

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

PROYECTO TÉCNICO:

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA RECOMENDADOR DE
CONTENIDOS ACCESIBLES BASADOS EN PERFILES DE USUARIOS
PARA AMBIENTES VIRTUALES Y OBJETOS DE APRENDIZAJE A
PARTIR DE METADATOS DE ACCESIBILIDAD HACIENDO USO DE
ONTOLOGÍAS**

Autores:

Pablo Alejandro Vera Rea

Marlon Enrique Ulloa Amaya

Tutora:

Ing. Paola Cristina Ingavélez Guerra

Cuenca – Ecuador

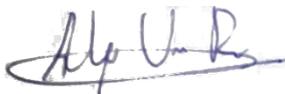
2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.

Nosotros Pablo Alejandro Vera Rea con C.I.: 010584964-0 y Marlon Enrique Ulloa Amaya con C.I.:0105131221, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana, la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA RECOMENDADOR DE CONTENIDOS ACCESIBLES BASADOS EN PERFILES DE USUARIOS PARA AMBIENTES VIRTUALES Y OBJETOS DE APRENDIZAJE A PARTIR DE METADATOS DE ACCESIBILIDAD HACIENDO USO DE ONTOLOGÍAS**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores, nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2018



Pablo Alejandro Vera Rea

C.I.: 010584964-0



Marlon Enrique Ulloa Amaya

C.I.: 0105131221

CERTIFICACIÓN.

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:
**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA RECOMENDADOR DE
CONTENIDOS ACCESIBLES BASADOS EN PERFILES DE
USUARIOS PARA AMBIENTES VIRTUALES Y OBJETOS DE
APRENDIZAJE A PARTIR DE METADATOS DE ACCESIBILIDAD
HACIENDO USO DE ONTOLOGÍAS**, realizado por **Pablo Alejandro Vera
Rea** y **Marlon Enrique Ulloa Amaya**, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que
cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica
Salesiana.

Cuenca, octubre del 2018.



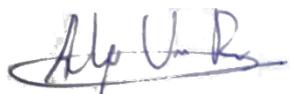
Ing. Paola Cristina Ingavélez Guerra

TUTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.

Nosotros, Pablo Alejandro Vera Rea con número de cédula 0105849640 y Marlon Enrique Ulloa Amaya con número de cédula 0105131221, autores del trabajo de titulación: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA RECOMENDADOR DE CONTENIDOS ACCESIBLES BASADOS EN PERFILES DE USUARIOS PARA AMBIENTES VIRTUALES Y OBJETOS DE APRENDIZAJE A PARTIR DE METADATOS DE ACCESIBILIDAD HACIENDO USO DE ONTOLOGÍAS**; certificamos que el total contenido de este *Proyecto Técnico* son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, octubre del 2018.



Pablo Alejandro Vera Rea
C.I.: 01058494-0



Marlon Enrique Ulloa Amaya
C.I.: 0105131221

AGRADECIMIENTOS.

Queremos agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por permitirnos realizar nuestra formación Superior en sus instalaciones, con excelentes Docentes que supieron transmitirnos los conocimientos de la mejor manera posible, de igual manera nos impartieron valores para ser buenos ciudadanos, siempre queriendo superarnos y aportar con nuestros conocimientos a la sociedad.

Agradecemos de forma especial a nuestra tutora de proyecto técnico de titulación, Ing. Paola Ingavélez, quien nos ha brindado un gran soporte en el transcurso del diseño y desarrollo de este proyecto, transmitiéndonos todos sus conocimientos, su disponibilidad y su ayuda para solucionar los problemas que se presentaron en el proceso.

Un agradecimiento a nuestros compañeros que nos acompañaron en esta etapa de nuestras vidas, en donde además de un compañerismo se forjaron grandes amistades que se vieron reflejadas al momento de brindar una ayuda cuando se la necesitaba.

De la misma forma, queremos agradecer de manera especial a los Ingenieros Vladimir Robles y Jorge Galán, quienes nos aportaron con tutorías en temas claves que resultaban desconocidos para nosotros, como ontologías, y estuvieron atentos que el proyecto fuera desarrollado de la mejor manera.

Así mismo, un agradecimiento al Ingeniero Cristian Timbi, quien aportó con grandes ideas para darle grandes mejoras a nuestro proyecto y por estar dispuesto a ayudarnos sobre accesibilidad web y otros temas que fueron de suma importancia en el proceso de desarrollo.

Queremos agradecer también a las personas externas a la Universidad Politécnica Salesiana que nos supieron brindar un soporte en cuanto a la Accesibilidad Web, ya sea brindándonos un acceso a Objetos de Aprendizaje como fue el caso de la Red Cedia, o también aportando con su conocimiento sobre esta área como fue el caso de los docentes de la Universidad de Alcalá.

Finalmente un agradecimiento a los compañeros y docentes que forman parte del Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia (GIIATA)) de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca y de la Cátedra UNESCO por todo el apoyo que se nos brindó en el proceso de la creación de este proyecto, en donde nos impartieron sus conocimientos que fueron necesarios para el proyecto y de igual manera estuvieron dispuestos a ayudarnos de la forma que sea necesaria para resolver los inconvenientes que se nos presentaron.

Alejandro Vera – Marlon Ulloa.

DEDICATORIA.

Quiero dedicar este proyecto de titulación especialmente a Dios quién sido mi más grande apoyo en cada etapa de mi vida hasta el día de hoy, permitiendo tener salud, humildad y las fuerzas para nunca rendirme a pesar de los obstáculos que se me presentaron.

Un agradecimiento al Instituto de Fomento al Talento Humano por brindarme una ayuda en el proceso de la Educación Universitaria a través de una beca solidaria que permitió cubrir los gastos que se presentaron en el transcurso de dicho proceso.

De igual forma quiero agradecer a mi familia por estar pendiente de mi progreso, aportando con su cariño, paciencia y toda la ayuda que he necesitado para seguir adelante. En especial quiero agradecer y dedicar este proyecto a mis padres y a mi hermana por ser el pilar fundamental en cada paso que doy, por ayudarme a cumplir cada meta y por ayudarme a nunca rendirme por más difícil que sea una situación, sin ellos no podría haber conseguido cumplir con todo lo que me he propuesto, me han brindado su cariño, su sabiduría, sus consejos y todo aquello que estaba en sus manos para que yo pueda mejorar.

Finalmente quiero agradecer y dedicar este proyecto a todos mis amigos que me han apoyado en mi etapa de educación superior, a través de consejos y todo aquello que estaba en su alcance para que yo pueda conseguir concluir esta etapa.

Pablo Alejandro Vera Rea.

Quiero dedicar este proyecto de titulación a Dios, quien ha sido mi fortaleza, mi fuerza y valor para seguir adelante con mis estudios, brindándome salud, humildad y felicidad durante el transcurso de la carrera.

También dedico, y de manera muy especial, este proyecto a mis padres, quienes fueron mis pilares tanto de sustento como de apoyo no solo durante la carrera, sino desde el día en el que llegue al mundo, han sido mi gran fuerza para no rendirme ni bajar las manos cuando he atravesado momentos difíciles y han sabido brindarme siempre su apoyo en cualquier decisión que tome, demostrando que sin importar mis decisiones, siempre estarán conmigo aconsejándome y dándome ese empujón de seguir adelante.

De igual manera, quiero dedicar y agradecer a cada uno de los miembros de mi familia en general, quienes han sido un soporte muy importante en el transcurso de la carrera, aconsejándome, compartiendo alegrías y, sobretodo, estando dispuestos a ayudarme en cualquier momento que los necesite.

Así mismo, quiero dedicar este proyecto a cada uno de los docentes quienes impartieron sus conocimientos durante el transcurso de la carrera.

Finalmente, dedico este proyecto a cada uno de mis amigos, amigas, compañeros y compañeras que estuvieron conmigo durante el transcurso de la carrera, por compartir sus conocimientos, consejos, alegrías y su tiempo, pues ha sido una experiencia inolvidable.

Marlon Enrique Ulloa Amaya.

Índice de contenido

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUCCIÓN	16
2. ESTADO DEL ARTE	18
2.1. Discapacidad	18
2.1.1. La discapacidad a nivel mundial	19
2.1.2. La discapacidad a nivel de Ecuador	19
2.1.3. La discapacidad en la educación superior	21
2.1.4. Discapacidades y la web	22
2.1.4.1. Tipos de discapacidad	22
2.1.4.2. Aspectos de la web que afectan a las discapacidades	23
2.2. Accesibilidad Web	24
2.2.1. WCAG	24
2.2.1.1. WCAG 2.0	24
2.2.2. Metadatos	26
2.2.2.1. Metadatos de Accesibilidad	26
2.2.2.2. Relación metadatos de accesibilidad-wcag 2.0	32
2.2.2.3. Relación metadatos de accesibilidad-discapacidades	39
2.2.3. E-Learning	42
2.2.3.1. Habilidades e-Learning	42
2.2.3.2. Ambientes virtuales de Aprendizaje	43
2.2.3.3. Objetos de Aprendizaje	43
2.3. Ontologías	45
2.3.1. Características de las ontologías	45
2.3.2. Propiedades de las ontologías	46
2.3.3. Elementos básicos de una ontología	46
2.4. Sistemas de Recomendación (SR)	46
2.4.1. Clasificación de los sistemas de recomendación	47
2.5. Trabajos relacionados	47
3. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA	49
3.1. Diseño y Construcción del Sistema	49

3.1.1.	Requerimientos para el Desarrollo del Sistema.....	49
3.1.2.	Diseño y construcción de la arquitectura tecnológica del sistema.....	49
3.1.3.	Especificaciones técnicas del Sistema	50
3.1.3.1.	Especificaciones de hardware.....	50
3.1.3.2.	Especificaciones de software.....	50
3.1.4.	Herramientas de software utilizadas en el Desarrollo	50
3.1.4.1.	Protégé.....	51
3.1.4.2.	Karma.....	51
3.1.4.3.	AllegroGraph	52
3.1.4.4.	Libre office Calc	53
3.1.4.5.	YouTube-dl	53
3.1.4.6.	FFMPEG	53
3.1.4.7.	Tesseract OCR	54
3.1.4.8.	PhantomJS	54
3.1.5.	Paquetes adicionales	54
3.1.5.1.	JSoup.....	54
3.1.5.2.	Java client for Franz AllegroGraph	55
3.1.5.3.	Apache commons-io.....	55
3.1.5.4.	OmniFaces.....	55
3.1.5.5.	Servlet Api	56
3.1.5.6.	Primefaces.....	56
3.1.6.	Lenguajes de programación.....	57
3.1.6.1.	Java	57
3.1.6.2.	JavaScript.....	57
3.1.6.3.	Python.....	58
3.1.7.	Otros software	58
3.1.7.1.	Docker.....	58
3.1.7.2.	Wildfly	59
3.2.	Diseño Arquitectónico del sistema	59
3.2.1.	Capa de Conocimiento.....	60
3.2.2.	Capa de sistema inteligente	61
3.2.2.1.	Módulo de ontologías	61
3.2.2.2.	Módulo del sistema recomendador.....	62
3.2.3.	Capa de perfil de usuario.....	66
3.3.	Diseño detallado del sistema.....	66

3.3.1.	Diagrama de clases	66
3.3.2.	Red ontológica.....	69
3.3.2.1.	Skos	69
3.3.2.2.	WCAG 2.0.....	70
3.3.2.3.	DRDSchema	71
3.3.3.	Esquema red ontológica.....	72
3.4.	Desarrollo e implementación del sistema	73
3.4.1.	Skos	74
3.4.2.	WCAG 2.0	76
3.4.3.	DRDSchema	78
3.4.4.	Integración de Información en Karma	81
3.4.5.	Base de Conocimiento AllegroGraph.....	84
3.4.5.1.	Querys en SPARQL sobre la Base de Conocimientos AllegroGraph	85
3.4.6.	Aplicación Web.....	88
3.4.6.1.	Fórmulas Necesarias Para la Recomendación	90
4.	EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS.....	92
4.1.	Pruebas	92
4.1.1.	Pruebas funcionales	92
4.1.1.1.	Pruebas con Estudiantes	92
4.1.1.2.	Pruebas con Profesores.....	98
4.1.2.	Pruebas no funcionales	103
4.1.2.1.	Pruebas de rendimiento	103
4.1.3.	Pruebas con estudiantes	104
4.1.4.	Pruebas con docentes	106
4.2.	Resultados.....	108
5.	CONCLUSIONES	110
6.	RECOMENDACIONES	111
7.	TRABAJO FUTURO	112
8.	REFERENCIAS	113
9.	ANEXOS.....	117
9.1.	Pruebas con Estudiantes	117
9.2.	Pruebas con Docentes	126
9.3.	Trabajos de investigación presentados en congresos	135

Índice de Figuras

Figura 1. Porcentajes de discapacidades en las provincias del Ecuador [10].	20
Figura 2. Tipos de discapacidades más comunes en el Ecuador [10].	21
Figura 3. Porcentajes de discapacidades en las diferentes edades en personas del Ecuador [10].	21
Figura 4. Metadatos de descripción de recursos digitales de AFA 3.0 [23].	27
Figura 5. Metadatos de preferencias y necesidades personas de AFA 3.0 [23].	27
Figura 6. Habilidades de e-Learning [29].	43
Figura 7. Diseño arquitectónico del sistema.	60
Figura 8. Representación grafica del algoritmo.	65
Figura 9. Diagrama de clases	67
Figura 10. Clases con sus atributos y métodos.	68
Figura 11. Clase concept con las instancias de discapacidades.	70
Figura 12. Parte de la ontología WCAG 2.0	71
Figura 13. Jerarquía en Protégé de las clases e individuos de la ontología.	72
Figura 14. Esquema de la red ontológica desarrollada.	73
Figura 15. Jerarquía de clases de la ontología Skos.	74
Figura 16. Propiedades de objeto de la ontología Skos.	75
Figura 17. Clases de la ontología WCAG 2.0	76
Figura 18. Instancias de la ontología WCAG 2.0	77
Figura 19. Clases de la ontología DRDSchema.	78
Figura 20. Propiedades de objeto para la red ontológica.	80
Figura 21. Migración de datos del archivo csv en Karma.	83
Figura 22. Esquema generado en Karma de los individuos de la red ontológica.	84
Figura 23. Query para obtener el total de metadatos que favorecen a determinadas discapacidades.	86
Figura 24. Resultados de la ejecución del query anterior.	86
Figura 25. Query para obtener los criterios de éxito relacionados a los metadatos.	87
Figura 26. Resultado de la ejecución del query anterior.	88
Figura 27. Estructura de la aplicación Web multicapa.	89
Figura 28. Fórmula para obtener las discapacidades por cada metadato de cada archivo html.	90
Figura 29. Fórmula para obtener las discapacidades afectadas y favorecidas por cada metadato de cada archivo html.	90
Figura 30. Fórmula para obtener las discapacidades afectadas y favorecidas con la presencia y ausencia de metadatos en los archivos HTML.	91
Figura 31. Formula para obtener las discapacidades favorecidas con las presencia y carencia de metadatos en los archivos HTML.	91
Figura 32. Formula para obtener el promedio de accesibilidad de una discapacidad para cada documento HTML.	91

Figura 33. Fórmula para determinar el porcentaje de accesibilidad de un objeto de aprendizaje para las diferentes discapacidades.	91
Figura 34. Prueba con el objeto de aprendizaje Trauma Pediátrico.	93
Figura 35. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Diseño Instruccional Básico para Programas Formativos Virtuales.....	93
Figura 36. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Estructura de un Sistema de Telemedicina.	94
Figura 37. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Gestores Bibliográficos.	94
Figura 38. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Introducción a la Telemedicina.	95
Figura 39. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Life Stories.	95
Figura 40. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Trauma Craneal.	96
Figura 41. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Trauma Equilibrio Hídrico.	96
Figura 42. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Trauma Espinal.	97
Figura 43. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Video Animados.	97
Figura 44. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Algebra de Boole.	98
Figura 45. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Buses.	98
Figura 46. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Computadores y Algoritmos.....	99
Figura 47. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Memorias.	99
Figura 48. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Organización y Arquitectura del Computador.	100
Figura 49. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Paradigmas.	100
Figura 50. Pruebas con el Objetos Aprendizaje Recursividad.....	101
Figura 51. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Resolución de Problemas.	101
Figura 52. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Sistemas de Numeración y Profundización.	102
Figura 53. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Teoría de Conjuntos.....	102
Figura 54. Formulario Versión 1 para incrustar metadatos en archivos HTML.....	105
Figura 55. Formulario Versión 2 para incrustar metadatos de accesibilidad.	107
Figura 56. Comparativa del análisis automático con el análisis a Docentes y Estudiantes.	108
Figura 57. Porcentajes de accesibilidad por Discapacidad.	109
Figura 58. Valores de metadatos más frecuentes en los Objetos de Aprendizaje.	109
Figura 59. Criterios de Éxito de WCAG más comunes en los Objetos de Aprendizaje.	110

Índice de Tablas

Tabla 1. Propuesta de valores para los metadatos de CreativeWork de Schema.org [24]. .	30
Tabla 2. Metadatos de accesibilidad y valores seleccionados con su descripción [26] [27].	32
Tabla 3. Relación de valores de metadatos de accesibilidad y normativa WCAG 2.0 [18]. .	39
Tabla 4. Relación entre valores de metadatos de accesibilidad y Discapacidades [3].	42
Tabla 5. Propiedades de objetos que relacionan cada uno de los esquemas.	80
Tabla 6. Propiedades de objetos inversas.	81
Tabla 7. Propiedades de objetos de la sección dinámica de la ontología.	81
Tabla 8. Muestra de los iris de individuos de la red ontológica.	82
Tabla 9. Contextos de los modelos ontológicos.	85
Tabla 10. Mejoras de los tiempos de respuesta del sistema.	103
Tabla 11. Resultado de las pruebas realizadas a los estudiantes con los 10 objetos de aprendizaje.	106
Tabla 12. Resultado de las pruebas realizadas con los docentes de sus objetos de aprendizaje.	107
Tabla 13. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Trauma Pediátrico.	119
Tabla 14. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Diseño instruccional básico.	120
Tabla 15. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Estructura de un sistema de Telemedicina.	120
Tabla 16. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Gestores Bibliográficos.	122
Tabla 17. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Introducción a la Telemedicina.	122
Tabla 18. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Life Stories.	123
Tabla 19. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Trauma Espinal.	124
Tabla 20. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Trauma Craneal.	125
Tabla 21. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Trauma Equilibrio Hídrico.	126
Tabla 22. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Videos Animados.	126
Tabla 23. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Sistema de Numeración y Profundización.	128
Tabla 24. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Teoría de Conjuntos.	129
Tabla 25. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Álgebra de Boole.	129
Tabla 26. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Computadores y Algoritmos.	130
Tabla 27. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Resolución problemas.	131
Tabla 28. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Buses.	131
Tabla 29. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Memorias.	132
Tabla 30. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Organización y arquitectura del computador.	133
Tabla 31. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Recursividad.	134
Tabla 32. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Paradigmas.	134

RESUMEN

En la actualidad, el uso de las TIC ha tenido un gran impacto que ha permitido realizar de mejor manera la comunicación y transmisión de conocimiento, brindando de esta forma ambientes virtuales y objetos de aprendizaje para la interacción de los docentes con los estudiantes, en donde se pueda compartir variedad de información a través de diversos recursos.

La información de accesibilidad en objetos de aprendizaje constituye una demanda creciente de información oportuna que responda a necesidades y preferencias de cada usuario, en especial de aquellos que posean algún tipo de discapacidad, dicha información se presenta a través de los metadatos, los cuales no son más que datos que describen el contenido informativo de algún recurso.

Existen normativas de accesibilidad web que aportan como guía para generar contenido web, y éste sea más accesible para personas con discapacidades, para lo cual se hace uso de Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG).

La información proporcionada por los metadatos en relación con los diferentes perfiles de usuarios que se presenten en base a discapacidades puede resultar insuficiente si no tiene un contexto y una semántica que permita generar conocimiento, por tal motivo se hace uso de ontologías, las cuales permiten relacionar la información de tal manera que sea entendible, obteniendo así una estructura y contenidos de forma explícita.

El presente proyecto nace del estudio que se ha realizado en donde se vio la necesidad que tienen las personas con discapacidad de adquirir la información que presentan los docentes en los ambientes virtuales y objetos de aprendizaje por la falta de cumplimiento de normas de accesibilidad web que permiten que el contenido proporcionado sea adecuado para su acceso.

Este proyecto propone un sistema web recomendador a través de una red ontológica que pretende modelar el conocimiento asociando a las normativas de accesibilidad frecuentemente empleadas en la web (WCAG 2.0) con los metadatos de accesibilidad establecidos por Schema y su empleo en objetos de aprendizaje.

ABSTRACT

At present, the use of ICT has had a great impact that has allowed to better carry out the communication and transmission of knowledge, thus providing virtual environments and learning objects for the interaction of teachers with students, where A variety of information can be shared through various resources.

The accessibility information in learning objects constitutes a growing demand for timely information that responds to the needs and preferences of each user, especially those who have some type of disability, this information is presented through the metadata, which are not more than data that describe the informative content of some resource.

There are web accessibility regulations that contribute as a guide to generate web content, and this is more accessible for people with disabilities, for which use is made of Accessibility Guidelines for Web Content (WCAG).

The information provided by the metadata in relation to the different profiles of users that are presented based on disabilities may be insufficient if it does not have a context and a semantics that allows generating knowledge, for this reason it makes use of ontologies, which allow to relate the information in such a way that it is understandable, thus obtaining a structure and contents in an explicit manner.

The present project is born from the study that has been carried out where the need for people with disabilities to acquire the information presented by teachers in virtual environments and learning objects due to the lack of compliance with web accessibility standards that allow that the content provided is suitable for access.

This project proposes a recommender web system through an ontological network that aims to model knowledge by associating accessibility regulations frequently used on the web (WCAG 2.0) with the accessibility metadata established by Schema and its use in learning objects .

1. INTRODUCCIÓN

En esta sección se va a presentar una descripción general sobre las motivaciones que nos llevaron a tomar en cuenta la temática que aborda este trabajo de titulación, así como también los objetivos y la estructura del mismo.

El uso de tecnologías, entornos y cursos virtuales para el aprendizaje de estudiantes con discapacidad, obliga a una constante búsqueda de información actualizada de acuerdo a una realidad cambiante y en muchos casos personalizada en un diseño centrado en el usuario considerando necesidades y preferencias [1]. En el tema de discapacidad es importante considerar las cifras a nivel mundial y su tendencia, pues como indica el Banco Mundial alrededor de “1000 millones de habitantes, o el 15 % de la población mundial” [2], tienen “algún tipo de discapacidad”, y su incidencia “es mayor en países en desarrollo” [2]. Uno de los aspectos que resultan aun un desafío para todos los países es brindar una educación que se resulte de calidad para todas las personas, dado que se presentan altos índices de exclusión o discriminación educativa, sin embargo de poco a poco se van presentando fortalezas para buscar erradicar este inconveniente. La creación de las condiciones para el desarrollo de la educación para todos, que garantice calidad con equidad, implica transformaciones en el sistema educativo, en sus culturas, políticas y prácticas, involucrando de manera activa y participativa procesos evaluativos que validen los esfuerzos realizados.

El proceso de enseñanza resulta algo más que hacer uso de la tecnología como un medio de educación, dado que se debe tener una relación con la metodología de enseñanza planteada. Esta relación debe cubrir además los aspectos tecnológicos y de comunicación, como los dispositivos empleados o el tipo de recursos digitales a utilizar. Se considera al desarrollo de objetos de aprendizaje, como una colección de recursos digitales contenidos en ambientes virtuales, con el fin de mejorar la manera de transmisión del conocimiento educativo.

Existen herramientas que permiten a los docentes la creación de recursos digitales educacionales que facilita compartir su contenido educativo con los estudiantes de manera didáctica; entre estas herramientas tenemos: exelearning, ardora, jClic, Lams, entre otras.

Se ha realizado una investigación de cuáles son los tipos de discapacidades más comunes que se ven afectados por la falta de accesibilidad web, entre los cuales tenemos las discapacidades: visual, auditiva, física o motriz, psicosocial, cognitiva o intelectual y la del habla, siendo esta última omitida para este estudio, dado que no existe una relación con los metadatos presentados [3].

En el transcurso de los últimos años, se ha considerado la accesibilidad como uno de los factores más importantes a tener en cuenta al momento de crear recursos web. Esto no resulta extraño dado a la hegemonía de discapacidades físicas, visuales, entre otras que se encuentran presentes en la población en general. Es por tal motivo que resulta trabajo de los diseñadores y desarrolladores web de encontrar las formas para

crear recursos web que puedan ser accedidos por cualquier persona, tenga o no discapacidad [4].

Existen herramientas que brindan una ayuda en el proceso del análisis de la accesibilidad, permitiendo reducir el esfuerzo y tiempo que se necesita para realizar una evaluación exhaustiva. Esto permite identificar y reducir la cantidad de barreras de accesibilidad que se puedan presentar en el contenido de los recursos o sitios web, brindando a su vez un contenido de mejor calidad. Pero el análisis realizado por estas herramientas no resulta completo dado que las mismas hacen una evaluación general de los sitios que se les presentan y no se puede determinar con mayor precisión si el sitio es accesible o no, de igual manera el análisis que se realiza trabaja con el contenido del recurso web resultando más demorado que analizar información que contenga dicho contenido en donde indica qué aspectos de accesibilidad se están empleando en el mismo, siendo estos los metadatos.

Con estos antecedentes, el presente proyecto pretende proporcionar una ayuda tanto a docentes para recomendarles los criterios a tener en cuenta en sus objetos de aprendizaje y ambientes virtuales para que sean accedidos por cualquier persona, y también a los estudiantes con discapacidades, ya que el nuevo contenido que generan los docentes, teniendo en cuenta las diferentes pautas que se indicarán, ayudarán a que el contenido sea consumible por todos de manera más sencilla.

Este proyecto trata de un sistema recomendador basado en ontologías, el cual busca generar el conocimiento a entregar a los docentes, a través de tres modelos que son: Metadatos de accesibilidad, normativa WCAG 2.0 y las discapacidades; y a través de las relaciones que existen entre dichos modelos.

En el capítulo 2 se explicara a mayor detalle aspectos importantes y descritos anteriormente, como son discapacidades, Accesibilidad web, ontologías y los sistemas de recomendación.

De igual manera, en el capítulo 3, se abordara sobre la arquitectura general del sistema, donde se describirán el diseño y construcción del mismo, partiendo de sus requerimientos necesarios, cada una de las tecnologías que se usaran para su desarrollo, hasta su implementación.

Mientras que en el capítulo 4, se presentan todas las pruebas que se realizaron al sistema recomendador, siendo estas, pruebas funcionales y no funcionales. También, en el mismo capítulo, se presentan los resultados obtenidos.

En los capítulos 5, 6 y 7, se muestran las conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro respectivamente, relacionados al desarrollo, implementación y pruebas del sistema.

Finalmente, en el capítulo 9, como anexos, se encuentran las encuestas realizadas a docentes y estudiantes, las cuales fueron la base para poblar la base de conocimientos.

Objetivos

General

Diseñar y desarrollar un sistema recomendador de contenidos accesibles basados en perfiles de usuarios para ambientes virtuales y objetos de aprendizaje a partir de metadatos de accesibilidad haciendo uso de ontologías.

Específicos

- Realizar un estudio de los diferentes conceptos y elementos a emplear para el desarrollo del sistema, entre los que tenemos:
 - Objetos de aprendizaje
 - Habilidades E-Learning
 - Metadatos
 - Ontologías
 - Modos de acceso
 - Funcionamiento de protege
 - Funcionamiento de SPARQL
 - Funcionamiento de la base ontológica
 - Funcionamiento del lenguaje de programación a usar
- Analizar y diseñar la ontología a emplear en el software Protege, definiendo clases, anotaciones, propiedades de objetos y de datos, entre otros.
- Recaudar información de los objetos de aprendizajes empleados en ambientes virtuales de países de Latinoamérica.
- Generar nuestra base del conocimiento adquirido a través de una base ontológica.
- Diseñar y desarrollar el sistema que realizará la recomendación a través de las inferencias.
- Realizar las pruebas necesarias del funcionamiento del sistema.
- Elaborar manuales del funcionamiento del sistema.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Discapacidad

La Organización Mundial de la Salud define a la discapacidad como: *“Discapacidad es un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas, y las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales. Por consiguiente, la discapacidad es un fenómeno complejo que refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive”* [5].

2.1.1. La discapacidad a nivel mundial

El Banco Mundial nos indica que al menos “1000 millones de habitantes, o el 15% de la población mundial, viven con algún tipo de discapacidad, presentados mayormente en los países en vías de desarrollo” [6]. También nos indica que un aproximado de 200 millones de personas presenta un nivel de discapacidad considerable [6].

En el Informe mundial sobre la discapacidad, la OMS indica que a nivel mundial, las personas que presentan alguna discapacidad, por lo general tienden a obtener resultados más desfavorables en ámbitos de salud, educación, económico, etc.; que las personas sin discapacidad [7].

2.1.2. La discapacidad a nivel de Ecuador

La Dirección Nacional de Discapacidades indica que los tipos de discapacidades son: *“auditiva, física, intelectual, lenguaje, psicosocial y visual”* [8]; y cada una de estas puede presentar diferentes grados de discapacidad. [8]

Según información del Consejo Nacional de Discapacidades (Conadis) *“Con corte al mes de septiembre 2016, el Registro Nacional reporta que 415.500 personas están acreditadas como Personas con Discapacidad en el Ecuador, lo que evidencia una prevalencia del 2,52% (de 100 ecuatorianos/as, casi 3 personas tienen reconocimiento legal como personas con discapacidad; considerando una población estimada de 16.510.493 habitantes)”* [9].

En julio del 2018 bajo el estudio realizado por Consejo Nacional para la igualdad de discapacidades teniendo como fuente información del ministerio de salud pública, presenta nuevos datos estadísticos donde se aprecia un aumento de personas con discapacidad, teniendo así valor un aproximado de 443.002. Entre los datos estadísticos que nos presentan tenemos [10]:

- **Referencia geográfica**

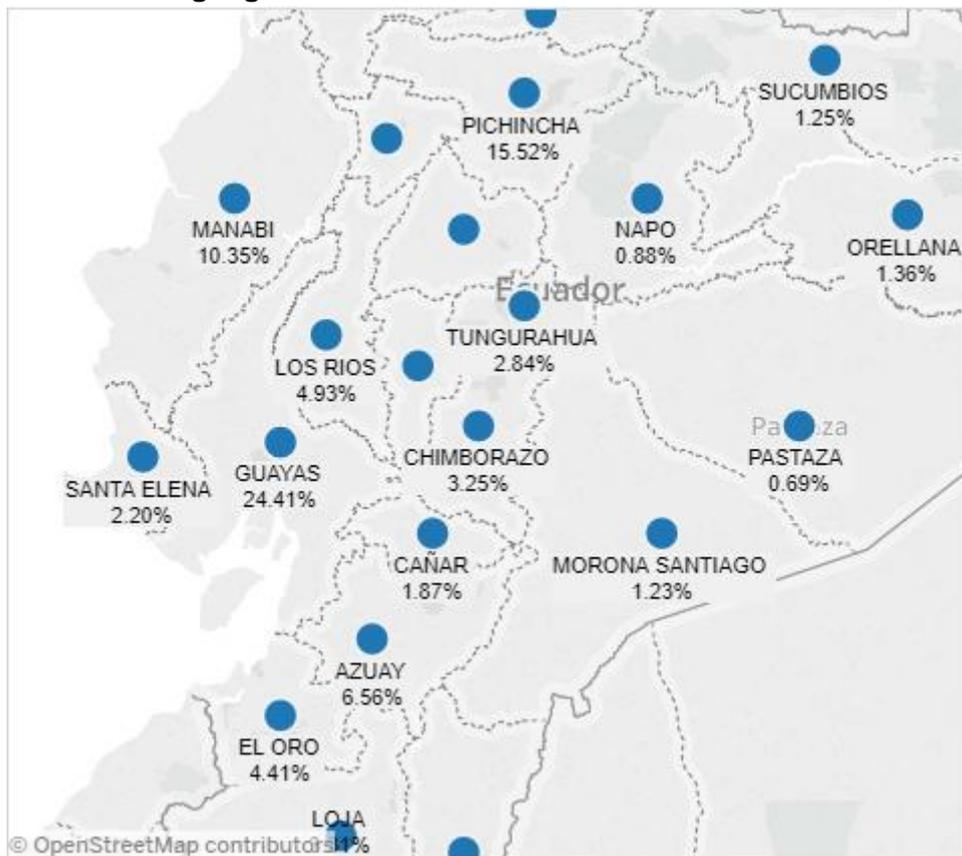


Figura 1. Porcentajes de discapacidades en las provincias del Ecuador [10].

Como se presenta en la figura anterior entre las provincias con mayor porcentaje de discapacidad tenemos a Guayas con 24.41% Pichincha con 15.52%, Manabí con 10.35% y Azuay con 6.56% [10].

