

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**Proyecto APEP-SDV: Adaptación de plataforma
e-learning para personas en situación de
discapacidad visual en grado moderado**

Rosa Muñoz Valenzuela

Profesor: Hector Antillanca

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Descripción del problema.....	1
1.1 Motivación	1
1.2 Enunciado del problema	2
2. Análisis del problema	3
2.1 Estado del arte	3
2.1.1 Accesibilidad web	3
2.1.2 Normativa Chilena de Accesibilidad Web	4
2.1.3 Heurísticas de Accesibilidad Visual	6
2.1.4 Moodle	7
2.1.5 Diagnostico de accesibilidad Moodle 2.7	7
2.1.6 Diagnostico WAVE	7
2.1.7 Diagnostico con el usuario	9
2.2 Estado del arte	12
2.3 Enfoques de la solución	14
2.4 Justificación del enfoque seleccionado	15
3. Descripción de la solución propuesta.....	16
3.1 Propósito de la solución	16
3.2 Características de la solución	16
3.3 Alcances y limitaciones	16
3.4 Evaluación de la solución	17
4. Objetivos del proyecto	18
4.1 Objetivo general	18
4.2 Objetivos específicos	18
5. Metodología, herramientas y ambiente de desarrollo	19
5.1 Metodología de desarrollo	19
5.2 Herramientas de desarrollo	20

5.3	Ambiente de desarrollo	21
5.4	Herramientas de desarrollo	22
5.5	Ambiente de desarrollo	22
6.	Plan de trabajo.....	23
7.	Bibliografía.....	24
8.	Anexo A: Defectos en la visión de color.....	26
9.	Anexo B: Carta Gantt	28

1 Descripción del problema

1.1. Motivación

Actualmente la educación tiende hacia el *e-learning* [1], es decir, hacia el aprendizaje en línea. Como apoyo a esta forma de aprendizaje existen diversas plataformas de trabajo, una de las más populares en el mundo es Moodle. A nivel mundial cuenta con mas de 79 millones de usuarios [2], siendo utilizada en ambientes académicos y empresariales.

La Universidad de Santiago de Chile ofrece herramientas complementarias para facilitar la formación de sus alumnos, tales como tutorías o materiales didácticos. Una de estas herramientas es la plataforma Moodle que permite la administración e intercambio de contenidos virtuales educacionales entre alumnos y docentes. El principal objetivo de la implementación esta plataforma es permitir a los docentes elaborar, compartir, y administrar de forma virtual material académico de relevancia para sus cursos, tales como pruebas, cuestionarios, glosarios, contenidos educativos [3].

La Universidad de Santiago de Chile permite el registro en sus aulas de cualquier persona, e incluso ofrece becas y programas a quienes posean capacidades diferentes. En este sentido, la Universidad ofrece el Programa de acceso inclusivo equidad y permanencia (PAIEP) el cual se encarga de brindar apoyo en el acceso, permanencia y titulación. Los alumnos en situación de discapacidad pueden ingresar en este programa para obtener tutorías y *hardware* asistivo. Por otro lado, las herramientas y plataformas que la Universidad pone a disposición de su alumnado, también consideran a los alumnos en situación de discapacidad para efectos de usabilidad, siendo Moodle la principal herramienta digital que requiere de accesibilidad.

Moodle es una plataforma del tipo *Learning Content Management System* (LCMS) que permite el manejo de contenidos virtuales y la administración de estos. Uno de los grandes desafíos para la plataforma Moodle es implementar la accesibilidad para usuarios en situación de discapacidad. En función de este objetivo la plataforma Moodle en sus distintas versiones, implementa las normas de accesibilidad [4] *Web Content Accessibility Guidelines 2.0* (WCAG 2.0) y *Authoring Tool Accessibility Guidelines 2.0* (ATAG 2.0). La accesibilidad web comprende el conjunto de herramientas, sitios y tecnologías web que deben ser adaptadas para su usabilidad por parte de personas en situación de discapacidad [5]. En otras palabras, una persona en situación de discapacidad debe ser capaz de percibir, comprender, navegar, interactuar, y finalmente contribuir a la web. Las pautas

para la implementación de la accesibilidad web se encuentran formalizadas en la norma *Web Content Accessibility Guidelines 2.0* (WAG 2.0), la que se organiza en enunciados verificables e independientes de tecnologías, cada uno de los cuales anexa una discusión sobre su implementación en diferentes tecnologías.

Se han detectado áreas de mejora en la accesibilidad para personas en situación de discapacidad visual de la plataforma Moodle 2.7

1.2. Enunciado del problema

Los diagnósticos iniciales realizados para determinar el nivel de implementación de medidas de accesibilidad para personas en situación de discapacidad visual muestran que la plataforma Moodle 2.7 implementada por la Universidad de Santiago de Chile no cumple con las medidas establecidas por WCAG 2.0. Por lo tanto, ¿Como brindar acceso a las personas en situación de discapacidad visual en grado moderado a las funcionalidades que implementa Moodle 2.7 ?

2 Análisis del problema

2.1. Estado del arte

2.1.1. Accesibilidad web

La primera página web fue publicada el 6 de agosto de 1991 por Tim Berners-Lee en un laboratorio de la Organización Europea para la Investigación Nuclear CERN. La intención de Berners-Lee, inventor de la *World-Wide Web* (WWW) era satisfacer la necesidad de compartir información entre científicos en universidades e institutos alrededor del mundo. Desde entonces, la cantidad de usuarios de Internet alrededor del mundo ha superado los cuatro mil millones de personas [6]. Dado el amplio acceso a internet de todo tipo de personas, asegurar que la mayor cantidad de usuarios tengan una buena experiencia de uso de contenidos web se ha convertido en un objetivo deseable en el diseño y construcción de diversas fuentes de información on-line. Esto incluye a personas que posean discapacidades físicas que les impidan interactuar con terminales web tradicionales como computadores o smartphones.

El *World Wide Web Consortium* (W3C), es un consorcio internacional encargado de generar e impulsar recomendaciones y estándares para el crecimiento de la *World Wide Web*. El W3C propone guías y estándares para todo tipo de actividades relacionadas con Internet, desde manejo de datos y transacciones comerciales on-line, hasta consumo web en vehículos y el Internet de las Cosas.

