

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

### **PROPUESTA DE MODELO PARA PERFILAMIENTO DE USUARIOS DE E-LEARNING CON CONSIDERACIONES DE ACCESIBILIDAD**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE  
MAGISTER EN SOFTWARE CON MENCIÓN EN CALIDAD DE SOFTWARE**

**ING. CARMEN ROCÍO AGUILAR MAYANQUER**

carmen.aguilar@epn.edu.ec

**Director: PhD. Sandra Patricia Sánchez Gordón**

sandra.sanchez@epn.edu.ec

**Codirector: PhD. Tania Elizabeth Calle Jiménez**

tania.calle@epn.edu.ec

**Quito, Enero del 2021**

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

Como director del trabajo de titulación PROPUESTA DE MODELO PARA PERFILAMIENTO DE USUARIOS DE E-LEARNING CON CONSIDERACIONES DE ACCESIBILIDAD desarrollado por Carmen Rocío Aguilar Mayanquer, estudiante de la Maestría en Software con Mención en Calidad de Software, habiendo supervisado la realización de este trabajo y realizado las correcciones correspondientes, doy por aprobada la redacción final del documento escrito para que prosiga con los trámites correspondientes a la sustentación de la Defensa oral.



---

**PhD. Sandra Patricia Sánchez**

**DIRECTOR**



---

**PhD. Tania Elizabeth Calle**

**CODIRECTOR**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Carmen Rocío Aguilar Mayanquer, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

**Ing. Carmen Rocío Aguilar Mayanquer**

# INDICE DE CONTENIDO

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>11</b>  |
| <b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                                | <b>13</b>  |
| <b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....   | <b>24</b>  |
| 3.1. AMBIENTES E-LEARNING.....  | 25         |
| 3.2. ACCESIBILIDAD WEB .....  | 27         |
| 3.3. PAUTAS DE ACCESIBILIDAD PARA EL CONTENIDO WEB (WCAG).....        | 28         |
| 3.4. ESQUEMA DE METADATA SCHEMA.ORG.....                              | 30         |
| 3.4.1. Subconjunto de vocabulario Schema.org para accesibilidad ..... | 32         |
| 3.4.2. Metaformatos .....   | 34         |
| <b>4. DISEÑO DEL MODELO</b> .....                                     | <b>35</b>  |
| 4.1. ARQUITECTURA GENERAL DEL MODELO .....                            | 36         |
| 4.2. CRITERIOS DE ÉXITO IMPLEMENTABLES.....                           | 37         |
| 4.3. DISEÑO CONCEPTUAL DEL MODELO.....                                | 42         |
| 4.4. DISEÑO DE INTERACCIÓN DE COMPONENTES DEL MODELO.....             | 42         |
| 4.5. DISEÑO DE LA INTERFAZ PARA LA CREACIÓN DE PERFILES .....         | 55         |
| <b>5. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO</b> .....                            | <b>59</b>  |
| 5.1. IMPLEMENTACIÓN.....  | 60         |
| 5.2. PRUEBAS.....   | 64         |
| 5.2.1 Pruebas de accesibilidad.....                                   | 64         |
| 5.2.2 Pruebas de usabilidad .....                                     | 88         |
| <b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....                        | <b>94</b>  |
| 6.1. CONCLUSIONES .....   | 94         |
| 6.2. RECOMENDACIONES .....  | 95         |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | <b>97</b>  |
| <b>ANEXOS</b> .....   | <b>103</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Proceso de búsqueda de revisión de literatura.....   | 14 |
| Figura 2: Línea de tiempo de evolución – MOOC y educación abierta por [32].....  | 26 |
| Figura 3: Crecimiento exponencial estudiantes inscritos en plataformas MOOC ...  | 27 |
| Figura 4: Propiedades de Schema.org para <i>CreativeWork</i> .....   | 33 |
| Figura 5: Diagrama general de interacción de las plataformas e-Learning y un motor de adaptabilidad .....                        | 36 |
| Figura 6: Diagrama general de interacción del estudiante con el modelo propuesto .....   | 37 |
| Figura 7: Modelo conceptual de arquitectura de perfiles .....  | 42 |
| Figura 8: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad Low Vision .....                                       | 44 |
| Figura 9: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de ceguera.....  | 45 |
| Figura 10: Diagrama de secuencia para la implementación del principio 3. Comprensible .....                                      | 46 |
| Figura 11: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de Audición disminuida.....                           | 47 |
| Figura 12: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de sordera.....                                       | 48 |
| Figura 13: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de dificultades para leer .....                       | 49 |
| Figura 14: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de dificultades para entender .....                   | 50 |
| Figura 15: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de dificultades para entender .....                   | 51 |
| Figura 16: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de destreza insuficiente para operar un teclado ..... | 52 |
| Figura 17: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de destreza insuficiente para operar un ratón .....   | 53 |
| Figura 18: Diagrama de secuencia para la implementación para estudiantes de la tercera edad.....                                 | 54 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 19: Interfaz de registro de la plataforma Udemý .....   | 55 |
| Figura 20: Interfaz de registro de la plataforma Coursera .....  | 55 |
| Figura 21: Interfaz de registro de la plataforma edX.....  | 56 |
| Figura 22: Diseño interfaz registro .....  | 57 |
| Figura 23: Selección de opción de accesibilidad en interfaz.....   | 57 |
| Figura 24: Interfaz con las categorías de discapacidad .....   | 58 |
| Figura 25: Pantalla de discapacidades por categoría.....   | 59 |
| Figura 26: Pantalla con confirmación de creación de perfil .....   | 59 |
| Figura 27: Esquema de base de datos e_Learning .....   | 60 |
| Figura 28: PhpStorm versión 2020.2.3.....  | 61 |
| Figura 29: XAMPP control Panel versión 3.2.4.....  | 61 |
| Figura 30: Pantalla de registro del prototipo elaborado en PhpStorm .....                                      | 62 |
| Figura 31: Pantalla de categorías del prototipo elaborado en PhpStorm.....                                     | 62 |
| Figura 32: Pantalla de las discapacidades para la categoría Visual del prototipo<br>elaborado en PhpStorm..... | 63 |
| Figura 33: Pantalla de confirmación una vez creado el perfil del prototipo<br>elaborado en PhpStorm.....       | 63 |
| Figura 34: Pantalla con .xml generado una vez creado el perfil del prototipo<br>elaborado en PhpStorm.....     | 64 |
| Figura 35: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Registro.....                                      | 65 |
| Figura 36: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Categorías de<br>Accesibilidad.....                | 65 |
| Figura 37: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de la Categoría Visual<br>.....                       | 66 |
| Figura 38: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Categoría Auditiva<br>.....                        | 67 |
| Figura 39: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Categoría<br>Cognitiva .....                       | 67 |
| Figura 40: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Categoría Motriz                                   | 68 |
| Figura 41: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Perfil Guardado .                                  | 69 |
| Figura 42: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Perfil no<br>Seleccionado .....                    | 69 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 43: Resultado de WAVE en navegador pantalla de Registro con modificaciones.....                             | 70 |
| Figura 44: Resultado de WAVE en navegador pantalla de Categorías de Accesibilidad con modificaciones.....          | 71 |
| Figura 45: Resultado de WAVE en navegador pantalla de Categoría Visual con modificaciones.....                     | 72 |
| Figura 46: Resultado de WAVE en navegador pantalla de categoría Auditiva de Accesibilidad con modificaciones.....  | 72 |
| Figura 47: Resultado de WAVE en navegador pantalla de categoría Cognitiva de Accesibilidad con modificaciones..... | 73 |
| Figura 48: Resultado de WAVE en navegador pantalla de categoría Motriz de Accesibilidad con modificaciones.....    | 74 |
| Figura 49: Resultado de WAVE en navegador pantalla de preferencias seleccionadas con modificaciones.....           | 75 |
| Figura 50: Resultado de WAVE en navegador pantalla de perfil guardado con modificaciones.....                      | 75 |
| Figura 51: Imágenes sobre lectura de resultados de Pruebas con ARC Toolkit.....                                    | 76 |
| Figura 52: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Registro.....                                   | 77 |
| Figura 53: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad.....                | 77 |
| Figura 54: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad.....                | 78 |
| Figura 55: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad.....                | 79 |
| Figura 56: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de categoría Cognitiva.....                              | 80 |
| Figura 57: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de categoría Motriz.....                                 | 81 |
| Figura 58: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de preferencias seleccionadas.....                       | 81 |
| Figura 59: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de perfil guardado.....                                  | 82 |
| Figura 60: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Registro con modificaciones.....                | 83 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 61: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad con modificaciones ..... | 84 |
| Figura 62: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad con modificaciones ..... | 84 |
| Figura 63: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad .....                    | 85 |
| Figura 64: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de categoría Cognitiva con modificaciones .....               | 86 |
| Figura 65: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de categoría Motriz con modificaciones .....                  | 86 |
| Figura 66: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de preferencias seleccionadas con modificaciones.....         | 87 |
| Figura 67: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de perfil guardado con modificaciones.....                    | 88 |
| Figura 68: Ingreso a prototipo por parte de usuario con ceguera.....  | 90 |
| Figura 69: Documento .xml generado por usuario con discapacidad visual.....   | 91 |
| Figura 70: Resultado SUS.....   | 92 |
| Figura 71: Tendencia por categoría de accesibilidad .....   | 93 |



## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Lista de artículos con dimensiones uno y dos.....   | 15 |
| Tabla 2: Lista de artículos con las dimensiones referentes a discapacidades.....                                       | 16 |
| Tabla 3: Lista de artículos seleccionados para análisis .....  | 17 |
| Tabla 4: Metadatos de accesibilidad para el tipo <i>CreativeWork</i> .....   | 33 |
| Tabla 5: Propiedades propuestas en 2017 para el tipo “Person” de Schema.org ..   | 34 |
| Tabla 6: Metaformatos más comunes .....  | 34 |
| Tabla 7: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 1. Perceptible .....   | 38 |
| Tabla 8: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 2. Operable .....      | 39 |
| Tabla 9: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 3. Understandable..... | 40 |
| Tabla 10: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 4. Robusto .....      | 41 |
| Tabla 11: Resultado de wave en la pantalla de Registro sin modificaciones .....  | 65 |
| Tabla 12: Resultado de WAVE en la pantalla de categoría sin modificaciones.....  | 66 |
| Tabla 13: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Visual sin modificaciones.....                              | 66 |
| Tabla 14: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Auditiva sin modificaciones.....                            | 67 |
| Tabla 15: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Cognitiva sin modificaciones.....                           | 68 |
| Tabla 16: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Motora sin modificaciones.....                              | 68 |
| Tabla 17: Resultado de WAVE en la pantalla de confirmación de perfil guardado sin modificaciones .....                 | 69 |
| Tabla 18: Resultado de WAVE en la pantalla de registro sin selección de preferencias sin modificaciones .....          | 70 |
| Tabla 19: Resultado de WAVE en la pantalla de registro con modificaciones.....   | 70 |
| Tabla 20: Resultado de WAVE en la pantalla de categoría sin modificaciones.....  | 71 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 21: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Visual con modificaciones.....                            | 72 |
| Tabla 22: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Auditiva con modificaciones.....                          | 73 |
| Tabla 23: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Cognitiva con modificaciones.....                         | 73 |
| Tabla 24: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Motora con modificaciones.....                            | 74 |
| Tabla 25: Resultado de WAVE en la pantalla de confirmación de perfil guardado con modificaciones .....               | 75 |
| Tabla 26: Resultado de WAVE en la pantalla de registro sin selección de preferencias sin modificaciones .....        | 76 |
| Tabla 27: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de registro sin modificaciones                                     | 77 |
| Tabla 28: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de categoría sin modificaciones .....                              | 78 |
| Tabla 29: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Visual sin modificaciones.....                     | 78 |
| Tabla 30: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Auditiva sin modificaciones.....                   | 79 |
| Tabla 31: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Cognitiva sin modificaciones.....                  | 80 |
| Tabla 32: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Motora sin modificaciones.....                     | 81 |
| Tabla 33: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de confirmación de perfil guardado sin modificaciones .....        | 82 |
| Tabla 34: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de registro sin selección de preferencias sin modificaciones. .... | 82 |
| Tabla 35: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de registro sin modificaciones                                     | 83 |
| Tabla 36: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de categoría sin modificaciones .....                              | 84 |
| Tabla 37: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Visual con modificaciones.....                     | 85 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 38: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Auditiva con modificaciones.....            | 85 |
| Tabla 39: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Cognitiva con modificaciones.....           | 86 |
| Tabla 40: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Motora con modificaciones.....              | 87 |
| Tabla 41: Resultado de WAVE en la pantalla de confirmación de perfil guardado con modificaciones .....        | 87 |
| Tabla 42: Resultado de WAVE en la pantalla de registro sin selección de preferencias sin modificaciones ..... | 88 |
| Tabla 43: Cuestionario basado en SUS.....   | 89 |
| Tabla 44: Total usuarios por rango de edad .....  | 91 |

## LISTA DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| Anexo 1: Estructura WCAG 3.0.....   | 103 |
| Anexo 2: Base de datos.....   | 103 |
| Anexo 3: Diagramas UML .....  | 103 |
| Anexo 4: Mapeo de estudios y recopilación de datos usuarios de prueba ..... | 103 |
| Anexo 5: Resultados de pruebas de usabilidad .....                          | 103 |
| Anexo 6: Versiones paper .....  | 103 |
| Anexo 7: Código Prototipo .....   | 103 |

## RESUMEN

Debido al uso generalizado de Internet, la Web se ha convertido en uno de los elementos más importantes en varios aspectos de la vida diaria, uno de los cuales es la educación. Hoy en día hay millones de personas que estudian utilizando plataformas de e-Learning. Esta tendencia se ha visto agravada por la crisis de salud global provocada por la pandemia COVID-19 que, desde marzo de 2020, ha obligado a estudiantes de todo el mundo a conectarse. Por ello, las plataformas de e-Learning se han convertido, más que nunca, en una opción relevante, siempre que estas plataformas y los recursos educativos alojados sean accesibles, teniendo en cuenta las necesidades y preferencias de los usuarios. En el presente estudio se propone un modelo para la generación de perfiles de usuarios con discapacidad en plataformas de e-Learning. Se realizó una revisión de la literatura en la que se identificaron y analizaron diferentes estudios relacionados con la elaboración de perfiles de usuarios en plataformas de e-Learning. El modelo presentado considera las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (WCAG) que se pueden implementar en las interfaces de las plataformas de e-Learning, y los metadatos que representan las preferencias de los usuarios basados en Schema.org. Los investigadores utilizaron diagramas de secuencia UML para diseñar el modelo. Estos diagramas permitieron definir una descripción de la interacción entre usuarios, interfaces de usuario, WCAG, Schema.org, el modelo propuesto y el perfil XML generado. La prueba automatizada de la implementación del prototipo se llevó a cabo en un entorno web utilizando herramientas WAVE y ARC Toolkit. La evaluación con el apoyo de los usuarios se realizó en entornos virtuales. Los resultados obtenidos proporcionaron retroalimentación para mejorar la accesibilidad del prototipo propuesto.

**Palabras clave:** Accesibilidad web, WCAG, perfiles de accesibilidad de e-Learning, perfiles de estudiantes, Schema.org, discapacidades, necesidades de accesibilidad, preferencias de accesibilidad.

## ***ABSTRACT***

Due to the widespread use of the Internet, the Web has become one of the most important elements in various aspects of daily life, one of which is education. Today there are millions of people who study using e-Learning platforms. This trend has been exacerbated by the global health crisis caused by the COVID-19 pandemic which, since March 2020, has forced students around the world to go online. For this reason, e-Learning platforms have, more than ever, become a relevant option, provided these platforms and the educational resources hosted are accessible, taking into account the needs and preferences of users. In the present study, a model for the generation of the profiles of users with disabilities on e-Learning platforms is proposed. A literature review was carried out in which different studies related to the profiling of users on e-Learning platforms were identified and analyzed. The model presented considers the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) that can be implemented in the interfaces of the e-Learning platforms, and the metadata that represent the preferences of users based on Schema.org. The researchers used UML sequence diagrams to design the model. These diagrams allowed to define a description of the interaction between users, user interfaces, WCAG, Schema.org, the proposed model and the XML profile generated. The automated testing of the implementation of the prototype was carried out in a web environment using WAVE tools and the ARC Toolkit. The evaluation with the support of users was conducted in virtual environments. The results obtained provided feedback to improve the accessibility of the proposed prototype.

**Keywords:** Web accessibility, WCAG, e-Learning accessibility profiling, student profiling, Schema.org, disabilities, accessibility needs, accessibility preferences.

## 1. INTRODUCCIÓN

La educación inclusiva busca asegurar el acceso igualitario a todos los niveles de la enseñanza y la formación profesional para las personas vulnerables, incluidas las personas con discapacidad, con el fin de hacer realidad este derecho sin discriminación y sobre la base de la igualdad de oportunidades [1]. Para esto, es importante que en el diseño de la tecnología se tome en cuenta las características de accesibilidad y usabilidad. La accesibilidad es el derecho que una persona con discapacidad tiene para obtener la información de forma completa, obtener los mismos servicios y participar en las mismas interacciones que una persona sin discapacidades [2]. Por otra parte, debido al uso generalizado del Internet, la Web se ha convertido en uno de los elementos más importantes en varios aspectos como: educación, comercio, gobierno. Por tal motivo, la Web debe ser accesible, cumpliendo con el concepto de accesibilidad web, que “todos los usuarios independientemente de su discapacidad o de su contexto de navegación, puedan disponer de los servicios y contenidos de un sitio web” [3], la accesibilidad web ha ganado una atención significativa en las últimas décadas, esto ha obligado a los desarrolladores web a abordar las necesidades y preferencias de una gran variedad de usuarios. Por lo que la accesibilidad web es un requisito indispensable a momento de desarrollar aplicaciones para entorno web, especialmente en el contexto del aprendizaje [4].

Junto a la accesibilidad web, se encuentra la característica de usabilidad o medida de calidad de software que permite a los usuarios cumplir objetivos en un contexto específico, con satisfacción, eficiencia y efectividad. La usabilidad no trata únicamente de estética, es decir, permite medir el nivel de aceptabilidad que tiene un producto o un servicio [5].

Por otro lado, gracias al avance de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs) se ha generado un espacio no solo social sino también un espacio educativo conocido como educación virtual, en este espacio los ambientes virtuales de aprendizaje o e-Learning se han convertido en una herramienta que hace posible la interacción entre diferentes actores del proceso educativo [6]. Dentro de los ambientes e-Learning son de especial interés los Massive Open Online Courses (MOOC), debido a su naturaleza abierta y masiva. Un MOOC puede ofrecer una experiencia de aprendizaje a miles de usuarios en diferentes partes del mundo al mismo tiempo. En 2019, aproximadamente 10 millones de estudiantes adicionales se inscribieron en MOOC en relación con el 2018, lo que lleva a

una inscripción global estimada de 110 millones de personas, estimado un crecimiento anual del 10% de estudiantes [7].

Es importante tomar en cuenta que más de mil millones de personas vive con algún tipo de discapacidad, es decir un 15% de la población mundial aproximadamente. Entre 110 millones y 190 millones de adultos tienen dificultades significativas [8], por tanto, es importante que los sitios de aprendizaje en línea sean accesibles y usables, para que las personas con algún tipo de discapacidad puedan acceder de igual forma que personas sin ningún tipo de discapacidad.

Hoy en día existen millones de personas que están realizando sus estudios utilizando los ambientes e-Learning, muchas pertenecen al grupo antes mencionado y poseen algún tipo de discapacidad. Tendencia que se ha visto exacerbada con la crisis sanitaria mundial ocasionada por la pandemia del virus COVID-19, que ha obligado a que estudiantes en todo el mundo pasen a modalidad online emergente desde marzo del 2020. Para todas estas personas los ambientes e-Learning se convierten en una opción importante, siempre y cuando dichos ambientes y los recursos educativos que alojan sean accesibles, tomando en cuenta que llaman la atención sus costos reducidos [9].

Un ambiente e-Learning eficaz debe tener en cuenta las habilidades de cada alumno, así como sus objetivos de aprendizaje, dónde se lleva a cabo el aprendizaje y qué dispositivos específicos utiliza el alumno. En este contexto es de vital importancia describir las preferencias y necesidades del alumno a través de un perfil. Los MOOCs pueden ser una herramienta útil para ofrecer oportunidades de educación en países con índice de desarrollo humano bajo y medio si se aplican estrategias adecuadas para su implementación. Las oportunidades brindadas les permitirán mejorar su empleabilidad e inclusión social. Las plataformas virtuales que más llaman la atención hoy en día son los MOOCs, catalogados como “una evolución del e-Learning hacia un nuevo escenario basado en computadoras y dispositivos móviles junto con tecnologías sociales que conducen a la aparición de nuevos tipos de aprendizaje” [10].

Es importante tomar en cuenta que no todos los estudiantes tienen el mismo tipo de discapacidad, por lo tanto, es de suma importancia el perfilamiento de cada estudiante tomando en cuenta sus necesidades de accesibilidad cuando accede a un ambiente virtual,



esto con el fin de que pueda interactuar, acceder a los recursos, como una persona sin discapacidades, logrando su permanencia en el curso.

Por otro lado, existen soluciones propuestas en cuanto al campo combinado de e-Learning, accesibilidad y perfilamiento. Por ejemplo, Lancheros-Cuesta *et al.* [11] señalan que su investigación “busca desarrollar un modelo computacional con características de adaptación”. Carillo-Ramos y Lancheros-Cuesta [12] muestran en su investigación un modelo que “permite caracterizar una discapacidad o dificultades que un estudiante puede tener en su proceso de aprendizaje”. Otro estudio relacionado realizado por Lancheros-Cuesta *et al.* [13] presenta una plataforma de servicios educativos que permite definir un perfil de estudiante, tomando en cuenta sus interacciones dentro de la plataforma.

Sin embargo en la actualidad, no se han diseñado modelos que habiliten la creación dinámica de perfiles, por lo tanto, se ha visto necesario realizar una revisión de literatura, la cual muestre los trabajos realizados por otros investigadores y conocer el estado actual del tema particular, con el fin de proponer un modelo que permita cubrir la falta de perfilamiento de estudiantes con discapacidades dentro de las plataformas e-Learning y satisfacer las necesidades de los usuarios que tengan un tipo de discapacidad.

El presente trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma. En el Capítulo 2 se encuentra la Revisión de Literatura, objetivo general, objetivos específicos, Capítulo 3 Marco Teórico, en el Capítulo 4 se encuentra el diseño del modelo, Capítulo 5 construcción del prototipo y finalmente en el Capítulo 6 se detallan las conclusiones y recomendaciones.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

Con el fin de buscar alternativas para la falta de modelos que tomen en cuenta el perfilamiento en ambientes e-Learning con consideraciones de accesibilidad, se ha realizado la revisión de la literatura científica existente. A continuación, se sintetizan las investigaciones revisadas con respecto a este problema. La Figura 1 resume el proceso de búsqueda de revisión de literatura.

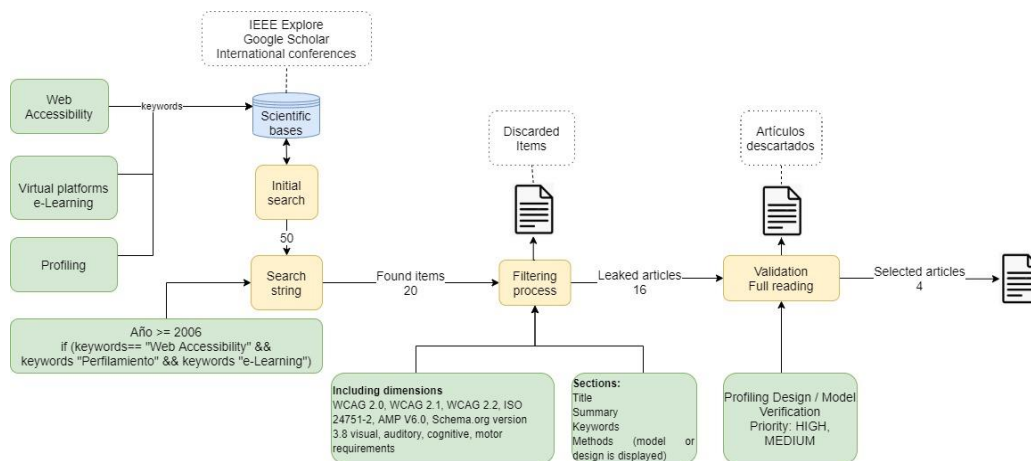


Figura 1: Proceso de búsqueda de revisión de literatura

Con el objetivo de seleccionar los artículos con mayor relevancia, dentro de la presente investigación, se procedió con la búsqueda en las bases de conocimiento como IEEE Explore, Google Scholar, Conferencias Internacionales, tomando en cuenta las palabras claves como Accesibilidad Web, plataformas virtuales e-Learning, Perfilamiento.

Dentro de la búsqueda inicial se obtuvo un total de 50 artículos los cuales entraron a un proceso de selección en donde se toma en cuenta, el año de publicación, en este caso mayor o igual al 2006, si contienen las palabras clave de accesibilidad Web, perfilamiento e e-Learning, con este filtro se logró encontrar 20 artículos que entraron a un segundo proceso de filtrado en donde se toma en cuenta que incluya dimensiones WCAG 2.0, WCAG 2.1, WCAG 2.2, ISO 24751-2, Schema.org versión 3.8, además de los requisitos visuales, auditivos, cognitivos, motores. Dentro de estos 20 artículos, adicionalmente se tomó en cuenta secciones como Título, Resumen, Palabras clave, Métodos (se visualiza el modelo o el diseño).

Este segundo filtro dio como resultado un total de 16 artículos de los cuales se realizó una lectura completa. Luego de esto, se pudo realizar una categorización de los artículos con prioridades ALTA y MEDIA, tomando en cuenta modelos o diseños de perfilamiento. Finalmente, una vez realizada la lectura completa se encontraron 4 artículos los cuales serán analizados y tomados en cuenta para poder establecer la propuesta del modelo.

A continuación, se muestra las dimensiones necesarias para el desarrollo de este proyecto de investigación. La Tabla 1 muestra un ID del artículo, título, año de publicación, dimensión uno: la cual se refiere a los conceptos particulares como: aspectos de aprendizaje,

interacciones de usuario, asistencia computarizada, caracterización, estrategias de enseñanza-aprendizaje, ampliación de plataforma, contenido de aprendizaje, propuesta de diseño, programa de aprendizaje, estrategias para mejorar la accesibilidad, perspectiva del proveedor, entrevista semiestructurada, auditoría de accesibilidad MOOC, Planificación Centrada en la Persona y la dimensión dos: la cual se refiere a guías, normas, especificaciones para crear el modelo de perfilamiento como son: WCAG 2.0, WCAG 2.1, WCAG 2.2, ISO 24751-2, Schema.org versión 3.8 y otros.

| Code | Article Title   | Year | Dimension 1   | Dimension 2   |
|------|---|------|---|---|
| A01  | An assistive computerized learning environment for distance learning students with learning disabilities [14].  | 2006 | Asistencia computarizada  | N/A   |
| A02  | Modelo adaptativo para la caracterización de dificultades/discapacidades en un ambiente virtual educativo [12].   | 2012 | Caracterizaciones de usuario  | N/A   |
| A03  | Modelo de adaptación basado en preferencias en ambientes virtuales de aprendizaje para personas con necesidades especiales [11].  | 2012 | Caracterizaciones de usuario  | notación BNF  |
| A04  | Kamachiy-Idukay: plataforma de servicios educativos adaptativos para personas con discapacidad/dificultad [13].   | 2013 | Interacciones de usuario  | Teoría de análisis estructurado de Yourdon  |
| A05  | From Blended to Inclusive Learning: Accessibility, Profiles, Openness, and Higher Education [15].   | 2013 | Estrategias de enseñanza-aprendizaje  | Entrevista Semi-estructurada  |
| A06  | Adaptive Content Presentation Extension for Open edX Enhancing MOOCs Accessibility for Users with Disabilities [16].  | 2015 | Ampliación de plataforma  | (WAI) de W3C<br>WCAG<br>ATAG<br>UAAG  |
| A07  | Holistic vision for creating impact of services based on MOOCs [10].  | 2015 | Contenido de aprendizaje  | AccessForAll<br>Web 2.0, (WAI) de<br>W3C, WCAG, ATAG<br>UAAG, IEC 24751:<br>2008    |
| A08  | Accessible user profile modeling for academic services based on MOOCs [17].   | 2015 | Interacciones de usuario  | AccessForAll<br>ACCLIP<br>ISO/IEC 24751:2008  |
| A09  | Accessible Blended Learning for Non-Native Speakers using MOOCs [18].   | 2015 | Propuesta de diseño<br>Ampliación de plataforma                               | AccessForAll<br>WCAG 2.0, ATAG 2.0<br>ISO/IEC 24751:2008<br>WCAG, ATAG,<br>WCAG2ICT |
| A10  | How Could MOOCs Become Accessible? The Case of edX and the Future of Inclusive Online Learning [19].  | 2016 | Propuesta de diseño<br>Ampliación de plataforma                               | ATAG 2.0  |
| A11  | ICT for Older People to Learn about ICT: Application and Evaluation [20].   | 2016 | Programa de aprendizaje   | System Usability Scale (SUS)  |
| A12  | Strategies for improving the level of accessibility in the design of MOOC-based learning services [21].   | 2016 | Estrategias para mejorar la accesibilidad                                     | ACCMD, WAI<br>WCAG, ATAG<br>UAAG, EU4ALL y<br>METALL                                |
| A13  | Accessibility of MOOCs: Understanding the Provider Perspective [22].  | 2016 | Perspectiva del proveedor   | N/A   |
| A14  | The impact of assistive technology services in post-secondary education for students with disabilities: Intervention outcomes, use-profiles, and user-experiences [23]. | 2016 | Entrevista semiestructurada   | Medida de desempeño ocupacional canadiense (COPM)                                   |
| A15  | An Investigation Into The Accessibility Of Massive Open Online Courses (MOOCs) [24].  | 2017 | Auditoría de accesibilidad MOOC<br>Planificación Centrada en la Persona (PCP) | HCI, WCAG-EM<br>UDL, muestreo por conglomerados                                     |
| A16  | Implementing Accessibility in Massive Open Online Courses' Platforms for Teaching, Learning and Collaborating at Large Scale [25].                                      | 2019 | Propuesta de diseño<br>Ampliación de plataforma                               | iXML, WAI, WCAG<br>ATAG, UAAG,<br>WCAG  |

Tabla 1: Lista de artículos con dimensiones uno y dos

La Tabla 2 muestra las siguientes dimensiones: dimensión tres, referente a requisitos visuales; dimensión cuatro referente a requisitos auditivos; dimensión cinco, referente a requisitos cognitivos; dimensión seis, referente a requisitos motores y la dimensión siete, referente a otros requisitos, por ejemplo: discapacidades temporales por alguna cirugía, discapacidades combinadas debido al envejecimiento.

| Code | Dimension 3             | Dimension 4                     | Dimension 5  | Dimension 6               | Dimension 7   |
|------|-------------------------|---------------------------------|--|---------------------------|---|
| A02  | N/A                     | N/A                             | Memory<br>Attention<br>Thought<br>Language<br>Learning                           | Sychomotor<br>development | N/A   |
| A03  | Visual                  | Auditory                        | Memory<br>Attention<br>Language  | N/A                       | N/A   |
| A04  | Visual                  | Auditory                        | Cognitive - Asperger's<br>Syndrome   | N/A                       | N/A   |
| A05  | N/A                     | N/A                             | N/A  | N/A                       | Development of<br>electronic skills of<br>technological,<br>pedagogical and<br>methodological teachers  |
| A06  | Blindness<br>Low vision | Auditory<br>Hearing<br>problems | Dyslexia   | Motor problems            | N/A   |
| A07  | N/A                     | N/A                             | N/A  | N/A                       | N/A   |
| A08  | Visual                  | Auditory                        | N/A  | Mobility disabilities     | N/A   |
| A09  | Visual                  | Auditory                        | Dyslexia   | Mobility disabilities     | N/A   |
| A10  | Visual                  | Auditory                        | Cognitive  | Mobility disabilities     | Speaks<br>Psychosocial<br>Temporary disabilities<br>(recover after surgery)<br>Progressive combined<br>disabilities due to<br>natural aging                 |
| A11  | Low vision              | N/A                             | Cognitive impairment   | Physical changes          | Physical and cognitive<br>changes due to aging  |
| A12  | Visual                  | Auditory                        | N/A  | N/A                       | Speech disabilities   |
| A13  | Visual                  | N/A                             | N/A  | N/A                       | Mental health problems  |
| A16  | N/A                     | N/A                             | N/A  | N/A                       | Censorship barriers<br>language   |
| A14  | Low vision              | N/A                             | Cognitive impairment -<br>perceptual<br><br>Attention deficit e<br>hyperactivity | Mobility deficit          | Learning disability,<br>37.6%; mental illness,<br>10.8%;<br>Damage to the central<br>nervous system (eg,<br>traumatic brain injury),<br>7.7%;<br>Pain, 3.5% |
| A15  | N/A                     | N/A                             | N/A  | N/A                       | Restricted manual skills<br>and fatigue or pain   |
| A01  | N/A                     | N/A                             | Attention disorders<br>Dyslexia  | N/A                       | N/A   |

Tabla 2: Lista de artículos con las dimensiones referentes a discapacidades

Una vez realizado el análisis correspondiente, se presenta la siguiente Tabla 3 en donde se listan aquellos artículos que se han observado como más relevantes, incluyendo en algunos las limitaciones de modelos o diseños. Además, se realizó una distinción en las prioridades de cada uno de los artículos, existiendo la prioridad ALTA, aquellos artículos que toman en cuenta los siete principales conceptos dentro del presente trabajo como son: ambientes e-Learning, discapacidades, accesibilidad, perfilamiento, especificaciones para crear modelos de perfilamiento, guías, normas. La prioridad MEDIA, viene dada por aquellos artículos que toman en consideración normas, ambientes e-Learning, accesibilidad, sin embargo, no toman en cuenta el perfilamiento. Dentro de la tabla están aquellos artículos con las prioridades ALTA Y MEDIA.

| Code | Model / Design                                     | Disability dimensions  | Model limitations  | Priority |
|------|--|--|--|----------|
| A02  | MDALS (Adaptive Learning Disability Model System), | Take into account:<br>Dimension five: memory, attention, thinking, language, learning.<br>Dimension six: psychomotor development | One of the biggest drawbacks in the model is given by the administration and achievement of the information, as well as the amount of data required in the representation of knowledge, which allow characterizing the disability and learning styles. | HIGH     |
| A04  | Service platform                                   | Take into account:<br>Dimension one: visual.<br>Dimension two: auditory.<br>Dimension three: cognitive - Asperger's Syndrome     | Single profile entry per student<br>Lack of update in profiles   | HIGH     |
| A03  | ALS (acronym for Adaptative Learning System)       | Take into account:<br>Dimension one: visual.<br>Dimension two: auditory.<br>Dimension three: memory, attention, language         | Does not allow a student update dynamically  | MEDIUM   |
| A15  | MOOC Accessibility Audit                           | Take into account:<br>Dimension seven: manual skills, restricted and fatigue or pain   | No constructions were considered when the surveys were developed, nor was any validation work or scoring guidance provided on the constructions  | MEDIUM   |

Tabla 3: Lista de artículos seleccionados para análisis

A continuación, se sintetizan las investigaciones seleccionadas.

