas, en 2015 se incluyeron dos

---

<sup>8</sup> <http://www.mooc-ed.org>

cursos en el área de educación matemática: Fundamentos de fracciones y Estadística para investigación. Adicionalmente, en 2014 y 2015 se crearon 12 cursos de capacitación para docentes de matemática impartidos por el Proyecto Reforma de la Educación en Costa Rica (Ramírez-Vega, 2015).

La oferta de MOOC en el área de matemática no sobrepasa el 10% del total de la oferta actual, debido a la gran diversidad de temas y áreas que los proveedores de MOOC disponen. Pese a esto existen esfuerzos que se centran en el desarrollo de cursos únicamente del área de matemática, lo cual implica un reto adicional, debido a la utilización del lenguaje matemático y la complejidad que supone la enseñanza de la matemática en un medio virtual y masivo. Como ya varios autores lo indican (Rico, 1995) (Socas, 1997), desde hace varios años se ha investigado sobre las diversas dificultades y errores en el aprendizaje y enseñanza de la matemática, que se producen principalmente por lo denominado método matemático (que consta de la abstracción, el desarrollo lógico-deductivo y la concreción o aplicabilidad), donde las dificultades surgen según el mayor o menor grado de conexión o entendimiento que el alumno tenga con el modo matemático (ALONSO, SÁEZ, & PICOS, 2004).

A lo anterior también se le suman las creencias y actitudes que tienen los estudiantes hacia la matemática, donde se evidencia que estudiantes con una actitud positiva hacia las matemáticas percibirá la materia con mayor utilidad y motivación, creando una mayor confianza hacia su aprendizaje (Miñano & Castejón, 2011).

Adicionalmente, los primeros pasos de la inclusión de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) en educación matemática se dio con los *Computer Algebra System* (CAS), los cuales consisten el sistemas computacionales cuyo fin es realizar cálculos simbólicos complejos. Estos sistemas se desarrollaron a finales de los años 70 (Michèle Artigue, 2002), y desde entonces han evolucionado en sistemas más avanzados como *Máxima*, *Derive*, *Mathematica*, entre otros. En (M. Artigue, 2011) se destaca la disyuntiva

que tienen algunas de las herramientas, que la autora ha denominado clásicas (como los CAS, las hojas de cálculo y los software para el estudio de la geometría dinámica), para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, las cuales están al alcance de todos y son de fácil manejo, pero tienen un gran potencial asociadas a estrategias didácticas apropiadas en la enseñanza de las matemáticas. Aunque el uso de TIC para la enseñanza y aprendizaje de la matemática ha demostrado un impacto exitoso sobre el rendimiento de los estudiantes (Pichardo & Puente, 2012), en otros casos lo que brinda es la facilidad y adaptación de los métodos de enseñanza dirigidos a estudiantes de la generación digital o nativos digitales (F. García, Portillo, Romo, & Benito, 2007). También, hay estudios que buscan un uso integral y crítico de las tecnologías en la enseñanza de la matemática (De Witte & Rogge, 2014) (Drijvers, 2015), donde se vincula la mejora del rendimiento a una serie de condiciones y parámetros, quedando claro que el solo uso de TIC en educación no implica mayor eficiencia en la enseñanza y aprendizaje. Lo que si predomina en los estudios sobre TIC y educación matemática es la evolutiva de los últimos años, donde se pasa de uso de programas convencionales de computadora (Ávila, Chourio, Carniel, & Vargas, 2011), aprendizaje en entornos virtuales (M. L. García & Benítez, 2011), propuestas con uso de realidad aumentada (Caspa, De la Cruz, & Yarnold, 2011), hasta la creación de cursos completamente virtuales y MOOC; lo cual ha permitido diversificar y democratizar el conocimiento de esta disciplina.

---

#### 1.2.4 LIMITACIONES DE LOS MOOC

---

Aunque los MOOC son cursos especializados gratuitos que involucran cientos o miles de estudiantes, no es fácil garantizar el aprendizaje exitoso de quienes se matriculan en estos cursos, además, al ser cursos de educación no formales muchas instituciones no los consideraban válidos para formar profesionales en algún área específica.

En este sentido, como varios autores mencionan los MOOC no son la panacea de la educación en línea (Creed-Dikeogu & Clark, 2013), éstos han

permitido democratizar la educación superior y llevarla a todas partes del mundo, pero esto implica adecuar el contenido para una población muy variada; también ha generado nuevas formas de educación continua profesional, lo que implica adoptar nuevas formas de acreditación y certificación de los cursos que se imparten. También, esto ha implicado un cambio y exigencia en el diseño instruccional de cursos MOOC y cursos en línea en general (Zapata-Ros, 2015). En (Skiba, 2012) se describen algunas de las limitaciones más predominantes de los MOOC.

**Baja tasa de terminación.** Como varios autores lo destacan el alto grado de deserción de los cursos MOOC ha llevado a cuestionar su naturaleza y efectividad. La tasa de terminación va desde 35-40% en los mejores casos hasta 5% o 2% en otros cursos. En (Khalil & Ebner, 2014) se identifican las principales causas de la deserción en MOOC, entre las cuales se destacan:

- *Falta de tiempo.* Completar de manera exitosa un curso MOOC requiere de mucho tiempo para los estudiantes, a quienes les resulta difícil acomodar en sus agendas diarias todas las actividades previstas para el curso (ver las lecciones del curso, completar las pruebas cortas, proyectos, etc.), las cuales tienen un calendario específico para completarlas. Además, al ser tan diversa la población de los MOOC hay estudiantes que prefieren ir estudiando los contenidos semana a semana y otros prefieren tener libertad para ir estudiando los contenidos en distinto orden, situación que no es posible si el curso cuenta con una cronograma lineal y estructurado.
- *Motivación de los estudiantes.* La motivación del estudiante en un curso es un factor determinante para su éxito o fracaso. Según (Belanger & Thornton, 2013) la motivación de los estudiantes de cursos MOOC se centra en actualizarse y aprender sobre algún tema específico sin un interés real en completar el curso; también, los estudiantes matriculan estos cursos por diversión y estimulación

intelectual; la facilidad y comodidad que brinda esta modalidad es otra motivación, así como el interés por explorar la educación en línea.

- *Aislamiento y falta de interacción.* Debido a la modalidad virtual y de autoaprendizaje de los MOOC, la interacción se realiza por los medios disponibles, normalmente foros moderados o foros libres (sin moderación de profesores o personal del curso), también por medio de notificaciones por correo electrónico. Los foros resultan un medio efectivo de consulta y comunicación, pero en cursos con miles de estudiantes se dificulta atender todas las intervenciones y responder eficientemente, lo que genera dudas sin atender y tiempos de respuesta muy largos. Por su parte, las notificaciones por correo electrónico deben ser frecuentes para realizar un acompañamiento guiado y evitar la sensación de aislamiento en los estudiantes.
- *Conocimientos básicos insuficientes.* La carencia de conocimientos previos básicos necesarios para un curso es una importante causa de deserción según se indica en (Khalil & Ebner, s. f.). A lo anterior se suma los conocimientos técnicos mínimos que deben tener los estudiantes para poder atender apropiadamente un curso en modalidad virtual. Además, muchos de los MOOC exigen a los estudiantes un alto nivel de lectura y escritura de documentos extensos, por la naturaleza virtual de los cursos se necesita que los estudiantes lean y escriban con frecuencia por los medios disponibles, lo cual es una limitación para estudiantes con carencia en estas habilidades.

**Diversidad de estudiantes.** Como su nombre lo indica, los MOOC son cursos destinados para un público masivo, de cientos y hasta miles de estudiantes, como los cursos impartido por *Coursera* destacados en (Anderson, Huttenlocher, Kleinberg, & Leskovec, 2014). Pero esta característica aunque parece un factor de éxito del curso, lo único que indica es que el curso tiene un

gran alcance y genera una alta expectativa en sus participantes. Esto además, crea una gran población de estudiantes provenientes de diversos países, con culturas distintas, edades, conocimientos básicos y cuya lengua nativa es diversa, lo cual conlleva a una diversidad muy amplia de estudiantes en los cursos. De esta manera, el diseño de los cursos MOOC deben de contemplar claramente los tipos de estudiantes a los cuales se dirigen, así como el conocimiento previo y experiencias necesarias para tener éxito en las clases de MOOC (DeBoer, Stump, Seaton, & Breslow, 2013).

**Aspectos didácticos.** Los instructores y diseñadores de cursos MOOC deben revisar los desafíos pedagógicos de la enseñanza y aprendizaje en este tipo de cursos y considerar si son capaces de proporcionar una buena enseñanza de los contenidos, explorando las diversas posibilidades que ofrecen las tecnologías educativas actuales, de manera que se adapten a los estudiantes y a sus propias formas de aprendizaje. Esto implica ir más allá de los enfoques didácticos tradicionales cuando se trata de evaluar la calidad de MOOCs, haciendo que los diseñadores de MOOCs se centran más en la promoción del aprendizaje más profundo, y no en el diseño de evaluaciones sencillas que fomentan la finalización del curso, disminuyendo las altas tasas de terminación (Bali, 2014). Esto ha creado un gran desafío para los diseñadores de MOOCs, quienes pueden apoyarse en guía o pautas existentes (Ebner, Lackner, & Kopp, 2014) (Yousef, Chatti, Schroeder, & Wosnitza, 2014) que permiten evaluar la calidad del diseño didáctico de los cursos.

**Aspectos tecnológicos.** La naturaleza de los MOOC se basa en el aprendizaje en la virtualidad, donde el entorno tecnológico es crucial para garantizar su éxito, lo cual a su vez supone que los estudiantes cuentan con las habilidades necesarias para desempeñarse adecuadamente en entornos virtuales, lo cual no siempre es así. Para tratar de minimizar las posibles limitaciones tecnológicas se debe contemplar lo mencionado en (Yousef et al., 2014):

- *La interfaz de usuario.* En ambiente donde se desarrolle el aprendizaje debe ser intuitivo para los usuarios, que permita reducir la brecha tecnológica para estudiantes con habilidades menores y haciendo énfasis en las funciones de interacción como foros, videos y búsqueda de información dentro del curso.
- *Contenido de videos.* En este aspecto se debe asegurar que los contenidos de los videos sean accesibles, apropiados y precisos. Esto se logra con una buena calidad de audio y video (la calidad apropiado para que el video se reproduzca aún con conexiones bajas de internet), proporcionar resumen y transcripción de la locución del videos y realizar las lecciones en videos menores a 20 minutos (hay otros autores que recomiendan menor a 10 minutos).
- *Herramientas de aprendizaje.* La plataforma donde se desarrolle el curso MOOC debe de proporcionar foros de discusión y consulta, que a su vez sean intuitivos, bien organizados y que brinden la opción de búsqueda de las conversaciones; también para garantizar una comunicación efectiva se debe proporcionar otros medios de comunicación y notificación como correos electrónicos. También, la incorporación con redes sociales (*Facebook* o *Twitter*) podría mejorar la experiencia de los estudiantes dentro del curso.
- *Estadísticas de aprendizaje.* En cursos con gran cantidad de estudiantes como los MOOC es difícil brindar retroalimentación personalizada a cada estudiante, para solventar esta situación los entornos donde se desarrolle el curso deben brindar la posibilidad para que estudiantes y profesores conozcan el progreso durante el curso, además se debe disponer de mecanismos para brindar retroalimentación dentro de las actividades de evaluación del curso.

**Idioma.** Como se mencionó anteriormente, dentro de los cursos MOOC se tiene una amplia diversidad de estudiantes involucrados, con diversas nacionalidades e idiomas nativos distintos. Esto provoca que estudiantes

registrados en cursos MOOC impartidos en un idioma diferente a su lengua nativa, deben tener altas habilidades de lectura y escritura de éste. Para solventar, en cierta medida, esta situación muchos proveedores de MOOC han incorporado subtítulos en otros idiomas para los cursos que imparten y así reducir esta problemática. Aunque esto solo aplica para las lecciones en videos, ya que las consultas y retroalimentación se deben realizar en el idioma original del curso. En un ambiente multicultural muchos proveedores de MOOC han incorporado cursos completos en otros idiomas y hasta creado foros de discusión en los diversos idiomas de los estudiantes, donde se espera minimizar las dificultades provocadas por la barrera del idioma (de Waard et al., 2014).

**Accesibilidad.** En el mundo 645 millones de personas sufren de algún nivel de discapacidad auditiva o visual, según (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2014) y (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2015), lo cual es equivalente a 64,5% de personas con discapacidad en el mundo padecen alguna de este tipo. Esto afecta directamente al diseño de cursos MOOC, los cuales deben de garantizar la accesibilidad para todas las personas sin importar si sufren de alguna discapacidad visual o auditiva. En este sentido, varios autores han evaluado la accesibilidad de algunos cursos MOOC de *Coursera* (Al-Mouh, Al-Khalifa, & Al-Khalifa, 2014) y plataformas MOOC (Iniesto, Rodrigo, & Moreira Teixeira, 2014) específicamente UNED COMA y Uab iMOOC, encontrando en este último serios problemas de accesibilidad en ambas plataformas. Consideran la plataforma UNED COMA mejor preparada para atender estudiantes con dificultades de visión. Debido a esto se han definido pautas y guías para realizar contenidos educativos accesibles (Universidad de Alcalá, 2015) y hasta metodologías que permiten evaluar el nivel de accesibilidad de un curso MOOC (Iniesto & Rodrigo, s. f.).

En este sentido, hay que tomar los beneficios que aportan los MOOC y potenciarlos, tratando de minimizar al máximo las limitaciones o problemas que la base de este modelo de educación virtual implica. Así, promover los cursos MOOC para temas específicos (no es viable tratar de abarcar todas las áreas del

conocimiento) y dirigidos a un público meta establecido que permita adecuar los cursos a sus necesidades y particularidades, y así los tutores podrán dar mejor seguimiento que permita garantizar la terminación exitosa de los programas que se matriculan.

### 1.3 PLATAFORMAS PARA CURSOS EN LÍNEA

---

Los LMS son el nombre más popular dado a los sistemas utilizados en la gestión del aprendizaje virtual. A estos sistemas también se les conoce como Ambientes Virtuales de Aprendizaje (VLE, por sus siglas en inglés Virtual Learning Environment).

En (Watson & Watson, 2007) se definen los LMS como un sistema que se encarga de todos los aspectos involucrados en el proceso de aprendizaje. Un LMS proporciona la infraestructura tecnológica que facilita y gestiona el contenido de la instrucción, la organización del aprendizaje, y además permite la realización del seguimiento del progreso del estudiante en relación con los objetivos de aprendizaje propuestos.

Por el contrario, muchos de los LMS implantados en diversas universidades son utilizados como simples repositorios de documentos, lo cual limita su uso a una única funcionalidad. Esto se debe, en muchas ocasiones, a la falta de conocimiento de las potencialidades que estos sistemas tienen en el aprendizaje en cualquier modalidad. Para minimizar esta situación es indispensable conocer los diversos módulos o paquetes que brindan los LMS, y así identificar cuál de las plataformas existentes se adecúa a las necesidades de instrucción de cada curso o institución. Si se trata de cursos MOOC, las necesidades y características para los LMS se vuelven más altas y exigentes (Vogten & Koper, 2014).

---

#### 1.3.1 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONALIDADES DE LMS

---

Los LMS son sistemas que se conforman por diversas funcionalidades o módulos, estas funcionalidades responden a las necesidades de instrucción más

comunes en ambientes virtuales. Las principales funcionalidades que un LMS debe tener se mencionan en (Piña, 2012):

- **Creación y publicación de contenido.** Permite a los instructores generar contenido de cursos por medio de un editor enriquecido HTML o por medio de colocación de documentos, imágenes, videos, etc. dentro del LMS. Además, los instructores pueden organizar los contenidos en temas y subtemas para luego publicarlos en el momento deseado y que sean visibles para los estudiantes.
- **Herramientas de comunicación.** Dentro de los ambientes de aprendizaje es imprescindible la comunicación instructor-estudiante, estudiante-instructor y estudiante-estudiante. Para esto se facilitan medios de comunicación sincrónicos y asincrónicos que permitan la comunicación efectiva en un ambiente virtual.
- **Herramientas para evaluación de aprendizajes.** Esta herramienta varía en cada LMS, donde se incluyen módulos para la elaboración de pruebas virtuales, en las cuales se incorporan diversos tipos de ítems (selección única, múltiple, respuestas de completar, preguntas abiertas, entre otras). Estas actividades permiten también definir el tiempo máximo para realizar las pruebas, así como la programación del periodo para realizar la prueba. En cada LMS se disponen de distintas opciones que facilitan y posibilitan la evaluación de los aprendizajes en entornos virtuales.
- **Administración y gestión.** Los LMS disponen de módulos de gestión del sistema, que permiten personalizar el sistema y adaptarlo a las necesidades específicas de cada institución. Además, la administración se vuelve crucial para generar los espacios de interacción, habilitar opciones adicionales y generar estadísticas de las actividades que se desarrollan dentro del sistema.

Además, muchos de los LMS en la actualidad incorporan diversos aspectos que les brinda gran valor agregado, ya que han surgido debido a la evolución de las TIC y la proliferación del e-learning a nivel mundial, eliminando posibles barreras de accesibilidad y de idioma. En este sentido, muchas soluciones de LMS han incorporado paquetes que brindan algunas de las siguientes opciones:

- **Internacionalización.** Muchas de las necesidades de instrucción van más allá de las características mencionadas anteriormente. Muchos LMS deben ofrecer un soporte para diferentes idiomas, sin tener que incurrir en tediosas traducciones. Debido a esta situación, existen soluciones de LMS que soportan hasta más de 30 idiomas en sus sistemas, lo cual los hace más versátiles y competitivos a nivel global.
- **Usabilidad.** Esta característica se refiere a la capacidad de los usuarios de navegar con facilidad y de manera intuitiva en un sitio Web. De esta manera, se puede considerar una relación entre los problemas de usabilidad de un LMS y las dificultades de aprendizaje de un estudiante. En este sentido, no basta con que un sistema de gestión de aprendizaje cuente con todas las funcionalidades mencionadas anteriormente; además debe considerar un alto nivel de usabilidad por parte de los usuarios, para lo cual existen diversos estudios que permiten determinar el nivel de usabilidad de diversos LMS (Martin et al., 2008).
- **Accesibilidad.** Aunque esta característica no está presente en todos los LMS (Chen, Sanderson, Kessel, & Królak, 2015), y aún es considerada una mejora o valor agregado, es algo que debería ser inherente en estas plataformas. También, cabe destacar que la accesibilidad de un curso en línea dependerá no solo de las posibilidades que brinde la plataforma, sino también de la forma de su diseño e implementación.

- **Manejo de texto matemático.** Esta es una de las características adicionales más difíciles de encontrar en los LMS y de gran impacto para la comunidad matemática. Esto se debe a la dificultad de incorporar textos y fórmulas matemáticas en los contenidos de un curso virtual o bimodal. Para solventar esta necesidad, existen algunas extensiones de algunos LMS que permiten la inclusión de fórmulas matemáticas mediante el sistema de composición de texto *LaTeX*, el cual es mayormente usado para estos fines. De esta manera, los usuarios pueden fácilmente incorporar sus textos y fórmulas sin utilizar ningún editor adicional.

---

### 1.3.2 COMPARACIÓN DE LMS

---

En el mercado existen diversas opciones de LMS, las cuales tratan de satisfacer diferentes necesidades, según el público al que va dirigidas. En este sentido, aunque son varios los sistemas de gestión de aprendizaje disponibles, todos cuentan con algunas características en común y otras distintas, lo cual permite conocerlas y compararlas para determinar la opción más óptima según nuestras necesidades.

La primer característica que permite discriminar unos LMS de otros es el precio. Existen sistemas que son distribuidos por empresas privadas, los cuales tienen un costo de alquiler mensual o anual para su utilización y mantenimiento. Entre estos sistemas se destacan los siguientes (Kumar, Gankotiya, & Dutta, 2011): *Blackboard*, *E-college*, *JoomlaLMS* y *Sharepoint LMS*; entre los LMS comerciales que se encuentran actualmente en uso por diversas instituciones educativas. Entre ellas cabe resaltar que *JoomlaLMS* es una de las que incurre en un menor costo para su utilización, esto porque necesita de la plataforma *Joomla* para su funcionamiento; además, permite la opción de adquirir el código completo de la plataforma para realizar personalizaciones y modificaciones al sistema («JoomlaLMS | Learning Management System», 2016).