El 11 de Diciembre de 2008, el W3C puso a disposición del público el documento *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG 2.0) que ofrece lineamiento y recomendaciones en el diseño y elaboración de contenidos web, para su consumo por parte de personas con diversos tipos y grados de discapacidad. La norma WCAG 2.0 establece cuatro principios sobre los cuales se debe erigir toda funcionalidad de accesibilidad en contenidos web:

1. Percibible: el contenido web y sus componentes de interfaz de usuario deben presentarse de forma que el usuario pueda percibirlos. Esto incluye medios alternativos de presentación de información como transcripciones en audio o texto de contenidos.
2. Operable: el contenido web y sus componentes de interfaz de usuario deben ofrecer alternativas de operabilidad para usuarios con capacidades diferentes, de modo que todo el contenido esté disponible para cualquier usuario.

3. Entendible: el contenido web y sus componentes de interfaz de usuario deben ser claros y entendibles por los usuarios, comportarse de forma predecible, ofrecer ayuda al usuario en caso de errores.
4. Robusto: el contenido web y sus componentes de interfaz de usuarios deben permitir su interpretación mediante tecnologías asistivas de forma confiable y consistente.

2.1.2. Normativa Chilena de Accesibilidad Web

La ley N 20.422, promulgada el 3 de febrero de 2010 por el Congreso Nacional de Chile, establece las normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social para personas en situación de discapacidad en el país. Su principal objetivo es la aseguración del disfrute de derechos y la eliminación de cualquier forma de discriminación fundada en la discapacidad [7].

La ley define la accesibilidad universal como: "La condición que deben cumplir los entornos, procesos, bienes, productos y servicios, así como los objetos o instrumentos, herramientas y dispositivos, para ser comprensibles, utilizables y practicables por todas las personas, en condiciones de seguridad y comodidad, de la forma más autónoma y natural posible [8]".

Para usos del trabajo de título se comprende accesibilidad universal como la condición de ser usable por cualquier individuo sin importar si presenta situación de discapacidad.

El Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS) es una entidad chilena que tiene como principal objetivo promover el derecho a la igualdad de oportunidades de las personas en situación de discapacidad [9]. Esta entidad ha definido a la persona en situación de discapacidad como: 'Aquella persona que presenta deficiencias de sus funciones y/o estructuras corporales, limitaciones en sus actividades y restricciones en su participación, como resultado de la interacción negativa de su condición de salud y los factores contextuales (ambientales y personales) en los que se desarrolla' [10].

El SENADIS establece un índice que cuantifica el máximo nivel posible de funcionamiento que puede alcanzar una persona en un momento dado. Considerando estrictamente su condición de salud, se consideran cuatro grados de discapacidad en una persona:

- Sin discapacidad: La persona no presenta dificultades para llevar a cabo actividades de la vida diaria.
- Discapacidad leve: personas que presentan alguna dificultad para llevar a cabo actividades de la vida diaria, sin embargo la persona es independiente y no requiere apoyo

de terceros y puede superar barreras del entorno.

- Discapacidad moderada: personas que presentan una disminución o imposibilidad importante de su capacidad para realizar la mayoría de las actividades de la vida diaria, llegando incluso a requerir apoyo en labores básicas de auto-cuidado y supera con dificultades sólo algunas barreras del entorno.
- Discapacidad severa: personas que ven gravemente dificultada o imposibilitada la realización de sus actividades. cotidiana, requiriendo del apoyo o cuidados de una tercera persona y no logra superar las barreras del entorno.

Para usos estadísticos SENADIS en su Estudio Nacional de la Discapacidad [11] (ENDISC) agrupó las deficiencias funcionales y/o corporales en las categorías presentadas en la figura 4.1.

Categorías de deficiencias en ENDISC Chile 2004	Componentes de la CIF		Categorías en la CIE-10
	Funciones Corporales	Estructuras Corporales	
Físicas	Funciones Neuromusculoesqueléticas y relacionadas con el movimiento	Estructuras relacionadas con el movimiento	Enfermedades del Sistema Osteomuscular y del Tejido Conjuntivo Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas Traumatismos, envenenamientos y otras enfermedades del sistema nervioso Afecciones en el período perinatal Causas extremas de morbilidad y de mortalidad (accidentes y otras)
Auditivas	Funciones Sensoriales	El ojo, el oído y estructuras relacionadas	Enfermedades del oído Enfermedades del ojo y sus anexos
Visuales			
Intelectuales ¹²	Funciones Mentales	Estructuras del Sistema Nervioso (Estructuras del cerebro)	Trastornos mentales y del comportamiento y Enfermedades del sistema nervioso
Psiquiátricas			
Visceral ¹³	Funciones de los sistemas cardiovascular, hematológico, inmunológico y respiratorio	Estructura de los sistemas cardiovascular, hematológico, inmunológico y respiratorio	Enfermedades del sistema circulatorio Enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos y trastornos de la inmunidad Enfermedades del sistema respiratorio
	Funciones de los sistemas digestivo, metabólico y endocrino	Estructura de los sistemas digestivo, metabólico y endocrino	Enfermedades del sistema digestivo Enfermedades Endocrinas, nutricionales y metabólicas
	Funciones genitourinarias y reproductoras	Estructura genitourinarias y reproductoras	Enfermedades del sistema genitourinario
	Funciones de la piel y estructuras relacionadas	Estructura de la piel y estructuras relacionadas	Enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo
Múltiples	Otras Funciones y Estructuras no clasificadas		Otras Enfermedades no clasificadas

Figura 2.1: Clasificación de los tipos de situación de discapacidad ENDISC 2004

El SENADIS ofrece, a través de su página web oficial, un documento denominado Guía de Accesibilidad Web del Servicio Nacional de la Discapacidad. Este documento se basa en la norma WCAG 2.0 del W3C para establecer recomendaciones en la

accesibilidad a contenidos web de autoría chilena. Aunque no es obligatorio por ley el seguimiento de este documento, el SENADIS ofrece certificaciones a quienes cumplan con las recomendaciones de este documento, como el Sello Chile Inclusivo que se entrega a instituciones públicas y privadas que, sin importar su tamaño, realicen medidas de acción positiva hacia la inclusión social de las personas en situación de discapacidad”.

Tanto la norma WCAG 2.0 como la Guía de Accesibilidad Web del Servicio Nacional de la Discapacidad ofrecen lineamientos para garantizar la accesibilidad a contenidos web de personas con todo tipo de discapacidad física. Para el desarrollo del proyecto MAVIP, el foco principal se ubica en personas en situación de discapacidad visual.