Lancheros-Cuesta y Carillo-Ramos [11] elaboran un “Modelo de adaptación basado en preferencias en ambientes virtuales de aprendizaje para personas con necesidades especiales”, denominado ALS (acrónimo de Adaptative Learning System), mismo que toma en cuenta el “perfil del estudiante, perfil del dispositivo, el contexto y el perfil de la discapacidad”. Sin embargo, no permite una actualización del perfil del estudiante de forma dinámica, y las pruebas realizadas, como en muchos casos dentro de la presente revisión de literatura, no son suficientes para determinar la efectividad de los estudios planteados.

Lancheros-Cuesta y Carillo-Ramos [12] afirman que las dificultades de aprendizaje para todas aquellas personas que desean acceder a la educación virtual especialmente aquellas personas con discapacidades son varias y, por lo tanto, encuentran en la educación virtual una barrera, esto tiene que ver con aquellos sistemas o herramientas que no caracterizan a estudiantes, no toman en cuenta sus necesidades o preferencias, lo que provoca que los estudiantes opten por abandonar los cursos. Para contrarrestar esta barrera se crea MDALS (Adaptive Learning Disability Model System), modelo que consta de una arquitectura de cuatro capas: modelo de adaptación, servicios educativos personalizados, servicios educativos, aplicación.

Como se menciona en Lancheros-Cuesta *et al.* [13] existen diferentes formas de aprendizaje y comportamiento que los estudiantes presentan dentro de un aula, específicamente un aula virtual. Debido a esto, es necesario que se desarrollen herramientas tecnológicas que permitan identificar y conocer las necesidades de cada alumno para que, a su vez, estas herramientas se adapten a los usuarios dependiendo de sus preferencias. Como es el caso de Kamachiy-Idukay, una plataforma de servicios educativos adaptable a las necesidades de los usuarios, tomando en cuenta a dos actores dentro del proceso, profesores y estudiantes. El proceso consta de pruebas que deben ser realizadas en caso de ser la primera vez que ingresa a la plataforma, si ya ha realizado anteriormente las pruebas ingresará al curso con sus preferencias ya definidas.

Como menciona Iniesto en [24] es prioritario comprender las situaciones individuales que los alumnos tienen al trabajar en MOOCs considerando sus variados contextos, para ello es necesario utilizar un enfoque de Planificación Centrada en la Persona (PCP). Esta planificación, es una combinación de enfoques que están diseñados para capacitar a las personas con discapacidad para que tomen sus propias opciones y decisiones, la principal idea es facilitar la expresión de intereses colocando al individuo en el proceso de planificación, y lo más importante a considerar, que el alumno es el verdadero experto en sus propias necesidades. En este proyecto se desarrolló una herramienta sistemática llamada auditoría de accesibilidad MOOC, basada en el método de evaluación heurística de la interacción Persona-Ordenador. El estudio se realizó mediante entrevistas, una inicial de 21 preguntas y una posterior al curso de 39 preguntas, además de las entrevistas se realizó el reclutamiento de los estudiantes.

Junto a la anterior investigación se encuentra la evaluación realizada por Rodríguez-Ascaso *et al.* [26] a los usuarios de las aulas virtuales y sus preferencias, alrededor de 115 alumnos fueron encuestados, de entre los cuales 53 eran estudiantes y 62 profesionales, en donde se pudo evidenciar la presencia de impedimentos visuales, auditivos o físicos. La evaluación realizada se produjo con el fin de recopilar la experiencia del usuario al establecer las diferentes preferencias de accesibilidad dentro de un sistema de aprendizaje electrónico.

Dentro de otro estudio, Iniesto *et al.* [22] enfatizan en el hecho de que dentro de un ambiente virtual de aprendizaje se debe tomar en cuenta todos los roles dentro del proceso de construcción de los cursos, profesores que crean el material y los técnicos que desarrollan y mantienen las plataformas. Para ello, se realizaron encuestas o entrevistas que permiten conocer las prácticas y limitaciones que tienen los equipos de diseño que trabajan en MOOCs, encontrando como resultado un progreso limitado en cuanto al desarrollo de MOOCs accesibles.

Otro estudio realizado por Días y Diniz [15] tomaron en cuenta un total de 32 maestros y 36 estudiantes con el fin de recopilar información objetiva sobre los sistemas de gestión de aprendizaje. Las encuestas revelaron que existen la necesidad de un modelo nuevo y más inclusivo, para desarrollar las habilidades tecnológicas, pedagógicas y metodológicas de los docentes. Adicionalmente, se identificaron distintos perfiles de profesores, y de los estudiantes, orientados al entorno de aprendizaje interactivo, a la formación, y a las creencias de los docentes. Sin embargo, la muestra de la entrevista no es representativa del grupo general de usuarios (docentes y estudiantes) en la universidad y es un estudio a pequeña escala que documenta el esfuerzo de una institución individual.

Klemes *et al.* [14] tomando en cuenta a personas con discapacidades que estudian a distancia, a diferencia de estudiantes que asisten a instituciones académicas que se orientan a la enseñanza netamente presencial. El estudio fue realizado durante dos meses y con un grupo de estudiantes con trastornos de atención y dislexia, utilizando pruebas al final de los módulos en donde se pudo identificar problemas en cuanto al tiempo que les toma en completar las tareas, sin un ambiente computarizado. Sin embargo, al utilizar un ambiente computarizado su tiempo de aprendizaje se redujo y su satisfacción mejoró.

En el estudio realizado por Urueña *et al.* [27] se evidencia que el grupo a tomarse en cuenta dentro de la educación en línea es el grupo de usuarios de edad avanzada, mayores de 65 años, para quienes la tecnología se ha desarrollado sin tomar en cuenta sus necesidades. El envejecimiento es un proceso normal y representa gran cantidad de cambios en el ser humano. Según la Organización Mundial de la Salud [28] “entre 2000 y 2050, la proporción de los habitantes del planeta mayores de 60 años se duplicará, pasando del 11% al 22%, este grupo de edad pasará de 605 millones a 2000 millones en el transcurso de medio siglo”.

Camino Fernández *et al.* [20] para mejorar la vinculación de personas de avanzada edad en el mundo de la tecnología se creó el proyecto “ICT for Older People to Learn about ICT: Application and Evaluation”, proyecto dedicado a elaborar un programa de aprendizaje sobre el uso de las TIC para las personas mayores, haciendo uso de los MOOCs para la difusión del conocimiento. Estos cursos brindan a las personas mayores la posibilidad de acceder a nuevos conocimientos de manera fácil. Para ello la Universidad de León, creó un MOOC en donde se enseña a las personas mayores a utilizar dispositivos con sistemas operativos iOS y Android, las edades de los inscritos oscilan entre los 60 y 85 años. Para este grupo específico de personas es necesario que se lleven a cabo acciones de aprendizaje que estén orientadas a sus necesidades y su realidad.

En esta misma línea, Sanchez-Gordon y Luján-Mora [16] y tomando en cuenta que existe una tendencia creciente de usuarios de edad avanzada que acceden y participan en el aprendizaje permanente en línea, es necesaria una presentación personalizada del contenido que se entrega al usuario para poder mejorar su accesibilidad y usabilidad. Para ello, se propone una arquitectura de tres capas que permite ampliar la plataforma Open edX, en donde el usuario deberá poder acceder a cualquiera de los formatos disponibles, si así lo desea, gracias al uso de cuestionarios que permiten combinar las preferencias del usuario con adaptaciones automáticas.

Sanchez-Gordon y Luján-Mora [19] en su investigación proponen un diseño que permite mejorar la accesibilidad de los MOOCs, tomando en cuenta el componente del lado del usuario con cuatro capas y una interfaz de programa de aplicación accesible (API), los alumnos interactúan con la primera capa en donde se encuentra la tecnología de asistencia o con la segunda que se trata del navegador. Las dos capas deben ser compatibles con UAAG (User Agent Accessibility Guidelines). El diseño permite que el contenido se adapte



a las preferencias del usuario, con el apoyo de las pautas ATAG (Authoring Tool Accessibility Guidelines).

En otro estudio, Sanchez-Gordon y Luján-Mora [18] proponen un diseño que permite un aprendizaje combinado que es accesible para NNS (Non-Native Speakers), este problema impide que muchos estudiantes, el 17,5% de encuestados dentro de este estudio, no se registraran a los MOOCs por la falta de dominio del idioma. El diseño incorpora a tres actores: NNS, instructores locales y autores de los MOOCs, apoyándose en WCAG 2.0.

Iniesto y Rodrigo [21] proponen estrategias para mejorar la accesibilidad a los servicios MOOC con el fin de mejorar el nivel de accesibilidad para personas con discapacidades, tomando en cuenta el acceso y registro a la plataforma, su interfaz, la metainformación, es decir, el perfil del usuario y su contenido educativo. Con el objetivo de mejorar la accesibilidad se hace uso de la especificación de metadatos Access For All (AFA).

Dentro de los estudios realizados, Iniesto y Rodrigo [17] se encuentra la propuesta de una estrategia enfocada en mejorar la accesibilidad de los cursos en línea masivos y abiertos MOOCs que incluye el uso de metadata para analizar las características de los recursos educativos afín a las necesidades y preferencias de los usuarios utilizando la especificación IMS AFA v3.0 para perfilar tanto las Necesidades y Preferencias Personales (PNP) y las Descripciones de los Recursos Digitales (DRD).

Como se puede verificar, la documentación es amplia en cuanto a los estudios generados debido a las necesidades de los estudiantes con discapacidades dentro de los ambientes e-Learning. Sin embargo, a pesar de existir trabajos orientados a identificar la problemática que tienen los estudiantes con discapacidades a momento de estar en una plataforma e-Learning, dichos trabajos se orientan a mejorar la accesibilidad de los recursos o a entrevistar a los estudiantes para encontrar cuales son las barreras que encuentran al estudiar a través de plataformas e-Learning. Existen estudios orientados al perfilamiento de estudiantes, encontrando como principal problema que no se consideran aspectos como la actualización de los perfiles una vez creados o no se consideran las pautas de accesibilidad aprobadas por la W3C.

Por lo tanto, los estudios enfocados en las personas y sus preferencias son escasos, de aquí la importancia del presente estudio cuyo objetivo general es proponer un modelo para

perfilamiento de usuarios de e-Learning con consideraciones de accesibilidad. Los objetivos específicos son:

- Realizar la revisión de literatura relacionada con la creación de perfiles de usuarios de ambiente e-Learning con enfoque en accesibilidad.
- Diseñar el modelo para la creación de perfiles de usuarios con discapacidades en ambientes e-Learning.
- Construir un prototipo usable y accesible basado en pautas de accesibilidad web, que permita evaluar el modelo para creación de perfiles propuesto.
- Probar funcionalidad, usabilidad y accesibilidad del prototipo construido con un grupo focal que incluya usuarios sin discapacidades y con limitaciones visuales, auditivas y motoras.

El modelo propuesto tendrá como grupo objetivo a todos los usuarios que deseen hacer uso de plataformas e-Learning, no sólo para aquellas personas que poseen algún tipo de discapacidad, ya que también permitirá perfilar a aquellas personas que no posean ninguna discapacidad pero que tienen alguna necesidad o preferencia de accesibilidad temporal.

También es parte del presente trabajo, crear un prototipo el cual permitirá comprobar la efectividad del modelo propuesto. Dicho prototipo definirá perfiles que describan las necesidades y preferencias de accesibilidad de los estudiantes. Este prototipo será evaluado tanto en usabilidad como en accesibilidad, tomando en cuenta un grupo focal que incluya usuarios sin discapacidades y usuarios con limitaciones visuales, auditivas y motoras.

### **Justificación Teórica**

En el mundo existen millones de personas con discapacidades que desean realizar estudios utilizando plataformas e-Learning. El problema para resolver en la presente investigación es la falta de mecanismos para perfilar a estudiantes con discapacidades, de manera de registrar sus necesidades de accesibilidad y preferencias en el uso de diferentes modos sensoriales para la percepción y comprensión de información que provee la plataforma e-Learning. En esta investigación se diseñará un modelo que permita al estudiante gestionar necesidades y preferencias de accesibilidad para ambientes e-Learning y los recursos

educativos digitales alojados en dichos ambientes. Adicionalmente, se construirá un prototipo para evaluar el modelo diseñado.

### **Justificación Metodológica.**

La presente investigación se realizará considerando los siguientes aspectos metodológicos:

- Se realizará la revisión de literatura en donde se tomará en cuenta temas relacionados con accesibilidad web, como estándares y mejores prácticas. Complementariamente, se realizará la revisión de investigaciones relacionadas con el tema de perfilamiento de usuarios para ambientes e-Learning. Para la revisión de literatura se establecerá las cadenas de búsqueda, las fuentes de información y los criterios de inclusión/exclusión.
- Una vez que se cuente con el análisis de la revisión de literatura, se diseñará un esquema de meta data y un modelo que permita realizar un perfilamiento adecuado de los usuarios en ambientes e-Learning tomando en cuenta los requisitos y preferencias de accesibilidad de una persona con discapacidades. Para este diseño se tomarán en cuenta las normas y mejoras prácticas identificadas en la revisión de la literatura y se realizará un proceso iterativo.
- Se construirá y probará un prototipo basado en el modelo propuesto siguiendo las etapas del ciclo de vida de desarrollo de software. Las pruebas se realizarán con un grupo focal que incluya usuarios sin discapacidades y con limitaciones visuales, auditivas y motoras.

### **Justificación Práctica**

El potencial impacto social de la presente investigación es significativo. Un reporte del Instituto de Tecnología de Massachusetts muestra la tendencia creciente de los estudiantes a inscribirse en cursos en línea como alternativa a cursos presenciales. Por ejemplo, el número total de estudiantes universitarios en Estados Unidos que tomó al menos un curso en línea incrementó de 1.6 millones en 2002 a 6.1 millones en 2010 [29]. Esta tendencia se verá exacerbada con la crisis sanitaria mundial ocasionada por la pandemia del virus COVID-19.

Dentro de los ambientes de e-Learning, son de especial interés los Massive Open Online Courses (MOOC), debido a su naturaleza abierta y masiva. Un MOOC puede

ofrecer una experiencia de aprendizaje a miles, incluso cientos de miles, de usuarios diversos al mismo tiempo. En 2019, aproximadamente 10 millones de estudiantes adicionales se inscribieron en MOOC en relación con el 2018, lo que lleva a una inscripción global estimada de 110 millones de personas [7]

Por otro lado, más de mil millones de personas, o sea, un 15% de la población mundial, vive con alguna forma de discapacidad. De ellos, entre 110 millones y 190 millones de personas enfrentan grandes dificultades para desenvolverse normalmente, incluyendo el poder estudiar [8]. Los ambientes virtuales de aprendizaje se convierten en una opción importante para estas personas, siempre y cuando dichos ambientes y los recursos educativos que alojan sean accesibles.

Gracias al modelo propuesto se aportará a que muchas personas que cuentan con algún tipo de discapacidad puedan continuar y terminar sus estudios y con esto evitar que muchas de las personas deserten por la falta de accesibilidad y las dificultades de aprendizaje [12] de las plataformas de educación virtual.

Además, gracias al uso de Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (WCAG 2.2), se logrará que el contenido sea más accesible, aumentando la gama de personas que podrán sumarse a las plataformas e-Learning, cuenten con alguna discapacidad o no, es decir, el modelo permitirá que las plataformas sean más usables [30].

En conclusión, el número potencial de beneficiarios de los resultados de esta investigación es, millones de personas con discapacidades que desean acceder a oportunidades de educación en ambientes e-Learning y además aquellas personas sin discapacidades que han desertado por la falta de usabilidad dentro de dichos ambientes.

### **3. MARCO TEÓRICO**

A continuación, se presenta una revisión teórica referente a ambientes e-Learning, en donde los Massive Open Online Courses (MOOCs) son de especial interés debido a su naturaleza abierta y masiva, ya que pueden ofrecer una experiencia de aprendizaje a miles de usuarios al mismo tiempo. Por otra parte, se toma en cuenta la diversidad de personas que acceden a la Web, especialmente las personas con discapacidad, por ello la

importancia de que todo ambiente e-Learning contemple la accesibilidad Web, tomando en cuenta los estándares y mejores prácticas.

### **3.1. Ambientes e-Learning**

Uno de los conceptos más tratados en la actualidad son los ambientes virtuales de aprendizaje o e-Learning, hoy en día, se está expandiendo al ámbito de la educación superior, educación para personas adultas, ámbitos empresariales y además en la formación ocupacional, ofertando cursos a través de las aulas virtuales. El concepto de e-Learning se trata de una “modalidad de enseñanza-aprendizaje que consiste en el diseño, puesta en práctica y evaluación de un curso o plan formativo desarrollado a través de redes de ordenadores y puede definirse como una educación o formación ofrecida a individuos que están geográficamente dispersos o separados o que interactúan en tiempos diferidos del docente empleando los recursos informáticos y de telecomunicaciones” [31].

Las principales características son la flexibilidad en los tiempos y espacios educativos, incremento en la autonomía del estudiante dentro de su proceso de aprendizaje. Algo que ha impulsado el crecimiento a nivel mundial de e-Learning, es la reducción en el costo económico de las telecomunicaciones, las nuevas generaciones están más familiarizadas con Internet y la tecnología de redes [32].

#### **Cursos en línea Masivos y Abiertos (MOOC)**

Los antecedentes de Massive Open Online Courses, comienzan por el año 2000 con los proyectos denominados Fathom y AllLearn [33]. Un MOOC integra la conectividad de las redes sociales, una colección de recursos en línea de libre acceso. Pero lo más importante a ser considerado es que un MOOC se basa en el compromiso activo de varios de cientos de miles de “estudiantes” que autogestionan su participación de acuerdo con los objetivos de aprendizaje, habilidades previas e intereses comunes [7]. Un generalmente no tiene costo, no se necesitan de requisitos previos para poder registrarse, únicamente acceso a Internet e interés [34]. Los MOOCs como: “EDx, Coursera, Udacity, FutureLearn, que son las empresas que actualmente tienen más de 80 millones de estudiantes como lo plantea Class Central una empresa dedicada al estudio de los MOOC” [35], tal como se puede verificar en la siguiente Figura 2:

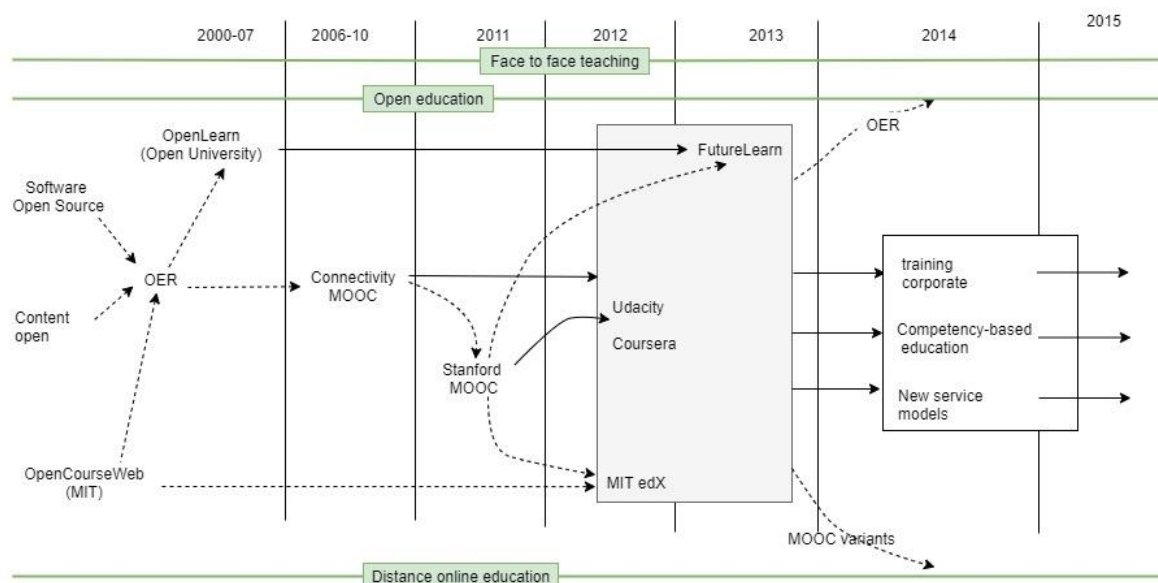


Figura 2: Línea de tiempo de evolución – MOOC y educación abierta por [35]

Los MOOC permiten el aprendizaje en su propio momento, lugar y ritmo, mejorando de forma continua la comunicación y la interacción entre todos los participantes y benefician especialmente a las personas que tienen dificultades para acceder a la educación presencial, mejorando su nivel de empleabilidad y de inclusión social, estas plataformas aún presentan barreras en su acceso, debido a la falta de accesibilidad de los recursos alojados [36]. Estos problemas presentan barreras para aquellos estudiantes que tienen algún tipo de discapacidad, llevándolos a abandonar los cursos o en su defecto a terminarlos en tiempos mucho más largos que los estudiantes sin ningún tipo de discapacidad.

En el año 2018, la plataforma MOOC alcanzó un total de 101 millones de estudiantes inscritos, 20 millones fueron estudiantes nuevos en relación con el año 2017, en donde se inscribieron por primera vez alrededor de 23 millones. Para el año 2019, la plataforma MOOC llegó a un total de 120 millones de estudiantes, siendo Coursera y edX las plataformas con más aprendices, 45 millones y 24 millones respectivamente. Sin embargo, para el año 2020 los MOOC han superado los 180 millones de usuarios debido a la pandemia del virus COVID-19. Alrededor, de un tercio de los usuarios inscritos en una plataforma MOOC corresponden a estudiantes que se unieron en 2020. Como resultado, las plataformas MOOC se han visto beneficiadas enormemente al contar con millones de nuevos usuarios atraídos por los cursos en línea gratuitos de las mejores universidades [37]. En la Figura 3 se puede observar el crecimiento de forma exponencial con respecto al

número de estudiantes inscritos en las plataformas MOOCs, desde al año 2016 hasta el año 2020.

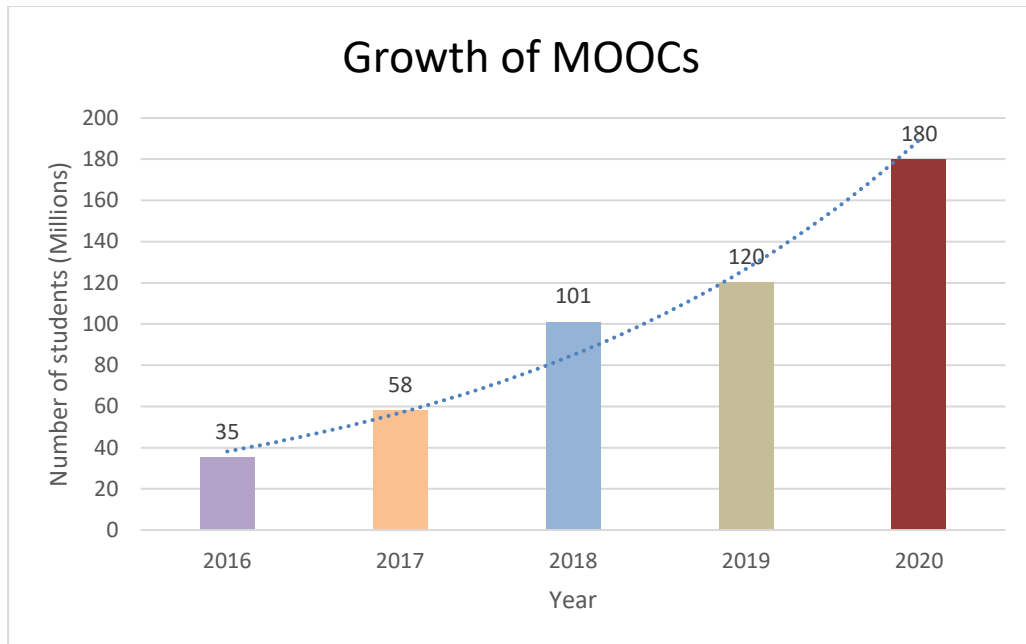


Figura 3: Crecimiento exponencial estudiantes inscritos en plataformas MOOC

### 3.2. Accesibilidad Web

El Internet se ha convertido en un recurso importante para muchos aspectos de la vida como: educación, empleo, comercio, salud, más aún en este año ante la crisis sanitaria mundial ocasionada por la pandemia del virus COVID-19, que ha obligado a las personas a aislarse en sus hogares y a laborar de forma remota, transformándolo en su herramienta principal de trabajo.

El adecuado diseño y adecuada codificación de los sitios y las herramientas Web permitirán que todas las personas puedan utilizarlos, personas con o sin discapacidades. Sin embargo, hoy en día varios sitios y herramientas Web presentan barreras de accesibilidad ocasionando que las personas con discapacidad tengan dificultades para ingresar o definitivamente no puedan utilizar la Web. Es por esta razón la importancia de la accesibilidad Web, la cual proporciona que el acceso sea equitativo y con igualdad de oportunidades para todas las personas, especialmente aquellas personas con discapacidades. Por lo tanto, “Accesibilidad Web significa que sitios web, herramientas y tecnologías están diseñadas y desarrolladas de tal manera que las personas con

discapacidades pueden usarlas” [38]. Para que la Web sea accesible depende de varios componentes trabajando juntos y de las pautas aplicadas.

### **3.3. Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG)**

La Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI), creada por la organización World Wide Web Consortium (W3C), es la encargada de validar que exista accesibilidad Web, para lo cual desarrolla y publica especificaciones técnicas, pautas, técnicas y recursos. Las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG), explican lo que se debe hacer para que el contenido web sea más accesible para las personas con discapacidad. La WAI publicó en 1999 la versión 1.0, posterior a esto, la versión 2.0 fue publicada el 11 de diciembre del año 2008 [39]. En esta nueva versión WCAG 2.0, se añaden tres términos importantes que marcan la diferencia con la versión WCAG 1.0, estos términos son: página web, determinado pragmáticamente, accesibilidad admitida [40].

Con fecha cinco de junio del 2018, se publica la versión 2.1, la diferencia entre la versión WCAG 2.0 y la versión WCAG 2.1 radica en la existencia de criterios adicionales que no existen en la versión 2.0 [39]. En la actualidad existe una nueva versión WCAG 2.2, en la cual se agrega una nueva directriz y adicionales 18 criterios de éxito que permitirán mejorar la accesibilidad para tres grupos de usuarios con discapacidades como: discapacidades de aprendizaje, baja visión y discapacidades en dispositivos móviles.

Para satisfacer las necesidades de los diferentes grupos de usuarios, se generan los 3 niveles de conformidad siendo A el nivel más bajo, AA y AAA el nivel más alto de conformidad. Tomando en cuenta que, inclusive aquel contenido que se ajuste al más alto nivel de conformidad AAA, no podrá ser accesible para aquellas personas que posean todos los tipos, grados o combinaciones de discapacidad. Sin embargo, seguir estas pautas permitirá que los sitios y herramientas web sean accesibles para una gran gama de personas con discapacidades, entre las cuales se puede nombrar “ceguera y baja visión, sordera y pérdida de audición, discapacidades de aprendizaje, limitaciones cognitivas, movimiento limitado, discapacidades del habla, fotosensibilidad y combinaciones de estas”. Además, estas pautas permitirán que los sitios y herramientas web sean más usables [40].

La nueva versión WCAG 2.2, misma que se espera sea publicada en 2021, hace uso del mismo modelo de conformidad que la versión WCAG 2.0, esto con el fin de que los sitios



cumplan con cualquier política que esté haciendo referencia a las versiones WCAG 2.0 o WCAG 2.1. Adicional a la versión WCAG 2.2, el Grupo de Trabajo de Pautas de Accesibilidad se encuentra desarrollando en paralelo otra versión de las pautas de accesibilidad siguiendo una metodología centrada en el usuario y centrada en la investigación con el fin de producir un resultado más efectivo y flexible [30].

Dicha versión, se encuentra en estado de borrador de editor y se denomina WCAG 3.0, publicada en noviembre de 2020, esta nueva versión de las pautas de accesibilidad aborda la accesibilidad del contenido web en computadoras de escritorio, computadoras portátiles, tabletas, dispositivos móviles y otros dispositivos de Internet de las Cosas e Internet de Todo (IOT/IOE). WCAG 3.0 es un sucesor de WCAG 2.2 y versiones anteriores, pero no reemplaza a estas versiones. Una vez que esta versión se convierta en una recomendación de la W3C, se aconsejará a los desarrolladores, creadores de contenido y los responsables políticos el uso de la WCAG 3.0 [41].

### **Introducción WCAG 3.0**

Las Pautas de Accesibilidad del W3C (WCAG) 3.0 muestran formas de hacer que el contenido web sea accesible para personas con discapacidades. WCAG 3.0 es un estándar más nuevo que las Pautas de accesibilidad al contenido Web (WCAG) 2.2. Puede utilizar WCAG 2.2 o el nuevo estándar.

### **Diferencia de WCAG 2**

En comparación con los criterios de éxito, los resultados están escritos para ser:

- En lenguaje sencillo;
- Más comprensible para personas que no son expertas en tecnología;
- Más orientado a las necesidades del usuario en lugar de orientado a la tecnología;
- Más granular, y
- Más flexible para permitir más pruebas que las declaraciones de verdadero / falso de WCAG 2.X.

En el Anexo 1 se presenta una descripción general del borrador de editor WCAG 3.0

### **3.4. Esquema de metadata Schema.org**

Un aspecto clave en los sistemas educativos en línea es definir los recursos y los servicios que se ofrecen a los usuarios, la tendencia es escribir esta información usando metadatos [42]. Los metadatos están definidos literalmente como datos sobre datos, pero el término normalmente se entiende como datos estructurados sobre recursos que se pueden usar para ayudar a respaldar una amplia gama de operaciones [43]. La adopción de un esquema de metadatos adecuado permitirá gestionar de forma eficaz los recursos educativos en términos de búsqueda, reutilización, interoperabilidad y accesibilidad. Este último punto, es una característica clave para promover la educación y la formación inclusivas en entornos de aprendizaje virtuales y distribuidos donde existe una gran diversidad en las necesidades y preferencias de accesibilidad de los estudiantes [44]. Si el recurso educativo ha sido descrito con metadatos de accesibilidad y el alumno tiene una descripción de sus necesidades y preferencias personales, la herramienta puede elegir los recursos educativos más adecuados para que el alumno pueda comprender su contenido [45].

En los ambientes e-Learning como los MOOC, se puede facilitar enormemente la educación de estudiantes con alguna discapacidad. Sin embargo, para lograr esto los recursos educativos deben estar disponibles en formatos accesibles y deben existir mecanismos de metadatos para identificar qué recurso accesible es el más adecuado para las diferentes necesidades y preferencias de accesibilidad, los metadatos son los bloques de información básicos para el desarrollo de aplicaciones y sistemas de gobierno electrónico. Una vez que los metadatos son definidos, se pueden compartir y reutilizar en múltiples ocasiones. Los conjuntos de metadatos diseñados para un propósito específico, también conocidos como esquemas de metadatos, describen un tipo específico de información sobre un recurso, los valores que se proporciona a los elementos de los metadatos son su contenido. Los términos pueden provenir de un vocabulario controlado específico o también pueden existir reglas de sintaxis sobre la codificación de los elementos y su contenido [46].

Algunas especificaciones y estándares de metadatos relevantes son el Dublin Core Metadata Initiative Element Set (DCMES) desarrollado en la Learning Resource Metadata Initiative (LRMI), IEEE 1484.12.1 Learning Object Metadata (LOM) y el vocabulario de schema.org. Dichas especificaciones e iniciativas han evolucionado a lo largo del tiempo.

Dentro del primer período se encuentran las bibliotecas digitales y a principios de los 90, el desarrollo de la Web. Posterior a esto en el año 1995 se propone Dublin Core utilizado para localizar e identificar páginas web, contenido textual y otros recursos en la web. Para los años 2001 y 2002 se generan dos versiones del Protocolo de la Iniciativa de Archivos Abiertos para la Recolección de Metadatos (OAI-PMH) 1.1 y 2.0 publicadas respectivamente el cual debe admitir representaciones de metadatos en Dublin Core. En 2003, MS Learner Information Package Accessibility for LIP (AccLIP) y IMS AfA MetaData Specification (AccMD) v1.0 se desarrollaron para trabajar juntos de modo que los metadatos, creando el enfoque conocido como IMS Access For All (IMS AfA) v1.0. El interés en la estandarización también se revela con la publicación en 2002 del estándar IEEE 1484.12.1, más conocido como LOM.

Para el inicio de un tercer período se publica la Norma ISO/IEC 24751:2008 Adaptabilidad y accesibilidad individualizada en e-Learning, educación y formación [46], la norma se divide en tres partes: Parte uno, marco para definiciones y reglas, para una correcta definición de las necesidades que y preferencias que pueden tener los usuarios en la primera parte se realiza la descripción de mecanismos como aplicaciones software que ayuden y guíen al usuario mediante preguntas, sistemas e-Learning que tengan la capacidad de configurar la interfaz de usuario y sus recursos gracias a la identificación de las necesidades y preferencias de los usuarios, almacenamiento y recuperación de datos; Parte dos, Acceso para todas las necesidades y preferencias personales (PNP), en esta parte se muestra un modelo para la definición de necesidades y preferencias de un estudiante o usuario; Parte tres, Descripción de recurso digital "acceso para todos" DRD, cuyo objetivo es facilitar la búsqueda de los recursos que sea más adecuados para el usuario [47].

A finales de 2009 y principios de 2010 IMS lanzó IMS AfA v2.0. Para el 2012 se publica IMS AfA v3.0 y hasta donde se conoce no existe otra versión publicada. La iniciativa de Metadatos de Recursos de Aprendizaje (LRMI) cuya especificación se basa en el vocabulario proporcionado por Schema.org, se crea con el objetivo de desarrollar un conjunto de propiedades y clases para aumentar Schema.org.

Actualmente Schema.org es la iniciativa más relevante, que ha integrado cuatro iniciativas: Accesibilidad LRMI, IMS AfA v3.0, AMP v6.0 y EPUB v1.0. En 2015 fue respaldado por W3C y su versión más reciente fue publicada en 2019. Además, se han unido a esta iniciativa, tres proveedores de motores de búsqueda, Google, Yahoo y Microsoft (Bing),

incluyendo una empresa de búsqueda rusa, Yandex. El concepto clave para esta iniciativa es “metadatos”. Schema.org no es específico de recursos educativos sino de extracción semántica en donde el principal contribuyente para LRMI.

En el presente trabajo se tomará en cuenta la iniciativa Schema.org por ser aquella que se encuentra como la más actual y además por estar orientado a la búsqueda con el fin de mejorar la experiencia del usuario. Adicional, Schema.org debe fortalecer la parte de accesibilidad tomando en cuenta las personas que sufren de algún tipo de discapacidad y que desean hacer uso de la web y en especial los ambientes e-Learning.

Para definir los metadatos de accesibilidad en Schema.org se precisan diferentes tipos de contenido web y se pueden clasificar mediante esquemas de metadatos. Estos metadatos de accesibilidad definidos por Schema.org se basan en los especificados para IMS AfA v3.0 que consta de dos modelos de datos DRD y PNP. Estos dos modelos serán tomados en cuenta en el presente trabajo, especialmente el modelo PNP, como su nombre indica este modelo se basa en las descripciones de las necesidades y preferencias de los usuarios, para acceder o interactuar con los recursos que se encuentran en la web. Cada uno de estos modelos puede tener un valor posible que se define en la especificación, dicho valor será dado cuando el usuario llene el perfil. De esta manera, se pueden determinar las características de accesibilidad y preferencias que los estudiantes solicitan a través de su perfil [46].