- **Tipo de discapacidad**

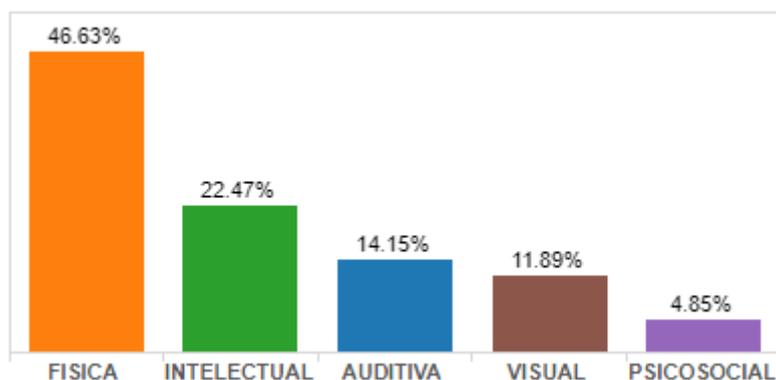


Figura 2. Tipos de discapacidades más comunes en el Ecuador [10].

En cuanto a los tipos de discapacidad se puede apreciar en la figura anterior las 5 discapacidades más comunes en donde predomina la discapacidad física con un 46,63% seguido por la discapacidad intelectual con un porcentaje de 22,47%, teniendo las tres restantes auditiva, visual y psicosocial en ese respectivo orden [10].

- **Grupos etarios**

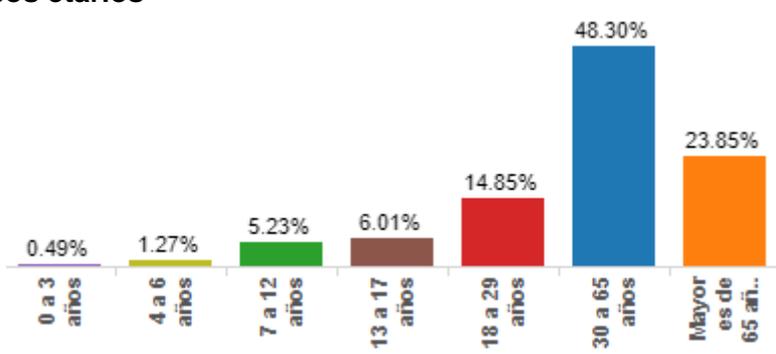


Figura 3. Porcentajes de discapacidades en las diferentes edades en personas del Ecuador [10].

Finalmente podemos apreciar en la figura anterior el porcentaje de discapacidades en las personas de las diferentes edades, en donde podemos ver que predomina la discapacidad en personas que tienen entre 30 y 65 años de edad con un porcentaje de 48,30%, seguido por las personas mayores a 65 años con un porcentaje de 23,85% y se presenta con menor frecuencia en personas menores a 30 años [10].

2.1.3. La discapacidad en la educación superior

La presencia de personas con discapacidad en el ámbito educativo nace de los derechos humanos en donde podemos tomar como referencia la conferencia mundial sobre la educación para todos: “Satisfacción de las Necesidades básicas de Aprendizaje”, que se realizó en 1990 en donde se llegó a establecer que “la educación es un derecho fundamental de todos” [11] sin importar edad, sexo, etc.

De igual manera podemos tomar como referencia lo que indica la UNESCO, la cual es la única organización que dispone de un mandato que abarca todos los aspectos de la educación [12], la misma indica que *“Toda persona tiene derecho a la educación”* [12]. La UNESCO también indica en uno de sus principios que informan un enfoque basado en los derechos humanos indica: *“la igualdad y no discriminación”* [12].

Por estos y más motivos, se puede considerar que la educación es un derecho que también poseen las personas con discapacidad.

Si bien se ha indicado que la educación es un derecho que también está presente para las personas con discapacidad, esto solo se ha venido tratando con mayor auge en caso de la educación infantil. En el caso de la educación superior resulta distinto, dado que existe un menor número de personas con discapacidad que se encuentra realizando sus estudios en esta etapa.

En el Ecuador, en la actualidad, se están proporcionando becas a personas con discapacidad con el fin de incentivarlos a la educación superior permitiéndoles obtener mayores conocimientos y una mayor capacitación que les permita defenderse a futuro en el ámbito laboral [13].

El Secretario de Estado del Ecuador, indicó que: *“En agosto del año 2014 en el Examen Nacional para la Educación Superior se inscribieron alrededor de 2.000 personas con discapacidad”* [14]. También indicó que en esa misma fecha se contaba con *“15 personas con discapacidad quienes estudian su carrera universitaria en la Universidad Tecnológica Equinoccial, Universidad Politécnica Salesiana, Universidad Internacional SEK, Universidad San Gregorio de Portoviejo y la Universidad Metropolitana, Instituciones de Educación Superior (IES) se sumaron a esta política de acción afirmativa para el acceso de grupos históricamente excluidos a la educación superior”* [14].

2.1.4. Discapacidades y la web

En la actualidad se busca que el avance de las TIC's sea una ayuda para facilitar las formas de transmisión de información y comunicación, sin embargo aún existen limitantes que impiden que cualquier persona pueda hacer uso de este beneficio. Las barreras que existen presentes en la web hacia las personas con discapacidad se están trabajando con el pasar de los últimos años, sin embargo no se han logrado eliminar por completo dichas barreras.

2.1.4.1. Tipos de discapacidad

Entre los tipos de discapacidades más comunes que se ven afectadas por las barreras en la web tenemos [3]:

- **Discapacidad sensorial:**
 - **Discapacidad visual:** déficit visual, deficiencia de color, entre otras [3].
 - **Discapacidad auditiva:** “*hipoacusia*” [3], pérdida de audición, entre otras.
- **Discapacidad física o motriz:** ausencia de una determinada extremidad, personas de baja estatura [3], entre otras.
- **Discapacidad del habla.**
- **Discapacidad cognitiva:** afectaciones en el cerebro, síndrome de Down, entre otras [3].
- **Discapacidad psicosocial:** “depresión, esquizofrenia, bipolaridad” [3], entre otras.

Cada una de las discapacidades antes descritas, pueden manifestarse de diferentes maneras y en diferentes grados [8], pudiendo ser desde un nivel bajo hasta un nivel alto, dependiendo el tipo y la manera en la que se manifieste la discapacidad.

2.1.4.2. Aspectos de la web que afectan a las discapacidades

Existen varios aspectos de la web que afectan a las discapacidades entre los que tenemos [15]:

- **Discapacidad visual:** El contenido web puede presentar contenido visual como imágenes en donde no se incluye texto alternativo, de igual forma puede presentar contenido textual con un tamaño de letra muy reducido. Existen otros aspectos que también afectan a la discapacidad visual como presentar información en donde se presente una dependencia de color; de igual forma al no presentar el contenido que brinde opciones de alto contraste [15].
- **Discapacidad auditiva:** El contenido web puede afectar a esta discapacidad si no existe subtítulos en los diferentes videos que se presenten. De igual forma esta discapacidad se ve afectada por la presencia de textos extensos y de difícil entendimiento y la ausencia de imágenes que sirvan como soporte para la presentación de información textual [15].
- **Discapacidad física:** El contenido web puede afectar a esta discapacidad si las interfaces con las que interactuar el usuario solo hacen uso de ratón, requieran de un control muy preciso o necesiten tiempos de respuesta muy cortos. De igual manera afecta si se tiene enlaces y controles de formulario muy pequeños [15].
- **Discapacidad del habla:** En la actualidad esta discapacidad no se ve afectada al momento de navegar por la web dado que no se emplea el reconocimiento de voz en los sitios web [15].
- **Discapacidad cognitiva y neurológica:** El contenido web puede afectar a esta discapacidad cuando existe la presencia de textos largos y muy complejos, de igual forma que la discapacidad auditiva, la discapacidad

cognitiva se ve afectada cuando el contenido textual no viene acompañado de imágenes que permitan su mejor comprensión. También se ve afectada cuando no existe una estructura navegaciones en el sitio web [15].

2.2. Accesibilidad Web

La accesibilidad web significa que los sitios, recursos web, etc., han sido diseñados y desarrollados para que todas las personas puedan usarlos sin excluir personas con discapacidades. Tim Berners-Lee, Director del W3C e inventor de la World Wide Web indica: *“El poder de la Web está en su universalidad. El acceso de todos sin importar la discapacidad es un aspecto esencial”* [16]. La accesibilidad web depende del trabajo en conjunto de diferentes factores, entre los que tenemos: las tecnologías web, los navegadores web, las herramientas de autoría, los sitios web, entre otros [16].

2.2.1. WCAG

Las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (WCAG) se desarrollan a través del proceso W3C que resulta del trabajo cooperativo de diferentes individuos y organizaciones de todo el mundo, con el fin de proporcionar *“un único estándar compartido para el acceso a contenido web”* [17] que cumpla con las necesidades diferentes individuos a nivel mundial. Los documentos WCAG explican cómo hacer que el contenido web sea más accesible para las personas con discapacidades [17].

2.2.1.1. WCAG 2.0

WCAG 2.0 está aprobado como un estándar *“ISO: ISO / IEC 40500: 2012. ISO / IEC 40500”* [17]. Las directrices de evaluación de accesibilidad en una página web están definidas en la normativa WCAG 2.0 y son varios los países que la han adoptado en sus legislaciones, por lo que su aplicación debe ser considerada en todas las fases de desarrollo de un sitio web. Con ello hablar de entornos de aprendizaje virtuales y los recursos que se emplean, es direccionar los esfuerzos a un desarrollo acorde que cumpla con todas las directrices de la web, sus normativas de usabilidad, accesibilidad, estructura adecuada, entre otros. Web Content Accessibility GuideLines 2.0 (WCAG 2.0) son las Pautas de Accesibilidad para Contenido Web, que cubre una alta gama de recomendaciones para hacer que el contenido web sea accesible [18] para diferentes tipos de discapacidades.

Estas recomendaciones, se las denomina pautas de accesibilidad, las cuales están conformadas por varios criterios de éxito, que a su vez, estos últimos, poseen técnicas, que brindan información sobre cómo cumplir estos criterios y que no se debe hacer en el contenido web.

WCAG 2.0 capas de orientación

Para brindar un apoyo a las personas que se encargan del diseño y desarrollo de aplicaciones y páginas web WCAG 2.0 proporciona capas de orientación con el fin de facilitar y organizar las consideraciones a tener en cuenta para la accesibilidad web, teniendo así [18]:

- **Principios:** Las directrices y los Criterios de éxito se encuentran organizados en base a cuatro principios básicos que se deben tener en cuenta para que un contenido web sea accesible, por ello este contenido debe ser: *perceptible, operable, comprensible y robusto* [19].
 - **Perceptible:** el contenido web debe ser presentable de manera que sea perceptible por todos los usuarios, es decir que sea captado por todos los sentidos [19].
 - **Operable:** el contenido web debe estar presente en una interfaz donde sus componentes puedan ser operados por cualquier usuario [19].
 - **Comprensible:** los usuarios deben ser capaces de comprender el contenido web, así como el funcionamiento del mismo [19].
 - **Robusto:** el acceso al contenido web debe estar a la par con el avance de las tecnologías [19].

- **Pautas:** las pautas se encuentran bajo los principios explicados anteriormente. Se disponen de 12 directrices, las cuales proporcionan los objetivos básicos que los desarrolladores y diseñadores de contenido web deben tener en cuenta para que dicho contenido sea accesible para los usuarios que presenten alguna discapacidad [18].

- **Criterios de éxito:** para cada directriz, se proporcionan criterios de éxito, los cuales permiten determinar si el contenido satisface con las necesidades que presentan los usuarios con discapacidad para acceder al mismo [20]. Para satisfacer dichas necesidades WCAG 2.0 definen tres niveles de conformidad que indican la satisfacción de las necesidades: “A (*más bajo*), AA y AAA (*más alto*)” [20].

- **Técnicas de asesoría y suficientes:** cada uno de los criterios de éxito a su vez dispone de técnicas. Las técnicas son informativas y se dividen en dos categorías: las que son *suficientes* para cumplir los criterios de éxito y las que son de carácter *consultivo* [18].

2.2.2. Metadatos

Los metadatos, definidos de manera sencilla, son datos de datos [21]. Es decir, los metadatos describen otros datos, pero de manera detallada.

2.2.2.1. Metadatos de Accesibilidad

Los metadatos de accesibilidad son un conjunto de metadatos que dan información sobre la accesibilidad de un recurso, documento, archivo, etc., con información relevante para ciertas discapacidades acorde a sus necesidades y preferencias.

Los metadatos de accesibilidad están definidos en Schema.org y en IMS Access For All (AFA).

IMS AFA

El IMS es un consorcio formado por organizaciones del campo de la educación y las TIC que desarrolla especificaciones abiertas en esta área, con énfasis en la innovación digital educativa [22]. IMS AFA se enfoca en la accesibilidad de los recursos, es decir, en el acceso para todos. IMS AFA en su versión 3.0 busca proporcionar una experiencia de usuario completa al admitir la *“adecuación de las características de los recursos educativos a las necesidades y preferencias de los usuarios”* [23]. IMS AFA v3.0 clasifica los metadatos en dos grupos [23]:

- **Descripción del Recurso Digital (DRD):** Permite definir el uso del recurso de aprendizaje más conveniente para cada usuario, que tenga una relación con las necesidades y preferencias del usuario [23]. La siguiente figura presenta las propiedades de accesibilidad de un recurso y las relaciones entre sí :

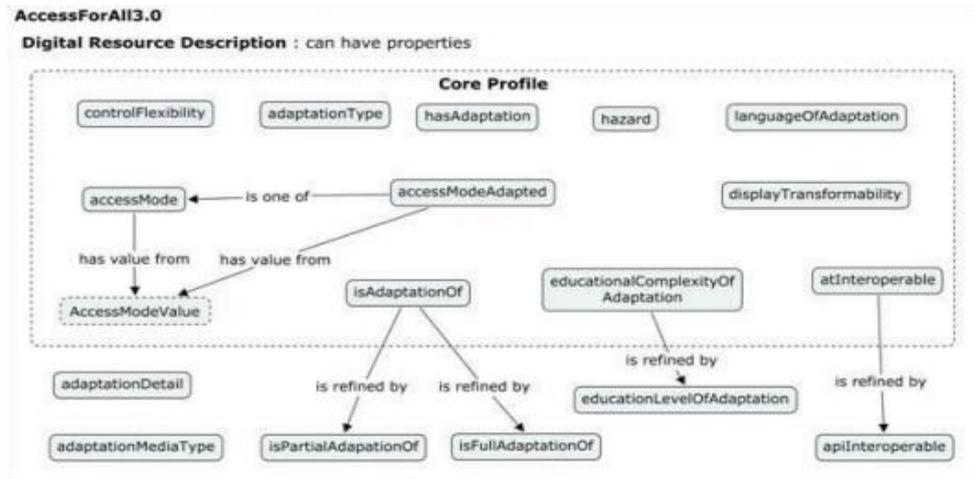


Figura 4. Metadatos de descripción de recursos digitales de AFA 3.0 [23].

- **Necesidades personales y preferencias (PNP):** Se define las necesidades y preferencias que posee un usuario para interactuar de mejor manera con los recursos digitales [23]. Existen varios metadatos que se encuentran en este grupo, estos metadatos se ven presentes en la siguiente figura:

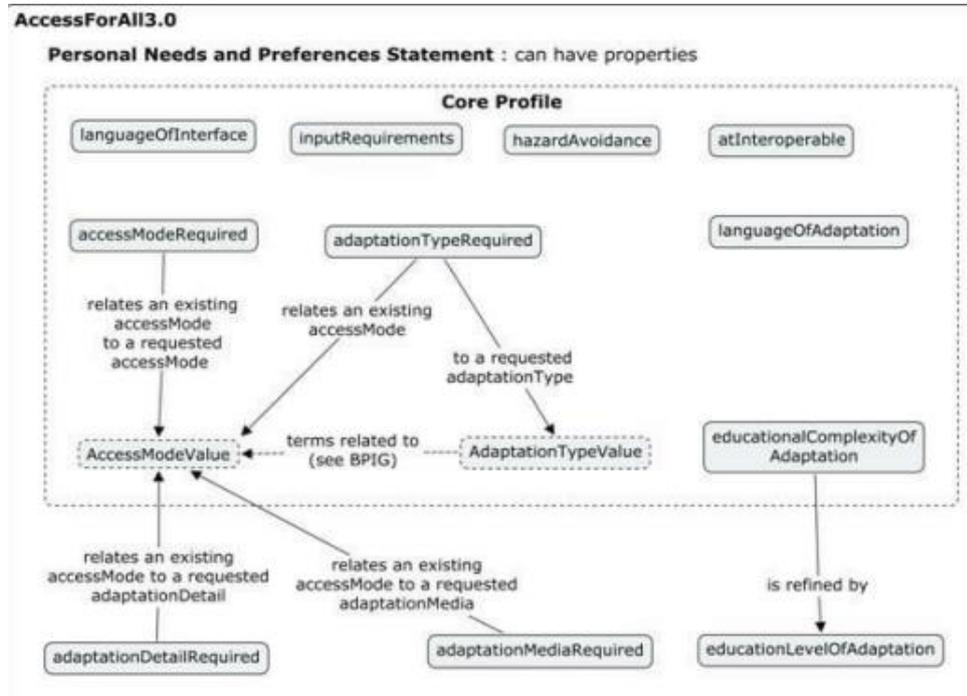


Figura 5. Metadatos de preferencias y necesidades personas de AFA 3.0 [23].

Schema.org

Schema.org es una comunidad fundada por Google, Microsoft, Yahoo y Yandex, encargada de “crear, mantener y promover esquemas de datos estructurados” [24] en páginas web de Internet. Esto genera una importancia en la incorporación de metadatos en el contenido web que se encuentra en

internet para permitir realizar categorizaciones y “describir sus características de accesibilidad, de igual forma mediante estos esquemas se pueden utilizar técnicas de web semántica para su tratamiento” [24].

Schema.org un conjunto diverso de metadatos, clasificados en varios tipos ordenados de forma jerárquica, dentro los cuales se han desarrollado metadatos específicos de accesibilidad identificados en los tipos de “CreativeWork”, que detallan algunos tipos de recursos digitales tales como libros electrónico, imágenes ,videos, entre otros [25].

En la siguiente tabla se describen una propuesta de valores para los metadatos de accesibilidad del tipo CreativeWork de Schema.org [24]:

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN	VALORES
accessMode	Indica la manera en el que las personas perciben la información.	<i>“auditory, chartOnVisual, chemOnVisual, colorDependent, diagramOnVisual, mathOnVisual, musicOnVisual, tactile, textOnVisual, textual, visual”</i> [24].
accessModeSufficient	Es la combinación de los modos de acceso de tal forma que sea suficientes para percibir la información.	<i>“auditory, tactile, textual, visual”</i> [24].
accessibilitySummary	Indica un resumen de las características y posibles defectos de accesibilidad.	

accessibilityFeature	Las características de accesibilidad del contenido presente en el recurso web.	<i>“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” [24].</i>
accessibilityHazard	Indica aspectos de riesgos que se pueden presentar en el contenido web que afectan a la accesibilidad.	<i>“flashing, noFlashingHazard, motionSimulation, noMotionSimulation Hazard, sound, noSoundHazard, unknown” [24].</i>
accessibilityControl	Indican los métodos de entrada que pueden utilizar los usuarios para acceder al contenido web.	<i>“fullKeyboardControl, fullMouseControl, fullSwitchControl, fullTouchControl,</i>

		<i>fullVideoControl, fullVoiceControl</i> [24].
accessibilityAPI	Indica si un recurso web resulta compatible con la API de accesibilidad indicada.	<i>“androidAccessibility, ARIA, ATK, AT-SPI, BlackberryAccessibility, iAccessible2, iOSAccessibility, JavaAccessibility, MacOSXAccessibility, MSA, UIAutomation”</i> [24].

Tabla 1. Propuesta de valores para los metadatos de CreativeWork de Schema.org [24].

Para el presente proyecto se usó los metadatos de Schema, entre los cuales se realizó un análisis previo en el que se determinó los metadatos que posiblemente sean los más comunes en términos de accesibilidad, teniendo así: AccessMode, AccessibilityHazard, AccessibiltyControl, AccessibilyFeature. De estos metadatos, se filtraron los valores más comunes que pueden obtener cada uno ellos, teniendo como resultado de este análisis la siguiente tabla en la que se indican los metadatos con sus respectivos valores y una descripción concreta de cada uno [26] [27].

METADATO	VALOR		DESCRIPCIÓN
ACCESSMODE	auditory		El contenido puede ser accedido de forma auditiva.
	tactile		El contenido puede ser accedido de forma táctil.
	textual		El contenido posee texto.
	visual		El contenido puede ser accedido de forma visual.

	colorDependent		Existen actividades que requieran la distinción de colores y contrastes
	textOnVisual		Hay texto en la imagen, que puede no ser legible a escalas mayores debido a la pixelación, o por el software de texto a voz
ACCESSIBILITY FEATURE	highContrastDisplay		Se brindan opciones de alto contraste
	largePrint		Recurso está formateado para lectura de letra grande
	latex		El contenido matemático está disponible en formato LaTeX
	longDescription		Al incrustar imágenes o videos se ha considerado incorporar una transcripción y descripción larga
	tableOfContents		El objeto de aprendizaje dispone de una estructura básica o tabla de contenidos
	alternativeText		Al incrustar imágenes no decorativas se ha descrito en texto su contenido
	captions		Los videos empleados tienen subtítulo
	audioDescription		Los videos empleados tienen audio descripción
	signLanguage		Los videos empleados tienen adaptación para intérprete en lengua de señas
	ChemML		Las fórmulas químicas empleadas son texto y no imágenes
	MathML		Las fórmulas matemáticas empleadas son texto y no imágenes

	timingControl		Si una actividad es controlada por tiempos existe la posibilidad de modificación (habilitar o no)
	structuralNavigation		La estructura navegacional del objeto de aprendizaje es organizada e instintiva.
	taggedPDF		Los archivos PDF empleados tiene un orden de lectura y su accesibilidad fue comprobada
ACCESSIBILITY CONTROL	fullKeyboardControl		El contenido web le permite al usuario acceder de forma correcta solo con el teclado.
	fullMouseControl		El contenido web le permite al usuario acceder de forma correcta solo con el teclado.
ACCESSIBILITY HAZARD	(en caso de seleccionarlo) flashing	(en caso de no seleccionarlo) noFlashingHazard	El objeto de aprendizaje dispone de animaciones que están en constante movimiento
	(en caso de seleccionarlo) motionSimulation	(en caso de no seleccionarlo) noMotionSimulationHazard	El objeto de aprendizaje dispone de simulaciones con movimiento
	(en caso de seleccionarlo) sound	(en caso de no seleccionarlo) noSoundHazard	El objeto de aprendizaje dispone de sonidos de fondos y/o ambientación sonora general

Tabla 2. Metadatos de accesibilidad y valores seleccionados con su descripción [26] [27].

2.2.2.2. Relación metadatos de accesibilidad-wcag 2.0

En el presente proyecto se ha trabajado haciendo uso únicamente de los criterios de éxito, en la siguiente tabla se podrá observar de mejor manera la relación que se realizó en un estudio previo, entre los valores de los metadatos de accesibilidad con los criterios de éxito [18]:

METADATO	VALOR		WCAG2.0
ACCESSMODE	auditory		
	tactile		
	textual		
	visual		
	colorDependent		<p><i>“1.4.1 Uso del color: El color no se usa como único medio visual para transmitir la información, indicar una acción, solicitar una respuesta o distinguir un elemento visual” [18].</i></p>
	textOnVisual		<p><i>“1.4.9 Imágenes de texto (sin excepciones): Las imágenes de texto sólo se utilizan como simple decoración o cuando una forma de presentación particular del texto resulta esencial para la información transmitida” [18].</i></p>
ACCESSIBILITYFEATURE	highContrastDisplay		<p><i>“1.4.3 Contraste (mínimo): La presentación visual de texto e imágenes de texto tiene una relación de contraste de, al menos, 4.5:1” [18].</i></p>
	largePrint		<p><i>“1.4.4 Cambio de tamaño del texto: A excepción de los subtítulos y las imágenes de texto, todo el texto puede ser ajustado sin ayudas técnicas hasta un 200 por ciento sin que se pierdan el contenido o la funcionalidad” [18].</i></p>
	latex		

	longDescription		<p><i>“2.4.5 Múltiples vías: Se proporciona más de un camino para localizar una página web dentro de un conjunto de páginas web, excepto cuando la página es el resultado, o un paso intermedio, de un proceso.</i></p> <p><i>2.4.8 Ubicación: Se proporciona información acerca de la ubicación del usuario dentro de un conjunto de páginas web.</i></p>
	tableOfContents		<p><i>1.1.1 Contenido no textual: Todo contenido no textual que se presenta al usuario tiene una alternativa textual que cumple el mismo propósito” [18].</i></p>
	alternativeText		<p><i>“1.4.5 Imágenes de texto: Si con las tecnologías que se están utilizando se puede conseguir la presentación visual deseada, se utiliza texto para transmitir la información en vez de imágenes de texto” [18].</i></p>
	captions		<p><i>“1.2.2 Subtítulos (grabados): Se proporcionan subtítulos para el contenido de audio grabado dentro de contenido multimedia sincronizado, excepto cuando la presentación es un contenido multimedia alternativo al texto y está claramente identificado como tal” [18].</i></p>
	audioDescription		<p><i>“1.2.3 Audiodescripción o Medio Alternativo (grabado): Se proporciona una alternativa para los medios tiempo dependientes o una Audiodescripción para el contenido de vídeo grabado en los multimedia sincronizados, excepto cuando ese contenido es un contenido multimedia alternativo al texto y está claramente identificado como tal.</i></p> <p><i>1.2.5 Audiodescripción (grabado): Se proporciona una Audiodescripción para todo el contenido de vídeo grabado dentro de contenido multimedia sincronizado” [18].</i></p>
	signLanguage		<p><i>“1.2.6 Lengua de señas (grabado): Se proporciona una interpretación en lengua de señas para todo el contenido de audio grabado dentro de contenido multimedia sincronizado” [18].</i></p>

	ChemML		
	MathML		
	timingControl		<p><i>“2.2.1 Tiempo ajustable: Para cada límite de tiempo impuesto por el contenido, se cumple al menos uno de los siguientes casos: Apagar: El usuario puede detener el límite de tiempo antes de alcanzar el límite de tiempo; o Ajustar: El usuario puede ajustar el límite de tiempo antes de alcanzar dicho límite en un rango amplio que es, al menos, diez veces mayor al tiempo fijado originalmente; o Extender: Se advierte al usuario antes de que el tiempo expire y se le conceden al menos 20 segundos para extender el límite temporal con una acción simple y el usuario puede extender ese límite de tiempo al menos diez veces; o Excepción de tiempo real: El límite de tiempo es un requisito que forma parte de un evento en tiempo real y no resulta posible ofrecer una alternativa al límite de tiempo; o Excepción por ser esencial: El límite de tiempo es esencial y, si se extendiera, invalidaría la actividad; o Excepción de 20 horas: El límite de tiempo es mayor a 20 horas” [18].</i></p>

	structuralNavigation	<p><i>“1.3.1 Información y relaciones: La información, estructura y relaciones comunicadas a través de la presentación pueden ser determinadas por software o están disponibles como texto.</i></p> <p><i>2.4.2 Titulado de páginas: Las páginas web tienen títulos que describen su temática o propósito.</i></p> <p><i>2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto): El propósito de cada enlace puede ser determinado con sólo el texto del enlace o a través del texto del enlace sumado al contexto del enlace determinado por software, excepto cuando el propósito del enlace resultara ambiguo para los usuarios en general.</i></p> <p><i>1.3.2 Secuencia significativa: Cuando la secuencia en que se presenta el contenido afecta a su significado, se puede determinar por software la secuencia correcta de lectura.</i></p> <p><i>3.3.2 Etiquetas o instrucciones: Se proporcionan etiquetas o instrucciones cuando el contenido requiere la introducción de datos por parte del usuario.</i></p> <p><i>2.4.6 Encabezados y etiquetas: Los encabezados y etiquetas describen el tema o propósito.</i></p> <p><i>2.4.8 Ubicación: Se proporciona información acerca de la ubicación del usuario dentro de un conjunto de páginas web.</i></p> <p><i>2.4.9 Propósito de los enlaces (sólo enlaces): Se proporciona un mecanismo que permite identificar el propósito de cada enlace con sólo el texto del enlace, excepto cuando el propósito del enlace resultara ambiguo para los usuarios en general.</i></p> <p><i>3.1.1. Idioma de la página: El idioma predeterminado de cada página web puede ser determinado por software.</i></p> <p><i>3.1.2 Idioma de las partes: El idioma de cada pasaje o frase en el contenido puede ser determinado por software, excepto los nombres propios, términos técnicos, palabras en un idioma indeterminado y palabras o frases que se hayan convertido</i></p>
--	----------------------	---

			<i>en parte natural del texto que las rodea" [18].</i>
	taggedPDF		

ACCESSIBILITYCONTROL	fullKeyboardControl		<p><i>“2.1.1 Teclado: Toda la funcionalidad del contenido es operable a través de una interfaz de teclado sin que se requiera una determinada velocidad para cada pulsación individual de las teclas, excepto cuando la función interna requiere de una entrada que depende del trayecto de los movimientos del usuario y no sólo de los puntos inicial y final.</i></p> <p><i>2.1.2 Sin trampas para el foco del teclado: Si es posible mover el foco a un componente de la página usando una interfaz de teclado, entonces el foco se puede quitar de ese componente usando sólo la interfaz de teclado y, si se requiere algo más que las teclas de dirección o de tabulación, se informa al usuario el método apropiado para mover el foco.</i></p> <p><i>2.4.3 Orden del foco: Si se puede navegar secuencialmente por una página web y la secuencia de navegación afecta su significado o su operación, los componentes que pueden recibir el foco lo hacen en un orden que preserva su significado y operabilidad.</i></p> <p><i>2.4.7 Foco visible: Cualquier interfaz de usuario operable por teclado tiene una forma de operar en la cual el indicador del foco del teclado resulta visible.</i></p> <p><i>2.1.3 Teclado (sin excepciones): Toda la funcionalidad del contenido se puede operar a través de una interfaz de teclado sin requerir una determinada velocidad en la pulsación de las teclas” [18].</i></p>
	fullMouseControl		
ACCESSIBILITYHAZARD	(en caso de seleccionarlo) flashing	(en caso de no seleccionarlo) noFlashingHazard	<p><i>“2.3.1 Umbral de tres destellos o menos: Las páginas web no contienen nada que destelle más de tres veces en un segundo, o el destello está por debajo del umbral de destello general y de destello rojo” [18].</i></p>

	(en caso de seleccionarlo) motionSimulation	(en caso de no seleccionarlo) noMotionSimulationHazard	<i>“2.2.2 Poner en pausa, detener, ocultar: Para la información que tiene movimiento, parpadeo, se desplaza o se actualiza automáticamente, se cumplen todos los casos siguientes: Movimiento, parpadeo, desplazamiento: Para toda información que se mueve, parpadea o se desplaza, que (1) comienza automáticamente, (2) dura más de cinco segundos y (3) se presenta en paralelo con otro contenido, existe un mecanismo para que el usuario la pueda poner en pausa, detener u ocultar, a menos que el movimiento, parpadeo o desplazamiento sea parte esencial de una actividad; y Actualización automática: Para toda información que se actualiza automáticamente, que (1) se inicia automáticamente y (2) se presenta en paralelo con otro contenido, existe un mecanismo para que el usuario la pueda poner en pausa, detener u ocultar, o controlar la frecuencia de actualización a menos que la actualización automática sea parte esencial de una actividad” [18].</i>
	(en caso de seleccionarlo) sound	(en caso de no seleccionarlo) noSoundHazard	<i>“1.4.2 Control del audio: Si el audio de una página web suena automáticamente durante más de 3 segundos, se proporciona ya sea un mecanismo para pausar o detener el audio, o un mecanismo para controlar el volumen del sonido que es independiente del nivel de volumen global del sistema” [18].</i>

Tabla 3. Relación de valores de metadatos de accesibilidad y normativa WCAG 2.0 [18].

Cabe señalar que las relaciones entre metadatos de accesibilidad y WCAG 2.0 no está dada en ningún estándar u organización, por lo cual, en el estudio que se realizó para obtener la tabla anterior se tomó en cuenta los metadatos y los valores de los mismos con los que se iba a trabajar, y se relacionó la descripción de éstos con los criterios de éxito del WCAG 2.0.