2.1.3. Heurísticas de Accesibilidad Visual

En su libro *Visual Impairments and Learning*, la doctora Natalie Barraga establece cuatro niveles de discapacidad visual (Barraga, 1992):

1. Discapacidad Visual Moderada: Necesidad de apoyos especiales e iluminación adecuada para realizar tareas visuales, similares a las que podría necesitar una persona con visión normal.
2. Discapacidad Visual Severa: Necesidad de adecuaciones especiales de tiempo y herramientas de apoyo para realizar tareas visuales con errores o inexactitudes.
3. Discapacidad Visual Profunda: Imposibilidad de realizar tareas que requieren de alta agudeza visual, dificultad para realizar tareas que requieren de baja agudeza visual.
4. Ceguera: Imposibilidad de realizar tareas visuales. Percepción de luz sin definición, o carencia de percepción de luz.

Por otro lado, Jakob Nielsen et al. realizaron un estudio de usabilidad web en el año 2001, donde participaron más de 80 usuarios expertos de software, la mayoría de los cuales poseía discapacidades visuales en diferentes niveles. Los resultados de éste y otros estudios similares se encuentran compilados en un documento que ofrece setenta y cinco recomendaciones respecto a la forma en que se despliega la información en una página web. Hoy en día, el Grupo Nielsen-Norman, fundado por Jakob Nielsen, Don Norman y Bruce Tognazzini en 1998, es reconocido por sus estudios en Experiencia de Usuario y Usabilidad en diversos campos tecnológicos, incluyendo y no limitado a la usabilidad web y a la accesibilidad para usuarios con discapacidad.

2.1.4. Moodle

Moodle es un Sistema de Administración de Aprendizaje (*Learning Management System*, LMS) escrito en el lenguaje de programación web PHP y distribuido bajo licencia GNU. Moodle permite la creación de cursos accesibles de forma remota por educadores y alumnos a través de navegadores web, y es utilizado en instituciones educativas alrededor del mundo, incluyendo la Universidad de Santiago de Chile.

Desarrollado originalmente por Martin Dougiamas, la primera versión de Moodle fue lanzada el 20 de agosto de 2002. Hoy en día el Proyecto Moodle es coordinado por la empresa australiana Moodle HQ y apoyado por desarrolladores de código libre alrededor del mundo.

Moodle requiere de un servidor web para ser instalado, así como de una base de datos para almacenar información de cursos y usuarios. Existen versiones autoinstalables de Moodle para sistemas operativos Windows y MacOS con toda la infraestructura de software necesaria preconfigurada. Para distribuciones de Linux existen paquetes pre-compilados descargables mediante gestores de descarga como APT de Debian.

La última versión estable disponible de Moodle es la 3.5.1, descargable desde la página web del proyecto Moodle. La Universidad de Santiago de Chile, por su parte, ofrece a su alumnado acceso a la plataforma Moodle en su versión 2.7.

2.1.5. Diagnostico de accesibilidad Moodle 2.7

Para comprender el estado de la accesibilidad de la plataforma Moodle se la sometió a un test doble de accesibilidad. La primera fase consistió en un test automatizado realizado por la herramienta WAVE, la que procesa el código HTML en busca de fallas. La segunda fase se realizó en las sesiones presenciales de diseño con el usuario, en estas el usuario mencionaba los elementos que le dificultaban la interacción en las tareas programadas. A continuación veremos los resultados.

2.1.6. Diagnostico WAVE

Las figuras 2.2, 2.3 y 2.4 muestran el diagnostico realizado por la herramienta a la plataforma Moodle, a continuación su profundización:

- Errores de contraste: los elementos de la página web no presentan un contraste adecuado, también se debe a que los colores de la página web no son adecuados a los modos de color variable (modo daltónico y de alto contraste)

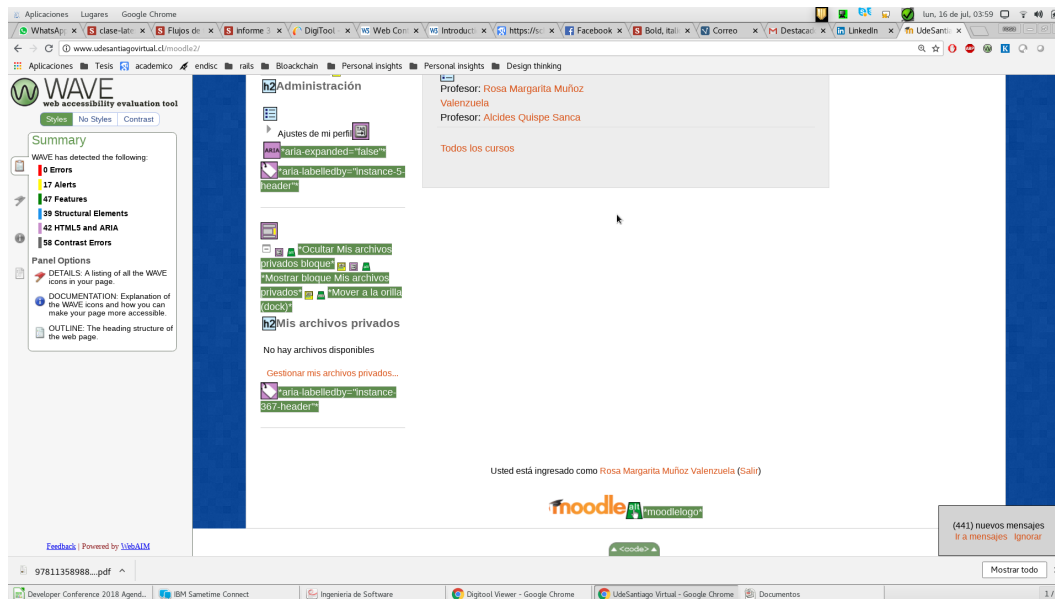


Figura 2.4: Diagnostico Wave parte 3

- Elementos estructurales: se dice de elementos que están ordenados de forma paralela, principalmente elementos que se encuentran listados. Esto dificulta la navegación por teclado.
- HTML 5 y Aria: se presenta el elemento de accesibilidad Aria, el cual consiste en una etiqueta HTML que puede ser leída por lectores de pantalla. La implementación actual es insuficiente según la norma WCAG 2.0.
- Alertas: presenta elementos que poseen leyenda para lectores de pantalla, mas ésta no es el tipo de etiqueta que establece la norma WCAG 2.0

Además se muestran la implementación de treinta y dos características de accesibilidad que corresponden principalmente a la implementación de etiquetas correctas para la descripción de elementos visuales y enlaces.

De lo anterior se desprende que la plataforma Moodle no es accesible para las personas en situación de discapacidad.

2.1.7. Diagnostico con el usuario

Este diagnostico nació de la interacción controlada con la plataforma Moodle 2.7 por parte de un alumno de la Universidad de Santiago de Chile en situación de discapacidad visual, es decir, se le pidió al usuario que hiciera tareas y describiese elementos

que le causasen algún tipo de dificultad.