#### **3.4.1. Subconjunto de vocabulario Schema.org para accesibilidad**

Los metadatos de accesibilidad de schema.org permiten el descubrimiento de las publicaciones sin importar cómo se distribuyan o consuman. La clase *CreativeWork* incluye un conjunto de propiedades que son utilizadas para identificar las cualidades accesibles de una publicación, tales como: libros, películas, videos, etc. Las propiedades establecidas por Schema.org para *CreativeWork* se muestran en la Figura 4 [46]:

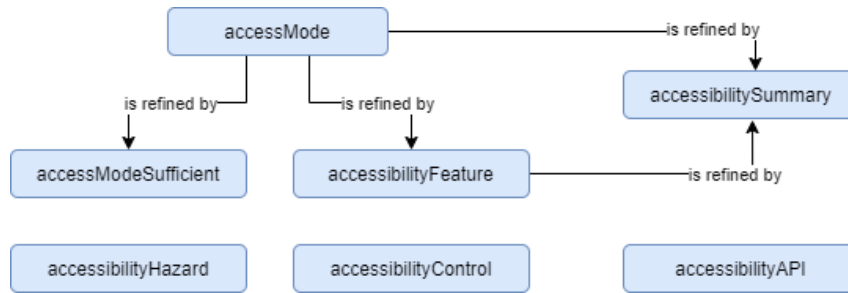


Figura 4: Propiedades de Schema.org para *CreativeWork*

A continuación, en la Tabla 4, se encuentran descritos todos los metadatos de accesibilidad para el tipo *CreativeWork* propuestos por Schema.org [48] en donde se muestra la columna propiedad la cual indica atributos y relaciones, una descripción y los valores que puede tomar los atributos y relaciones de una cosa [49].

| Property                    | Description  | Values   |
|-----------------------------|--|--|
| <b>accessMode</b>           | The human sensory perceptual system or cognitive faculty through which a person can process or perceive information.   | auditory, chartOnVisual, chemOnVisual, colorDependent, diagramOnVisual, mathOnVisual, musicOnVisual, tactile, textOnVisual, textual, visual  |
| <b>accessModeSufficient</b> | A list of unique or combined accessModes that are sufficient to understand all the intellectual content of a resource  | auditory, tactile, textual, visual   |
| <b>accessibilitySummary</b> | A human-readable summary of specific accessibility features or deficiencies, consistent with the other accessibility metadata, but expressing subtleties such as "Short descriptions are present, but long descriptions will be needed for non-visual users" or "Short descriptions and no long descriptions needed. "   | Legible summary of features and accessibility deficiencies   |
| <b>accessibilityFeature</b> | The content characteristics of the resource, such as accessible multimedia content, supported enhancements for accessibility, and alternatives.  | alternativeText, annotations, audioDescription, bookmarks, braille, captions, ChemML, describedMath, displayTransformability, highContrastAudio, highContrastDisplay, index, largePrint, latex, longDescription, MathML, none, printPageNumbers, readingOrder, rubyAnnotations, signLanguage, structuralNavigation, synchronizedAudioText, tableOfContents, taggedPDF, tactileGraphic, tactileObject, timingControl, transcript, ttsMarkup, unlocked |
| <b>accessibilityHazard</b>  | A feature of the described resource that is physiologically dangerous for some users. Related to WCAG 2.0 guide 2.3. All three negative properties must be established if none of the hazards are known. If the content has danger (s), include positive assertions for the dangers it has and negative statements for others. If the property is not set to positive or negative or is specifically defined as unknown, the status of the hazards is not known. | flashing, noFlashingHazard, motionSimulation, noMotionSimulationHazard, sound, noSoundHazard, unknown  |
| <b>accessibilityControl</b> | Identifies one or more input methods that allow access to all application functionalities.   | fullKeyboardControl, fullMouseControl, fullSwitchControl, fullTouchControl, fullVideoControl, fullVoiceControl   |
| <b>accessibilityAPI</b>     | Indicates that the resource is compatible with the referenced Accessibility API  | androidAccessibility, ARIA, ATK, AT-SPI, BlackberryAccessibility, iAccessible2, iOSAccessibility, JavaAccessibility, MacOSXAccessibility, MSA, UIAutomation  |

Tabla 4: Metadatos de accesibilidad para el tipo *CreativeWork*

Se puede verificar que los metadatos de accesibilidad están centrados más a las descripciones de recursos digitales y no a las preferencias y necesidades de las personas. Existe la “Propuesta de preferencias y necesidades de las personas para el tipo “Person” de Schema.org”, en dicha propuesta se presentan una extensión para tipo “Person” de metadatos de accesibilidad para las PNP, en donde se toma en cuenta WCAG 2.0. A continuación, en la Tabla 5 se listan las diferentes propiedades propuestas [48].

| Property                     |
|------------------------------|
| accessModeRequired           |
| accessModeAvoidance          |
| accessibilityFeatureRequired |
| accessibilityHazardAvoidance |
| accessibilityControl         |

Tabla 5: Propiedades propuestas en 2017 para el tipo “Person” de Schema.org

En el presente trabajo se busca ampliar los metadatos para el tipo “Person” para que se puedan admitir las descripciones de preferencias y necesidades de las personas con discapacidad, especialmente los estudiantes que acceden a los ambientes e-Learning. El propósito de esta definición de Schema.org es proveer una representación basada en el estándar WCAG 2.2 que nos permiten codificar e intercambiar información de perfilamiento de necesidades y preferencias de accesibilidad.

### 3.4.2. Metaformatos

Los metadatos se pueden codificar en cualquier sintaxis definible como RDF, XML o JSON, estos 3 tipos de codificación pueden ser utilizados para definir el vocabulario de Schema.org. A continuación, en la Tabla 6 se muestran las diferentes características de cada sintaxis y se definirá cual se deberá utilizar para el presente trabajo.

| Syntax         | XML                                      | JSON  | RDF                         |
|----------------|--|---|-----------------------------|
| Release year   | 1995                                     | 2019  | 2014                        |
| Extension      | .xml                                     | .json   | .rdf                        |
| Format type    | Markup language                          | Markup language                                 | Structural interoperability |
| Orientation    | Document oriented                        | Data oriented                                   | Object oriented             |
| Based on       | Tags                                     | {key: value}                                    | XML                         |
| Structure      | Tree-like hierarchies or levels of depth | Hierarchies or levels of depth (tree structure) | Triplet model               |
| Schema archive | Yes                                      | No  | Yes                         |

Tabla 6: Metaformatos más comunes

Dentro de las características encontradas como: año de lanzamiento, extensión, tipo de formato, orientación, basado en, estructura, se puede concluir que, dentro de los tres tipos de sintaxis, XML es la sintaxis de implementación más adecuada para esta propuesta debido a su estructura basada en etiquetas de apertura y cierre las cuales son completamente configurables, el marcado de documentos que permitirán la estructuración de los perfiles de usuario. Dicha estructura almacenará y transportará los datos que serán analizados, para posteriormente guardar o actualizar los perfiles de los estudiantes. Adicional a esto XML, permite la independencia de herramientas o plataformas [50].

Tomando en cuenta además que el resultado final será un archivo .xml que deberá ser interpretado por las plataformas e-Learning.

#### **4. DISEÑO DEL MODELO**

En esta sección se presenta la elaboración del modelo realizando una categorización de las discapacidades que serán tomadas en cuenta para la elaboración de los diferentes diagramas UML que serán presentados posteriormente. Las categorías definidas se encuentran listadas a continuación, con sus respectivas discapacidades [51]:

- Visual: Low Vision, Blindness, Daltonism
- Hearing: Inaccurate, Diminished, Deafness
- Motor: Insufficient dexterity to operate a mouse, insufficient dexterity to operate a keyboard.
- Cognitive: Reading difficulties, Difficulties understanding
- Elderly: Visual + Cognitive + Hearing + Motor
- Linguistics: Second language + Difficulties understanding

Las personas pueden tener una discapacidad como ceguera o sordera o múltiples discapacidades, tales como combinaciones de: discapacidad intelectual, auditiva, motora, visual, autismo, parálisis cerebral, algunos síndromes específicos, epilepsia, hidrocefalia, escoliosis y problemas de comportamiento. Adicionalmente a las personas con discapacidad múltiple, se suman las personas que poseen sordoceguera, estas personas son aquellas que nacen con la visión y audición seria o totalmente afectada por causas de origen pre o perinatales o aquellos que quedan sordociegos a poco de nacer [52].

Adicionalmente, todas las personas están expuestas a sufrir en cualquier momento algún accidente o por motivos médicos, a quedar temporalmente discapacitados, por ejemplo, sufrir alguna operación de vista u oído, alguna fractura que impida la movilidad de sus extremidades superiores para la utilización de ratón o teclado. Otro tipo de características que puede ser tomada en cuenta como discapacidad temporal, es aquella que se deriva de trabajar en un ambiente ruidoso, utilizar los auriculares para disminuir el ruido u ocupar la vista para otra actividad, como conducir [53] [54].

Dentro de las categorías de discapacidades, es importante tomar en cuenta a las personas de edad avanzada, tomando en cuenta que existe una tendencia creciente de usuarios de edad avanzada que acceden y participan en el aprendizaje permanente en línea [16], y quienes presentan un deterioro a nivel de las capacidades sensoriales, físicas y cognitivas relacionadas con la edad, y tampoco el posible control motor y el deterioro cognitivo [20].

#### 4.1. Arquitectura general del modelo

En la Figura 5 se puede visualizar la interacción basada específicamente a los recursos dentro de las plataformas e-Learning la cual muestra a nivel de arquitectura conceptual, la interacción entre las plataformas e-Learning y un motor de adaptación de los recursos tomando en cuenta las pautas de Accesibilidad WCAG y los metadatos Schema.org.

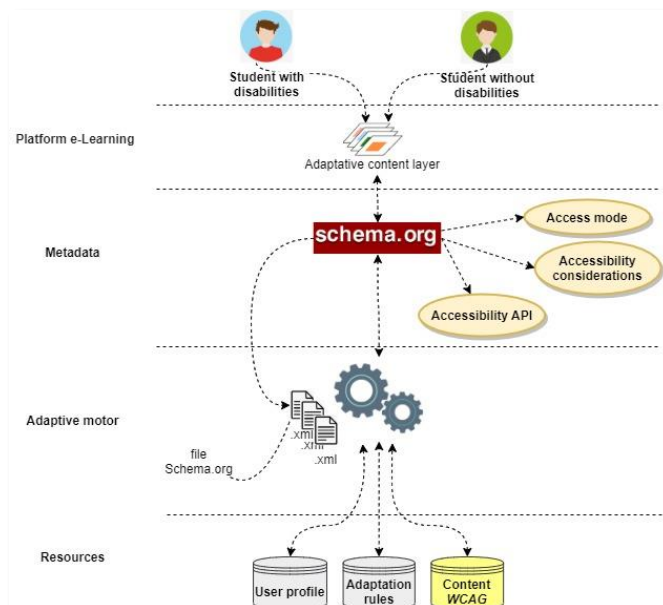


Figura 5: Diagrama general de interacción de las plataformas e-Learning y un motor de adaptabilidad



La Figura 6 muestra la arquitectura que toma en cuenta las preferencias o necesidades del estudiante para a creación o actualización del perfil. Dicho perfil contiene toda la información necesaria para que cualquier plataforma e-Learning pueda adaptar su contenido de acuerdo con las preferencias de accesibilidad seleccionadas por el estudiante.

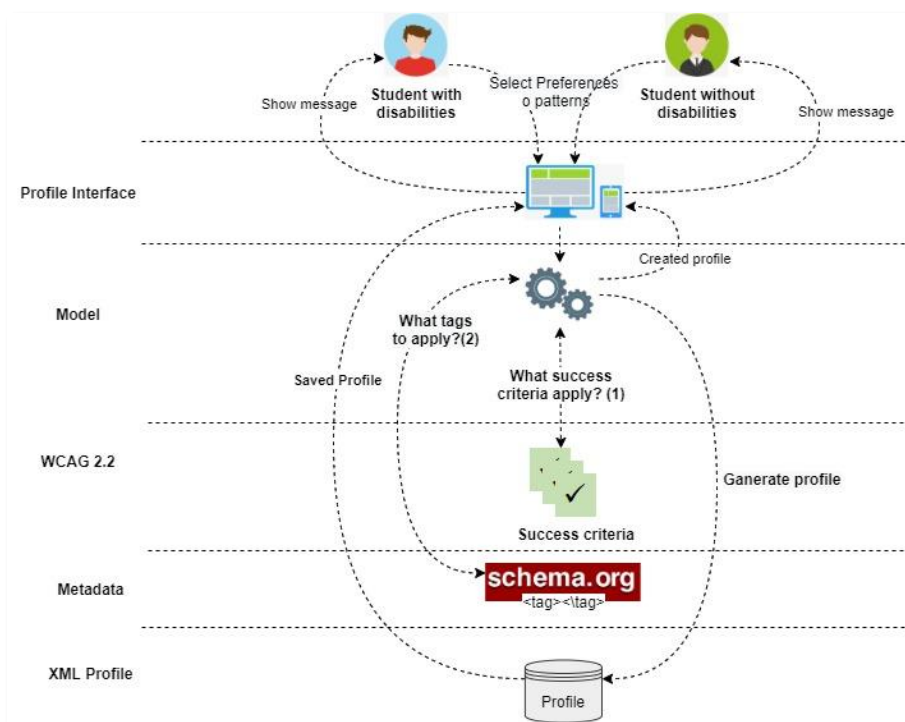


Figura 6: Diagrama general de interacción del estudiante con el modelo propuesto

Una vez definida la arquitectura del modelo a nivel global, es necesario describir el esquema de meta-data a ser utilizado, para ellos se describe el diseño detallado en la siguiente sección.

## 4.2. Criterios de éxito implementables

El diseño detallado identifica aquellos criterios de éxito de la WCAG 2.2 considerados factibles de implementarse, así como también el esquema general de la interacción de los diferentes objetos del modelo propuesto y esquemas de cada uno de los principios de la WCAG 2.2.

En las siguientes tablas se identifican los criterios de éxito marcados con un check (✓) en color verde para aquellos criterios factibles de implementarse, y aquellos con una equis (✗) que en la práctica no van a poder ser implementados por las plataformas e-Learning.

## Principio 1. Perceptible

A continuación, en la Tabla 7 se encuentra el primer principio Perceptible de la WCAG 2.2 en donde están las respectivas cuatro pautas, cada una con sus criterios de éxito, dando un total de 29 criterios de éxito y el nivel de aceptación de cada uno de ellos. La columna que se ha añadido a las características de este principio es la columna de Implementable, con la cual se puede identificar aquellos criterios de éxito considerados como implementables en la interfaz del usuario y que podrán ser escogidos dependiendo de sus necesidades o preferencias. Para este principio se han identificado un total de 24 criterios de éxito implementables, el resto de los criterios se consideran como características que deberán estar ya implementadas en las plataformas e-Learning.

| Principle                           | Guidelines            | Success Criteria   | Level | Implementability |
|-------------------------------------|-----------------------|--|-------|------------------|
| 1.<br>Perceptible                   | 1.1 Text Alternatives | 1.1.1 Non-text Content                                     | A     | ✓                |
|                                     | 1.2 Time-based Media  | 1.2.1 Audio-only and Video-only (Prerecorded)              | A     | ✓                |
|                                     |                       | 1.2.2 Captions (Prerecorded)                               | A     | ✓                |
|                                     |                       | 1.2.3 Audio Description or Media Alternative (Prerecorded) | A     | ✓                |
|                                     |                       | 1.2.4 Captions (Live)                                      | AA    | ✗                |
|                                     |                       | 1.2.5 Audio Description (Prerecorded)                      | AA    | ✓                |
|                                     |                       | 1.2.6 Sign Language (Prerecorded)                          | AAA   | ✓                |
|                                     |                       | 1.2.7 Extended Audio Description (Prerecorded)             | AAA   | ✓                |
|                                     |                       | 1.2.8 Media Alternative (Prerecorded)                      | AAA   | ✓                |
|                                     |                       | 1.2.9 Audio-only (Live)                                    | AAA   | ✗                |
|                                     | 1.3 Adaptable         | 1.3.1 Info and Relationships                               | A     | ✓                |
|                                     |                       | 1.3.2 Meaningful Sequence                                  | A     | ✓                |
|                                     |                       | 1.3.3 Sensory Characteristics                              | A     | ✓                |
|                                     |                       | 1.3.4 Orientation  | AA    | ✓                |
|                                     |                       | 1.3.5 Identify Input Purpose                               | AA    | ✓                |
|                                     |                       | 1.3.6 Identify Purpose                                     | AAA   | ✗                |
|                                     | 1.4 Distinguishable   | 1.4.1 Use of Color   | A     | ✓                |
|                                     |                       | 1.4.2 Audio Control  | A     | ✓                |
|                                     |                       | 1.4.3 Contrast (Minimum)                                   | AA    | ✓                |
|                                     |                       | 1.4.4 Resize text  | AA    | ✓                |
|                                     |                       | 1.4.5 Images of Text                                       | AA    | ✓                |
|                                     |                       | 1.4.6 Contrast (Enhanced)                                  | AAA   | ✗                |
|                                     |                       | 1.4.7 Low or No Background Audio                           | AAA   | ✓                |
|                                     |                       | 1.4.8 Visual Presentation                                  | AAA   | ✓                |
| 1.4.9 Images of Text (No Exception) |                       | AAA  | ✓     |                  |
| 1.4.10 Reflow                       |                       | AA   | ✓     |                  |
| 1.4.11 Non-text Contrast            |                       | AA   | ✓     |                  |
| 1.4.12 Text Spacing                 |                       | AA   | ✓     |                  |
| 1.4.13 Content on Hover or Focus    |                       | AA   | ✗     |                  |

Tabla 7: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 1. Perceptible

## Principio 2. Operable

A continuación, en la Tabla 8 se encuentra el segundo principio Operable de la WCAG 2.2 en donde están las respectivas cinco pautas, cada una con sus criterios de éxito, dando un total de 34 criterios de éxito y el nivel de aceptación de cada uno de ellos. La columna que se ha añadido a las características de este principio es la columna de Implementable, con la cual se puede identificar aquellos criterios de éxito considerados como implementables en la interfaz del usuario y que podrán ser escogidos dependiendo de sus necesidades o preferencias. Para este principio se han identificado un total de 25 criterios de éxito implementables, el resto de los criterios se consideran como características que deberán estar ya implementadas en las plataformas e-Learning.

| Principles                    | Guidelines                          | Success Criteria                       | Level | Implementability |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|-------|------------------|
| 2. Operable                   | 2.1 Keyboard Accessible             | 2.1.1 Keyboard                         | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.1.2 No Keyboard Trap                 | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.1.3 Keyboard (No Exception)          | AAA   | ✗                |
|                               |                                     | 2.1.4 Character Key Shortcuts          | A     | ✓                |
|                               | 2.2 Enough Time                     | 2.2.1 Timing Adjustable                | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.2.2 Pause, Stop, Hide                | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.2.3 No Timing                        | AAA   | ✗                |
|                               |                                     | 2.2.4 Interruptions                    | AAA   | ✓                |
|                               |                                     | 2.2.5 Re-authenticating                | AAA   | ✓                |
|                               |                                     | 2.2.6 Timeouts                         | AAA   | ✓                |
|                               | 2.3 Seizures and Physical Reactions | 2.3.1 Three Flashes or Below Threshold | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.3.2 Three Flashes                    | AAA   | ✗                |
|                               |                                     | 2.3.3 Animation from Interactions      | AAA   | ✓                |
|                               | 2.4 Navigable                       | 2.4.1 Bypass Blocks                    | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.4.2 Page Titled                      | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.4.3 Focus Order                      | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.4.4 Link Purpose (In Context)        | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.4.5 Multiple Ways                    | AA    | ✗                |
|                               |                                     | 2.4.6 Headings and Labels              | AA    | ✗                |
|                               |                                     | 2.4.7 Focus Visible                    | A     | ✓                |
|                               |                                     | 2.4.8 Location                         | AAA   | ✗                |
|                               |                                     | 2.4.9 Link Purpose (Link Only)         | AAA   | ✓                |
|                               |                                     | 2.4.10 Section Headings                | AAA   | ✓                |
|                               |                                     | 2.4.11 Focus Appearance (Minimum)      | AA    | ✓                |
|                               |                                     | 2.4.12 Focus Appearance (Enhanced)     | AAA   | ✗                |
| 2.4.13 Fixed Reference Points |                                     | A                                      | ✓     |                  |
| 2.5 Input Modalities          | 2.5.1 Pointer Gestures              | A                                      | ✓     |                  |
|                               | 2.5.2 Pointer Cancellation          | A                                      | ✓     |                  |
|                               | 2.5.3 Label in Name                 | A                                      | ✓     |                  |
|                               | 2.5.4 Motion Actuation              | A                                      | ✓     |                  |
|                               | 2.5.5 Target Size                   | AAA                                    | ✓     |                  |
|                               | 2.5.6 Concurrent Input Mechanisms   | AAA                                    | ✗     |                  |
|                               | 2.5.7 Dragging                      | AA                                     | ✗     |                  |
|                               | 2.5.8 Pointer Target Spacing        | AA                                     | ✓     |                  |

Tabla 8: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 2. Operable

### Principio 3. Comprensible

A continuación, en la Tabla 9 se encuentra el tercer principio Comprensible de la WCAG 2.2 en donde están las respectivas tres pautas, cada una con sus criterios de éxito, dando un total de 21 criterios de éxito y el nivel de aceptación de cada uno de ellos. La columna que se ha añadido a las características de este principio es la columna de Implementable, con la cual se puede identificar aquellos criterios de éxito considerados como implementables en la interfaz del usuario y que podrán ser escogidos dependiendo de sus necesidades o preferencias. Para este principio se han identificado un total de 12 criterios de éxito implementables, el resto de los criterios se consideran como características que deberán estar ya implementadas en las plataformas e-Learning.

| Principles        | Guidelines           | Success Criteria                                | Level | Implementability |
|-------------------|----------------------|---|-------|------------------|
| 3. Understandable | 3.1 Readable         | 3.1.1 Language of Page                          | A     | ✓                |
|                   |                      | 3.1.2 Language of Parts                         | AA    | ✓                |
|                   |                      | 3.1.3 Unusual Words                             | AAA   | ✓                |
|                   |                      | 3.1.4 Abbreviations                             | AAA   | ✓                |
|                   |                      | 3.1.5 Reading Level                             | AAA   | ✓                |
|                   |                      | 3.1.6 Pronunciation                             | AAA   | ✓                |
|                   | 3.2 Predictable      | 3.2.1 On Focus                                  | A     | ✗                |
|                   |                      | 3.2.2 On Input                                  | A     | ✗                |
|                   |                      | 3.2.3 Consistent Navigation                     | AA    | ✗                |
|                   |                      | 3.2.4 Consistent Identification                 | AA    | ✗                |
|                   |                      | 3.2.5 Change on Request                         | AAA   | ✗                |
|                   |                      | 3.2.6 Findable Help                             | A     | ✓                |
|                   | 3.3 Input Assistance | 3.2.7 Hidden Controls                           | AA    | ✗                |
|                   |                      | 3.3.1 Error Identification                      | A     | ✓                |
|                   |                      | 3.3.2 Labels or Instructions                    | A     | ✓                |
|                   |                      | 3.3.3 Error Suggestion                          | AA    | ✓                |
|                   |                      | 3.3.4 Error Prevention (Legal, Financial, Data) | AA    | ✗                |
|                   |                      | 3.3.5 Help                                      | AAA   | ✗                |
|                   |                      | 3.3.6 Error Prevention (All)                    | AAA   | ✗                |
|                   |                      | 3.3.7 Accessible Authentication                 | A     | ✓                |
|                   |                      | 3.3.8 Redundant entry                           | A     | ✓                |

Tabla 9: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 3. Understandable

### Principio 4. Robusto

A continuación, en la Tabla 10 se encuentra el cuarto principio Robusto de la WCAG 2.2 en donde está la respectiva pauta con sus criterios de éxito, dando un total de tres criterios de éxito y el nivel de aceptación de cada uno de ellos. La columna que se ha añadido a las características de este principio es la columna de Implementable, con la cual se puede identificar aquellos criterios de éxito considerados como implementables en la interfaz del usuario y que podrán ser escogidos dependiendo de sus necesidades o preferencias. Para

este principio se ha identificado que ninguno de los criterios de éxito debe ser implementables.

| Principles | Guidelines     | Success Criteria        | Level | Implementability |
|------------|----------------|-------------------------|-------|------------------|
| 4. Robust  | 4.1 Compatible | 4.1.1 Parsing           | A     | ✘                |
|            |                | 4.1.2 Name, Role, Value | A     | ✘                |
|            |                | 4.1.3 Status Messages   | AA    | ✘                |

Tabla 10: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 4. Robusto

### Principio 5. Conformidad

A continuación, en la Tabla 12 se encuentra el quinto y último principio Robusto de la WCAG 2.2 en donde están las cinco respectivas pautas con sus criterios de éxito, dando un total de siete criterios de éxito. Para estos criterios de éxito no se cuenta con niveles de aceptación debido a su naturaleza. Adicional, ninguno de los criterios de éxito es considerado como implementable en la interfaz de las plataformas e-Learning.

| Principles   | Guidelines                              | Success Criteria  | Level | Implementability |
|--|---|---|-------|------------------|
| 5. Conformance   | 5.1 Interpreting Normative Requirements | n/a   | n/a   | ✘                |
|  | 5.2 Conformance Requirements            | 5.2.1 Conformance Level                                       | n/a   | ✘                |
|  |   | 5.2.2 Full pages  | n/a   | ✘                |
|  |   | 5.2.3 Complete processes                                      | n/a   | ✘                |
|  |   | 5.2.4 Only Accessibility-Supported Ways of Using Technologies | n/a   | ✘                |
|  |   | 5.2.5 Non-Interference  | n/a   | ✘                |
|  | 5.3 Conformance Claims (Optional)       | 5.3.1 Required Components of a Conformance Claim              | n/a   | ✘                |
| 5.3.2 Optional Components of a Conformance Claim           |   | n/a   | ✘     |                  |
| 5.4 Statement of Partial Conformance - Third Party Content | n/a                                     | n/a   | ✘     |                  |
| 5.5 Statement of Partial Conformance – Language            | n/a                                     | n/a   | ✘     |                  |

Tabla 12: Criterios de éxito seleccionados como implementables en una interfaz para el Principio 5. Conformance

Una vez identificados todos los criterios de éxito implementables en las plataformas eLearning por medio de adaptación basada en perfiles de usuarios, presentes en la WCAG 2.2, con un total de 61 criterios aplicables para ser implementados en las interfaces por las plataformas e-Learning, y 33 criterios descartados debido a que son responsabilidad completa de ser implementados por las plataformas e-Learning por defecto y no deberían ser configurables por los usuarios.

### 4.3. Diseño conceptual del modelo

Una vez definidos los criterios de éxitos implementables y no implementables por las interfaces en las plataformas e-Learning, presenta un conjunto de diagramas de interacción UML que muestran los flujos de información y mensajería entre los componentes del modelo que permitirán mostrar los flujos y las interacciones de los diferentes objetos.

A continuación, en la Figura 7 se muestra la interacción de los diferentes componentes para la creación del perfil del estudiante tomando en cuenta las pautas de la WCAG 2.2. Dentro del esquema se encuentran los objetos: Student, Profile Interface, Model, WCAG 2.2, Schema.org, XML Profile. Dichos objetos se comunican entre sí con la finalidad de generar un archivo .xml que contenga el perfil del estudiante de acuerdo con los criterios de éxito que se asignarán en base a las selecciones realizadas por el estudiante.

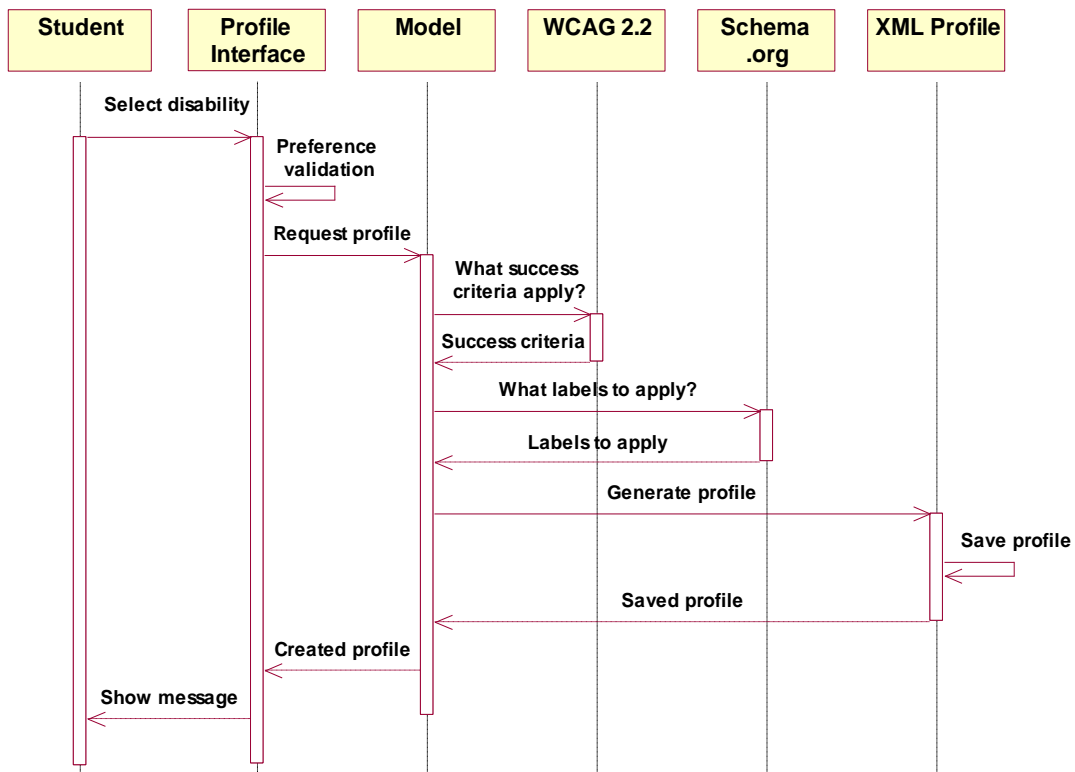


Figura 7: Modelo conceptual de arquitectura de perfiles

### 4.4. Diseño de interacción de componentes del modelo

Una vez creado el diseño conceptual del modelo en cuanto a la interacción de sus componentes, en esta sección se detallan los diagramas de secuencia UML dentro del perfilamiento propuesto en el presente trabajo. A continuación, se muestran los diagramas

de secuencia generados para las seis categorías de discapacidad: categoría visual con sus subcategorías: baja visión, ceguera y daltonismo, categoría auditiva con sus subcategorías: sordera y baja audición, categoría cognitiva con sus subcategorías: dificultades para leer, dificultades para entender, categoría motora con sus subcategorías: destreza insuficiente para operar un teclado, destreza insuficiente para operar un ratón, categoría tercera edad con sus subcategorías: combinación visual, auditiva, cognitiva y motora. Finalmente, la categoría lingüística con su subcategoría segunda lengua. Para cada una de las discapacidades se han seleccionado el o los criterios de éxito identificados como implementables en la práctica dentro de las plataformas e-Learning.

Dentro de cada diagrama de secuencia se puede visualizar la interacción del usuario con la interfaz, el modelo propuesto, Schema.org que define los metadatos de cada uno de los criterios de éxito enviados desde el modelo y el objeto XML Profile.

Una vez que el modelo recibe los criterios de éxito enviados desde el objeto WCAG 2.2, solicita el tag o set de metadatos desde el objeto Schema.org. Una vez que el modelo recibe desde Schema.org el tag o set de metadatos, envía al objeto de XML Profile la petición de creación de la característica correspondiente para el perfil del estudiante. El objeto XML Profile guarda el perfil y confirma al modelo que el perfil del estudiante ha sido guardado. A su vez el modelo genera un ok hacia la interfaz del usuario en donde se notificará al estudiante que la opción seleccionada se ha activado.

En la Figura 8 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la primera categoría. Visual con la discapacidad de baja visión. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicable para este tipo de discapacidad, dichos criterios de éxito son aquellos que se pueden visualizar con su correspondiente numeración otorgada en la WCAG 2.2. Una vez que los criterios de éxito han sido definidos es necesario contar con las etiquetas Schema.org, dichas etiquetas también se encuentran representadas y se presentan desde el objeto Schema.org, hacia el objeto Model.