Por otra parte, existen opciones de LMS libres en el mercado, la mayoría de código abierto y distribución libre. Estos sistemas surgen como una solución a muchas instituciones de educación que no cuentan con el financiamiento suficiente para adquirir alguno de los LMS comerciales antes mencionados o que optan por utilizar un sistema de código libre. Debido a esto, grupos de desarrolladores y consorcios se dieron a la tarea de crear plataformas libres para la gestión del aprendizaje en línea. Algunos de los sistemas de gestión de aprendizaje libre más utilizados se mencionan en (Kumar et al., 2011). Entre los más destacados se encuentran: *Claroline*, *Dokeos*, *ILIAS*, *Moodle* (uno de los más utilizados a nivel mundial), *Sakai*, *.LRN* y *CANVAS*.

Estos son algunos de los LMS más populares utilizados por las universidades a nivel mundial. Para determinar cuál de los anteriores es el más óptimo, se deben primero determinar las necesidades y posibilidades para la implantación de cualquiera de estas herramientas. Además, existen estudios comparativos (Kumar et al., 2011) (Bri et al., 2008) sobre algunas de las plataformas mencionadas anteriormente, donde se explica con detalle las funcionalidades de cada una, así como sus ventajas y limitaciones.

Por su parte, para la implementación de cursos masivos abiertos en línea (MOOC) algunas iniciativas han implementado el LMS *Moodle* para su gestión, tal es el caso de la Universidad Abierta de Portugal, que integrado con *Elgg* (plataforma abierta de servicios de redes sociales) han desarrollado UAb iMOOC para la gestión de sus cursos MOOC bajo un modelo que se basa en cuatro principios: centrado en el usuario metodología, la flexibilidad, la interacción y la inclusión digital (Iniesto et al., 2014). Aunque los LMS podrían ser adaptados para gestionar cursos MOOC, se deben identificar plataformas que permitan el soporte óptimo de cursos MOOC y mantengan su filosofía inicial, el conectivismo, así como otras características que a continuación se detallan:

- **Autogestión de matrícula y progreso.** Algunos LMS convencionales más flexibles permiten a los usuarios registrarse de

manera autónoma en los cursos que desea, pero no todos permiten salir de la misma manera de éstos. También, los MOOC al ser cursos de autoaprendizaje para poblaciones masivas deben proporcionar un mecanismo para verificar el progreso individual de cada estudiante, este mecanismo puede ser mediante barras de progreso en las unidades del curso o una página del curso dedicada a este tema donde se asignen los progresos según el avance del estudiante.

- **Soporte óptimo de videos.** Por la naturaleza de los MOOC, suponen la utilización de videos cortos para impartir las lecciones de los cursos, por lo tanto, es indispensable que la plataforma permita incrustar y reproducir los videos de manera óptima sin afectar su calidad. También, se debe disponer de un espacio para videos introductorios y videos de bienvenida del curso para usuarios que aún no se han registrado en el curso.
- **Soporte alta cantidad de usuarios.** La plataforma que soporte cursos MOOC debe garantizar el correcto funcionamiento de cientos y hasta miles de usuarios de manera concurrente. Esto va directamente ligado con el servidor donde se aloje la plataforma de los cursos y el ancho de banda que brinde el proveedor o departamento encargado.
- **Conectivismo.** Los MOOC suponen un alto componente social y demográficamente diverso, por tanto, las plataformas deben brindar soporte e integración con las redes sociales más populares, de manera que los estudiantes puedan comentar, seguir y compartir los contenidos e información de los cursos. Además, la gran cantidad de usuarios genera un alto nivel de interacciones entre ellos (en foros, grupos o chats), lo cual produce situaciones de aprendizaje mediante dichas interacciones.

Actualmente se cuenta con diversas soluciones que brindan soporte tecnológico requerido para cursos MOOC, a saber: *CourseBuilder*, *Class2go*, *OpenMOOC* (Alario-Hoyos et al., 2013) y *OpenEdx*.

*CourseBuilder* es un proyecto de código abierto de Google destinado a la creación y publicación de cursos masivos abiertos. En su primer versión se requería de ciertos conocimientos en programación para crear los cursos MOOC en la plataforma de Google, pero en la última versión disponible es posible hacer cursos de forma sencilla desde la misma interfaz del sistema, sin la necesidad de conocimientos avanzados en programación o informática (Google Project Hosting, 2013).

*OpenMOOC* es una plataforma de código abierto desarrollada con el apoyo de la UNED de España y el CSEV (Centro Superior para la Enseñanza Virtual). Se encuentra aún en etapa de desarrollo y mejora, aunque existen recientes iniciativas que utilizan este sistema como soporte tecnológico para la creación e implementación de MOOCs. Uno de ellos es el proyecto llamado *UNED-COMA*<sup>9</sup>, el cual inicio en febrero del 2013 con dos cursos disponibles uno relacionado con el comercio electrónico y el otro relacionado con datos abiertos (Martín García & Gil-Sánchez, 2013).

*Class2go* es la plataforma de código abierto creada por la Universidad de Stanford para dar soporte a cursos MOOCs, inicialmente impartidos por esta universidad. Desde setiembre del 2012, se liberó su código bajo licencia *GNU/GPL* (General Public License), de esta manera, diversas instituciones utilizan este sistema como soporte a sus cursos masivos. La instalación es sencilla y cuenta con una documentación completa con la posibilidad de ser utilizada en diversas plataformas Mac, Windows o Linux. Además, permite albergar los videos y actividades en plataformas libres alternas, fuera del servidor

---

<sup>9</sup> <https://unedcoma.es>

donde se tiene alojada la plataforma Class2go (Glance, 2012). Esta plataforma se volvió obsoleta a partir de 2014 cuando se fusionó con edX para crear OpenEdx.

*OpenEdx* es una plataforma de código abierto que resultó de la fusión de Class2go con la iniciativa edX. Las instituciones pueden alojar sus propias instancias de OpenEdx y ofrecer sus propias clases. Los educadores pueden extender la plataforma para construir herramientas de aprendizaje que cumplen con precisión sus necesidades. Y los desarrolladores pueden contribuir en las nuevas características de la plataforma OpenEdx .

Las cuatro plataformas antes mencionadas son soluciones de código abierto que pueden ser implementadas libremente para la creación de cursos masivos en línea. En primer lugar, *CourseBuilder* en su última versión la creación de cursos se realiza mediante la interfaz intuitiva de la plataforma, sin necesidad de conocimientos en HTML o Javascript; sin embargo, su mayor inconveniente es que para publicar los cursos en Internet se debe subir el código a través de una cuenta de Google, la cual tiene límites en cuanto al tamaño de los archivos y el tráfico web que reciba el curso; como solución Google brinda la opción de adquirir una cuenta de pago, en la cual se pagaría una cuota de aproximadamente \$8 diarios por curso, de tal forma se debería incurrir en gasto adicional para cursos con alta demanda. Para finales de 2013, Google decidió colaborar con la plataforma *OpenEdX* y centrar sus esfuerzos en esta nueva alianza (Google, 2013).

Por otra parte, la plataforma *OpenMOOC*, surge como una alternativa robusta para albergar cursos MOOC, provee una interfaz sencilla e intuitiva para la administración y gestión de cursos, mecanismos de seguimiento del progreso de los estudiantes y la posibilidad de incorporar videos publicados en *Youtube*; pero, al ser una alternativa muy reciente su código aún se encuentra en desarrollo y mejora, además carece de una documentación suficientemente completa que permita su instalación y puesta en producción de forma adecuada.

La tercer alternativa es *Class2go*, la cual presenta muchas de las ventajas de las plataformas antes mencionadas como soporte de videos alojados en *Youtube*, interfaz sencilla para creación de cursos, progreso de los estudiantes, asignación de actividades, etc. Además, esta plataforma posee una documentación completa sobre su instalación, funcionamiento de módulos y directrices para los instructores de los cursos («Open edX | Open Courseware Development Platform», s. f.). Esta plataforma se fusionó con edX, con lo cual crearon OpenEdx.

*OpenEdx* cuenta con documentación completa y actualizada, para desarrolladores, profesores e interesados en general. Además, cuenta con la mayor comunidad de encargados de sitios que utilizan este sistema como plataforma base. Actualmente la comunidad de *OpenEdx* se ha extendido a nivel mundial, donde ha recibido apoyo de empresas como Google (Google, 2013).

En (Pereira, Sanz-Santamaría, & Gutiérrez, 2014) se realiza una comparativa técnica de tres de estas plataforma de código abierto, donde se deja en evidencia la superioridad de Open edx en cuanto a número de desarrolladores, conjunto de características y mantenimiento.

#### 1.4 USABILIDAD Y ACCESIBILIDAD EN INTERNET

---

La *usabilidad* consiste en la facilidad que brinda un dispositivo o sitio en la Web para ser utilizado por los usuarios. De esta manera, se trata de un concepto empírico, pues su calidad puede ser medida, según el cumplimiento o satisfacción de diversos elementos que lo componen (Hassan-Montero & Ortega-Santamaría, 2009).

En este sentido, un dispositivo, aparato o interfaz de usuario se considera con un alto nivel de usabilidad si cumple con los siguientes criterios mencionados por Hassan-Montero & Ortega-Santamaría (Hassan-Montero & Ortega-Santamaría, 2009):

- *Facilidad de aprendizaje*: este criterio consiste en el grado en que un sistema o aparato es intuitivo de utilizar por el usuario, sin la necesidad de un manual exhaustivo sobre su uso o entrenamiento previo.
- *Eficiencia*: este criterio consiste en el tiempo que tarda un usuario que conoce el sistema o interfaz en realizar las actividades para las cuales está destinado dicho dispositivo.
- *Cualidad de ser recordado*: esta característica está relacionada con el tiempo que un usuario, después de conocer un sistema, tarda en volver a realizar las tareas deseadas de forma eficiente.
- *Eficacia*: consiste en la cantidad y gravedad de los errores cometidos por los usuarios cuando se utiliza un sistema y la capacidad de tolerancia al error.
- *Satisfacción*: la realización de las tareas en el sistema o dispositivo le resultan sencillas y agradables al usuario.

Por otro lado, la *accesibilidad* permite que cualquier usuario pueda acceder a la información en la Web y utilizarla, independientemente de sus condiciones físicas o tecnológicas. De esta manera, un sitio en la web puede ser usable, pero no accesible.

Por su parte, la World Wide Web Consortium (W3C), el mayor organismo internacional encargado de generar recomendaciones y estándares para la Web cuenta con especificaciones de accesibilidad, con el objetivo de garantizar a las personas con alguna discapacidad la participación en igualdad en la Web.

- Las recomendaciones (WCAG, Web Content Accessibility Guidelines) propuestas por el W3C se publicaron en un primer momento en 1999 en un documento denominado *WCAG 1.0*, el cual expone 14 directrices o principios generales de diseño web accesible. En cada directriz o principio se definen sus características y una lista de requisitos, cada requisito incluye, entre otras cosas, el nivel de prioridad, el cual se basa en el impacto que tiene ese

requisito en la accesibilidad web. La prioridad asignada a cada requisito puede ser de nivel 1, 2 o 3:

- *Prioridad 1.* Requisito básico para que algunos grupos de usuarios pueden usar los contenidos Web.
- *Prioridad 2.* Permite eliminar problemas importantes de acceso a los contenidos Web.
- *Prioridad 3.* Permite mejorar el acceso a los contenidos Web.

Además, el documento WCAG 1.0 establece tres niveles de conformidad para el cumplimiento de cada requisito según su prioridad.

- Conformidad nivel “A”. Todos los requisitos con prioridad 1 se cumplen satisfactoriamente.
- Conformidad nivel “AA”. Todos los requisitos con prioridad 1 y 2 se cumplen satisfactoriamente.
- Conformidad nivel “AAA”. Todos los requisitos con prioridad 1, 2 y 3 se cumplen satisfactoriamente.

Las directrices propuestas en WCAG 1.0 son las siguientes:

1. Proporcionar alternativas equivalentes para el contenido visual y auditivo.
2. Asegurar que los textos y gráficos sean comprensibles cuando se vean sin color.
3. Utilizar correctamente marcadores y hojas de estilo.
4. Uso de lenguaje natural.
5. Asegurar que las tablas tienen marcado necesario para ser transformadas por los navegadores accesibles y otras aplicaciones.
6. Asegurar que las páginas son accesibles incluso cuando las nuevas tecnologías no son compatibles o están deshabilitadas.
7. Asegurar que el movimiento, parpadeo, desplazamiento (scrolling), u objetos de auto-actualización o páginas pueden ser pausados o detenidos por el usuario.

8. Asegurar que la interfaz de usuario sigue los principios del diseño accesible: acceso independiente del dispositivo a la funcionalidad, operatividad teclado, voz propia, etc.
9. Diseño independiente del dispositivo donde se visualice.
10. Utilizar soluciones de accesibilidad provisionales de forma que las ayudas técnicas y navegadores antiguos funcionen correctamente.
11. Utilizar tecnologías W3C (HTML, CSS, etc.) y seguir las pautas de accesibilidad.
12. Proporcionar información y orientación para ayudar a los usuarios a entender las páginas o elementos complejos.
13. Proporcionar mecanismos de navegación claros y consistentes (información de orientación, barras de navegación, un mapa del sitio, etc.).
14. Asegurar que los documentos sean claros y simples para que puedan ser comprendidos más fácilmente.

Posteriormente en 2008 la W3C, debido a los avances en tecnología y surgimiento de nuevas necesidades, crea el documento *WCAG 2.0*, el cual incluye una serie de principios para hacer un sitio más usable y accesible, pero sin indicar ninguna tecnología específica. Para esto en el documento WCAG 2.0 se definen los cuatro principios de accesibilidad necesarios para un sitio web (W3C, 2013):

**Operable**, el cual consiste en que los usuarios sean capaces de operar la interfaz sin problemas, creando diversos mecanismos para esto. Algunos de los estándares para garantizar este criterio son:

- La inclusión de la posibilidad de manejar todas las opciones del sistema mediante el teclado. Esto permite que personas con alguna discapacidad física, que les impide manejar el mouse, puedan navegar y realizar acciones desde el teclado.
- Proporcionar tiempo suficiente para que los usuarios lean y entiendan los contenidos dentro del sistema.

- Proporcionar mecanismos de ayuda y búsqueda de información dentro del sistema.

**Perceptibilidad**, el cual consiste en la capacidad del sistema de presentar la información de manera que los usuarios puedan percibirla de alguna forma. Algunos de los estándares definidos para cumplir con este criterio son:

- Proporcionar alternativas de texto para el contenido no textual, como lo son las etiquetas en las imágenes. Esto permite garantizar a personas no videntes y personas con navegadores textuales, distinguir el contenido de una imagen, aunque no puedan visualizarla.
- Crear contenido que se puede presentar de diferentes maneras, sin perder significado.
- Facilitar a los usuarios ver y escuchar el contenido.

Entendible, esto significa que los usuarios deben estar en la capacidad de entender el contenido presentado en el sistema. Para esto se consideran los siguientes estándares o mecanismos:

- Hacer que el texto sea legible y comprensible para todos los usuarios. Utilizar tipos y tamaños de letra legibles para lectura en la computadora. Además, se pueden incorporar formas de personalizar los tamaños de letra para personas con problemas de visión.
- Asegúrese que el contenido aparezcan y operen de manera predecible para el usuario.
- Ayudar a los usuarios mediante la corrección y evasión de errores.

Robusto, se debe garantizar que el sistema pueda ser usado desde cualquier dispositivo que el usuario utilice (PC, Tablet, teléfono celular, portátil, etc.) y desde cualquier navegador de internet.. Para esto el sistema debe ser compatible con los dispositivos actuales y los futuros.

Hoy en día se deben considerar maneras de llegar a todos los grupos de usuarios sin importar sus condiciones físicas, tecnológicas o económicas; esto, además de ir de la mano con iniciativas de accesibilidad para todos, permite hacer del sistema uno que esté a la vanguardia en estándares de usabilidad y garantice su uso universal. Pero así como implica beneficios, exige un gran esfuerzo para los desarrolladores de páginas Web, aplicaciones móviles y contenidos digitales para educación.

## 1.5 TECNOLOGÍAS Y DISCAPACIDAD

---

Las tecnologías informáticas disponibles para personas con alguna discapacidad son variadas. Para esto se dividen las tecnologías en dos tipos: la primera se denomina de **bajo nivel** y la segunda de **alto nivel**.

Las tecnologías de bajo nivel consisten en dispositivos o ayudas a personas con discapacidad visual a realizar una determinada tarea como la ampliación de imágenes, la síntesis de voz y la salida en Braille. Muchos de estos dispositivos se pueden encontrar integrados en los diversos sistemas operativos como: lupas, lectores de texto, indicaciones con sonidos, etc. Por su parte las soluciones de la salida en Braille no son muy comunes por su alto costo, baja portabilidad y demanda para su producción masiva.

Recientemente se anunció la creación de un prototipo de Smartphone Braille, el cual crea patrones en Braille según las imágenes, texto y gráficos detectados por el teléfono. Este es apenas un prototipo que al igual que otros dispositivos de este tipo implican una inversión muy elevada, pero es un punto de partida que brindaría una opción para personas no videntes. (Ver noticia en 10)

---

10 <http://digitaljournal.com/article/349227>

Por otra parte, las tecnologías de alto nivel consisten en soluciones físicas o lógicas, que se apoyan sobre una o más tecnologías de bajo nivel para realizar varias tareas. Para esto existe software especializado que permite el reconocimiento de los gráficos visuales y texto que se muestran en las pantallas. Entre ellos se mencionan Supernova y JAWS. En este tipo de sistemas de destacan los lectores de texto, que se encargan de leer el texto proveniente de algún documento en formato .txt, .doc, .pdf, entre otros.

De esta misma manera, algunos de estos sistemas lectores permiten leer los texto e indicar los elementos que aparecen en la pantalla del navegador. Para esto las páginas o sitios Web deben de estar diseñadas con lenguaje HTML bien definido. Es decir, que las etiquetas de texto utilizadas para describir las imágenes deben ser incluidas y además ser significativas, de forma que los lectores de pantalla puedan brindar una descripción de la imagen entendible para el usuario.

Además de los lectores de texto y pantalla, existen dispositivos que permiten escribir texto proveniente de la voz del usuario, lo cual permite que los usuarios no videntes puedan “dictar” texto de manera sencilla. Esto también es de utilidad para personas con alguna discapacidad motora.

Finalmente, aunque muchos sistemas operativos integren algunos de los mecanismos de bajo nivel, los de alto nivel resultan ser software con licencias de alto costo, que muchos usuarios que los necesitan no pueden pagar. Además, la mayoría de los sitios web no están optimizados para que funcionen correctamente con lectores de pantalla, ya que no están hechos en HTML, o no lo etiquetan para sus efectos, otros sitios están hechos con tecnología incompatibles con los lectores de pantallas como Flash. De esta manera, hay que tomar consciencia en la creación de cualquier sitio un diseño universal para todos.

---

### 1.5.1 TECNOLOGÍAS DE APOYO PARA LA ACCESIBILIDAD WEB

---

Debido a la diversidad de material disponible en la web como documentos, páginas web y sistemas, las personas con algún tipo de discapacidad visual y

auditiva cuentan con diversas herramientas que les permite acceder a esos contenidos, entre ellas se destacan:

## **1. Herramienta NVDA**

NVDA (NonVisual Desktop Access) es un sistema de software libre, código abierto y portable para Microsoft Windows, el cual permite a las personas invidentes o con visión baja utilizar una computadora por medio de este sistema que comunica (lee) al usuario lo que está en la pantalla a través de una voz sintética o en Braille.

Este lector de pantalla libre se puede descargar en la PC o en un memoria portátil USB que se puede utilizar con cualquier computadora en cualquier lugar. NVDA viene con eSpeak, un sintetizador de voz en varios idiomas gratis. Además, este sistema está disponible en más de 43 idiomas.

Entre las características más relevantes de esta herramienta se destacan las siguientes:

- NVDA puede ser utilizada con los programas más populares, incluyendo navegadores web, correo electrónico, Internet y programas como Word y Excel.
- Puede ser instalado directamente en el equipo puede ser utilizado desde una memoria USB u otro medio portátil.
- Está disponible en más de 43 idiomas.
- Además de la salida de audio, NVDA tiene soporte para dispositivos de salida Braille.
- Soporte para interfaces de accesibilidad comunes como Java Access Bridge.
- Provee un instalador con audio fácil de utilizar.

## **2. Magnificador Orca**

*Orca* es una aplicación de software libre integrada en el entorno de escritorio GNOME del sistema operativo Linux que permite a las personas con discapacidad visual utilizar las aplicaciones en este sistema operativo. Está compuesto de un lector y de un magnificador de pantalla, que se pueden usar conjuntamente o de forma individual.