2.2.2.3. Relación metadatos de accesibilidad-discapacidades

Para el presente proyecto se hizo una investigación previa de los tipos de discapacidades más comunes que se ven afectados por la falta de accesibilidad

web, entre los cuales tenemos las discapacidades: visual, auditiva, física o motriz, psicosocial, cognitiva o intelectual y la del habla, siendo esta última omitida para este estudio, de igual manera, estas discapacidades son del nivel más alto, es decir, son generales, puesto que dentro de estas se encuentran subtipos de discapacidades y dentro de estos subtipos se encuentran otros subtipos dependiendo de cada una de las discapacidades, pero para nuestro sistema recomendador consideraremos el nivel más alto, siendo las discapacidades antes descritas.

Y dado que no existe una relación de estas discapacidades con los valores de metadatos presentados anteriormente, se realiza un análisis para relacionarlos, estas relaciones se muestran en la siguiente tabla [3]:

METADATO	VALOR	DISCAPACIDAD FAVORECE	DISCAPACIDAD AFECTA
ACCESSMODE	auditory	Visual	Auditivo
	tactile		Física-Motriz
	textual	Auditivo/visual	Cognitivo
	visual	Auditivo	Visual
	colorDependent	Cognitivo	Visual
	textOnVisual		Visual/Cognitivo
ACCESSIBILITY FEATURE	highContrastDisplay	Visual/Psicosocial	
	largePrint	Visual/Cognitivo	
	latex	Todas	
	longDescription	todas	
	tableOfContents	Visual	

	alternativeText		Visual	Cognitivo
	captions		Auditivo	
	audioDescription		Visual	Auditivo
	signLanguage		Auditivo	
	ChemML		Todas	
	MathML		Todas	
	timingControl		Cognitivo	
	structuralNavigation		Cognitivo/Visual	
	taggedPDF		todas	
ACCESSIBILITY CONTROL	fullKeyboardControl		Visual/ Físico-Motriz	
	fullMouseControl			Física-Motriz/Visual
ACCESSIBILITY HAZARD	(en caso de seleccionarlo) flashing	(en caso de no seleccionarlo) noFlashing Hazard		Cognitivo/Psicosocial
	(en caso de seleccionarlo) motionSimulation	(en caso de no seleccionarlo) noMotionSimulationHazard		Psicosocial/Visual

	(en caso de seleccionarlo) sound	(en caso de no seleccionarlo) noSoundHazard		Cognitivo/Psicosocial
--	-------------------------------------	--	--	-----------------------

Tabla 4. Relación entre valores de metadatos de accesibilidad y Discapacidades [3].

Para relacionar los valores de los metadatos con las discapacidades se dividió en dos criterios que son: las discapacidades que se ven afectada por la presencia del valor del metadato y las discapacidades que se ven favorecidas por la presencia del valor del metadato.

Esto significa que los valores de metadatos pueden afectar y favorecer a diferentes discapacidades, e incluso, un valor de metadato puede favorecer a una discapacidad y afectar a otra al mismo tiempo. Por ejemplo, longDescription, que hace referencia a descripciones largas en videos, podría favorecer a la discapacidad visual, pues al ser texto, un lector de pantalla lo podría leer sin inconveniente, lo cual sería de gran ayuda para personas que poseen algún tipo de discapacidad visual; pero a su vez, podría afectar a las personas con discapacidad cognitiva, puesto que mucho texto podría dificultar su entendimiento y lo que se pretende transmitir de manera eficaz.

2.2.3. E-Learning

E-Learning o Electronic Learning es el conjunto de estrategias, metodologías o sistemas empleados para el aprendizaje, donde se hace uso de las TIC's, con el fin de generar y transmitir el conocimiento a los usuarios. Se puede considerar como e-Learning a [28]:

- Sistemas integrales como plataformas educativas o de trabajo virtual.
- Cursos y programas colaborativos o de auto instrucción.
- Objetos de aprendizaje.
- Actividades como test o juegos de simulación.
- Actividades colaborativas, en donde el aprendizaje se da con la interacción entre usuarios.
- Actividades de autoestudio o autoformación, en las que el aprendizaje se basa en la interacción con el ordenador a través de un modelo de instrucción programada.

2.2.3.1. Habilidades e-Learning

En 2006 Holmes y Gardner definen un conjunto de “*habilidades y prácticas que se pueden utilizar en un entorno online*” [29] y lo representan a través de un marco de pétalo de flores como se presenta a continuación:



Figura 6. Habilidades de e-Learning [29].

Como se puede presenciar en la figura anterior existen habilidades comunes que se emplean en e-Learning entre las que tenemos: seleccionar, buscar, explorar, probar, colaborar, analizar, crear, discutir, aplicar, entender, sintetizar y promover, estas habilidades al contexto de e-Learning con el que se esté trabajando [29].

2.2.3.2. Ambientes virtuales de Aprendizaje

Un Ambiente Virtual de Aprendizaje es el conjunto de entornos de interacción entre personas que llevan a cabo el proceso, enseñanza-aprendizaje, a través de las herramientas digitales. Los ambientes virtuales de aprendizaje buscan trasladar el curso físico a un curso virtual en donde el contenido que emplean los docentes será digital, permitiendo la interacción del docente con el estudiante de forma más dinámica [30]. Los entornos en los cuales opera un Ambiente Virtual de Aprendizaje son: “*Conocimiento, Colaboración, Asesoría Experimentación, Gestión*” [30].

2.2.3.3. Objetos de Aprendizaje

El término objetos de aprendizaje se atribuye a Wayne Hodgins fue uno de los primeros en definir los objetos de aprendizaje (OA), en donde considera un *“OA como cualquier recurso digital que sirva como soporte al aprendizaje”* [31]. De igual forma Comité de Estándares de Tecnologías de Aprendizaje, indica: *“Los objetos de aprendizaje se definen como cualquier entidad, digital o no digital, que puede ser utilizada, reutilizada o referenciada durante el aprendizaje apoyado en la tecnología”* [31]. Entre algunos aprendizajes en los que se emplean tecnología tenemos: sistemas de entrenamiento por computadoras, ambientes de aprendizaje interactivos, sistemas de estudios a distancia, ambientes donde se realice el aprendizaje de forma colaborativa, entre otras [31].

Teniendo estas definiciones descritas podemos concluir que los OA son recursos digitales (imágenes, videos, documentos de textos, etc.), utilizados para brindar un apoyo al aprendizaje. Los OA constan de metadatos que contienen información que describen estos objetos, permitiendo así poder hacer uso de los mismos para reutilización en diversas plataformas o para una clasificación digital. Lo que permite su catalogación digital y su reutilización en diversos contextos o plataformas.

Existen varias herramientas que permiten crear objetos de aprendizaje de manera sencilla entre las que podemos indicar:

- **eXeLearning:** Es una herramienta que permite crear recursos educativos interactivos de manera sencilla, gratuita, y proporciona código abierto [32].
- **Ardora:** Es un software para docentes, que les permite crear contenidos web, de manera fácil y sin necesidad de poseer conocimientos técnicos de diseño o programación web [33].
- **JClic:** Es una herramienta desarrollada en Java de código abierto conformada por un conjunto de aplicaciones que permiten desarrollar diversos tipos de actividades educativas como: rompecabezas, ejercicios de asociaciones, ejercicios de texto, etc. [34].
- **LAMS:** Es una herramienta de código abierto para para diseñar, administrar y entregar actividades de aprendizaje colaborativo en línea [35].
- Entre otras.

Repositorios de Objetos de Aprendizaje

Los repositorios de objetos de aprendizaje permiten almacenar y categorizar los diferentes OA's que se deseen. De igual manera facilita el acceso a un conjunto de OA's dado que se tendrán los mismos en una sola fuente de almacenamiento. Para el presente trabajo de titulación se analizó y solicitó los repositorios de objetos de aprendizaje disponibles en América Latina teniendo así el siguiente repositorio:

- **Repositorio de Objetos de Aprendizaje de la Red Cedia:** ROA es una plataforma colaborativa y para la sociedad que se encuentra enfocada en crear y compartir recursos educativos abiertos [36]. Este repositorio nos facilitó el acceso a diversos Objetos de Aprendizaje de diferentes áreas, los mismos que sirvieron para analizar diferentes aspectos a tener en cuenta para el desarrollo del sistema recomendador y de igual manera posteriormente han servido para realizar pruebas del sistema.

2.3. Ontologías

En 1993, Gruber definió originalmente la noción de ontología como una *"especificación explícita de una conceptualización"* [37]. En 1997, Borst definió una ontología como una *"especificación formal de una conceptualización compartida"* [37]. En 1998, Studer et al. Fusionó estas dos definiciones afirmando que: *"Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida"*. [37]. Podemos definir una ontología como: *"una especificación explícita de una conceptualización, es decir proporciona una estructura y contenidos de forma explícita, que codifica las reglas implícitas de una parte de la realidad, independientemente del fin y del dominio de la aplicación en el que se usarán o reutilizarán sus definiciones"* [38].

La característica principal de una ontología consiste en una jerarquía de conceptos conocida como taxonomía. El uso de ontologías permite procesar el conocimiento, permitiendo así recuperar información de una manera automatizada.

Las ontologías pueden permitir la manipulación, tratamiento y almacenamiento de la información, permitiendo obtener así el conocimiento en base a hechos establecidos o a través de deducciones o inferencias generadas por el razonamiento [39].

2.3.1. Características de las ontologías

Algunas de las características más importantes de las ontologías son [38]:

- **Ontologías múltiples:** Se pueden combinar varias ontologías generando así una red ontológica, en donde cada ontología tendrá su propio conocimiento explícito.
- **Varios niveles de abstracción de las ontologías:** Niveles de abstracción para obtener una topología de ontologías.
- **Multiplicidad de la representación:** Un concepto puede ser representado de varias formas.
- **Mapeo de ontologías:** Establecer relaciones entre los elementos de una o más ontologías generando una esquematización organizada.

2.3.2. Propiedades de las ontologías

Entre las propiedades que deben cumplir las ontologías tenemos [38]:

- **Claridad:** Para así permitir que se entienda los términos definidos [38].
- **Coherencia:** Para permitir que pueda presentar el razonamiento correcto al momento de realizar inferencias [38].
- **Extensibilidad:** Para anticipar el uso de vocabulario compartido [38].
- **Sesgo de codificación mínimo (Minimal encoding bias):** Debe de especificar al nivel de conocimiento sin depender de condiciones particulares como la codificación por ejemplo [38].
- **Mínimo compromiso ontológico:** Se debe reducir el número de pretensiones o especulaciones de lo que se está modelando y centrarse en lo concreto pero sin perder detalle del mismo [38].

2.3.3. Elementos básicos de una ontología

Una ontología viene definida por elementos denominados conceptos, que tienen relación al dominio que se esté tratando. Estos conceptos son las unidades principales para la especificación. Presentan la idea base sobre la información que se está tratando. Los conceptos tienen 3 componentes básicos que son: términos, atributos y relaciones. Los términos hacen referencia a los nombres que se le da a un concepto específico, estos a su vez puedes incluir un conjunto de sinónimos para referirse al mismo. Los atributos son las características que posee un concepto y permiten describirlo de forma detallada. Las relaciones permiten enlazar diferentes conceptos y así poder generar la estructura general a la ontología [38].

Un concepto es la definición formal de una clase, a su vez una clase puede tener varias subclases y superclases. Las Instancias son la representación de los objetos determinados de un concepto. Los axiomas son *“teoremas que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología”* [38]. Por ejemplo: *“Si A y B son de la clase C, entonces A no es subclase de B”* [38].

2.4. Sistemas de Recomendación (SR)

Los sistemas de recomendaciones son herramientas que proporcionan sugerencias sobre un determinado objeto de estudio, teniendo en cuenta preferencias, necesidades e indicaciones dadas por los usuarios. Los sistemas de recomendación en la actualidad tienen un gran impacto dado que se los está empleando para filtrar y evaluar gran cantidad de información que permitan brindar una ayuda a los usuarios al momento de realizar algún tipo de búsqueda de información [39].

2.4.1. Clasificación de los sistemas de recomendación

Entre los tipos de sistemas de recomendación tenemos [40]:

- **SR con filtrado colaborativo:** Un SR colaborativo usa la información que se dispone acerca de las preferencias que poseen otros usuarios para indicar la recomendación al usuario que se esté analizando [40].
- **SR con filtrado basado en contenido:** Los SR basado en contenidos realizan la recomendación haciendo uso solamente de las preferencias del usuario al que se está analizando y los atributos de los ítems a recomendar. Este proceso se lo realiza a través de correlaciones entre los ítems para identificar cuáles son los más frecuentes asociados a un ítem por el que el usuario ha mostrado interés y por tanto recomendarlos, es decir se realiza la recomendación al usuario de un ítem similar al que el mismo usuario haya elegido con anterioridad [40].
- **SR con filtrado demográfico:** Este tipo de SR realiza la recomendación de manera similar al basado en contenido con la diferencia que en lugar de usar ítems se basa en la información demográfica en la que se encuentra el usuario [40].
- **SR con filtrado basado en el conocimiento:** Los sistemas de recomendación basados en el conocimiento buscan sondear en la información relacionada a los usuarios y los ítems de una manera más compleja y completa. Ejemplos de esto pueden ser *“los servicios financieros o cámaras digitales en donde no es suficiente con establecer propiedades del producto o ítem, sino se debe tener en cuenta algunos aspectos adicionales como la experiencia o expectativas del usuario en el objeto a recomendar”*. [40]. Las recomendaciones de los ítems están basadas en inferencias sobre las preferencias y necesidades de los usuarios [40].
- **SR con filtrado híbrido:** Los SR con filtrado híbrido se basan en la combinación de diferentes SR para realizar las recomendaciones a los usuarios, donde se incluye mayor complejidad al sistema de búsqueda y maximiza la eficiencia de los resultados mostrados a los usuarios [40].

2.5. Trabajos relacionados

El artículo: *“Towards an Ontology-based Representation of Accessibility Profiles for Learners”* propone el uso de ontologías para representar las necesidades y preferencias de accesibilidad que tienen los diferentes perfiles de aprendices, con la finalidad de generar el conocimiento de manera más estructurada y acceder a la información para recomendaciones en los sistemas OpenCourseWare, los cuales son un tipo emergente de sistemas de e-Learning, que permiten distribuir contenido educativo gratuito; para ello proponen usar y extender la ontología *“ACCESIBLE”* ampliando el conocimiento de accesibilidad al añadir los estándares del Consorcio de Aprendizaje Global de IMS. La combinación de IMS AfA y la ontología ACCESSIBLE proporciona

descripciones más detalladas de discapacidades, tecnologías de asistencia y preferencias del usuario [41].

El trabajo de fin de grado “*APLICACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD A RECURSOS EN INTERNET MEDIANTE LA EXTENSIÓN SEMÁNTICA DE HTML5*” propone un buscador que permite obtener resultados a sus búsquedas en base a las preferencias y necesidades de accesibilidad del usuario en base a perfiles que incluyen discapacidades utilizando la extensión semántica de HTML5 con los microdatos de Schema.org. De igual forma también propone diseñar herramientas para facilitar la inserción de los microdatos de accesibilidad a los publicadores de recursos. Esto da la posibilidad a cualquier usuario de que se pueda crear un perfil de accesibilidad en la plataforma y mejorar sus búsquedas para que todo el contenido que se le muestre como resultado sea totalmente aprovechable para él [42].

También, en el artículo “*Towards Recommending Accessible Open Educational Resources*”, hace énfasis en objetos de aprendizaje accesibles para personas con discapacidad, así como también la dificultad de encontrar estos recursos educativos en la web, siendo este último un gran problema para personas con discapacidades que deseen aprender o ampliar sus conocimientos sobre temas de su preferencia. Es por eso que describe la importancia de un sistema recomendador automatizado que ayude a encontrar objetos de aprendizaje accesibles en la web que satisfagan las necesidades y preferencias de accesibilidad en función de los datos contextuales y de uso de cada persona con discapacidad. Para ello brinda un enfoque holístico con el objetivo de proporcionar de manera automática a los estudiantes en línea objetos de aprendizaje accesibles apropiados para ellos [43].

Al igual que en el artículo citado en el párrafo anterior, en “*Validation of a Content Recommendation System for Learning Objects, Using Agents that Simulate Disabled People*”, describen la importancia de los sistemas recomendadores web de objetos de aprendizaje para personas con discapacidad, y la ardua tarea que deben realizar estos recomendadores. Pero el gran inconveniente es que son muy pocos los recomendadores que realizan esta tarea, considerando que la gran mayoría de estos pocos son muy limitados en sus recomendaciones puesto que es bastante difícil realizar la validación de la recomendación apropiada para la discapacidad apropiada. Por lo cual, proponen un modelo y la aplicación de un sistema multiagente que simula personas discapacitadas para realizar dicha validación. El objetivo que plantean es crear agentes con comportamientos y características de aquellos con discapacidad visual y discapacidad auditiva, y que dichos agentes evalúan los objetos de aprendizaje. Para ello, se enfocan en realizar un filtro para la validación del contenido de los objetos de aprendizaje, implementando para ese filtro ciertas reglas que controlan para que discapacidades son los contenidos encontrados. También describen la función de cada uno de los agentes que se están usando en dicho recomendador, siendo estos los *agentes de recomendación* que serán la parte principal del sistema, es decir, la son la estrategia de recomendación; aquí es donde se tiene el filtro y sus reglas para la recomendación. Otros son: Agente de interfaz, agente de control agente simulado y reglas de evaluación. Finalmente, en los resultados, nos indican que efectivamente el sistema recomienda objetos de aprendizaje accesibles para las discapacidades seleccionadas pero de manera

ineficaz, puesto que en algunas búsquedas se muestran como recomendación todos los objetos de aprendizaje y no solo los que se necesitan para esa discapacidad, lo cual concluyen que mientras más palabras escriban en el área de búsqueda, más efectiva será la recomendación [44].

En la tesis “*Ontology Based Personalisation of E-Learning Resources for Disabled Students*” considera los desafíos que enfrentan los estudiantes con discapacidades al acceder a entornos de aprendizaje existentes, específicamente las dificultades de adaptación a las necesidades de los estudiantes con discapacidades múltiples, por tal motivo propone un sistema basado en una ontología que permite presentar a los estudiantes con discapacidades, incluyendo discapacidades múltiples, un entorno de aprendizaje con materiales de aprendizaje en formatos adecuados, en base a la discapacidad y a la necesidades de los estudiantes. Este modelo de sistema de aprendizaje digital está orientado a la ontología ONTODAPS [45].

3. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA

3.1. Diseño y Construcción del Sistema

3.1.1. Requerimientos para el Desarrollo del Sistema.

En base a un estudio previo al desarrollo del sistema se determinó las principales discapacidades que se ven afectadas en la accesibilidad web, para ello se obtuvo información proporcionada por la fundación Huiracocha Tutiven, la cual nos brindó un soporte y capacitación acerca de las diferentes discapacidades, así como los modos de acceso y dificultades que poseen cada una de estas.

De igual forma se hizo un estudio previo sobre repositorios de Objetos de Aprendizaje para lo cual se contó con una capacitación presentada por representantes de la organización Cedia, en donde se indicó definiciones, funcionamiento y herramientas para el desarrollo de objetos de aprendizaje, y se resaltó la falta de metadatos de accesibilidad en los mismos.

3.1.2. Diseño y construcción de la arquitectura tecnológica del sistema.

El sistema fue desarrollado para una plataforma web con una arquitectura cliente-servidor, dado que de esta manera los usuarios podrán cargar sus objetos de aprendizaje a analizar sin necesidad de instalar ningún software y desde cualquier lugar solo haciendo uso únicamente de un navegador web e internet. Casi todo el procesamiento se realiza por el lado del servidor, permitiendo eliminar carga innecesaria en el lado del cliente.

En la parte del servidor se dispone de un sistema recomendador, el cual obtiene el razonamiento y conocimiento a través de una red ontológica, la cual se genera a partir de varias herramientas como: protege, karma, allegrograph. La red ontológica permitirá inferir el conocimiento necesario para generar la recomendación que se desea.

Dicho sistema tiene su base de desarrollo en el lenguaje de programación orientado a objetos Java, a través de una de sus arquitecturas Java Enterprise Edition que permite la creación de aplicaciones empresariales brindando un alta gama de herramientas para brindar mayor facilidad y eficacia en el desarrollo de aplicaciones web.

3.1.3. Especificaciones técnicas del Sistema

3.1.3.1. Especificaciones de hardware

Los requerimientos mínimos de hardware son:

- **Procesador:** Intel Core I5 o similar
- **Memoria RAM:** 4GB
- **Disco Duro:** 50GB de espacio libre

Los requerimientos recomendados de hardware son:

- **Procesador:** Intel Core I7 o similar
- **Memoria RAM:** 8GB
- **Disco Duro:** 100GB de espacio libre.

3.1.3.2. Especificaciones de software

En el desarrollo del sistema se usaron las siguientes especificaciones:

- **Sistema Operativo:** Distribución de Linux Arch-Linux .

Se hizo uso de este S.O. dado que se necesitan instalar algunos paquetes necesarios para el funcionamiento del sistema los mismos que son compatibles con ciertas distribuciones de Linux, sin embargo, Arch Linux brinda mayor seguridad y eficacia para trabajar con nuestro sistema, así como también alto rendimiento, lo que ahorra tiempo en el procesamiento que requiere el sistema.

3.1.4. Herramientas de software utilizadas en el Desarrollo

Previo al desarrollo del sistema se realizó un análisis de las mejores herramientas que permitan cumplir con la finalidad del sistema de mejor manera, las cuales son:

3.1.4.1. Protégé

Es una plataforma gratuita y de código abierto que permite construir sistemas inteligentes basados en el conocimiento con ontologías [46]. Protégé cuenta con aportes de la comunidad para brindar soporte de la herramienta. Los sistemas desarrollados en Protégé pueden combinarse con sistemas basados en reglas. Protege cuenta con las siguientes características [46]:

- **Comunidad activa:** Protégé cuenta con el apoyo de una comunidad activa de usuarios y desarrolladores que permiten dar soporte a inquietudes de otros usuarios [46].
- **Compatibilidad con estándares W3C:** Protégé es compatible con las especificaciones “*Web Ontology Language (OWL) y RDF de W3C*” [46].
- **Entorno de código abierto extensible:** Protégé está basado en Java y proporciona el código abierto para el desarrollo rápido de aplicaciones [46].

Se usó Protege en el sistema para generar la esquematización y diseño de las diferentes ontologías, siendo estas: ontología de discapacidades, ontología de metadatos, ontología de normativa WCAG 2.0; estas ontologías se relacionan generando nuestra red ontológica que brindara el conocimiento necesario para generar la recomendación.

- **Página oficial:** <https://protege.stanford.edu/>
- **Versión utilizada:** 5.2.0

3.1.4.2. Karma

Es una herramienta que permite la integración de la información de manera rápida y fácil a través de diferentes fuentes de datos que incluyen “*bases de datos, hojas de cálculo, archivos de texto, XML, JSON, entre otros*” [47]. Los usuarios integran la información modelando a través de ontologías que se determinen, mediante de una interfaz gráfica de usuario que permite automatizar gran parte del proceso, esto dado que Karma aprende a reconocer la asignación de datos a las clases de ontología y luego utiliza la ontología para proponer un modelo que vincule estas clases. Los usuarios pueden interactuar con este modelo generado y así poder transformar y manipular los datos. Una vez que se completa el modelo, los usuarios pueden publicar los datos integrados como archivos RDF o almacenarlos en una base de datos [47]. Karma presenta un conjunto de innovaciones, entre las que tenemos:

- **Facilidad de uso:** Karma utiliza técnicas de aprendizaje y un algoritmo de optimización de árbol Steiner para automatizar la mayor cantidad de proceso posible, permitiendo así a los usuarios finales asignar sus datos a una ontología elegida [47].

- **Fuentes jerárquicas:** Karma admite fuentes de datos jerárquicos como XML, JSON y KML.
- **API web:** Karma también admite la integración de datos desde las API web [47].
- **Modelos Semánticos:** Karma utiliza ontologías como base para integrar información. Permite combinar múltiples ontologías para poder mapear sus datos a vocabularios estándar [47].
- **Procesamiento escalable:** Karma puede utilizar los modelos en modo por lotes para integrar grandes fuentes de datos [47].
- **Transformación de datos:** Karma ofrece una interfaz de programación que permite definir scripts de transformación de datos en un formato común [47].

Se usó Karma en el sistema para el tratamiento de los datos que integra cada ontología permitiendo así generar un solo formato y conjunto de datos, los mismos que sirven como individuos para la red ontológica generada.

- **Página oficial:** <http://usc-isi-i2.github.io/karma/>
- **Versión utilizada:** v2.0.0-beta

3.1.4.3. AllegroGraph

AllegroGraph es una base de datos gráfica moderna, persistente y de alto rendimiento. AllegroGraph admite el razonamiento SPARQL, RDFS ++ y Prolog de varias aplicaciones cliente [48]. Entre algunas de las características que ofrece AllegroGraph tenemos [48]:

- Admite Transacciones: Commit, Rollback y Checkpointing.
- Ofrece Copias de seguridad en línea , recuperación en un punto en el tiempo , replicación, entre otras.
- Indización dinámica y automática: todas las tripletas están indexadas.
- Integración con MongoDB
- Seguridad de nivel triple con filtros de seguridad
- AllegroGraph alojado en la nube - Amazon EC2

SPARQL

Es un lenguaje de consulta RDF estándar del W3C, devuelve RDF, XML y otros formatos en respuesta a las consultas. El SPARQL de AllegroGraph, incluye un optimizador de consultas y tiene soporte completo para grafos con nombre [48].

Se usó AllegroGraph en el sistema como nuestra base de tripletas en donde se almacena todo el conocimiento generado por las diferentes ontologías, con sus diferentes individuos, este conocimiento se dividió en 5 contextos siendo estos: ontología DRDSchema, ontología Skos, ontología

WCAG2.0, individuos de las ontologías y generados por la aplicación web. De igual forma se utilizó AllegroGraph para generar consultas en sparql.

- **Página oficial:** <https://franz.com/agraph/allegrograph/>
- **Versión utilizada:** 6.4.3

3.1.4.4. Libre office Calc

Calc es una herramienta que permite la administración y manejo de hojas de cálculo de forma libre y gratuita [49]. Se usó Libre office Calc en el sistema para generar archivos csv en donde se organizó los datos de los individuos de las diferentes ontologías para posteriormente usarlo en el software AllegroGraph.

- **Página oficial:** <https://www.libreoffice.org/discover/calc/>
- **Versión utilizada:** 6.1.0.3

3.1.4.5. YouTube-dl

YouTube-dl es una herramienta que trabaja con línea de comandos para descargar videos de *YouTube.com* y otros sitios más. Requiere el intérprete de Python 2.6 o superior y no es específico de la plataforma [50]. Se hizo uso de esta herramienta en el sistema para determinar si un video online dispone de subtítulos, de igual forma se utilizó para determinar que un enlace es un video o algún otro contenido multimedia; finalmente se utilizó esta herramienta en conjunto con la herramienta FFMPEG para determinar si un video online contiene sonido o no.

- **Página oficial:** <https://rg3.github.io/youtube-dl/>
- **Versión utilizada:** 2018, está en constante actualización.

3.1.4.6. FFMPEG

FFmpeg es una herramienta capaz de codificar, decodificar, transmitir, filtrar y reproducir contenido multimedia auditivo de cualquier tipo [51]. En el sistema se hizo uso de esta herramienta para obtener los subtítulos de los videos offline, de igual forma se la usó para determinar si los videos y audios offline disponen de sonido.

- **Página oficial:** <https://www.ffmpeg.org/>
- **Versión utilizada:** 4.0.2.

3.1.4.7. Tesseract OCR

Tesseract es un motor de reconocimiento de texto en imágenes de código abierto, que trabaja bajo la licencia Apache 2.0. Es compatible con una amplia variedad de idiomas [52]. Se utilizó el mismo para comprobar si existe texto en las imágenes que contienen las páginas HTML de los objetos de aprendizaje.

- **Página oficial:** <https://github.com/tesseract-ocr/>
- **Versión utilizada:** 3.05.01

3.1.4.8. PhantomJS

PhantomJS es un navegador web programable con JavaScript. Brinda solución para [53]:

- **Automatización de página:** Permite acceder a páginas web y extraer información utilizando la API DOM estándar o las bibliotecas habituales como jQuery [53].
- **La captura de pantalla:** Permite Capturar de forma programada contenidos web [53].
- **Prueba de sitio web sin cabeza:** Permite ejecutar pruebas funcionales con marcos como Jasmine, QUnit, WebDriver, entre otras [53].
- **Monitoreo de red:** Permite controlar la carga y exportación de la página como archivos HAR estándar [53].

Dentro del sistema se utilizó esta herramienta para manipulación de la página web que nos permite analizar si un PDF es accesible o no, así como también para obtener capturas de los archivos html que se están manipulando.

- **Página oficial:** <http://phantomjs.org/>
- **Versión utilizada:** 2.1.1.

3.1.5. Paquetes adicionales

Para lograr cumplir con algunas funcionalidades del sistema y permitir que el mismo funcione de forma correcta se hizo uso de paquetes externos que se deben agregar al sistema.

3.1.5.1. JSoup

Es una librería de Java que permite trabajar con HTML en donde permite extraer y manipular datos, haciendo uso del DOM, CSS y métodos similares a jquery [54]. Se hizo uso de esta librería en el sistema para obtener el contenido de las etiquetas de las páginas HTML de los objetos de aprendizaje, con la finalidad de analizar dicho contenido.

- **Página oficial:** <https://jsoup.org/>
- **Versión utilizada:** 1.11.3

3.1.5.2. Java client for Franz AllegroGraph

Es el conector entre Java y base de tripletas AllegroGraph [55]. Se utilizó este conector en el sistema para poder modificar y crear tripletas en nuestra base de conocimiento presente en AllegroGraph y de igual forma para realizar consultas a la misma.

- **Página oficial:** <https://github.com/franzinc/agraph-java-client>
- **Versión utilizada:** 2.2.2-SNAPSHOT.

3.1.5.3. Apache commons-io

Es una librería de utilidades que brinda un soporte en la entrada y salida de datos [56]. Se usó esta librería en el sistema para permitir manipulaciones archivos como crear o borrar directorios y archivos, obtener nombres de archivos y obtener la extensión de los mismos.

- **Página oficial:** <https://commons.apache.org/proper/commons-io/>
- **Versión utilizada:** 2.5

3.1.5.4. OmniFaces

Omnifaces es una biblioteca de utilidades para el API JSF 2, las cuales facilitan las tareas diarias con esa API. Ésta biblioteca no se orienta a componentes o llamativos que hacen a las interfaces más amigables. Únicamente se orienta en utilidades que facilitan y ahorran tiempo al momento de realizar alguna tarea con JSF y Java. También proporciona controladores especializados para el manejo y mejora de excepciones, eventos, CDI (Context Dependency Injection, por sus siglas en inglés), manejo de sesiones, entre otros [57].

De manera adicional, brinda soluciones para las deficiencias que posee JSF, siendo una de estas, el soporte para seleccionar y manipular múltiples archivos desde la interfaz, estos últimos, justifican por qué usamos esta biblioteca para el desarrollo de nuestro sistema.

- **Página oficial:** <http://showcase.omnifaces.org/>
- **Versión utilizada:** 2.6.8

3.1.5.5. Servlet Api

El API servlet es un conjunto de clases escritas para ampliar las capacidades de un servidor web usando la plataforma Java Enterprise Edition. Esto significa que, aumenta las capacidades para trabajar en la web, pudiendo responder a cualquier tipo de solicitudes que se hagan durante la navegación, sin imponer limitaciones en el rendimiento. También tiene acceso completo a toda la familia de APIs de Java, indicándonos así, que no tiene limitaciones para trabajar con cualquier tipo de tarea que se requiera. Se utiliza especialmente para crear páginas web de forma dinámica, a partir de parámetros de petición que reciba [58].

- **Página oficial:**
<http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/servlet/index.html>
- **Versión utilizada:** 4.0.0

3.1.5.6. Primefaces

PrimeFaces es una biblioteca de código abierto que brinda componentes adicionales para Java Server Faces (JSF), los cuales, al ser enriquecidos, facilitan la creación de las aplicaciones web.

El diseño de PrimeFaces se basa en principios y objetivos bien definidos, dentro de los cuales abarcan ciertas características [59]:

- **Simplicidad y Rendimiento:** Es una biblioteca ligera pues todas las decisiones se basan en mantenerlo lo más liviano posible, enfocándose en no tener sobrecarga por desarrollos de terceros y no usar dependencias o no tener que configurar absolutamente nada.
- **Facilidad de uso:** Se centra en el principio de que *“un buen componente de interfaz de usuario debe ocultar la complejidad pero mantener la flexibilidad”* [59].
- **Retroalimentación de la comunidad:** La comunidad de esta biblioteca proporciona ideas, informes de errores, parches, entre otros, que ayudan a su desarrollo.
- **Integración con otras librerías y frameworks:** Brinda la posibilidad de usar a la par con otras librerías sin perder rendimiento o limitar su uso, pudiendo trabajar conjuntamente con richfaces, omnifaces, icefaces, Spring Framework, etc.

Esta biblioteca, enriquece los componentes de nuestro sistema recomendador, contribuyendo para que la interfaz del usuario sea más amigable y brindando facilidad a la hora de desarrollar cada interfaz que necesiten de estos componentes enriquecidos.