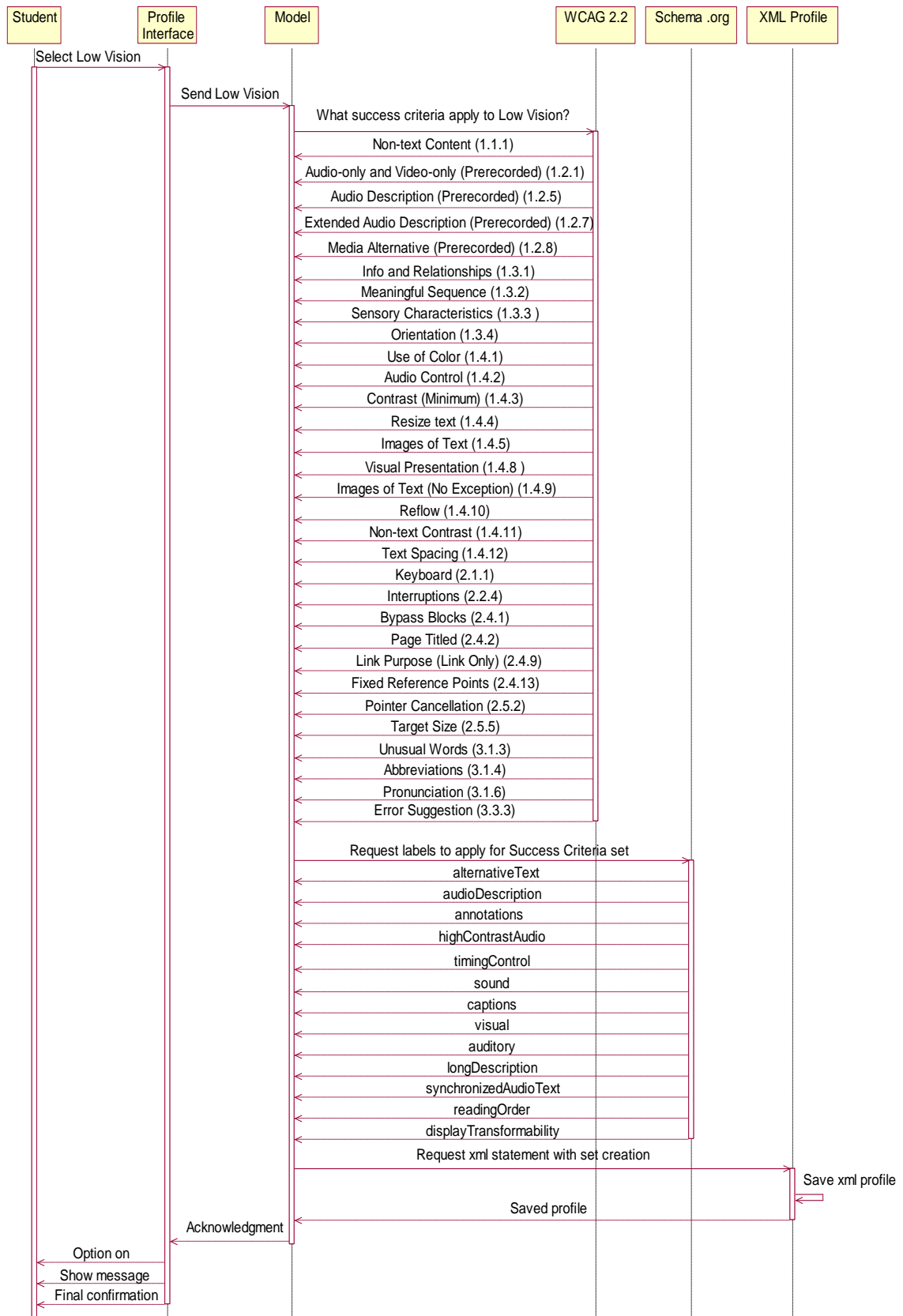


Figura 8: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad Low Vision



En la Figura 9 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de ceguera de la categoría Visual. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

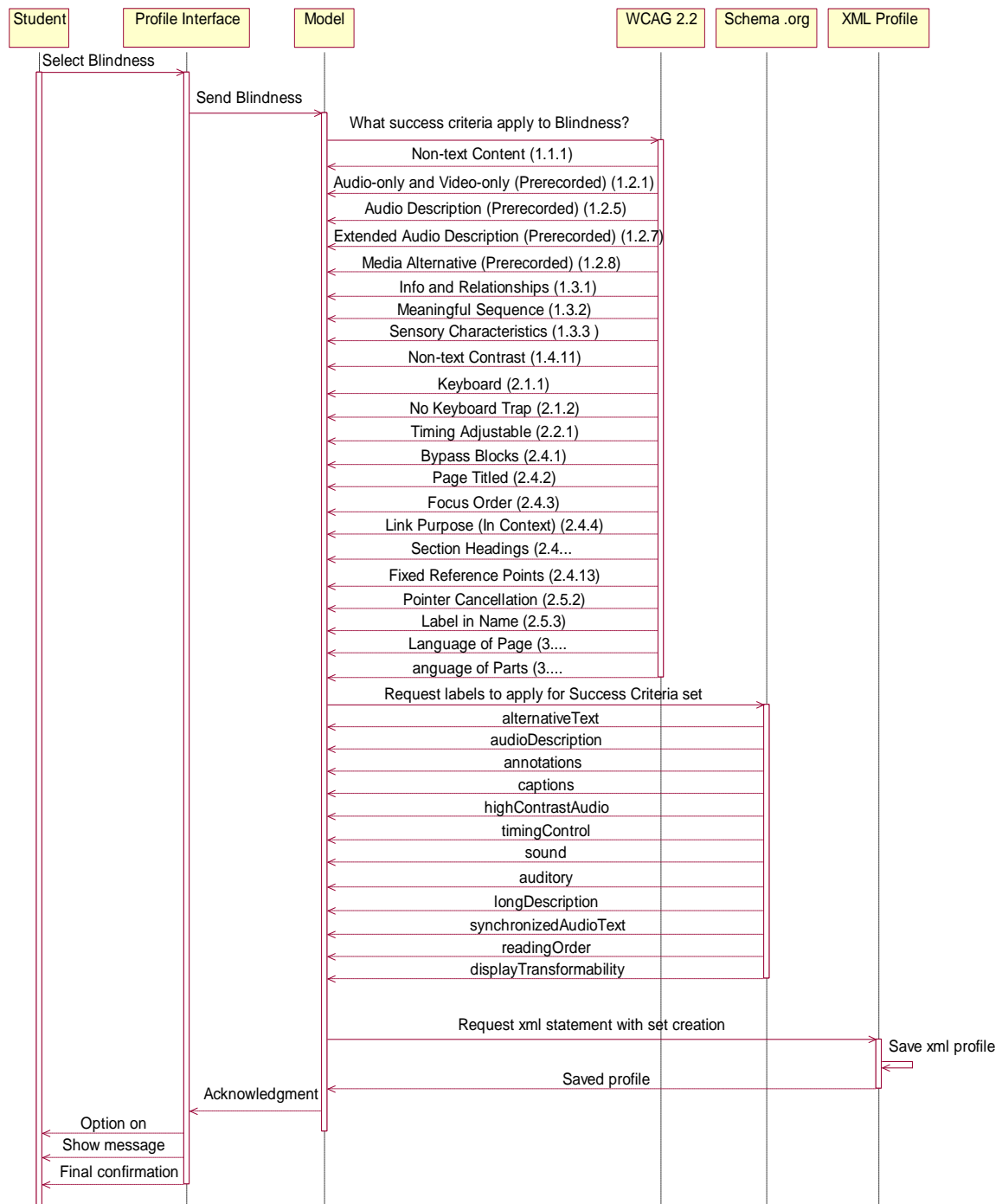


Figura 9: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de ceguera

En la Figura 10 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de daltonismo de la categoría Visual. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

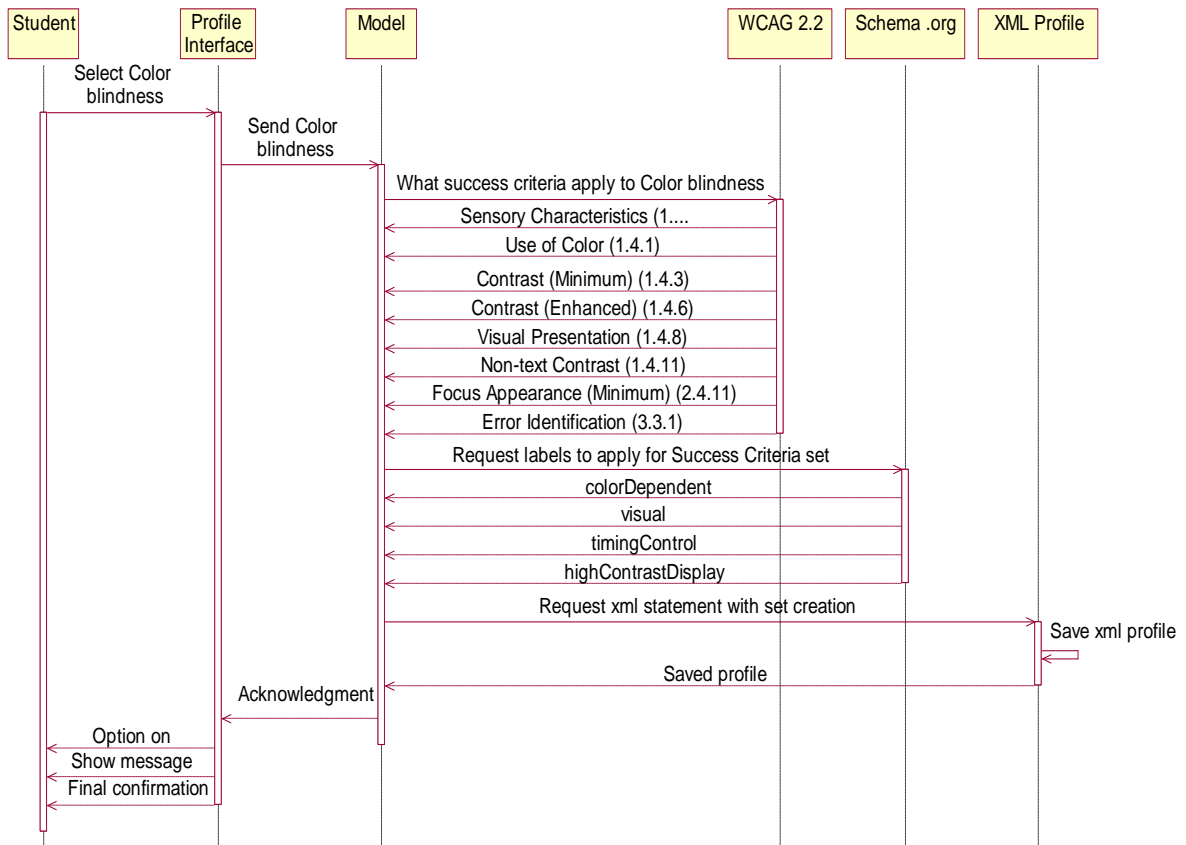


Figura 10: Diagrama de secuencia para la implementación del principio 3. Comprensible

En la Figura 11 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de audición disminuida de la categoría Auditiva. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

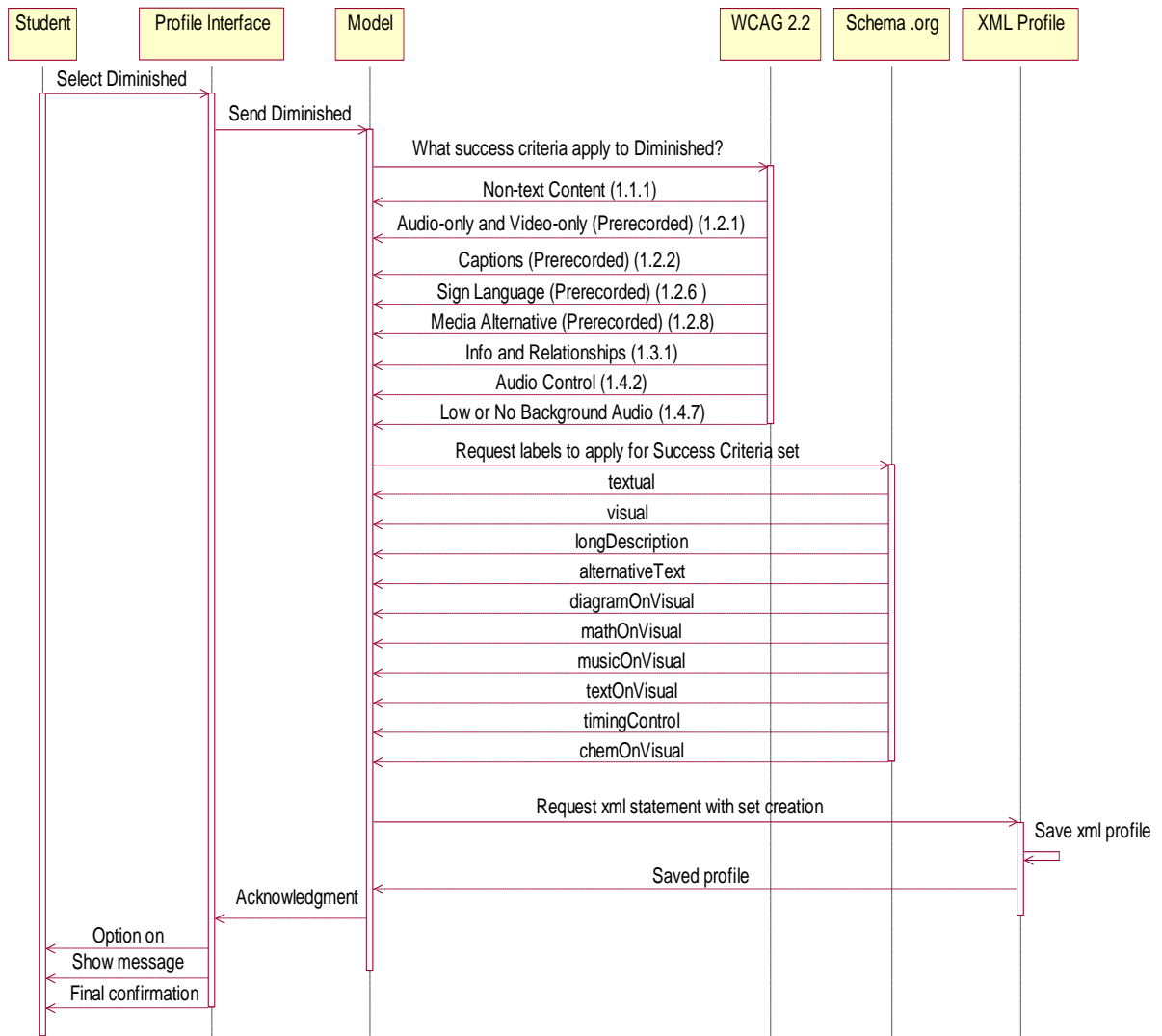


Figura 11: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de Audición disminuida

En la Figura 12 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de sordera de la categoría Auditiva. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

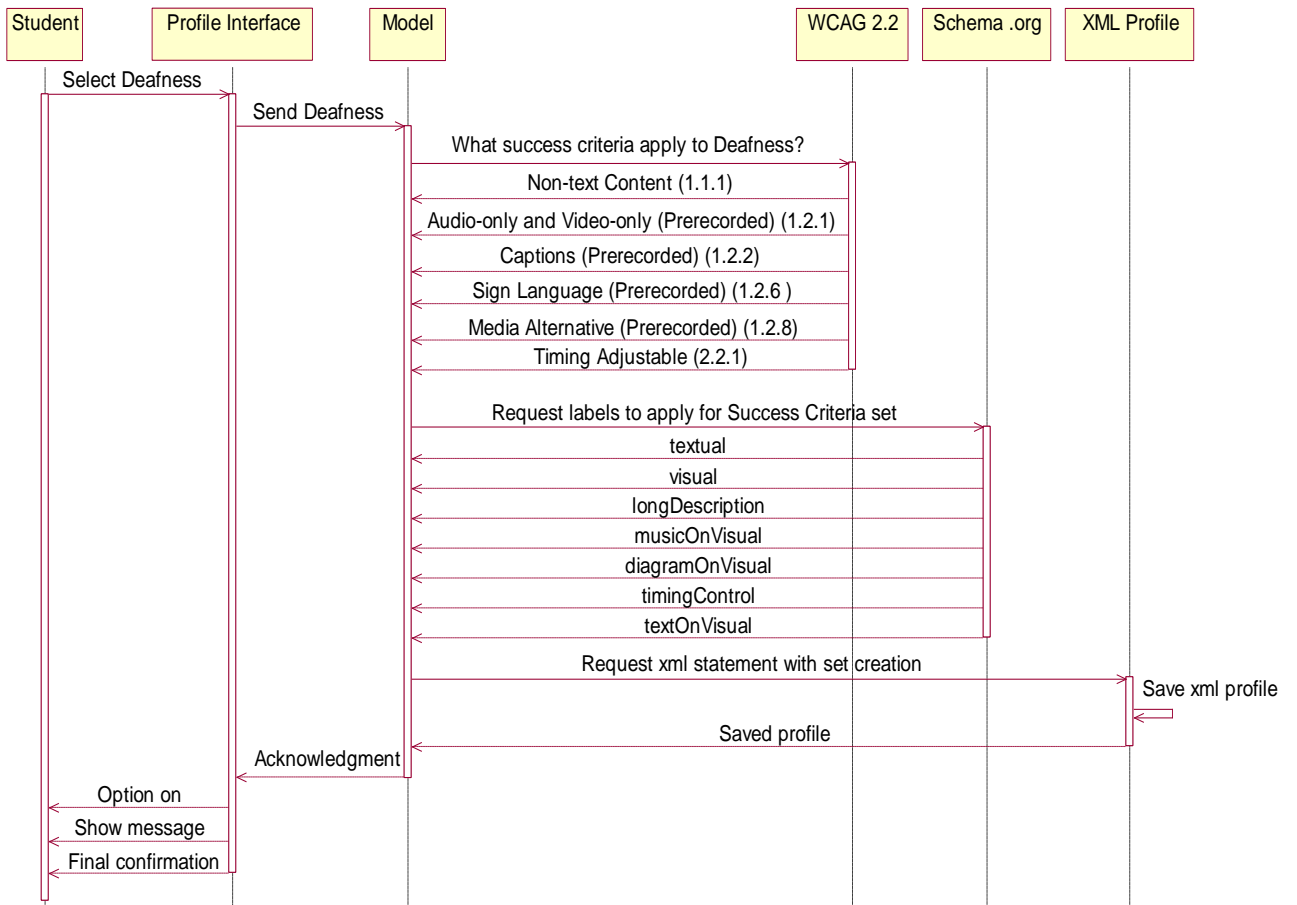


Figura 12: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de sordera

En la Figura 13 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de dificultades para leer de la categoría Cognitiva. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

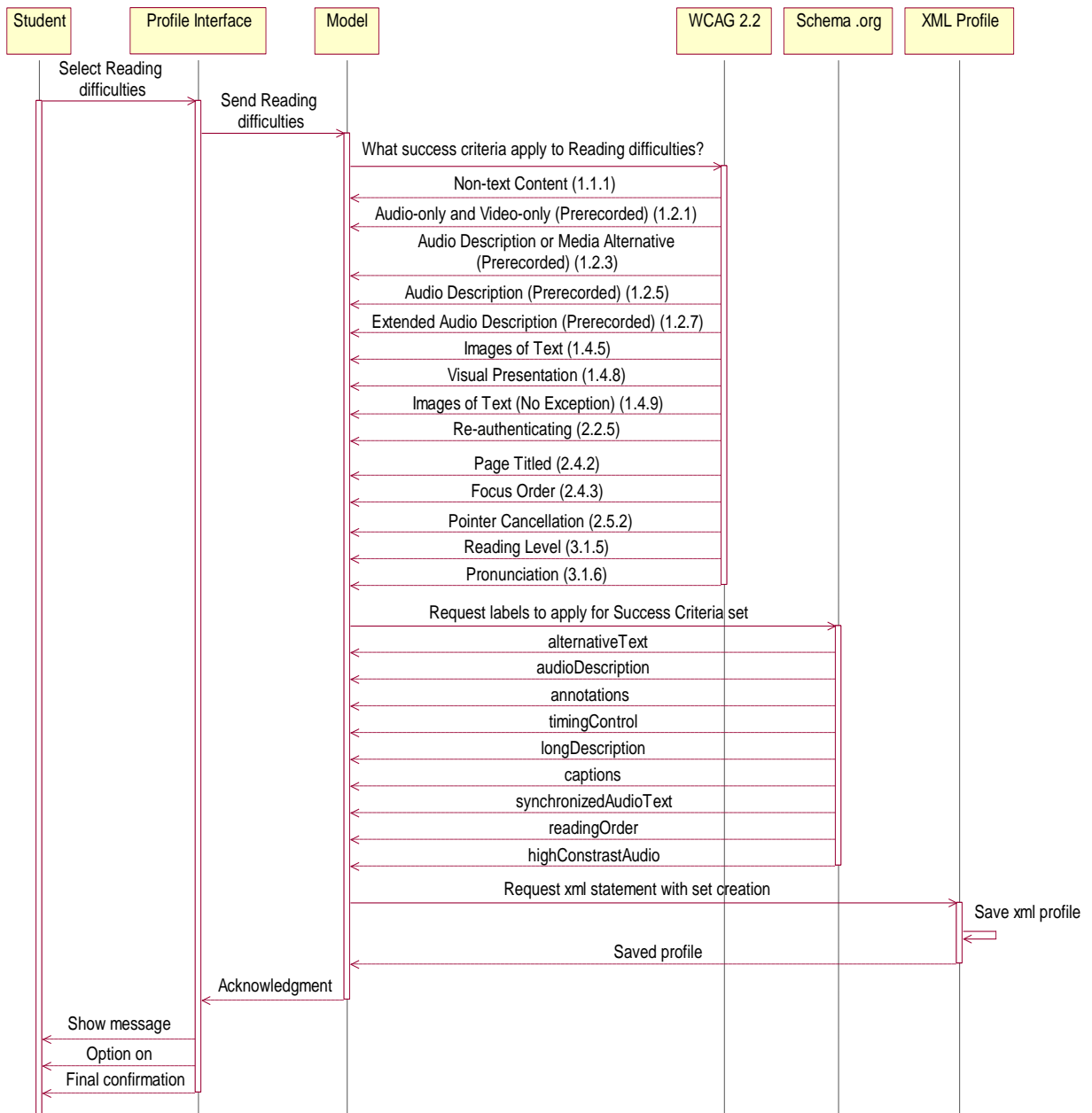


Figura 13: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de dificultades para leer

En la Figura 14 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de dificultades para entender de la categoría Cognitiva. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

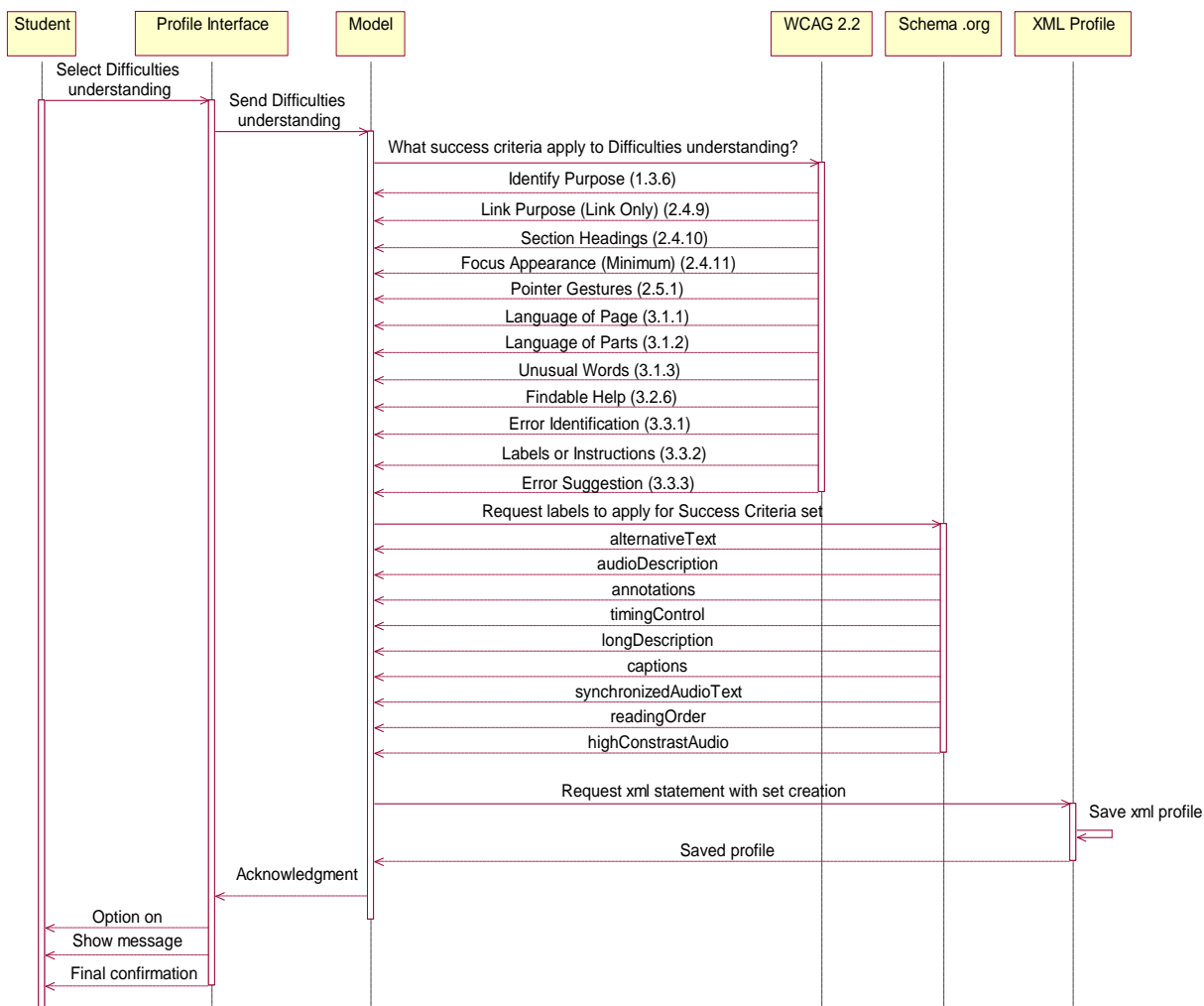


Figura 14: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de dificultades para entender

En la Figura 15 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de dificultades para aquellos estudiantes que acceden y encuentran limitaciones debido a la lengua en la que se elaboró el curso, denominada como: segunda lengua, de la categoría Lingüística. Adicional, se toma en cuenta la dificultad para entender de la categoría cognitiva. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

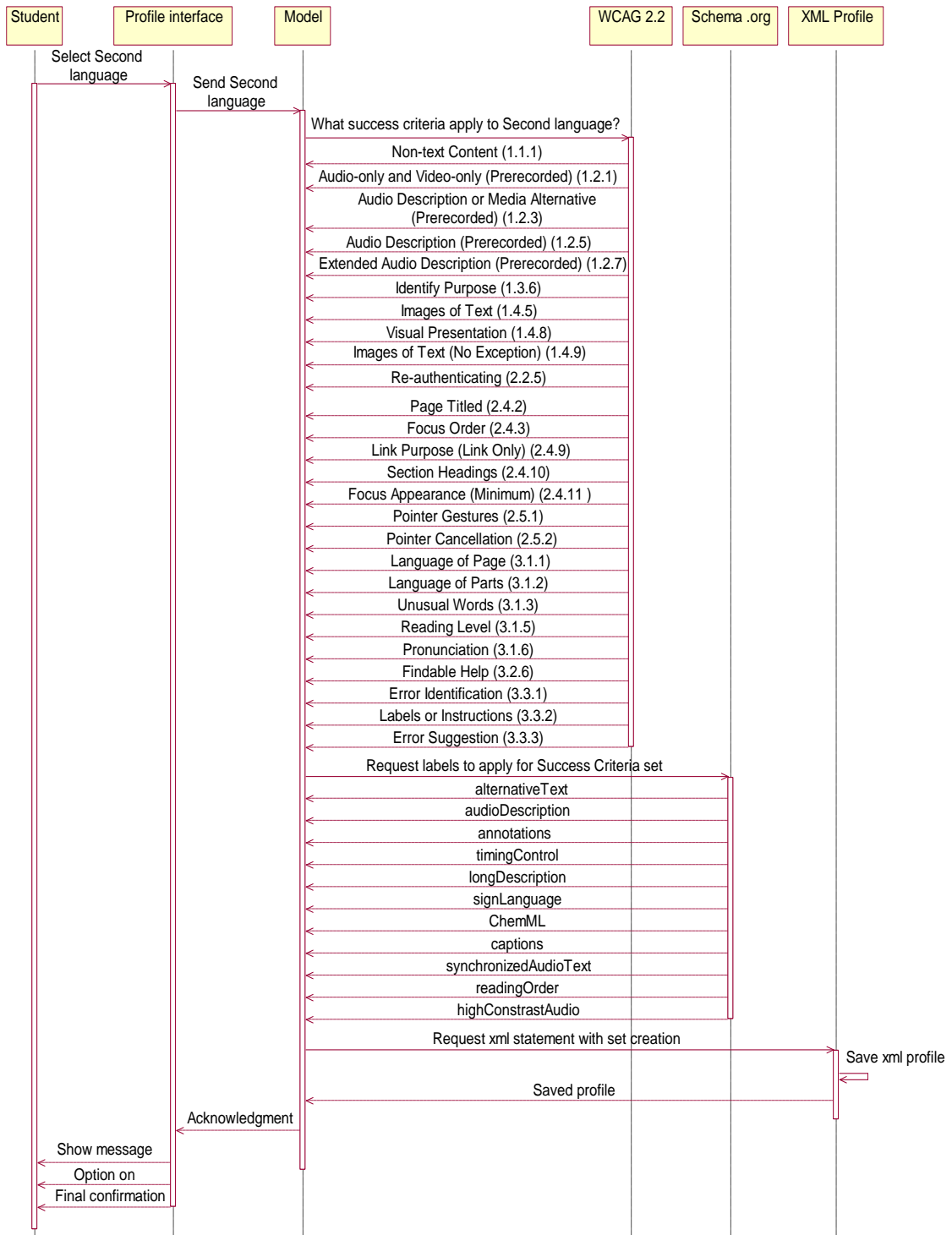


Figura 15: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de dificultades para entender

En la Figura 16 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de destreza insuficiente para operar un teclado, de la categoría Motor. Se han seleccionado los criterios

de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

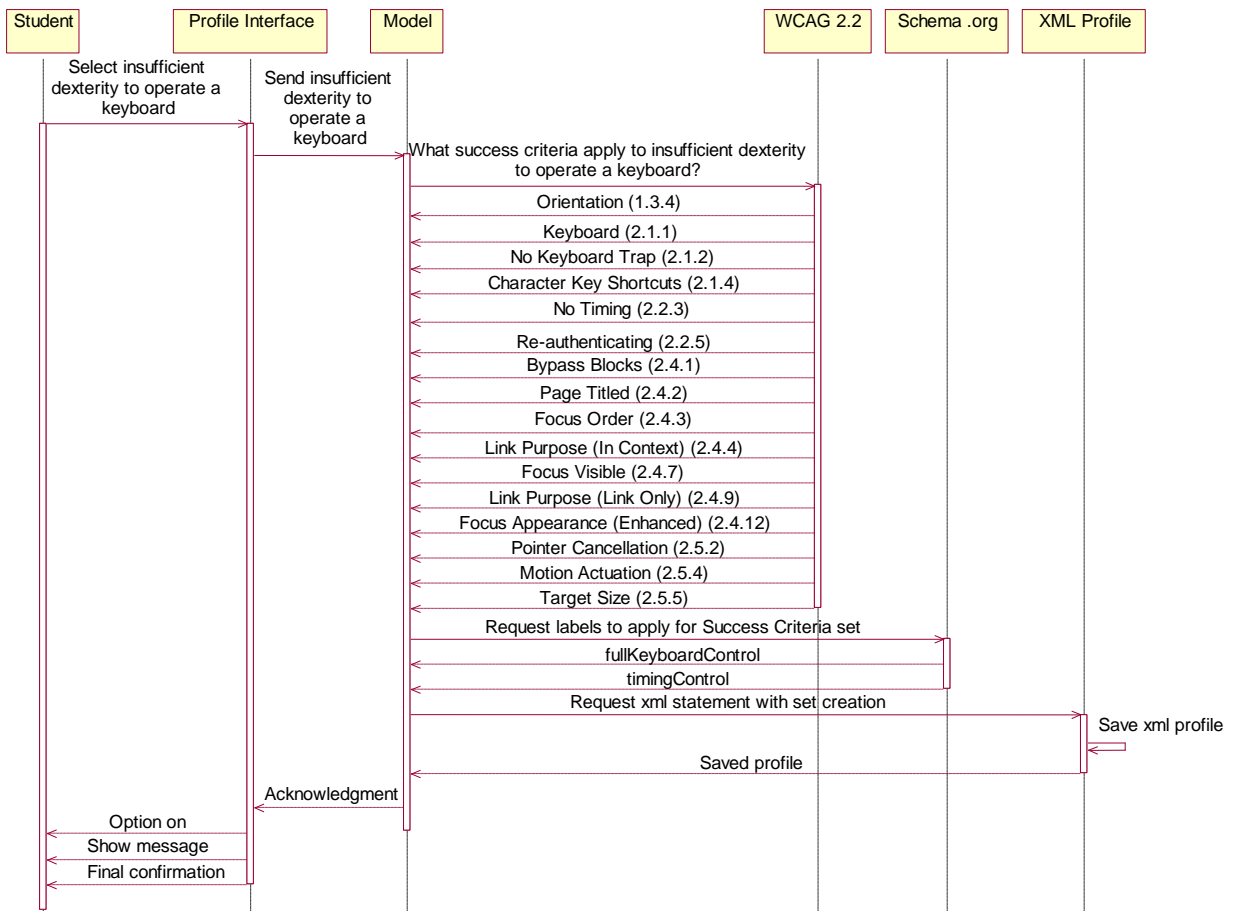


Figura 16: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de destreza insuficiente para operar un teclado

En la Figura 17 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para la discapacidad de destreza insuficiente para operar un ratón, de la categoría Motor. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.



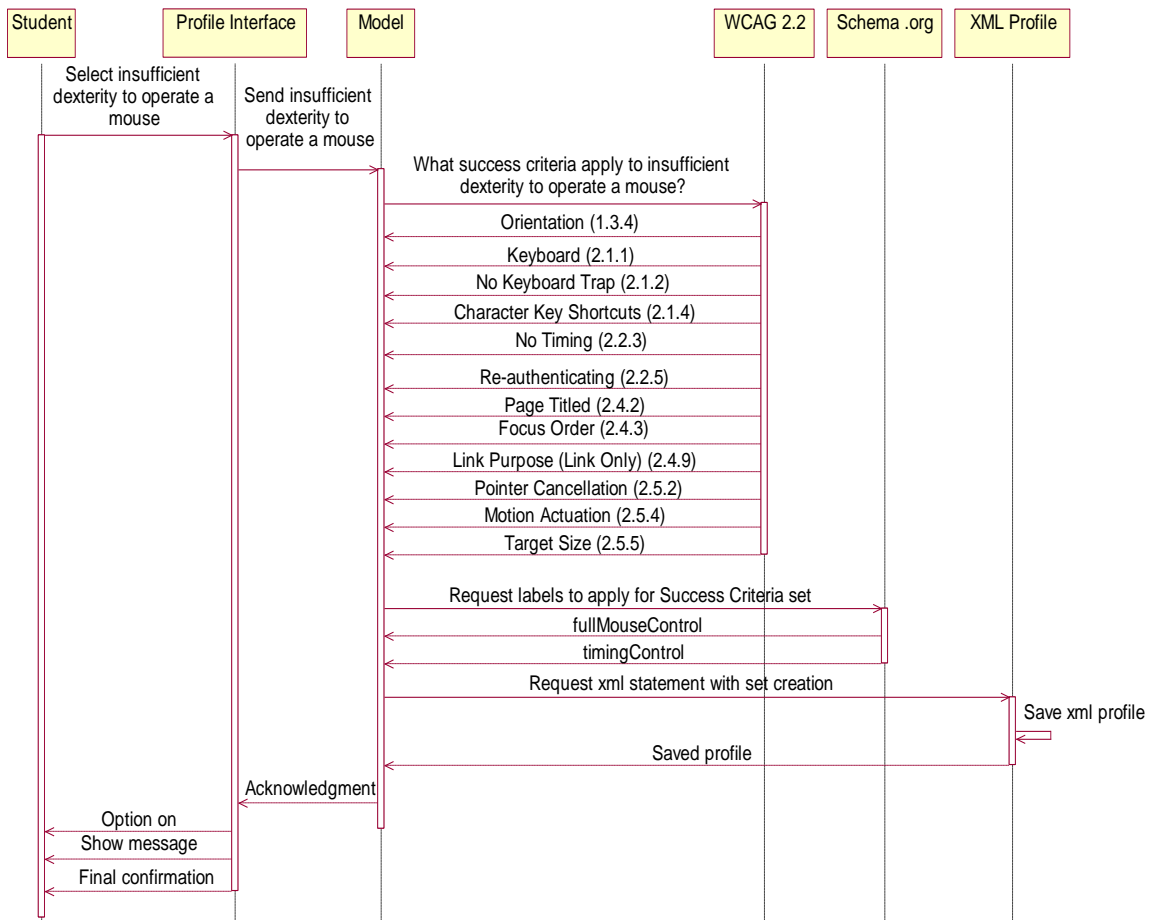


Figura 17: Diagrama de secuencia para la implementación de la discapacidad de destreza insuficiente para operar un ratón

En la Figura 18 se encuentra representada la interacción de los diferentes objetos dentro del diagrama de secuencia que se llevará a cabo para las discapacidades en conjunto para los estudiantes de tercera edad, en donde se encuentra la categoría con las combinaciones de las categorías: visual, auditiva, cognitiva y motora. Se han seleccionado los criterios de éxito identificados como aplicables para este tipo de discapacidad y las diferentes etiquetas de Schema.org.