### 3. Navegadores de acceso alternativo

En cuanto a los navegadores de acceso alternativo se destacan los siguientes:

- **Lynx.** Es el navegador “solo-texto” más popular a nivel mundial. Es de libre distribución, fue desarrollado inicialmente para la plataforma Linux, actualmente existen versiones que funcionan en otros sistemas operativos como Windows y Mac.
- **Net-Tamer.** Al igual que Lynx, es un navegador sólo-texto. Es muy utilizado por las personas con deficiencias visuales en España, debido a que fue de las primeras aplicaciones de este estilo disponibles en MS-DOS.
- **PwWebSpeak.** Este navegador presenta el contenido de la página web mediante síntesis de voz y una representación simplificada en pantalla que facilita la navegación a los usuarios con deficiencia de navegación. El usuario puede navegar por la estructura de la página desplazándose de elemento en elemento de manera secuencial. Los tipos de elementos reconocidos son, párrafos, frases, enlaces, campos de formulario, títulos, objetos e imágenes.

En cuanto al uso real en el mercado de la discapacidad, el cambio constante en las tecnologías demanda grandes exigencias a los usuarios de navegadores alternativos. Las actualizaciones de versiones y surgimiento de nuevas tecnologías hace que muchos usuarios con alguna discapacidad opten

por usar navegadores convencionales, los cuales adaptan con la utilización de otro software o extensiones (plug-in) para estos navegadores.

Algunos de estos navegadores de apoyan con software **lectores de pantalla** como *JAWS*, los cuales van describiendo al usuario lo que muestra en pantalla, según la información en las etiquetas del código HTML.

También existen las **pantallas Braille**, las cuales son dispositivos que permite personas con discapacidad visual leer el contenido de una pantalla (o página web) como una línea de caracteres Braille.

#### **4. Navegadores convencionales**

Algunas de las extensiones o funcionalidades que brindan los navegadores convencionales como apoyo a personas con alguna discapacidad visual o motora son los siguientes:

##### **Internet Explorer™**

- Permite la utilización de zoom en una página web para agrandar o disminuir el texto.
- Permite utilizar el teclado para navegar por Internet.
- El usuario puede cambiar la fuente, el formato y los colores de las página web.
- En las opciones de accesibilidad de este navegador existe la posibilidad de personalizar sus funciones para que pueda ser utilizado con un software lector de pantalla.

##### **Google Chrome**

Este navegador permite habilitar la función de síntesis de voz, el modo de contraste alto y la lupa en tu dispositivo Chrome para personas con problemas de visión:

- En la pantalla de inicio de sesión, se solicita en voz alta la información de nombre de usuario y contraseña. Por motivos de seguridad, la contraseña no se pronuncia en voz alta al introducirla.
- Cuando se inicia sesión, se activa el *ChromeVox*, éste es el lector de pantalla de Chrome OS. Si *ChromeVox* está activo, se reproducirán en voz alta todas las acciones para el usuario.
- ChromeVox ofrece un conjunto de comandos de teclado que se pueden utilizar para desplazarse por las páginas web y por los menús de Chrome. El contenido web se puede explorar de distintas formas.

La última versión de *Chrome* muestra los diversos elementos semánticos y de formularios propios de una web de forma compatible con la capa de accesibilidad de OSX, esto permite que *VoiceOver* (lector de pantalla de Apple), pueda detectar textos, imágenes, encabezados, enlaces y controles de formulario.

### **Mozilla Firefox™**

Este navegador incluye diversas funcionalidades para hacer el contenido web más accesible a todos los usuarios, ya sea con algún problema visión o dificultad para utilizar el teclado o mouse. Entre estas opciones se destacan:

- Atajos de teclado y mouse
- Ajuste del tamaño de la página
- Cambio de tipografía y tamaño de letra
- Cambiar el contraste de la página
- Bloquear ventanas emergentes, javascript
- Compatibilidad con lectores de voz y otras tecnologías de accesibilidad

---

## 1.5.2 DOCUMENTOS Y FORMATOS ACCESIBLES

---

### **PDF**

Dependiendo de cuál sea el origen (pdf ya creados, documento de Word, página web, escáner, etc.) del documento PDF se debe proceder de distinta manera para mejorar su accesibilidad y facilitar que se pueda acceder a toda la información contenida en el documento mediante la utilización de herramientas de apoyo (SamaRojo & Sevillano Asensio, 2012).

Siempre es recomendable realizar una comprobación de accesibilidad antes de su publicación en formato electrónico.

#### PDF ya creados

Una vez se obtenga un informe de accesibilidad del documento, se debe utilizar las herramientas que ofrece Adobe Acrobat Professional para añadir las opciones de accesibilidad que pudiesen faltar en el documento con el que se está trabajando.

#### Documentos generados en Latex

Se puede utilizar algunas opciones que proporciona Latex para garantizar la accesibilidad de los documentos.

#### Documentos creados desde escáner

Para que estos usuarios puedan acceder al contenido del documento escaneado es necesario procesar el documento realizando un proceso de OCR (Reconocimiento Óptico de Caracteres) mediante un programa especial, aunque en la mayoría de las ocasiones el propio software del escáner o Adobe Acrobat incorporan este software.

En (SamaRojo & Sevillano Asensio, 2012) se definen 10 elementos que debe cumplir un documento en PDF para que sea considerado accesible.

1. Texto claro.

2. Se debe especificar el idioma principal del documento y texto si es necesario.
3. Correcta utilización del color: uso semántico del color, colores de fondo, utilización de elementos parpadeantes, correcta utilización del color en gráficas.
4. Gráficas accesibles.
5. Documento correctamente estructurado: PDF etiquetado, orden lógico de lectura, orden de tabulación, identificación de campos en formularios, marcadores, listas.
6. Tablas bien estructuradas y no utilizadas para maquetar.
7. Textos alternativos: Todos aquellos elementos no textuales (imágenes, gráficos, fórmulas matemáticas, cuadros de texto, etc.) deberán disponer de un texto alternativo que describa su contenido o lo que se quiere transmitir con estas imágenes, gráficos o ilustraciones.
8. Enlaces de navegación correctos: Tabla de contenidos, hipervínculos, referencias cruzadas.
9. Elementos multimedia: en los videos es necesario incluir subtítulo cuando sea necesario; para el audio es necesario incluir una transcripción del contenido. Además hay que proporcionar los controles adecuados para que el usuario pueda controlar la reproducción del material audiovisual.
10. Seguridad configurada correctamente, de modo que los usuarios que accedan al documento mediante un producto de apoyo accedan correctamente a la información.

La accesibilidad de un documento PDF dependerá directamente de la accesibilidad del documento que se va a convertir en PDF. Cuanto más correcto sea el documento original más accesible será el documento PDF resultante y menos revisiones o modificaciones se deben realizar.

## **FLASH**

Según (Nielsen, 2000) FLASH tiende a degradar los sitios web, por tres razones: porque fomenta el abuso de diseño; también rompe con los principios fundamentales de la interacción de la Web; y distrae la atención del valor central del sitio.

A partir de la versión 6 de Flash se introdujeron ciertas características de accesibilidad, como el texto alternativo, lo cual ha permitido mejorar la accesibilidad de Flash. Además, los objetos o animaciones en FLASH deben utilizarse para algunos fines específicos, sin tratar de sustituir elementos funcionales e imprescindibles del diseño. Algunos de los errores: sitio web 100% en FLASH; utilizarlo para crear contenido estático (para esto se puede utilizar otras tecnologías como HTML, XHTML, etc.); así como incluir opciones de navegación e interacción central del sitio en FLASH (INTECO, 2007).

Aunque mejore la accesibilidad de Flash, esta tecnología no es estándar y siempre presentará estos problemas, los cuales pueden ser reducidos o tratados para mejorar la experiencia de los usuarios.

En (INTECO, 2007) se expone una recomendación de carácter obligatorio para la accesibilidad de elementos en FLASH, la cual es la misma recomendada en las pautas de accesibilidad de la W3C para cualquier elemento multimedia. Esto consiste en incluir una alternativa en formato textual estructurado (HTML o XHTML) equivalente en funcionalidad y contenido.

Además, en (Regan, 2005) se especifica la forma de crear objetos en FLASH considerando pautas o lineamientos de usabilidad, según lo que han denominado las mejoras prácticas para el diseño de elementos flash accesibles.

Pero además, otros autores destacan que hoy en día HTML5 puede sustituir a Flash en la mayoría de las situaciones en que se usa.

## **FÓRMULAS MATEMÁTICAS**

Dentro de los contenidos disponibles en la web se destaca el uso de texto, imágenes y fórmulas matemáticas. Estas últimas pueden ser incrustadas en páginas web de diversas formas, gracias a la amplia variedad de herramientas que han surgido para facilitar su edición. A continuación se destacan algunas herramientas y tecnologías que permiten la creación de formulas matemáticas accesibles en la web.

**MathML (Mathematics Markup Language).** Es una tecnología XML utilizada para describir notaciones matemáticas, tanto en documentos como en paginas web, lo cual la hace la herramienta más recomendable por la W3C para describir e interpretar contenido matemático en la web. Marcado de presentación y Marcado de contenido. MathML se puede utilizar para codificar tanto la notación matemática y contenido matemático. Unas 38 de las etiquetas de MathML describen estructuras de notación abstractos, mientras que otras 170 proporcionan una forma de especificar de manera inequívoca el significado pretendido de una expresión. Aunque MathML es legible por humanos, los autores utilizan típicamente editores de ecuaciones, programas de conversión, y otras herramientas de software especializado para generar MathML (W3C, 2016). Existen varias versiones de este tipo de herramientas MathML, tanto de software libre como productos comerciales.

**LaTeX.** Es un sistema de composición de textos basado en instrucciones, orientado especialmente a la creación de libros, documentos científicos y técnicos que contengan fórmulas matemáticas. Esta formado por un conjunto de macros de *TEX*<sup>11</sup>, que se basa fundamentalmente en instrucciones, lo cual es una gran ventaja, ya que permite separar el contenido del documento y su diseño. Además, existen editores especializados (como *TeXEdit*, *TeXMaker*, entre otros) que permiten crear documentos con *LaTeX* de manera más amigable, ya que

---

<sup>11</sup> TEX es un sistema de tipografía escrito por Donald Knuth en los años 70's.

incorporan muchas de las instrucciones de este sistema, facilitando la edición para los usuarios. La mayor importancia de *LaTeX* es que su formato de salida es independiente del sistema donde se trabaje, permitiendo exportar el contenido en diversos formatos (PDF, HTML, etc). Además, para su uso en la web las formulas matemáticas escritas en LaTeX son exportadas en formato de imagen donde se incorpora el código LaTeX en la etiqueta ALT correspondiente a cada fórmula, lo cual permite a los lectores de pantalla realizar la interpretación de las formulas dentro de la página.

**MathType.** Es un editor de ecuación interactiva para Windows y Macintosh que permite crear una notación matemática para procesadores de textos, páginas web y presentaciones. *MathType* soporta los lenguajes de marcado *TeX*, *LaTeX*, y *MathML*. Las ecuaciones matemáticas complejas se pueden introducir fácilmente en MathType y luego se copian en el portapapeles como *LaTeX* o *MathML* para pegar en las aplicaciones y sitios web que utilizan estos lenguajes de marcado. También, las expresiones matemáticas en *MathML* o *LaTeX* disponibles en muchos sitios web pueden ser pegadas directamente en *MathType* para su uso o para convertirlos a un formato diferente (por ejemplo, *LaTeX* a *MathML* o viceversa) («Design Science: MathType - Equation Editor», s. f.).

**MathPlayer.** Es un plug-in desarrollado para Internet Explorer que muestra contenido en *MathML* y lo hace accesible a cualquier tecnología de asistencia como los lectores de pantalla (JAWS, NVDA, Supernova, ZoomText, entre otros) (Soiffer, 2015).

**MathJax.** Es un motor de visualización de JavaScript que interpreta las expresiones matemáticas presentes en cualquier navegador. Maneja una serie de formatos de entrada (LaTeX, MathML, otros) y los traduce en marcado HTML que se interpreta visualmente como una expresión matemática en el navegador, independientemente de si éste soporta MathML (Sorge, Chen, Raman, & Tseng, 2014). Mathjax trabaja dentro de las páginas web (del lado del servidor), por lo

tanto, el usuario final no debe instalar ningún software o programa adicional para su funcionamiento.

**DAISY.** Digital Accessible Information System es un estándar técnico para audiolibros digitales, revistas y textos en general, diseñado específicamente para personas con alguna discapacidad como ceguera, problemas de visión y dislexia. Se basa en los formatos *MP3* y *XML*, el formato *DAISY* tiene características avanzadas, adicionales a las de un libro de audio tradicional, ya que permite a los usuarios realizar búsquedas, poner marcadores, navegar línea por línea y regular la velocidad de habla sin distorsión. Además, proporciona tablas auditivamente accesibles, referencias e información adicional. Una característica importante de la especificación más reciente DAISY 3 es que permite la incorporación de *MathML* (Leas, Persoon, Soiffer, & Zacherle, 2008). Para la conversión de textos digitales a DAISY es necesario un software o plug-in que permita transformar o guardar el documento en este formato. Así también, para reproducir cualquier libro en formato DAISY es necesario un reproductor de este formato. Ambos sistemas los conversores y reproductores se pueden obtener en la página oficial de DAISY (DAISY Consortium, 2016).

**InftyReader.** Es una aplicación para Windows de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) que reconoce y traduce documentos científicos (incluidos los símbolos matemáticos) en LaTeX, MathML y XHTML (InftyReader Group, Inc., an IDEAL Group company, 2016). Aunque es una herramienta muy potente, una de sus grandes desventajas es el precio el cual ronda los 800 dólares, y la segunda es que solo se puede utilizar en sistema operativo Windows.

**Lectores de pantalla.** Para interpretación de contenido matemático en la web, éstos deben estar creados en formatos *MathML* o *LaTeX* preferiblemente para una correcta lectura. Para este último fin, se debe disponer de algún lector de pantalla como *WebAnywhere*, *NVDA* o *JAWS*. Ahora también existen opciones nativas en los sistemas operativos o navegadores que permiten la realización de esta función. Tal es el caso de Apple que incorporó una solución

para lectura de formulas matemáticas con Safari mediante el uso de *VoiceOver* disponible para Macs, iPads y iPhones. De esta misma manera, Google incorpora *ChromeVox*, un lector de pantalla que permite la presentación verbal e inteligente de contenido matemático en navegador *Chrome*.

## 1.6 EVALUACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD

---

Para comprobar el cumplimiento de las distintas pautas de accesibilidad se pueden emplear estrategias manuales y automáticas. Aunque en un principio se podría considerar mejor hacerlo de manera automática, hay elementos que éstas pruebas no contemplan y necesitan de una revisión manual. De esta manera, lo más recomendable es realizar la evaluación con test de ambos tipos, con el objetivo de cubrir los aspectos que las evaluaciones automáticas con contemplan y viceversa.

Entre los test manuales para comprobar la accesibilidad de una página se destacan los mencionados en (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España, 2014b):

- **Tamaño de fuentes.** Validar si la página cuenta con alguna opción para aumentar y/o disminuir el tamaño de la fuente de la pantalla.
- **Sonido.** Si la página depende de algún sonido, se debe validar que éste se escuche bien en cuanto a calidad y volumen.
- **Resolución de pantallas.** Utilizando la herramienta *Web developer* de *Chrome* se cambia la resolución de la pantalla a las más comunes (1366x768, 1024x768, 1280x1024 y 1280x800) según («Estadísticas resolución de pantallas más utilizadas en la web « Los Tiempos Cambian», s. f.). Se valida si la página conserva su estructura y legibilidad para cada resolución.
- **Contraste de pantalla.** Utilizando la herramienta *Grayscale* de *Chrome* se cambia la página a escala de grises, donde se valida el contraste del fondo con los textos de la página.

- **Uso de solo teclado.** Se valida la navegación de las opciones básicas de la página mediante el uso del teclado únicamente.
- **Uso de diversos navegadores convencionales.** Se valida la visualización y navegación de las opciones de la página en los navegadores web convencionales más populares (Chrome, Firefox e Internet Explorer).
- **Uso de navegador de acceso alternativo.** Se valida la navegación de los elementos de la página con el uso del navegador de acceso alternativo *Lynx*.

La herramienta TAW permite realizar diferentes análisis de accesibilidad a sitios Web. Es una herramienta en línea gratuita que permita identificar los problemas de accesibilidad encontrados en una URL indicada. El análisis brinda una descripción del problema encontrado, el número de línea de la página analizada, así como la etiqueta HTML que genera dicho problema.

Se tienen tres tipos de análisis:

**WCAG 1.0:** este analizador permite identificar si el sitio web indicado cumple con los puntos de verificación establecidos en WCAG 1.0, para sus niveles A, AA y AAA.

**WCAG 2.0:** analiza el cumplimiento de las pautas establecidas WCAG 2.0 en sus tres niveles, además, el análisis soporta las tecnologías HTML, CSS y Javascript. Este analizador se encuentra en su versión BETA.

**MobileOK:** este analizador permita identificar el grado de movilidad de un sitio web, es decir, valida si sitio cumple con buenas prácticas para ser utilizado en dispositivos móviles. Además de la versión en línea, existe una versión que puede ser descargable, así como una extensión del navegador Firefox, la cual permite hacer análisis de accesibilidad con solo un clic.

**Tabla 1.** Comparativa de herramientas automáticas para evaluación de accesibilidad

<b>Herramienta</b>	<b>Normas de validación</b>	<b>Soporte multiplataforma</b>	<b>Idiomas</b>	<b>Objetivo</b>
<b>TAW</b>	WCAG 1.0 en los niveles A, AA y AAA.  WCAG 2.0.	Se cuenta con versión en línea para revisión de una página y de un portal completo. Además, hay una versión del sistema que puede ser descargada e instalada en la PC.	Español e inglés.	Permite el análisis y ofrece información sobre el grado de accesibilidad de un sitio web o una página. Brinda una propuesta de solución de los problemas de accesibilidad que presenta dicho sitio web.
<b>INTAV</b>	UNE 139803:2004 y WCAG 1.0 niveles A, AA y AAA.	Es un servicio en línea que valida una página web introduciendo su URL, o bien introduciendo el código fuente de la página.	Español, inglés y Catalán.	Revisa una página Web e informa sobre los problemas de accesibilidad detectados automáticamente, así como de las advertencias y observaciones que deberán ser comprobadas de forma manual.
<b>Cythia Says</b>	WCAG 2.0 (A, AA y AAA) y la sección	Es un servicio gratuito en línea que permite realizar un escaneo automático de una página web,	Inglés	Es una iniciativa educativa creada para divulgar entre los desarrolladores la

	508 que se basa en la Tabla de Punto de verificación del W3C.	mostrando un reporte explicativo de la validación de accesibilidad.		accesibilidad web.
<b>HERA</b>	Sigue las pautas del W3C.	Consiste en un conjunto de prácticas instrucciones sobre lo que el revisor debe tener en cuenta a la hora de evaluar la aplicación de cada uno de los puntos de control, y le ofrecen información sobre por qué es necesario cada punto y a qué tipo de usuarios afecta.	Español. Se está traduciendo a inglés y portugués .	Es una herramienta online gratuita diseñada para facilitar a los desarrolladores la tarea de la revisión manual de accesibilidad de las páginas Web según las pautas del W3C.
<b>The Wave</b>	WCAG 1.0 y sección 508.	Servicio en línea gratuito.	Inglés	Pretende ayudar a los desarrolladores a realizar aquellas tareas que exigen una toma de decisiones de tipo personal, mostrando información sobre los elementos de la página.
<b>Examinator</b>	Usa como referencia WCAG 2.0.	Herramienta online que evalúa la aplicación de las pautas de accesibilidad.	Español	Adjudica una puntuación entre 1 y 10 como un indicador rápido de la accesibilidad de las páginas y

				proporciona un informe detallado de las pruebas realizadas.
--	--	--	--	---

## 1.7 ACCESIBILIDAD EN CURSOS MOOC

---

Los cursos MOOC la ser espacios virtuales de aprendizaje para miles de usuarios con características y limitaciones muy variadas debe garantizar y propiciar el acceso a sus contenidos por todos los usuarios, sin importar si sufren de algún tipo de discapacidad. Debido a esto se han realizado estudios para evaluar el grado de accesibilidad de algunos cursos MOOC, además se han recomendado metodologías específicas para realizar la evaluación de estos cursos.

En (Sanchez-Gordon & Luján-Mora, 2013) se describe la evaluación de la accesibilidad de 5 cursos del proveedor *Coursera* de diferentes regiones del mundo. Los resultados demostraron que los 5 cursos presentan problemas importantes de accesibilidad web. Por su parte, otros autores se dieron a la tarea de evaluar 10 cursos de la misma plataforma *Coursera*, dando como resultado que ninguno de ellos logró el nivel A según WCAG 2.0 y en promedio se obtuvo 28 fallas de accesibilidad para cada curso evaluado (Al-Mouh et al., 2014). Esto podría indicar que los problemas de accesibilidad están asociados a la plataforma donde se alojan, ya que en ambos estudios no se evalúa la accesibilidad de los contenidos educativos y la estructura del curso.