- **Página oficial:** <https://www.primefaces.org/>
- **Versión Utilizada:** 6.2

3.1.6. Lenguajes de programación

3.1.6.1. Java

Java es un lenguaje de programación rápido, seguro, fiable y multiplataforma que permite el desarrollo de aplicaciones tanto móviles, de escritorio y web [60].

- **Página oficial:** <https://www.java.com/es/>
- **Versión utilizada:** 1.7

Para el desarrollo del sistema se hizo uso de la plataforma de java enterprise edition.

- **Java Enterprise Edition:** Es el estándar en el software empresarial impulsado por la comunidad [61]. Java EE proporciona un conjunto potente de API que permiten minimizar el tiempo de desarrollo, la complejidad de las aplicaciones y así mejorar el rendimiento de las aplicaciones [62]. Se usó JavaEE en el sistema para crear la aplicación web que permitirá la interacción de los usuarios con el conocimiento y razonamiento generado en el análisis para la recomendación respectiva.
 - **Java Server Faces:** Java Server Faces permite construir interfaces de usuario, como páginas web, del lado del servidor [63].
 - **Página oficial:** <https://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview/index.html>
 - **Versión utilizada:** JEE 7

3.1.6.2. JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación utilizado principalmente para el desarrollo de páginas web, dado que se puede dar dinamismo a través de funciones a las páginas estáticas. Estos procesos que se generan con JavaScript se están ejecutando desde el lado del cliente a través del navegador web. Este lenguaje es de tipo intérprete dado que las secuencias

de instrucciones son analizadas por el intérprete de JavaScript del navegador web [64].

Se utilizó este lenguaje en el sistema para implementar funciones adicionales a la interfaz web. Estas funciones adicionales incluyen la manipulación de datos dinámicos que envía el servidor al cliente para la creación de una gráfica estadística, la cual, el navegador rende riza para mostrar al usuario. Esto ayuda a liberar al servidor de un consumo excesivo de memoria y procesamiento, pues parte de estos será para el cliente.

Uno de los puntos claves del uso de este lenguaje es para la ejecución de PhantomJS, pues requiere de este lenguaje para su funcionamiento, ya que mediante la ejecución de funciones se logró realizar un análisis de los archivos PDF que estén en línea o en la misma carpeta del objeto de aprendizaje. Para documentos en línea, se escribieron funciones en las que mediante la conexión a una página web para la validación de archivos PDF, se pudiera enviar como parámetro el url de dicho documento y obtener la salida que brinda la página; mientras que para los archivos que están dentro del objeto de aprendizaje, fue necesario una función que permita cargar el archivo a la página web y obtener los errores de accesibilidad del mismo.

De manera adicional, este lenguaje nos permite complementar estilos en la página conjuntamente con css, pues se usó todo un script js de bootstrap para esta tarea.

3.1.6.3. Python

Python es un lenguaje de programación de código abierto que permite trabajar e integrar los sistemas de manera más rápida y efectiva [65], es por esa razón que mediante un script escrito en Python se integró una API para la traducción de textos de inglés a español, brindando la posibilidad de traducir desde y hacia otros lenguajes. La necesidad de traducir texto se da, puesto que al realizar consultas en la base de conocimiento, ciertos datos están en inglés, por lo cual es necesario que todo lo que se muestre al usuario este en el mismo idioma, en este caso, en español.

- **Página oficial:** <https://www.python.org/>
- **Versión utilizada:** 3.7.0

3.1.7. Otros software

3.1.7.1. Docker

Docker es un software de contenedores que permite crear, administrar y proteger aplicaciones sin temor a la tecnología o limitaciones de la infraestructura [66]. Se hizo uso de este software para proporcionar un contenedor que permita instalar y hacer uso de la herramienta AllegroGraph sin preocuparse de las limitaciones tecnológicas necesarias para el uso del mismo.

- **Página oficial:** <https://www.docker.com/>
- **Versión utilizada:** 18.06.0-ce

3.1.7.2. Wildfly

Es un servidor administrado, liviano y flexible que ayuda en la creación y ejecución de aplicaciones [67]. Se hizo uso de Wildfly en el sistema recomendador, como servidor de aplicaciones en el que se mantiene ejecutado la aplicación web.

- **Página oficial:** <http://www.wildfly.org/>
- **Versión utilizada:** 11.0.0.Final

3.2. Diseño Arquitectónico del sistema

El funcionamiento del sistema viene dado por el cumplimiento del diseño arquitectónico, en donde se cumplen todas las capas propuestas, las mismas que a su vez están compuestas por varios módulos fundamentales necesarios para el correcto funcionamiento. En la siguiente figura se puede apreciar dicha arquitectura, donde se ve la relación que existe entre las diferentes capas y modelos.

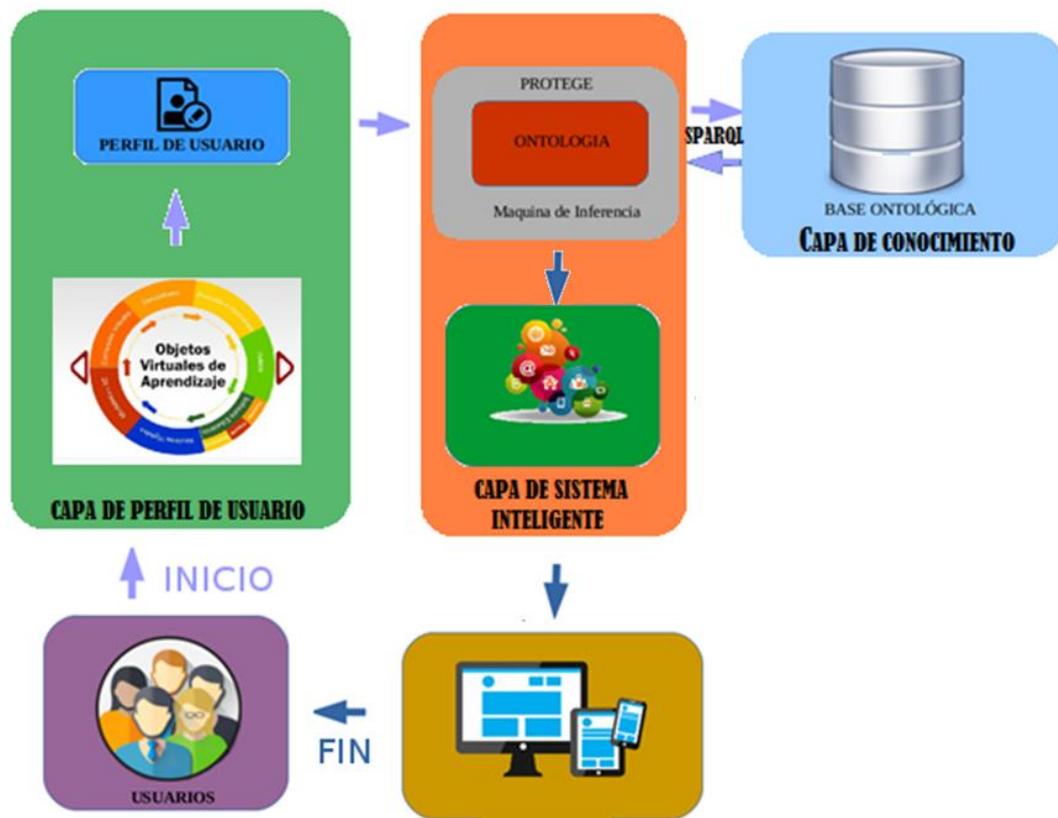


Figura 7. Diseño arquitectónico del sistema.

3.2.1. Capa de Conocimiento

Esta capa permite almacenar toda la información para generar conocimiento a través de tripletas RDF, las cuales vienen dadas por un conjunto de tres entidades que son: sujeto, predicado y objeto. Para el desarrollo del sistema se hizo uso de la herramienta AllegroGraph como nuestra base de conocimiento o base de tripletas. Esta base de datos de tripletas está conformada por la información administrada en las diferentes ontologías y conjunto de individuos que se proporcionó a la misma, dividida en 5 contextos:

- **Discapacidades:** Este contexto contiene toda la información sobre la ontología de Skos, la cual dispone de la información de las diferentes discapacidades previamente analizadas.
- **Metadatos:** Este contexto contiene toda la información sobre la ontología SchemaDRD, la cual dispone de la información de los diferentes metadatos de accesibilidad de Schema previamente analizadas.

- **WCAG 2.0:** Este contexto contiene toda la información sobre la ontología WCAG 2.0, la cual dispone de la información de las diferentes pautas y criterios de éxito previamente analizados.
- **Individuos:** Este contexto contiene toda la información sobre el conjunto de individuos que dispone cada ontología.
- **APP:** Este contexto contiene toda la información sobre los individuos necesarios analizados de los Objetos de aprendizaje.

Al disponer de toda esta información almacenada en diferentes contextos se pueden generar consultas que nos permitan crear el conocimiento implícito y explícito a través de inferencias. Para realizar dichas consultas se emplea Sparql, el cual es un lenguaje de consultas RDF estándar de W3C.

3.2.2. Capa de sistema inteligente

En esta capa es donde se crea el módulo de ontologías basándonos en discapacidades, contenidos, recursos, metadatos, entre otros, así como también se crea el módulo del sistema recomendador tomando en cuenta los mismo factores que en el módulo de ontologías, con la diferencia de que en este módulo se define un algoritmo de pasos que usa cada uno de los factores descritos.

3.2.2.1. Módulo de ontologías

Este módulo viene representado por dos secciones:

Ontologías

Para la creación de las ontologías se hizo uso de la herramienta Protégé, la cual nos permite crear el diseño de nuestras tres ontologías:

- **Ontología Skos:** Esta ontología fue diseñada haciendo uso del modelo de datos SKOS para indicar las diferentes discapacidades que se analizaron para tener en cuenta en el sistema, siendo estas: visual, auditiva, física o motriz, cognitiva o intelectual y psicosocial.
- **Ontología DRDSchema:** Esta ontología proporciona información de los metadatos seleccionados relacionados a la descripción de recursos digitales, entre los que tenemos: AccessMode, AccessibilityFeature, AccessibilityHazard, AccessibilityControl. De igual forma esta ontología nos presenta las relaciones que existen con el resto de ontologías, así como con el Objeto de Aprendizaje.
- **Ontología WCAG2.0:** Esta ontología proporciona información de la normativa de accesibilidad web WCAG 2.0 en donde se pudo filtrar como información fundamental para el sistema, las diferentes pautas y criterios de éxito, a los cuales está relacionado los valores de los metadatos de accesibilidad de Schema indicados.

De igual forma se utilizó la herramienta karma en donde se organizó toda la información de individuos que posee cada ontología.

- **Conjunto de individuos de las ontologías:** En este contexto se encuentra toda la información relacionada a los individuos correspondientes a las ontologías descritas anteriormente, entre los cuales tenemos: los valores de los metadatos de accesibilidad de Schema seleccionados, las diferentes discapacidades seleccionadas, los criterios de éxito y pautas de accesibilidad seleccionados, entre otros.

Posteriormente se generó individuos desde la aplicación web para permitir completar el conocimiento necesario para la recomendación de nuestro sistema.

- **Individuos generados desde la aplicación web:** En este contexto se encuentra toda la información necesaria para el conocimiento que proporciona la aplicación web, como información necesaria de los objetos de aprendizaje a ser analizados.

Dichas ontologías interactúan entre sí para formar nuestra red ontológica que nos permitirá generar el conocimiento que se obtendrá posteriormente a través de consultas e inferencias.

Inferencias

El sistema recomendador usa el razonamiento generado a través de las inferencias que se realizan en el conocimiento almacenado en nuestra base de datos de tripletas con el fin de determinar manera implícita las recomendaciones que se deben presentar al usuario en base a los perfiles que ha determinado y al objeto de aprendizaje que desea analizar.

3.2.2.2. Módulo del sistema recomendador

En este módulo, se define un algoritmo en el que se indican los pasos necesarios para analizar y presentar la recomendación a los usuarios de acuerdo al perfil seleccionado y la salida que brinda el módulo de ontología, tomando en cuenta, que el sistema recomendador se basa en los contenidos del objeto de aprendizaje y en el conocimiento generado por la red ontológica, esto significa que el sistema recomendador es de tipo híbrido tanto “basado en contenidos” como también “basado en conocimiento”.

Algoritmo

A continuación se describen los pasos que sigue el sistema para realizar la recomendación a los usuarios:

1. Obtener valores de metadatos de la base de conocimiento filtrados por las discapacidades seleccionadas a través de inferencias en la red ontológica = **valores metadatos filtrado**.
2. Realizar un análisis al contenido del objeto de aprendizaje, esto incluye HTMLs, JS y CSS = **Análisis del contenido**.
3. Obtener valores de metadatos a través del *análisis del contenido* del OA=**posibles valores metadatos** y **Resultado del Análisis de contenido**.
4. Match entre valores de metadatos obtenidos en el paso 1 y 2 = **valores de metadatos aplica**.
5. Obtener valores de metadatos en documentos HTML = **valores metadatos en documentos HTML**.
6. Match entre *valores de metadatos aplica* con *valores metadatos en documentos HTML* = **valores de metadatos reales**.
7. Poblar la base de conocimiento con los documentos del objeto de aprendizaje generando de esta manera tripletas de nodos en blanco = **nodos en blanco**.
8. Generar tripletas de las relaciones de cada uno de los documentos con los metadatos que se encuentran en la base de conocimiento tomando como base los *nodos en blanco* = **tripletas de las relaciones**.
9. Query para número de valores de metadatos que favorecen y afectan a las discapacidades seleccionadas para metadatos que contienen y no contienen los documentos HTML = **Sumatoria valores metadatos por discapacidad por documento**.
10. Query para número de valores de metadatos que favorecen a las discapacidades seleccionadas para metadatos que contienen y no contienen los documentos HTML = **sumatoria valores metadatos favorecen por discapacidad por documento**.
11. División entre *sumatoria valores metadatos favorecen por discapacidad por documento* para *sumatoria valores metadatos por discapacidad por documento* = **valores metadatos por discapacidad normalizados por documentos**.
12. Suma de *valores metadatos por discapacidad normalizados por documentos* = **subtotal de accesibilidad por discapacidad del OA**.
13. División entre *subtotal de accesibilidad por discapacidad del OA* para *número de documentos HTML* = **subtotal de accesibilidad por discapacidad del OA normalizados**.

14. Multiplicación de *subtotal de accesibilidad por discapacidad del OA normalizados por 100* = **Porcentaje de accesibilidad por Discapacidad del OA.**
15. Query para obtener los criterios de éxito que cumple el OA por discapacidad partiendo de los *valores de metadatos reales* = **criterios de éxito que cumple OA por discapacidad.**
16. Obtener contenido accesible encontrado del *Resultado del análisis de contenido* = **contenido accesible encontrado.**
17. Obtener contenido accesible no encontrado del *Resultado del análisis de contenido* = **contenido accesible no encontrado.**
18. Obtener consideraciones generales del *Resultado del análisis de contenido* = **consideraciones generales.**

Representación Gráfica del Algoritmo

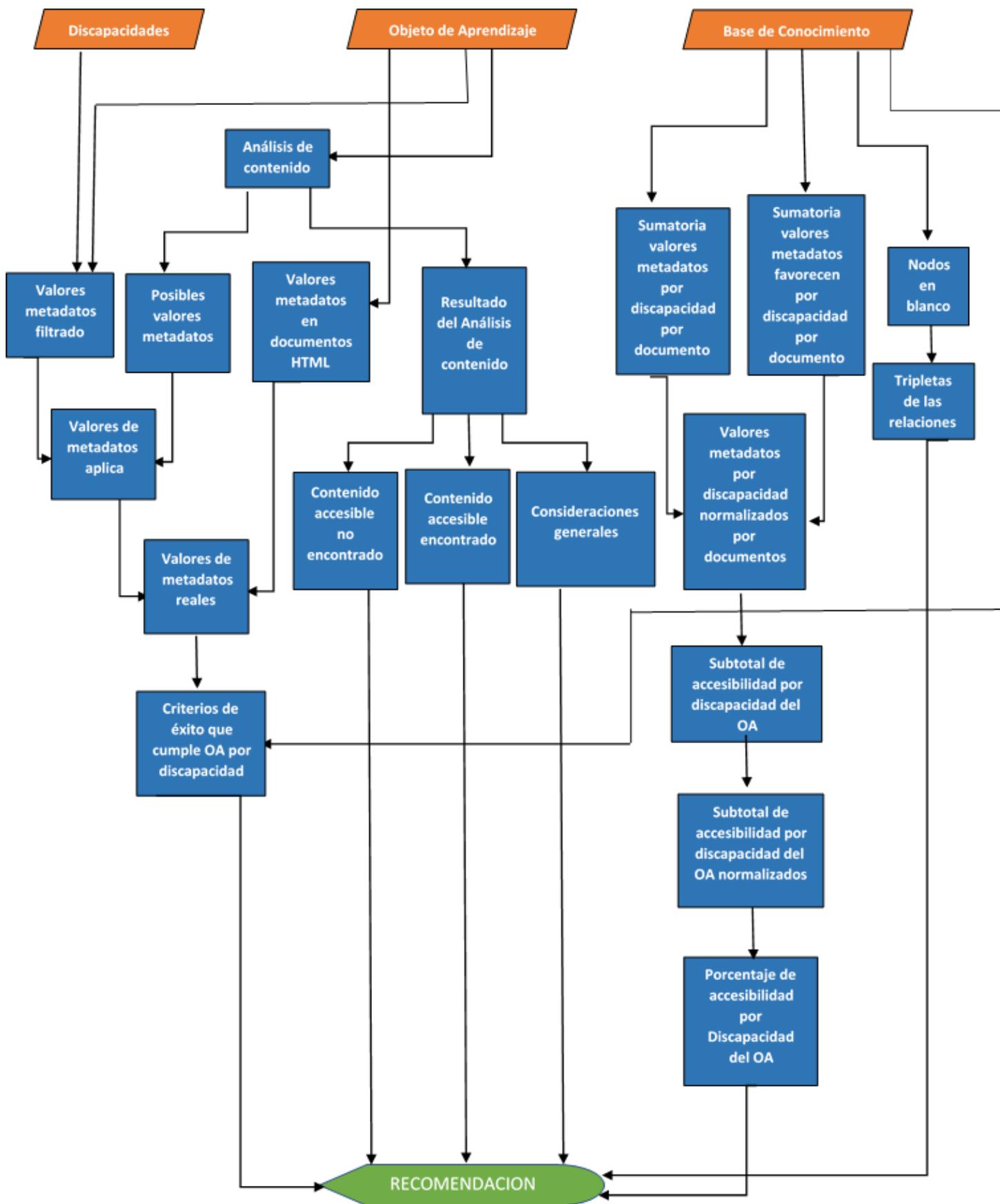


Figura 8. Representación grafica del algoritmo.

3.2.3. Capa de perfil de usuario

Esta capa es la que permite la interacción del usuario con el sistema, mediante una aplicación web desarrollada a través del lenguaje de programación Java haciendo uso de su arquitectura JEE, la misma que brinda un conjunto de componentes para el desarrollo de aplicaciones, entre la que hacemos uso de JSF, la cual es un frameworks para aplicaciones Java y permite hacer el despliegue de páginas web. Esta aplicación web permite al usuario analizar sus objetos de aprendizaje con el fin de comprobar la accesibilidad del mismo para diferentes perfiles de usuario que vienen representados por un conjunto de discapacidades previamente analizadas.

3.3. Diseño detallado del sistema

3.3.1. Diagrama de clases

Para realizar el desarrollo del sistema previamente se definió las clases con las que se iba a trabajar por lo que se diseñó el diagrama de clases del sistema que se realizó en java, el mismo que cuenta con 17 paquetes y subpaquetes, y con un total de 55 clases, las cuales tienen sus respectivas relaciones. A continuación se presenta la esquematización del diagrama generado, dividida en dos figuras, dado que el diagrama resulta muy extenso y no se logra apreciar en una sola; la primera figura presenta el empaquetado de las clases y las relaciones de las mismas, y la segunda presenta las diferentes clases con sus métodos y atributos.

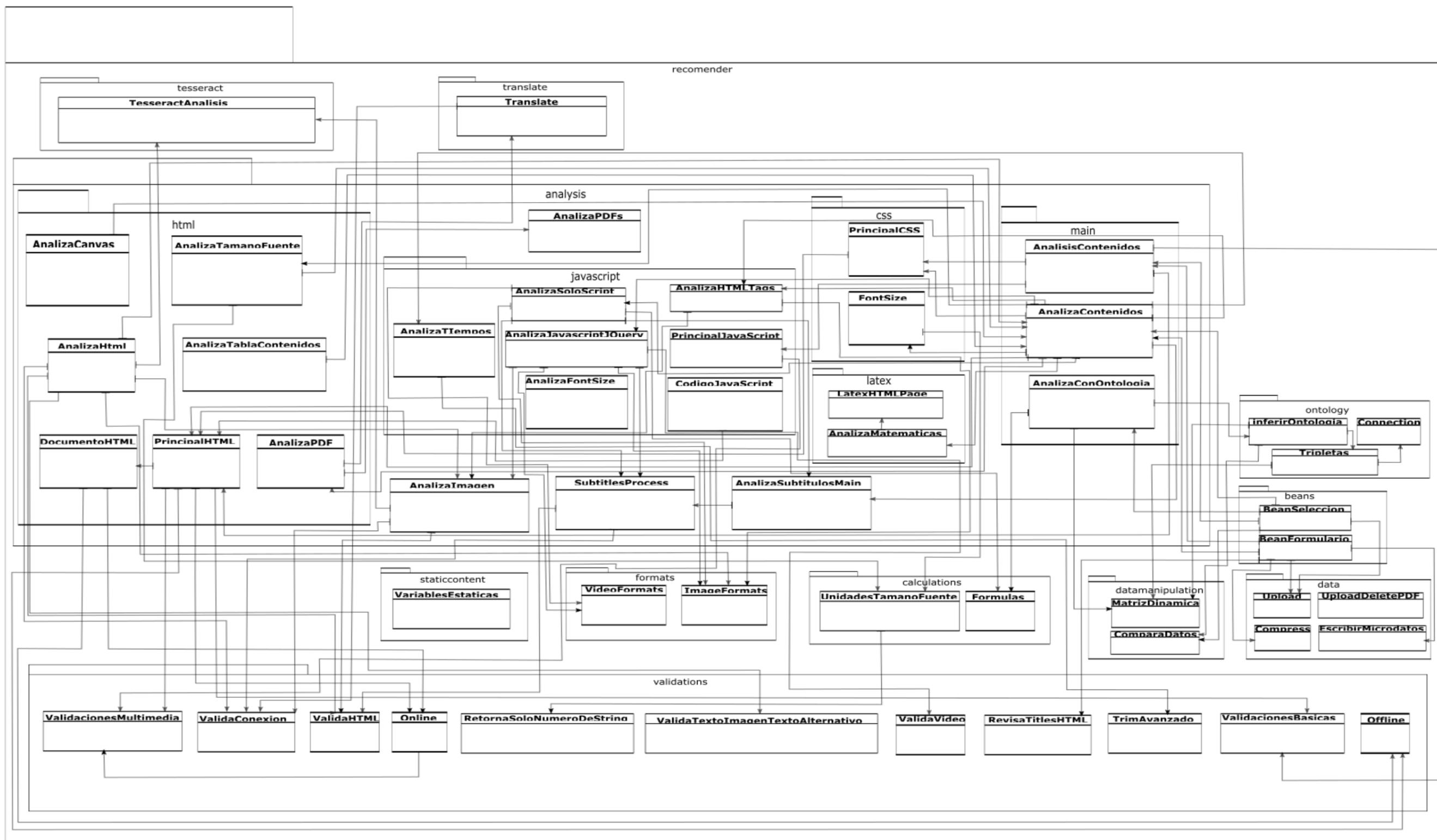


Figura 9. Diagrama de clases

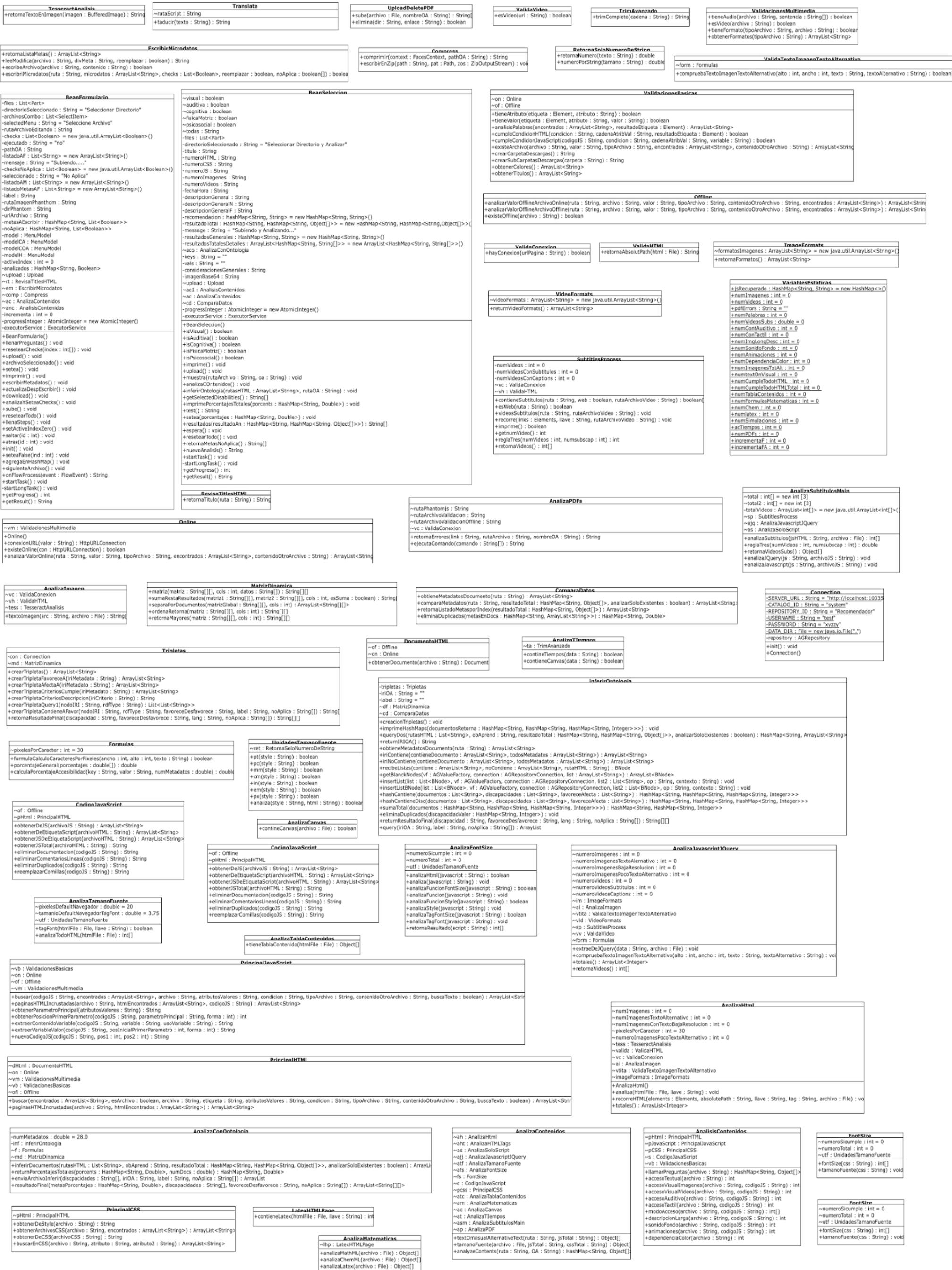


Figura 10. Clases con sus atributos y métodos.

3.3.2. Red ontológica

3.3.2.1. Skos

Simple Knowledge Organization System (SKOS, por sus siglas en inglés), Sistema de Organización de Conocimiento Simple, es un modelo de datos común para compartir y vincular los sistemas de organización del conocimiento a través de la Web Semántica [68]. Existen muchos sistemas de organización de conocimiento que comparten una estructura común y son usados en aplicaciones muy similares, tales como: “*tesauros, taxonomías, sistemas de encabezamientos temáticos*” [68], entre otros. SKOS permite el intercambio de datos y tecnología entre diferentes aplicaciones [68]. También considera a los sistemas de organización de conocimientos como un esquema conceptual que comprende un conjunto de conocimientos [68], los cuales se los identifican con IRIs (Identificadores de Recursos Internacionalizados), brindando la posibilidad de que cualquiera pueda referirse a ellos desde cualquier contexto.

El esquema RDF SKOS

El esquema RDF (Marco de Descripción de Recursos) de SKOS, define una ontología OWL, en la cual se encuentran todas las clases, propiedades de objetos, propiedades de datos, entre otras, para explicitar el conocimiento de los diferentes sistemas de organización que conforman a este esquema.

Dentro de este esquema RDF, se tomará la clase `concept` como la clase discapacidades, para adaptarlo a la red ontológica, convirtiendo así, las discapacidades, en conceptos de la clase `concept`.

Las discapacidades que conforman los conceptos de la clase `concept` son: Visual, Auditiva, Cognitiva, Física/Motriz y Psicosocial.

En la Figura 11, se muestra parte del modelo de datos SKOS, modificada la clase `concept`, con sus respectivos conceptos:

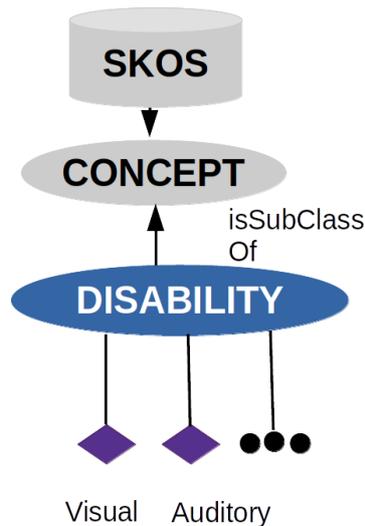


Figura 11. Clase concept con las instancias de discapacidades.

3.3.2.2. WCAG 2.0

Web Content Accessibility GuideLines 2.0 (WCAG 2.0) son las Pautas de Accesibilidad para Contenido Web, que cubre una alta gama de recomendaciones para hacer que el contenido web sea accesible [18] para diferentes tipos de discapacidades.

WCAG 2.0 OWL

El OWL de WCAG 2.0 es parte del proyecto “*Accessibility Assessment Simulation Environment for New Applications Design And Development*” de Accessible Consortium [69], en el cual podemos encontrar varias ontologías (OWL) que son específicas para accesibilidad web. Entre ellos, destaca la OWL de WCAG 2.0 que contiene todas las pautas, criterios de éxito, técnicas, e incluso pruebas del funcionamiento de esta ontología.

También se encuentra una descripción para cada pauta, criterio, técnica, y para todas las clases e instancias que posee la misma.

Para la red ontológica propuesta, a este OWL, se le añade una descripción en español y en inglés a cada una de las pautas y criterios de éxito con sus respectivas etiquetas de lenguaje, esto, con el objetivo de poder proporcionar una descripción en los dos idiomas antes especificados.

En la Figura 12, se presenta esta ontología de manera limitada a las clases e instancias que se van a usar.

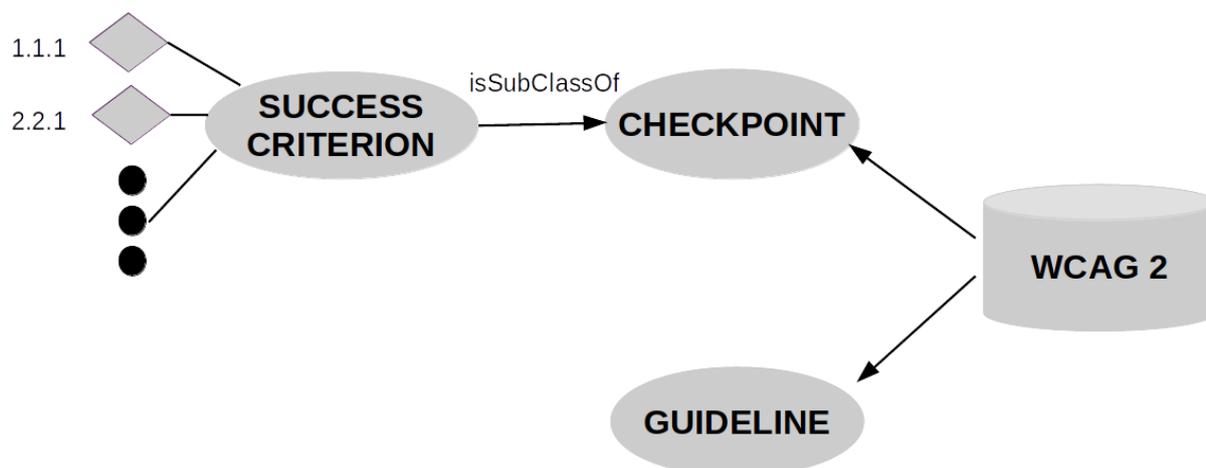


Figura 12. Parte de la ontología WCAG 2.0

3.3.2.3. DRDSchema

Para la red ontológica, se consideran a los Recursos Digitales (DRD) en los metadatos de Schema, específicamente Creative Work, para lo cual se determinan 28 valores de metadatos de accesibilidad frecuentemente empleados, los cuales son clasificados en 4 metadatos: accessibilityHazard, accessibilityFeature, accessibilityControl y accessMode. Esto se lo hace en virtud de que Schema es el estándar de metadatos con mayor aplicabilidad.