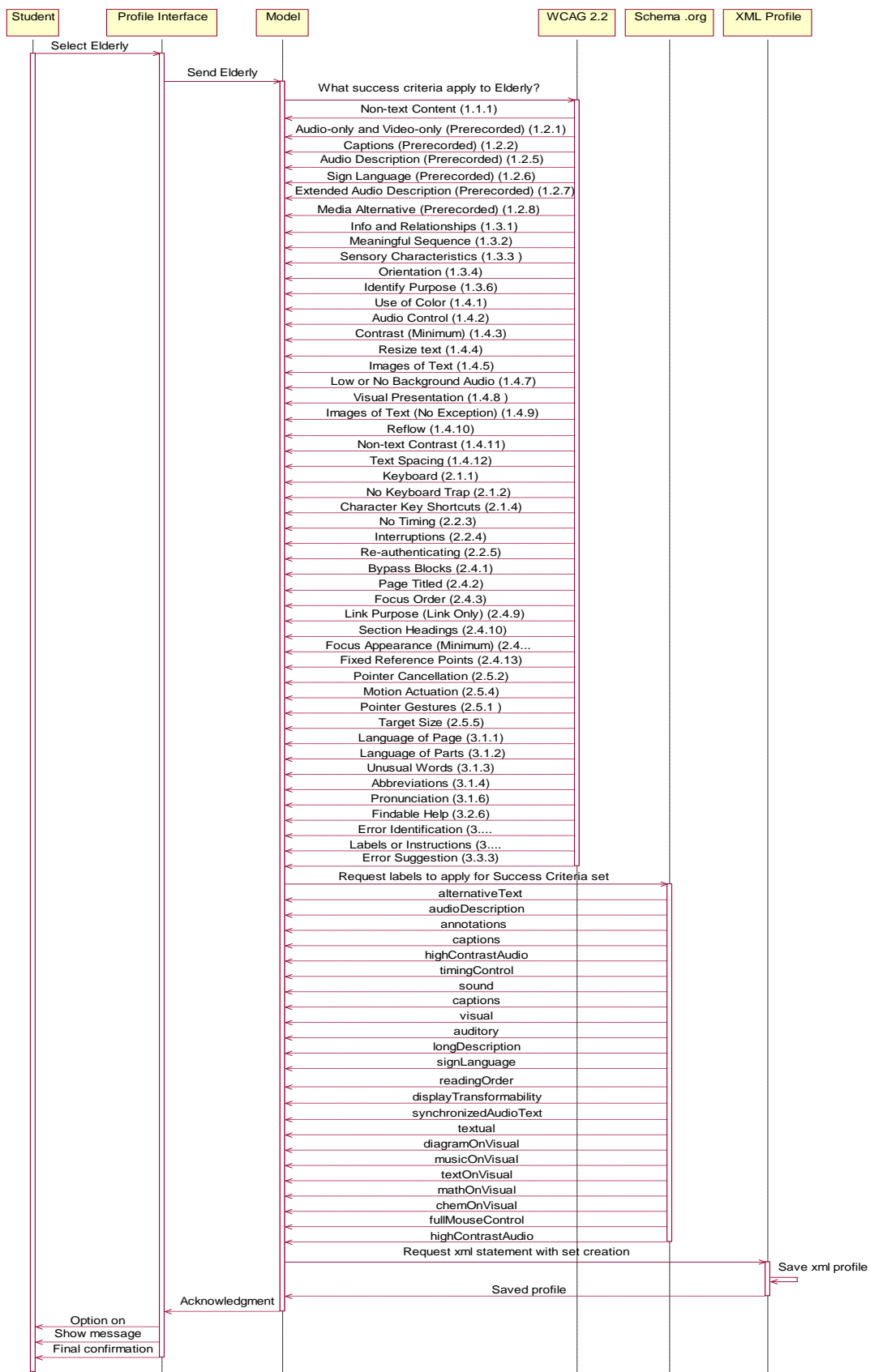
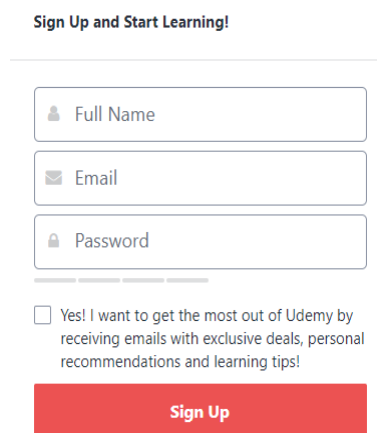


Figura 18: Diagrama de secuencia para la implementación para estudiantes de la tercera edad

## 4.5. Diseño de la interfaz para la creación de perfiles

En esta sección se presenta el diseño de la interfaz que permitirá la creación de perfiles para estudiantes con discapacidades o para aquellos que deseen escoger sus preferencias a momento de registrarse dentro de una plataforma e-Learning. Para ello, se han tomado en cuenta para su análisis, la interfaz gráfica de registro de tres plataformas MOOC muy conocidas, como son el registro de tres plataformas como son: Udemy, Coursera y Edx.

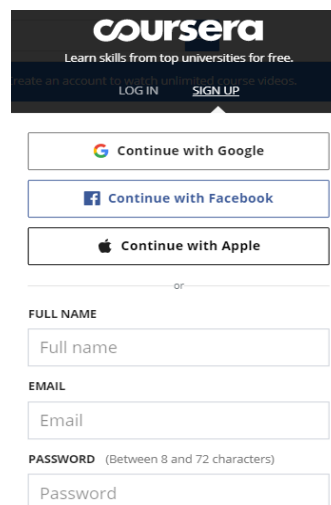
La Figura 19 presenta las características de la interfaz para el registro de la plataforma Udemy la cual solicita el nombre completo, el correo electrónico y la contraseña.



The image shows the registration form for Udemy. At the top, it says "Sign Up and Start Learning!". Below this, there are three input fields: "Full Name" with a person icon, "Email" with an envelope icon, and "Password" with a lock icon. Below the fields is a checkbox with the text "Yes! I want to get the most out of Udemy by receiving emails with exclusive deals, personal recommendations and learning tips!". At the bottom is a red button labeled "Sign Up".

Figura 19: Interfaz de registro de la plataforma Udemy

La Figura 20 presenta las características de la interfaz de registro de la plataforma Coursera que, en alternativa a la solicitud de nombre completo, correo electrónico y contraseña, permite al estudiante registrarse usando Google, Facebook o Apple.



The image shows the registration form for Coursera. At the top, it says "coursera" and "Learn skills from top universities for free." Below this, there are two buttons: "LOG IN" and "SIGN UP". Below these are three social media login options: "Continue with Google", "Continue with Facebook", and "Continue with Apple". Below these is a horizontal line with "or" in the center. Below the line are three input fields: "FULL NAME" with "Full name" placeholder, "EMAIL" with "Email" placeholder, and "PASSWORD" with "Password" placeholder and a note "(Between 8 and 72 characters)".

Figura 20: Interfaz de registro de la plataforma Coursera

La Figura 21 presenta las características de la interfaz de la Cuenta de Creación de la plataforma edX, que solicita correo electrónico, nombre completo, nombre de usuario público, contraseña y país; y alternativamente permite que el estudiante se registre usando Facebook, Google, Facebook o Microsoft.

Create an account using

Facebook Google Microsoft

or create a new one here

Email

Full Name

Public Username

Password

Country or Region of Residence

By creating an account, you agree to the [Terms of Service and Honor Code](#) and you acknowledge that edX and each Member process your personal data in accordance with the [Privacy Policy](#).

Support education research by providing additional information

Create Account

Figura 21: Interfaz de registro de la plataforma edX

Como se puede evidenciar en las figuras 19, 20 y 21. Estas tres plataformas poseen características similares dentro de la opción de registro. En la plataforma edX se visualiza la opción en donde se solicita información adicional, dicha información hace referencia a características como: género, año de nacimiento, nivel educativo máximo, razón de interés por escoger edX. Todas estas características opcionales que ayudarán a la plataforma en sus propósitos de mejora en la investigación. Sin embargo, no solicitan ninguna información relacionada con necesidades y preferencias de accesibilidad.

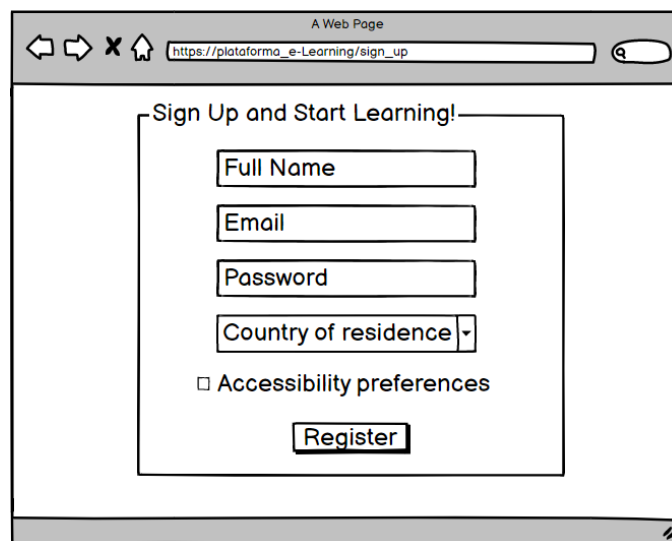
En el presente trabajo se muestra el diseño de un complemento a la funcionalidad de registro donde se consideran las preferencias y necesidades de los estudiantes con o sin discapacidades acorde a las categorías establecidas en la Tabla 5.

### Diseño con la herramienta Balsamiq

Para el diseño del prototipo se utiliza la herramienta Balsamiq, en donde se muestra la funcionalidad de este, tomando como ejemplo la creación del perfil de un usuario mediante la selección de la categoría de Audición y de la discapacidad de audición disminuida. Finalmente, se muestra el mensaje en donde el perfil es creado. Este diseño permitió tener la funcionalidad del prototipo antes de realizar la correspondiente programación.

## Pantalla de registro

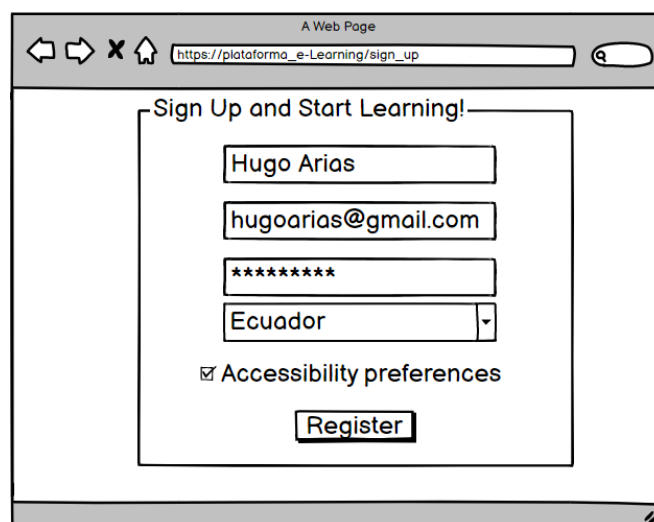
Tomando en cuenta las características, como se puede visualizar en la Figura 22, dentro de la pantalla de registro de las tres plataformas comparadas, se ha desarrollado la propuesta de registro, en donde se encuentran los campos de: Full Name, Email, Password, Country of residence y la opción con un checkbox para escoger las opciones o preferencias de accesibilidad.



The screenshot shows a web browser window with the address bar containing "https://plataforma\_e-Learning/sign\_up". The page content is titled "Sign Up and Start Learning!". It features a registration form with the following elements: a text input field for "Full Name", a text input field for "Email", a text input field for "Password", a dropdown menu for "Country of residence", a checkbox labeled "Accessibility preferences", and a "Register" button.

Figura 22: Diseño interfaz registro

Una vez que el usuario llena sus datos, podrá seleccionar el checkbox para escoger las opciones o preferencias de accesibilidad. Como se muestra en la Figura 23.



The screenshot shows the same web browser window as Figure 22, but with the registration form filled out. The "Full Name" field contains "Hugo Arias", the "Email" field contains "hugoarias@gmail.com", the "Password" field contains "\*\*\*\*\*", and the "Country of residence" dropdown menu is set to "Ecuador". The "Accessibility preferences" checkbox is now checked. The "Register" button remains visible.

Figura 23: Selección de opción de accesibilidad en interfaz

### **Pantalla con Categorías de Accesibilidad**

En caso de que el estudiante escoja la opción de “Accessibility preferences” y presione el botón “Register” pasará a la siguiente pantalla en donde podrá escoger la Categoría de accesibilidad acorde a su discapacidad o preferencia. Ver Figura 24. El estudiante escogerá una de las categorías presentadas, en donde se han incluido todas las categorías de Visual, Hearing, Cognitive, Motor, Elderly y Linguistic. Una vez que el estudiante escoge la categoría debe dar clic en el botón “Continue” para pasar a la siguiente fase.

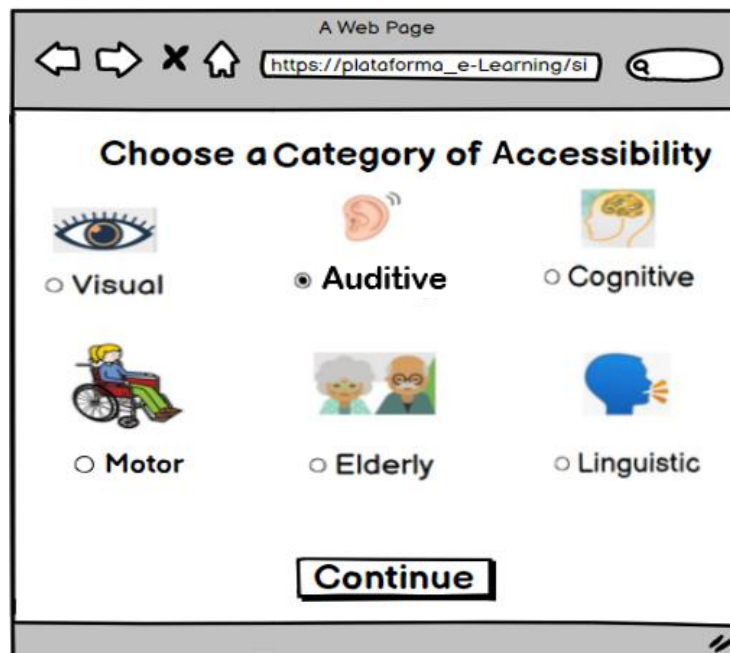


Figura 24: Interfaz con las categorías de discapacidad

### **Pantalla de discapacidades por Categoría**

En la siguiente Figura 25, se pueden visualizar las diferentes discapacidades de acuerdo a la categoría seleccionada, como ejemplo se ha seleccionado la categoría “Hearing”. En esta parte el estudiante selecciona la discapacidad Diminished y luego dar clic en el botón “Save Profile”.

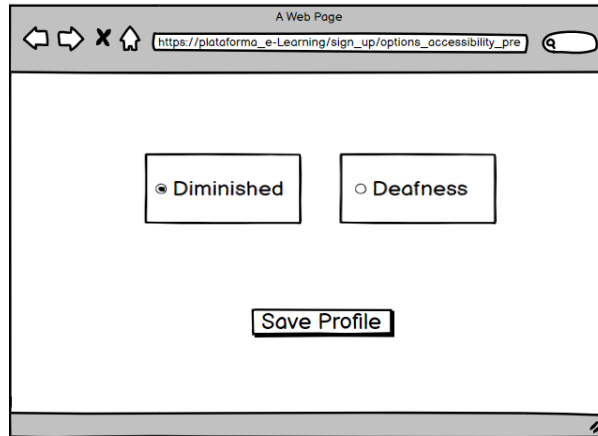


Figura 25: Pantalla de discapacidades por categoría

### **Pantalla con confirmación de creación de perfil**

En la Figura 26, se puede visualizar el mensaje que se presentará al estudiante una vez que este haya seleccionado ya su preferencia o discapacidad.

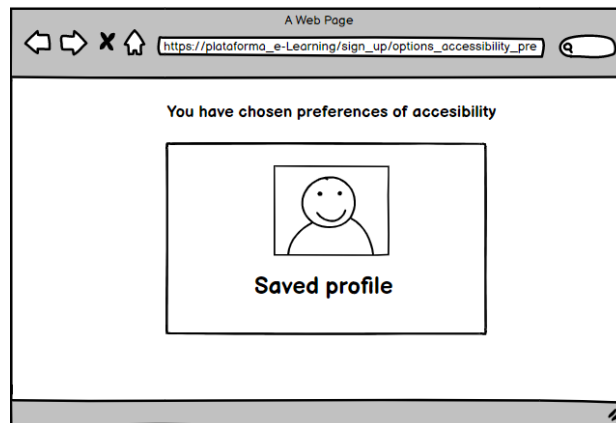


Figura 26: Pantalla con confirmación de creación de perfil

Una vez realizado el diseño de las interfaces, es necesario continuar con la construcción del prototipo mismo que se muestra en la siguiente sección.

## **5. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO**

En la presente sección se mostrarán los puntos principales tomados en cuenta para la construcción del prototipo para la Propuesta de Modelo para Perfilamiento de usuarios de e-Learning con consideraciones de Accesibilidad, en donde se encuentra la implementación del prototipo, las pruebas tanto de accesibilidad como de usabilidad.

## 5.1. Implementación

Para la implementación del prototipo se describe el esquema de base de datos, ambiente de desarrollo, lenguaje de programación, interfaces del prototipo y los resultados obtenidos al escoger un perfil.

### Esquema de base de datos

La base de datos mostrada en la Figura 27, fue modelada en phpMyAdmin versión 5.0.3, la cual tiene por nombre e\_learning con seis tablas: person, category, disability, success\_criteria, xml\_profile, disability\_has\_success\_criteria.

**person:** en esta tabla se encuentran los datos del estudiante como: el nombre completo, correo electrónico, país de residencia.

**category:** en esta tabla se encontrarán las seis categorías establecidas: visual, hearing, cognitive, motor, elderly, linguistic.

**disability:** en esta tabla se encontrarán las diferentes discapacidades encontradas y consideradas como relevantes dentro del presente estudio. Estas discapacidades son: Low Vision, Blindness, Daltonism, Diminished, Deafness, Reading difficulties, Reading difficulties, Second language, Insufficient dexterity to operate a mouse, Insufficient dexterity to operate a keyboard.

**success\_criteria:** en esta tabla se encuentran ingresados todos los tags desde Schema.org reconocidos como implementables en el presente trabajo.

**xml\_profile:** en esta tabla se encuentra el perfil del estudiante, categoría escogida y discapacidad.

**disability\_has\_success\_criteria:** en esta table se encuentra la relación entre la discapacidad y los criterios de éxito que le corresponden a cada una de las discapacidades respectivamente.

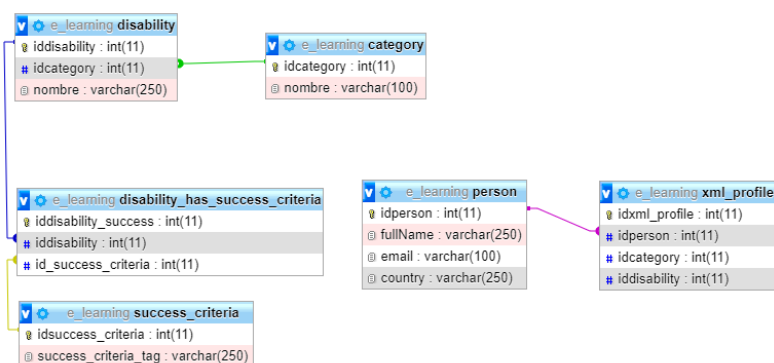


Figura 27: Esquema de base de datos e\_Learning



## Ambiente de desarrollo

El ambiente de desarrollo en el cual fue creado el prototipo para la propuesta de modelo para perfilamiento de usuarios de e-Learning con consideraciones de Accesibilidad, está compuesto por: ambiente de desarrollo integrado (IDE) PhpStorm en su versión 2020.2.3

Figura 28, Figura 29.

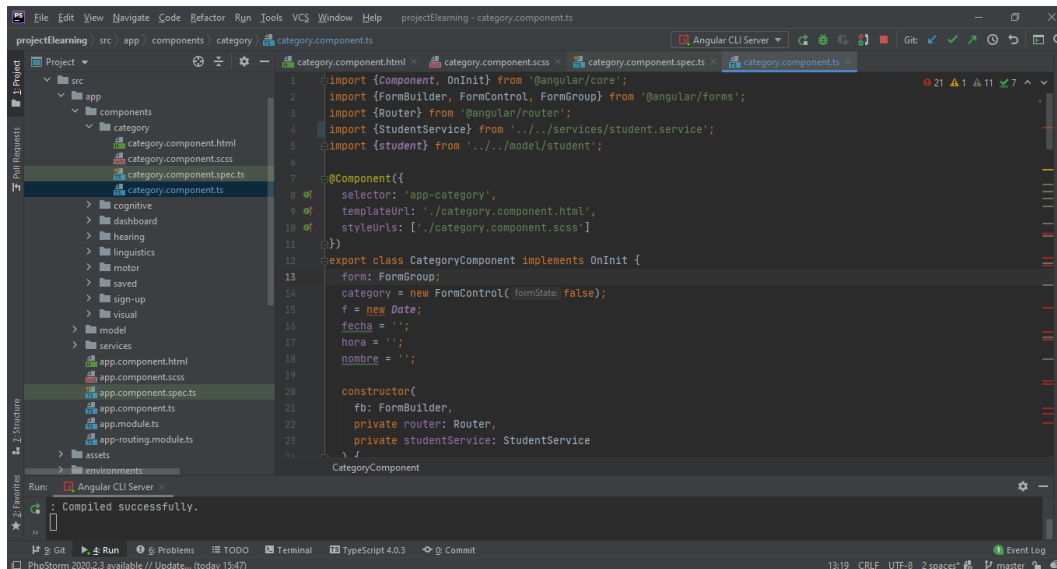


Figura 28: PhpStorm versión 2020.2.3

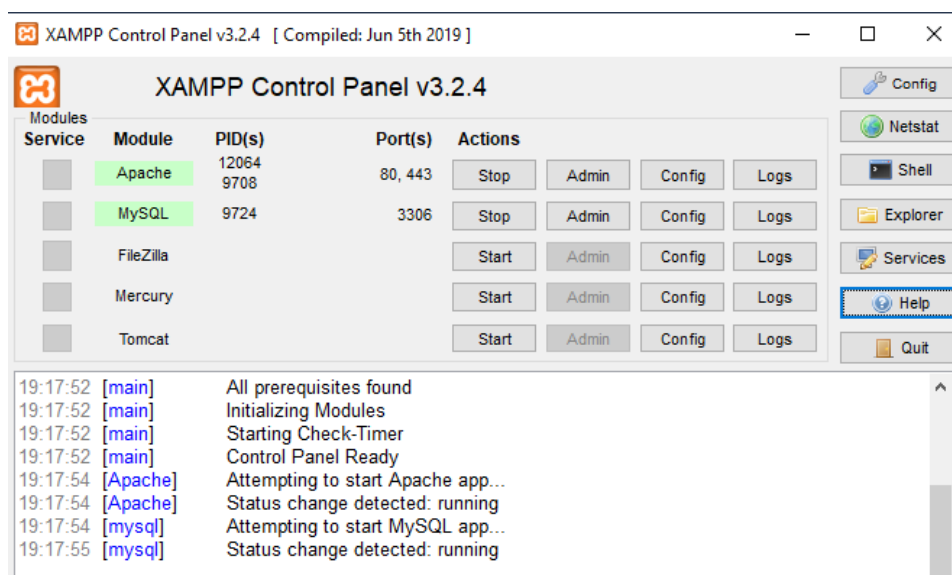


Figura 29: XAMPP control Panel versión 3.2.4

## Prototipo implementado en PHPStorm

A continuación, se muestran las diferentes interfaces del prototipo desarrollado.

La Figura 26 muestra la pantalla de registro en donde se encuentran los campos: Full Name, Email, Password, Select Country or region of residence. Adicional, se presenta el botón SIGN UP para pasar a la pantalla de categorías, esto en caso de haber seleccionado el check de preferencias.

The screenshot shows a registration form with the following elements: a title "Sign Up and Start Learning!", a "Full Name:" label with a text input field, an "Email:" label with a text input field, a "Password:" label with a text input field, a "Select Country or region of residence:" label with a dropdown menu showing "Country or region of residence", a checkbox labeled "Accessibility options or preferences" which is circled in red, and a red "SIGN UP" button. At the bottom, there is a black bar with the text "e-Learning preferences".

Figura 30: Pantalla de registro del prototipo elaborado en PhpStorm

El estudiante puede seleccionar la casilla con la descripción "Opciones o preferencias de accesibilidad". La siguiente interfaz es "Elegir una categoría de accesibilidad". La Figura 31 muestra la pantalla de categorías en donde se encuentran las aquellas definidas en el presente trabajo: Visual, Auditiva, Cognitiva, Motora, Tercera edad, Lingüística.

The screenshot shows a screen titled "Choose a Category of Accessibility" with six radio button options arranged in a 2x3 grid: "Visual" (with an eye icon), "Hearing" (with an ear icon), "Cognitive" (with a brain icon), "Motor" (with a wheelchair icon), "Elderly" (with an elderly person icon), and "Linguistics" (with a blue head icon). Below the options is a red "CONTINUE" button and a "Return" link at the bottom.

Figura 31: Pantalla de categorías del prototipo elaborado en PhpStorm

La Figura 32 muestra la pantalla que se muestra una vez seleccionada una categoría específica, en este caso se trata de las tres discapacidades seleccionadas para la categoría Visual. Las categorías que no muestran discapacidades son: Tercera edad y Lingüística ya que se tratan de combinaciones de las discapacidades de las categorías Visual, Auditiva, Cognitiva y Motora.

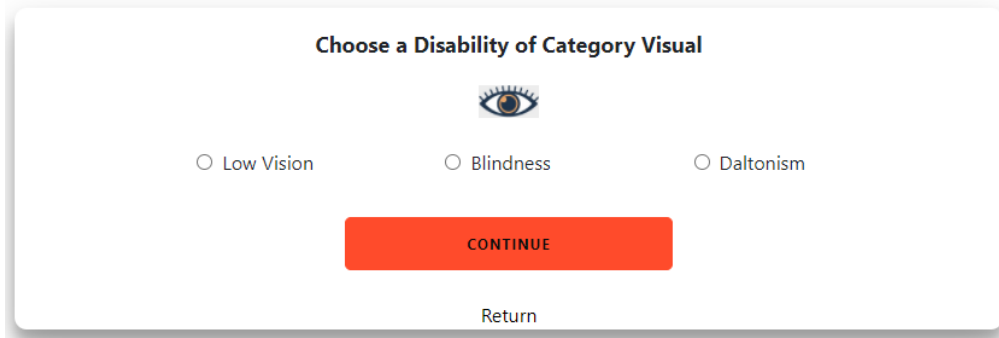


Figura 32: Pantalla de las discapacidades para la categoría Visual del prototipo elaborado en PhpStorm

La Figura 33 muestra el mensaje de confirmación del perfil creado correctamente.

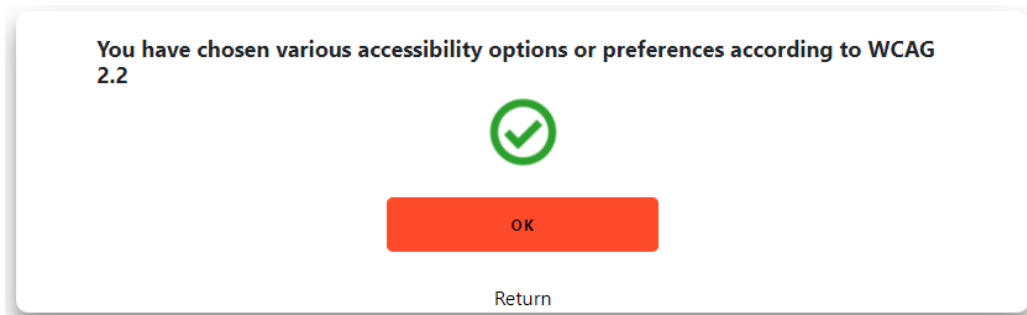
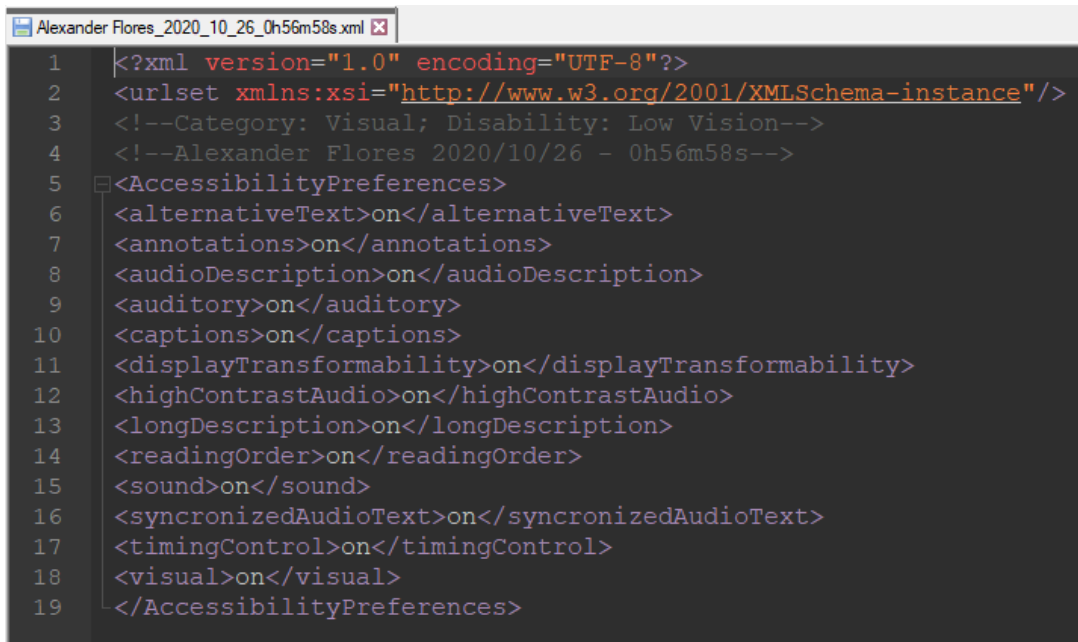


Figura 33: Pantalla de confirmación una vez creado el perfil del prototipo elaborado en PhpStorm

Una vez que el perfil se ha creado correctamente, se descargará automáticamente un archivo .xml con todos los tags correspondientes a la discapacidad escogida, el nombre del archivo está compuesto por el nombre del usuario, fecha y hora de registro del perfil.

Ver Figura 34.