Debido a lo anterior, en (Iniesto et al., 2014) se evalúa el grado de accesibilidad de dos plataformas Europeas pioneras en la implementación de MOOC, donde ambas presentaron problemas de accesibilidad en la comprensión de textos y la navegación en general. Aquí se evidencia que las plataformas que soportan MOOC deben de incorporar un componente que garantice el cumplimiento de normas de accesibilidad y recomendaciones para el componente pedagógico.

Además de realizar evaluaciones de la accesibilidad web según los estándares W3C, también es importante evaluar la accesibilidad de los recursos educativos y estructura del curso. En (Iniesto & Rodrigo, 2014a) se describe la

evaluación de tres plataformas MOOC mediante una metodología que combina cuatro pruebas complementarias. De este modo se realiza una primer evaluación con herramientas automáticas, una segunda evaluación con un simulador de discapacidad, otra tercer evaluación de aspectos complementarios (SEO, compatibilidad con navegadores web, errores de código, etc.) y una evaluación final de los recursos educativos. Las tres plataformas analizadas presentan importantes fallos de accesibilidad, lo cual quedó demostrado con las evaluaciones automáticas; las tres plataformas mostraron la presencia de enlaces rotos, uso de políticas de cookies, etc; finalmente el material educativo de las tres plataformas carecen de estándares de accesibilidad. Esta investigación presenta una primer propuesta para realizar una evaluación de la accesibilidad más integral y que contemple aspectos pedagógicos en su realización.

Así mismo, en (Iniesto & Rodrigo, 2014b) se proponen éstas cuatro evaluaciones como un metodología integral de pautas para la evaluación de la accesibilidad de plataformas MOOC. También, en (Iniesto, McAndrew, Minocha, & Coughlan, 2016) se expone una metodología de evaluación de la accesibilidad de plataformas MOOC similar, pero con algunas recomendaciones adicionales.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

---

Esta investigación nace de la hipótesis de que los cursos MOOC, al ser diseñados para un grupo de usuarios muy heterogéneo, en general presentan mayores problemas de accesibilidad, los cuales se enfatizan en cursos con alto contenido matemático.

A partir de lo anterior se propone realizar una evaluación de la accesibilidad de cursos MOOC en el área de matemáticas disponibles en Internet, tomados de distintas plataformas y proveedores existentes. Con el objetivo de realizar una evaluación más integral se propone realizar pruebas de accesibilidad web convencionales (manuales y automáticos) a las páginas de cada curso, posteriormente se realiza evaluación de la accesibilidad del material didáctico y finalmente se evalúa la accesibilidad de los contenidos matemáticos presentes en los cursos.

### 2.1 DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA

---

Se toman dos cursos al azar sobre alguna área de matemática (cálculo, matemática básica, estadística, etc.) en cada una de las tres plataformas más populares a nivel mundial proveedoras de MOOC (Edx, Coursera y Udacity) según el NY Times (NY Times, 2012) y otras fuentes (Taneja & Goel, 2014). A cada curso se le asigna un código interno que permitirá facilitar su identificación dentro de este documento.

**Tabla 2.** Lista de cursos MOOC seleccionados para evaluar

<b>Código</b>	<b>Nombre del curso</b>	<b>Institución</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Idioma</b>
<b>EXA</b>	<b>Pre-University</b>	Delft University	Edx	Inglés

	<b>Calculus</b>	of Technology		
<b>EXB</b>	<b>Bases matemáticas: Integrales</b>	Universidad Politécnica de Valencia	Edx	Español
<b>CRA</b>	<b>Álgebra básica</b>	Universidad Nacional Autónoma de México	Coursera	Español
<b>CRB</b>	<b>Calculus Two: Sequences and Series</b>	The Ohio State University	Coursera	Inglés
<b>UYA</b>	<b>College Algebra</b>	San Jose State University	Udacity	Inglés
<b>UYB</b>	<b>Intro to Descriptive Statistics</b>	San Jose State University	Udacity	Inglés

Para cada curso identificado en la Tabla 2 se seleccionan seis páginas para ser evaluadas mediante los test que se exponen más adelante. Los tipos de páginas a escoger son las siguientes:

1. Página de inicio del curso.
2. Página de descripción del curso.
3. Página de comunicación o foros de consulta.
4. Página con contenido del curso (estructura del curso).
5. Página con lección del curso (lección en video).
6. Página de asignaciones.

A cada página de cada curso seleccionado se le realizan diversas pruebas de accesibilidad manuales y automáticas, algunas destacadas en (Ministerio de

Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España, 2014b). Los test automáticos, aunque son de gran ayuda, no siempre son suficientes ni exhaustivos para evaluar la accesibilidad de un página web, de esta manera para realizar una validación más integral se decidió combinar las potencialidades de ambos tipos de pruebas de accesibilidad (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España, 2014b). Adicionalmente, se realizará evaluación del material didáctico del curso (contenido multimedia y digital) basado en (Universidad de Alcalá, 2015),(Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España, 2014a) y evaluación de la accesibilidad de los contenidos matemáticos según una plantilla propuesta para este trabajo.

Antes de realizar la evaluación de la accesibilidad del contenido matemático en los cursos, es importante revisar su grado de accesibilidad general. Para esto se realiza previamente los test de accesibilidad manual y automáticos que permitirán apoyar los criterios para la evaluación del contenido matemático. A continuación se exponen los lineamientos y pautas a seguir para realizar las pruebas de accesibilidad correspondientes.

---

### 2.1.1 TEST DE ACCESIBILIDAD MANUALES

---

- **Tamaño de fuentes.** Validar si la página cuenta con alguna opción para aumentar y/o disminuir el tamaño de la fuente de la pantalla. Para esta prueba se utilizará el navegador Chrome (versión 49) para OS X.
- **Sonido.** Si la página depende de algún sonido, se debe validar que éste se escuche bien en cuanto a calidad y volumen. Para esta prueba se utilizará el navegador Chrome (versión 49) para OS X.
- **Resolución de pantallas.** Utilizando la herramienta *Web developer* de *Chrome* (versión 49) para OS X se cambia la resolución de la pantalla a las más comunes (1366x768, 1024x768, 1280x1024 y 1280x800) según («Estadísticas resolución de pantallas más utilizadas en la web « Los Tiempos

Cambian», s. f.). Se valida si la página conserva su estructura y legibilidad para cada resolución.

- **Uso de solo teclado.** Se valida la navegación de las opciones básicas de la página mediante el uso del teclado únicamente. Para esta prueba se utilizará el navegador Chrome (versión 49) para OS X.
- **Uso de diversos navegadores convencionales.** Se valida la visualización y navegación de las opciones de la página en los navegadores web convencionales más populares (Chrome, Firefox e Internet Explorer). Para esta prueba se utiliza Chrome (versión 49) para OS X, Firefox (versión 45) para OS X e Internet Explorer 8 para Windows 7.
- **Uso de navegador de acceso alternativo.** Se valida la navegación de los elementos de la página con el uso del navegador de acceso alternativo *Lynx*.
- **Contraste de pantalla.** Utilizando la herramienta *WCAG Contrast checker* de *Firefox* para OS X se determina el ratio de contraste de los elementos de cada página. El contraste mínimo recomendado por WCAG 2 nivel AA debe ser de 4.5:1 para texto normal y 3:1 para texto largo.
- **Optimización para móviles.** Se utiliza la extensión *Developer Tools* del navegador Chrome (versión 49) OS X, para validar las páginas de los cursos en diversas resoluciones de dispositivos móviles (Galaxy S5, Nexus 5X, iPhone 5, iPhone 6 y iPad).

---

### 2.1.2 TEST DE ACCESIBILIDAD AUTOMÁTICOS

---

- **Test SortSite.** Se utiliza la herramienta SortSite para verificar la accesibilidad de cada página según las pautas WCAG 1.0 y WCAG 2.0. Además, esta herramienta brinda información adicional sobre usabilidad, enlaces rotos, estructura de la página (HTML, CSS, etc) y posicionamiento en buscadores (SEO).

---

### 2.1.3 EVALUACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO

---

- **Evaluación de material multimedia.** Se realiza la evaluación de material multimedia según las pautas definidas en (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España, 2014a) y la plantilla incluida en (SamaRojo & Sevillano Asensio, 2012).
- **Evaluación de documentos digitales.** Se realiza la evaluación de documentos digitales (donde corresponda) utilizando la plantilla y lineamientos definidos en (SamaRojo & Sevillano Asensio, 2012) y (Universidad de Alcalá, 2015).

---

#### 2.1.4 EVALUACIÓN DE CONTENIDO MATEMÁTICO

---

- **Evaluación de contenido matemático en las páginas web con apoyo de lector de pantalla.** Se utiliza la plantilla propuesta en la Tabla 3 para determinar la forma cómo se representan los contenidos matemáticos en las páginas seleccionadas y su grado de accesibilidad. Esta evaluación se apoya en las pruebas manuales de accesibilidad antes descritas, las pruebas de material didáctico realizadas previamente, y además, se apoya con el lector *ChromeVox* incorporado en el navegador Chrome (versión 49) OS X para realizar la lectura de pantalla de las páginas con contenido matemático y verificar la accesibilidad por medio de esta herramienta.

**Tabla 3.** Criterios de accesibilidad para evaluar contenido matemático

<b>Criterio de accesibilidad</b>	<b>Observaciones</b>
¿Cómo se representa el contenido matemático en la página? ( ) Imágenes ( ) MATHML ( ) Latex ( ) Video	
¿Los mecanismos de búsqueda pueden usar la información del texto? ( ) Sí ( ) No	
¿Se proporciona una descripción de texto del contenido matemático representado en imágenes?	

( ) Sí ( ) No ( ) NA	
¿El contenido matemático puede ser ampliado o manipulado? ( ) Sí ( ) No	
¿Los contenidos matemáticos se adaptan a las diferentes resoluciones de pantallas y son visibles correctamente? ( ) Sí ( ) No	
¿Los videos con contenido matemático presentan transcripción apropiada de las fórmulas? ( ) Sí ( ) No ( ) NA	
¿El contenido matemático puede ser interpretado como habla con el lector de pantalla? ( ) Sí ( ) No	
¿La lectura del contenido matemático con el lector de pantalla corresponde a lenguaje natural que permita comprender su significado? ( ) Sí ( ) No	
¿Es posible con solo la transcripción o los subtítulos interpretar correctamente la explicación de los videos (sin elementos visuales)? ( ) Sí ( ) No	
¿Se brinda material adicional que permita interpretar el contenido de los videos? ( ) Sí ( ) No	

## 2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

---

Después de aplicar los test a cada página seleccionada del curso se sintetizan los resultados para contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Qué problemas de accesibilidad más destacados se encontraron en los cursos?
2. ¿El acceso a la plataforma es posible desde el registro de usuario?
3. ¿La causa de los problemas de la pregunta 1 está asociado con la plataforma, el diseño del contenido educativo o el contenido matemático?
4. ¿Qué elementos educativos intervienen en los cursos: videos, páginas HTML, etc?
5. ¿Qué elementos educativos presentaron mayor problema de accesibilidad?
6. ¿Qué aspectos hay que tomar en cuenta para cursos de matemática?

Luego se hará una síntesis de los problemas encontrados con el objetivo de clasificarlos de la siguiente manera:

- **Rojo:** problemas relacionados con aspectos técnicos de la plataforma que aloja el curso, no depende del diseño del curso o el material didáctico.
- **Amarillo:** problemas relacionados con el diseño del curso y el material didáctico disponible, se deben corregir para garantizar contenido accesible.
- **Morado:** problemas encontrados en el contenido matemático que dificulta la comprensión de las expresiones.
- **Verde:** recomendaciones de mejoras del curso y la plataforma que mejoran la experiencia del usuario.

Finalmente, se elaborará una guía básica para la creación de cursos MOOC accesibles para la enseñanza de la matemática.

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE PRUEBAS

---

### 3.1 TEST DE ACCESIBILIDAD MANUALES

En este apartado se exponen los resultados obtenidos con la aplicación de los test manuales de accesibilidad a cada una de las páginas de los cursos seleccionados. Para sintetizar de manera más ordenada los resultados obtenidos, se proponen preguntas a cada test manual y las posibles respuestas con el objetivo de determinar si cumple o no la prueba, así como identificar los problemas encontrados en cada test. Fecha de aplicación de las pruebas: 26 de marzo de 2016. Las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 muestran ejemplos de las páginas de los cursos evaluados.

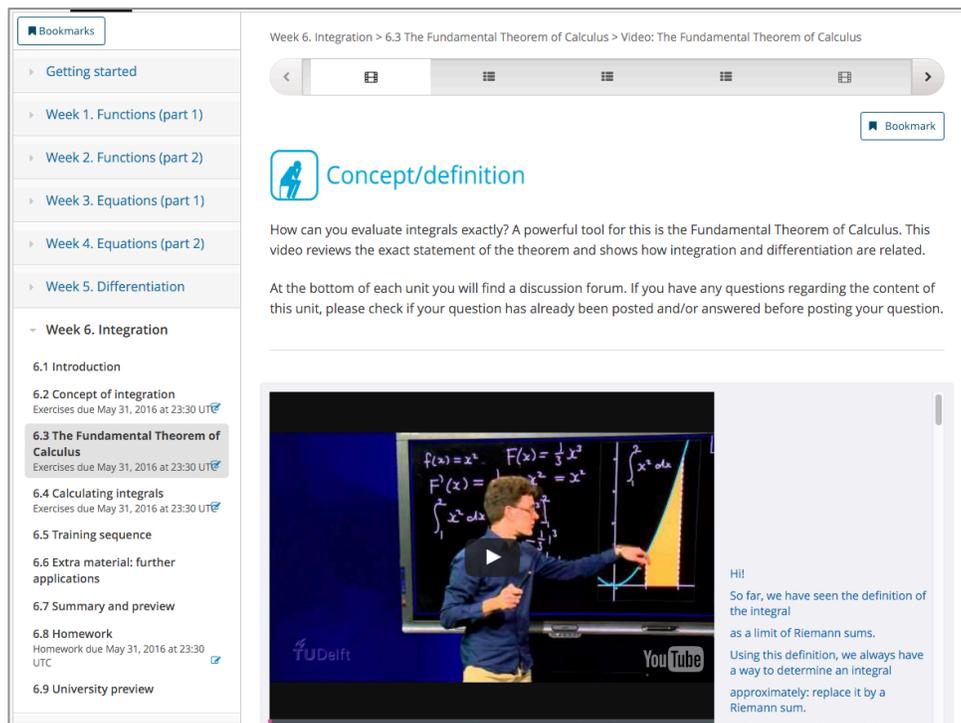


Figura 1. Página con lección del curso EXA

- ▶ Primitiva Tipo Arcotangente
- ▶ Primitivas de funciones Racionales
- ▶ Cálculo de Áreas. Integral Definida.
- ▶ Integración por partes y cambio de variable.
- ▼ final
- final  
final due Jun 30, 2015 at 23:30 UTC ✔

### Examen final

(1 point possible)  
Sabemos que  $F(x)$  es una primitiva de  $f(x)$  y  $G(x)$  es una primitiva de  $g(x)$ . Entonces:

- $\int f(x)g(x) dx = F(x)G(x) + C.$
- $\int (2f(x) - \sqrt{2}g(x)) dx = 2F(x) - \sqrt{2}G(x) + C.$
- $\int \frac{f(x)}{g(x)} dx = \frac{F(x)}{G(x)} + C.$
- Si  $f(x) = g(x)$  entonces  $F(x) = G(x).$

*You have used 0 of 2 submissions*

---

(1 point possible)  
Dada la función  $f(x) = \frac{1 + 3x - 2x^2}{x}$ , se tiene:

- $I = \int f(x) dx = \frac{\int (1 + 3x - 2x^2) dx}{\int x dx} = \frac{x + (3/2)x^2 - (2/3)x^3}{x^2/2} + C.$
- $I = \int f(x) dx = \int \left(\frac{1}{x} + 3 - 2x\right) dx = \text{Ln}(|x|) + 3x - x^2 + C.$
- $I = \int f(x) dx = \int \left(1 + \frac{3x - 2x^2}{x}\right) dx = x + 3x - x^2 + C.$

Figura 2. Página de asignaciones del curso EXB

**coursera**
A

- Home
- Course Content
- Assignments
- Discussions
- Course Info

#### Course Forums

- All Course Discussions
- General Discussion
- Meet and Greet

#### Module Forums

- Introducción al álgebra
- Ecuaciones de primer gra...
- Polinomios
- Productos notables y fact...
- Ecuación de segundo grad..

#### All Course Discussions

Welcome to the course discussion forums! Ask questions, debate ideas, and find classmates who share your goals. Browse popular threads below or other forums in the sidebar.

Latest Top Unanswered

Search

New Thread

- Hola a tod@s**  
Created by Octavio Alejandro Bustos Castro · 9 hours ago 👁 0 💬 0
- Consulta Quiz, sobre enunciado (no quiero hacerlo mal)**  
Last post by isaias · 2 days ago 👁 1 💬 1
- Consulta sobre Factorización posibles 2 soluciones**  
Created by isaias · 3 days ago 👁 0 💬 0
- Duda de diferencia de cuadrados parte 1**  
Last post by Wilmer Hernandez · 6 days ago 👁 13 💬 1
- ejercicio**  
Created by Henry Piedra · 6 days ago 👁 3 💬 0
- no se**  
Instructor Replied Last post by MARIAJESUS MOLINA TORNEL · 8 days ago 👁 39 💬 10
- Consulta con problema de examen**  
Last post by isaias · 8 days ago 👁 4 💬 1

Figura 3. Página de comunicación o foros de consulta del curso CRA

Lessons

← All Course Content

Lesson 3 of 6:  
What is the Radius of Convergence?  
What is the Radius of Convergence?  
What is the Radius of Convergence?

▶ How Do I Find the Radius of Convergence? 3 min

▶ What if the Radius of Convergence is Infinite? 4 min

▶ What if the Radius of Convergence is Zero? 3 min

Practice Quiz:  
Practice Quiz: What is the Radius of Convergence? What is the Radius of Convergence? What is the Radius of Convergence? 3 questions

Previous Lesson Next Lesson

0:42 / 4:02

What if the Radius of Convergence is Infinite?

Figura 4. Página con lección del curso CRB

College Algebra

LESSON 33 PRACTICE > Not Equivalent

Which of the following equations is NOT equivalent to  $y = 2 + 2e^{x-3}$  ?

$\log\left(\frac{y-2}{2}\right) \log e = x - 3$

$\ln\left(\frac{y-2}{2}\right) = x - 3$

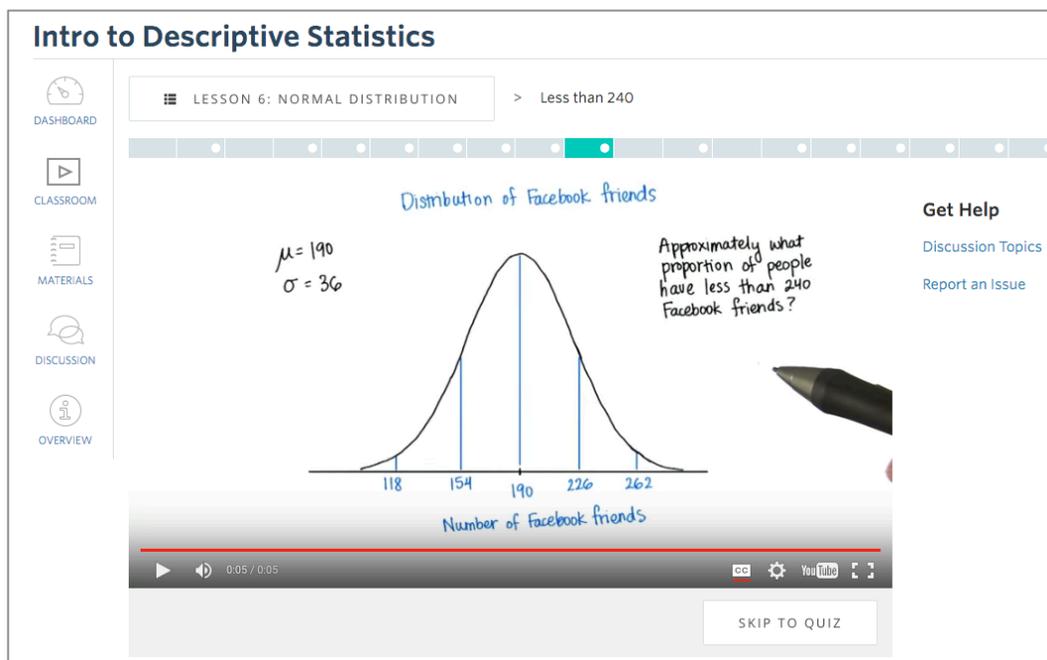
$\ln(y - 2) - \ln 2 = x - 3$

Get Help  
Discussion Topics  
Report an Issue

DASHBOARD  
CLASSROOM  
MATERIALS  
DISCUSSION  
OVERVIEW

SUBMIT ANSWER

Figura 5. Página de asignaciones del curso UYA



**Figura 6.** Página con lección del curso UYB

A continuación se muestran los resultados obtenidos con la aplicación de los test manuales de accesibilidad a las 36 páginas seleccionadas de los cursos MOOC.