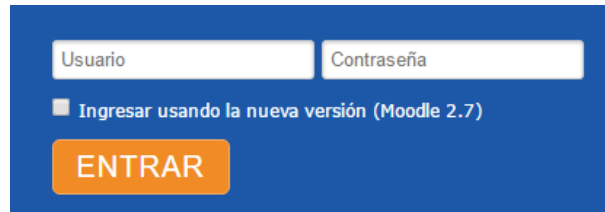


Figura 2.5: Cercanía de elementos de interfaz de usuario.

Incidencia 1 (Figura 2.5): La cercanía de los botones de selección de plataforma y de ingreso a la plataforma hace que sea complejo para el usuario con visión disminuida seleccionar la plataforma sin presionar por error el botón de ingreso.



Figura 2.6: Bajo contraste entre texto y fondo.

Incidencia 2 (Figura 2.6): El contraste del fondo naranja y las letras blancas hacen que el usuario con visión reducida no pueda distinguir estos elementos. Además, la cercanía de los los elementos hace que sea complejo acceder a estos. Incidencia 3 (Figura



Figura 2.7: Area inaccesible para lectores de pantalla.

2.7): En la vista de tareas el lector de pantalla no puede acceder a la sección enmarca en rojo, solamente lee los enlaces insertados en esta. Esto provoca que el usuario no comprenda el contenido de la vista.

Incidencia 4 (Figura 2.8): El lector de pantalla no puede acceder a la región del mensaje escrito, mas puede acceder a los vínculos insertos en éste.

Incidencia 5 (Figura 2.9): Los iconos Nuevo Mensaje, “Bloquear Contacto” e “Historial de Mensajes”, se encuentran muy cercanos entre sí, lo que causa la selección errónea por confusión visual en los usuarios con visión disminuida.



Figura 2.8: Enlaces inaccesibles para lector de pantalla.

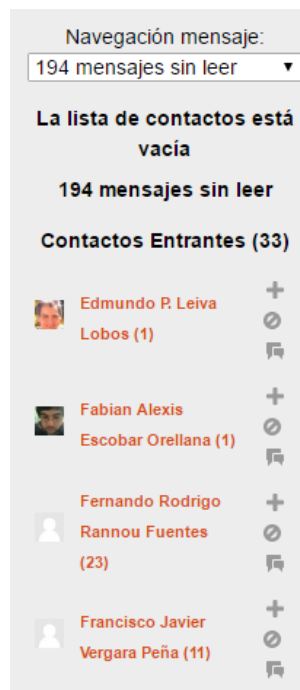
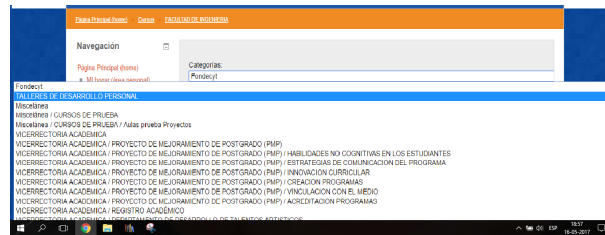


Figura 2.9: Iconos muy cercanos entre sí.

(Sin novedades aún)

Incidencia 6 (Figura 2.10): En la vista de novedades, si no existen elementos el lector de pantalla no ingresa en el recuadro gris que indica la inexistencia de novedades.



Incidencia 7 (Figura 2.11): El uso de menús desplegables dificulta la navegación para usuarios con visibilidad reducida dado que al hacer incremento de la pantalla (zoom) se excede lo que se puede mostrar en la pantalla, y al bajar para ver las opciones desplegadas estas se cierran

Incidencia 8 (Figura 2.12): Bajo contraste entre ícono y fondo hace que el elemento marcado sea difícil de ver. Además, al hacer zoom en la pantalla el elemento queda demasiado cerca de los enlaces en naranja y es difícil seleccionar el elemento correcto.

La plataforma Moodle esta en continuo desarrollo ([12]). Este se basa en en la retroalimentación de usuarios y el desarrollo constante. Los usuarios notifican errores, los que son corregidos por los desarrolladores e integrados en las nuevas versiones. Por parte de los desarrolladores estos realizan nuevos módulos para la plataforma los que incorporan nuevas funcionalidades.

La plataforma posee funciones de accesibilidad, más no existe documentación en la plataforma que indique el grado de accesibilidad de esta ([4]). Diversos autores se han dedicado al diagnóstico de la accesibilidad de la plataforma Moodle, a continuación se muestran algunos.

Navegación



Página Principal (home)

- Mi hogar (área personal)
- ▶ Páginas del sitio
- ▶ Mi perfil
- ▶ Mis cursos
- ▼ Cursos
 - ▶ Fondecyt
 - ▶ TALLERES DE DESARROLLO PERSONAL
 - ▶ Miscelánea
 - ▶ VICERRECTORIA ACADEMICA
- ▼ FACULTAD DE INGENIERIA
 - ▶ DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

Figura 2.12: Bajo contraste y cercanía con otros elementos en pantalla.

En el 2011 Calvo, Iglesias y Moreno ([13]) realizan un diagnóstico a la usabilidad de la plataforma Moodle para personas en situación de discapacidad visual. Los resultados de dicho diagnóstico fueron que la plataforma Moodle en su versión 1.6, no cumple en su totalidad con las normas *Authoring Tool Accessibility Guidelines 1.0* ([14]) y *Web Content Accessibility Guidelines 2.0* ([15]). Las principales falencias encontradas problemas con la representación con lectores de pantalla y el acceso a contenidos. El enfoque principal de este trabajo es el diagnóstico de la plataforma Moodle, este enfoque no es compatible con la solución planteada dado que esta considera la modificación de la plataforma para cumplir con la normativa vigente (WCAG 2.0).

Los autores Calvo, Iglesias y Moreno ([16]) realizan un segundo diagnóstico a la usabilidad de la plataforma Moodle para personas en situación de discapacidad. En este segundo diagnóstico se centraron en la versión 2.0 de la plataforma, abordan la creación y subida de material a la plataforma, lo que verifica el cumplimiento de la norma ATAG 2.0 ([17]). El diagnóstico tiene como resultado que si bien la plataforma cumple con la norma en su grado mínimo, la persona en situación de discapacidad visual aun no puede subir contenido a la plataforma sin asistencia de terceros. Como en su anterior trabajo el enfoque central es el diagnóstico, lo que no es compatible con la solución planteada.