Con ello, ya podemos diseñar la ontología denominada DRDSchema, tal como se muestra en la Figura 13.

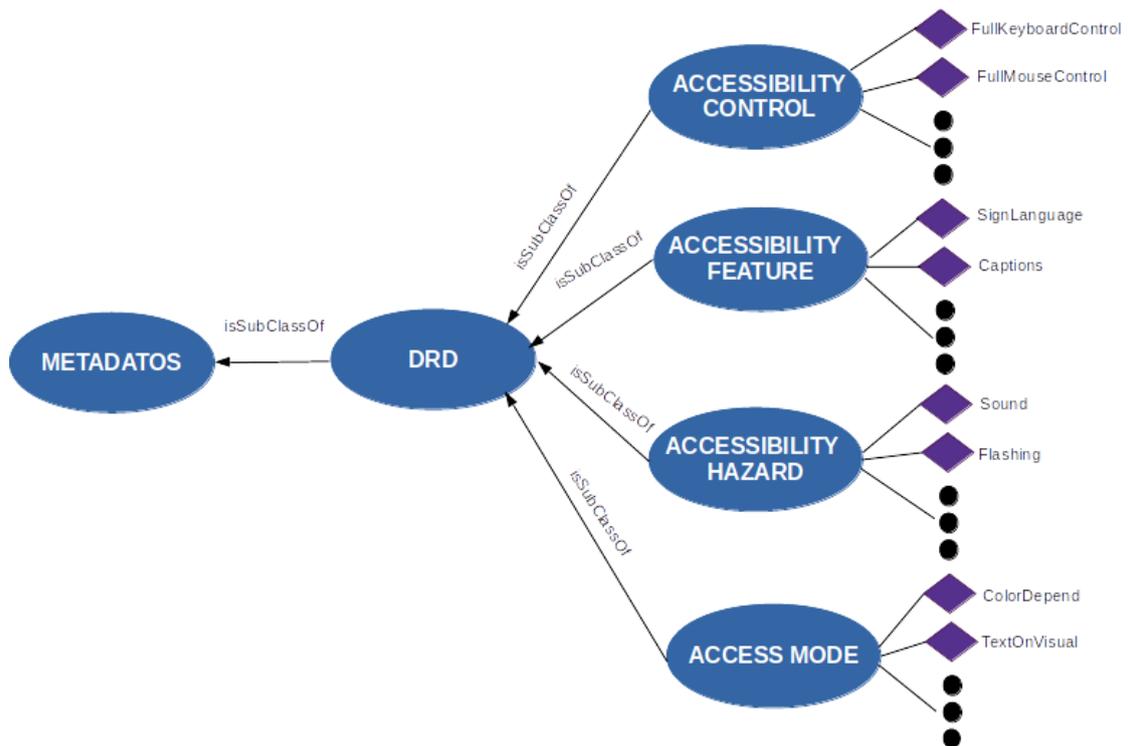


Figura 13. Jerarquía en Protégé de las clases e individuos de la ontología

3.3.3. Esquema red ontológica

Con las ontologías definidas y diseñadas en Protégé se tiene el conocimiento de cada área que se pretende tratar, pero de manera dispersa por lo que se diseñó una red ontológica en la cual se relacionan las ontologías a través de propiedades de objetos y sus respectivas inversas, la cual permite tener el conocimiento a través de una esquematización conceptual sistematizada completa para el ámbito que se pretende tratar.

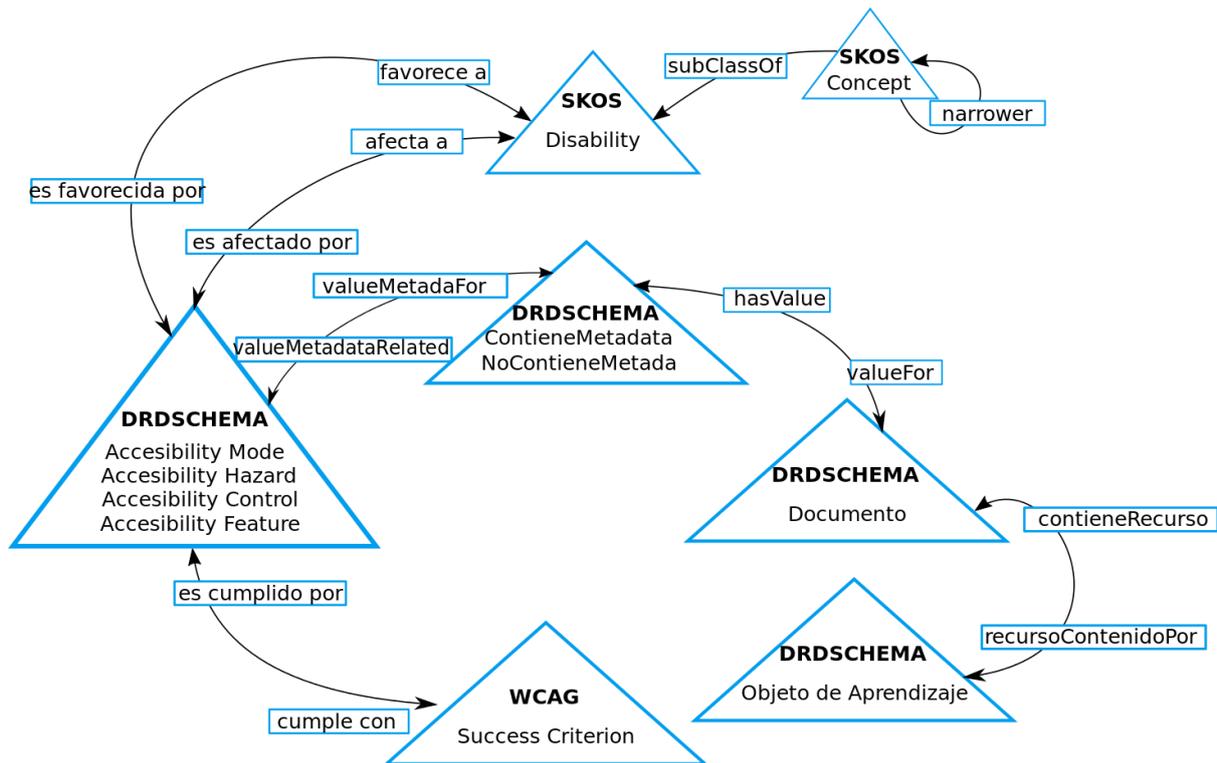


Figura 14. Esquema de la red ontológica desarrollada.

3.4. Desarrollo e implementación del sistema

Luego de realizar las correspondientes investigaciones y obtener los datos necesarios para el desarrollo del sistema, se procede, como primer punto, a realizar la red ontológica en la herramienta Protégé.

Para ello, se divide esta tarea por cada uno de los módulos ontológicos que se van a usar, siendo estos: Skos, WCAG 2.0 y DRDSchema.

Pero antes de esto, se debe tener muy en cuenta ciertos conceptos clave que se usarán en la ontología:

- **IRI:** Las ontologías y sus elementos son identificados mediante IRIs, que son Identificadores de Recursos Internacionalizados (Internationalized Resources Identifiers, por sus siglas en inglés), los cuales son identificadores únicos para cada uno de los elementos que conforman la ontología y para la ontología. Son como IDs que no se pueden repetir por ningún motivo. Su estructura es la siguiente: `<http://www.accesiblemetada.com/DRDSchema#DRD000020>`. Donde a partir del inicio hasta el símbolo # indica el IRI general o base de la ontología, mientras que lo que le sigue al símbolo # representa específicamente a un elemento de la ontología incluyendo la misma.

- **Nodos en Blanco:** Un nodo en blanco representa a un recurso que no está identificado o no contiene IRI. Estos se usan en situaciones donde no es necesario especificar un recurso dentro de la ontología. Al no tener un IRI, su estructura es de la siguiente manera: `_:b3641F3D2x491078`.

3.4.1. Skos

Para hacer uso y manipular este modelo ontológico, simplemente se importa en Protégé el archivo skos. Owl que se explicó anteriormente. Una vez importado, podemos navegar por las diferentes clases y propiedades de objetos que nos ofrece esta ontología.

- **Clases:** Esta ontología nos ofrece 5 diferentes clases, cada una para diferentes usos con una jerarquía clara y ordenada, estas clases son: Collection, Ordered Collection, Concept Scheme, Concept y rdf: List. Para la red ontológica únicamente se tomará en cuenta la clase **Concept** que, al ser una subclase de **Concept Scheme**, es necesario tomar en cuenta esta última también para no perder la jerarquía de Skos, aunque siempre se puede usar simplemente la clase **Concept**, sin depender de ninguna otra. En la siguiente Figura, se muestra el listado de las clases que ofrece la ontología Skos y las jerarquías de las mismas.

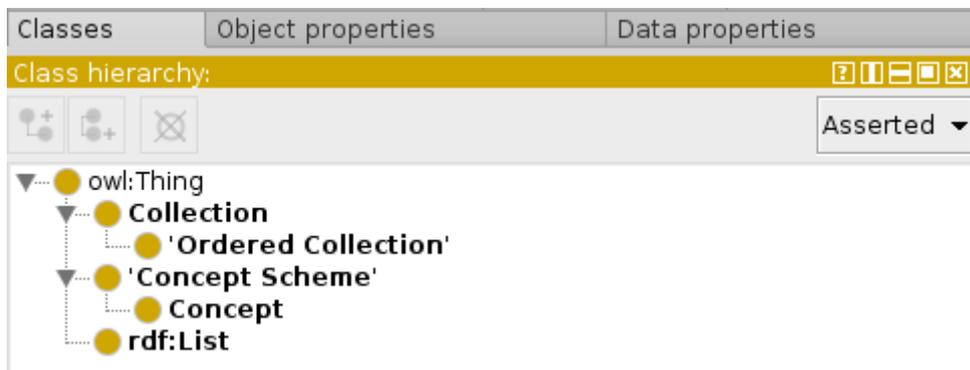


Figura 15. Jerarquía de clases de la ontología Skos.

Como se puede observar, todas las clases, sin importar su jerarquía, son subclases de la clase **owl:Thing**, esto sucede porque en el lenguaje ontológico, todas las clases, propiedades de objetos, instancias, etc., son considerados **cosas**, como en el lenguaje java, todo es considerado objetos, se maneja la misma lógica en este caso, es por eso que la raíz o el nivel más alto de la jerarquía es la clase **owl:Thing**.

Como ya se mencionó, para la red ontológica simplemente se usará la clase concepto que tiene un nivel tres de granularidad o profundidad dentro del árbol de jerarquía.

- **Propiedades de Objetos:** Son varias las propiedades de objetos que ofrece la ontología Skos, de las cuales podemos citar las más importantes:
 - **has member:** Esta propiedad de objeto indica que una clase tiene como miembro a alguna instancia o clase de la misma.
 - **is in scheme:** Esta propiedad de objetos indica que una clase o instancia está en el esquema especificado.
 - **has related:** Indica que algún individuo, propiedad de objeto o clase tiene alguna relación con otra u otro.
 - **has broader:** Se utiliza para afirmar un enlace jerárquico directo entre dos conceptos de la ontología Skos. Esta propiedad de objeto indica que un elemento tiene abarca a otro concepto de manera general, es decir, es una relación que indica que un concepto **A** se vincula con un concepto **B** pero de manera general, que todo lo que contenga **B** va a tener relación con **A**.
 - **has narrower:** Al igual que la propiedad de Objetos **has broader**, también se utiliza para afirmar un enlace jerárquico directo entre dos conceptos de la ontología Skos, con la diferencia de que este no indica una relación de forma general, sino una más específica, es decir, indica que un concepto **A** se vincula con un concepto **B** pero de manera específica, es decir, que no todo lo que contenga **B** va a vincularse con **A**.

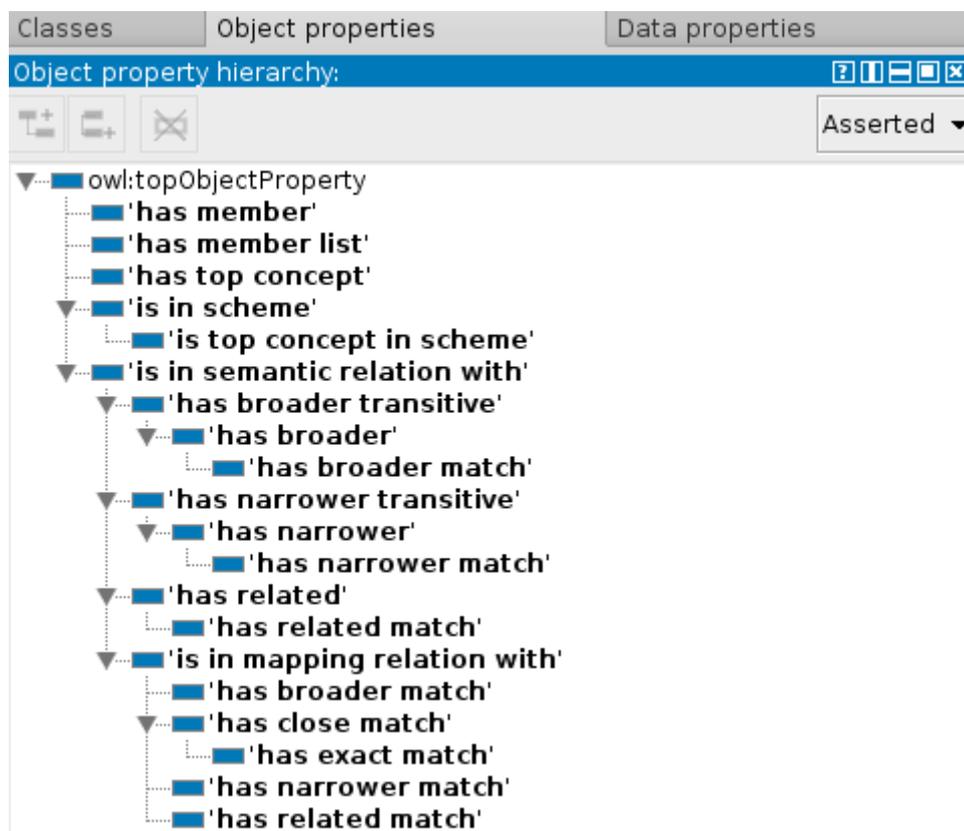


Figura 16. Propiedades de objeto de la ontología Skos.

Para la clase Concept, se usa la relación **has narrower** que ya está definida por Skos, esta relacion sera entre los conceptos que definiremos más adelante.

3.4.2. WCAG 2.0

Al igual que con la ontología Skos, la ontología de WCAG, se la importa en la herramienta protégé. Para ello se usa el archivo wcag2.owl que se describió anteriormente. Una vez importado el archivo owl a la herramienta, se puede observar varias clases e individuos o instancias que conforman este modelo ontológico.

Esta ontología no describe ninguna Propiedad de Objeto, puesto que las define como anotaciones.

- **Clases:** Las clases que conforman esta ontología son 10, las cuales están jerarquizadas de una manera que mantenga las jerarquías de la normativa WCAG definidas de manera teórica.
En la siguiente Figura se puede apreciar cada una de las clases y sus respectivas subclases.

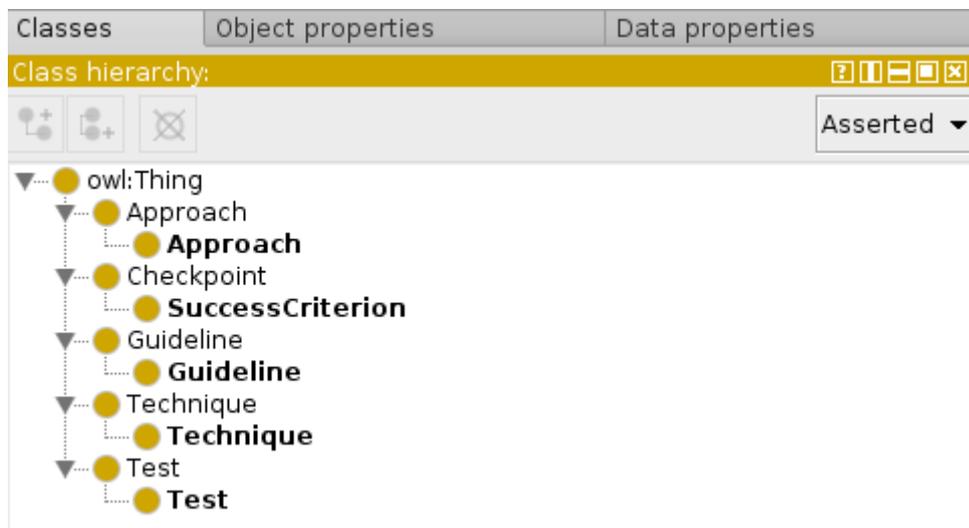


Figura 17. Clases de la ontología WCAG 2.0

Como se puede ver en la imagen anterior, todas las clases, sin importar su jerarquía, son subclases de la clase **owl:Thing**, ya que todo lo que comprende una ontología son tomadas como cosas.

También podemos observar que cada subclase tiene el nombre de su clase padre a excepción de **SuccessCriterion** con **Checkpoint**, esto es porque WCAG lo define de esta manera para facilidad de uso.

De todas las clases, se tomarán en cuenta únicamente **SuccessCriterion** y **GuideLines**, esto, porque en la tabla 3 se definieron la relación entre criterios de éxito y metadatos.

- **Instancias:** Ésta ontología, también nos brinda todas las instancias o individuos que la conforman, siendo estas instancias cada una de las técnicas, criterios de éxito y pautas que conforman la normativa. En la siguiente Figura se puede apreciar algunas de las instancias que se usarán en la red ontológica.

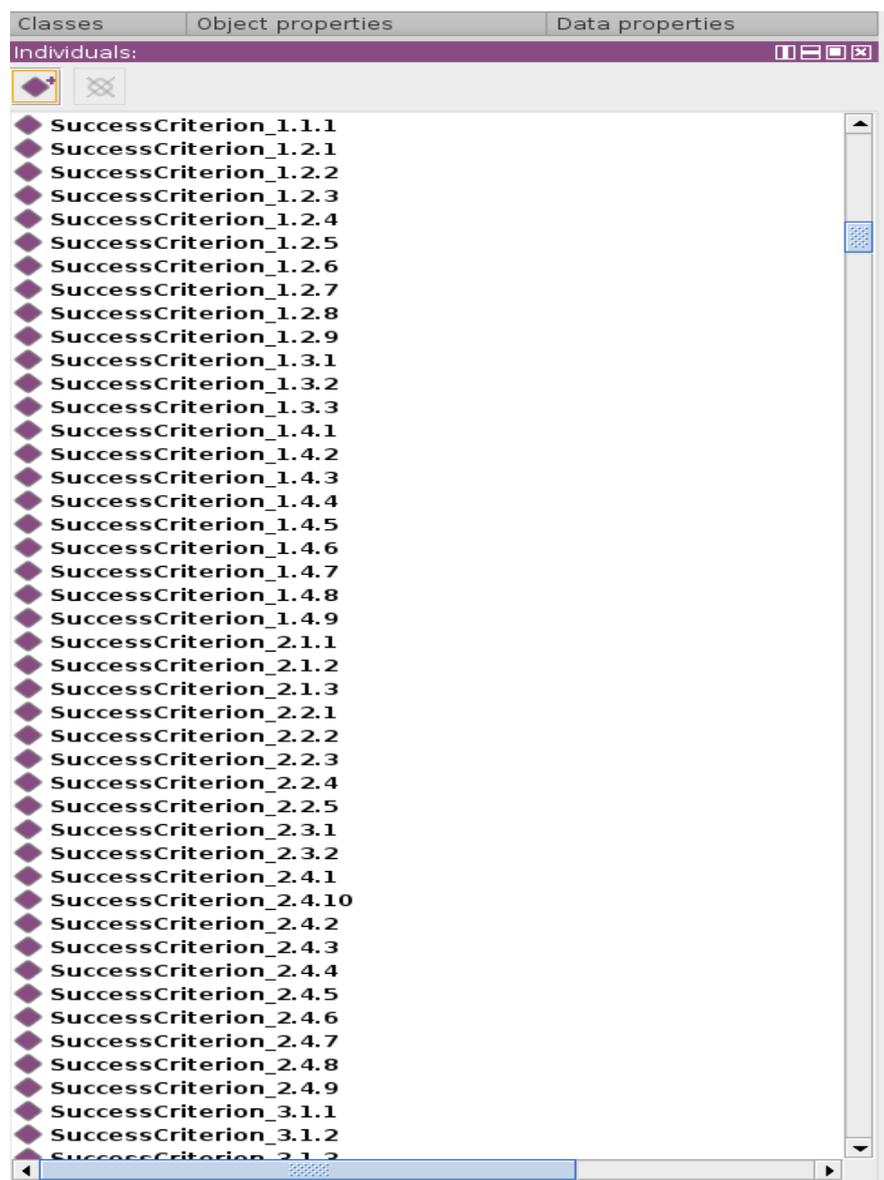


Figura 18. Instancias de la ontología WCAG 2.0

Para cada una de estas instancias, se tradujo a español sus descripciones, puesto que la recomendación que hará el sistema será en este idioma.

3.4.3. DRDSchema

Este modelo ontológico se lo diseña y desarrolla completamente, teniendo como base los modelos ontológicos antes descritos.

Al ser bases importantes los modelos ontológicos anteriores, es necesario importar cada una de las clases que se van a utilizar en la red ontológica para de esta manera esquematizar en la herramienta protege de manera más fácil y, sobretodo, poder definir las relaciones que existirán entre cada modelo ontológico. Esto significa que este modelo ontológico será quien relacione todos los modelos ontológicos, formando de esta manera, la red ontológica.

- **Clases:** El número de clases que contendrá esta ontología es de 12, con una jerarquía únicamente para cada uno de los metadatos. Esta jerarquía partirá de la clase Metadatos hasta cada uno de los metadatos como subclases.

Mientras que las clases importadas desde las otras ontologías, no tendrán ninguna jerarquía, puesto que simplemente son representaciones de la clase original de los otros modelos ontológicos. De igual manera, las clases para la parte dinámica de la red ontológica, serán definidas en este modelo sin ninguna jerarquía, tal como se muestra en la siguiente figura.

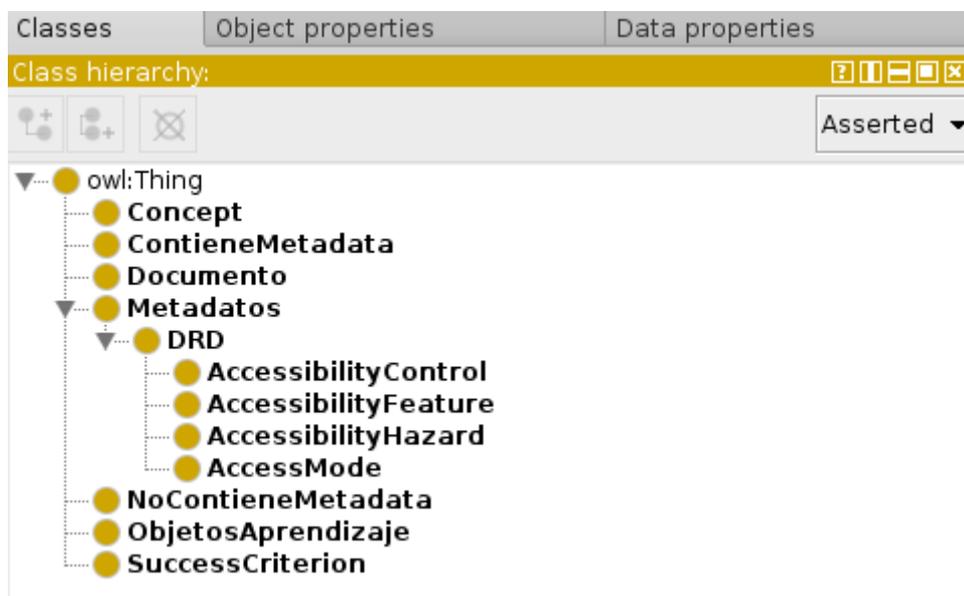


Figura 19. Clases de la ontología DRDSchema.

Tal como se aprecia en la Figura anterior, se han creado las 10 clases e importado las dos necesarias, pero no se puede apreciar cuales son las clases que conforman la parte dinámica de la ontología, por lo cual el funcionamiento de cada una de las clases se describe a continuación:

- **Parte Estática:** Las clases que indican la parte estática de la ontología son: **Metadatos**, **DRD**, **AccessibilityControl**, **AccessibilityFeature**,

AccessibilityHazard y **AccessMode**. La primera indica que todas sus subclases serán **Metadatos**, la segunda indica que los metadatos se van a categorizar como DRD (Digital Resource Description), y las 4 últimas, son los nombres de los metadatos.

- **Clases Importadas:** Las clases que se importaron desde las ontologías Skos y WCAG2.0 son **Concept** y **SuccessCriterion**.
- **Nodos en Blanco:** Los nodos en blanco se van a generar en la parte dinámica de la ontología. Estos nodos son instancias que se van a crear cuando se inferencia cada uno de los documentos y el objeto de aprendizaje en general en la ontología, es decir, los nodos en blanco representan un recurso dentro de la ontología.

Los nodos en blanco tienen una estructura completamente diferente a las instancias que se definen normalmente en una ontología. Una de estas grandes diferencias es que no poseen IRI.

Son necesarios los nodos en blanco en la red ontológica porque se pueden inferir objetos de aprendizaje cuyos documentos HTML tengan el mismo nombre, lo cual, al inferir dos documentos con el mismo nombre sin hacer uso de nodos en blanco, el razonador de la red ontológica eliminará todos los duplicados, perdiéndose datos; en cambio, con los nodos en blanco se evita esta eliminación de datos, por lo tanto, se evita la pérdida de los mismos.

- **Parte Dinámica:** La parte dinámica indica que en dichas clases se van a agregar individuos o instancias cada vez que se analiza un objeto de aprendizaje en el sistema, es por este motivo que es necesario definir todas las clases que debería tener la red ontológica para que el sistema recomendador funcione de manera adecuada. Las clases que conforman la parte dinámica son: **ObjetoAprendizaje**, **Documento**, **ContieneMetadata** y **NoContieneMetadata**.
 - **ObjetoAprendizaje:** En esta clase, se van a crear todos los nodos en blanco que representan a cada uno de los Objetos de Aprendizaje que se están analizando, así como también se creará un label que indique el nombre del objeto de aprendizaje, adicionando a este nombre, la fecha y la hora en la que se está analizando.
 - **Documento:** En esta clase, se creará un nodo en blanco por cada uno de los documentos de un objeto de aprendizaje que se está inferenciando, como las ocurrencias de que dos objetos de aprendizaje tengan el mismo nombre de documento (index.html, por ejemplo), es necesario que sea un nodo en blanco para que no se eliminan duplicados. Al igual que para el objeto de aprendizaje, se creará un label con el nombre del documento y, la fecha y hora en la que se analizó.
 - **ContieneMetadata** y **NoContieneMetadata:** En estas dos clases, se crean nodos en blanco que representan a los metadatos tanto que contiene el archivo HTML como los metadatos que no contienen, esto, con el fin de no mezclar la parte estática con la dinámica.

- **Propiedades de Objetos:** Se definen 6 propiedades de objetos con sus respectivas propiedades inversas, dando un total de 12, propiedades de objetos, estas propiedades de objetos son las relaciones descritas en la tabla 4, donde describe la relación entre el esquema DRDSchema y Skos, y en la tabla 3, donde se describe la relación entre DRDSchema y WCAG2.0. En la siguiente figura se puede apreciar estas propiedades de objetos.

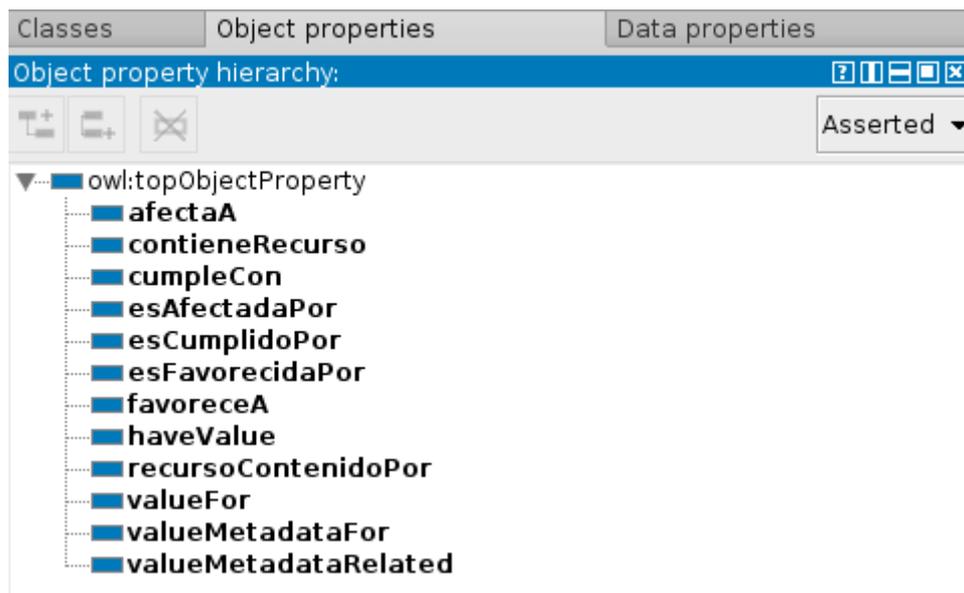


Figura 20. Propiedades de objeto para la red ontológica.

En la Tabla 5 se muestran las propiedades de objetos que relacionan los esquemas para formar la red ontológica.

ESQUEMA ORIGEN	PROPIEDAD DE OBJETO	ESQUEMA DESTINO
DRDSchema	favorece a	CONCEPT - SKOS
DRDSchema	afecta a	CONCEPT - SKOS
DRDSchema	cumple con	WCAG 2.0

Tabla 5. Propiedades de objetos que relacionan cada uno de los esquemas.

Como se puede observar en la tabla anterior, se tienen tres diferentes propiedades de objetos, de las cuales, dos de ellas relacionan DRDSchema con CONCEPT - SKOS, es decir, los valores de metadatos de accesibilidad con las diferentes discapacidades antes mencionadas.

Esto se debe a que un metadato de accesibilidad puede favorecer a una discapacidad al encontrarse, pero también, al mismo tiempo, podría afectar a otra.

Una vez que se tienen las propiedades de objetos para relacionar cada uno de los esquemas, es conveniente crear nuevas propiedades de objetos inversas, pues facilitan al momento de realizar consultas sparql.

En la Tabla 6, podemos observar las propiedades de objetos inversas de las que se muestran en la Tabla 5.

ESQUEMA ORIGEN	PROPIEDAD DE OBJETO	ESQUEMA DESTINO
CONCEPT - SKOS	es favorecida por	DRDSchema
CONCEPT - SKOS	es afectada por	DRDSchema
WCAG 2.0	es cumplida por	DRDSchema

Tabla 6. Propiedades de objetos inversas.

Es importante mencionar que también se definen las propiedades de objetos que apuntan a la sección dinámica de la ontología, estas propiedades de objeto se describen en la siguiente tabla:

CLASE ORIGEN	PROPIEDAD DE OBJETO	CLASE DESTINO
ObjetoAprendizaje	contieneRecurso	Documento
Documento	recursoContenidoPor	ObjetoAprendizaje
Documento	haveValue	ContieneMetadatos/ NoContieneMetadatos
ContieneMetadatos/ NoContieneMetadatos	valueFor	Documento
ContieneMetadatos/ NoContieneMetadatos	valoreMetadatosFor	AccessibilityControl/ AccessibilityFeature/ AccessibilityHazard/ AccessMode
AccessibilityControl/ AccessibilityFeature/ AccessibilityHazard/ AccessMode	valueMetadatosRelated	ContieneMetadatos/ NoContieneMetadatos

Tabla 7. Propiedades de objetos de la sección dinámica de la ontología.