**Tabla 4.** Porcentaje de páginas evaluadas que cumplen el criterio de accesibilidad manual indicado

<b>Criterio de accesibilidad manual</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>NA</b>
¿La página cuenta con algún dispositivo para aumentar y/o disminuir el tamaño de la fuente?	0%	100% (36)	0%
¿La reproducción de los sonidos de la página es adecuada y permite regular el volumen?	30,5% (11)	0%	69,5% (25)
¿La página conserva su estructura y legibilidad en la resolución dada?	100% (36)	0%	0%
¿Se pudo acceder a todas las opciones de la página	94,5%	5,5%	0%

con el uso de solo teclado?	(34)	(2)	
¿Se pudo acceder a todos los contenidos de la página en cada navegador?	100%	0%	0%
¿Se pudo acceder a todos los contenidos de la página con el uso de navegador alternativo <i>Lynx</i> ?	0%	100%	0%
¿La página presenta contraste apropiado (mayor o igual a 4.5:1)?	0%	100%	0%
¿La página se adapta a la resolución de móvil dada?	44,5% (16)	55,5% (20)	0%

### 3.2 TEST DE ACCESIBILIDAD AUTOMÁTICOS

---

En este apartado se exponen los resultados obtenidos con la aplicación de los test automáticos de accesibilidad a las páginas seleccionadas de los cursos MOOC.

Para la aplicación del test automático con *SortSite* se utilizó las páginas definidas para los cursos MOOC, disponibles por medio de la plataformas *Edx*, *Coursera* y *Udacity* en idioma inglés y español. Fecha de aplicación de los test: 29 de abril de 2016.

En la **Tabla 5** se muestran los problemas de accesibilidad encontrados con la aplicación del test automático con la herramienta *SortSite* a las páginas de los cursos MOOC. Se indica la cantidad de páginas y porcentaje que presentan alguno de los problema de accesibilidad encontrados.

**Tabla 5.** Cantidad y porcentaje de páginas con problemas de accesibilidad según el test automático

<b>Problemas de accesibilidad encontrado con test automático</b>	<b>% de páginas</b>
Presenta problemas de marcado, causa que los lectores de pantalla pierdan contenido. (Nivel A)	58,3% (21)
Identificar filas y columnas en tablas de datos que utilizan el elemento TH, y la disposición de tablas con role='presentation'. (Nivel A)	11,1% (4)
Esta página es difícil de leer para usuarios con problemas de aprendizaje o desordenes de lectura como dislexia. (Nivel A)	16,6% (6)
Una imagen con atributo ALT vacío no debe tener etiqueta TITLE o ARIA. (Nivel A)	2,7% (1)
Cada elemento A debe contener texto o un elemento IMG con el atributo ALT. (Nivel A)	16,6% (6)
No se encontró el atributo TITLE en los marcos de la página. (Nivel A)	8,3% (3)
El documento debe tener un título. (Nivel A)	27,7% (10)
Usar el atributo LANG para identificar el idioma de la página. (Nivel A)	58,3% (21)
Frases en diferente idioma deben estar dentro de SPAN o DIV con atributo LANG. (Nivel A)	2,7% (1)
El control del formulario no tiene nombre de ejecución que permita indicar a los lectores de pantalla su funcionamiento. (Nivel A)	11,1% (4)
Elementos IMG deben tener atributo ALT. (Nivel A)	19,4% (7)

Evitar el uso de target="_blank" para abrir una nueva ventana en los enlaces. (Nivel AA)	61,1% (22)
Crear páginas que sigan las recomendaciones de W3C. Esta página tiene errores de marcado. (Nivel AA)	94,4% (34)
No usar texto genérico como "Clic aquí" o "Leer más" en enlaces con texto, esto no indica nada sobre el destino del enlace cuando se utiliza un lector de pantalla. (Nivel AA)	13,8% (5)
Asegurar que exista suficiente contraste entre los colores del primer plano y segundo plano de la página. (Nivel AA)	38,8% (14)
Encabezados no deben estar vacíos. (Nivel AA)	5,5% (2)
Usar unidades relativas en lugar de absolutas en los atributos HTML. (Nivel AA)	11,1% (4)
Los encabezados deben de estar anidados correctamente. Por ejemplo, H2 debe estar después de H1, H3 después de H2 etc. (Nivel AA)	33,3% (12)
Cada sección de contenido debe empezar con algún elemento de encabezado (H1, H2, H3). Esta página no tiene encabezado. (Nivel AA)	5,5% (2)
Asegurar que exista un ratio de contraste de 7:1 entre los colores del primer plano y segundo plano de la página. (Nivel AAA)	44,4% (16)
Incluir atributos ABBR en elementos TH. (Nivel AAA)	8,3% (3)
Incluir elemento CAPTION o TITLE o SUMMARY para tablas de datos (pero no para tablas de diseño) (Nivel AAA)	8,3% (3)
Personas con problemas cognitivos (incluyendo dislexia) tienen gran dificultad para leer texto justificado (alineado a ambos márgenes). (Nivel AAA)	5,5% (2)
Proveer un mecanismo para saltar enlaces de navegación repetidos. (Nivel AAA)	8,3% (3)

### 3.3 EVALUACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO

---

En este apartado se exponen los resultados obtenidos con la aplicación de las pruebas de material didáctico a cada uno de los cursos seleccionados. Para la evaluación de material multimedia y documentos digitales se toma como base las pautas definidas en (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España, 2014a) y la plantilla incluida en (SamaRojo & Sevillano Asensio, 2012). Como se verá más adelante solo se realiza la prueba de material multimedia, ya que ninguno de los cursos presenta material digital (pdf o word) en sus contenidos.

---

#### 3.3.1 EVALUACIÓN DE MATERIAL MULTIMEDIA

---

Para la evaluación de material multimedia se contempla las pautas relacionadas con videos incrustados en la web. Además, para determinar el grado de accesibilidad se incluyen tres requisitos adicionales:

- **Nivel A.** Debe cumplir el requisito de “Transcripción en formato texto” y tener subtulado acorde a la Norma UNE 153010:201212.
- **Nivel AA.** Debe cumplir el nivel A y además, tener audiodescripción acorde a la Norma 153020:200513.
- **Nivel AAA.** Debe cumplir el nivel AA y además, tener interpretación de Lengua de Signos.

En la **Tabla 6** se muestra el cumplimiento de los requisitos de accesibilidad para contenido multimedia de los cursos MOOC seleccionados. La evaluación

---

12 Norma sobre Subtitulado para personas sordas y personas con discapacidad auditiva (AENOR, 2012).

13 Norma sobre Audiodescripción para personas con discapacidad visual. Requisito para la audiodescripción y elaboración de audioguías (AENOR, 2005).

detallada del cumplimiento de los criterios de la Norma UNE 153010:2012 para cada curso MOOC se encuentran en el Anexo 1. Evaluación de los criterios de la Norma une 153010:2012 a los cursos mooc seleccionados

**Tabla 6.** Cumplimiento de requisitos de accesibilidad para contenido multimedia

Requisitos de accesibilidad	EXA	EXB	CRA	CRB	UYA	UYB
El reproductor admite subtulado.						
Transcripción en formato texto.						
Subtitulado acorde a la Norma UNE 153010:2012.						
Interpretación de Lengua de Signos.						
El usuario puede controlar el volumen.						
El reproductor se puede controlar mediante teclado.						
Los botones o controles del reproductor pueden ser manipulados sin dificultad por personas son movilidad reducida.						
El reproductor admite audiodescripción.						
El reproductor es compatible con productos de apoyo, como lectores de pantalla.						
Los videos incrustados tienen texto alternativo.						
Audiodescripción acorde a la Norma 153020:2005.						

Nota: El color verde indica que el material multimedia del curso cumple el requisito y el color rojo indica que no lo cumple.

### 3.4 EVALUACIÓN DE CONTENIDO MATEMÁTICO

En este apartado se detalla los resultados obtenidos con la evaluación del contenido matemático en los cursos seleccionados. Para la realización de esta prueba se toma como base las páginas con lección del curso en video. Además, se toma en cuenta los contenidos disponibles en las páginas denominadas “página de asignaciones” correspondiente en cada curso. En la **Tabla 7** se muestra el cumplimiento de los requisitos de accesibilidad del contenido matemático para los cursos MOOC seleccionados.

**Tabla 7.** Cumplimiento de requisitos de accesibilidad de contenido matemático

<b>Requisitos de accesibilidad</b>	<b>EXA</b>	<b>EXB</b>	<b>CRA</b>	<b>CRB</b>	<b>UYA</b>	<b>UYB</b>
¿Cómo se representa el contenido matemático en la página?	Imágenes MATHML Video	MATHML Video	Latex Video	Latex Video	Imágenes Video	Imágenes Video
¿Los mecanismos de búsqueda pueden usar la información del texto?	Si	Si	Si	Si	No	No
¿Se proporciona una descripción de texto del contenido matemático representado en imágenes?	Si	NA	NA	NA	No	No
¿El contenido matemático puede ser ampliado o manipulado?	No	No	No	No	No	No
¿Los contenidos matemáticos se adaptan	Si	Si	Si	Si	Si	No

a las diferentes resoluciones de pantallas y son visibles correctamente?						
¿Los videos con contenido matemático presentan transcripción apropiada de las fórmulas?	Si	No	Si	Si	Si	Si
¿El contenido matemático puede ser interpretado como habla con el lector de pantalla?	No	No	Si	Si	No	No
¿La lectura del contenido matemático con el lector de pantalla corresponde a lenguaje natural que permita comprender su significado?	No	No	No	No	No	No
¿Es posible con solo la transcripción o los subtítulos interpretar correctamente la explicación de los videos (sin elementos visuales)?	No	No	Si	Si	No	No
¿Se brinda material	Si	No	Si	Si	Si	Si

adicional que permita interpretar el contenido de los videos?						
---	--	--	--	--	--	--

## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de accesibilidad aplicadas a los cursos seleccionados. Para sintetizar los resultados se toma como base la división según el tipo prueba (manual, automática, material didáctico y contenido matemático).

En la Tabla 4 se muestra el porcentaje y cantidad de páginas que cumplen, no cumplen o no aplican al criterio de accesibilidad manual indicado. De los ocho criterios evaluados solo tres no se cumplen en un 100% por ninguno de los cursos, es decir, ninguna página contiene algún elemento para manipular el tamaño de fuente (aunque se puede hacer zoom in y zoom out con el navegador). También, ninguno de los cursos pudo ser accedido por medio del navegador alternativo *Lynx*, no fue posible avanzar de la página principal en ninguno de los seis cursos. Así mismo, todas las 36 páginas evaluadas presentaron problemas de contraste entre los elementos, principalmente con fondo blanco y letras de color gris o celeste.

En cuanto al criterio de robustez, se tiene que el 100% de las páginas evaluadas pueden ser correctamente visualizadas en las cuatro resoluciones de pantalla de escritorio más utilizadas, así mismo, todos los contenidos de las páginas también fueron accesibles y visibles en los tres navegadores web convencionales más populares (Chrome, Firefox e Internet Explorer), solo se tuvo un mayor tiempo de carga para una de las páginas en los cursos de la plataforma *Coursera* cuando se utilizó Internet Explorer. Además, los contenidos (opciones de menú, botones de acción, reproductores de video, etc) del 94,5% de las páginas pudieron ser accedidos mediante el uso de solo teclado.

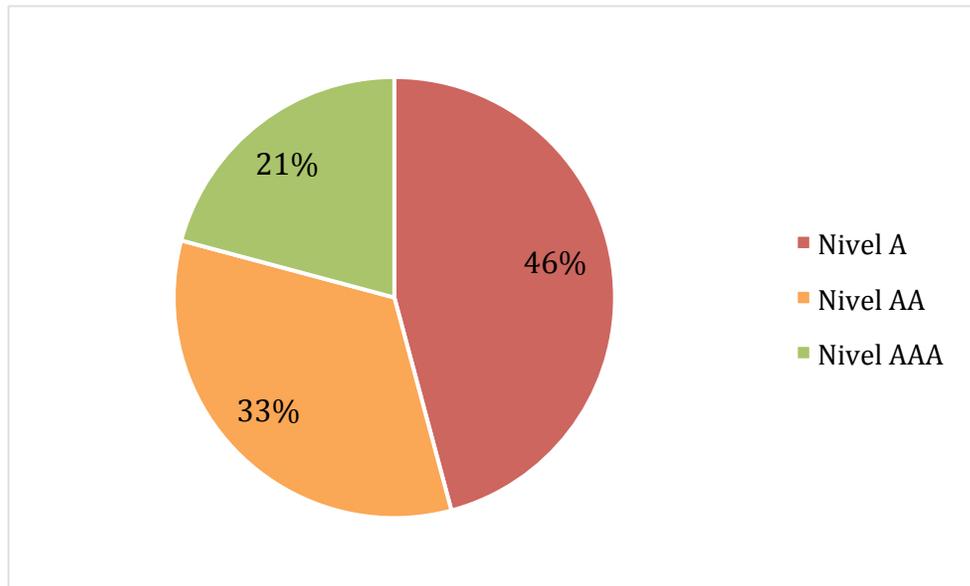
Además, aunque los cursos se visualizaron correctamente en resoluciones de pantalla para escritorio, no fue así para la resolución de móvil, donde solo el 44,5% de las páginas contaba con optimización para móviles, el restante 55,5%

no estaba optimizado, lo que causa problemas para visualizar los contenidos y acceder a las opciones del menú.

Por otra parte, con la aplicación del test automático se encontraron 24 problemas diferentes de accesibilidad, los cuales se catalogan en tres niveles: nivel A, los usuarios con requisitos de accesibilidad encontrarán imposible el uso de algunas páginas; nivel AA, los usuarios con requisitos de accesibilidad encontrarán dificultades en el uso de algunas páginas; y nivel AAA, los usuarios con requisitos de accesibilidad podrían encontrar alguna dificultad en el uso de algunas páginas.

En la Tabla 5 se detallan los problemas encontrados, donde además se indica la cantidad y porcentaje relativo de páginas que presentaron el problema descrito. Se destaca que el 94,4% de las páginas tiene problemas menores de marcado y el 58,3% tiene problemas mayores de marcado que podrían causar que los lectores de pantalla pierdan contenido.

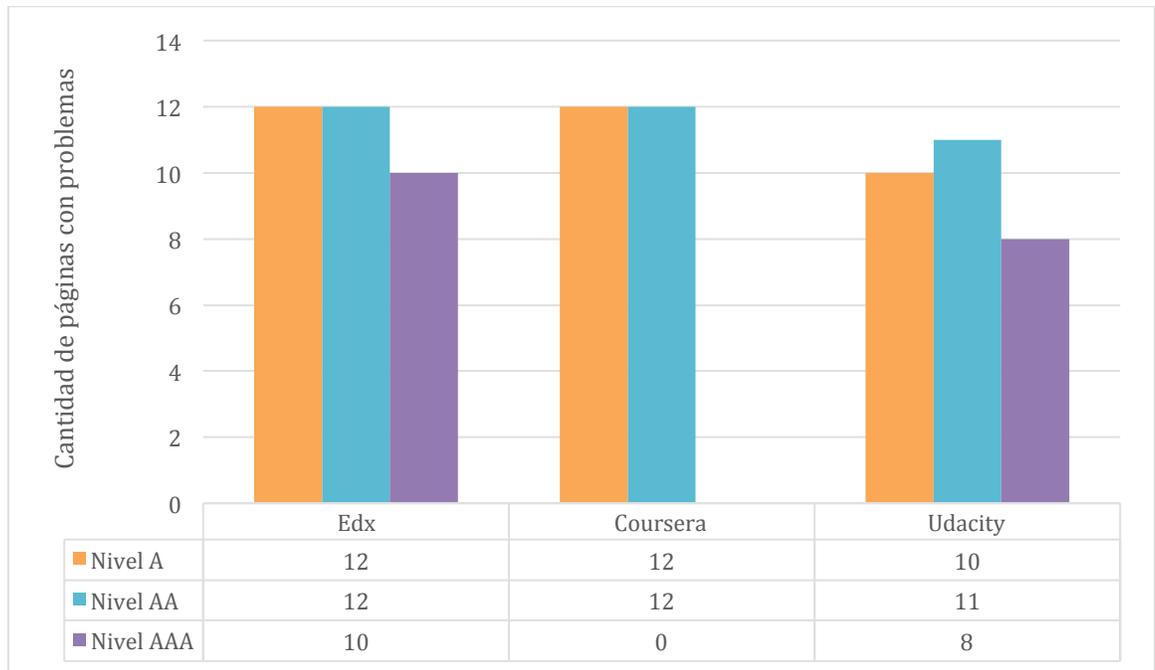
Además, del nivel A se encontró que el 58,3% de las páginas no utiliza el atributo LANG para identificar el idioma de la página, mientras que del nivel AA el 61,1% de las páginas debe evitar la opción de abrir los enlaces en una nueva ventana. Así mismo, del nivel AAA el problema más recurrente fue en un 44,4% donde las páginas presentaban algún elemento con contraste entre primer plano y segundo plano menor al recomendado.



**Figura 7.** Porcentaje de problemas de accesibilidad encontrados según su nivel

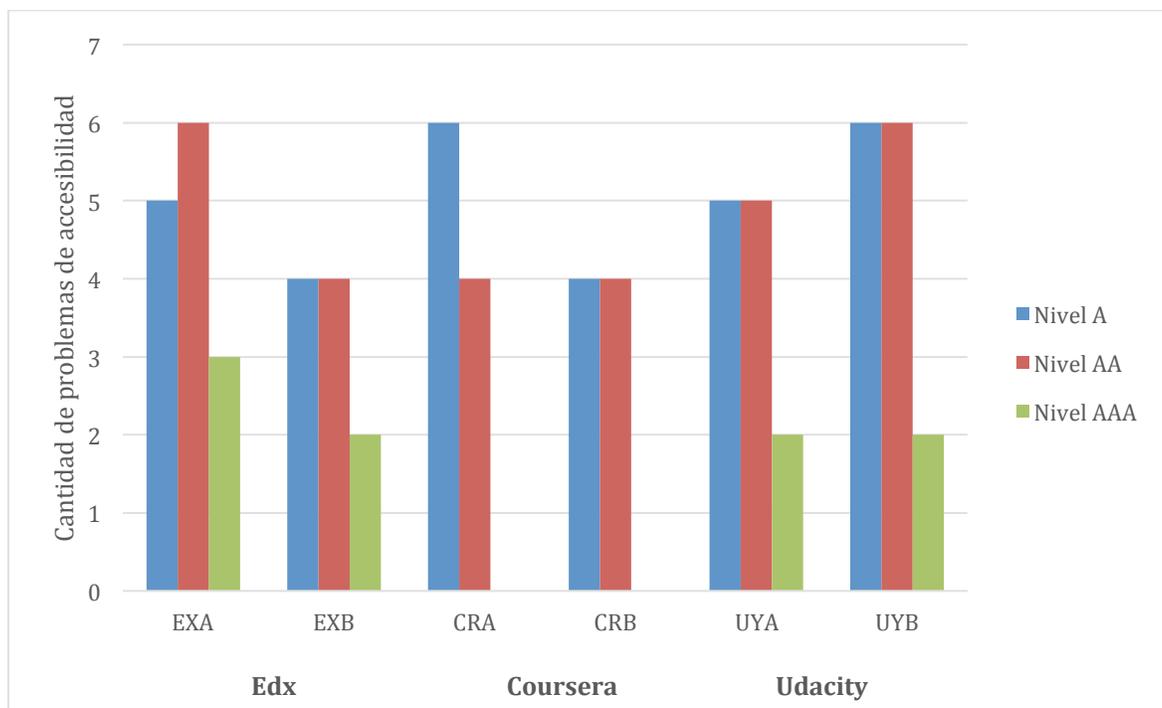
Según la descripción antes detallada de los niveles de accesibilidad y la Figura 7 se tiene que el 46% (equivalente a 11 problemas) corresponde a problemas de nivel A, el 33% a problemas de nivel AA y solo el 21% a problemas del nivel con prioridad menor. Esto demuestra que el 79% de los problemas de accesibilidad encontrados podrían causar en los usuarios con requisitos de accesibilidad imposible o muy difícil utilizar los contenidos de algunas páginas.