Los autores Castaño, Iglesias y Calvo ([18]) postulan que las aplicaciones de

chat pertenecientes a las plataformas *e-learning* tienen un alto impacto en el aprendizaje de los alumnos. Dado esto evalúan la accesibilidad de personas en situación de discapacidad en las plataformas Moodle 2.7, Edmodo e Instructur. El resultado de esta evaluación es que todas las plataformas presentan falencias según la norma WCAG 2.0, es la plataforma Moodle 2.7 la que implementa mas medidas de accesibilidad entre las plataformas evaluadas. El enfoque presentado en este trabajo se diferencia del enfoque de la solución propuesta en dos puntos, el primero, las situaciones de discapacidad que abarca, para la solución solo se aborda la situación de discapacidad visual en sus grados severo y moderado, el segundo punto es el aspecto y plataformas a evaluar, lo que distan radicalmente del enfoque de la solución.

El autor Kumar realiza un diagnóstico de accesibilidad de distintas plataformas empleadas para el estudio por estudiantes que posean o no situación de discapacidad ([19]). Las plataformas evaluadas fueron Youtube, Moodle 2.0, Presentaciones Power Point y otras paginas web, dichas plataformas se examinaron a la luz de la norma WCAG 2.0. El estudio demostró que las plataformas no cumplían con la norma, además, su diseño no estaba centrado en el estudiante, y que esto era vital para el mejoramiento de la accesibilidad. El enfoque de este estudio dista del enfoque de la solución propuesta dado que este no acota la situación de discapacidad, además no solo examina la plataforma Moodle 2.0 sino otras plataformas que no están especializadas en *e-learning*.

Dado los antecedentes presentados y el diagnóstico realizado se establece que el enfoque de la solución propuesta, es decir, la creación de un sistema alternativo a la plataforma Moodle en su versión 2.7 para proporcionar accesibilidad a personas en situación de discapacidad en sus grados severos y moderado cuenta con precedentes presentados en la literatura y que aun no han sido solucionados.

2.3. Enfoques de la solución

El servicio nacional de la discapacidad (desde ahora referenciado como SENADIS) define a las tecnologías para la inclusión de personas en situación de discapacidad como: “Cualquier dispositivo, software, equipo, sistema o instrumento fabricado, desarrollado o adaptado que permitan superar y/o eliminar las barreras arquitectónicas, actitudinales y procedimentales que enfrentan las personas en situación de discapacidad durante su desempeño cotidiano”([20]).

Dicha definición abarca los dispositivos que permitan sortear barreras del entorno a las personas en situación de discapacidad. Esto incluye al hardware y software que asistan a las personas en situación de discapacidad, los que se definen como ([21]):

- **Hardware asistivo:** Cualquier producto, instrumento, equipo o sistema técnico utilizado por una persona en situación de discapacidad, fabricado especialmente o disponible en el mercado para prevenir, compensar, mitigar o neutralizar la deficiencia, incapacidad o discapacidad en esta gama se presentan dispositivos varios tales como teclados braille, apuntadores, emuladores de teclado o mouse.
- **Software asistivo:** se define como la disciplina de la ingeniería que se ocupa de todos los aspectos de la producción de software, esta posee actividades fundamentales para la producción, estas son: especificación, desarrollo, validación y evolución, bajo este ciclo genérico se abarca todo el proceso de software siendo amplia y general.

2.4. Justificación del enfoque seleccionado

La solución propuesta se enfocará en el software asistido. Esto se debe a que la plataforma Moodle es una plataforma de software y no presenta hardware asistivo especializado asociado, es decir, si bien la plataforma Moodle soporta el hardware asistivo, este no requiere un hardware asistivo específico.

3 Descripción de la solución propuesta

3.1. Propósito de la solución

El propósito de la solución es crear una plataforma virtual *LCMS* que, sea compatible con las funciones de la plataforma Moodle 2.7 e implemente características de accesibilidad para personas en situación de discapacidad visual en grado moderado.

3.2. Características de la solución

3.3. Alcances y limitaciones

- Moodle es una plataforma del tipo LCMS (*Learning Content Management System*), es decir, permite el manejo de contenidos virtuales y la administración de estos. La plataforma implementará el manejo de archivos mediante dos acciones, la descarga de archivos subidos por el profesor al curso y el envío de archivos al profesor.
- La discapacidad se puede clasificar en distintas categorías, actualmente existen muchas categorizaciones de la situación de discapacidad dadas por las distintas instituciones pertinentes a esta área, para usos del de este trabajo se emplea la clasificación empleada en la estudio nacional de la discapacidad (Endisc 2004).
- Según Endisc 2004 la situación de discapacidad se puede dividir en siete categorías: física, auditiva, visual, intelectual, psiquiátrica, visceral y múltiple. Este trabajo se centra en la discapacidad visual.
- La situación de discapacidad visual abarca enfermedades que afecten al ojo y sus anexos ([22]), esta definición es amplia, abarca distintas condiciones visuales, para acotar este espectro se trabajará con el grado moderado, según clasificación SENADIS.
- Las situaciones de discapacidad visual contempladas para el proyecto son:
 - Pérdida de visión parcial, es decir, visión disminuida ó borrosa.
 - Defectos en la visión de color (Daltonismo), ver anexo A.

- La plataforma desarrollada solo garantizará compatibilidad con la versión de Moodle 2.7.

3.4. Evaluación de la solución

Durante el desarrollo y al terminar este se realizaran una pruebas automatizadas mediante la herramienta WAVE (*web accessibility evaluation tool*) de todos los módulos de la plataforma, esta arroja un diagnóstico temprano de las fallas de plataforma según la norma WCAG 2.0.

Posteriormente se plantean pruebas con usuarios, estas se realizaran bajo un set de instrucciones definidas y observando las interacciones del usuario.

Se planea realizar pruebas con 2 tipos de usuarios, estos son:

- Usuario con defectos en la visión de color
- Usuario con perdida de la visión parcial simulada, es decir, dificultando la visión del usuario mediante elementos físicos y/o virtuales.

4 Objetivos del proyecto

4.1. Objetivo general

Diseñar y construir una plataforma *e-learning* de tipo LCMS, que incorpore medidas de accesibilidad para personas en situación de discapacidad visual en grado moderado. Dicha plataforma debe ser compatible con la base de datos de la plataforma Moodle 2.7, y debe funcionar en paralelo a ésta.

4.2. Objetivos específicos

1. Definir estado de implementación de accesibilidad de la plataforma Moodle 2.7.
2. Definir las necesidades para plataformas e-learning para personas en situación de discapacidad visual en grado moderado.
3. Diseñar y construir una plataforma *e-learning* de tipo LCMS para personas en situación de discapacidad visual en grado moderado.
4. Verificar las características de accesibilidad implementadas.
5. Liberar de forma gratuita bajo licencia MIT la plataforma construida.