The image shows a code editor window with a dark background. The title bar reads "Alexander Flores\_2020\_10\_26\_0h56m58s.xml". The code is as follows:

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <urlset xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"/>
3 <!--Category: Visual; Disability: Low Vision-->
4 <!--Alexander Flores 2020/10/26 - 0h56m58s-->
5 <AccessibilityPreferences>
6   <alternativeText>on</alternativeText>
7   <annotations>on</annotations>
8   <audioDescription>on</audioDescription>
9   <auditory>on</auditory>
10  <captions>on</captions>
11  <displayTransformability>on</displayTransformability>
12  <highContrastAudio>on</highContrastAudio>
13  <longDescription>on</longDescription>
14  <readingOrder>on</readingOrder>
15  <sound>on</sound>
16  <synchronizedAudioText>on</synchronizedAudioText>
17  <timingControl>on</timingControl>
18  <visual>on</visual>
19 </AccessibilityPreferences>
```

Figura 34: Pantalla con .xml generado una vez creado el perfil del prototipo elaborado en PhpStorm

En la siguiente sección se muestran el detalle de las pruebas realizadas sobre el prototipo construido.

## 5.2. Pruebas

En el presente trabajo se realizaron pruebas de accesibilidad y usabilidad del prototipo.

### 5.2.1 Pruebas de accesibilidad

Para realizar las pruebas de accesibilidad se ha utilizado las herramientas WAVE y ARC Toolkit. En donde se analizan las diferentes pantallas del prototipo desarrollado. En la primera ejecución de la herramienta se presentan los diferentes errores, errores de contraste, alertas, características de cada una de las interfaces del prototipo.

#### Resultados de Pruebas con WAVE:

##### Pantalla de registro:

El resultado para la pantalla de Registro se detalla en la Figura 35 y Tabla 11.

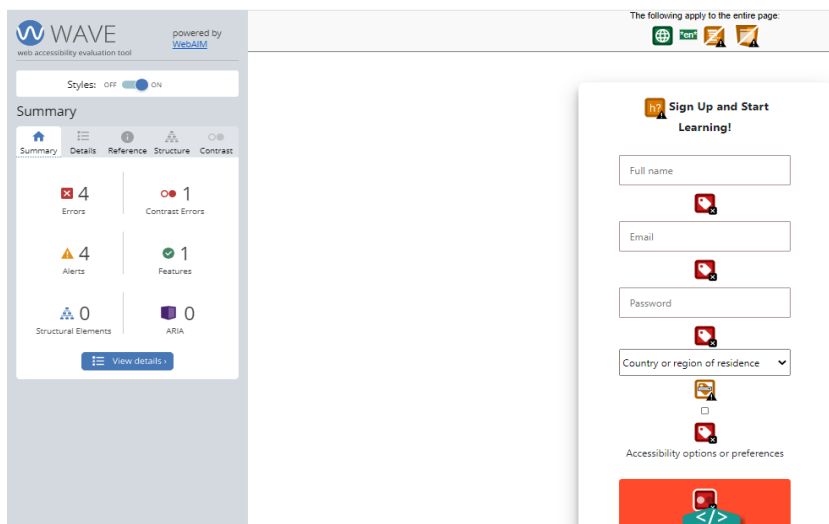


Figura 35: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Registro

| Sign Up Screen         |   |   |
|------------------------|---|---|
| <b>Errors</b>          | 4 | Missing form label  |
| <b>Contrast Errors</b> | 1 | Very low contrast   |
| <b>Alerts</b>          | 4 | Select missing label<br>No heading structure<br>No page regions<br>Possible heading |
| <b>Features</b>        | 1 | Language  |

Tabla 11: Resultado de wave en la pantalla de Registro sin modificaciones

### Pantalla de Categorías de Accesibilidad

El resultado para la pantalla de categoría se detalla en la Figura 36 y Tabla 12.

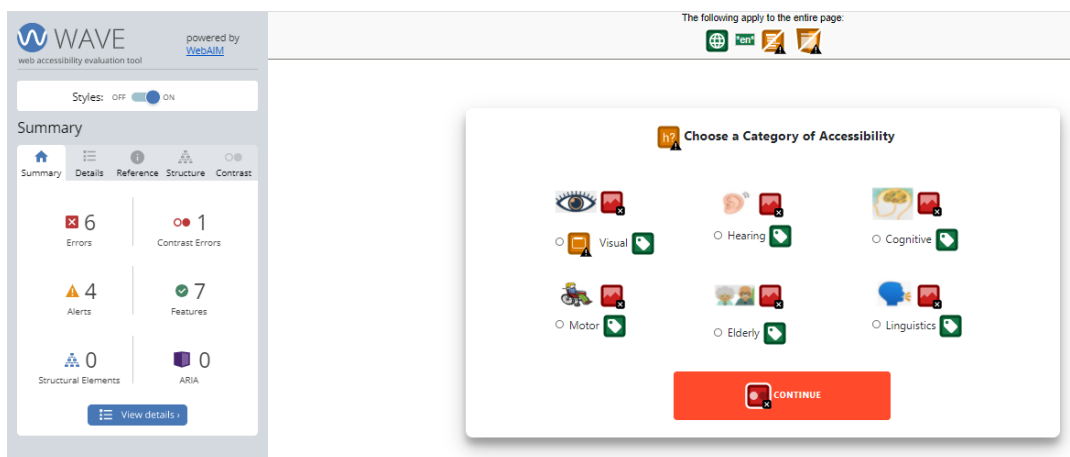


Figura 36: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Categorías de Accesibilidad

| Category of Accessibility Screen |   |   |
|----------------------------------|---|---|
| <b>Errors</b>                    | 6 | 6 X Missing alternative text  |
| <b>Contrast Errors</b>           | 1 | 1 X Very low contrast   |
|                                  |   | 1 X Missing fieldset<br>1 X No heading structure<br>1 X No page regions |
| <b>Alerts</b>                    | 4 | 1 X Possible heading  |

Tabla 12: Resultado de WAVE en la pantalla de categoría sin modificaciones

## Pantalla de la categoría Visual

El resultado para la pantalla de la categoría Visual se detalla en la Figura 37 y Tabla 13.

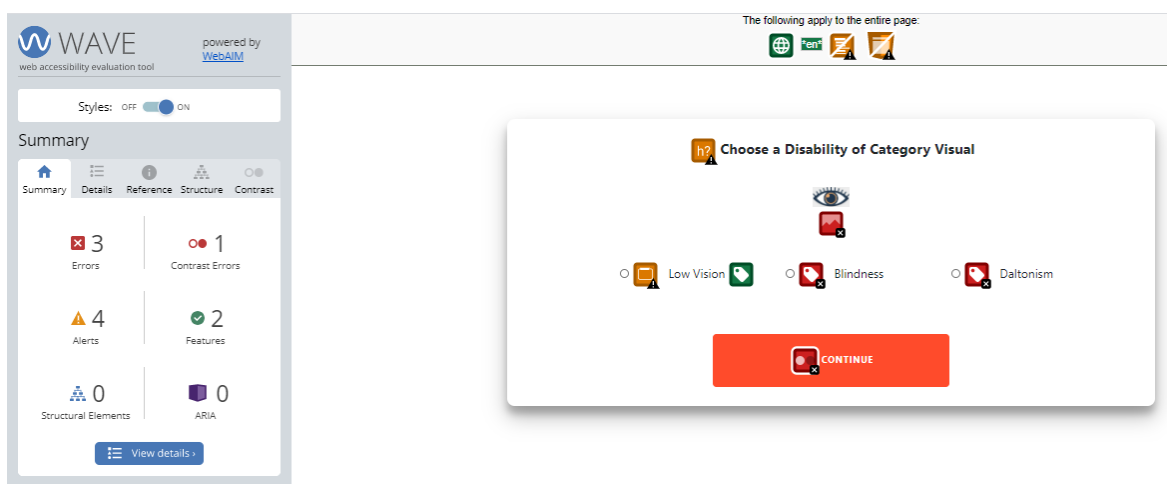


Figura 37: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de la Categoría Visual

| Disability of Category Visual Screen |   |   |
|--------------------------------------|---|---|
| <b>Errors</b>                        | 3 | 1 X Missing alternative text<br>2 X Missing form label                  |
| <b>Contrast Errors</b>               | 1 | 1 X Very low contrast   |
|                                      |   | 1 X Missing fieldset<br>1 X No heading structure<br>1 X No page regions |
| <b>Alerts</b>                        | 4 | 1 X Possible heading  |

Tabla 13: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Visual sin modificaciones

## Pantalla de la categoría Auditiva

El resultado para la pantalla de la categoría Auditiva se detalla en la Figura 38 y Tabla 14.

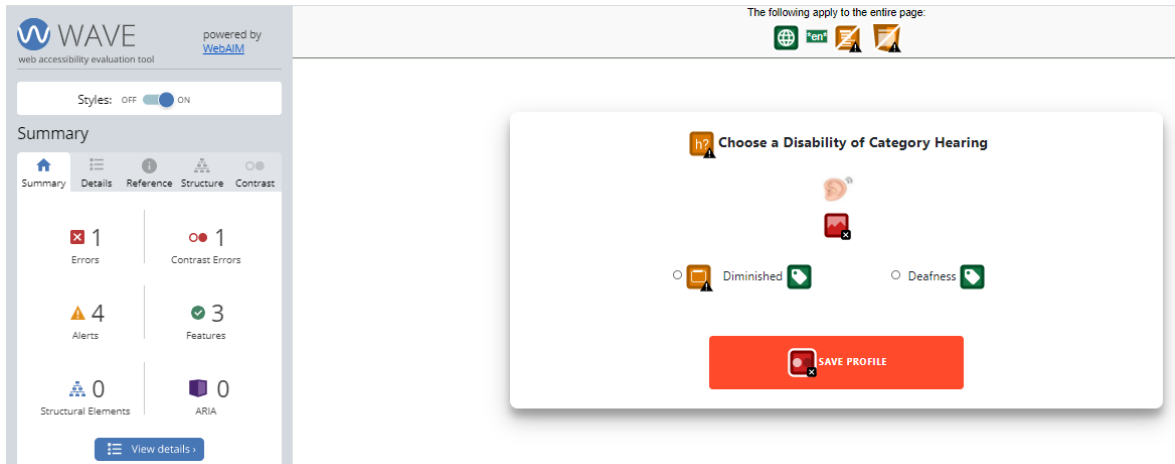


Figura 38: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Categoría Auditiva

| Disability of Category Hearing Screen |   |                              |
|---------------------------------------|---|------------------------------|
| <b>Errors</b>                         | 1 | 1 X Missing alternative text |
| <b>Contrast Errors</b>                | 1 | 1 X Very low contrast        |
|                                       |   | 1 X Missing fieldset         |
|                                       |   | 1 X No heading structure     |
|                                       |   | 1 X No page regions          |
| <b>Alerts</b>                         | 4 | 1 X Possible heading         |

Tabla 14: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Auditiva sin modificaciones

### Pantalla de la categoría Cognitiva

El resultado para la pantalla de la categoría Cognitiva se detalla en la Figura 39 y Tabla 15.

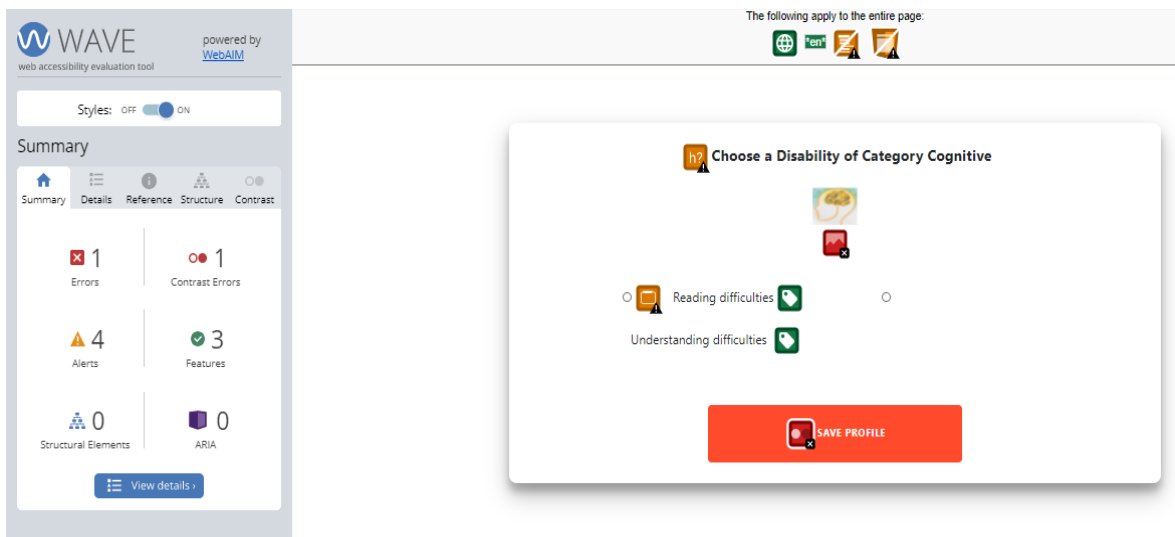


Figura 39: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Categoría Cognitiva

| Disability of Category Cognitive Screen |   |   |
|---|---|---|
| <b>Errors</b>                           | 1 | 1 X Missing alternative text  |
| <b>Contrast Errors</b>                  | 1 | 1 X Very low contrast   |
|   |   | 1 X Missing fieldset<br>1 X No heading structure<br>1 X No page regions |
| <b>Alerts</b>                           | 4 | 1 X Possible heading  |

Tabla 15: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Cognitiva sin modificaciones

## Pantalla de la categoría Motora

El resultado para la pantalla de la categoría Motora se detalla en la Figura 40 y Tabla 16.

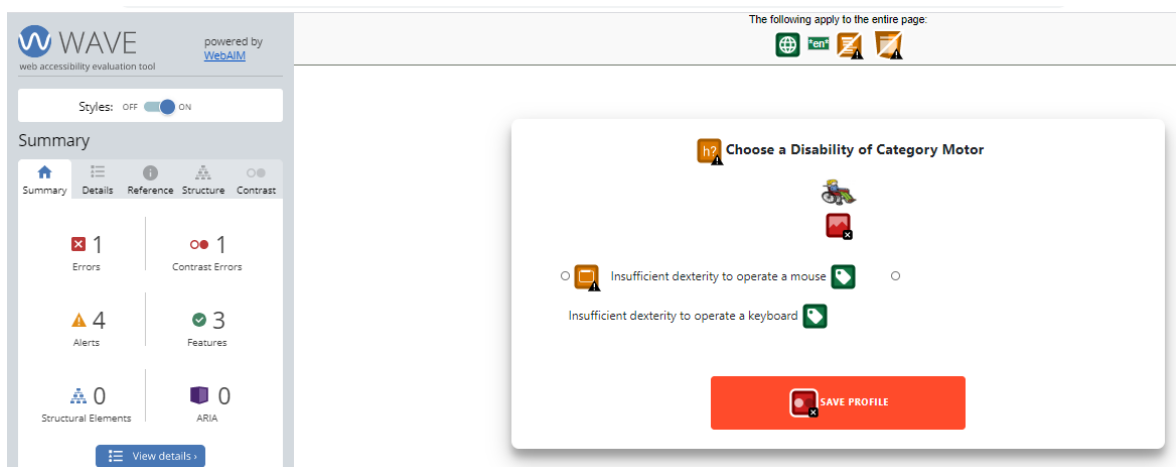


Figura 40: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Categoría Motriz

| Disability of Category Motor Screen |   |   |
|-------------------------------------|---|---|
| <b>Errors</b>                       | 1 | 1 X Missing alternative text  |
| <b>Contrast Errors</b>              | 1 | 1 X Very low contrast   |
|                                     |   | 1 X Missing fieldset<br>1 X No heading structure<br>1 X No page regions |
| <b>Alerts</b>                       | 4 | 1 X Possible heading  |

Tabla 16: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Motora sin modificaciones

## Pantalla de mensaje Perfil guardado

El resultado para la pantalla de perfil guardado se detalla en la Figura 41 y Tabla 17.



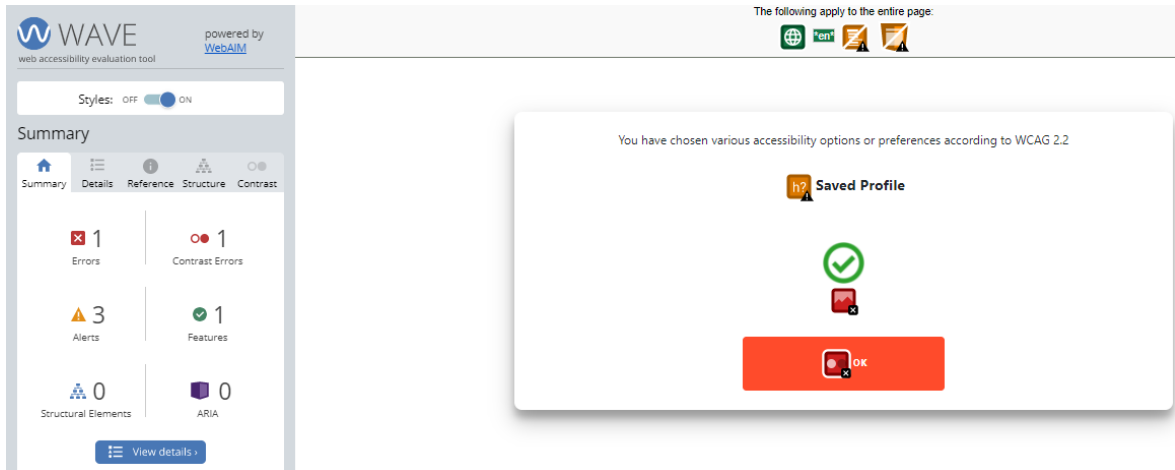


Figura 41: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Perfil Guardado

| Saved Profile Screen   |   |                              |
|------------------------|---|------------------------------|
| <b>Errors</b>          | 1 | 1 X Missing alternative text |
| <b>Contrast Errors</b> | 1 | 1 X Very low contrast        |
| <b>Alerts</b>          |   | 1 X No heading structure     |
|                        |   | 1 X No page regions          |
|                        | 3 | 1 X Possible heading         |

Tabla 17: Resultado de WAVE en la pantalla de confirmación de perfil guardado sin modificaciones

### Pantalla sin selección de preferencias

El resultado para la pantalla al no seleccionar preferencias se detalla en la Figura 42 y Tabla 18.

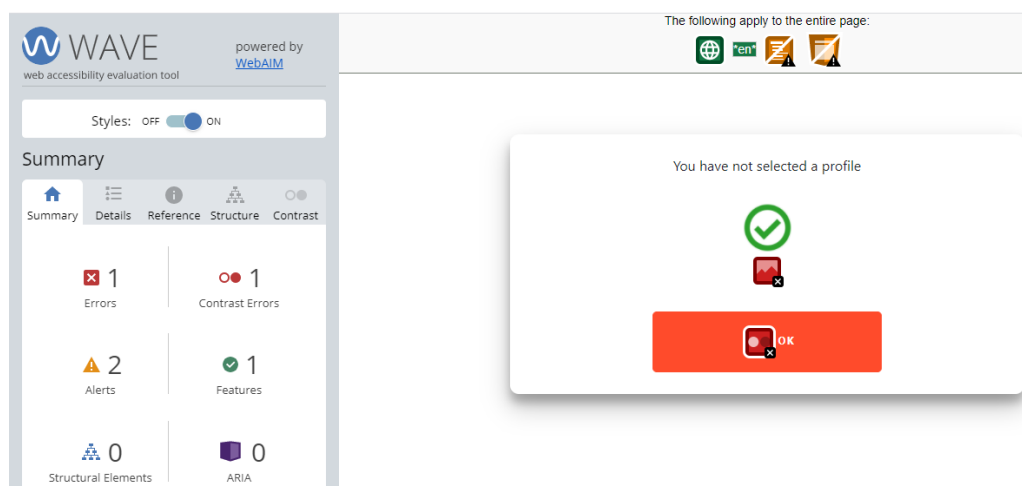


Figura 42: Resultado en navegador de WAVE en la pantalla de Perfil no Seleccionado

| No preferencias Screen |   |   |
|------------------------|---|---|
| <b>Errors</b>          | 1 | 1 X Missing alternative text                    |
| <b>Contrast Errors</b> | 1 | 1 X Very low contrast                           |
| <b>Alerts</b>          | 2 | 1 X No heading structure<br>1 X No page regions |

Tabla 18: Resultado de WAVE en la pantalla de registro sin selección de preferencias sin modificaciones

Una vez detectados los problemas de accesibilidad, se procedió a corregirlos y a correr nuevamente la herramienta WAVE.

### Pantalla de registro:

El resultado para la pantalla de registro se detalla en la Figura 43 y Tabla 19.

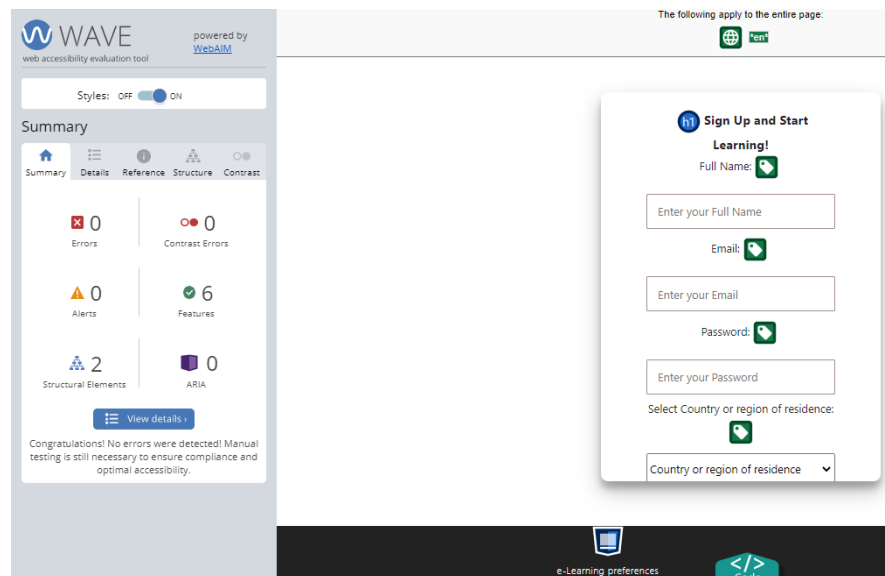


Figura 43: Resultado de WAVE en navegador pantalla de Registro con modificaciones

| Sign Up Screen         |   |
|------------------------|---|
| <b>Errors</b>          | 0 |
| <b>Contrast Errors</b> | 0 |
| <b>Alerts</b>          | 0 |

Tabla 19: Resultado de WAVE en la pantalla de registro con modificaciones

## Pantalla de Categorías de Accesibilidad

El resultado para la pantalla de categoría se detalla en la Figura 44 y Tabla 20.

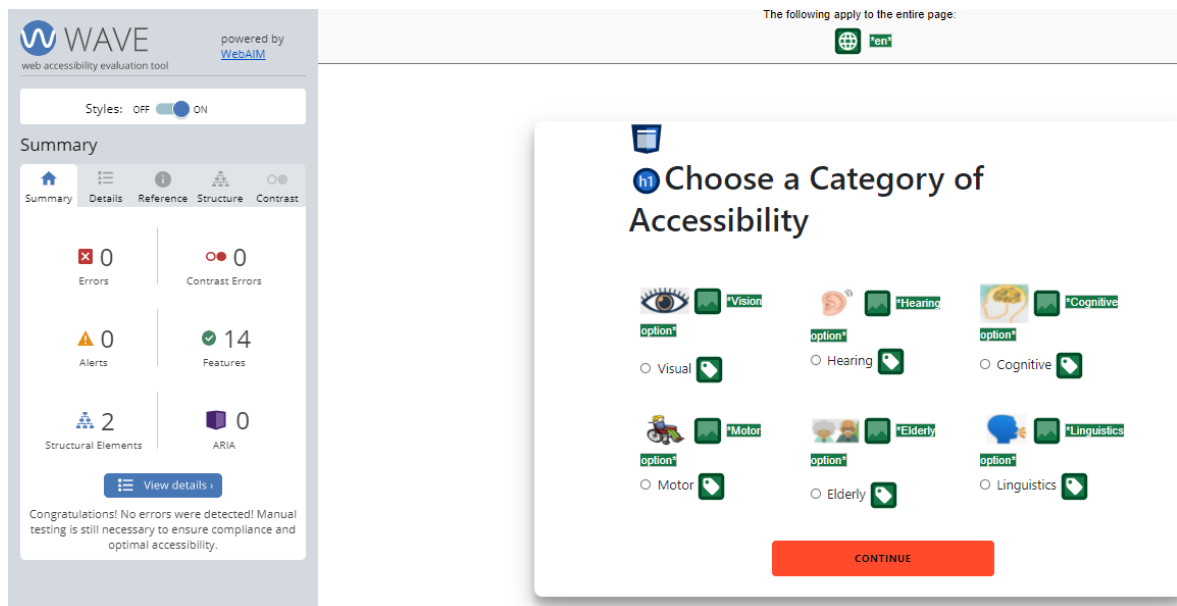


Figura 44: Resultado de WAVE en navegador pantalla de Categorías de Accesibilidad con modificaciones

| Category of Accessibility Screen |   |
|----------------------------------|---|
| Errors                           | 0 |
| Contrast Errors                  | 0 |
| Alerts                           | 0 |

Tabla 20: Resultado de WAVE en la pantalla de categoría sin modificaciones

## Pantalla de la categoría Visual

El resultado para la pantalla de la categoría Visual se detalla en la Figura 45 y Tabla 21.

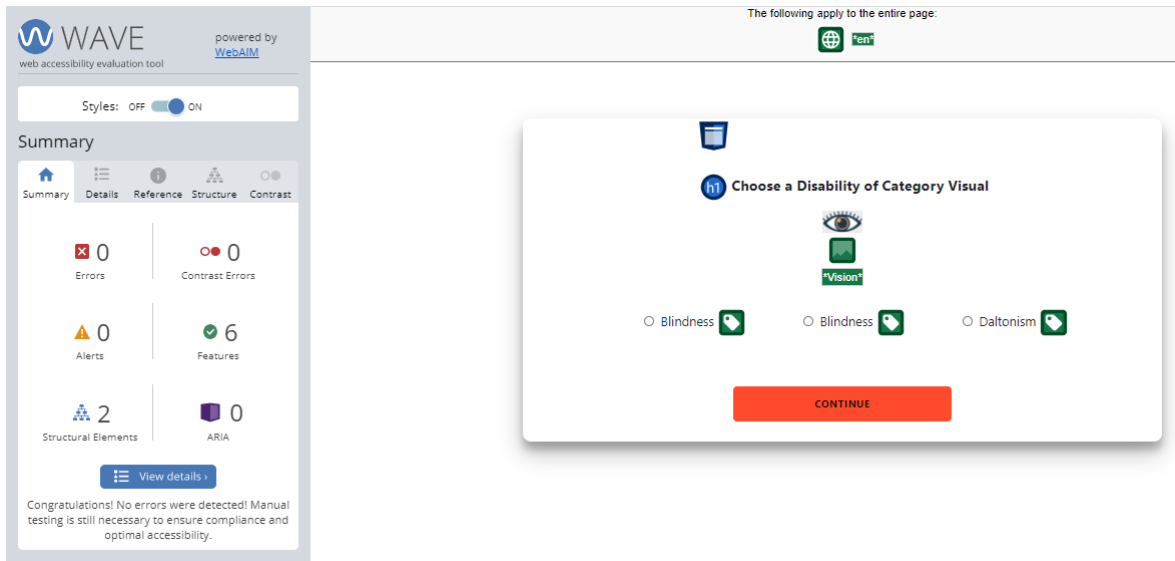


Figura 45: Resultado de WAVE en navegador pantalla de Categoría Visual con modificaciones

| Disability of Category Visual Screen |   |
|--------------------------------------|---|
| Errors                               | 0 |
| Contrast Errors                      | 0 |
| Alerts                               | 0 |

Tabla 21: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Visual con modificaciones

## Pantalla de la categoría Auditiva

El resultado para la pantalla de la categoría Auditiva se detalla en la Figura 46 y Tabla 22.

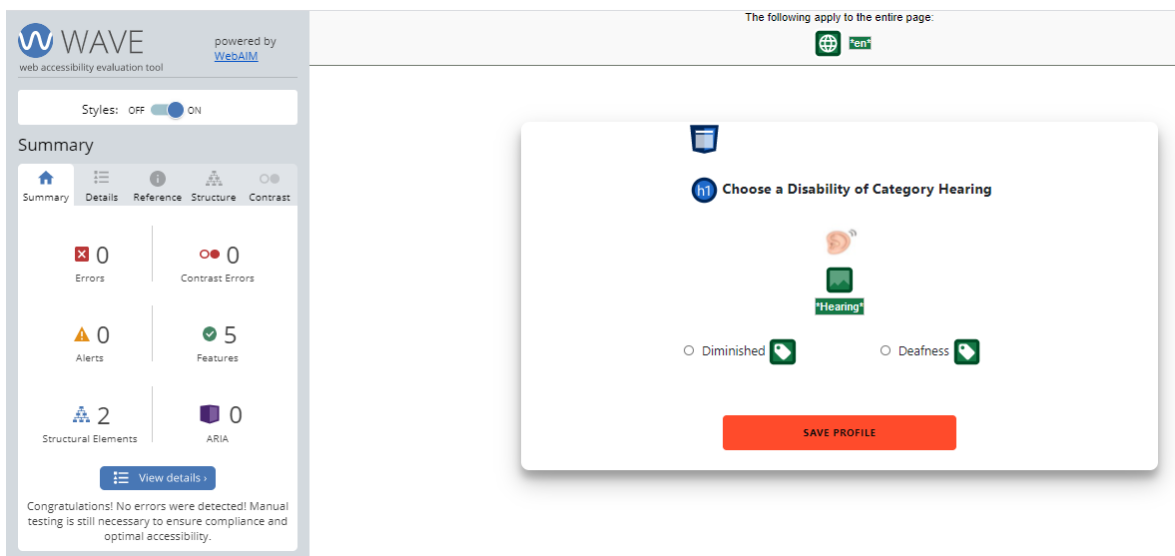


Figura 46: Resultado de WAVE en navegador pantalla de categoría Auditiva de Accesibilidad con modificaciones

| Disability of Category Hearing Screen |   |
|---------------------------------------|---|
| Errors                                | 0 |
| Contrast Errors                       | 0 |
| Alerts                                | 0 |

Tabla 22: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Auditiva con modificaciones

### Pantalla de la categoría Cognitiva

El resultado para la pantalla de la categoría Cognitiva se detalla en la Figura 47 y Tabla 23.

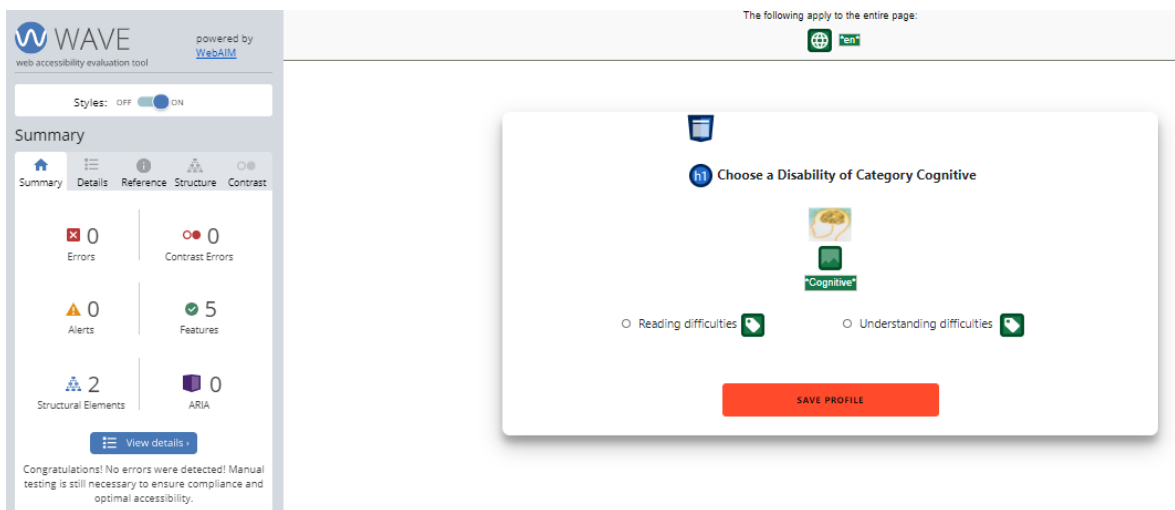


Figura 47: Resultado de WAVE en navegador pantalla de categoría Cognitiva de Accesibilidad con modificaciones

| Disability of Category Cognitive Screen |   |
|---|---|
| Errors                                  | 0 |
| Contrast Errors                         | 0 |
| Alerts                                  | 0 |

Tabla 23: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Cognitiva con modificaciones

### Pantalla de la categoría Motora

El resultado para la pantalla de la categoría Motora se detalla en la Figura 48 y Tabla 24.

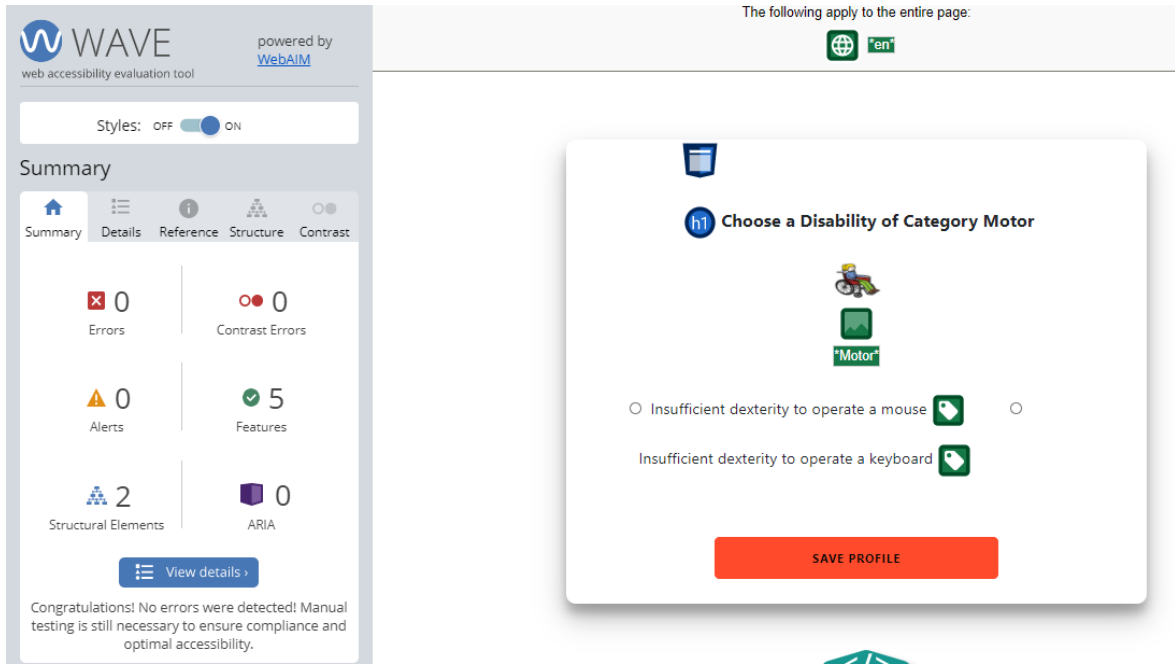


Figura 48: Resultado de WAVE en navegador pantalla de categoría Motriz de Accesibilidad con modificaciones

| Disability of Category Motor Screen |   |
|-------------------------------------|---|
| Errors                              | 0 |
| Contrast Errors                     | 0 |
| Alerts                              | 0 |

Tabla 24: Resultado de WAVE en la pantalla de la categoría Motora con modificaciones

### Pantalla de mensaje Perfil guardado

El resultado para la pantalla de la categoría Visual se detalla en la Figura 49 y Tabla 25.

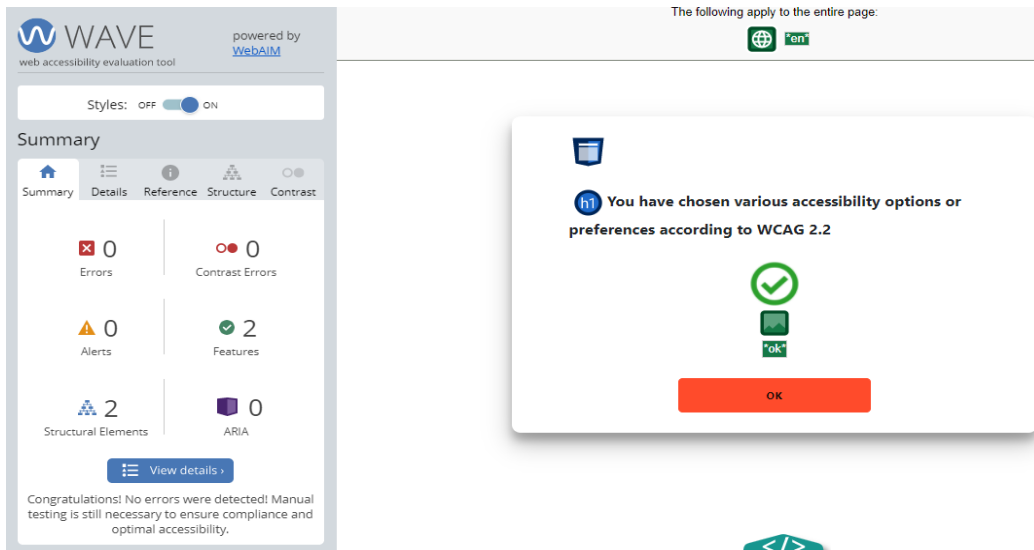


Figura 49: Resultado de WAVE en navegador pantalla de preferencias seleccionadas con modificaciones

| Saved Profile Screen |   |
|----------------------|---|
| Errors               | 0 |
| Contrast Errors      | 0 |
| Alerts               | 0 |

Tabla 25: Resultado de WAVE en la pantalla de confirmación de perfil guardado con modificaciones

### Pantalla sin selección de preferencias

El resultado para la pantalla de la categoría Visual se detalla en la Figura 50 y Tabla 26.

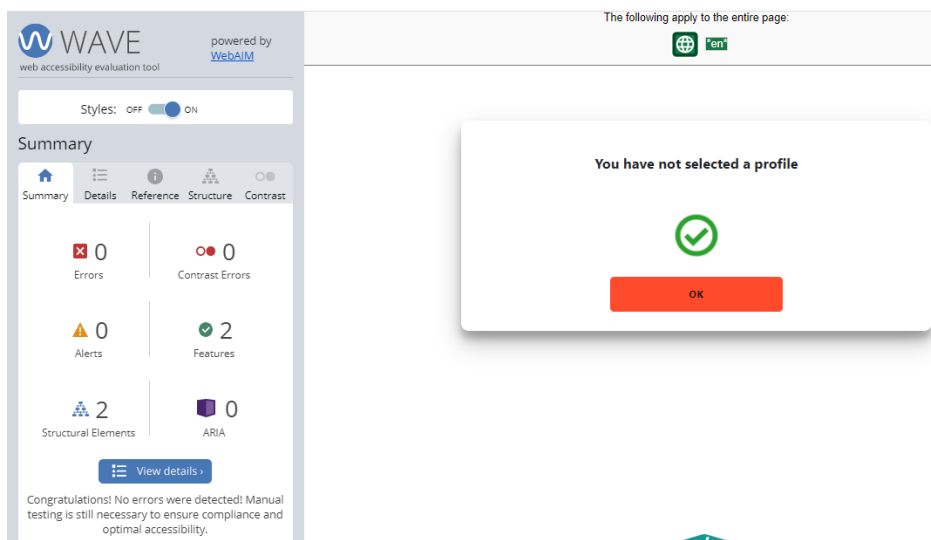


Figura 50: Resultado de WAVE en navegador pantalla de perfil guardado con modificaciones

| No preferences Screen |   |
|-----------------------|---|
| Errors                | 0 |
| Contrast Errors       | 0 |
| Alerts                | 0 |

Tabla 26: Resultado de WAVE en la pantalla de registro sin selección de preferencias sin modificaciones

### Resultados de Pruebas con ARC Toolkit

Las columnas en la tabla de resultados muestran el número de instancias visibles, errores y advertencias y luego los mismos elementos ocultos en la página (en el código de la página, pero no desplegados visualmente) Figura 51 [55].

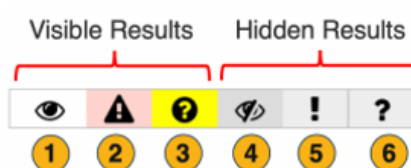


Figura 51: Imágenes sobre lectura de resultados de Pruebas con ARC Toolkit

1. Total de resultados visibles
2. Errores visibles
3. Advertencias visibles
4. Total de resultados ocultos
5. Errores ocultos
6. Advertencias ocultas

El panel de la derecha muestra afirmaciones (las reglas probadas, como “no alt”) y los errores y advertencias encontradas por esas pruebas.

#### Definición de resultados:

- OK** Los resultados aprobados son aquellos con problemas de accesibilidad encontrados
- ERR** Los errores son resultados en los que se encuentran problemas de accesibilidad
- WARN** Las advertencias son problemas potenciales que ARC ha marcado, pero requieren verificación manual
- Hidden** Resultados ocultos que no son visibles en el navegador pero que pueden afectar a la tecnología de asistencia para usuarios.



## Pantalla de registro:

El resultado para la pantalla de registro se detalla en la Figura 52 y Tabla 27.

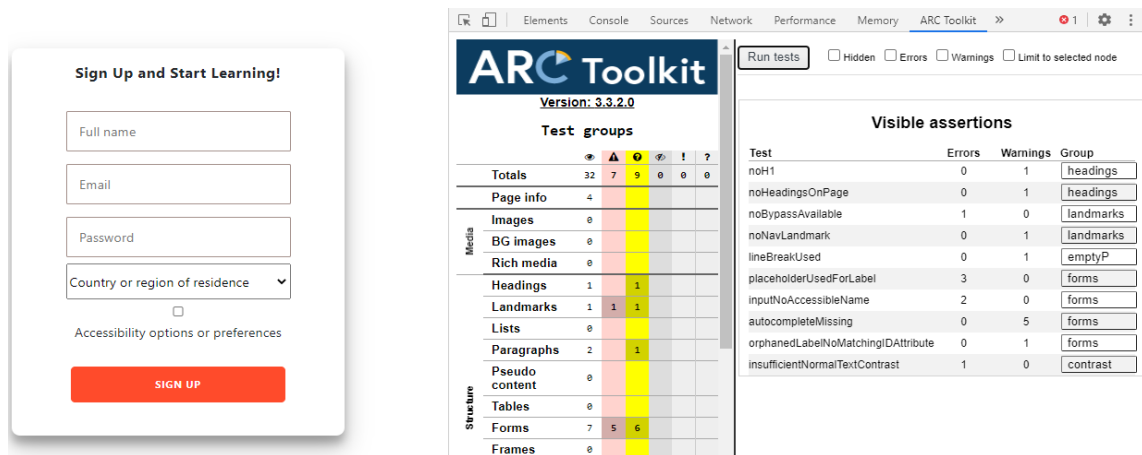


Figura 52: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Registro

| Sign Up Screen |                |          |          |
|----------------|----------------|----------|----------|
| Category       | Subcategory    | Errors   | Warnings |
| Structure      | Headings       | 0        | 1        |
|                | Landmarks      | 1        | 1        |
|                | Paragraphs     | 0        | 1        |
|                | Forms          | 5        | 6        |
| Color          | Color Contrast | 1        | 0        |
| <b>Total</b>   |                | <b>7</b> | <b>9</b> |

Tabla 27: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de registro sin modificaciones

## Pantalla de Categorías de Accesibilidad

El resultado para la pantalla de categoría se detalla en la Figura 53 y Tabla 28.

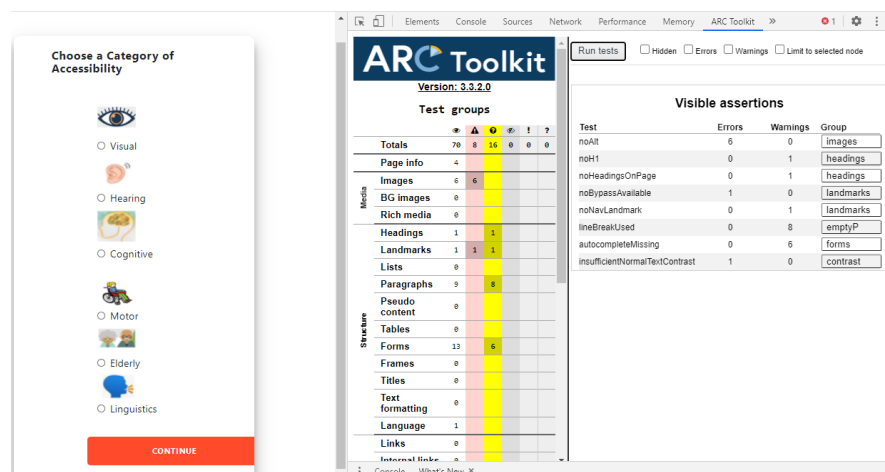


Figura 53: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad

| Category of Accessibility Screen |                |          |           |
|----------------------------------|----------------|----------|-----------|
| Category                         | Subcategory    | Errors   | Warnings  |
| Media                            | Images         | 6        | 0         |
| Structure                        | Headings       | 0        | 1         |
|                                  | Landmarks      | 1        | 1         |
|                                  | Paragraphs     | 0        | 8         |
|                                  | Forms          | 0        | 6         |
| Color                            | Color Contrast | 1        | 0         |
| <b>Total</b>                     |                | <b>8</b> | <b>16</b> |

Tabla 28: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de categoría sin modificaciones

### Pantalla de la categoría Visual

El resultado para la pantalla de la categoría Visual se detalla en la Figura 54 y Tabla 29.

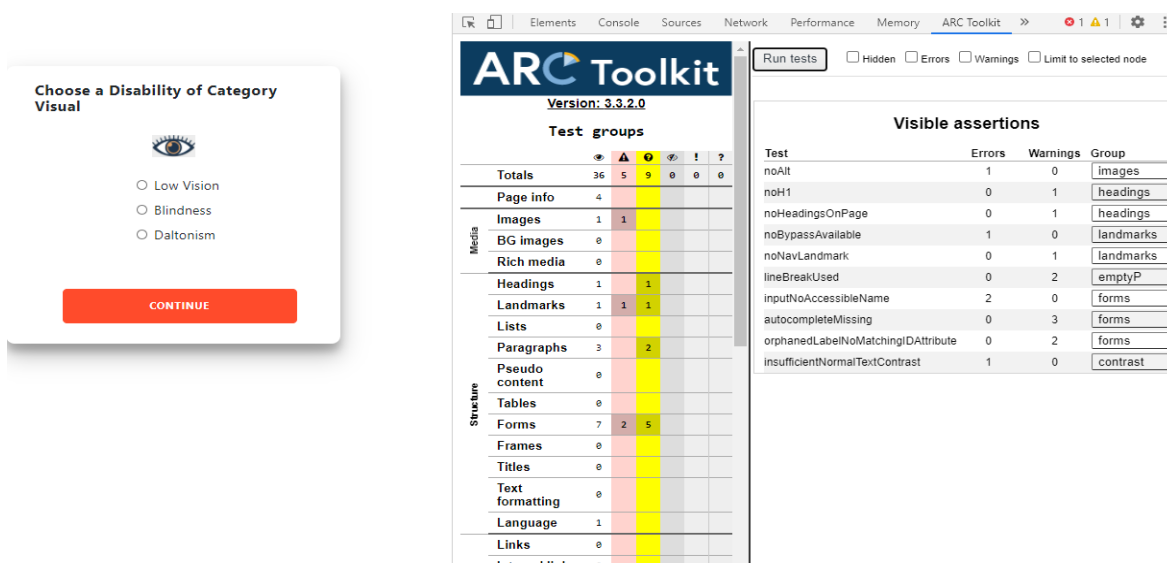


Figura 54: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad

| Disability of Category Visual Screen |                |          |          |
|--------------------------------------|----------------|----------|----------|
| Category                             | Subcategory    | Errors   | Warnings |
| Media                                | Images         | 1        | 0        |
| Structure                            | Headings       | 0        | 1        |
|                                      | Landmarks      | 1        | 1        |
|                                      | Paragraphs     | 0        | 2        |
|                                      | Forms          | 2        | 5        |
| Color                                | Color Contrast | 1        | 0        |
| <b>Total</b>                         |                | <b>5</b> | <b>9</b> |

Tabla 29: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Visual sin modificaciones

### Pantalla de la categoría Auditiva

El resultado para la pantalla de la categoría Auditiva se detalla en la Figura 55 y Tabla 30.

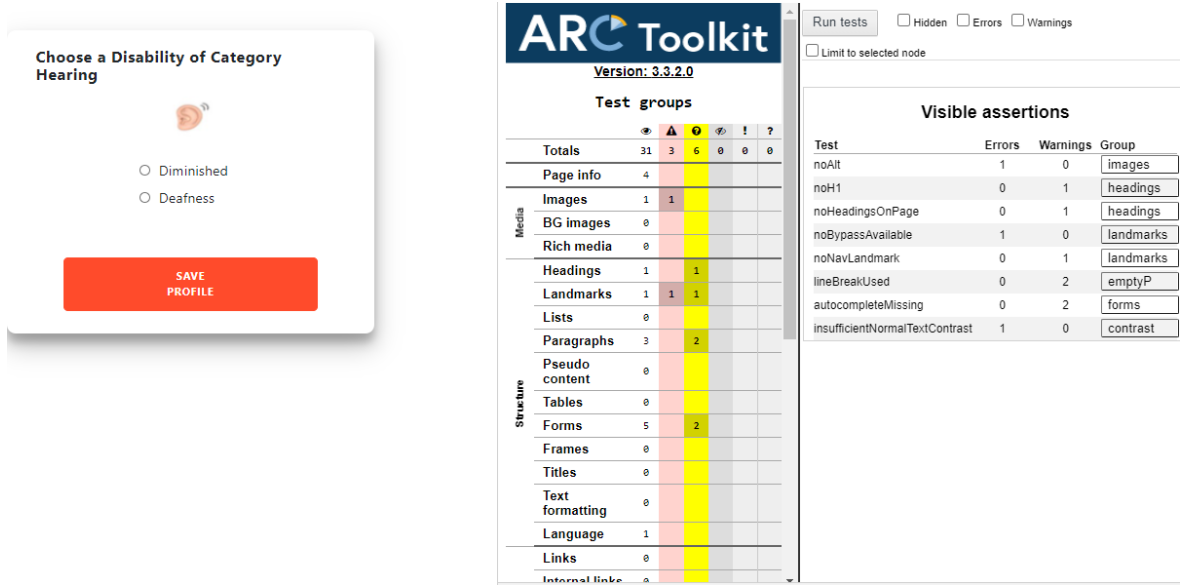


Figura 55: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad

| Disability of Category Hearing Screen |                |          |          |
|---------------------------------------|----------------|----------|----------|
| Category                              | Subcategory    | Errors   | Warnings |
| Media                                 | Images         | 1        | 0        |
| Structure                             | Headings       | 0        | 1        |
|                                       | Landmarks      | 1        | 1        |
|                                       | Paragraphs     | 0        | 2        |
|                                       | Forms          | 0        | 2        |