También, como se muestra en la Figura 8, el 94,4% (equivalente a 34) de las páginas presentaron algún problema de accesibilidad de nivel A y 97,2% (equivalente a 35) presentaron problemas de nivel AA. Por su parte, el 50% presentó algún problema de nivel AAA, donde se destaca que los cursos disponibles en la plataforma *Coursera* no tuvieron ningún problema de este nivel; en contraste el 100% de las páginas de ambos cursos en esta plataforma tuvieron problemas de niveles A y AA.



**Figura 8.** Cantidad de páginas con problemas de accesibilidad por nivel y plataforma

Cabe destacar que las páginas evaluadas de los cursos disponibles en la plataforma *Edx* presentan la mayor cantidad de problemas de accesibilidad (ver Figura 8), todas las páginas muestran algún problema de nivel A y AA, y 10 de las 12 páginas problemas de nivel AAA. En general las tres plataformas tienen problemas de nivel A y AA en todas o casi todas las páginas evaluadas.



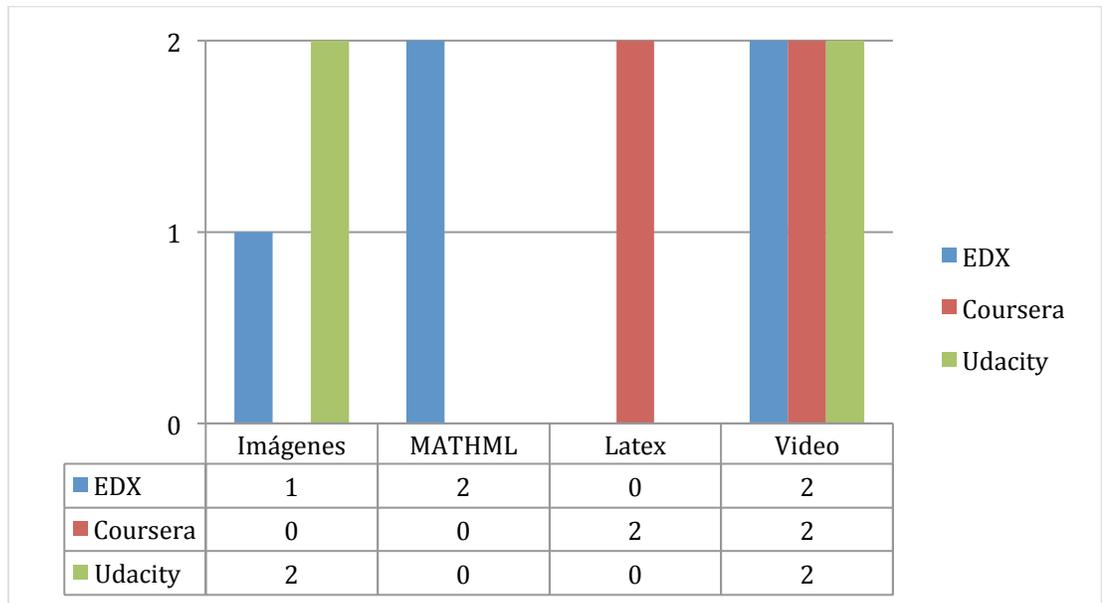
**Figura 9.** Cantidad de problemas de accesibilidad por nivel y curso

Adicionalmente, como se muestra en la Figura 9, de los 11 problemas de accesibilidad de nivel A encontrados en promedio 4 de ellos están presentes en los cursos evaluados y de los 8 problemas de nivel AA, en promedio 5 fueron encontrados en dichos cursos. Cabe resaltar que no se presentó ningún problema de nivel AAA en los cursos de la plataforma *Coursera*. En comparación los cursos que presentaron mayor cantidad de problemas fueron EDXA con 14 problemas, UYB también con 14 y UYA con 12.

En la Tabla 6 se muestra el cumplimiento o no de los requisitos de accesibilidad para el contenido multimedia de cada uno de los cursos. Se destaca que todos los cursos incluyen subtítulos en los videos, pero ninguno de ellos cumple con la norma UNE 153010:2012. También, todos los cursos incluyen transcripción del video en formato texto, ya se visible de manera simultánea en el video o para descargar en formato texto. Además, ningún curso incluye audiodescripción, por tanto no cumple la Norma 153020:2005. De igual manera, ninguno de los cursos evaluados incluye interpretación con lenguaje de signos.

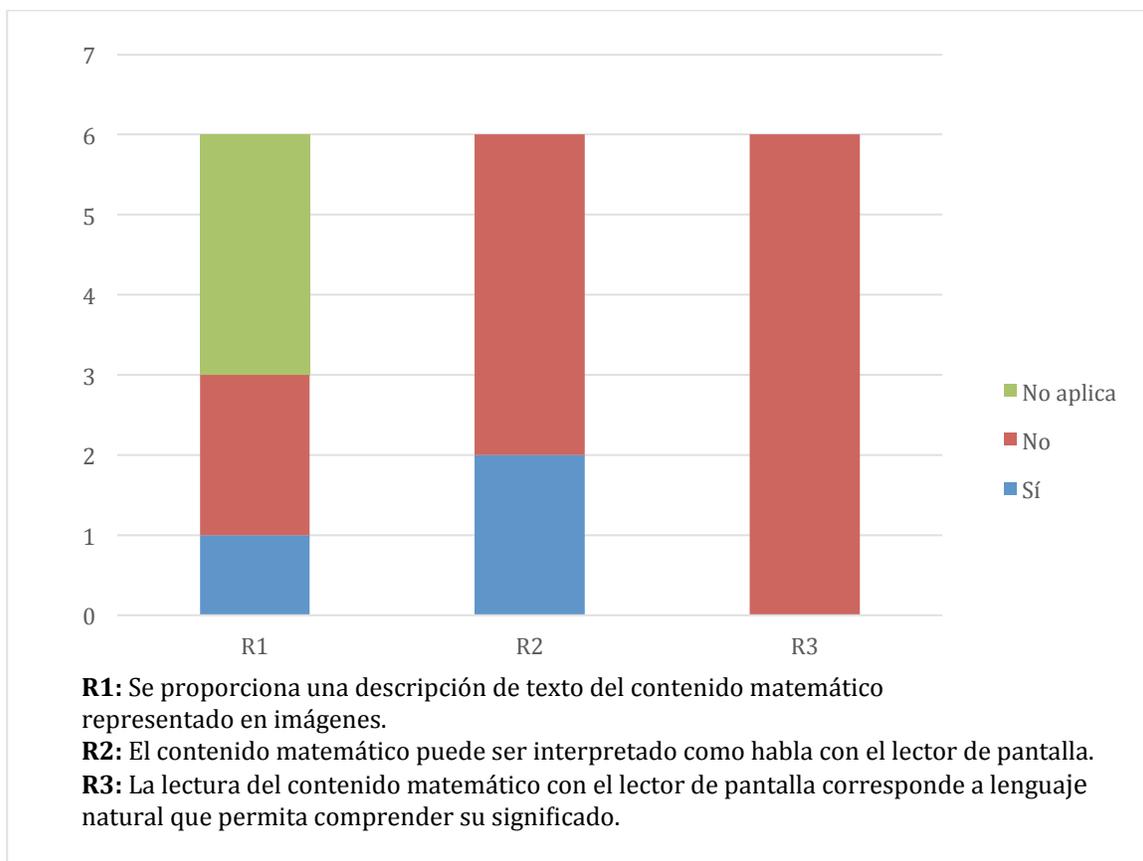
De lo anterior se tiene que los contenidos multimedia pueden ser accesibles dentro del sitio en cuanto a manejo y control, pero no son accesibles para personas con discapacidad visual o auditiva, ya que las transcripciones y subtítulos no recogen fielmente el contenido presentado y tienen fallas en su interpretación.

Por su lado, en la Figura 10 se muestran los diferentes formatos de contenido matemático presentes en los cursos evaluados. Por su naturaleza, todos los cursos presentan contenido matemático en las lecciones en video, lo cual vuelve crucial la evaluación del material multimedia analizado anteriormente. Cabe destacar que solo los cursos desarrollados en la plataforma *Edx* tienen su contenido matemático disponible en MATHML (recomendación de la W3C), lo cual supondría que sería el formato más accesible, pero como se mostrará más adelante no necesariamente es así. Además, se puede evidenciar que en cada plataforma los cursos muestran ejemplos de los tres formatos (imágenes, *Latex* y *MATHML*) para incluir contenido matemático en la web. Esto permite evaluar cuál de los tres ha sido mejor empleado, qué fallas presenta y las recomendaciones pertinentes a cada uno de ellos. El resumen de los resultados obtenidos en la evaluación de contenido matemático se encuentra en el Anexo 2. Resultados generales de la evaluación de los criterios de accesibilidad para contenido matemático



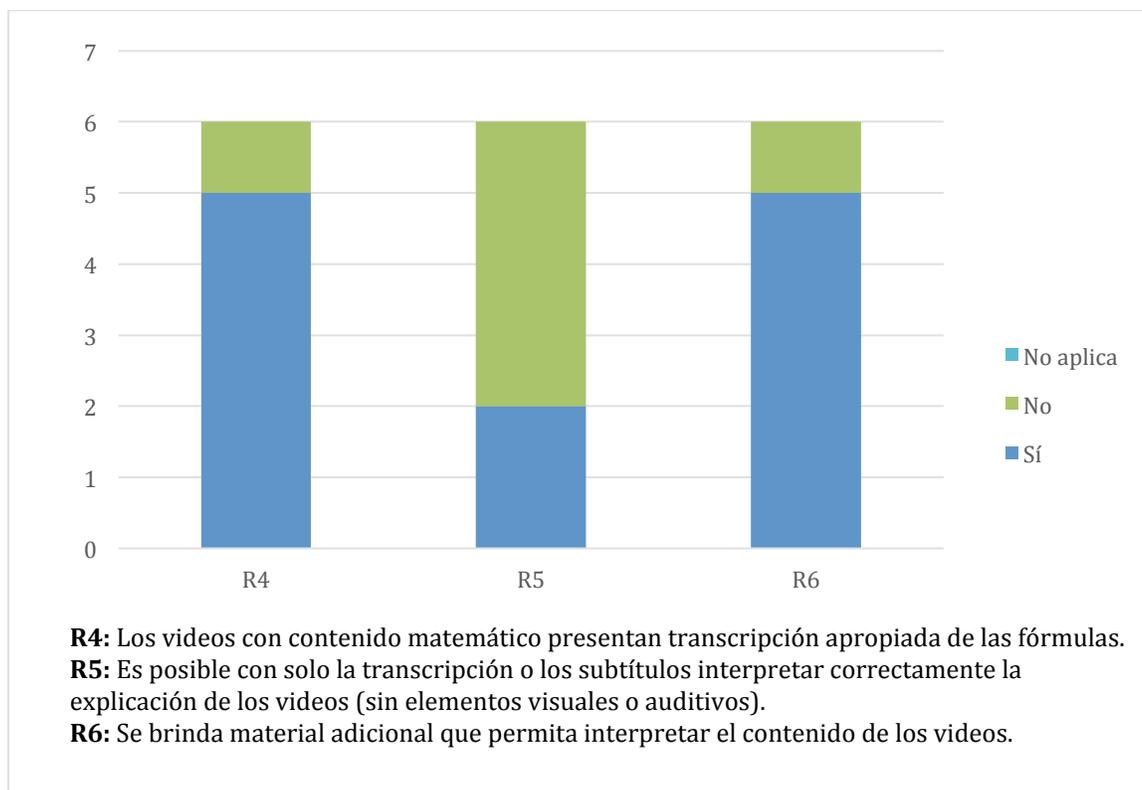
**Figura 10.** Formatos de contenido matemático presente en los cursos de cada plataforma

En la Figura 11 se muestra la cantidad de cursos que cumplen alguno de los tres requisitos de accesibilidad catalogados para contenido en la web. Se puede ver que solo un curso de los tres que tienen contenido matemático representado en imágenes, incluye texto alternativo. Además, solo dos de los cursos se permite la interpretación del contenido matemático por medio del lector de pantalla, aunque este fue de manera parcial y con errores graves de interpretación.



**Figura 11.** Cantidad de cursos que cumplen alguno de los requisitos de accesibilidad de contenido matemático disponible en las páginas web

Por su parte, para personas con discapacidad auditiva se vuelve crucial la correcta inclusión de subtítulos y transcripciones de los contenidos matemáticos representados en video. En la Figura 12 muestra los cursos que cumplen o no los requisitos catalogados para contenido multimedia, aquí se observa que cinco de los seis cursos presentan una transcripción adecuada de los contenidos matemáticos disponibles en video. Ahora bien, dejando de lado los elementos visuales, un correcto subtítulo debería describir los elementos contextuales que aparecen en el video, lo cual no se cumple en dos de los cursos. Finalmente, se tiene que cinco de los cursos sí incluye material adicional que podría facilitar la interpretación de accesibilidad del contenido presentado en los videos.



**Figura 12.** Cantidad de cursos que cumplen alguno de los requisitos de accesibilidad de contenido matemático para personas con discapacidad auditiva

De los problemas de accesibilidad encontrados durante la aplicación de todas las pruebas de accesibilidad realizadas, los más destacados se detallan y clasifican en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Clasificación general de los problemas de accesibilidad encontrados

#	Descripción del problema de accesibilidad
1.	Las páginas evaluadas no cuentan con algún dispositivo para aumentar y/o disminuir el tamaño de la fuente. (P)
2.	No fue posible el acceso a los cursos por medio del navegador alterno de solo texto <i>Lynx</i> .
3.	Todas las páginas evaluadas presentan problemas de contraste del

	primer plano respecto al segundo plano.
4.	Más del 50% de las páginas no se adaptan a dispositivos móviles.
5.	Problemas en el marcado de las páginas que podría causar fallas en los lectores de pantalla.
6.	No se utiliza el atributo LANG para identificar el idioma de la página.
7.	Evitar el uso de target="_blank" para abrir una nueva ventana en los enlaces.
8.	Usar unidades relativas en lugar de absolutas en los atributos HTML.
9.	Cada elemento A debe contener texto o un elemento IMG con el atributo ALT.
10.	No se encontró el atributo TITLE en los marcos de la página.
11.	Las páginas presentan errores menores de marcado.
12.	Los encabezados deben de estar anidados correctamente. Por ejemplo, H2 debe estar después de H1, H3 después de H2 etc.
13.	Esta página es difícil de leer para usuarios con problemas de aprendizaje o desordenes de lectura como dislexia.
14.	No usar texto genérico como "Clic aquí" o "Leer más" en enlaces con texto, esto no indica nada sobre el destino del enlace cuando se utiliza un lector de pantalla.
15.	Personas con problemas cognitivos (incluyendo dislexia) tienen gran dificultad para leer texto justificado (alineado a ambos márgenes).
16.	Proveer un mecanismo para saltar enlaces de navegación repetidos.
17.	Los videos de los cursos no tienen subtítulo acorde a la Norma

	UNE 153010:2012.
18.	Los videos carecen de interpretación de Lengua de Signos.
19.	Los videos no tienen audiodescripción y por tanto no cumple la Norma 153020:2005.
20.	Los videos incrustados no tienen texto alternativo.
21.	Se recomienda el uso de MATHML para incluir contenidos matemáticos en páginas web.
22.	Algunos videos con contenido matemático no presentan transcripción o subtítulos apropiados de las fórmulas.
23.	No se proporciona una descripción de texto del contenido matemático representado en imágenes.
24.	No se proporciona una descripción de texto del contenido matemático representado en imágenes.
25.	Los contenidos matemáticos no pueden ser interpretados como habla con el lector de pantalla.
26.	La lectura del contenido matemático con el lector de pantalla no corresponde a lenguaje natural, lo cual dificulta comprender su significado.
27.	No es posible con solo la transcripción o los subtítulos interpretar correctamente la explicación de los videos (sin elementos visuales o auditivo).

**Nota:** el color rojo indica problemas de accesibilidad relacionados con la plataforma donde se alojan los cursos, el amarillo están ligados con el diseño del curso y/o material didáctico, el color morado indica problemas que afectan la comprensión del contenido matemático y el color verde señala fallas que sin son corregidas podrían mejorar la experiencia de los usuarios.

Por su parte, es importante considerar el acceso a la plataforma desde el registro del usuario, lo cual fue posible con el uso de los diversos navegadores convencionales, también por medio de dispositivos móviles y con el uso de solo teclado. Donde se presentó problemas en todos los cursos fue con el acceso por medio del navegador de solo texto (Lynx), de manera que no se fue posible pasar del formulario de registro en las tres plataformas evaluadas.

Por la naturaleza de los cursos (MOOC), en todos intervienen videos y páginas HTML, no así documentos en formato WORD o PDF. Los elementos que presentaron mayor problemas fueron las páginas en HTML, los cuales van desde fallas en el marcado, falta de etiquetas de texto alterno e idioma de la página, entre otros fallos menores. Este asunto es de mayor seriedad, ya que, en su mayoría, compete a la plataforma donde se desarrollan los cursos y no al diseño propiamente. En este sentido, se pueden recomendar mejoras y pautas para evitar los problemas de diseño en el material HTML y videos.

De los 27 problemas de accesibilidad más recurrentes en los cursos (ver Tabla 8), 9 de ellos están asociados a la plataforma donde se alojan, 8 se relacionan con el diseño del curso o el material educativo, 5 con el contenido matemático y los restantes 5 son asuntos menores que se podrían corregir fácilmente para mejorar la experiencia de los usuarios. Esto permite hacer una separación rápida de los problemas que podrían ser corregidos desde el diseño de los cursos y otros que competen a los desarrolladores de las plataformas donde se alojan. También, cabe destacar que aunque la cantidad de problemas relacionados con el contenido matemático es menor al resto, son fallas consideradas graves para la accesibilidad de los contenidos matemáticos, debido a la alta relevancia que tienen en los cursos que juega un factor importante para el éxito o fracaso de los estudiantes dentro del curso.

Los fallos relacionados con accesibilidad de los contenidos matemáticos disponibles en cursos MOOC podrían ser solventados con recomendaciones y

pautas específicas para su diseño, tomando en cuenta las diferentes representaciones disponibles: *HTML* (*MATHML*, *Latex* o imágenes) y Video.

En el siguiente capítulo se exponen las conclusiones de este trabajo, basadas en los objetivos planteados, los resultados obtenidos con la implementación de las pruebas de accesibilidad realizadas (automáticas, manuales, de material educativo y contenido matemático) y el análisis aquí mostrado.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

En este capítulo se exponen las conclusiones obtenidas del análisis de los resultados realizado en el capítulo anterior, así como las recomendaciones derivadas de dichas conclusiones.

## 5.1 CONCLUSIONES

---

Después de desarrollar todas las pruebas de accesibilidad planteadas en la metodología de este trabajo, surgieron diversos hechos, los cuales se resumen a manera de conclusiones:

- Ninguno de los cursos evaluados cuenta con algún dispositivo para manipular el tamaño de la fuente de los textos de las páginas, esto supone que los desarrolladores dejan esta funcionalidad en manos del navegador web que el usuario utilice.
- No fue posible acceder a los cursos MOOC por medio del navegador alternativo de solo texto *Lynx*, esto muestra que los contenidos dinámicos de las plataformas no contempla el uso de estos dispositivos de apoyo. Lo más grave es que no fue posible avanzar de la página de inicio de las tres plataformas evaluadas: *EDX*, *Coursera* y *Udacity*.
- Tanto en la evaluación manual como en la automática se presentaron problemas de contraste entre primer plano y segundo plano, especialmente en los enlaces y menús de las páginas evaluadas.
- Aunque las plataformas donde se alojan los cursos tienen páginas de inicio que se adaptan a móviles, no en todas se adaptan las páginas internas de los cursos. En el caso de la plataforma *Coursera*, además de adaptarse a móviles cuenta con una aplicación móvil propia que resuelve cualquier falla que se pueda presentar, en cuanto a *Edx* y *Udacity* no se adaptan a la resolución de dispositivos móviles y tampoco tienen una aplicación móvil para este fin.