5 Metodología, herramientas y ambiente de desarrollo

5.1. Metodología de desarrollo

El proyecto aborda un proceso de negocios conocido como es la plataforma Moodle de apoyo al estudiante, y la cohesiona con el enfoque hacia la usabilidad para usuarios con discapacidad visual. Este nuevo enfoque es desconocido para la desarrolladora del proyecto, y añade un componente de incertidumbre a la definición de los requerimientos del sistema. Afortunadamente se cuenta con una alta disponibilidad de un grupo de usuarios con tales discapacidades, quienes pueden ser considerados *stakeholders* del proyecto y proponen modificaciones y nuevas funcionalidades en base a sus requerimientos.

Por otro lado, existe una alta incertidumbre respecto del grado de integración del proyecto con la base de datos de la plataforma Moodle 2.7, dado que la plataforma debe coexistir con Moodle 2.7 y la estructura de la base de datos compartida no puede ser alterada.

Dadas las fuentes de incertidumbre definidas anteriormente y la disponibilidad de usuarios *stakeholders*, se decide utilizar las metodologías *Rapid Application Development* (RAD) y *Extreme Programming* (XP).

La metodología RAD se basa en el concepto de prototipo descartable [23], artefacto compuesto por una aplicación prototipo funcional descartable que es validada por los *stakeholders* y mejorada en iteraciones de desarrollo, con lo que es posible evaluar múltiples opciones de satisfacción de requerimientos de forma práctica.

En pos de tomar ventaja del alto *feedback* brindado por el usuario final para mitigar la incertidumbre durante el proceso de desarrollo, se realiza una primera etapa de especificación de diseño y maquetas de interfaz gráfica funcionales en compañía del usuario, utilizando para ello la metodología RAD. Esto incluye el estudio de las normas de accesibilidad para definir un marco de trabajo común.

El producto de la primera etapa de desarrollo guía el desarrollo de la aplicación final utilizando metodología XP, metodología que permite el desarrollo incremental de las funcionalidades definidas por los *stakeholders*, quienes continúan entregando *feedback* sobre el proyecto en desarrollo.

Cada reunión con los *stakeholders* constituye la entrega de una nueva funcionalidad, la cual puede ser aceptada o modificada en sus características. Durante cada reunión con los clientes se realizan exploraciones guiadas de las características desarrolla-

das, se recopila una lista de modificaciones y nuevas características deseadas, y se comprometen las metas a cumplir hasta la siguiente reunión.

Durante la fase desarrollo se emplean historias de usuario para determinar los requisitos funcionales y no funcionales que debe cumplir el producto final. El test de validación de cada historia consiste en la exploración de la funcionalidad con el usuario esperando que éste se encuentre satisfecho en cuanto a su experiencia de uso, y recolectando una lista de incidencias en caso de que la prueba no sea exitosa.

Tanto en la fase de diseño inicial como en la de desarrollo, se contó con la ayuda de un segundo programador que apoyó la evolución del proyecto según los requerimientos de cada metodología de trabajo: realizando pruebas de calidad durante ambas fases y sugiriendo funcionalidades y pruebas de aceptación para cada reunión con los clientes.

Para controlar las tareas que se realizan durante el desarrollo del proyecto se utiliza un tablero de tareas inspirado en la metodología Kanban. Este registro permite controlar el nivel de avance del proyecto, así como el nivel de completitud de las tareas que constituyen la satisfacción de los requerimientos manifestados por los usuarios *stakeholders* tanto al inicio del proyecto como tras cada reunión de análisis y *feedback* de la herramienta de *software*.



Figura 5.1: Tablero Kanban del proyecto

5.2. Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo se utilizarán las siguientes herramientas de software:

- Sistema Operativo Ubuntu 16.04 LTS.
- Editor de texto Atom, para desarrollo de Ruby on Rails.
- Plataforma Moodle 2.7.
- Para levantar la plataforma moodle 2.7 se uso el stack xampp 5.5.19 que tiene los siguientes componentes:
 - PHP 5.5.19
 - Mysql 5.0.11
 - Apache 2.4.10
- Para la construcción dela plataforma se empleo Ruby 2.52 y Rails 5.2
- Navegador Google Chrome Versión 54.0 para pruebas.
- Sharelatex, para documentos y memoria.
- Trello, para tablero Kanban.
- Wave para pruebas automatizadas de accesibilidad.
- MySql Workbench para modificación de base de datos y realización de consultas.
- Plataforma Heroku, para alojamiento de servidor de pruebas y producción.

Respecto al hardware, se utilizará el siguiente dispositivo:

- Notebook HP Probook 655, el cual cuenta con 8 Gigabytes de memoria ram, procesador Amd A8-5550AM. Este equipo será empleado para desarrollo, pruebas, tanto unitarias como de módulo y aceptación, levantamiento de servidor y despliegue.

5.3. Ambiente de desarrollo

El ambiente de desarrollo corresponderá a las dependencias del Departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de Santiago de Chile, lugar donde se hará uso de los recursos de impresión, biblioteca y la red de Internet.

5.4. Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo se utilizarán las siguientes herramientas de software:

- Sistema Operativo Ubuntu 16.04 LTS.
- Editor de texto Atom, para desarrollo de Ruby on Rails.
- Plataforma Moodle 2.7.
- Para levantar la plataforma moodle 2.7 se uso el stack xampp 5.5.19 que tiene los siguientes componentes:
 - PHP 5.5.19
 - Mysql 5.0.11
 - Apache 2.4.10
- Para la construcción de la plataforma se empleo Ruby 2.5.2 y Rails 5.2
- Navegador Google Chrome Versión 54.0 para pruebas.
- Sharelatex, para documentos y memoria.
- Trello, para tablero Kanban.
- Wave para pruebas automatizadas de accesibilidad.
- MySQL Workbench para modificación de base de datos y realización de consultas.
- Plataforma Heroku, para alojamiento de servidor de pruebas y producción.

Respecto al hardware, se utilizará el siguiente dispositivo:

- Notebook HP Probook 655, el cual cuenta con 8 Gigabytes de memoria ram, procesador Amd A8-5550AM. Este equipo será empleado para desarrollo, pruebas, tanto unitarias como de módulo y aceptación, levantamiento de servidor y despliegue.

5.5. Ambiente de desarrollo

El ambiente de desarrollo corresponderá a las dependencias del Departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de Santiago de Chile, lugar donde se hará uso de los recursos de impresión, biblioteca y la red de Internet.

6 Plan de trabajo

Se ha desarrollado un plan de trabajo considerando una dedicación efectiva de 70 días incluyendo algunos días no hábiles. Para observar dicha planificación en detalle, revisar el Anexo B.