| Color                                 | Color Contrast | 1        | 0        |
| <b>Total</b>                          |                | <b>3</b> | <b>6</b> |

Tabla 30: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Auditiva sin modificaciones

### Pantalla de la categoría Cognitiva

El resultado para la pantalla de la categoría Cognitiva se detalla en la Figura 56 y Tabla 31.

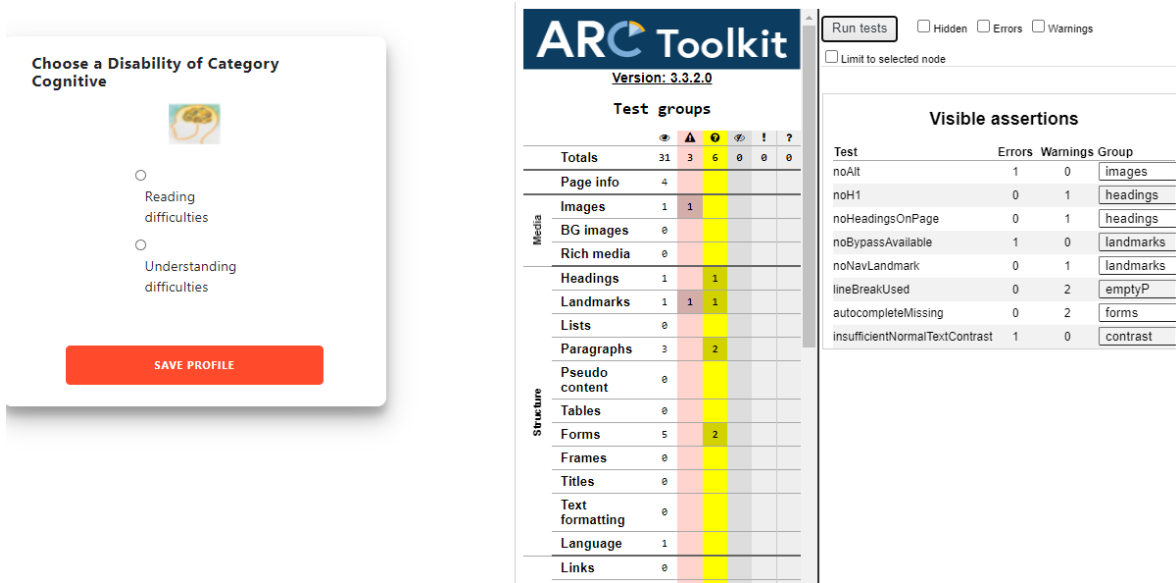


Figura 56: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de categoría Cognitiva

| Disability of Category Cognitive Screen |                |          |          |
|---|----------------|----------|----------|
| Category                                | Subcategory    | Errors   | Warnings |
| Media                                   | Images         | 1        | 0        |
|   | Headings       | 0        | 1        |
| Structure                               | Landmarks      | 1        | 1        |
|   | Paragraphs     | 0        | 2        |
|   | Forms          | 0        | 2        |
| Color                                   | Color Contrast | 1        | 0        |
| <b>Total</b>                            |                | <b>3</b> | <b>6</b> |

Tabla 31: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Cognitiva sin modificaciones

### Pantalla de la categoría Motor

El resultado para la pantalla de la categoría Motora se detalla en la Figura 57 y Tabla 32.

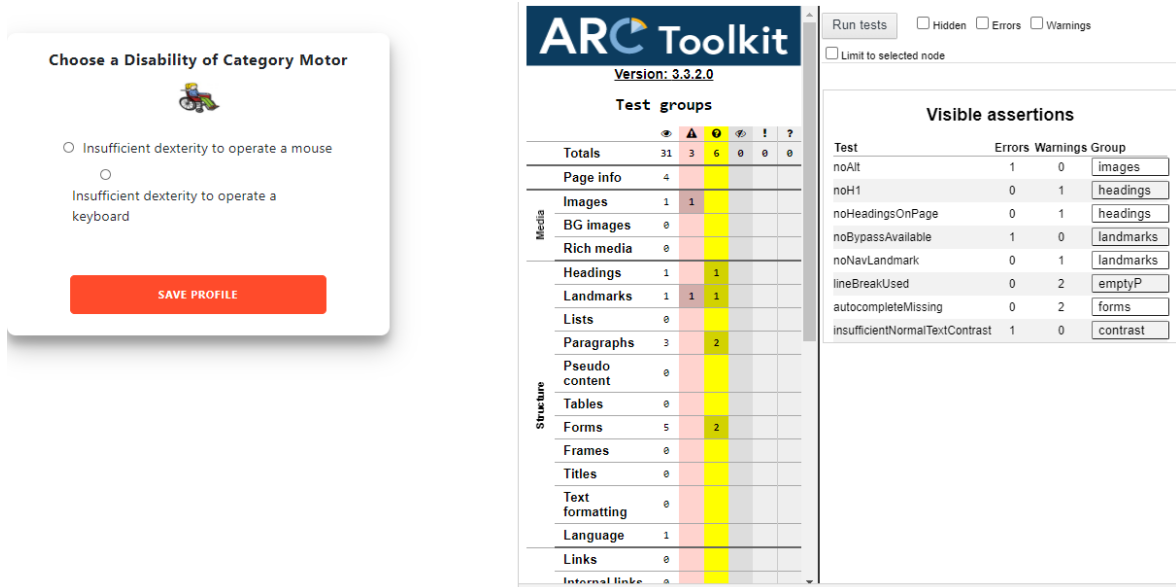


Figura 57: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de categoría Motriz

| Disability of Category Motor Screen |                |          |          |
|-------------------------------------|----------------|----------|----------|
| Category                            | Subcategory    | Errors   | Warnings |
| Media                               | Images         | 1        | 0        |
|                                     | Headings       | 0        | 1        |
|                                     | Landmarks      | 1        | 1        |
| Structure                           | Paragraphs     | 0        | 2        |
|                                     | Forms          | 0        | 2        |
| Color                               | Color Contrast | 1        | 0        |
| <b>Total</b>                        |                | <b>3</b> | <b>6</b> |

Tabla 32: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Motora sin modificaciones

### Pantalla de mensaje Perfil guardado

El resultado para la pantalla de perfil guardado se detalla en la Figura 58 y Tabla 33.

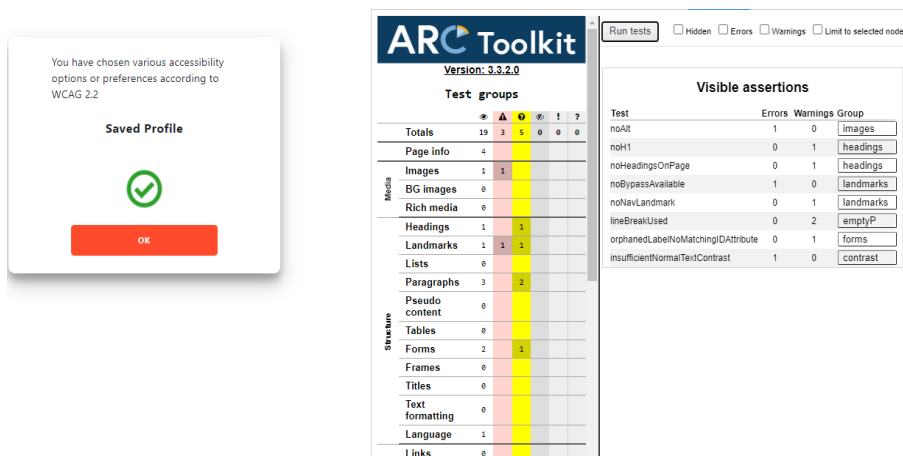


Figura 58: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de preferencias seleccionadas

| Saved Profile Screen |                |          |          |
|----------------------|----------------|----------|----------|
| Category             | Subcategory    | Errors   | Warnings |
| Media                | Images         | 1        | 0        |
| Structure            | Headings       | 0        | 1        |
|                      | Landmarks      | 1        | 1        |
|                      | Paragraphs     | 0        | 2        |
|                      | Forms          | 0        | 1        |
| Color                | Color Contrast | 1        | 0        |
| <b>Total</b>         |                | <b>3</b> | <b>5</b> |

Tabla 33: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de confirmación de perfil guardado sin modificaciones

### Pantalla sin selección de preferencias

El resultado para la pantalla al no seleccionar preferencias se detalla en la Figura 59 y Tabla 34.

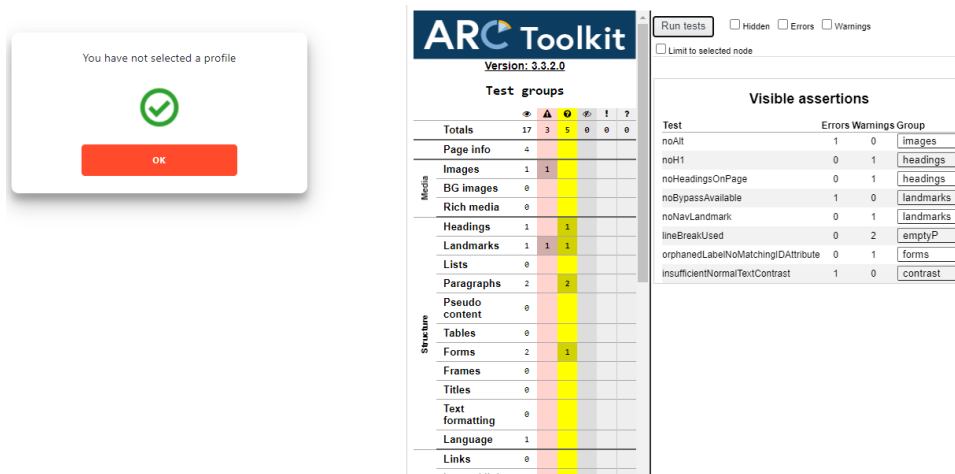


Figura 59: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de perfil guardado

| No preferencias Screen |                |          |          |
|------------------------|----------------|----------|----------|
| Category               | Subcategory    | Errors   | Warnings |
| Media                  | Images         | 1        | 0        |
| Structure              | Headings       | 0        | 1        |
|                        | Landmarks      | 1        | 1        |
|                        | Paragraphs     | 0        | 2        |
|                        | Forms          | 0        | 1        |
| Color                  | Color Contrast | 1        | 0        |
| <b>Total</b>           |                | <b>3</b> | <b>5</b> |

Tabla 34: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de registro sin selección de preferencias sin modificaciones.

Una vez detectados los problemas de accesibilidad, se procedió a corregirlos y a ejecutar nuevamente las pruebas con la herramienta ARC Toolkit.

## Pantalla de registro

El resultado para la pantalla de registro se detalla en la Figura 60 y Tabla 35.

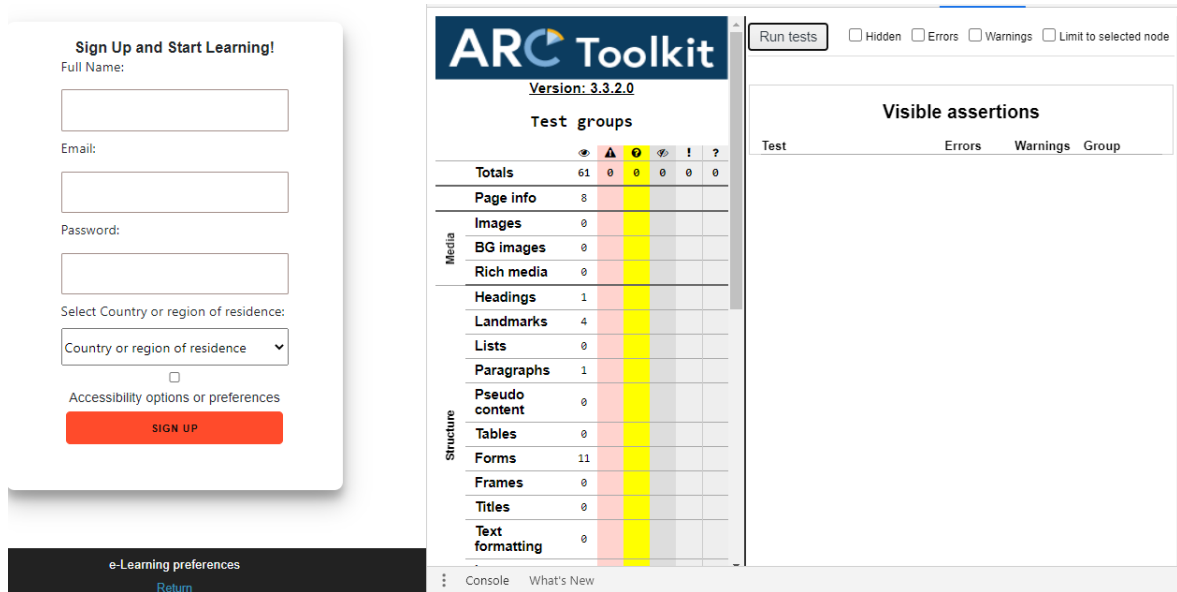


Figura 60: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Registro con modificaciones

| Sign Up Screen |                |        |          |
|----------------|----------------|--------|----------|
| Category       | Subcategory    | Errors | Warnings |
| Structure      | Headings       | 0      | 0        |
|                | Landmarks      | 0      | 0        |
|                | Paragraphs     | 0      | 0        |
|                | Forms          | 0      | 0        |
| Color          | Color Contrast | 0      | 0        |

Tabla 35: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de registro sin modificaciones

## Pantalla de Categorías de Accesibilidad

El resultado para la pantalla de categoría se detalla en la Figura 61 y Tabla 36.

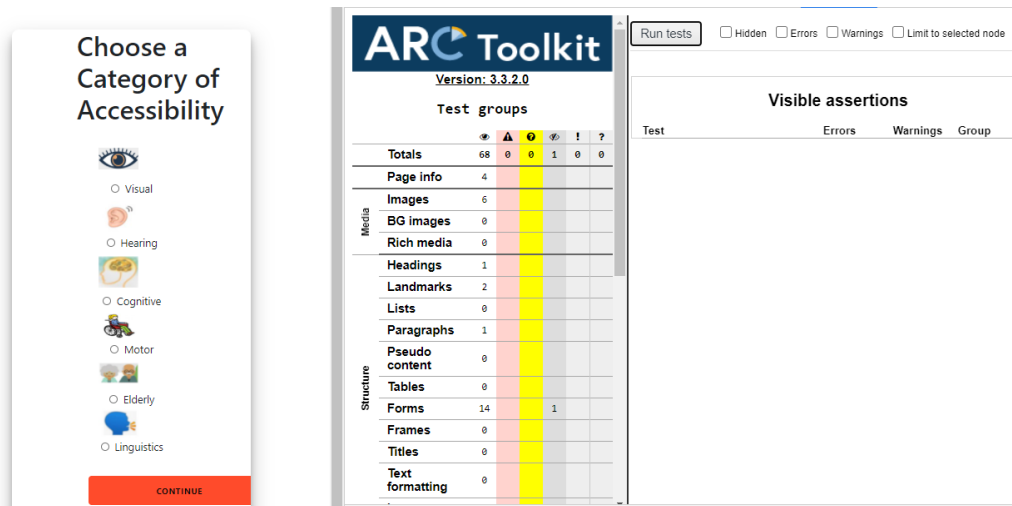


Figura 61: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad con modificaciones

| Category of Accessibility Screen |                |        |          |
|----------------------------------|----------------|--------|----------|
| Category                         | Subcategory    | Errors | Warnings |
| Media                            | Images         | 0      | 0        |
| Structure                        | Headings       | 0      | 0        |
|                                  | Landmarks      | 0      | 0        |
|                                  | Paragraphs     | 0      | 0        |
|                                  | Forms          | 0      | 0        |
| Color                            | Color Contrast | 0      | 0        |

Tabla 36: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de categoría sin modificaciones

### Pantalla de la categoría Visual

El resultado para la pantalla de la categoría Visual se detalla en la Figura 62 y Tabla 37.

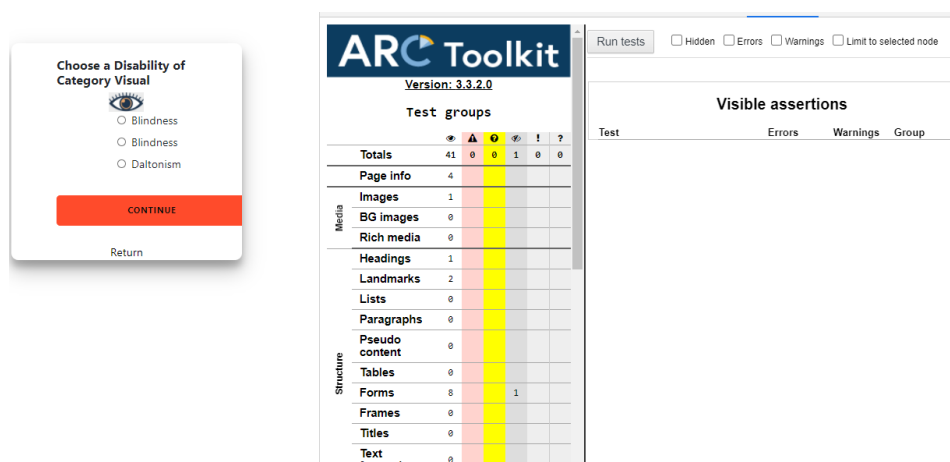


Figura 62: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad con modificaciones



| Disability of Category Visual Screen |                |        |          |
|--------------------------------------|----------------|--------|----------|
| Category                             | Subcategory    | Errors | Warnings |
| Media                                | Images         | 0      | 0        |
| Structure                            | Headings       | 0      | 0        |
|                                      | Landmarks      | 0      | 0        |
|                                      | Paragraphs     | 0      | 0        |
|                                      | Forms          | 0      | 0        |
| Color                                | Color Contrast | 0      | 0        |

Tabla 37: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Visual con modificaciones

### Pantalla de la categoría Auditiva

El resultado para la pantalla de la categoría Auditiva se detalla en la Figura 63 y Tabla 38.

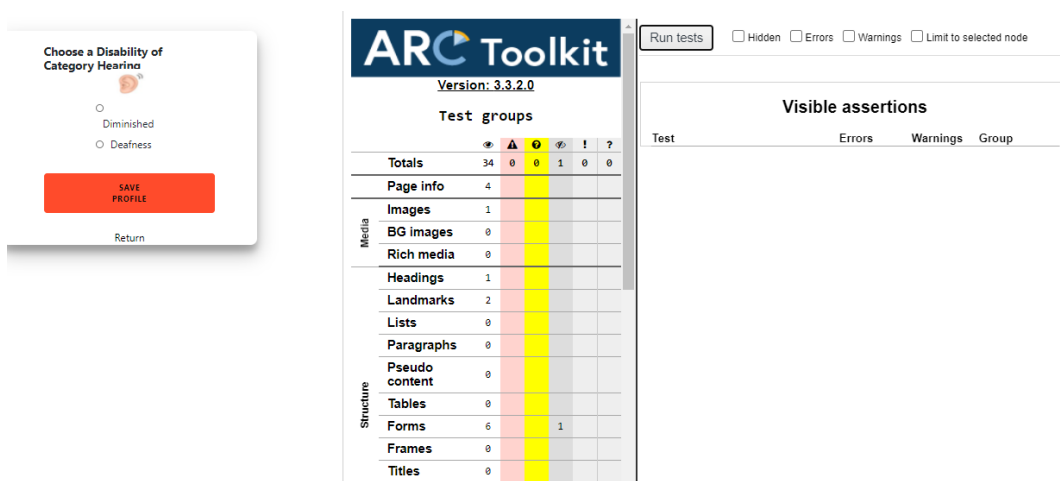


Figura 63: Resultado en navegador de ARC Toolkit en la pantalla de Categorías de Accesibilidad

| Disability of Category Hearing Screen |                |        |          |
|---------------------------------------|----------------|--------|----------|
| Category                              | Subcategory    | Errors | Warnings |
| Media                                 | Images         | 0      | 0        |
| Structure                             | Headings       | 0      | 0        |
|                                       | Landmarks      | 0      | 0        |
|                                       | Paragraphs     | 0      | 0        |
|                                       | Forms          | 0      | 0        |
| Color                                 | Color Contrast | 0      | 0        |

Tabla 38: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Auditiva con modificaciones

### Pantalla de la categoría Cognitiva

El resultado para la pantalla de la categoría Cognitiva se detalla en la Figura 64 y Tabla 39.

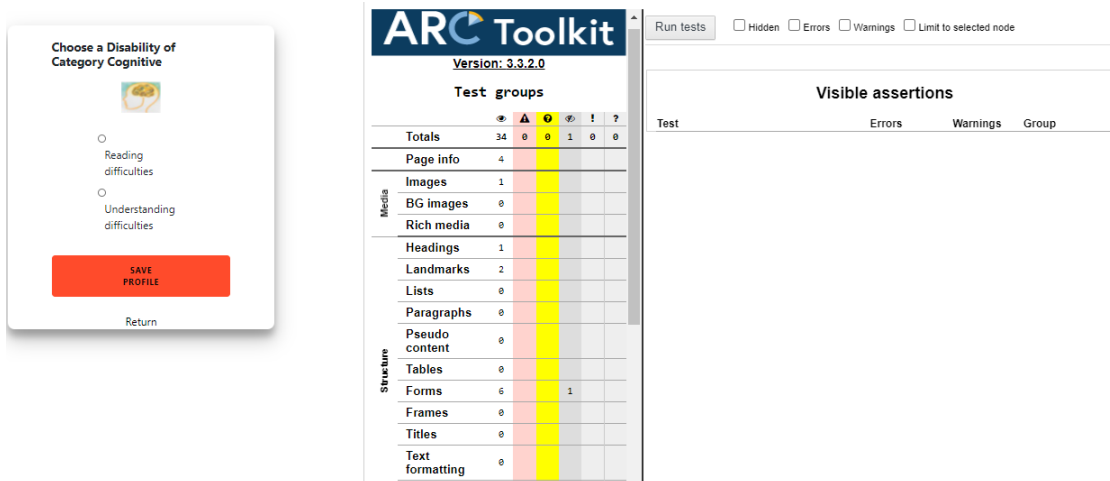


Figura 64: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de categoría Cognitiva con modificaciones

| Disability of Category Cognitive Screen |                |        |          |
|---|----------------|--------|----------|
| Category                                | Subcategory    | Errors | Warnings |
| Media                                   | Images         | 0      | 0        |
|   | Headings       | 0      | 0        |
|   | Landmarks      | 0      | 0        |
|   | Paragraphs     | 0      | 0        |
| Structure                               | Forms          | 0      | 0        |
|   | Color Contrast | 0      | 0        |

Tabla 39: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Cognitiva con modificaciones

### Pantalla de la categoría Motor

El resultado para la pantalla de la categoría Motora se detalla en la Figura 65 y Tabla 40.

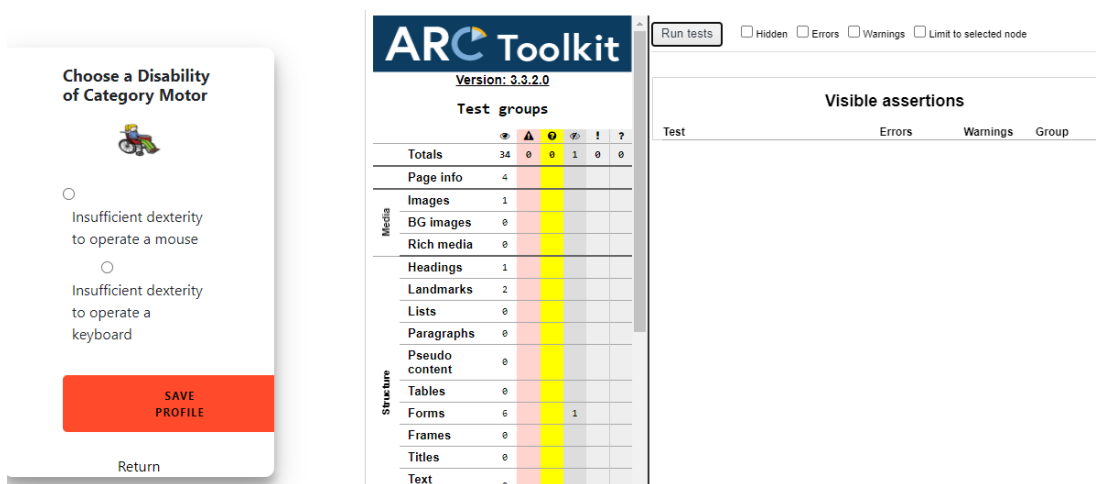


Figura 65: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de categoría Motriz con modificaciones

| Disability of Category Motor Screen |                |        |          |
|-------------------------------------|----------------|--------|----------|
| Category                            | Subcategory    | Errors | Warnings |
| Media                               | Images         | 0      | 0        |
| Structure                           | Headings       | 0      | 0        |
|                                     | Landmarks      | 0      | 0        |
|                                     | Paragraphs     | 0      | 0        |
|                                     | Forms          | 0      | 0        |
| Color                               | Color Contrast | 0      | 0        |

Tabla 40: Resultado de ARC Toolkit en la pantalla de la categoría Motora con modificaciones

### Pantalla de mensaje Perfil guardado

El resultado para la pantalla de perfil guardado se detalla en la Figura 66 y Tabla 41.

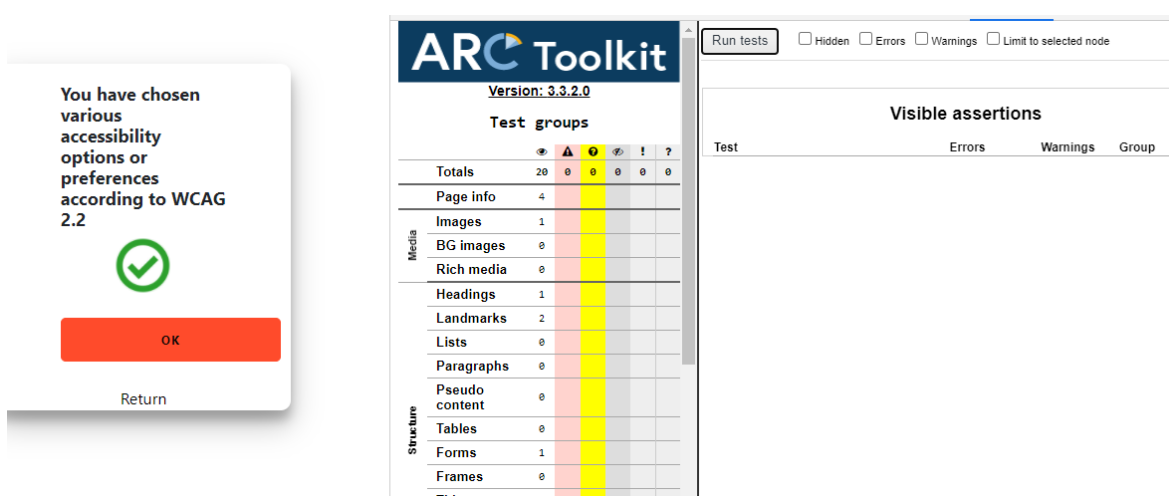


Figura 66: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de preferencias seleccionadas con modificaciones

| Saved Profile Screen |                |        |          |
|----------------------|----------------|--------|----------|
| Category             | Subcategory    | Errors | Warnings |
| Media                | Images         | 0      | 0        |
| Structure            | Headings       | 0      | 0        |
|                      | Landmarks      | 0      | 0        |
|                      | Paragraphs     | 0      | 0        |
|                      | Forms          | 0      | 0        |
| Color                | Color Contrast | 0      | 0        |

Tabla 41: Resultado de WAVE en la pantalla de confirmación de perfil guardado con modificaciones

### Pantalla sin selección de preferencias

El resultado para la pantalla de la categoría Visual se detalla en la Figura 67 y Tabla 42.

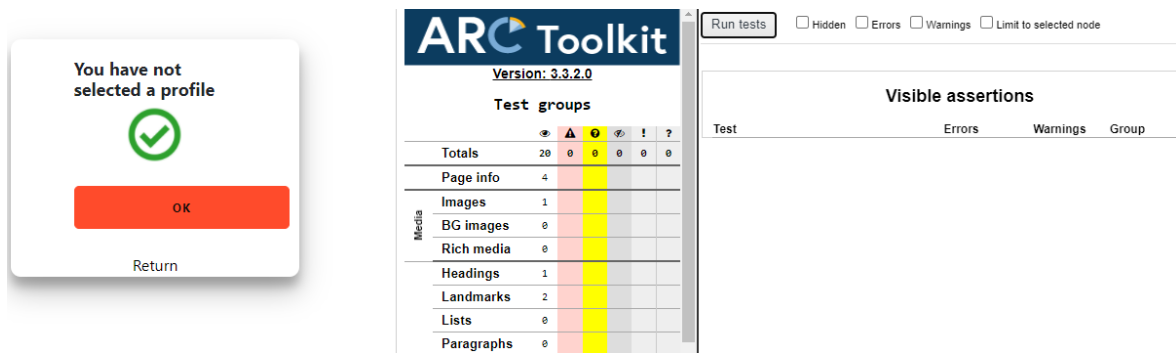


Figura 67: Resultado de ARC Toolkit en navegador pantalla de perfil guardado con modificaciones

| No preferencias Screen |                |        |          |
|------------------------|----------------|--------|----------|
| Category               | Subcategory    | Errors | Warnings |
| Media                  | Images         | 0      | 0        |
| Structure              | Headings       | 0      | 0        |
|                        | Landmarks      | 0      | 0        |
|                        | Paragraphs     | 0      | 0        |
|                        | Forms          | 0      | 0        |
| Color                  | Color Contrast | 0      | 0        |

Tabla 42: Resultado de WAVE en la pantalla de registro sin selección de preferencias sin modificaciones

Una vez realizadas las pruebas de accesibilidad y modificado el prototipo tomando en cuenta los errores detallados en las aplicaciones WAVE y ARC Toolkit, se procedió a realizar las pruebas de usabilidad.

### 5.2.2 Pruebas de usabilidad

Para la elaboración de las pruebas de usabilidad se tomó en cuenta el cuestionario System Usability Scale (SUS), creado por John Brooke en el año de 1986, el cual consiste en 10 ítems que son evaluados mediante escala de Likert de cinco puntos [56].

A continuación, en la Tabla 43 se encuentra el cuestionario elaborado. Las opciones son: Totalmente en desacuerdo, En desacuerdo, Neutral, De acuerdo, Totalmente de acuerdo. Ver encuesta completa en Anexo 2.

| <b>Code</b> | <b>Questions</b>   |
|-------------|--|
| Q01         | I would like to use this prototype frequently.                             |
| Q02         | The prototype is not complex.  |
| Q03         | I think the prototype is quite easy to use.                                |
| Q04         | I could use this prototype alone.  |
| Q05         | The functions of the prototype are well integrated.                        |
| Q06         | The prototype works as expected.   |
| Q07         | I think most people would learn to use this prototype very quickly.        |
| Q08         | I found the prototype lacking in difficulty when using it                  |
| Q09         | I felt very confident using the prototype.                                 |
| Q10         | The prototype can be used with very little knowledge of its functionality. |

Tabla 43: Cuestionario basado en SUS

Las primeras pruebas de usabilidad y validación de accesibilidad del prototipo se realizaron con un usuario con ceguera, de género masculino con 52 años.

### **Resultado de pruebas de usuario con ceguera**

La primera prueba se llevó a cabo con el usuario con discapacidad visual quien validó la accesibilidad del prototipo haciendo uso de las herramientas instaladas en su computador. Las herramientas utilizadas fueron: JAWS, NVDA, Narrador de Windows 10.

Para dicha prueba se realizó el método Think Aloud (TA), el cual permite la observación directa de los usuarios mientras van describiendo lo piensan y sienten en cada momento. Este método permite identificar los aspectos confusos de un sistema y las expectativas que tienen los usuarios [57]. Se trata de una técnica utilizada para comprender los procesos cognitivos a partir de tareas solicitadas a los usuarios, tanto dentro de las pruebas de usabilidad como en el estudio más amplio de la interacción humano-computadora [58].

El TA duró 50 minutos, en donde el facilitador solicitó al usuario compartir su pantalla y utilizar el prototipo de acuerdo con la navegabilidad que le permitían las herramientas. Se

realizó la grabación tanto en video como en audio. En la Figura 68, se puede observar el usuario compartiendo la pantalla, mientras interactúa con el prototipo.

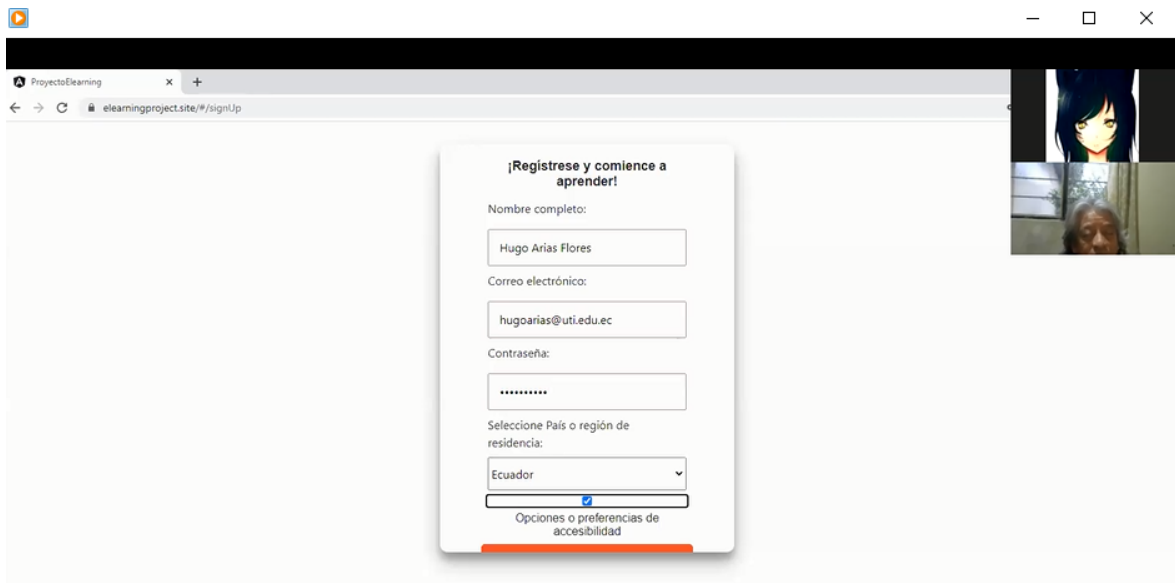


Figura 68: Ingreso a prototipo por parte de usuario con ceguera

#### **Retroalimentación de pruebas de usuario con ceguera:**

- A momento de pasar a la siguiente interfaz de Categorías de Accesibilidad se encuentra un problema en los raddio buttons ya que están con los labels repetidos y el lector de pantalla repite los nombres de la discapacidad que el usuario desea seleccionar.
- Cuando el usuario intenta marcar o seleccionar el radio button con las teclas enter o barra espaciadora, eso no es posible.
- El nombre de la categoría Hearing debe cambiarse por Auditive ya que da lugar a confusión a momento de traducir la página.
- La categoría "Motor" no cuenta con un nombre claro, usuarios solicita sea cambiado por un nombre más representativo.
- No existe un botón o una opción para regresar a la pantalla anterior en caso de equivocación.
- Al utilizar el narrador de Windows 10 el usuario no pudo seleccionar el país de residencia. Únicamente le permitió selecciona la opción al desplegar la lista.

Luego de la retroalimentación del usuario con ceguera, se procedió a corregir el prototipo. Una vez corregido, el usuario logró generar el archivo .xml sin problemas. La Figura 69 muestra el documento .xml generado.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <urlset xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"/>
3 <!--Category: Visual; Disability: Blindness-->
4 <!--Hugo Arias 2020/11/13 - 15h57m53s-->
5 <AccessibilityPreferences>
6 <alternativeText>on</alternativeText>
7 <annotations>on</annotations>
8 <audioDescription>on</audioDescription>
9 <auditory>on</auditory>
10 <captions>on</captions>
11 <displayTransformability>on</displayTransformability>
12 <highContrastAudio>on</highContrastAudio>
13 <longDescription>on</longDescription>
14 <readingOrder>on</readingOrder>
15 <sound>on</sound>
16 <synchronizedAudioText>on</synchronizedAudioText>
17 <timingControl>on</timingControl>
18 </AccessibilityPreferences>