- Con la aplicación de la prueba automática de accesibilidad se encontró un alto número de páginas con problemas catalogados de nivel A (para los seis cursos evaluados), lo cual corresponde a que los usuarios con requisitos de accesibilidad encontrarán imposible el uso de algunas páginas. Así mismo estos problemas están relacionados con la plataforma donde se alojan los cursos, esto hace más difícil identificar pautas o recomendaciones para solventar estos fallos. Uno de ellos se la ausencia de la etiqueta LANG, lo cual provoca que programas como JAWS o NVDA no pueden identificar el idioma para realizar la interpretación mediante habla.
- La evaluación del material multimedia presente en los cursos permitió identificar que aunque todos los videos de los cursos tienen subtítulos, ninguno cumple con la Norma UNE 153010:2012, lo cual hace que los subtítulos no sean accesibles para personas con discapacidad.
- En ninguno de los cursos evaluados, y en general en los cursos disponibles de matemática, no se proporciona interpretación de los videos por medio de Lengua de Signos. Este elemento de apoyo sería fundamental para la correcta interpretación de los contenidos matemáticos y garantizar el éxito de los estudiantes.
- Ninguno de los cursos evaluados presenta audiodescripción en los videos, por lo tanto no fue posible la evaluación de los criterios de la Norma UNE 153020:2005.
- Los contenidos multimedia pueden ser accesibles dentro del sitio en cuanto a manejo y control, pero no son accesibles para personas con discapacidad visual o auditiva, ya que las transcripciones y subtítulos no recogen fielmente el contenido presentado y tienen fallas en su interpretación.
- Aunque el formato recomendado por W3C para incluir texto matemático en páginas HTML es MATHML, solo dos de los cursos lo implementan (los disponibles en la plataforma Edx). De igual

forma, a pesar del uso de MATHML y que la interpretación visual era correcta, no fue posible interpretar los contenidos matemáticos por medio del lector de pantalla, ni de manera parcial, como fue el caso de los cursos alojados en la plataforma de *Coursera*, los cuales se interpretaron mediante habla pero de manera aislada y no continua carácter por carácter.

- Al evaluar cursos de distintas plataformas se pudo comprobar si los problemas encontrados tenían que ver propiamente con la plataforma o con el diseño de los cursos. En primer lugar fue interesante descubrir las diferencias entre un curso y otro desarrollado en la misma plataforma, lo cual indica que carecen estándares estrictos para la inclusión de cursos en la misma plataforma. Tal es el caso de los cursos alojados en *Coursera*, fueron los que presentaron mayores diferencias en cuanto al diseño de los materiales multimedia y el curso en general. También, uno de los cursos alojado en *Edx* mostraba problemas de textos HTML justificados, lo cual se detectó como una falla que podría causar dificultad para leer a personas con problemas cognitivos (como dislexia).
- Los cursos alojados en la plataforma *Udacity* presentaban los contenidos matemáticos en imágenes, pero de manera agrupada para todo el ejercicio o problema a resolver, además, carecen de texto alternativo, lo que hizo imposible su interpretación con el lector de pantalla.
- Aunque algunos contenidos matemáticos fueron interpretados parcialmente con el lector de pantalla, ninguno corresponde a lenguaje que permitiera comprender el significado de las expresiones dadas.
- Una correcta locución de los videos debería describir los elementos contextuales, lo cual implicaría un subtítulo y transcripción adecuados (si siguen las normas establecidas), pero esto no se

cumple en ninguno de los cursos. Si la locución no es descriptiva, entonces se debería apoyar este aspecto con el subtítulo, pero esto tampoco se contempla en los cursos evaluados.

- La mayor cantidad de los problemas de accesibilidad detectados están asociados a la plataforma donde se alojan los cursos MOOC, es decir, los fallos de esta índole deben ser solventados por los desarrolladores de las respectivas plataformas, lo cual conlleva un proceso más lento y complicado de abordar si se tratara del diseño de los cursos. Esto es de gran relevancia, ya que los problemas de este tipo fueron catalogados de nivel A y crean grandes fallas de accesibilidad para los usuarios con alguna discapacidad.
- Los problemas detectados de accesibilidad asociados al diseño de los cursos y el material didáctico son menores para las páginas en HTML, pero para los videos se deben seguir pautas más estrictas que garanticen el acceso a todos los usuarios.
- **Los fallos de accesibilidad de los contenidos matemáticos se evidenciaron en todas las representaciones disponibles (imágenes, MATHML, Latex y video), esto demuestra la carencia de normas o pautas que permitan diseñar cursos con contenidos matemáticos accesibles para todos los usuarios. Aunque existe una recomendación de utilizar MATHML, no todas las plataformas lo implementan, por lo cual debería existir una guía que muestre alternativas y usos correctos de las otras representaciones, siendo este asunto más crítico al tratarse de MOOC, por su alto contenido multimedia.**
- Para cursos MOOC no existen recomendaciones específicas de accesibilidad (existen pautas generales como las WCAG 2.0 y recomendaciones para material didáctico accesible), hay estudios sobre la accesibilidad de MOOC y plataformas MOOC, así también, se han realizado propuestas de metodología para evaluar la accesibilidad de este tipo de cursos.

- **Hay pautas generales de la W3C para incluir contenido matemático en la web, donde se recomienda el uso de MATHML. Esta recomendación, aunque muy útil como primer iniciativa, no detalla sobre contenido matemático incluido en otros formatos, así como métodos para su validación.**
- Se comprueba la hipótesis planteada en la metodología de este trabajo: “los cursos MOOC, al ser diseñados para un grupo de usuarios muy heterogéneo, en general, presentan mayores problemas de accesibilidad, los cuales se enfatizan en cursos con alto contenido matemático”.

## 5.2 RECOMENDACIONES GENERALES

---

A continuación se describen las recomendaciones generales obtenidas con la realización de este proyecto, las cuales brindan una guía y ayuda a desarrolladores e investigadores que inicien con alguna de las etapas en la implementación de cursos MOOC de matemática o cualquier área de especialidad relacionada:

- Se recomienda incorporar un mecanismo propio que permita manipular el tamaño de fuente de los textos de las páginas de los cursos en general.
- Se debe garantizar el acceso por medio de cualquier dispositivo (computadora o dispositivo móvil), por tanto se recomienda realizar pruebas de adaptación a las diferentes resoluciones de móviles. Aunque esto es trabajo de las plataformas donde se alojan los cursos es importante tener el indicador para advertir a los estudiantes que podrían tener dificultades si acceden al curso con algún dispositivo móvil.

- Los fallos relacionados con la plataforma no pueden ser solucionados por los diseñadores de los cursos, esto pone mayor énfasis en crear diseños y materiales didácticos accesibles para todos los usuarios y dejar en manos de los desarrolladores de las plataformas la incorporación paulatina de las mejoras de accesibilidad.
- Se debe hacer énfasis en el uso de una plantilla para contenidos multimedia, la cual permita garantizar la accesibilidad mínima de los contenidos que ahí se exponen. Aunque ya existe la Norma UNE 153010:2012 no se pone en práctica de manera rigurosa en los cursos MOOC. Esto debe ser un aspecto crítico para este tipo de cursos pues tienen una gran carga de videos en sus contenidos.
- Aunque se conoce la inversión económica, tecnológica e intelectual que conlleva la inclusión de lenguaje de signos en los videos de los cursos, se recomienda su uso como medida para alcanzar el nivel de accesibilidad AAA.
- Se recomienda incluir audiodescripción en los videos presentes en los cursos, así mismo es de suma importancia cumplir los criterios de la Norma UNE 153020:2005, con el objetivo de garantizar la accesibilidad de la audiodescripción.
- Con el objetivo de garantizar el acceso a los videos, se debe contar con una transcripción fiel y adecuada del material multimedia. Esto permitirá tanto su acceso como su correcta interpretación, ya que al ser videos con fines educativos se debe propiciar la correcta transferencia de los conocimientos y minimizar cualquier error de interpretación que conlleve a problemas en el aprendizaje de los contenidos.
- Para los contenidos matemáticos en formato de imagen (como en el caso de los cursos de *Udacity*) se debe incluir el texto alternativo con una descripción que permita interpretar correctamente la expresión presentada. Además, se recomienda incluir cada expresión en una

imagen por separado, de manera que sea más sencillo de describir partes de una expresión más compleja.

- Los contenidos matemáticos en *Latex* se pueden incorporar por medio de imágenes (en este caso se toma la recomendación del punto anterior) o su interpretación en HTML, para este otro caso se recomienda incorporarlo según el estándar MATHML.
- Al tratarse de MOOC los contenidos en video es lo más importante dentro del curso, y no solo material de apoyo, como sucede en cursos virtuales tradicionales. De esta manera, se debe prestar atención a los detalles visuales de los videos: el tipo y tamaño de letra, las imágenes y su resolución, así como la posición de los mismos. También, se debe cuidar los detalles sonoros: música de introducción, locución del narrador del video, descripción de los elementos en pantalla.

### 5.3 GUÍA PARA DISEÑO DE MOOC ACCESIBLES PARA MATEMÁTICAS

---

En este apartado se exponen recomendaciones para el diseño de cursos MOOC accesibles con alto contenido matemático. Inicialmente se mencionan algunas recomendaciones generales sobre el diseño accesible para cursos virtuales, luego se detalla recomendaciones puntuales para cada tipo de contenido web presente en MOOC, derivado de los resultados obtenidos en este trabajo. Finalmente, se exponen guías de accesibilidad para contenido matemático en formato multimedia.

---

### 5.3.1 GENERALES

---

Para el diseño e implementación de cursos virtuales tradicionales accesibles ya existen diversas guías y pautas que detallan cada aspecto. Pero en general se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Para la creación y validación de contenido web accesible se pueden seguir las recomendaciones en (Universidad de Alcalá, 2015). Así mismo, se deben seguir las pautas de accesibilidad WCAG 2.0 establecidas en (Caldwell, Cooper, Reid, & Vanderheiden, 2008).
2. Para la elaboración de material didáctico (contenido digital y multimedia) se pueden seguir las recomendaciones en (Universidad de Alcalá, 2015) y (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España, 2014a).

Como se menciona en las conclusiones de este documento, existen diversos estudios sobre la accesibilidad de MOOC y las plataformas que los alojan, pero aún no se tiene una guía integrada de recomendaciones de accesibilidad para MOOC, y menos aún alguna que tome en cuenta la accesibilidad del contenido matemático en este tipo de cursos.

---

### 5.3.2 CONTENIDO MATEMÁTICO WEB

---

Para inclusión de contenido matemático en la web existen pautas generales de accesibilidad según el formato de la expresión.

**Texto:** Para las expresiones simples que se incluyen dentro del texto de la página web se recomienda lo siguiente:

- Identificar las variables a utilizar dentro del texto. Por ejemplo, en la ecuación  $F = m \cdot a$ , indicar que  $F$  es fuerza,  $m$  es masa y  $a$  aceleración.

- En las expresiones simple se debe utilizar variables comúnmente empleadas. Por ejemplo,  $x + y = z$ .

Cuando la expresión sea más compleja se puede presentar por medio de Latex (o Tex), MATHML o imágenes.

**Latex o Tex:** Este sería el formato de entrada y la manera de mostrarlo en el navegador dependerá de la plataforma donde se aloje el curso. Las opciones pueden ser: conversión a MATHML, HTML o imágenes.

- Se recomienda habilitar la opción de incluir el código *Latex* en la etiqueta ALT.
- Si el formato de salida son imágenes se deben seguir las recomendaciones específicas de este formato.
- Para la conversión a MATHML, verificar que sea código válido. Y seguir las recomendaciones de este formato específico.

**MATHML:** Este sería un formato de salida que incluyen algunas plataformas que alojan cursos MOOC. Los sistemas se encargan de definir un formato de entrada (Latex, editor enriquecido<sup>14</sup> u otro), luego realizan la conversión a MATHML, por lo tanto se recomienda:

- Verificar con el validador W3C<sup>15</sup> la correcta estructura del código MATHML generado por la plataforma.
- Incluir información sobre herramientas de apoyo recomendadas (navegadores alternativos, extensiones, lectores de pantalla)

---

<sup>14</sup> Editor WYSIWYG: What You See Is What You Get

<sup>15</sup> <https://validator.w3.org/>

específicas que permiten la correcta interpretación de los contenidos matemáticos.

**Imágenes:** Este también es un formato de salida que puede ser generado por código *Latex*, *MATHML*, editores *WYSIWYG*, inserción directa, entre otros.

Para este formato se recomienda:

- Inclusión de la etiqueta *ALT* con su respectivo texto, el cual debe ser en lenguaje natural y que permita la correcta interpretación de la expresión dada.
- El texto de la etiqueta *ALT* se debe incluir en el idioma original del curso.
- Las imágenes deben tener una resolución de 72 ppp (píxeles por pulgadas). Para contenido web una imagen con mayor resolución implicaría mayor tiempo de carga y sin un aumento considerable en la calidad, y una resolución mucho menor podría generar mala calidad en la imagen.
- Usar fondo blanco (o transparente) con texto en color negro. Esto para garantizar el contraste mínimo recomendado entre primer plano y segundo plano de la imagen.

---

### 5.3.3 CONTENIDO MATEMÁTICO MULTIMEDIA

---

En este documento se ha explorado las recomendaciones de accesibilidad para contenido multimedia, las cuales también son pertinentes, pero no suficientes para interpretar contenido matemático dentro del material multimedia.

Para esto se establecen las siguientes pautas:

- Incluir subtítulo acorde a la Norma UNE 153010:2012.
- Incluir audiodescripción acorde a la Norma UNE 153020:2005.
- Incluir transcripción de la locución del video.

- La locución debe incluir descripción de los elementos visuales expresados en el video. Se debe describir las expresiones matemáticas mostradas en pantalla y evitar frases como: “en la siguiente expresión”, “se obtiene este resultado”, “simplifiquemos la expresión”, etc.
- Indicar el significado y uso de las variables de manera explicita. Por ejemplo: “En este video vamos a utilizar las variables equis, ye y zeta para denotar las expresiones matemáticas”.
- En la transcripción y subtulado se debe escribir el nombre de las variables (como se pronuncian). Para  $x$  se escribe equis, para  $z$  se escribe zeta y así para otras variables.
- Utilizar la notación internacionalmente aceptada (ISO 80000-2:2009)<sup>16</sup> para expresar contenido matemáticas. Por ejemplo: usar las últimas letras del alfabeto  $x$ ,  $y$  y  $z$  para variables en expresiones algebraicas. Usar  $a$ ,  $b$  y  $c$  para denotar constantes. Uso exclusivo de  $r$  para denotar el radio de una expresión. Las letras  $f$ ,  $g$  y  $h$  para denotar funciones; etc.
- Esta misma norma (ISO 80000-2:2009) establece el formato visual para denotar contenido matemático. Donde se indica el uso de cursiva para las variables y la tipografía utilizada para su representación.

## TRABAJO FUTURO

---

En cuanto al trabajo futuro de esta investigación se proponen los siguientes tópicos:

---

<sup>16</sup> <http://www.ise.ncsu.edu/jwilson/files/mathsigns.pdf>

- Realizar pruebas de accesibilidad de MOOC con contenido matemático a usuarios concretos: personas con discapacidad visual y auditiva.
- Realizar pruebas de accesibilidad de solo contenido matemático en un número mayor de cursos. Esto permitirá ampliar el tipo de formatos de entrada y salida en los cursos y sus respectivos problemas de accesibilidad.
- Investigar sobre la relación entre el grado de accesibilidad de un curso MOOC de matemática y su tasa de aprobación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- AENOR. (2012). *UNE-153010: 2012. Norma sobre Subtitulado para personas sordas y personas con discapacidad auditiva*. Madrid, España. Recuperado a partir de [http://implantecoclear.org/documentos/accesibilidad/UNE\\_153010\\_2012.pdf](http://implantecoclear.org/documentos/accesibilidad/UNE_153010_2012.pdf)
- AENOR, N. (2005). *UNE-153020:2005. Norma sobre Audiodescripción para personas con discapacidad visual*. Madrid, España. Recuperado a partir de [http://www.aenor.es/aenor/normas/buscadornormas/resultadobuscnormas.asp#.Vz4Y\\_BWDFBc](http://www.aenor.es/aenor/normas/buscadornormas/resultadobuscnormas.asp#.Vz4Y_BWDFBc)
- Alario-Hoyos, C., Bote-Lorenzo, M. L., Gómez-Sánchez, E., Asensio-Pérez, J., Vega-Gorgojo, G., & Ruiz-Calleja, A. (2013). Enhancing Learning Environments by Integrating External Applications. *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*, 15(1), 21.
- Al-Mouh, N. A., Al-Khalifa, A. S., & Al-Khalifa, H. S. (2014). A First Look into MOOCs Accessibility. En *Computers Helping People with Special Needs* (pp. 145–152). Springer. Recuperado a partir de [http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-08596-8\\_22](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-08596-8_22)
- ALONSO, S. H., SÁEZ, A. M., & PICOS, A. P. (2004). ¿ Por qué se rechazan las matemáticas? Análisis evolutivo y multivariante de actitudes relevantes hacia las matemáticas. *Revista de educación*, (334), 75–95.

Anderson, A., Huttenlocher, D., Kleinberg, J., & Leskovec, J. (2014). Engaging with massive online courses. En *Proceedings of the 23rd international conference on World wide web* (pp. 687–698). ACM. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2568042>

Artigue, M. (2002). Learning Mathematics in a CAS Environment: The Genesis of a Reflection about Instrumentation and the Dialectics between Technical and Conceptual Work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 245-274. <http://doi.org/10.1023/A:1022103903080>

Artigue, M. (2011). Tecnología y enseñanza de las matemáticas: desarrollo y aportes de la aproximación instrumental. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, (8). Recuperado a partir de <http://www.cimm.ucr.ac.cr/ojs/index.php/CIFEM/article/view/669>

Ávila, M. P. C., Chourio, E. D., Carniel, L. C., & Vargas, Z. Á. (2011). El software matemático como herramienta para el desarrollo de habilidades del pensamiento y mejoramiento del aprendizaje de las matemáticas / The mathematic software as a tool for developing thinking skills and improving the learning of mathematics. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 7(2). Recuperado a partir de <http://revista.inie.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/212>

Bali, M. (2014). MOOC pedagogy: gleaning good practice from existing MOOCs. *Journal of Online Learning and Teaching*, 10(1), 44.

- Belanger, Y., & Thornton, J. (2013). Bioelectricity: A quantitative approach Duke University's first MOOC. Recuperado a partir de <http://dukespace.lib.duke.edu/dspace/handle/10161/6216>
- Bergmann, J. C., & Grané, M. (2013). La universidad en la nube. Recuperado a partir de <http://www.e-uaem.mx:8080/handle/123456789/151>
- Bri, D., Coll, H., García, M., Lloret, J., Mauri, J. L., Zaharim, A., ... others. (2008). Analysis and comparative of virtual learning environments. En *WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering*. WSEAS. Recuperado a partir de <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2008/crete/education/education49.pdf>
- Bujak, K. R., Baker, P. M., & DeMillo, R. A. (2012). The Evolving University: Disruptive Change and Institutional Innovation. Recuperado a partir de [http://c21u.gatech.edu/sites/default/files/u21/C21U\\_22012\\_Evolving\\_University.pdf](http://c21u.gatech.edu/sites/default/files/u21/C21U_22012_Evolving_University.pdf)
- Caldwell, B., Cooper, M., Reid, L. G., & Vanderheiden, G. (2008). Web content accessibility guidelines (wcag) 2.0. W3C Recommendation. *World Wide Web Consortium (W3C)*, 11.
- Carr, N. (2012). The Crisis in Higher Education | MIT Technology Review. Recuperado 22 de octubre de 2013, a partir de

<http://www.technologyreview.com/featuredstory/429376/the-crisis-in-higher-education/>

Caspa, E. R., De la Cruz, L. Q., & Yarnold, C. M. (2011). Realidad aumentada e inteligencias múltiples en el aprendizaje de matemáticas. *Concurso de Proyectos Feria Tecnológica IEEE INTERCON*. Recuperado a partir de <http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info80/otros/aprendizaje.pdf>

Chen, W., Sanderson, N. C., Kessel, S., & Królak, A. (2015). Heuristic evaluations of the accessibility of learning management systems (LMSs) as authoring tools for teachers. *First Monday*, 20(9). Recuperado a partir de <http://128.248.156.56/ojs/index.php/fm/article/view/5430>

Coursera, Inc. (2013). Coursera. Recuperado 21 de octubre de 2013, a partir de <https://www.coursera.org/>

Creed-Dikeogu, G., & Clark, C. (2013). Are You MOOC-ing Yet? A Review for Academic Libraries. *Kansas Library Association College and University Libraries Section Proceedings*, 3(0), 9-13.  
<http://doi.org/10.4148/culs.v1i0.1830>

Cursos on-line gratuitos das melhores universidades | Veduca. (s. f.). Recuperado 29 de febrero de 2016, a partir de <http://www.veduca.com.br/sobre##valores>

DAISY Consortium. (2016). DAISY Consortium. Creating the best way to read and publish. Recuperado 12 de abril de 2016, a partir de <http://www.daisy.org/>

Daniel, J. (2012). Making sense of MOOCs: Musings in a maze of myth, paradox and possibility. *Journal of Interactive Media in Education*, 3. Recuperado a partir de <http://www-jime.open.ac.uk/jime/article/viewArticle/2012-18/html>

DeBoer, J., Stump, G. S., Seaton, D., & Breslow, L. (2013). Diversity in MOOC students' backgrounds and behaviors in relationship to performance in 6.002 x. En *Proceedings of the Sixth Learning International Networks Consortium Conference* (Vol. 4). Recuperado a partir de <http://tll.mit.edu/sites/default/files/library/LINC%20'13.pdf>

Dellarocas, C., & Van Alstyne, M. (2013). Money models for MOOCs. *Communications of the ACM*, 56(8), 25–28.