7 Bibliografía

- [1] M. J. Rosenberg, *E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age*. McGraw-Hill New York, 2001, vol. 3.
- [2] Moodle, *Acerca de moodle*, Mundialmente probado y de confianza, 2015. dirección: https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle (visitado 07-10-2016).
- [3] U. de innovación educativa (UNIE USACH), *Importante: Desde ahora los docentes pueden preparar sus asignaturas 2014 en el sistema moodle*, noviembre de 2103.
- [4] Moodle, *Accesibilidad - moodledocs*, Adecuación a estándares, 2016. dirección: https://docs.moodle.org/all/es/Accesibilidad#ARIA_1.0 (visitado 07-10-2016).
- [5] W. W. W. Consortium y col., «Web content accessibility guidelines (wcag) 2.0», 2008.
- [6] I. W. Stats, *Internet usage statistics - the internet big picture*, 2018.
- [7] C. Nacional, *Ley 20.422*, Objeto, principios y definiciones, 2010. dirección: Navegar (visitado 10-08-2018).
- [8] —, *Ley 20.422*, Artículo 3, 2010. dirección: Navegar (visitado 10-08-2018).
- [9] S. nacional para la discapacidad, *¿quienes somos?*
- [10] S. nacional para la discapacidad SENADIS e Intituto Nacional de estadística INE, *Estudio nacional de la discacidad (endisc)*, 2014.
- [11] S. nacional para la discapacidad SENADIS e Instituto Nacional de estadística INE, *Estudio nacional de la discapacidad (endisc)*, 2004.
- [12] Moodle, *Desarrollo - moodledocs*, Workflow de desarrollo, 2016. dirección: https://docs.moodle.org/dev/Tracker_guide#Tracker_groups_and_permissions (visitado 07-10-2016).
- [13] Calvo, Iglesias y Moreno, «Is moodle accessible for visually impaired people?», en *International Conference on Web Information Systems and Technologies*, Springer, 2011, pp. 207-220.
- [14] W3C, *Authoring tool accessibility guidelines 2.0*, Abstract, "World Wide Web Consortium", 1996. dirección: <https://www.w3.org/TR/2000/REC-ATAG10-20000203/> (visitado 07-10-2016).
- [15] —, *Web content accessibility guidelines 2.0*, Abstract, "World Wide Web Consortium", 2015. dirección: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/> (visitado 07-10-2016).

- [16] Calvo, Iglesias y Moreno, «Accessibility barriers for users of screen readers in the moodle learning content management system», *Universal Access in the Information Society*, vol. 13, n.º 3, pp. 315-327, 2014, ISSN: 1615-5297. DOI: 10.1007/s10209-013-0314-3. dirección: <http://dx.doi.org/10.1007/s10209-013-0314-3>.
- [17] W3C, *Authoring tool accessibility guidelines 2.0*, Abstract, "World Wide Web Consortium", 2015. dirección: <https://www.w3.org/TR/ATAG20/> (visitado 07-10-2016).
- [18] Calvo, Iglesias y Castaño, «Evaluation of accessibility barriers and learning features in m-learning chat applications for users with disabilities», *Universal Access in the Information Society*, pp. 1-15, 2016, ISSN: 1615-5297. DOI: 10.1007/s10209-016-0484-x. dirección: <http://dx.doi.org/10.1007/s10209-016-0484-x>.
- [19] R. Kumar Kari L. and Owston, «Evaluating e-learning accessibility by automated and student-centered methods», *Educational Technology Research and Development*, vol. 64, n.º 2, pp. 263-283, 2016, ISSN: 1556-6501. DOI: 10.1007/s11423-015-9413-6. dirección: <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-015-9413-6>.
- [20] SENADIS, *Tecnologías para la inclusión educativa de personas en situación de discapacidad*, "Servicio nacional de la discapacidad", 2016. dirección: www.senadis.gob.cl/descarga/i/2285/documento (visitado 07-10-2016).
- [21] —, *Manual de procedimientos de ayudas técnicas*, "Servicio nacional de la discapacidad", 2014. dirección: www.senadis.gob.cl/descarga/i/223/documento (visitado 07-10-2016).
- [22] I. nacional de estadísticas, *Estudio nacional de discapacidad*, Introducción, 2004.
- [23] J. Martin, *Rapid application development*. Macmillan Publishing Co., Inc., 1991.
- [24] «Color "blindness"», en *Encyclopedia of Ophthalmology*, U. Schmidt-Erfurth y T. Kohnen, eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018, pp. 445-445, ISBN: 978-3-540-69000-9. DOI: 10.1007/978-3-540-69000-9_100338. dirección: https://doi.org/10.1007/978-3-540-69000-9_100338.
- [25] S. Ishihara, *Tests for colour-blindness*. Kanehara Shuppan Company, 1960.
- [26] R. Hess, K. Mullen, L. Sharpe y E. Zrenner, «The photoreceptors in atypical achromatopsia.», *The Journal of physiology*, vol. 417, n.º 1, pp. 123-149, 1989.

8 Anexo A: Defectos en la visión de color

El defecto en la visión de color es un termino inexacto que varia gradualmente desde la confusión completa de colores hasta la variación mínima en la percepción de un solo a veces solo detectable en condiciones de laboratorio [24]. La visión se puede definir como la percepción del rebote de la luz en los objetos realizada por los fotorreceptores [25].

Los fotorreceptores se dividen en conos, captan las distintas longitudes de ondas que dan origen a los colores, existen tres tipos de conos cada uno sensible a un color específico (Rojo, azul o verde), y bastones los que se encargan de distinguir la presencia o ausencia de luz, captando así los negros o grises. El defecto de la visión de color se produce por una alteración en uno o más conos haciéndolos sensibles a una longitud de onda distinta a la del color correspondiente. Esto genera una percepción alterada o una no percepción del color, esto deriva en que la mezcla de colores percibida este alterada. [26].

Para efectos de este trabajo solamente se incluyen los defectos de la visión que se originan por la alteración de un cono, es decir, la persona no puede ver un color específico, estas son:

- Deuteranopia: la persona tiene alterado el cono receptor del color verde,esto incluye una baja visión del color como la inexistencia de este. En la figura se muestra un con contraste entre la visión de una persona sin defecto de la visión de color (a) y la visión de una persona con deuteranopia (b).



Figura 8.1: Contraste de visión sin defecto v/s visión con Deuteranopia.

- Tritanopia: la persona tiene alterado el cono receptor del color azul,esto incluye una baja visión del color como la inexistencia de este. En la figura se muestra un con contraste entre la visión de una persona sin defecto de la visión de color (a) y la visión de una persona con tritanopia (b).