```

Figura 69: Documento .xml generado por usuario con discapacidad visual

Según Nielsen [59], el número óptimo de usuarios a considerar para las pruebas es cinco. Un número comparativamente pequeño de cinco probadores puede encontrar alrededor del 75,0% de los problemas de usabilidad de un producto [60].

En el presente estudio, luego de realizadas todas las correcciones y la retroalimentación del usuario con ceguera, se procedió con las pruebas a los demás usuarios sin discapacidades y usuarios de la tercera edad siendo un total de 43 usuarios. Tomando en cuenta el usuario con ceguera, se tiene un total de 44 usuarios los cuales están en diferentes rangos de edades. La Tabla 44 muestra el total de usuarios por rango de edad.

| Age range | Total users |
|-----------|-------------|
| 12-19     | 4 (9,1%)    |
| 20-27     | 5 (11,4%)   |
| 28-35     | 11 (25,0%)  |
| 36-43     | 3 (6,8%)    |
| 52-59     | 6 (13,6%)   |
| 60-67     | 6 (13,6%)   |
| 68-75     | 6 (13,6%)   |
| 76-83     | 3 (6,8%)    |

Tabla 44: Total usuarios por rango de edad

Una vez finalizado el ejercicio con el prototipo cada usuario respondió el cuestionario SUS y se obtuvieron los porcentajes de satisfacción de cada pregunta que se muestran en la Figura 70.

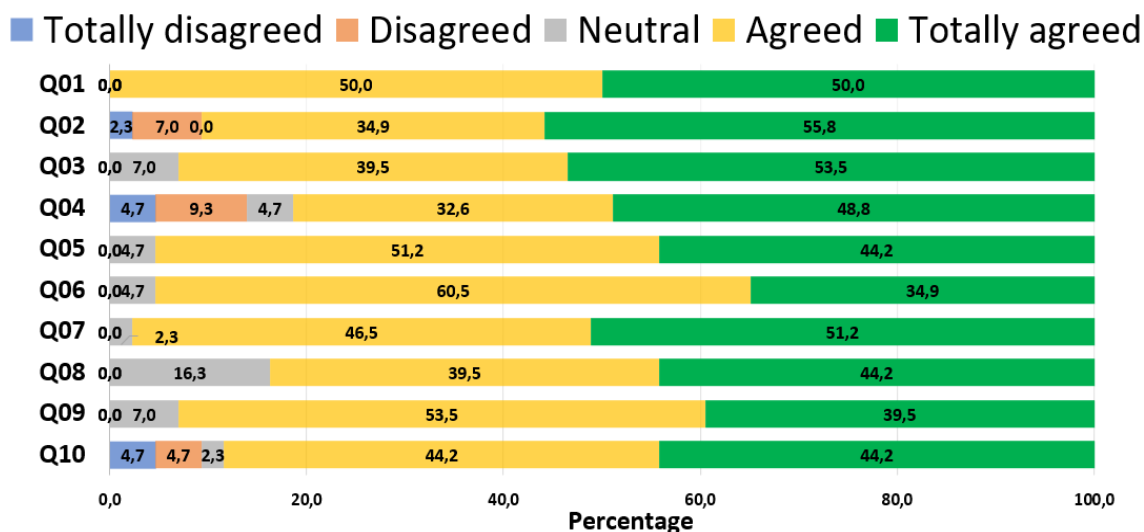


Figura 70: Resultado SUS

Como se puede observar, en general respuestas positivas, pues la mayoría de los usuarios estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo con las diferentes preguntas:

- **Q01:** El 50.0% de los usuarios estuvo totalmente de acuerdo y el 50.0% de los usuarios estuvo de acuerdo en su respuesta para utilizar el prototipo con frecuencia.
- **Q02:** El 55.8% de los usuarios totalmente de acuerdo, 34.9% de los usuarios totalmente de acuerdo. Sin embargo, en esta pregunta, el 7.0% no estuvo de acuerdo y el 2.3% estuvo totalmente en desacuerdo sobre la complejidad del prototipo, esto debido a las opciones de descarga implementadas para ver el resultado del perfil.
- **Q03:** El 53.5% de los usuarios estuvieron totalmente de acuerdo, 39.5% de los usuarios estuvieron totalmente de acuerdo en que el prototipo era fácil de usar. Sin embargo, sobre este tema, el 7.0% de los usuarios se mantuvo neutral.
- **Q04:** El 48.8% de los usuarios estuvo totalmente de acuerdo, el 32.6% de los usuarios estuvo de acuerdo en utilizar el prototipo solo. Sin embargo, el 4.7% se mantuvo neutral y el 9.3% estuvo en desacuerdo y el 4.7% en total desacuerdo, debido a la falta de conocimiento sobre el uso de una computadora o internet.
- **Q05:** El 44.2% de los usuarios están totalmente de acuerdo, 52.2% de los usuarios están de acuerdo en utilizar el prototipo solo. Sin embargo, el 4.7% se mantuvo neutral.



- **Q06:** El 34.9% de los usuarios estuvo totalmente de acuerdo, el 60.5% de los usuarios estuvo de acuerdo en utilizar el prototipo solo. Sin embargo, el 4.7% se mantuvo neutral.
- **Q07:** El 51.7% de los usuarios están totalmente de acuerdo, 46.5% de los usuarios están de acuerdo en utilizar el prototipo solo. Sin embargo, el 2.3% se mantuvo neutral.
- **Q08:** 44.2% de los usuarios están totalmente de acuerdo, 39,5% de los usuarios están de acuerdo en utilizar el prototipo solo. Sin embargo, el 16,3% se mantuvo neutral.
- **Q09:** El 39.5% de los usuarios estuvo totalmente de acuerdo, el 53.5% de los usuarios estuvo de acuerdo en utilizar el prototipo solo. Sin embargo, el 7.0% se mantuvo neutral.
- **Q10:** El 44.2% de los usuarios estuvo totalmente de acuerdo, el 44.2% de los usuarios estuvo de acuerdo en utilizar el prototipo solo. Sin embargo, el 2.3% permaneció neutral y el 4.7% estaba en desacuerdo y el 4.7% estaba totalmente en desacuerdo. Los usuarios confirmaron la necesidad de conocer algunos aspectos como la navegabilidad y la finalidad del prototipo antes de utilizarlo.

Por tanto, tras las mejoras de accesibilidad, el prototipo no presenta mayores inconsistencias. Por lo tanto, el prototipo implementado demostró ser fácil de usar. Los nuevos usuarios pueden aprender fácilmente el prototipo y, al usarlo, los usuarios se sienten muy seguros.

Finalmente, en la Figura 71 se muestra la tendencia de selección de las categorías definidas en el prototipo, siendo las categorías Lingüística, Visual y Anciano las de mayor resultado.

Selection trend by accessibility category

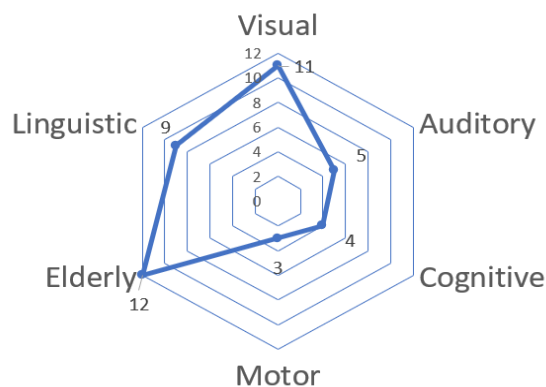


Figura 71: Tendencia por categoría de accesibilidad

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

Es importante considerar que más de mil millones de personas viven con algún tipo de discapacidad, aproximadamente el 15.0% de la población mundial [8]. Por esta razón, todo sistema debe ser accesible, considerando la accesibilidad como una característica de calidad. Por lo tanto, debe ser considerado en las etapas iniciales del ciclo de vida del desarrollo de software.

A pesar de existir trabajos orientados a identificar la problemática que tienen los estudiantes con discapacidades a momento de estar en una plataforma e-Learning, dichos trabajos se orientan a mejorar la accesibilidad de los recursos o a entrevistar a los estudiantes para encontrar cuales son las barreras que encuentran al estudiar a través de plataformas e-Learning. Existen estudios orientados al perfilamiento de estudiantes, encontrando como principal problema que no se consideran aspectos como la actualización de los perfiles una vez creados o no se consideran las pautas de accesibilidad aprobadas por la W3C.

El uso de metadatos permite gestionar de forma eficaz los recursos educativos en términos de búsqueda, reutilización, interoperabilidad y accesibilidad. Este último punto, es una característica clave para promover la educación y la formación inclusivas en entornos de aprendizaje virtuales y distribuidos donde existe una gran diversidad en las necesidades y preferencias de accesibilidad de los estudiantes [44].

Gracias al Lenguaje de Modelado Unificado, fue posible establecer de forma clara y sencilla la interacción de los diferentes objetos dentro de los diagramas de secuencia tanto en el modelo general propuesto como en los diagramas específicos de cada una de las discapacidades consideradas en este estudio.

Una de las principales ventajas del modelo propuesto es que este modelo puede ser utilizado y adaptado a las nuevas versiones de las directrices del WCAG. Además, el resultado es un archivo .xml que puede ser optimizado a otros formatos dependiendo de las necesidades de las plataformas.

Gracias a las pruebas de accesibilidad realizadas con las herramientas WAVE y ARC Toolkit y a las modificaciones realizadas según los resultados de estas pruebas, el prototipo desarrollado fue fácilmente accesible para el usuario con discapacidad visual.

En este estudio la elaboración de los perfiles de los alumnos con discapacidad se resuelve con un modelo que genera el perfil basado en WCAG y de acuerdo con las necesidades planteadas por el usuario.

Dentro de la modalidad de implementación en el presente trabajo se toma en cuenta los archivos con extensión .xml que permite el manejo de la información mediante el intercambio de documentos haciendo el intercambio más sencillo con distintas plataformas. A futuro se pueda optimizar la solución en otros formatos dependiendo de las plataformas y de lo que estas soporten.

## **6.2. Recomendaciones**

Se recomienda ampliar el estudio al modelado de perfiles para los profesores de las plataformas e-Learning ya que igualmente son usuarios registrados, Los perfiles de los profesores no solo de los estudiantes, trabajo futuro, ya que se encuentra resuelto el tema de los perfiles para los estudiantes con discapacidades se deberá tomar para los autores de los cursos, tomando en cuenta los roles

La propuesta de modelo del presente trabajo se encuentra enfocado hacia los ambientes e-learning. Sin embargo, puede ser aplicado o generalizado a otro tipo de aplicaciones web o soluciones informáticas en general.

Todos los criterios de éxitos marcados con equiz (x) de cada principio de la WCAG 2.2 deberían estar configurados por defecto en las plataformas e-Learning, es decir, deberían ser permanente en toda la plataforma y no configurable por usuario.

El caso de discapacidades combinadas se tratará como trabajo futuro, en el presente trabajo se tomó en cuenta a personas de la tercera edad quienes sufren la disminución natural de sus sentidos.

Las herramientas automáticas no detectan todas las limitaciones de accesibilidad, por lo que no es recomendable concluir que la página es o no accesible una vez realizadas las pruebas por dichas herramientas. Es importante tomar en cuenta la experiencia del usuario quien utilizará, en este caso las plataformas e-Learning y encontrará limitaciones no detectadas en las pruebas automáticas.

Se recomienda revisar la nueva versión WCAG 3.0 en donde se toman en cuenta niveles de conformidad para determinar si un sitio Web cumple o no con los lineamientos de accesibilidad. Se puede tener un mejor detalle de esta nueva versión en el Anexo 1 del presente trabajo.

Se recomienda que además de las pruebas realizadas se añadan pruebas de usabilidad con heurísticas en donde los especialistas juzgarán si cada elemento de una interfaz está alineada a los principios de usabilidad establecidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] «La educación transforma vidas, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura,» París, 2017.
- [2] «U.S. Department of Education Office of Civil Rights: “Resolution agreement South Carolina Technical College System”,» 28 Febrero 2013. [En línea]. Available: <https://www2.ed.gov/about/offices/list/ocr/index.html>. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [3] J. Á. Martínez Usero y P. Lara Navarra, *La accesibilidad de los contenidos web*, Barcelona: UOC, 2006.
- [4] M. Elias, S. Lohmann y S. Auer, «Towards an Ontology-based Representation of Accessibility Profiles for Learners,» Bonn, 2017.
- [5] «Online Browsing Platform (OBP),» ISO , 2018. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>. [Último acceso: 03 Junio 2020].
- [6] R. Durán, *La Educación Virtual Universitaria como medio para mejorar las competencias genéricas y los aprendizajes a través de buenas prácticas docentes*, Barcelona: UPC, 2016.
- [7] «ICEF Monitor,» 14 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://monitor.icef.com/2020/01/slower-growth-in-new-mooc-degrees-but-online-learning-is-alive-and-well/>. [Último acceso: 27 Mayo 2020].
- [8] «World Health Organization - Disability and health,» 16 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>. [Último acceso: 27 Mayo 2020].
- [9] S. Sanchez-Gordon y S. Luján-Mora, «Technological Innovations in Large-Scale Teaching: Five Roots of MOOCs.,» *Journal of Educational Computing Research (J Educ Comput Res)*, vol. 56, nº 5, pp. 623-644, 2017.
- [10] C. Rodrigo, Iniesto y fabricio, «Holistic vision for creating accessible services based on MOOCs,» de *Open Education Global Conference 2015 5. Innovation and Entrepreneurship*, Banff, 2015.

- [11] D. Lancheros-Cuesta y A. Carrillo-Ramos, «Modelo de adaptación basado en preferencias en ambientes virtuales de aprendizaje para personas con necesidades especiales,» *Avances Investigación en Ingeniería*, vol. 9, n° 1, pp. 111-119, 2012.
- [12] D. Lancheros-Cuesta y A. Carrillo-Ramos, «MODELO ADAPTATIVO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE DIFICULTADES/DISCAPACIDADES EN UN AMBIENTE VIRTUAL EDUCATIVO,» *Dyna*, vol. 79, n° 175, pp. 52-61, 2012.
- [13] D. Lancheros-Cuesta, A. Carrillo-Ramos y J. Pavlich-Mariscal, «Kamachiy-Idukay: plataforma de servicios educativos adaptativos para personas con discapacidad/dificultad,» de *Octavo Congreso Colombiano de Computación*, Bogotá, 2013.
- [14] J. Klemes, A. Epstein, M. Zuker, N. Grinberg y T. Ilovitch, «An assistive computerized learning environment for distance learning students with learning disabilities,» *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, vol. 21, n° 1, pp. 19-32, 2006.
- [15] S. B. Dias y J. A. Diniz, «From Blended to Inclusive Learning: Accessibility,» *Journal of Universal Computer Science*, vol. 19, n° 18, pp. 2722-2742, 2013.
- [16] S. Sanchez-Gordon y S. Luján-Mora, «Adaptive Content Presentation Extension for Open edX Enhancing MOOCs Accessibility for Users with Disabilities,» de *International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2015)*, 2015.
- [17] F. Iniesto y C. Rodrigo, «Accessible user profile modeling for academic services based on MOOCs,» de *International Conference Proceeding Series (ICPS)*, 2015.
- [18] S. Sanchez-Gordon y S. Luján-Mora, «Accessible Blended Learning for Non-Native Speakers using MOOCs,» de *Proceedings of IEEE International Conference on Interactive Collaborative and Blended Learning (ICBL)*, 2015.
- [19] S. Sanchez-Gordon y S. Luján-Mora, «How Could MOOCs Become Accessible? The Case of edX and the Future of Inclusive Online Learning,» *Journal of Universal Computer Science*, vol. 22, n° 1, pp. 55-81, 2016.

- [20] G. E. Camino Fernández, M. Á. Conde y F. Rodríguez-Lera, «ICT for Older People to Learn about ICT: Application and Evaluation,» de *International Conference on Learning and Collaboration Technologies (LCT 2016)*, 2016.
- [21] F. Iniesto y C. Rodrigo, «Strategies for improving the level of accessibility in the design of MOOC-based learning services,» de *IEEE International Symposium on Computers in Education (SIE 2016)*, 2016.
- [22] F. Iniesto, P. McAndrew, S. Minocha y T. Coughlan, «Accessibility of MOOCs: Understanding the Provider Perspective,» *JOURNAL OF INTERACTIVE MEDIA EDUCATION*, vol. 1, n° 20, pp. 1-10, 2016.
- [23] M. P. Malcolm y M. C. Roll, «The impact of assistive technology services in post-secondary education for students with disabilities: Intervention outcomes, use-profiles, and user-experiences.,» *The Official Journal of RESNA*, vol. 29, n° 2, pp. 91-98, 2016.
- [24] F. Iniesto, *An Investigation Into The Accessibility Of Massive Open Online Courses (MOOCs)*, Open Research Online, 2020.
- [25] S. Sanchez-Gordon y S. Luján-Mora, «Implementing Accessibility in Massive Open Online Courses' Platforms for Teaching, Learning and Collaborating at Large Scale,» de *eDemocracy & eGovernment Stages of a Democratic Knowledge Society*, Springer International Publishing, 2019, pp. 151-160.
- [26] A. Rodríguez-Ascaso, J. G. Boticario, C. Finat y H. Petrie, «Setting accessibility preferences about learning objects within adaptive elearning systems: User experience and organizational aspects,» Wiley Publishing Ltd, Madrid, 2016.
- [27] A. Urueña, J. d. A. Carabias-Méndez, J. M. San Segundo, O. Fernández, A. Montero, J. Nájera, F. Forcadell, E. Mora y J. Zúñiga, *Tecnologías orientadas a la movilidad: valoración y tendencias*, Madrid, 2014.
- [28] «Organización Mundial de la Salud,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.who.int/ageing/about/facts/es/>. [Último acceso: 16 Junio 2020].
- [29] A. Regalado, «MIT Technology Review,» 2 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.technologyreview.com/2012/11/02/181925/the-most-important-education-technology-in-200-years/>. [Último acceso: 19 Octubre 2020].

- [30] W3C, «Web Accessibility Initiative,» 11 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>. [Último acceso: 19 Octubre 2020].
- [31] M. Area Moreira y J. Adell Segura, «eLearning: Enseñar y aprender en espacios virtuales,» de *Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet*, 2009, pp. 391-424.
- [32] M. Area y J. Adell, «E-Learning: enseñar y aprender en espacios virtuales,» *Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet*, pp. 391-424, 2009.
- [33] C. López Zamorano, «Los MOOC como una alternativa para la enseñanza y la investigación,» de *3er Coloquio Internacional TIC, Sociedad y Educación: Relato de experiencias*, México, 2013.
- [34] A. McAuley, B. Stewart, G. Siemens y D. Cormier, *The MOOC Model for Digital Practice*, 2010.
- [35] J. Cerón y J. Quintero, «Time Line of MOOC Evolution,» *Ingeniería e Innovación*, vol. 6, n° 1, pp. 40-46, 2018.
- [36] C. Rodrigo y F. Iniesto, «Holistic vision for creating accessible services based on MOOCs,» de *Open Education Global Conference 2015. Innovation and Entrepreneurship*, Banff, 2015.
- [37] D. Shah, «The Report,» Class central, 30 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2020>. [Último acceso: 17 Diciembre 2020].
- [38] W3C, «Web Accessibility initiative,» 05 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/es>. [Último acceso: 14 Julio 2020].
- [39] W3C, «Web Accessibility Initiative,» 5 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/es>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [40] W3C, «Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0,» 11 Diciembre 2008. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>. [Último acceso: 16 Julio 2020].



- [41] W3C, «World Wide Web Consortium,» 18 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://w3c.github.io/silver/guidelines/#change-log>. [Último acceso: 03 Diciembre 2020].
- [42] A. Luis E., F. Manuel J., M. Caeiro, S. Juan M., R. Judith S. y M. Llamas, «Educational metadata and brokerage for learning resources,» *Computers & Education*, vol. 38, n° 4, pp. 351-374, 2002.
- [43] D. Michael, «Metadata in a nutshell,» *Information Europe*, vol. 6, n° 11, p. 11, 2001.
- [44] S.-G. Sandra y L.-M. Sergio, «Research challenges in accessible MOOCs: a systematic literature review 2008–2016,» *Universal Access in the Information Society*, vol. 17, n° 4, pp. 775-789, 2017.
- [45] C. Batanero, L. Fernández-Sanz, A. K. Piironen, J. Holvikivi, J. R. Hilera, S. Otón y J. Alonso, «Accessible platforms for e-learning: A case study,» *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 25, n° 6, pp. 1018-1037, 2017.
- [46] S. Otón Tortosa, P. C. Ingavélez-Guerra, S. Sánchez-Gordón y M. Sánchez-Gordón, «Evolution of Accessibility Metadata in Educational Resources,» de *UXD and UCD Approaches for Accessible Education*, 2020, pp. 1-20.
- [47] C. Batanero, E. García, A. García y N. O. Piedra, «NORMA ISO/IEC 24751: Acceso para Todos,» de *III Congreso Iberoamericano sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual*, 2010.
- [48] L. Bengochea Martínez, N. J. Mosquera Perea, E. Campo Montalvo y J. R. Hilera González, *ATICA2017 Tecnología. Accesibilidad. Educar en la sociedad red*, Colombia: Universidad de Alcalá, 2017.
- [49] Schema.org, «Schema.org,» [En línea]. Available: <https://schema.org/Property>. [Último acceso: 09 Noviembre 2020].
- [50] J. López Moratalla, I. Martínez Ortiz y P. Moreno Ger, «Desarrollo de un sistema e-learning basado en estándares IMS,» 2004.
- [51] S. Abou-Zahra y J. Brewer, «W3C Web Accessibility Initiative (WAI),» 15 May 2017. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/WAI/people-use-web/abilities-barriers/>. [Último acceso: 8 August 2020].

- [52] I. Guevara Vega, «Guía de Discapacidad Múltiple y Sordoceguera para Personal de Educación Especial,» México, D.F., 2017.
- [53] F. Lotito y H. Sanhueza, «Discapacidad y Barreras Arquitectónicas: un Desafío para la Inclusión,» *AUS*, n° 9, pp. 10-13, 2011.
- [54] Guenaga, B. A. Ma. Luz y A. Eguíluz, «La accesibilidad y las tecnologías en la información y la comunicación,» *DOSSIER*, n° 11, pp. 155-169, 2007.
- [55] « The Paciello Group,» Vispero <sup>TM</sup>, 09 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.paciello.com/toolkit/>. [Último acceso: 13 Diciembre 2020].
- [56] K. Finstad, «The System Usability Scale and Non-Native English Speakers,» *JOURNAL OF USABILITY STUDIES*, vol. 1, n° 4, pp. 185-188, 2006.
- [57] T. Calle-Jimenez, D. Tutillo-Sanchez, S. Sanchez-Gordon, J. Jadán-Guerrero, C. Guevara, P. Lara-Alvarez, P. Acosta-Vargas, L. Salvador-Ullauri y I. L. Nunes, «Improving Usability with Think Aloud and Focus Group Methods. A Case Study: An Intelligent Police Patrolling System (I-Pat),» de *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, 2019.
- [58] S. Sanchez-Gordon y S. Luján-Mora, «e-Education in countries with low and medium human development levels using MOOCs,» Third International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), 2016.
- [59] J. Nielsen y T. K. Landauer, «A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems,» de *Conference on Human Factors Computing Systems*, Morristown, 1993.
- [60] I. Harms y W. Schweibenz, «Usability Engineering Methods for the Web Results From a Usability Study,» de *Informationskompetenz - Basiskompetenz in der Informationsgesellschaft, Proceedings des 7. Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 2000), Darmstadt, 8.-10., Dieburg*, 2000.

## ANEXOS

Anexo 1: [Estructura WCAG 3.0](#)

Anexo 2: [Base de datos](#)

Anexo 3: [Diagramas UML](#)

Anexo 4: [Mapeo de estudios y recopilación de datos usuarios de prueba](#)

Anexo 5: [Resultados de pruebas de usabilidad](#)

Anexo 6: [Versiones paper](#)

Anexo 7: [Código Prototipo](#)