Design Science: MathType - Equation Editor. (s. f.). Recuperado 8 de abril de 2016, a partir de <http://www.dessci.com/en/products/mathtype/>

De Waard, I. (2013). *MOOC YourSelf* (1.<sup>a</sup> ed.). Ignatia de Waard. Kindle edition.

de Waard, I., Gallagher, M. S., Zelezny-Green, R., Czerniewicz, L., Downes, S., Kukulska-Hulme, A., & Willems, J. (2014). Challenges for conceptualising EU MOOC for vulnerable learner groups. *Proceedings of the European MOOC Stakeholder Summit 2014*, 33–42.

De Witte, K., & Rogge, N. (2014). Does ICT matter for effectiveness and efficiency in mathematics education? *Computers & Education*, 75, 173-184. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.02.012>

- Donaldson, J., Agra, E., Alshammari, M., Bailey, A., Bowdoin, D., Kendle, M., ...  
Wressell, L. (2013). *Massively Open:: How Massive Open Online Courses Changed the World* (1.<sup>a</sup> ed.). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Downes, S. (2007, febrero 3). Half an Hour: What Connectivism Is. Recuperado a partir de <http://halfanhour.blogspot.com/2007/02/what-connectivism-is.html>
- Downes, S. (2012). Connectivism and Connective Knowledge: essays on meaning and learning networks. *National Research Council Canada*, [http://www.downes.ca/files/books/Connective\\_Knowledge-19May2012.pdf](http://www.downes.ca/files/books/Connective_Knowledge-19May2012.pdf).
- Drijvers, P. (2015). Digital Technology in Mathematics Education: Why It Works (Or Doesn't). En S. J. Cho (Ed.), *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 135-151). Springer International Publishing. Recuperado a partir de [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-17187-6\\_8](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-17187-6_8)
- Ebner, M., Lackner, E., & Kopp, M. (2014). How to MOOC?-A pedagogical guideline for practitioners. En *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education* (Vol. 4, p. 215). « Carol I» National Defence University. Recuperado a partir de <http://search.proquest.com/openview/e683e590242c0c728d8a62b17e564a81/1?pq-origsite=gscholar>

edX. (2013). edX. Take great courses from the world's best universities.

Recuperado 21 de octubre de 2013, a partir de <https://www.edx.org/>

Embassy of Switzerland in China. (2014) Massive Open Online Courses (MOOCs) in China. Recuperado a partir de <http://www.swissnexchina.org/wp-content/uploads/sites/4/2014/08/MOOCs-in-China.pdf>

Estadísticas resolución de pantallas más utilizadas en la web « Los Tiempos

Cambian. (s. f.). Recuperado a partir de

<http://www.lostiemposcambian.com/blog/usabilidad/estadisticas-resolucion-de-pantallas-mas-utilizadas-en-la-web/>

Gaebel, M. (2014). MOOCs: Massive Open Online Courses. *EUA Occasional*

*Papers*. Recuperado a partir de [http://www.aca-](http://www.aca-secretariat.be/fileadmin/aca_docs/images/members/Michael_Gaebel.pdf)

[secretariat.be/fileadmin/aca\\_docs/images/members/Michael\\_Gaebel.pdf](http://www.aca-secretariat.be/fileadmin/aca_docs/images/members/Michael_Gaebel.pdf)

García, F., Portillo, J., Romo, J., & Benito, M. (2007). Nativos digitales y modelos

de aprendizaje. En *SPDECE*. Recuperado a partir de

<http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-318/Garcia.pdf>

García, M. L., & Benítez, A. A. (2011). Competencias matemáticas desarrolladas

en ambientes virtuales de aprendizaje: el caso de Moodle. *Formación*

*universitaria*, 4(3), 31–42.

Georgiev, T., Georgieva, E., & Smrikarov, A. (2004). M-learning-a New Stage of E-Learning. En *International Conference on Computer Systems and Technologies-CompSysTech* (pp. 28–5).

Glance, D. (2012). Stanford's Class2Go will enable the free online university of the future. Recuperado 3 de junio de 2013, a partir de <http://theconversation.com/stanfords-class2go-will-enable-the-free-online-university-of-the-future-9696>

Google. (2013, septiembre). We are joining the Open edX platform. Recuperado a partir de <http://googleresearch.blogspot.com/2013/09/we-are-joining-open-edx-platform.html>

Google Project Hosting. (2013). Course Builder. Recuperado 3 de junio de 2013, a partir de <https://code.google.com/p/course-builder/>

Hassan-Montero, Y., & Ortega-Santamaría, S. (2009). Informe APEI sobre usabilidad. Recuperado a partir de <http://eprints.rclis.org/handle/10760/13253>

Herman, R. L. (2012). The MOOCs Are Coming. *The Journal of Effective Teaching*, 12(2), 1-3.

InftyReader Group, Inc., an IDEAL Group company. (2016). InftyReader Group. Recuperado 12 de abril de 2016, a partir de <http://www.inftyreader.org/>

Iniesto, F., McAndrew, P., Minocha, S., & Coughlan, T. (2016). The current state of accessibility of MOOCs: What are the next steps? Recuperado a partir de <http://oro.open.ac.uk/46070/>

Iniesto, F., & Rodrigo, C. (2014a). Accessibility assessment of MOOC platforms in Spanish: UNED COMA, COLMENIA and Miriada X. En *Computers in Education (SIIE), 2014 International Symposium on* (pp. 169–172). IEEE. Recuperado a partir de [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=7017724](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=7017724)

Iniesto, F., & Rodrigo, C. (2014b). Pautas para la evaluación de la accesibilidad en las plataformas MOOC. *VI encuentro internacional ATICA 2014*.

Iniesto, F., & Rodrigo, C. (2014c). Pautas para la evaluación de la accesibilidad en las plataformas MOOC. In: *Actas del VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas* (Bengochea, Luis; Gutiérrez, José María; García, Antonio and García, Eva eds.), 29 - 31 october 2014, Universidad de Alcalá Alcalá de Henares (Spain), Universidad de Alcalá, pp. 57–64.

Iniesto, F., Rodrigo, C., & Moreira Teixeira, A. (2014). Accessibility analysis in MOOC platforms. A case study: UNED COMA and UAb iMOOC. En *Libro de Actas del V Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual CAFVIR* (pp. 545–550).

INTECO. (2007). ACCESIBILIDAD WEB EN OBJETOS FLASH. Instituto Nacional de Tecnologías de la comunicación. Recuperado a partir de <http://www.inteco.es/file/53K3CS39zGAT7jcjbxYNVQ>

JoomlaLMS | Learning Management System. (2016). Recuperado 8 de abril de 2016, a partir de <https://www.joomlalms.com/>

Khalil, H., & Ebner, M. (2014). MOOCs Completion Rates and Possible Methods to Improve Retention-A Literature Review.

Khan Academy. (2013). About-Khan Academy. Recuperado 22 de octubre de 2013, a partir de <https://www.khanacademy.org/>

Kumar, S., Gankotiya, A. K., & Dutta, K. (2011). A comparative study of moodle with other e-learning systems. En *Electronics Computer Technology (ICECT), 2011 3rd International Conference on* (Vol. 5, pp. 414–418). IEEE. Recuperado a partir de [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5942032](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5942032)

Leas, D., Persoon, E., Soiffer, N., & Zacherle, M. (2008). Daisy 3: A Standard for Accessible Multimedia Books. *IEEE MultiMedia*, 15(4), 0028–37.

Martín García, S. P., & Gil-Sánchez, L. (2013). The OpenMOOC project. Platform based on free software for an open education. Presentado en TERENA Networking Conference, Países Bajos.

Martin, L., Martínez, D. R., Revilla, O., Aguilar, M. J., Santos, O. C., & Boticario, J. G. (2008). Usability in e-Learning Platforms: heuristics comparison between Moodle, Sakai and dotLRN. En *Sixth International Conference on Community based environments. Guatemala* (pp. 12–16).

McAuley, A., Stewart, B., Siemens, G., & Cormier, D. (2010). The MOOC model for digital practice. *SSHRC Knowledge Synthesis Grant on the Digital Economy*. Recuperado a partir de [http://www.edukwest.com/wp-content/uploads/2011/07/MOOC\\_Final.pdf](http://www.edukwest.com/wp-content/uploads/2011/07/MOOC_Final.pdf)

Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España. (2014a). *Guía de Accesibilidad en contenidos multimedia*. España. Recuperado a partir de [http://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/dms/pae\\_Home/documentos/Estrategias/pae\\_Accesibilidad/Documentacion/Guias\\_Practicas/Guia\\_Accesibilidad\\_Contenidos\\_Multimedia-MINHAP-DTIC.pdf](http://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/dms/pae_Home/documentos/Estrategias/pae_Accesibilidad/Documentacion/Guias_Practicas/Guia_Accesibilidad_Contenidos_Multimedia-MINHAP-DTIC.pdf)

Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Gobierno de España. (2014b). *Guía de Validación de Accesibilidad WEB*. España. Recuperado a partir de [http://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/dms/pae\\_Home/documentos/Estrategias/pae\\_Accesibilidad/Documentacion/Guias\\_Practicas/Guia\\_de\\_Validacion\\_de\\_Accesibilidad-MINHAP.pdf](http://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/dms/pae_Home/documentos/Estrategias/pae_Accesibilidad/Documentacion/Guias_Practicas/Guia_de_Validacion_de_Accesibilidad-MINHAP.pdf)

Miñano, P., & Castejón, J. L. (2011). Variables cognitivas y motivacionales en el rendimiento académico en Lengua y Matemáticas: un modelo estructural. *Journal of Psychodidactics*, 16(2).

Morales, M., Hernandez Rizzardini, R., & Gutl, C. (2014). Telescope, a MOOCs initiative in Latin America: Infrastructure, best practices, completion and dropout analysis. En *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-7). <http://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044103>

Nielsen, J. (2000). Flash: 99% bad. Recuperado a partir de <http://www.nngroup.com/articles/flash-99-percent-bad/>

NY Times. (2012). The Big Three, at a Glance, p. [http://www.nytimes.com/2012/11/04/education/edlife/the-big-three-mooc-providers.html?\\_r=2](http://www.nytimes.com/2012/11/04/education/edlife/the-big-three-mooc-providers.html?_r=2).

Open edX | Open Courseware Development Platform. (s. f.). Recuperado 26 de octubre de 2015, a partir de <https://open.edx.org/>

Organización mundial de la Salud. (2011). *Informe mundial sobre la Discapacidad* (No. 1). OMS. Recuperado a partir de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70672/1/WHO\\_NMH\\_VIP\\_11.03\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70672/1/WHO_NMH_VIP_11.03_spa.pdf)

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2014, Agosto de). Ceguera y discapacidad visual - Nota descriptiva Número 282. Recuperado 14 de

diciembre de 2015, a partir de

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2015, marzo). Sordera y pérdida de la audición - Nota descriptiva Número 300. Recuperado 14 de diciembre de 2015, a partir de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/>

Pappano, L. (2012). The Year of the MOOC. *The New York Times*, 4. Recuperado a partir de

[http://www.edina.k12.mn.us/sites/edina.k12.mn.us/files/attachments/954/downloads/The%20Year%20of%20the%20MOOC%20\(NY%20Times\).pdf](http://www.edina.k12.mn.us/sites/edina.k12.mn.us/files/attachments/954/downloads/The%20Year%20of%20the%20MOOC%20(NY%20Times).pdf)

Pereira, J., Sanz-Santamaría, S., & Gutiérrez, J. (2014). Comparativa técnica y prospectiva de las principales plataformas MOOC de código abierto. *RED-Revista de Educación a Distancia*, 15(44).

Pichardo, I. M. C., & Puente, Á. P. (2012). Innovación Educativa: Uso de las TIC en la enseñanza de la Matemática Básica. *EDMETIC*, 1(2), 127-144.

Piña, A. A. (2012). An overview of learning management systems. *Virtual Learning Environments: Concepts, Methodologies, Tools and Applications*. USA: IGI Global, 33–51.

Ramírez-Vega, A. (2015). Nuevas tendencias de formación continua de educación matemática en Costa Rica: desarrollo e implementación de MOOCs. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, (13), 113–131.

- Read, T., & Rodrigo, C. (2014). Toward a quality model for UNED MOOCs. *eLearning Papers*. [http://www. openeducationeuropa. eu/en/elearning\\_papers](http://www.openeducationeuropa.eu/en/elearning_papers), (37).
- Regan, B. (2005). Best Practices for Accessible Flash Design. *macromedia white paper*, San Francisco, 5–9.
- Rico, L. (1995). Errores y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas.
- Rodríguez Ascaso, A., & González Boticario, J. (2015). Accesibilidad y MOOC: Hacia una perspectiva integral. *RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 18(2), 61–85.
- SamaRojo, V., & Sevillano Asensio, E. (2012). Guía de accesibilidad de documentos electrónicos. Universidad Nacional de Educación a Distancia Madrid, España.
- Sanchez-Gordon, S., & Luján-Mora, S. (2013). Web accessibility of MOOCs for elderly students. En *Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 2013 International Conference on* (pp. 1–6). IEEE.
- Schneckenberg, D. (2004). El« e-learning» transforma la educación superior. *Educar*, (33), 143–156.
- Sepúlveda, J. S. F. (2011). *Accesibilidad en expresiones matemáticas*. Universidad de Concepción. Recuperado a partir de <http://www2.udec.cl/~jfuentess/files/pdf/MemoriaTitulo.pdf>

- Siemens, G. (2010). Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital. En *Conectados en el ciberespacio*. Madrid, España: Editorial UNED.
- Skiba, D. J. (2012). Disruption in higher education: Massively open online courses (MOOCs). *Nursing education perspectives*, 33(6), 416–417.
- Socas, M. M. (1997). Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Secundaria.(Cap. V, pp. 125-154). Rico, L. y otros: *La Educación Matemática en la Enseñanza Secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Soiffer, N. (2015). Browser-independent accessible math. En *Proceedings of the 12th Web for All Conference* (p. 28). ACM. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2746678>
- Sorge, V., Chen, C., Raman, T. V., & Tseng, D. (2014). Towards making mathematics a first class citizen in general screen readers. En *Proceedings of the 11th Web for All Conference* (p. 40). ACM. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2596700>
- Stepan, A. (2013). Massive Open Online Courses (MOOC) Disruptive Impact on Higher Education. Recuperado a partir de <http://summit.sfu.ca/item/13085>
- Taneja, S., & Goel, A. (2014). MOOC Providers and their Strategies. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(5), 222–228.

Udacity, Inc. (2013). Advance Your Education With Free College Courses Online - Udacity. Recuperado 21 de octubre de 2013, a partir de <https://www.udacity.com/>

Universidad de Alcalá. (2015). *Guía para crear contenidos digitales accesibles: Documentos, presentaciones, vídeos, audios y páginas web*. Alcalá de Henares, España.

Vogten, H., & Koper, R. (2014). Towards a new generation of Learning Management Systems. Recuperado a partir de <http://dspace.ou.nl/handle/1820/5345>

W3C. (2013). Introduction to Understanding WCAG 2.0 | Understanding WCAG 2.0. Recuperado 2 de agosto de 2012, a partir de <http://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/intro.html#introduction-fourprincs-head>

W3C. (2014). Mathematical Markup Language (MathML). Recuperado a partir de <http://www.w3.org/TR/MathML/>

W3C. (2015). The World Wide Web Consortium (W3C). Recuperado a partir de <http://www.w3.org/Consortium/>

W3C. (2016). Mathematical Markup Language (MathML) Version 3.0 2nd Edition. Recuperado 8 de abril de 2016, a partir de <https://www.w3.org/TR/MathML3/>

Watson, W., & Watson, S. (2007). An Argument for Clarity: What are Learning Management Systems, What are They Not, and What Should They Become? *TechTrends*, 51(2), 28-34. <http://doi.org/10.1007/s11528-007-0023-y>

Yousef, A. M. F., Chatti, M. A., Schroeder, U., & Wosnitza, M. (2014). What Drives a Successful MOOC? An Empirical Examination of Criteria to Assure Design Quality of MOOCs. En *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2014 IEEE 14th International Conference on* (pp. 44–48). IEEE. Recuperado a partir de [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=6901394](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6901394)

Yuan, L., & Powell, S. (2013). MOOCs and Open Education: Implications for Higher Education. *JISC CETIS*, 21, 2013.

Zapata-Ros, M. (2015). El diseño instruccional de los MOOC y el de los nuevos cursos abiertos personalizados. *Revista de Educación a Distancia*, (45). Recuperado a partir de <http://revistas.um.es/red/article/download/238661/181351>

## ANEXOS

---



Mantenimiento del color asignado a un personaje			x			x			x			x			x			x
Diferencia de colores			x			x			x			x			x			x
Utilización de etiquetas para la identificación de personajes			x			x			x			x			x			x
Posición de las etiquetas para la identificación de personajes			x			x			x			x			x			x
Edición de etiquetas para la identificación de personajes			x			x			x			x			x			x
Uso de abreviaturas en etiquetas			x			x			x			x			x			x
Utilización de guiones en diálogos			x			x			x			x			x			x
Identificación de personajes cuando hay voz en off			x			x			x			x			x			x
<b>Efectos sonoros</b>																		
Subtitulado de los efectos sonoros en subtítulos grabados			x			x	x			x					x			x
Subtitulado de los efectos sonoros en subtítulos directos y semi-directos			x			x			x			x			x			x
Ritmo y sincronización de los efectos sonoros			x			x	x			x					x			x
Formato			x			x			x			x			x			x
Ausencia de redundancia con la información visual			x			x			x			x			x			x
Sustantivación de los efectos sonoros			x			x	x			x					x			x
Subtitulado de la emisión del sonido			x			x	x			x					x			x
<b>Información contextual y voz off</b>																		
Subtitulado de la información contextual en subtítulos grabados			x			x			x			x			x			x

Subtitulado de la información contextual en subtítulos en directo y semi-directo			x			x			x			x			x			x
Formato de la información contextual			x			x			x			x			x			x
Posición de los elementos suprasegmentales			x			x			x			x			x			x
Sincronización de los sonidos vocales	x			x			x			x			x			x		
Voz en off		x			x			x			x			x			x	
<b>Música y canciones</b>																		
Subtitulado de música			x			x			x			x			x			x
Formato del subtitulado de música			x			x			x			x			x			x
Subtitulado de canciones			x			x			x			x			x			x
Marcado de canciones			x			x			x			x			x			x
Identificación de personajes en las letras de las canciones			x			x			x			x			x			x
<b>Criterios editoriales</b>																		
División del texto		x			x			x			x			x			x	
Indivisibilidad de las palabras	x			x			x			x			x			x		
Uso de los puntos suspensivos			x			x			x			x			x			x
Criterios gramaticales y ortográficos	x			x			x			x			x			x		
Lenguas oficiales del estado			x			x			x			x			x			x
Personajes con habla específica			x			x			x			x			x			x
Abreviaturas y símbolos	x			x			x			x			x			x		
Numeración	x			x			x			x			x			x		
Literalidad	x			x			x			x			x			x		
Precisión de los subtítulos en directo			x			x			x			x			x			x

ANEXO 2. RESULTADOS GENERALES DE LA EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ACCESIBILIDAD  
PARA CONTENIDO MATEMÁTICO

---

<b>Criterio de accesibilidad para contenido matemático</b>
¿Los mecanismos de búsqueda pueden usar la información del texto? (4) Sí (2) No
¿Se proporciona una descripción de texto del contenido matemático representado en imágenes? (1) Sí (2) No (3) NA
¿El contenido matemático puede ser ampliado o manipulado? ( ) Sí (6) No
¿Los contenidos matemáticos se adaptan a las diferentes resoluciones de pantallas y son visibles correctamente? (6) Sí ( ) No
¿Los videos con contenido matemático presentan transcripción apropiada de las fórmulas? (5) Sí (1) No ( ) NA
¿El contenido matemático puede ser interpretado como habla con el lector de pantalla? (2) Sí (4) No
¿La lectura del contenido matemático con el lector de pantalla corresponde a lenguaje natural que permita

comprender su significado?

( ) Sí (6) No

¿Es posible con solo la transcripción o los subtítulos interpretar correctamente la explicación de los videos (sin elementos visuales)?

(2) Sí (4) No

¿Se brinda material adicional que permita interpretar el contenido de los videos?

(5) Sí (1) No