Figura 8.2: Contraste de visión sin defecto v/s visión con Tritanopia.

- Protanopia: la persona tiene alterado el cono receptor del color rojo, esto incluye una baja visión del color como la inexistencia de este. En la figura se muestra un contraste entre la visión de una persona sin defecto de la visión de color (a) y la visión de una persona con protanopia (b).



Figura 8.3: Contraste de visión sin defecto v/s visión con Protanopia.

9 Anexo B: Carta Gantt

A continuación se presenta la carta Gantt del trabajo de título. Esta consta de tres etapas, las que se muestran en la figura 9-1.

	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		Desarrollo	15 días	lun 01-04-19	vie 19-04-19	
10		Pruebas de usuario	17 días	lun 22-04-19	mar 14-05-19	9
18		Redacción del trabajo de memoria	31 días	mié 15-05-19	mié 26-06-19	17

Figura 9-1: Etapas del proyecto

La etapa 1: Desarrollo aborda el ciclo de implementación de los requisitos funcionales 6 y 11.

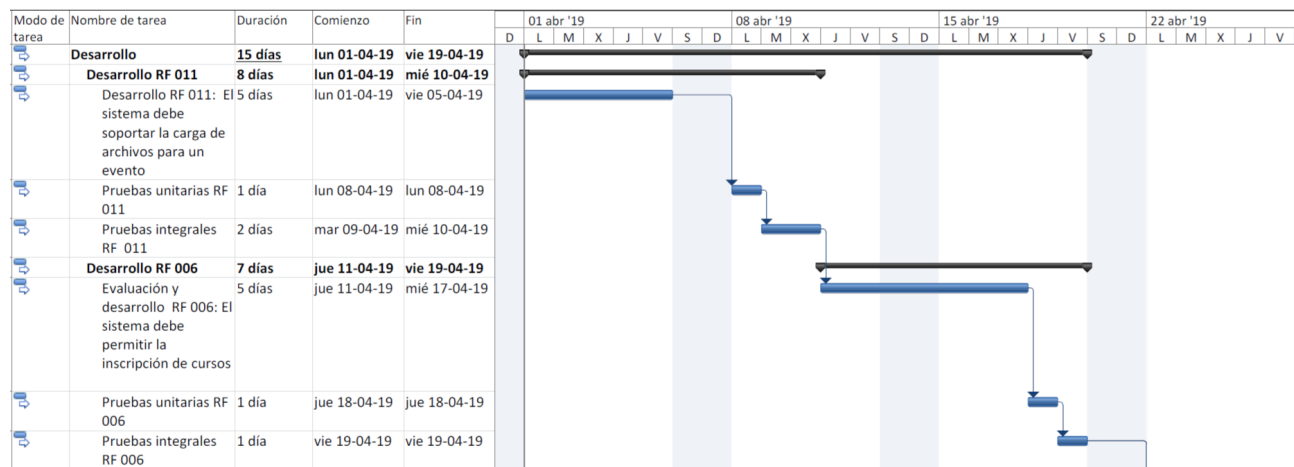


Figura 9-2: Etapa 1: Desarrollo

La etapa 2: Pruebas de usuario, se enfoca en pruebas Alpha y Beta con usuarios afines, es decir, usuarios que presenten situación de discapacidad visual en grado moderado o simulen presentarla.

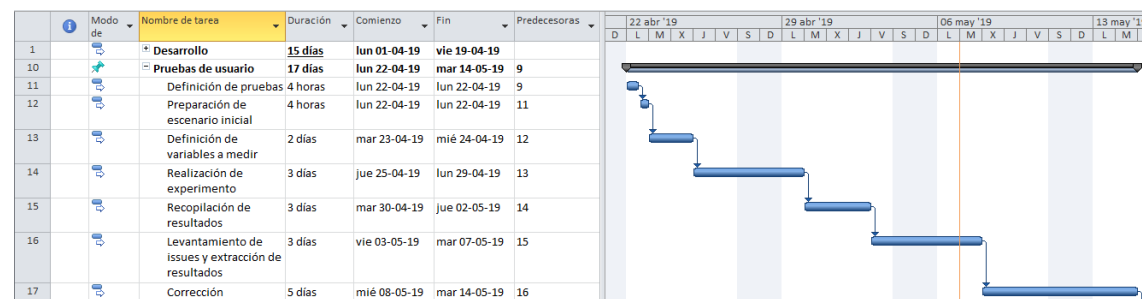


Figura 9-3: Etapa 2: Pruebas de usuario

Finalmente la tercera etapa, Redacción del trabajo de memoria, la cual se centra en en la recopilación de documentos generado en fases anteriores y compilación de estos en un documento, esto se aprecia en la figura 9-4.

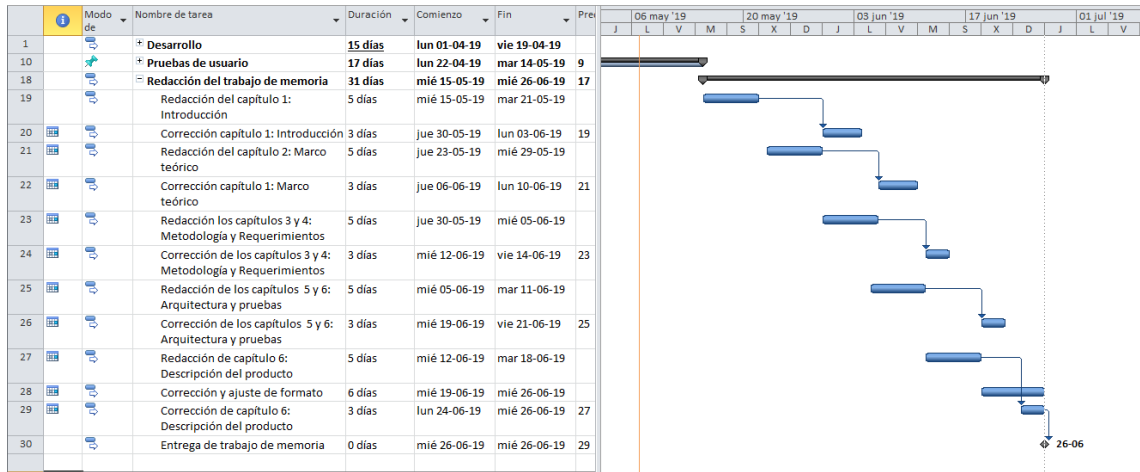


Figura 9-4: Etapa 3: Redacción del trabajo de memoria