3.4.4. Integración de Información en Karma

Como último paso para la red ontológica, es necesario integrar cada uno de los individuos de cada uno de los esquemas ontológicos (SKOS, WCAG 2.0 y DRDSchema). Para esta tarea, se deben definir, en formato csv cada una de las relaciones entre instancias de cada uno de los esquemas, en la siguiente tabla se presenta parte del iris utilizados en el archivo csv:

IRI_SUCCESS_CRITERION	IRI_DRD_SCHEMA_METAS_VALUES	IRI_DRD_SCHEMA_METAS_CLASS	IRI_DRD_SCHEMA_DISABILITIES_FACTOR	IRI_DRD_SCHEMA_DISABILITIES_AFFECTS
	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#auditory	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#DRD000006	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Visual	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Auditory
	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#tactile	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#DRD000006	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Visual	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Physical
	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#textual	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#DRD000006	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Auditory	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Cognitive
	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#textual	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#DRD000006		http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Visual
	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#visual	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#DRD000006	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Auditory	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Visual
http://www.AccessibleOntology.com/WCAG2.owl#SuccessCriterion_1.4.1	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#colorDependent	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#DRD000006	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Cognitive	http://www.accesiblemetada.com/DRD Schema#Visual

Tabla 8. Muestra de los iris de individuos de la red ontológica.

Una vez definida las relaciones entre los diferentes esquemas e individuos de los mismos, se procede a importar el archivo csv en la herramienta *Karma*, la cual detecta de forma automática todas las columnas y los datos que posee el archivo. En la siguiente figura se puede apreciar el archivo csv importado en karma.

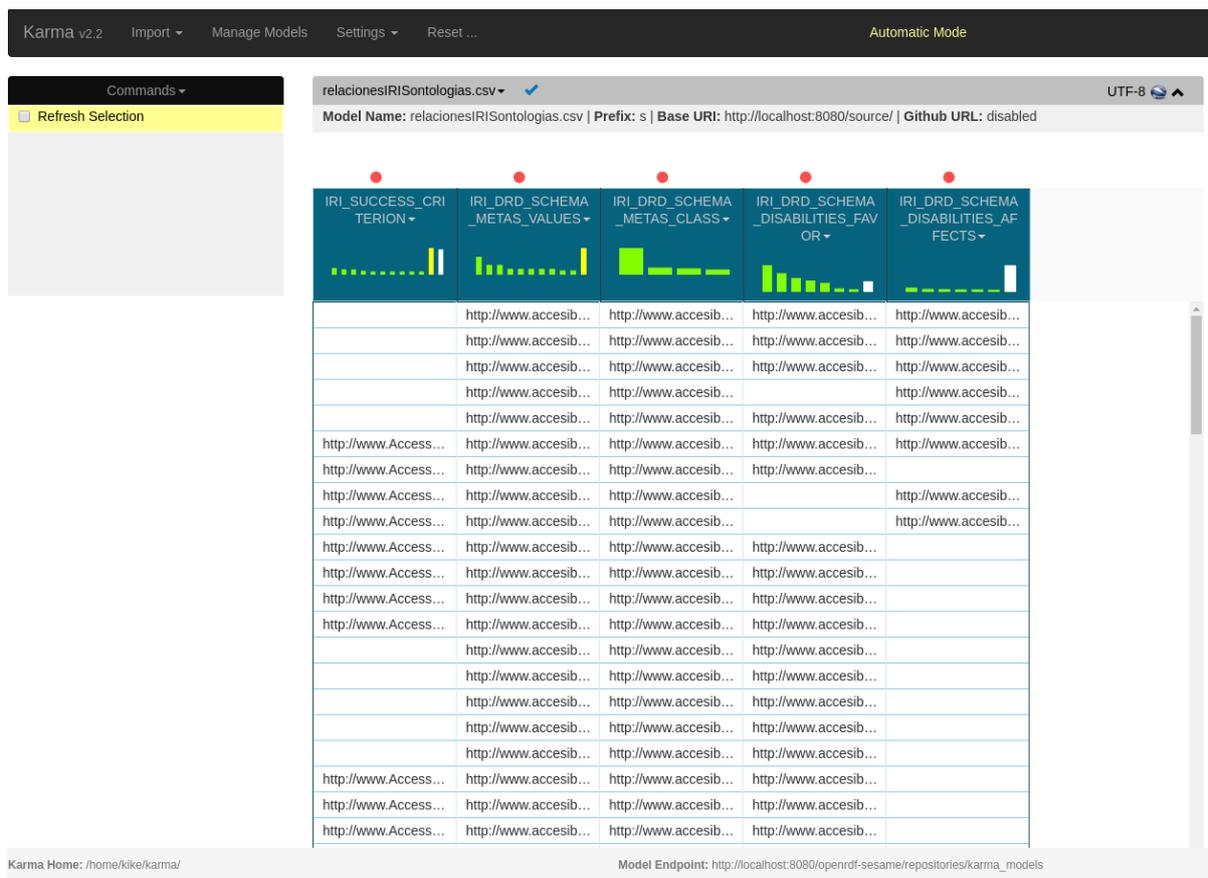


Figura 21. Migración de datos del archivo csv en Karma.

Luego de importar el archivo csv en la herramienta *Karma* y antes de continuar con el uso y configuración de las relaciones en esta herramienta para cada fila que se aprecia en la figura anterior, es necesario importar también los modelos ontológicos antes descritos, Skos, WCAG 2.0 y DRDSchema. Esto, con el fin de indicar a la herramienta que debe usar dichos modelos para conocer a cuales pertenece cada uno de los individuos.

Una vez que se diseñan cada una de las relaciones necesarias, se procede a exportar el esquema que se muestra de la siguiente figura como tripletas para su posterior almacenamiento en la base de conocimiento AllegroGraph.

Contexto	Modelo Ontológico
<http://www.recomendador/context#Skos>	SKOS
<http://www.recomendador/context#wcag2>	WCAG 2.0
<http://www.recomendador/context#DRD>	DRDSchema
<http://www.recomendador/context#Individuos>	Instancias generadas en karma
<http://www.recomendador/context#app>	Parte Dinámica

Tabla 9. Contextos de los modelos ontológicos.

Cada uno de los contextos contiene a cada uno de los modelos ontológicos a excepción de los dos últimos, los cuales, el primero de ellos, es un contexto para las instancias generadas por la herramienta karma.

Mientras que el siguiente contexto, es específicamente para la parte dinámica de la ontología, la aplicación web interactuara con este para realizar las diferentes inferencias con los objetos de aprendizaje y cada uno de los archivos que contenga.

3.4.5.1. Querys en SPARQL sobre la Base de Conocimientos AllegroGraph

Teniendo ya almacenados cada uno de los modelos ontológicos y los individuos generados por karma, se procede a realizar algunas consultas necesarias para el funcionamiento tanto de la red ontológica como del sistema recomendador en general.

El siguiente query, se lo usa para obtener la suma total por discapacidad de los metadatos que favorecen a su respectiva discapacidad, así como también solo los metadatos que contiene el documento, y filtrado por los metadatos que no se apliquen al documento del objeto de aprendizaje, teniendo la posibilidad de hacer a dicho query dinámico para adaptarlo tanto a discapacidades que afectan y que no estén dentro del documento analizado.

```

# View triples
PREFIX sch:<http://www.accesiblemetada.com/DRDSchema#>
PREFIX rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX skos:<http://www.w3.org/2004/02/skos/core#>
SELECT ?documento ?label ?discapacidad (count(?de)as ?numFavorece) {
  #obtiene los nodos en blanco que representan al documento
  _:b3641F3D2x230574 sch:DRD000021R ?documento.
  #obtiene los nodos en blanco del ContieneMetadata y NoContieneMetadata
  ?documento sch:DRD000016R ?s.
  #obtiene los nodos en blanco de los metadatos
  ?s sch:DRD000017R ?m.
  #obtiene el label de los documentos html
  ?documento rdfs:label ?label.
  #que solo sea de tipo ContieneMetadata
  ?s rdf:type sch:DRD000014 .
  #afectaA
  #?s sch:DRD000007R ?de.
  #favoreceA
  ?s sch:DRD000009R ?discapacidad.
  #Filtro por metadatos
  filter(?m not in (sch:textuall, sch:visuall, sch:noMotionSimulationHazard)).
}
group by ?documento ?label ?discapacidad ?numfavorece #?d #?numfa
order by ?label

```

Figura 23. Query para obtener el total de metadatos que favorecen a determinadas discapacidades.

Luego de ejecutar el query anterior en AllegroGraph, se obtienen los siguientes resultados:

	discapacidad	numFavorece
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_01/10/2018 00:21:28"	sch:Physical	"2"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_01/10/2018 00:21:28"	sch:Visual	"3"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_01/10/2018 00:21:28"	sch:Cognitive	"4"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_01/10/2018 00:21:28"	sch:Auditory	"2"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_01/10/2018 00:21:28"	sch:Psychosocial	"3"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_29/09/2018 16:03:00"	sch:Auditory	"2"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_29/09/2018 16:03:00"	sch:Psychosocial	"3"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_29/09/2018 16:03:00"	sch:Physical	"2"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_29/09/2018 16:03:00"	sch:Visual	"3"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/bibliografa.html_29/09/2018 16:03:00"	sch:Cognitive	"4"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/fortalece_tu_mente.html_01/10/2018 00:21:31"	sch:Auditory	"2"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/fortalece_tu_mente.html_01/10/2018 00:21:31"	sch:Psychosocial	"3"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/fortalece_tu_mente.html_01/10/2018 00:21:31"	sch:Physical	"2"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/fortalece_tu_mente.html_01/10/2018 00:21:31"	sch:Visual	"3"
RCA.war/uploads/1-1 OA Sistemas de Numeracion profudizacion/fortalece_tu_mente.html_01/10/2018 00:21:31"	sch:Cognitive	"4"

Download using format SPARQL JSON

Figura 24. Resultados de la ejecución del query anterior.

Donde cada una de las columnas significan lo siguiente:

- **Documento:** Son los nodos en blanco que representan a cada uno de los documentos del objeto de aprendizaje.
- **Label:** son cada uno de los labels de los documentos de cada nodo en blanco, el label es la ruta del documento con la fecha y la hora del análisis.
- **Discapacidades:** Son cada una de las discapacidades que los metadatos favorecen (aunque modificando el query, se puede mostrar las discapacidades de los metadatos que afectan).
- **NumFavorece:** Son el número total de metadatos que favorecen a la discapacidad.

Otros de los Querys necesarios para el sistema recomendador se muestra en la siguiente figura, donde se extrae cada criterio de éxito de la normativa wca 2.0, así como también su respectiva descripción en español, e inclusive, la discapacidad que dicho criterio está favoreciendo y afectando a partir del metadato al que está relacionado.

```
# View triples
PREFIX sch:<http://www.accesiblemetada.com/DRDSchema#>
PREFIX rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX skos:<http://www.w3.org/2004/02/skos/core#>
PREFIX wca:<http://www.AccessibleOntology.com/WCAG2.owl#>
PREFIX g:<http://www.AccessibleOntology.com/GenericOntology.owl#>
SELECT ?Metadato ?WCAG ?Descripcion ?Discapacidad_Favorecida
?Discapacidad_Afectada{
  #obtiene los metadatos que sean de tipo DRD
  ?Metadato rdf:type sch:DRD000002.
  #Obtiene las descripciones de los criterios de exito
  #relacionados con los metadatos encontrados
  optional{?Metadato sch:DRD000011R ?WCAG.
  ?WCAG g:hasDescription ?Descripcion}.
  #indica que los metadatos tienen que ser los que favorecen
  #a las discapacidades
  optional{?Metadato sch:DRD000009R ?Discapacidad_Favorecida}.
  #también indica que los metadatos tienen que ser los que
  #afectan a las discapacidades
  optional{?Metadato sch:DRD000007R ?Discapacidad_Afectada}.
  #indica que la descripción de los criterios de éxito
  #deben ser en español
  FILTER(lang(?Descripcion)="es").
  #indica que la discapacidad debe ser física
  #varia de acuerdo a las discapacidades que el usuario haya
  #seleccionado en la aplicación web
  FILTER(?Discapacidad_Favorecida=sch:Physical).
  #indica que el metadato debe ser control total con el
  #teclado (varia de acuerdo a los metadatos que
  #contenga el documento
  FILTER(?Metadato = sch:fullKeyboardControl).
}
order by ?Metadato
```

Figura 25. Query para obtener los criterios de éxito relacionados a los metadatos.

Al ejecutar el query anterior, se obtienen los siguientes resultados:

Metadato	WCAG	Descripción	Discapacidad Favorecida	Discapacidad Afectada
sch:fullKeyboardControl	SuccessCriterion_2.4.3	"Orden del foco: Si se puede navegar secuencialmente por una página web y la secuencia de navegación afecta su significado o su operación, los componentes que pueden recibir el foco lo hacen en un orden que preserva su significado y operabilidad. (Nivel A)"		sch:Physical
sch:fullKeyboardControl	SuccessCriterion_2.1.3	"Teclado (sin excepciones): Toda la funcionalidad del contenido se puede operar a través de una interfaz de teclado sin requerir una determinada velocidad en la pulsación de las teclas. (Nivel AAA)"		sch:Physical
sch:fullKeyboardControl	SuccessCriterion_2.1.2	"Sin trampas para el foco del teclado: Si es posible mover el foco a un componente de la página usando una interfaz de teclado, entonces el foco se puede quitar de ese componente usando sólo la interfaz de teclado y, si se requiere algo más que las teclas de dirección o de tabulación, se informa al usuario el método apropiado para mover el foco. (Nivel A)"		sch:Physical
sch:fullKeyboardControl	SuccessCriterion_2.4.7	"Foco visible: Cualquier interfaz de usuario operable por teclado tiene una forma de operar en la cuál el indicador del foco del teclado resulta visible. (Nivel AA)"		sch:Physical

Download using format SPARQL JSON

Figura 26. Resultado de la ejecución del query anterior.

Donde cada una de las columnas significan lo siguiente:

- **Metadato:** Es el metadato obtenido.
- **WCAG:** Es el criterio de éxito obtenido.
- **Descripción:** Es la descripción del criterio de éxito en español.
- **Discapacidad Favorecida:** Son las discapacidades a la que favorece dicho metadato.
- **Discapacidad Afectada:** Son las discapacidades a las que afecta el metadato.

3.4.6. Aplicación Web

Una vez que ya se tiene la base de conocimientos completamente funcional, se procede a desarrollar la aplicación web, la cual, consiste en multicapas, pues tiene un total de 55 clases distribuidas por 17 paquetes.

La aplicación no solo funciona como intermediario entre el usuario y la base de conocimientos, sino también, en esta, se realizará el análisis de los contenidos de cada uno de los archivos html, JavaScript y css de los objetos de aprendizaje, con el fin de encontrar metadatos de accesibilidad y verificar si los metadatos encontrados coinciden con los del documento html, en caso de que ese no sea el caso, y el documento html no contenga los metadatos resultantes al analizar, los metadatos del análisis tendrán más peso sobre los metadatos del documento html.

Adicionalmente, la aplicación web también permite escribir metadatos de accesibilidad sobre los archivos html del objeto de aprendizaje a través de un formulario que el usuario deberá responder. En la siguiente figura se muestra la estructura de la aplicación web multicapa:

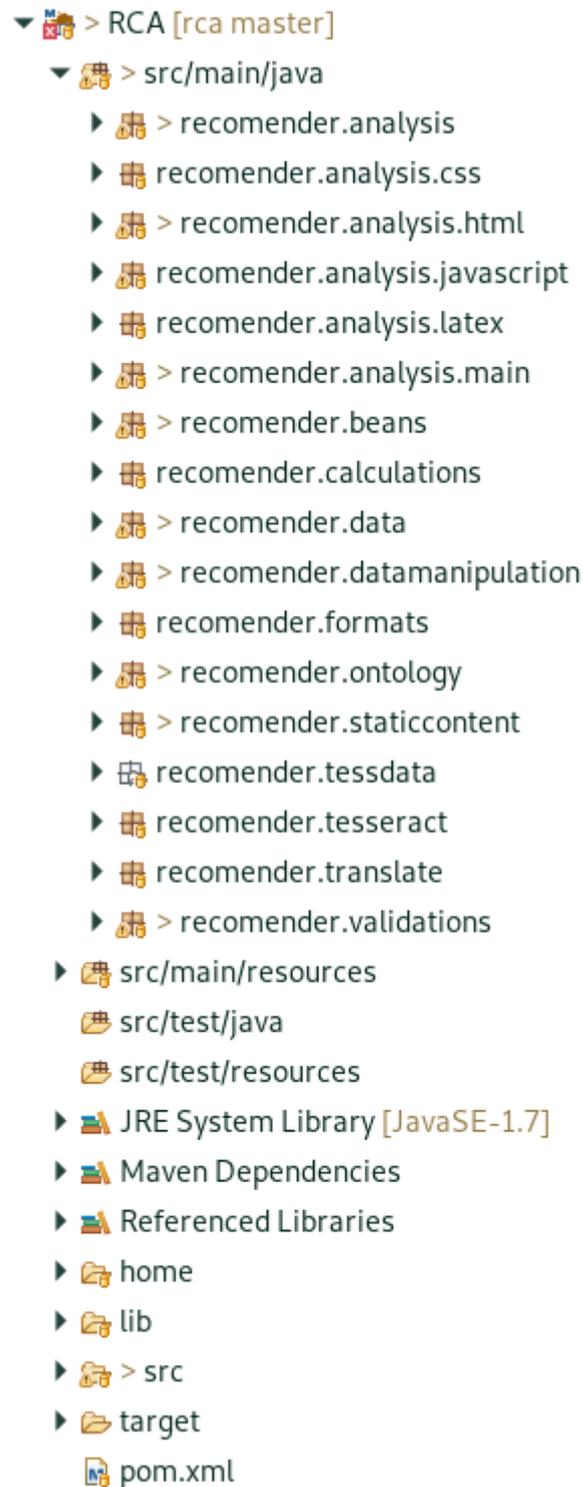


Figura 27. Estructura de la aplicación Web multicapa.

Como se aprecia en la figura anterior, la aplicación web está conformada por varias capas, en la cual, la más importante es la de análisis, la cual contiene todas las clases necesaria para realizar el análisis del contenido, así como también contiene las clases necesarias para la conexión con la base de conocimiento y la interacción con la misma.

3.4.6.1. Fórmulas Necesarias Para la Recomendación

Para determinar el porcentaje de accesibilidad de un objeto de aprendizaje para las diferentes discapacidades que desea analizar el usuario a través del sistema recomendador, se hizo uso de un conjunto de fórmulas matemáticas, relacionadas unas con otras para brindar el resultado final del nivel de accesibilidad.

La primera fórmula indica el número de veces que se repite una discapacidad por cada documento html, esto se hace a través de una sumatoria en donde se obtiene las discapacidades a las que está relacionado cada metadato en cada objeto de aprendizaje, en donde d_i indica cada documento html que contiene el objeto de aprendizaje, mt_j indica cada metadato que contiene o no contiene el documento html y finalmente las discapacidades relacionadas a dicho metadato representado por D .

Esta relación entre metadatos con discapacidades viene dada a través de dos opciones que son la discapacidad favorecida con la presencia del metadato y la discapacidad que se ve afectada. Esta sumatoria se realiza para el total de números de metadatos representado por k .

$$S^D(d_i) = \sum_{j=0}^k (d_i, mt_j, D)$$

Figura 28. Fórmula para obtener las discapacidades por cada metadato de cada archivo html.

Posteriormente se extenderá la fórmula representada en la figura anterior, en donde se divide la fórmula en las dos opciones posibles para las discapacidades, ya sea favorecidas (D_f) o afectadas (D_a) con la presencia de cada metadato.

$$S^D(d_i) = \sum_{j=0}^k (d_i, mt_j, D_f) + (d_i, mt_j, D_a)$$

Figura 29. Fórmula para obtener las discapacidades afectadas y favorecidas por cada metadato de cada archivo html.

Como se presentan en la figura anterior se sabe las discapacidades afectadas y favorecidas con la presencia de cada metadato por cada archivo html, por lo que se debe añadir el análisis de las discapacidades afectadas y favorecidas con la ausencia de los metadatos que no posee los archivos html. Por tal motivo se extenderá la fórmula de la figura anterior indicando los metadatos que contiene cada archivo html a través de mtc y los metadatos que no contiene a través de mnc .

$$S^D(d_i) = \sum_{j=0}^k ((d_i, mtc_j, D_f) + (d_i, mtc_j, D_a)) + ((d_i, mtnc_j, D_f) + (d_i, mtnc_j, D_a))$$

Figura 30. Fórmula para obtener las discapacidades afectadas y favorecidas con la presencia y ausencia de metadatos en los archivos HTML.

Posterior a eso se realiza la siguiente formula en la cual permitirá determinar el total de discapacidades favorecidas con la presencia y ausencia de cada metadato de accesibilidad en el objeto de aprendizaje.

$$S^{D_f}(d_i) = \sum_{j=0}^k ((d_i, mtc_j, D_f) + (d_i, mtnc_j, D_f))$$

Figura 31. Formula para obtener las discapacidades favorecidas con las presencia y carencia de metadatos en los archivos HTML.

Una vez que se tiene las dos fórmulas en donde se han obtenido la sumatoria de las discapacidades totales de los metadatos en el objeto de aprendizaje y la sumatoria de las discapacidades favorecidas por la ausencia y carencia de los metadatos en el objeto de aprendizaje se aplica la siguiente formula que nos permitirá obtener el promedio que tan accesible es una discapacidad con relación a cada documento HTML.

$$P^D(d_i) = S^{D_f}(d_i) / S^D(d_i)$$

Figura 32. Formula para obtener el promedio de accesibilidad de una discapacidad para cada documento HTML.

Con lo realizado en la figura anterior determinamos un valor de accesibilidad para cada discapacidad analizado para los diferentes documentos HTML que contiene el objeto de aprendizaje, por lo que finalmente se debe realizar la sumatoria de los resultados obtenidos de los HTML para determinar el nivel de accesibilidad para todo el objeto de aprendizaje.

$$S^{(OA)D} = (1/L \sum_{i=0}^L P^D(d_i)) * 100$$

Figura 33. Fórmula para determinar el porcentaje de accesibilidad de un objeto de aprendizaje para las diferentes discapacidades.

En la figura anterior se presenta la fórmula empleada para obtener el porcentaje de accesibilidad del objeto de aprendizaje para cada discapacidad a

analizar, para lo cual se realiza la sumatoria de los resultados de cada documento HTML hasta el número total de documentos HTML que dispone el objeto de aprendizaje representado por L . Dicha sumatoria se divide para el número total de archivos HTML y se multiplica por 100, con lo cual se obtiene el porcentaje final de la accesibilidad del objeto de aprendizaje para las determinadas discapacidades.

4. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

4.1. Pruebas

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema se realizaron diferentes pruebas en cada módulo desarrollado las cuales se dividen en funcionales, no funcionales, con estudiantes y con docentes.

4.1.1. Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales del sistema se las realiza con el fin de corregir errores y observar los resultados que muestra, para de esta manera verificar que su funcionamiento es el adecuado y correcto, así como también, verificar que los resultados que se muestren sean los esperados. También, estas pruebas, son muy necesarias para verificar que los resultados no sean incoherentes y estén acorde a que las discapacidades y los criterios de wcag que se cumplen sean los correctos.

Para la realización de estas pruebas, se han tomado como muestra a 20 objetos de aprendizaje, divididos en dos categorías: Pruebas con estudiantes y pruebas con profesores; en cada una de estas categorías se analizan 10 objetos de aprendizaje diferentes.

4.1.1.1. Pruebas con Estudiantes

Para realizar estas pruebas, se usaron 10 objetos de aprendizaje de diferentes temas descargados del repositorio CEDIA de Ecuador, los cuales están disponibles para todos los estudiantes que deseen descargarlos, así como también al público en general. Estos objetos de aprendizaje fueron analizados con estudiantes a través de un formulario para determinar la accesibilidad del contenido web, posteriormente se presentará estas pruebas realizadas.

Se analizó cada uno de estos 10 objetos de aprendizaje, dando como resultados lo siguiente:

- **Trauma Pediátrico**

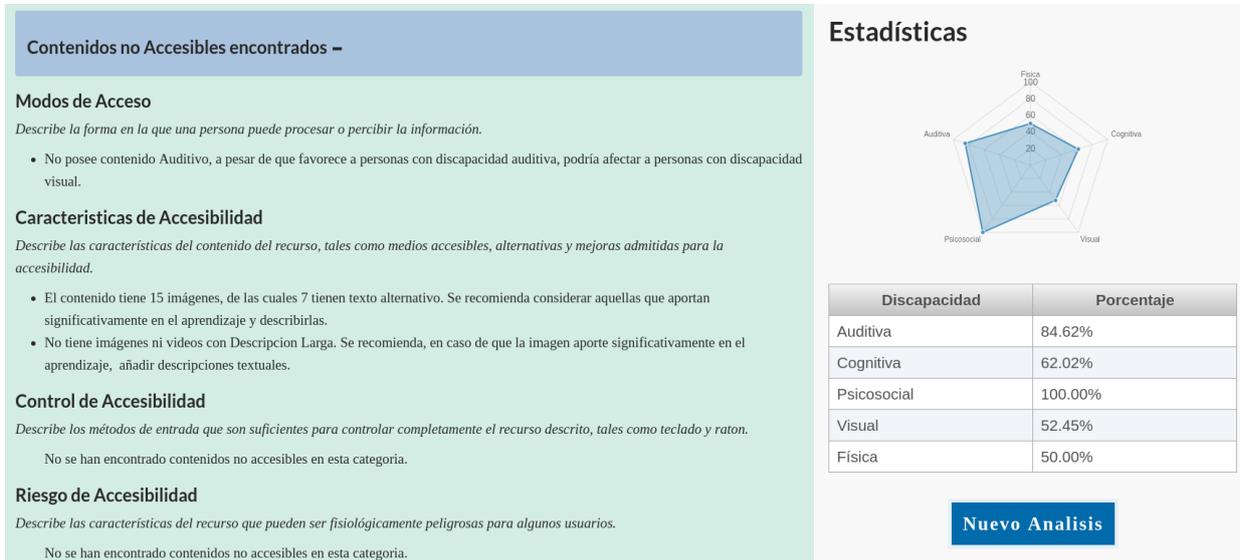


Figura 34. Prueba con el objeto de aprendizaje Trauma Pediátrico.

- **Diseño Instruccional Básico para Programas Formativos Virtuales**



Figura 35. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Diseño Instruccional Básico para Programas Formativos Virtuales

- **Estructura de un Sistema de Telemedicina**

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- El contenido tiene 9 imágenes, de las cuales 0 tienen texto alternativo. Se recomienda considerar aquellas que aportan significativamente en el aprendizaje y describirlas.
- Se ha encontrado que el 66.67% de los videos contiene subtítulos, se recomienda que todos los videos tengan subtítulos para facilitar la comprensión
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad

Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y ratón.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad

Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	76.00%
Cognitiva	66.25%
Psicosocial	100.00%
Visual	52.73%
Física	50.00%

[Nuevo Analisis](#)

Figura 36. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Estructura de un Sistema de Telemedicina.

● Gestores Bibliográficos

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

- No posee contenido Auditivo, a pesar de que favorece a personas con discapacidad auditiva, podría afectar a personas con discapacidad visual.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- El contenido tiene 25 imágenes, de las cuales 5 tienen texto alternativo. Se recomienda considerar aquellas que aportan significativamente en el aprendizaje y describirlas.
- Menos del 75% de los tamaños de fuente encontrados tienen un tamaño adecuado. Se recomienda considerar un tamaño estándar (18 a 20px aprox) que facilite la interacción de personas baja visión, de igual manera el empleo de un tipo de letra sin serigrafía.
- Se ha determinado que el contenido no posee tabla de contenidos, por lo cual se recomienda que se implemente una tabla de contenidos para facilitar la ubicación y navegación.
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad

Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y ratón.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad

Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	52.50%
Cognitiva	47.22%
Psicosocial	51.56%
Visual	39.58%
Física	21.25%

[Nuevo Analisis](#)

Figura 37. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Gestores Bibliográficos.

● Introducción a la Telemedicina

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- El contenido tiene 9 imágenes, de las cuales 0 tienen texto alternativo. Se recomienda considerar aquellas que aportan significativamente en el aprendizaje y describirlas.
- Se a encontrado que el 50.00% de los videos contiene subtítulos, se recomienda que todos los videos tengan subtítulos para facilitar la comprensión
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad

Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad

Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	72.00%
Cognitiva	71.25%
Psicosocial	100.00%
Visual	56.36%
Física	50.00%

[Nuevo Analisis](#)

Figura 38. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Introducción a la Telemedicina.

● Life Stories

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- El contenido tiene 11 imágenes, de las cuales 4 tienen texto alternativo. Se recomienda considerar aquellas que aportan significativamente en el aprendizaje y describirlas.
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad

Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad

Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	69.41%
Cognitiva	72.06%
Psicosocial	100.00%
Visual	59.36%
Física	50.00%

[Nuevo Analisis](#)

Figura 39. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Life Stories.

● Trauma Craneal

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- Menos del 75% de los tamaños de fuente encontrados tienen un tamaño adecuado. Se recomienda considerar un tamaño estándar (18 a 20px aprox) que facilite la interacción de personas baja visión, de igual manera el empleo de un tipo de letra sin serigrafía.
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad

Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad

Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	68.00%
Cognitiva	66.25%
Psicosocial	96.67%
Visual	56.36%
Física	50.00%

[Nuevo Analisis](#)

Figura 40. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Trauma Craneal.

● Trauma Equilibrio Hídrico

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

- No posee contenido Auditivo, a pesar de que favorece a personas con discapacidad auditiva, podría afectar a personas con discapacidad visual.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- El contenido tiene 32 imágenes, de las cuales 1 tienen texto alternativo. Se recomienda considerar aquellas que aportan significativamente en el aprendizaje y describirlas.
- Menos del 75% de los tamaños de fuente encontrados tienen un tamaño adecuado. Se recomienda considerar un tamaño estándar (18 a 20px aprox) que facilite la interacción de personas baja visión, de igual manera el empleo de un tipo de letra sin serigrafía.
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad

Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad

Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	73.33%
Cognitiva	69.44%
Psicosocial	96.30%
Visual	53.54%
Física	50.00%

[Nuevo Analisis](#)

Figura 41. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Trauma Equilibrio Hídrico.

● Trauma Espinal

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

- El contenido tiene 4 imágenes con texto incrustado o baja resolución, esto significa que no se podrá leer el texto o no estará habilitado para un lector de pantalla. Se recomienda no tener texto incrustado en imágenes pues afecta a las personas con discapacidad visual y cognitiva.
- No posee contenido Auditivo, a pesar de que favorece a personas con discapacidad auditiva, podría afectar a personas con discapacidad visual.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- Menos del 75% de los tamaños de fuente encontrados tienen un tamaño adecuado. Se recomienda considerar un tamaño estándar (18 a 20px aprox) que facilite la interacción de personas baja visión, de igual manera el empleo de un tipo de letra sin serigrafía.
- El archivo referencias.html posee errores de accesibilidad en pdf, siendo estos:
 - Se ha encontrado errores de accesibilidad en los siguientes archivos pdf:
 - o http://revista.sedolor.es/pdf/2001_10_02.pdf:
 - **Marcadores:** Documento no tiene favoritos
 - **Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - **Título del documento:** el Documento no tiene el título del documento
 - **Encabezados y Pies de página (estado de la Prueba:** Experimental): Documento no tiene encabezados y pies de página
- Puede revisar los errores de accesibilidad de los archivos pdf desde el siguiente enlace: [European Internet Inclusion Initiative](#).
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	66.00%
Cognitiva	58.89%
Psicosocial	72.50%
Visual	52.50%
Física	40.00%

Nuevo Analisis

Figura 42. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Trauma Espinal.

● Videos Animados

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- Se a encontrado que el 50.00% de los videos contiene subtítulos, se recomienda que todos los videos tengan subtítulos para facilitar la comprensión
- Menos del 75% de los tamaños de fuente encontrados tienen un tamaño adecuado. Se recomienda considerar un tamaño estándar (18 a 20px aprox) que facilite la interacción de personas baja visión, de igual manera el empleo de un tipo de letra sin serigrafía.
- Se ha determinado que el contenido no posee tabla de contenidos, por lo cual se recomienda que se implemente una tabla de contenidos para facilitar la ubicación y navegación.
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad

Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad

Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	52.50%
Cognitiva	48.44%
Psicosocial	66.67%
Visual	44.32%
Física	25.00%

Nuevo Analisis

Figura 43. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Video Animados.

4.1.1.2. Pruebas con Profesores

Al igual que con los estudiantes, se tomó una muestra de 10 objetos de aprendizaje realizados por docentes de la Universidad Politécnica Salesiana para su posterior análisis en el sistema recomendador, dando como resultados:

- **Algebra de Boole**

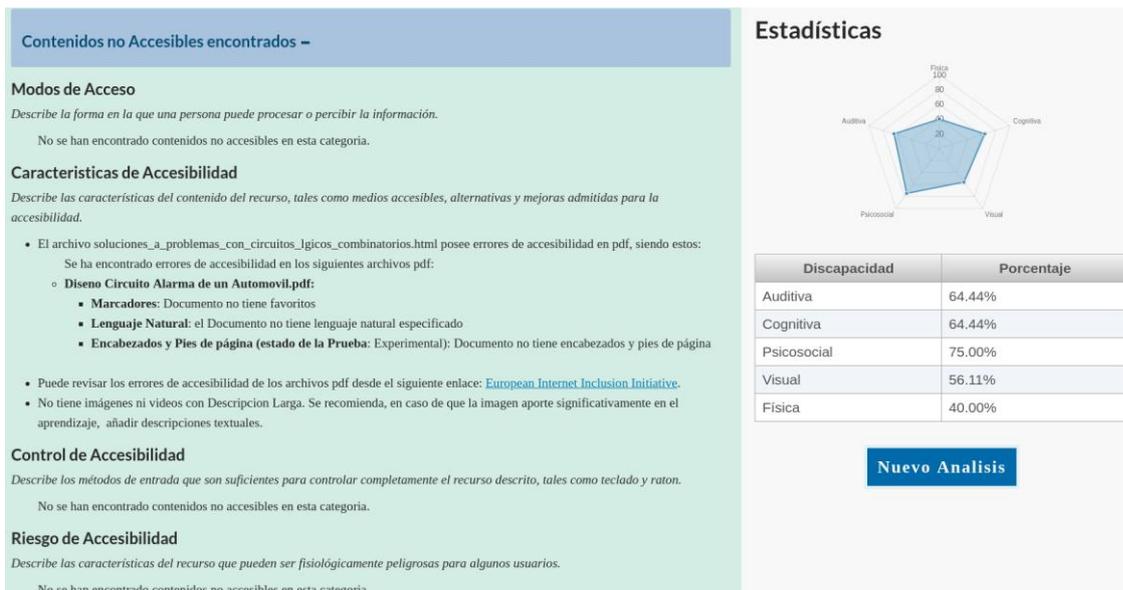


Figura 44. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Algebra de Boole.

- **Buses**

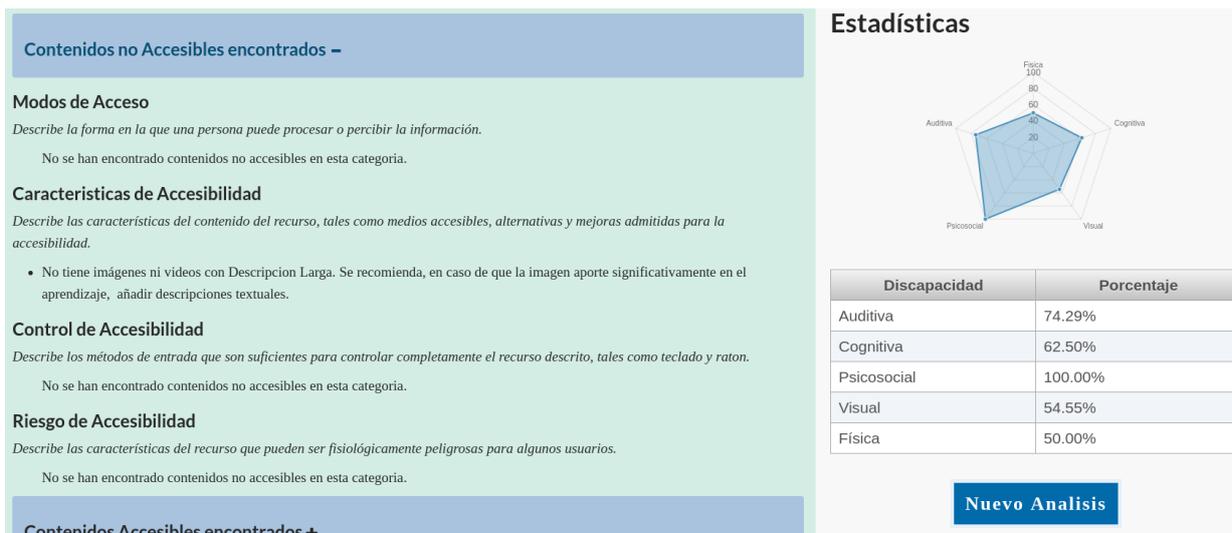


Figura 45. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Buses.

- **Computadores y Algoritmos**



Figura 46. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Computadores y Algoritmos.

- **Memorias**

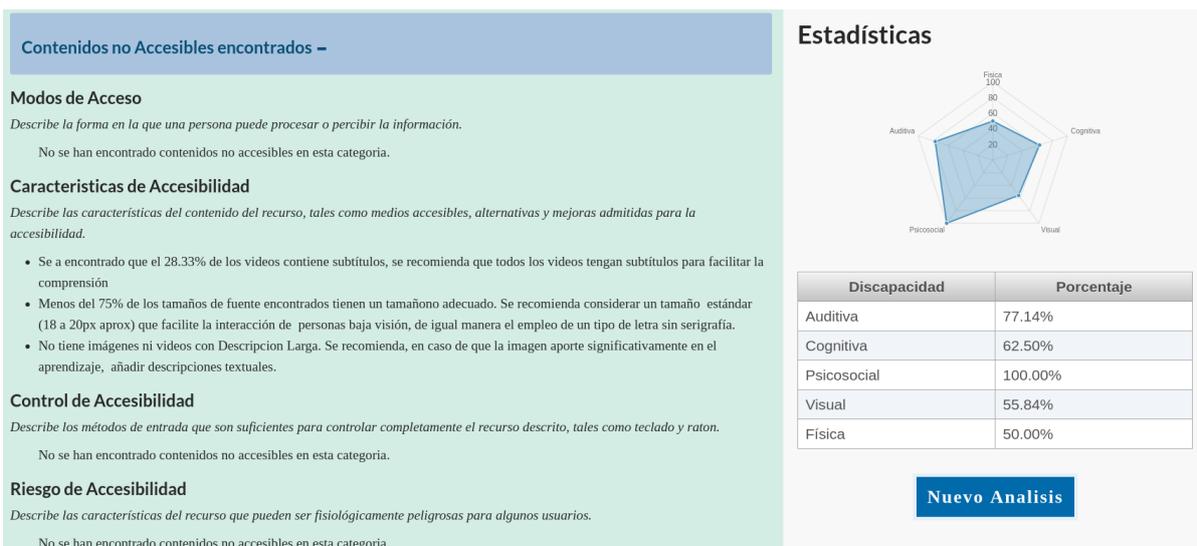


Figura 47. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Memorias.

- **Organización y Arquitectura del Computador**

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso
 Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.
 No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad
 Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- Se a encontrado que el 41.67% de los videos contiene subtítulos, se recomienda que todos los videos tengan subtítulos para facilitar la comprensión
- No tiene imágenes ni videos con Descripcion Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad
 Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.
 No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad
 Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.
 No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

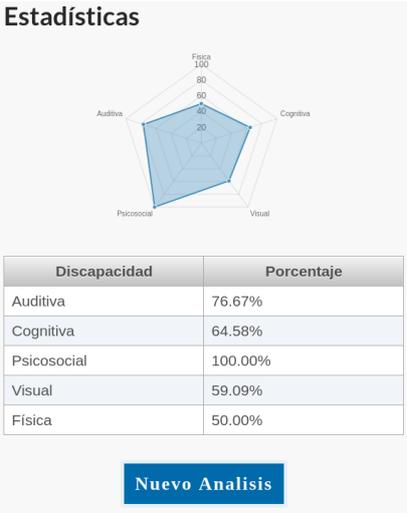


Figura 48. Prueba con el Objeto de Aprendizaje Organización y Arquitectura del Computador.

● **Paradigmas**

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso
 Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

- No posee contenido Auditivo, a pesar de que favorece a personas con discapacidad auditiva, podría afectar a personas con discapacidad visual.

Características de Accesibilidad
 Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- Se a encontrado que el 50.00% de los videos contiene subtítulos, se recomienda que todos los videos tengan subtítulos para facilitar la comprensión
- No tiene imágenes ni videos con Descripcion Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad
 Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.
 No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Riesgo de Accesibilidad
 Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.
 No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.



Figura 49. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Paradigmas.

● **Recursividad**

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso
Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad
Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- Se a encontrado que el 50.00% de los videos contiene subtítulos, se recomienda que todos los videos tengan subtítulos para facilitar la comprensión
- Menos del 75% de los tamaños de fuente encontrados tienen un tamaño adecuado. Se recomienda considerar un tamaño estándar (18 a 20px aprox) que facilite la interacción de personas baja visión, de igual manera el empleo de un tipo de letra sin serigrafía.
- El archivo index.html posee errores de accesibilidad en pdf, siendo estos:
 - Se ha encontrado errores de accesibilidad en los siguientes archivos pdf:
 - <http://www.lcc.uma.es/~alvarezp/pm/recursividad.pdf>:
 - Marcadores:** Documento no tiene favoritos
 - Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - Encabezados y Pies de página (estado de la Prueba:** Experimental): Documento no tiene encabezados y pies de página
 - Puede revisar los errores de accesibilidad de los archivos pdf desde el siguiente enlace: [European Internet Inclusion Initiative](#).
 - No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad
Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas

Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	59.52%
Cognitiva	55.56%
Psicosocial	75.00%
Visual	48.81%
Física	40.00%

Nuevo Analisis

Figura 50. Pruebas con el Objetos Aprendizaje Recursividad.

● **Resolución de Problemas**

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso
Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad
Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- El archivo lecturas_recomendadas.html posee errores de accesibilidad en pdf, siendo estos:
 - Se ha encontrado errores de accesibilidad en los siguientes archivos pdf:
 - http://cmap.upb.edu.co/rid=1235707420913_909293883_3555/Laformaingenierilderesolverproblemas02.pdf:
 - Marcadores:** Documento no tiene favoritos
 - Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - Título del documento:** el Documento no tiene el título del documento
 - Encabezados y Pies de página (estado de la Prueba:** Experimental): Documento no tiene encabezados y pies de página
 - El archivo referencias.html posee errores de accesibilidad en pdf, siendo estos:
 - Se ha encontrado errores de accesibilidad en los siguientes archivos pdf:
 - <http://marenas.sitios.ing.uc.cl/iic3242-09/clases/mt-I-imp.pdf>:
 - Marcadores:** Documento no tiene favoritos
 - Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - Encabezados y Pies de página (estado de la Prueba:** Experimental): Documento no tiene encabezados y pies de página
 - <http://users.dsic.upv.es/asignaturas/eui/alc/MTuring.pdf>:
 - Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - Título del documento:** el Documento no tiene el título del documento
 - Encabezados y Pies de página (estado de la Prueba:** Experimental): Documento no tiene encabezados y pies de página
 - http://cmap.upb.edu.co/rid=1235707420913_909293883_3555/Laformaingenierilderesolverproblemas02.pdf:
 - Marcadores:** Documento no tiene favoritos
 - Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - Título del documento:** el Documento no tiene el título del documento
 - Encabezados y Pies de página (estado de la Prueba:** Experimental): Documento no tiene encabezados y pies de página

Estadísticas

Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	62.50%
Cognitiva	61.11%
Psicosocial	75.00%
Visual	54.17%
Física	40.00%

Nuevo Analisis

Figura 51. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Resolución de Problemas.

● **Sistemas de Numeración y Profundización**

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- Se ha encontrado que el 66.67% de los videos contiene subtítulos, se recomienda que todos los videos tengan subtítulos para facilitar la comprensión
- El archivo sistema_numrico_hexadecimal.html posee errores de accesibilidad en pdf, siendo estos:
 - Se ha encontrado errores de accesibilidad en los siguientes archivos pdf:
 - http://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md1/TI/MC/S02/MC02_Lectura.pdf:
 - Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - Título del documento:** el Documento no tiene el título del documento
 - El archivo tipos_de_sistemas_de_numeracin.html posee errores de accesibilidad en pdf, siendo estos:
 - Se ha encontrado errores de accesibilidad en los siguientes archivos pdf:
 - definicion2.pdf:**
 - Marcadores:** Documento no tiene favoritos
 - Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - Título del documento:** el Documento no tiene el título del documento
- Puede revisar los errores de accesibilidad de los archivos pdf desde el siguiente enlace: [European Internet Inclusion Initiative](#).
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	59.09%
Cognitiva	64.65%
Psicosocial	75.00%
Visual	56.06%
Física	40.00%

[Nuevo Analisis](#)

Figura 52. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Sistemas de Numeración y Profundización.

● Teoría de Conjuntos

Contenidos no Accesibles encontrados –

Modos de Acceso

Describe la forma en la que una persona puede procesar o percibir la información.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Características de Accesibilidad

Describe las características del contenido del recurso, tales como medios accesibles, alternativas y mejoras admitidas para la accesibilidad.

- El archivo lecturas_recomendadas.html posee errores de accesibilidad en pdf, siendo estos:
 - Se ha encontrado errores de accesibilidad en los siguientes archivos pdf:
 - http://libroweb.alfaomega.com.mx/book/685/free/ovas_statics/cap3/Conjuntos.pdf?param=root:
 - Marcadores:** Documento no tiene favoritos
 - Lenguaje Natural:** el Documento no tiene lenguaje natural especificado
 - Encabezados y Pies de página (estado de la Prueba: Experimental):** Documento no tiene encabezados y pies de página
 - http://libroweb.alfaomega.com.mx/book/685/free/ovas_statics/presentaciones1/matecompu_cap3.pdf?param=root:
 - Marcadores:** Documento no tiene favoritos
 - Encabezados y Pies de página (estado de la Prueba: Experimental):** Documento no tiene encabezados y pies de página
- Puede revisar los errores de accesibilidad de los archivos pdf desde el siguiente enlace: [European Internet Inclusion Initiative](#).
- No tiene imágenes ni videos con Descripción Larga. Se recomienda, en caso de que la imagen aporte significativamente en el aprendizaje, añadir descripciones textuales.

Control de Accesibilidad

Describe los métodos de entrada que son suficientes para controlar completamente el recurso descrito, tales como teclado y raton.

No se han encontrado contenidos no accesibles en esta categoría.

Estadísticas



Discapacidad	Porcentaje
Auditiva	57.69%
Cognitiva	63.25%
Psicosocial	75.00%
Visual	54.49%
Física	40.00%

[Nuevo Analisis](#)

Figura 53. Pruebas con el Objeto de Aprendizaje Teoría de Conjuntos.

4.1.2. Pruebas no funcionales

4.1.2.1. Pruebas de rendimiento

Las pruebas de rendimiento se realizó en el transcurso de la construcción del sistema en donde se buscó mejorar los tiempos de respuesta del análisis del contenido web de los diferentes archivos html, script y estilos que contienen los objetos de aprendizaje a analizar, con el fin de brindar a los usuarios resultados óptimos en el menor tiempo posible. Los aspectos que se mejoraron son:

Contenido Mejorado	Tiempos anteriores	Tiempos mejorados	Aspectos de las mejoras
Audio en videos	30 segundos dependiendo el video	1 segundo	Se realiza el análisis del contenido auditivo de los vídeos online de manera directa sin necesidad de descargarlos a través de la integración de las herramientas YouTube-dl y FFMPEG.
Archivos JavaScript	1 minuto por archivo	1.5 segundos por archivo	Optimización de recursividad, evitar análisis de archivos ya analizados.
Análisis de archivos PDF offline.	2.3 minutos	1.3 minutos	Cargar el archivo PDF directamente a la página de análisis a través de PhantomJS, evitando cargar así en un servidor de alojamiento externo.
Reutilización de código para varias metadatos.	5 minutos por todos los metadatos en cada archivo HTML	2 minutos por todos los metadatos en cada archivo HTML.	Uso de métodos que pueden ser utilizados por diferentes metadatos, por ejemplo visual, textOnVisual y captions.
Uso de JSoup en archivos JavaScript.	2 segundos por JS.	0.5 segundos por JS.	Uso de JSoup para encontrar etiquetas html dentro de código JavaScript, reemplazando de esta manera métodos recursivos empleados.
Uso de variables estáticas	0.8 segundos	0.3 segundos	Uso de variables estáticas para evitar llamar a métodos de forma innecesaria.

Tabla 10. Mejoras de los tiempos de respuesta del sistema.

4.1.3. Pruebas con estudiantes

Las pruebas que se realizaron con los estudiantes se las hizo con la intención de que a través de su punto de vista nos ayuden a incrustar metadatos de accesibilidad en objetos de aprendizaje disponibles, a través de un formulario que se realizó para permitir incrustar metadatos, que consta de 18 preguntas, las cuales tienen relación a los valores de los metadatos que se pretenden analizar.

Este formulario permite cargar el objeto de aprendizaje a analizar, presenta las preguntas que el usuario debe responder marcando un checkbox como afirmación o dejándolo sin marcar en caso de negación, y finalmente permite mandar a escribir los metadatos en los archivos html. Para estas pruebas se tomó una muestra de 10 objetos de aprendizaje obtenidos de la red Cedia, los mismos que se fueron presentados a los estudiantes para que a medida que analizaba las páginas html del objeto de aprendizaje, llenaban el formulario. Estas pruebas contribuyeron como soporte a un estudio acerca de los metadatos de accesibilidad que se iba a utilizar. A continuación se muestran las preguntas que se presentaron en el formulario y una figura que muestra la interfaz con la que interactuaban los estudiantes:

Preguntas:

1. Modo Acceso Auditivo
2. Modo Acceso Táctil
3. Modo Acceso Textual
4. Modo Acceso Visual
5. Existen actividades que requieran la distinción de colores y contrastes?
6. Hay texto en la imagen, que puede no ser legible a escalas mayores debido a la pixelación, o por el software de texto a voz?
7. Recurso está formateado, para lectura de letra grande?
8. Se brindan opciones de alto contraste?
9. Dispone de una estructura básica o tabla de contenidos?
10. Los videos tienen Audiodescripción
11. Los videos empleados tienen subtítulo?
12. Las fórmulas matemáticas empleadas son texto y no imágenes?
13. La navegación en el objeto de aprendizaje tiene una estructura organizada e intuitiva?
14. Los archivos PDF empleados tiene un orden de lectura y su accesibilidad fue comprobada?
15. El usuario puede acceder y controlar el contenido de forma efectiva solo con el teclado?
16. El usuario puede acceder y controlar contenido de manera efectiva sólo con el mouse?
17. El contenido de animaciones que están en constante movimiento?

18. El contenido dispone de sonidos de fondos y/o ambientación sonora general?

Figura 54. Formulario Versión 1 para incrustar metadatos en archivos HTML.

A continuación se presenta los resultados de las pruebas realizadas en los 10 objetos de aprendizaje en donde se realizó el análisis por cada archivo html que contiene el objeto de aprendizaje. Para mayor detalle ver el anexo 12.1.

OA	METADATOS									
OA1	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl	flashing	
OA2	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	structuralNavigation	taggedPDF	fullKeyboardControl	fullMouseControl	
OA3	auditory	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl	
OA4	táctil	textual	visual	largePrint	fullKeyboardControl	fullMouseControl				
OA5	auditory	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl	
OA6	auditory	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl	
OA7	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl		
OA8	auditory	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	captions	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl

OA9	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl		
OA10	auditory	táctil	textual	visual	largePrint	captions	fullKeyboardControl	fullMouseControl		

Tabla 11. Resultado de las pruebas realizadas a los estudiantes con los 10 objetos de aprendizaje.

4.1.4. Pruebas con docentes

Posteriormente al análisis realizado con los estudiantes, se realizó pruebas con los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana haciendo uso de sus objetos de aprendizaje en donde se aplicó las mismas preguntas del formulario para estudiantes en un nuevo formulario que presenta una nueva interfaz más amigable con los usuarios y nuevas opciones de respuesta a las preguntas siendo estas No Aplica, No, Si; de igual forma el formulario viene clasificado por los metadatos que se están utilizando a través de pestañas en donde cada una contiene las preguntas relacionadas a los valores de esos metadatos.

De igual forma el formulario le permite al docente que sepa con qué documento HTML está trabajando a través de una lista de los archivos HTML que posee el objeto de aprendizaje analizado, y a través de una captura de pantalla que se le realiza al documento HTML.

También se le brinda una ayuda a través de un análisis automático que genera el sistema del formulario en donde le indica que preguntas se responden de manera afirmativa. Con estas pruebas realizadas con los docentes y sus objetos de aprendizaje se puede corroborar el análisis automático que se realiza dado que el mismo se emplea para poder determinar qué metadatos de accesibilidad puede contener un objeto de aprendizaje que no disponga predefinido en sus documentos HTML antes de realizar la recomendación.

A continuación, se presenta en la siguiente figura el nuevo formulario con el que interactúa el docente:

Documentos html encontrados

- 4. Bibliografía
- 3.2.5 Exposición y Exploración
- Equipo Básico de Manejo de la Vía Aérea
- Autoevaluación
- Autoevaluación
- 3.2.1 A. Vía Aérea
- Autoevaluación
- 3.2.3 C. Circulación
- Autoevaluación
- 1. Introducción
- 3.2.4 D. Déficit Neurológico
- Autoevaluación
- Manejo Básico de la Ventilación
- 3.2 Valoración Primaria (ABCDE)
- Autoevaluación
- Autoevaluación
- 3.1 Impresión General
- EVALUACIÓN PRIMARIA DEL TRAUMA INFAN
- 3.2.2 B. Ventilación

3.2.1 A. Vía Aérea
Puede visualizar el archivo html en el enlace que se presenta a continuación:
[321_a.va_aerea.html](#)

Selección de los metadatos
Si usted observa **Cumple con esta pregunta**, se recomienda seleccionar Si, pues significa que el sistema ha detectado de forma automática que el contenido si posee el valor de metadato.

Riesgo de Accesibilidad
Describe las características del recurso que pueden ser fisiológicamente peligrosas para algunos usuarios.

El contenido posee animaciones que estan en constante movimiento? No Aplica No Si

El contenido dispone de simulaciones con movimiento? No Aplica No Si

El contenido dispone de sonidos de fondos y/o ambientación sonora general? No Aplica No Si

Escribir y Descargar **Seleccionar nuevo OA**

Figura 55. Formulario Versión 2 para incrustar metadatos de accesibilidad.

A continuación se presenta los resultados de las pruebas realizadas en los 10 objetos de aprendizaje de los docentes. Para mayor detalle ver el anexo 12.2.

OA	METADATOS										
OA1	auditor y	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	captions	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl	
OA2	auditor y	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	captions	MathML	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl
OA3	auditor y	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	captions	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl	
OA4	auditor y	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	captions	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl	
OA5	auditor y	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	captions	structuralNavigation	taggedPDF	fullKeyboardControl	fullMouseControl
OA6	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	captions	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl		
OA7	auditor y	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	captions	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl	
OA8	auditor y	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	audioDescription	captions	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl
OA9	auditor y	táctil	textual	visual	textOnVisual	largePrint	tableOfContents	captions	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl
OA10	táctil	textual	visual	largePrint	tableOfContents	structuralNavigation	fullKeyboardControl	fullMouseControl			

Tabla 12. Resultado de las pruebas realizadas con los docentes de sus objetos de aprendizaje.

4.2. Resultados

Posteriormente a las pruebas efectuadas, hemos determinado aspectos claves sobre la accesibilidad de los objetos de aprendizaje a través de un estudio realizado, en donde se representa los resultados de este estudio a través de gráficas barras estadísticas.

El primer análisis realizado es una comparativa entre los valores de los metadatos encontrados con las pruebas realizadas con los estudiantes y docentes, y las pruebas de funcionamiento realizadas con la automatización de análisis de contenido web.

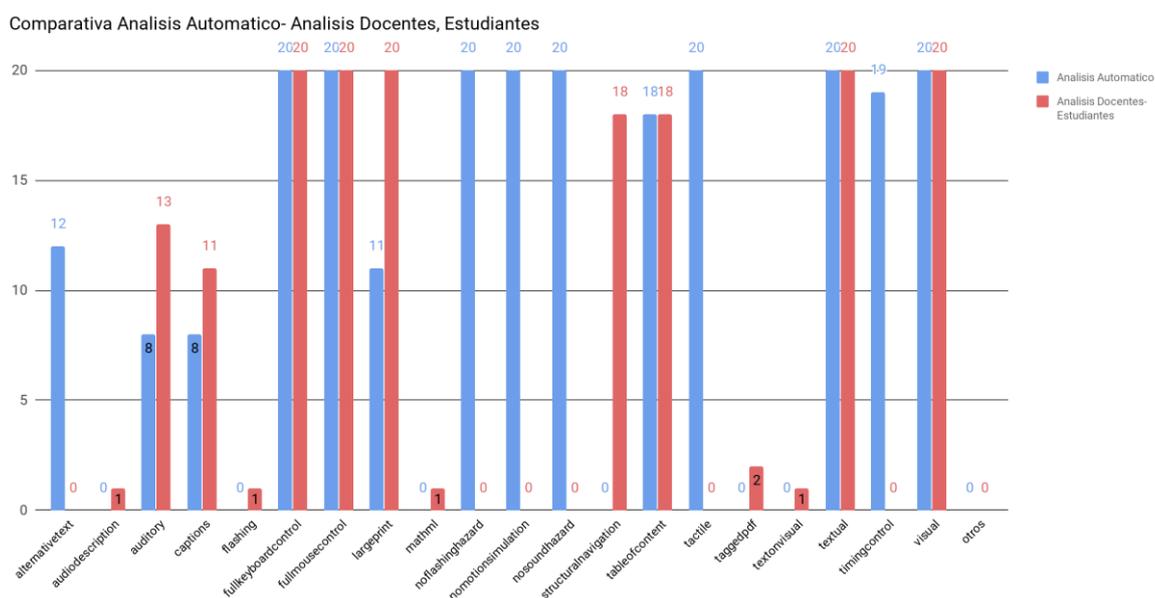


Figura 56. Comparativa del análisis automático con el análisis a Docentes y Estudiantes.

El segundo análisis realizado indica el nivel de accesibilidad del objeto de aprendizaje para las discapacidades visual, auditiva, psicosocial, física, y cognitiva, presentando sus respectivos porcentajes de accesibilidad, como se muestra en la siguiente figura:

Porcentaje de Accesibilidad por Discapacidad

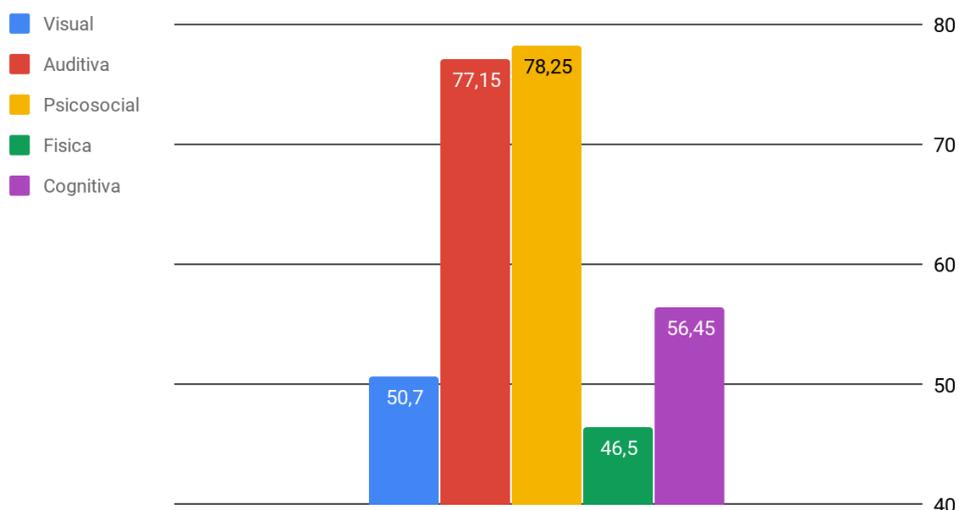


Figura 57. Porcentajes de accesibilidad por Discapacidad.

De igual manera se realizó un análisis para determinar los valores de metadatos más frecuentes en los objetos de aprendizaje seleccionados, obteniendo los resultados presentados en la siguiente figura:

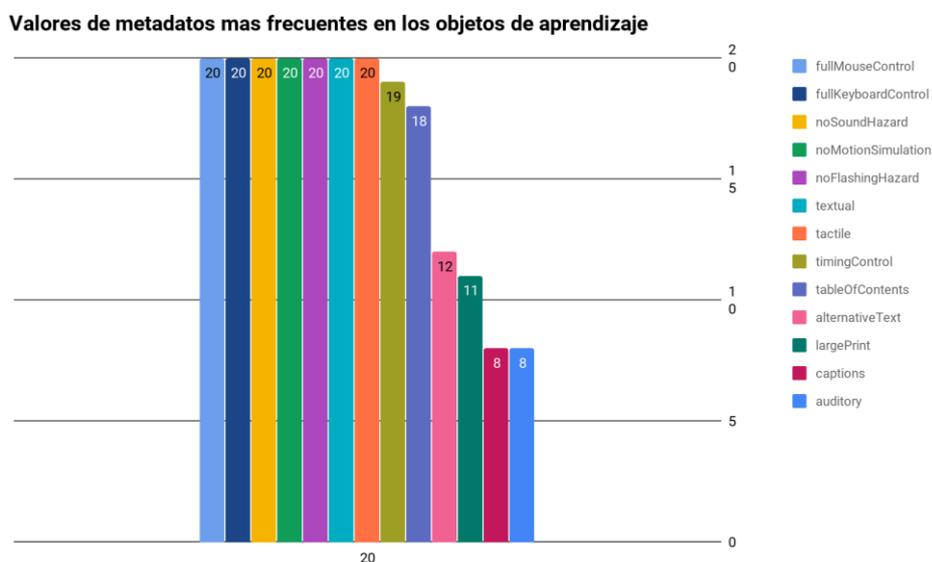


Figura 58. Valores de metadatos más frecuentes en los Objetos de Aprendizaje.

Posteriormente se realizó un análisis para determinar los Criterios de éxito de la normativa WCAG 2.0 más comunes en los objetos de aprendizaje indicados, en

donde se obtuvieron los resultados presentados en la siguiente figura:

Criterios de Exito de WCAG mas comunes en los Objetos de Aprendizajes

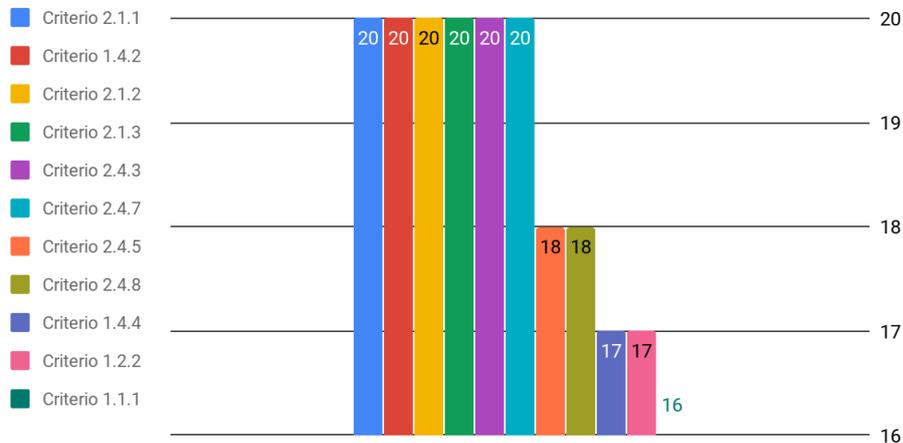


Figura 59. Criterios de Éxito de WCAG más comunes en los Objetos de Aprendizaje.

Finalmente se realizó un análisis en el que se comparó los metadatos encontrados por las pruebas realizados con docentes y estudiantes, y las pruebas que se realizaron con el sistema recomendador a través del análisis automático del contenido web.

5. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto sirve como un soporte al avance de la inclusión a personas con discapacidad en el ámbito educativo, especialmente de nivel superior, dado que brinda una ayuda a los docentes al momento de crear su contenido web en los objetos de aprendizajes o ambientes virtuales, los mismos que transmitirán el conocimiento y permiten la interacción con los estudiantes de manera digital. El sistema recomendador permite indicar a los docentes qué aspectos de accesibilidad web no se están tomando en cuenta en su contenido web en las diferentes discapacidades que se desee analizar, para ello se toma en cuenta los metadatos de accesibilidad más frecuentes de Schema.org, al igual que los criterios de éxito de la normativa WCAG relacionados a estos metadatos.

Para el desarrollo de este sistema se tuvo un previo estudio de los diferentes factores y componentes que están implicados, para lo cual se tuvo la asistencia de expertos en las diferentes áreas como son: Ingenieros de Sistemas de la Universidad Salesiana, los cuales nos brindaron el conocimiento necesario sobre accesibilidad web y ontologías, Ingenieros de Sistemas de la red Cedia, los cuales nos brindaron conocimiento sobre los objetos de aprendizaje y ambientes virtuales y Licenciados de la fundación Huiracocha Tutiven, los cuales nos brindaron conocimiento sobre las diferentes discapacidades tratadas.

En la etapa de Diseño y construcción del sistema se analizó el estudio previo con los expertos y se fue creando los diferentes módulos que componen el sistema, en donde se tomaba en cuenta que cada módulo cumpla con los objetivos planteados así como con las sugerencias de los expertos, y de igual manera que se complementen entre módulos para así formar el sistema recomendador completo. Siendo los módulos más importantes, los de la ontología y el sistema recomendador. El primero se basa en modelar y brindar el conocimiento sobre los valores de metadatos que tienen los objetos de aprendizaje para que, a través de consultas SPARQL, podamos obtener cualquier información que contenga la base de conocimientos, siendo esta información la necesaria para el funcionamiento del módulo del sistema recomendador. El modulo del sistema recomendador sigue un conjunto de pasos para mostrar al usuario la información de recomendación, estos pasos se basan específicamente en el objeto de aprendizaje, en las discapacidades seleccionadas, y en la información que proporciona la base de conocimientos.

En la etapa de pruebas se tomaron en cuenta los tipos de pruebas planteados para el desarrollo correcto del sistemas, entre los que tenemos: pruebas funcionales, las cuales se realizaron de forma periódica con el avance del desarrollo del sistema donde se podría verificar el correcto funcionamiento de cada módulo; pruebas no funcionales, las cuales se realizaron para determinar el mejor rendimiento del software intentando mejorar los tiempos de respuesta de la recomendación; pruebas con estudiantes, las mismas que se realización previamente a la construcción del sistema donde se analizó los objetos de aprendizaje con los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, lo que nos permitió definir los metadatos de accesibilidad más frecuentes que deben ser empleados ; y pruebas con docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, en donde se utilizó los objetos de aprendizaje desarrollado por los mismos, que nos permitan complementar con el estudio realizado con los estudiantes. De igual manera se ha podido validar el correcto funcionamiento del sistema gracias a la asesoría de la Universidad de Alcalá de España a través del Dr. José Hilera y el Dr. Salvador Otón.

Finalmente se pudo constatar que los resultados obtenidos en el sistema recomendador posteriormente a las diferentes pruebas empleadas cumplen con los objetivos planteados y brinda la información necesaria a tener en cuenta sobre el contenido web presente en los objetos de aprendizaje que se deseen analizar para las diferentes discapacidades planteadas. El resultado pretende ser lo más exacto posible pero se pretende realizar mejoras a futuro para obtener un análisis más completo en donde se analicen más factores y se obtenga una mayor precisión.

6. RECOMENDACIONES

Para el uso del sistema se necesitan herramientas externas que deben ser instaladas sobre el sistema operativo por lo cual se recomienda el uso de un Sistema Operativo Linux, dado que dichas herramientas funcionan sobre este tipo de S.O., de igual manera se recomienda distribuciones de Linux dado que son sistemas Open Source, gratuitos y brindan soporte a través de comunidades; lo que brinda que el sistema pueda funcionar sin ningún inconveniente.

En cuanto al servidor de aplicaciones sobre el que se va a ejecutar el sistema se recomienda que tenga una capacidad de almacenamiento de al menos 50 gb, y una memoria RAM de al menos 8gb.

Por otro lado dentro del desarrollo del sistema es recomendable que no se pierda los aspectos básicos de accesibilidad web, con interfaces amigables y fáciles de interactuar para los usuarios; de igual forma si se realizan mejoras o modificaciones al sistema se recomienda que las mismas sean escalables, dado que el sistema está diseñado y construido para brindar escalabilidad.

Se debe ejecutar primero la base de tripletas antes de ejecutar el servidor de aplicaciones para que la aplicación web pueda establecer la conexión con dicha base tripletas.

7. TRABAJO FUTURO

En el desarrollo de este sistema recomendador se vieron varios aspectos claves que se pueden tener en cuenta para posibles trabajos futuros para mejorar al mismo, entre los que tenemos:

- **Ontología schema.org:** Agregar la ontología Schema.org a la red ontológica y agregar su respectivo contexto a la base ontológica.
- **Icono de información:** Agregar un icono de información por cada pregunta del formulario en donde brindará una ayuda para poder entenderlas mejor.
- **Auditor del Objeto de Aprendizaje:** Agregar en el formulario la opción de indicar quien es el auditor del objetos de aprendizaje y guardar en una Base de datos los html y objetos de aprendizaje analizados con su respectivo auditor.
- **Experto auditor del Objeto de Aprendizaje:** Generar perfiles para que auditores expertos en los aspectos indicados de accesibilidad puedan realizar la auditoría similar a la del auditor propio del objeto de aprendizaje bajo sus propios criterios.
- **Diferentes análisis:** El recomendador tomará los metadatos que se han indicado con el análisis realizado por el auditor del objeto de aprendizaje, el auditor experto y el análisis automatizado del contenido del objeto de aprendizaje.
- **Nuevo valor de metadato:** Cambiar el valor de metadato “*taggedPDF*” por “*accesiblePDF*” o por “*accesibleDocument*” en donde se analizará a más de la accesibilidad de los PDF, la accesibilidad de archivos de Word, epub, entre otros.
- **Análisis a otro tipo de recursos:** Realizar el análisis a otro tipo de recursos digitales en los que se puede comprobar la accesibilidad a parte de los documentos HTML, como libros electrónicos, entre otros.
- **Relación clases ontología Schema.org y DRDSchema:** Indicar que las clases de los metadatos de la ontología Schema.org son del tipo de las clases a las cuales hacen referencia de la ontología DRDSchema.
- **Pesos a valores de metadatos:** Añadir pesos a los valores de los metadatos en base a las discapacidades que afecta o favorece con el propósito de mejorar la exactitud de los porcentajes de accesibilidad para dichas discapacidades.

8. REFERENCIAS

- [1] A. Rodríguez-Ascaso y J. G. Boticario, «Accesibilidad y MOOC: Hacia una perspectiva integral/Accessibility and MOOC: Towards a holistic perspective», Rev. Iberoam. Educ. Distancia, vol. 18, n.o 2, p. 61, 2015.
- [2] B. Mundial, Discapacidad: Panorama general, vol. 2016. 2015.
- [3] S. Luján Mora, «Accesibilidad Web,» [En línea]. Available: <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=tipos-discapacidad>.
- [4] H. Carrión, «Usabilidad y accesibilidad de sitios web,» Mayo 2012.
- [5] O. M.d.I. Salud, «Discapacidades,» [En línea]. Available: <http://www.who.int/topics/disabilities/es/>.
- [6] B.Mundial, «Discapacidad,» 28 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/topic/disability>.
- [7] O. M.d.I. Salud, «Discapacidad y rehabilitación,» [En línea]. Available: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/.
- [8] M. S. Pública, «Dirección Nacional de Discapacidades,» [En línea]. Available:<https://www.salud.gob.ec/direccion-nacional-de-discapacidades/>.
- [9] C. N. p. I. i. d. Discapacidades, «La verdad de las cifras: Respuesta al “reportaje” sin autor del 23 de octubre de 2016, publicado por MILHOJAS,» [En línea]. Available:<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/la-verdad-de-las-cifras-respuesta-al-reportaje-sin-autor-del-23-de-octubre-de-2016-publicado-por-milhojas/>.
- [10] C. N. p. I. i. d. Discapacidades, «Personas con discapacidad registradas,» [En línea]. Available:<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/persona.html>.
- [11] UNESCO, «Declaración mundial sobre la educación para todos y marco de acción para satisfacer las necesidades básicas de aprendizaje».
- [12] UNESCO, «Un enfoque de la educación para todos basado en los derechos humanos».
- [13] S.E.C.T.E.Innovación, «Becas para personas con discapacidad,» [En línea]. Available:<http://programasbecas.educacionsuperior.gob.ec/becas-para-personas-con-discapacidad/>.
- [14] S.E.C.T.E.Innovación, «Personas con discapacidad forman parte de una “política radical” de inclusión en la Educación Superior,» 25 Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://www.educacionsuperior.gob.ec/personas-con-discapacidad-forman-parte-de-una->

politica-radical-de-inclusion-en-la-educacion-superior/.

[15] U.d.Alicante, «Cómo afectan las diferentes discapacidades al acceso a la Web,». [En línea]. Available: <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=como-afectan-discapacidades>.

[16] S. Lawton, «Introduction to Web Accessibility, ». [En línea]. Available: <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/>.

[17] S. Lawton, «Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) Overview, » 2015. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>.

[18] B. Caldwell, M. Cooper, L. Guarino Reid, and G. Vanderheiden, “Web Content accessibility guidelines (wcag) 2.0,” 2008. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>.

[19] W.W.W.Consortium, “Introduction to Understanding WCAG 2.0,” 2016. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/intro.html#introduction-fourprincs-head>

[20] W.W.W.Consortium, “Understanding Conformance,” 2016. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/conformance.html#uc-levels-head>

[21] G. Vemuganti, «Metadata, Managment in Big Data, » Big Data: Countering tomorrow's Challenges, vol. 3, 2013.

[22] S. Temesio Vizoso, «Metadatos de accesibilidad en recursos educativos: análisis y propuesta,» 2017.

[23] S. Otón, C. Batanero, J. Alonso, D. Jiménez, P. Vega, «Especificación IMS Access for All 3.0,» 2013.

[24] S. Otón Tortosa, P. Ingavélez Guerra, C. Martín Amor, F. Estrada Martínez y J. Aguado Delgado, «Propuesta de metadatos de accesibilidad en Schema.org,» ATICA 2017: Tecnología. Accesibilidad. Educar en la sociedad red, pp. 277-282, 2017.

[25] Schema.org, «CreativeWork,». [En línea]. Available:<https://schema.org/CreativeWork>.

[26] “WebSchemas/Accessibility,” 2016. [Online]. Available: <https://www.w3.org/wiki/WebSchemas/Accessibility>.

[27] C.Myers, «Accessibility Metadata Best Practices Guide, » 2013.

[28] M. L. Bernárdez, Diseño, producción e implementación de E-Learning.

[29] J.Martin, «Aportes para la evaluación y mejora de la calidad en la enseñanza universitaria basada en e-Learning,» 2016.

- [30] U.A.Metropolitana, «Los Ambientes Virtuales de Aprendizaje,».
- [31] Y.Villareal, M.Morales, N. Beliz, E. González, B.Gómez, V. López, «Objetos de aprendizaje con mayor sentido: El Uso de la Ontología,» 2016.
- [32] EXeLearning, “eXeLearning.net,” [Online]. Available: <http://exelearning.net/>.
- [33] Ardora, “webArdora.net,” [Online]. Available: http://webardora.net/index_cas.htm/.
- [34] zonaClic, “¿Qué es el JClic?,”. [Online]. Available: <https://clic.xtec.cat/legacy/es/jclic/howto.htm/>.
- [35] L. Foundation, “What is LAMS,” [Online]. Available: <https://www.lamsfoundation.org/>.
- [36] R. Cedia, “Repositorio de Objetos de Aprendizaje,.” [Online]. Available: <https://roa.cedia.edu.ec/>.
- [37] S.Staab, S.Studer, Handbook on Ontologies, Springer.
- [38] S. Sánchez, Modelo de indexación de formas en sistemas VIR basado en ontologías.
- [39] E. Herrera, C. Porcel, L. Hidalgo, “Sistemas de recomendaciones: herramientas para el filtrado de información en Internet,.” [Online]. Available:<https://www.upf.edu/hipertextnet/numero-2/recomendacion.html>.
- [40] D. Pupo Fernández, «Sistemas de Recomendación,» informático-tecnológica de la familia, 2015.
- [41] M. Elias, S.Lohmann, S. Auer, Towards an Ontology-based Representation of Accessibility Profiles for Learners.
- [42] M. Villacres Castillo, «APLICACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD A RECURSOS EN INTERNET MEDIANTE LA EXTENSIÓN SEMÁNTICA DE HTML5,» 2017.
- [43] H. Brahim, M. Khribi, M. Jemni, Towards Recommending Accessible Open Educational Resources, 2018.
- [44] P.Rodriguez, L. Londoño, M. Giraldo, V. Tabares, N. Duque, Validation of a Content Recommendation System for Learning Objects, Using Agents that Simulate Disabled People, Springer, 2017
- [45] J.Tanyu, Ontology-Based Personalisation of E-Learning Resources for Disabled Students, 2015.
- [46] U.d.Stanford, “PROTÉGÉ,” [Online]. Available: <https://protege.stanford.edu/>.
- [47] U.S.California, “Karma: A Data Integration Tool,” [Online]. Available: <http://usc-isi->

i2.github.io/karma/.

[48] F. Inc., “AllegroGraph-Semantic Graph and DataBase,” [Online]. Available: <https://franz.com/agraph/allegrograph/>.

[49] LibreOffice, “Calc,” [Online]. Available: <https://www.libreoffice.org/discover/calc/>.

[50] R. Garcia, “YouTube-dl,” [Online]. Available: <https://rg3.github.io/youtube-dl/>.

[51] F. Bellard, “About FFmpeg,” [Online]. Available: <https://www.ffmpeg.org/about.html>.

[52] S. Nair, “tesseract-ocr,” [Online]. Available: <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract/wiki>.

[53] P.Contributors, “PhantomJS - Scriptable Headless Browser,” [Online]. Available: <http://phantomjs.org/>

[54] J.Hedley, “JSoup: Java HTML Parser,” [Online]. Available: <https://jsoup.org/>.

[55] F. Inc., “Java client for Franz AllegroGraph,” [Online]. Available: <https://github.com/franzinc/agraph-java-client>.

[56] A. S. Foundation, “Commons IO,” 2017. [Online]. Available: <https://commons.apache.org/proper/commons-io/>.

[57] OmniFaces, “OmniFaces Showcase,” [Online]. Available: <http://showcase.omnifaces.org/>.

[58] Oracle, “Java Servlet Technology Overview,” [Online]. Available: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/servlet/index.html>.

[59] PrimeTek, “Why PrimeFaces,” [Online]. Available: <https://www.primefaces.org/whyprimefaces/>.

[60] Oracle, “¿Qué es la tecnología Java y para qué la necesito?,” [Online]. Available: https://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml.

[61] Oracle, “Java™ EE at a Glance,” [Online]. Available: <https://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview/index.html>.

[62] Oracle, “Introduction to Java EE,” [Online]. Available: <https://javaee.github.io/tutorial/overview001.html#A1046550>.

[63] Oracle, “JavaServer Faces Technology Overview,” [Online]. Available: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview-140548.html>.

[64] J. Mohedano, J. Saiz, P.Salazar, Iniciación a JavaScript, pp. 9-10, 2012.

[65] P.S.Foundation, "Welcome to Python.org," [Online]. Available:<https://www.python.org/>.

[66] D. Inc., "About Docker," [Online]. Available: <https://www.docker.com/company>

[67] R. H. Inc., "About Wildfly," [Online]. Available: <http://wildfly.org/about/>.

[68] S. Bechhofer and A. Miles, "SKOS simple knowledge organization system reference," 2009. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/skos-reference/>

[69] D. Giakoumis, N. Kaklanis, K. Votis, and D. Tzovaras, "Enabling user interface developers to experience accessibility limitations through visual, hearing, physical and cognitive impairment simulation," Universal access in the information society, vol. 13, no. 2, pp. 227–248, 2014.

9. ANEXOS

9.1. Pruebas con Estudiantes

Para las pruebas con los estudiantes se hizo uso de las preguntas indicadas en el apartado 7.1.3.

- **Objeto de Aprendizaje 1:Trauma Pediátrico**

Páginas html:

- html 1: 1_introduccion
- html 2: 2_objetivo
- html 3: 3_evaluacion_primaria_del_trauma_infantil
- html 4: 4_bibliografia
- html 5: 31_impresion_general
- html 6: 32_valoracion_primaria_abcde
- html 7: 321_a_va_area
- html 8: 322_b_ventilacion
- html 9: 323_c_circulacion
- html 10: 324_d_deficit_neurolgico
- html 11: 325_exposicion_y_exploracion
- html 12: autoevaluacion1
- html 13: autoevaluacion2
- html 14: autoevaluacion3
- html 15: autoevaluacion4
- html 16: autoevaluacion5
- html 17: autoevaluacion6
- html 18: autoevaluacion7
- html 19: autoevaluacion8
- html 20: autoevaluacion9
- html 21: autoevaluacion10
- html 22: equipo_basico_de_manejo_de_la_va_area

- html 23: index
- html 24: lectura_recomendada
- html 25: manejo_bsico_de_la_va_area
- html 26: manejo_bsico_de_la_ventilacin

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 2		X	X				X		X				X		X	X		
html 3		X	X				X		X				X		X	X		
html 4		X	X				X		X				X		X	X		
html 5		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 6		X	X				X		X				X		X	X		
html 7		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 8		X	X				X		X				X		X	X		
html 9		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 10		X	X				X		X				X		X	X		
html 11		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 12		X	X				X		X				X		X	X		
html 13		X	X				X		X				X		X	X		
html 14		X	X				X		X				X		X	X	X	

html 15		X	X			X	X			X		X	X		
html 16		X	X			X	X			X		X	X		
html 17		X	X			X	X			X		X	X		
html 18		X	X			X	X			X		X	X		
html 19		X	X			X	X			X		X	X		
html 20		X	X			X	X			X		X	X		
html 21		X	X			X	X			X		X	X		
html 22		X	X	X		X	X			X		X	X		
html 23		X	X	X		X	X			X		X	X		
html 24		X	X			X	X			X		X	X		
html 25		X	X	X		X	X			X		X	X	X	
html 26		X	X			X	X			X		X	X		

Tabla 13. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Trauma Pediátrico

- **Objeto de Aprendizaje 2: Diseño Instruccional Básico para Programas Formativos Virtuales**

Páginas html:

- html 1: actividades_de_aprendizaje
- html 2: evaluacin
- html 3: index
- html 4: qu_es_diseo_instruccional

Preguntas

Páginas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		x	X	X					X				x		X	X		
html 2		x	X				X		X				X		X	X		
html 3		x		X					X				X		X	X		
html 4		x	X				X		X				X	X	X	X		

Tabla 14. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Diseño instruccional básico.

- **Objeto de Aprendizaje 3: Estructura de un Sistema de Telemedicina**

Páginas html:

- html 1: contenidos
- html 2: evaluacin
- html 3: index
- html 4: resumen_sobre_el_video

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		x	X	X			X		X				X		X	X		
html 2		x	X				X		X				X		X	X		
html 3		x	X	x			X		X				X		X	X		
html 4	x	x	X	X			X		X		X		X		X	X		

Tabla 15. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Estructura de un sistema de Telemedicina.

- **Objeto de Aprendizaje 4: Gestores Bibliográficos**

Páginas html:

- html 1: actividad
- html 2: bibliografa
- html 3: caractersticas_de_entrada
- html 4: conclusin
- html 5: contenidos
- html 6: definicin

- html 7: ejemplos_de_gestores
- html 8: eres_investigador_esto_te_interesa
- html 9: evaluacin
- html 10: gestores_bibliograficos
- html 11: index
- html 12: introduccion
- html 13: mendeley
- html 14: objetivo
- html 15: utilidad_de_los_gestores
- html 16: zotero

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1			X	X			X								X	X		
html 2		X	X				X									X		
html 3			X	X			X									X		
html 4			X				X								X	X		
html 5			X															
html 6			X				X								X	X		
html 7			X	X											X	X		
html 8			X	X			X								X	X		
html 9			X				X								X	X		
html 10			X	X			X								X	X		
html 11			X				X								X	X		
html 12			X	X			X								X	X		

html 13		X	X	X			X									X	X		
html 14			X				X									X	X		
html 15			X				X									X	X		
html 16		X	X	X			X									X	X		

Tabla 16. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Gestores Bibliográficos.

● **Objeto de Aprendizaje 5: Introducción a la Telemedicina**

Páginas html:

- html 1: actividades_de_aprendizaje
- html 2: conceptos_de_la_telemedicina
- html 3: evaluacin_1
- html 4: index

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X				X	X					X		X	X		
html 2	X	X	X	X			X	X					X		X	X		
html 3		X	X				X	X					X		X	X		
html 4		X	X				X	X					X		X	X		

Tabla 17. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Introducción a la Telemedicina.

● **Objeto de Aprendizaje 6: Life Stories**

Páginas html:

- html 1: index
- html 2: motivation
- html 3: selfassessment
- html 4: vocabulary

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1	X	X	X	X			X		X		X		X		X	X		
html 2		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 3	X	X	X				X		X				X		X	X		
html 4		X	X				X		X				X		X	X		

Tabla 18. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Life Stories.

● **Objeto de Aprendizaje 7: Trauma Espinal**

Páginas html:

- html 1: actividades_de_aprendizaje
- html 2: contenidos
- html 3: estudio_de_caso
- html 4: evaluacin
- html 5:
evaluacin_del_paciente_con_lesin_de_mdula_espinal_por_trauma
- html 6: index
- html 7: introduccion
- html 8: referencias
- html 9: reflexin

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X	X			X		x				X		X	X		
html 2		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 3		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 4		X	X				X		X				X		X	X		

html 5		X	X	X			X	X				X		X	X		
html 6		X	X	X			X	X				X		X	X		
html 7		X	X	X			X	X				X		X	X		
html 8		X	X				X	X				X		X	X		
html 9		X	X				X	X				X		X	X		

Tabla 19. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Trauma Espinal.

● **Objeto de Aprendizaje 8: Trauma Craneal**

Páginas html:

- html 1: referencias
- html 2: reflexin
- html 3: actividades_de_aprendizaje
- html 4: contenidos
- html 5: estudio_de_caso
- html 6: evaluacin
- html 7:
evaluacin_del_paciente_con_trastorno_cognitivo_agudo_por_traumati
sno_craneal
- html 8: index
- html 9: introduccin

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X				X	X					X		X	X		
html 2		X	X				X	X					X		X	X		
html 3		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 4	X	X	X	X			X	X		X			X		X	X		
html 5		X	X	X			X	X					X		X	X		

html 6		X	X				X	X				X		X	X		
html 7		X	X	X			X	X				X		X	X		
html 8		X	X	X			X	X				X		X	X		
html 9		X	X	X			X	X				X		X	X		

Tabla 20. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Trauma Craneal.

● **Objeto de Aprendizaje 9: Trauma Equilibrio Hídrico**

Páginas html:

- html 1: actividades_de_aprendizaje
- html 2: contenidos
- html 3: evaluacin
- html 4: importancia_biomdica_del_equilibrio_hdrico
- html 5: index
- html 6: introduccin
- html 7: referencias
- html 8: reflexin

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 2		X	X				X	X					X		X	X		
html 3		X	X				X	X					X		X	X		
html 4		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 5		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 6		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 7		X	X	X			X	X					X		X	X		

html 8		X	X				X		X				X		X	X		
--------	--	---	---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	---	--	---	---	--	--

Tabla 21. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Trauma Equilibrio Hídrico.

● **Objeto de Aprendizaje 10: Videos Animados**

Páginas html:

- html 1: cmo_crear_mi_primer_video
- html 2: contenidos
- html 3: crditos
- html 4: el_poder_de_las_historias
- html 5: el_storytelling
- html 6: index
- html 7: introduccin
- html 8: qu_es_adobe_spark

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1	X	X	X	X			X				X				X	X		
html 2			X	X			X								X	X		
html 3		X	X				X								X	X		
html 4	X	X	X	X			X				X				X	X		
html 5		X	X	X			X								X	X		
html 6			X	X			X								X	X		
html 7		X	X				X								X	X		
html 8	X		X	X			X								X	X		

Tabla 22. Pruebas con estudiantes del Objeto de Aprendizaje Videos Animados.

9.2. Pruebas con Docentes

Para las pruebas con los docentes se hizo uso de las preguntas indicadas en el apartado 7.1.3.

- **Objeto de Aprendizaje 1 : Sistemas de Numeración y Profundización**

Páginas html:

- html 1: bibliografía
- html 2: fortalece tu mente
- html 3: index
- html 4: lecturas recomendadas
- html 5: principios de los sistemas de numeración
- html 6: sistema numérico binario
- html 7: sistema numérico decimal
- html 8: sistema numérico hexadecimal
- html 9: sistema numérico octal
- html 10: sistemas de numeración
- html 11: tipos de sistemas de numeración

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X				X	X					X		X	X		
html 2		X	X				X	X					X		X	X		
html 3	X	X	X	X			X	X		X			X		X	X		
html 4		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 5		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 6		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 7		X	X				X	X					X		X	X		
html 8		X	X				X	X					X		X	X		
html 9	X	X	X	X			X	X					X		X	X		

html 10	X	X	X	X			X		X		X		X		X	X		
html 11		X	X	X			X		X				X		X	X		

Tabla 23. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Sistema de Numeración y Profundización.

● **Objeto de Aprendizaje 2: Teoría de Conjuntos**

Páginas html:

- html 1: aplicacin_de_la_teora_de_conjuntos
- html 2: bibliografa
- html 3: cardinalidad
- html 4: diagramas_de_venn
- html 5: estructura_y_representacin
- html 6: index
- html 7: lecturas_recomendadas
- html 8: leyes_de_conjuntos
- html 9: operaciones_con_conjuntos
- html 10: relaciones_de_conjuntos
- html 11: simulador_de_operaciones
- html 12: teora_de_conjuntos
- html 13: tipos_de_conjuntos

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X				X	X					X		X	X		
html 2		X	X				X	X					X		X			
html 3		X	X				X	X							X			
html 4		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 5		X	X				X	X				X	X		X	X		
html 6	X	X	X	X			X	X			X		X		X	X		
html 7		X	X				X	X					X		X	X		

html 8		X	X			X	X			X	X		X	X		
html 9		X	X	X		X	X			X	X		X	X		
html 10		X	X			X	X			X			X	X		
html 11		X	X			X	X			X			X	X		
html 12		X	X			X	X			X			X	X		
html 13		X				X							X			

Tabla 24. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Teoría de Conjuntos.

● **Objeto de Aprendizaje 3: Álgebra de Boole**

Páginas html:

- html 1:circuitos_lgicos
- html 2:ejercicio_de_simplificacin_de_expresiones
- html 3:index
- html 4:mapas_de_karnaugh

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X				X	X					X		X	X		
html 2		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 3	X	X	X	X			X	X		X			X		X	X		
html 4		X	X	X			X	X					X		X	X		

Tabla 25. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Álgebra de Boole.

● **Objeto de Aprendizaje 4: Computadores y Algoritmos**

Páginas html:

- html 1: algoritmos_y_sus_aplicaciones
- html 2: algunas_preguntas

- html 3: algunos_programas
- html 4: index

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1	X	X	X	X			X		X		X		X		X	X		
html 2		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 3		X	X	X			X		X				X			X		
html 4	X	X	X	X			X		X				X		X	X		

Tabla 26. . Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Computadores y Algoritmos.

- **Objeto de Aprendizaje 5: Resolución problemas**

Páginas html:

- html 1: algunos_programas
- html 2: etapas_en_la_resolucion_de_un_problema
- html 3: index
- html 4: lecturas_recomendadas
- html 5: maquinas_de_turing
- html 6: procedimiento
- html 7: referencias
- html 8: solucin_de_problemas_en_la_ingeniera

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X		X			X		X				X		X	X		
html 2		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 3	X	X		X			X		X		X		X		X	X		

html 4		X	X				X	X				X	X	X	X		
html 5		X	X	X			X	X				X		X	X		
html 6		X	X	X			X	X				X		X	X		
html 7		X	X				X	X				X		X	X		
html 8				X			X	X		X		X		X	X		

Tabla 27. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Resolución problemas.

● **Objeto de Aprendizaje 6: Buses**

Páginas html:

- html 1: index
- html 2: jerarquia_de_buses
- html 3: nivel_electrico_mecnico_y_lgico
- html 4: puente_norte_puente_sur

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X				X	X					X		X	X		
html 2		X	X	X			X	X					X		X	X		
html 3		X	X	X			X	X		X			X		X	X		
html 4		X	X	X			X	X					X		X	X		

Tabla 28. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Buses.

● **Objeto de Aprendizaje 7: Memorias**

Páginas html:

- html 1: index
- html 2: jerarquia_de_memoria
- html 3: memoria_cache
- html 4: memoria_externa

- html 5: memoria_principal
- html 6: tipos_de_memoria_ram
- html 7: unamos_conocimientos_y_su_relacin_con_es

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X				X	X				X			X	X		
html 2		X	X	X			X	X				X			X	X		
html 3		X	X				X	X				X			X	X		
html 4	X	X	X	X			X	X		X		X			X	X		
html 5	X	X	X	X			X	X		X		X			X	X		
html 6	X	X	X	X			X	X		X		X			X	X		
html 7	X	X	X	X			X	X		X		X			X	X		

Tabla 29. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Memorias.

- **Objeto de Aprendizaje 8: Organización y Arquitectura del Computador**

Páginas html:

- html 1: ahora_de_von_neumann
- html 2: el_avance_de_generaciones
- html 3: hablemos_de_eniac
- html 4: index
- html 5: la_ley_de_moore
- html 6: mejores_prestaciones

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1	X	X	X	X			X	X		X		X			X	X		

html 2	X	X	X	X			X		X	X				X		X	X		
html 3	X	X	X	X			X		X					X		X	X		
html 4		X	X	X			X		X					X		X	X		
html 5	X	X	X	X			X		X					X		X	X		
html 6		X	X				X		X					X		X	X		

Tabla 30. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Organización y arquitectura del computador.

● **Objeto de Aprendizaje 9: Recursividad**

Páginas html:

- html 1: conceptos_basicos
- html 2: estructura_de_un_mtodo_recursivo
- html 3: llamada_recursiva
- html 4: programemos_mtodos_recursivos_en_java
- html 5: cdigo_fuente_de_los_mtodos_recursivos
- html 6: index
- html 7: referencias

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X				X		X				X		X	X		
html 2		X	X	X		X	X		X				X		X	X		
html 3		X	X	X		X	X		X				X		X	X		
html 4	X	X	X	X			X		X				X		X	X		
html 5		X	X				X		X				X		X	X		
html 6	X	X	X	X			X		X		X		X		X	X		
html 7		X	X				X		X				X		X	X		

Tabla 31. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Recursividad.

● **Objeto de Aprendizaje 10: Paradigmas**

Páginas html:

- html 1: caractersticas
- html 2: clase
- html 3: clasificacin
- html 4: index
- html 5: introduccin
- html 6: programacin_dirigida_a_eventos
- html 7: programacin_funcional
- html 8: programacin_orientada_a_objetos
- html 9: tipos_comunes_de_paradigmas

Páginas	Preguntas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
html 1		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 2		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 3		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 4		X	X				X		X				X		X	X		
html 5		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 6		X	X				X		X				X		X	X		
html 7		X	X				X		X				X		X	X		
html 8		X	X	X			X		X				X		X	X		
html 9		X	X	X			X		X				X		X	X		

Tabla 32. Pruebas con docentes del Objeto de Aprendizaje Paradigmas.

9.3. Trabajos de investigación presentados en congresos

- **Una red ontológica para identificar metadatos de accesibilidad en objetos de aprendizaje: un enfoque basado en las Pautas de accesibilidad de contenido web, esquemas y análisis de discapacidades**

De acuerdo con las directrices proporcionadas en el programa de la UNESCO "Aprendizaje para todos", las partes interesadas (gobiernos, instituciones, maestros, diseñadores de instrucción y organismos de reconocimiento de calidad / calificación) son responsables del desarrollo de la contribución para garantizar el acceso de calidad al aprendizaje para personas con Discapacidades o necesidades especiales. Por este motivo, en este documento, presentamos una propuesta de una red ontológica para modelar el conocimiento de las pautas de accesibilidad relacionadas con los objetos de aprendizaje (OA). Nuestro enfoque se basa en las Pautas de accesibilidad del contenido web (WCAG 2.0), los metadatos de accesibilidad del esquema y una propuesta novedosa para incluir la preferencia según las características de la discapacidad.(in press)

- **Una propuesta basada en modelos de conocimiento y ontologías para apoyar el proceso de evaluación de accesibilidad de los objetos de aprendizaje**

Hoy en día, los gobiernos de varias naciones deben enfrentar el desafío de brindar una educación de alta calidad para todas las personas desde la perspectiva de un enfoque inclusivo. En esta línea, en el área de e-learning existen varios estándares y modelos destinados a establecer pautas o estructuras de calidad para certificar un proceso óptimo de desarrollo, implementación y evaluación de los Objetos de aprendizaje (OA). Dado que el proceso de enseñanza-aprendizaje va más allá del uso de herramientas tecnológicas, es necesario comprender que debe existir una sinergia entre la tecnología y el diseño metodológico utilizado para establecer un modelo innovador y de alta calidad. Sin embargo, los OA se han desarrollado para responder solo a las necesidades y requisitos presentados por los "estudiantes estándar". Por esta razón, estos objetos han perdido la universalidad de su propósito, así como la funcionalidad de responder a las diversas necesidades de aprendizaje. Por estas razones, en este documento, presentamos un enfoque novedoso que utiliza ontologías y modelos de conocimiento para respaldar el análisis de accesibilidad y la evaluación de objetos de aprendizaje. Nuestro modelo amplía las ontologías existentes como WCAG 2.0, Schema DRD y SKOS para representar cómo los metadatos de accesibilidad se relacionan con los tipos más comunes de discapacidades (intelectuales, físicas, visuales, auditivas, etc.). Hemos validado nuestra propuesta con el apoyo de un equipo multidisciplinario de expertos, y los resultados obtenidos son alentadores.(in press)