



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA INCLUSIÓN  
DE ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL EN  
EL AULA DE CLASE”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA EN COMPUTACIÓN**

**ANA MARÍA JALCA MONTAÑO**

**RAQUEL ELIZABETH VILLÓN RAMÍREZ**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios, por estar en medio de cada oportunidad siendo el sitio del encuentro cotidiano con Cristo.

Agradezco a mis padres por acompañarme en cada nuevo horizonte y ser el hogar fiel para superar cada tribulación y abrazar con amor cada decisión.

También expreso mis más sinceros agradecimientos a toda mi familia, amigos y profesores que aportaron a descubrir detalles importantes para una formación integral.

Ana María Jalca Montaña

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar esta etapa de mi educación y por haber puesto a mi lado a amigos y profesores que ayudaron a mi integro desarrollo profesional y personal.

Agradezco a mi familia, en especial a mi madre por todo su esfuerzo, apoyo y comprensión para que pudiera culminar esta etapa de mi vida.

Raquel Villón

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios y a todas las manos generosas, que dispongan esta herramienta a todos aquellos amigos con discapacidad visual como medio para descubrirse en sus estudios.

Ana María Jalca Montaña

Dedico este proyecto a mi madre y a las personas que colaboraron en su desarrollo con sus opiniones y sugerencias para que el resultado sea de utilidad y beneficio para la sociedad.

Raquel Villón

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....  
**PhD. Luis Eduardo Mendoza Morales**

PROFESOR EVALUADOR

.....  
**PhD. Dennis Guillermo Romero López**

PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me(nos) corresponde exclusivamente; y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....  
Ana María Jalca Montaña

.....  
Raquel Elizabeth Villón Ramírez

## RESUMEN

Este documento describe el desarrollo e implementación de un sistema (web y hardware) que permite a los estudiantes con algún grado de discapacidad visual tener una participación más activa dentro del aula, en actividades de lectura y evaluación mediante la emisión de un sonido activado según la proximidad del alumno a la estación de trabajo.

La aplicación web dispone de tres roles; administrador, profesor y estudiante. En el caso del administrador, permite realizar el registro de estudiantes y profesores al sistema; al rol del profesor se le facilita la creación de sesiones para asignarle las actividades de lectura y la evaluación respectiva; y en el rol del estudiante, se tienen actualizaciones de interfaz, según las actividades asignadas por el profesor, y notificaciones y retroalimentaciones de audio para que el estudiante responda mediante combinaciones sencillas de teclas.

La retroalimentación auditiva facilita el uso del teclado utilizado en el aula de clase sin recurrir a un gasto adicional. Los componentes de software en el servidor pueden ser desplegados en Linux o Windows con la intención de proporcionar el uso inmediato del sistema dentro de la institución educativa. Finalmente, el uso del dispositivo Arduino simplifica la creación del emisor de sonido como guía auditiva para el estudiante.

El grupo de prueba del sistema de la herramienta desarrollada expresó el grado de aceptación; obteniendo una mediana de 4 puntos, teniendo 5 como la mejor calificación para el sistema.

Este sistema forma parte de las herramientas de apoyo con las que puede contar el docente para integrar de forma más efectiva a sus estudiantes con discapacidad visual a las actividades asignadas en la clase.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1 .....	1
1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL .....	1
1.1. Consideraciones generales sobre la discapacidad visual.....	1
1.2. Situación educativa de personas con discapacidad en Ecuador .....	1
1.2.1. Contexto educativo para discapacitados visuales a nivel nacional ....	2
1.3. Falencias en la inclusión dentro del aula de clase .....	2
1.4. Impacto laboral frente al índice de personas con discapacidad visual.....	3
1.5. Problema.....	4
1.6. Solución propuesta.....	5
CAPÍTULO 2 .....	7
2. DESARROLLO DEL SISTEMA .....	7
2.1. Tecnologías y herramientas usadas .....	7
2.2. Despliegue de la aplicación.....	9
2.3. Descripción del sistema .....	10
2.4. Componente de software .....	12
2.5. Componente de hardware.....	20
CAPÍTULO 3 .....	21

3. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	21
3.1. Resultados obtenidos .....	21
BIBLIOGRAFÍA .....	29

# CAPÍTULO 1

## 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL

En este capítulo se da una visión general sobre la discapacidad visual en el ámbito educativo y cómo su inclusión impacta el sector laboral. También se evidencian las leyes y beneficios que son ofrecidos a nivel nacional e internacional.

Esta etapa tiene como objetivo, investigar cuáles son las debilidades en el sector educativo para que se favorezca en la etapa estudiantil, plantear una solución y, con ello, lograr una experiencia más adecuada y beneficiosa para su fase académica.

### 1.1. Consideraciones generales sobre la discapacidad visual

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la función visual puede ser categorizada en: normal, moderada, grave y ceguera. La baja visión y la ceguera figuran como variedades de discapacidad visual [1]. Se puede dar desde el nacimiento, desarrollarse por una enfermedad u originarse por algún accidente.

Hasta el 2014 a nivel mundial, se encontró que existen aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual y el 90% está concentrado en países de bajos ingresos [1].

### 1.2. Situación educativa de personas con discapacidad en Ecuador

De acuerdo con el Ministerio de Educación de Ecuador, la inclusión educativa es un proceso que busca garantizar el derecho a una educación de calidad, para todas las personas, en todos sus niveles y modalidades; reconociendo a la diversidad, en condiciones de un trato integral y en ambientes educativos que propicien el buen vivir [2].

Para garantizar los derechos de las personas con algún tipo de discapacidad, se encuentra conformado por el Consejo Nacional de Discapacitados del Ecuador (CONADIS), que es la organización encargada de velar por el cumplimiento de

los derechos de igualdad y no discriminación de las personas con algún tipo de discapacidad [3].

Además de formular leyes y establecer acuerdos, el Gobierno Ecuatoriano, a través del Ministerio de Educación, realiza cursos de capacitación para docentes y promueve becas de estudio para personas con algún tipo de discapacidad.

### **1.2.1. Contexto educativo para discapacitados visuales a nivel nacional**

Para que las personas puedan ejercer su derecho a la educación, Ecuador cuenta con 101 instituciones educativas fiscales especializadas a nivel nacional [8] que cubren la educación primaria y básica. De acuerdo con las estadísticas del último censo poblacional en el 2010, el 78% de las personas que se identifican como discapacitadas han podido acceder a la educación a nivel nacional, siendo el nivel primario y secundario los de mayor porcentaje de inclusión con un 41% y 20%, respectivamente [5].

En Ecuador son aislados los casos de niños y jóvenes con discapacidad visual que asisten a Instituciones educativas ordinarias, debido a que las adecuaciones que hacen estas entidades son principalmente a nivel de infraestructura física y no académica, por lo que son los estudiantes quienes deben adaptarse a las escuelas y colegios.

Para el año 2014 únicamente fueron 15 personas con discapacidad que ingresaron a estudiar la carrera universitaria, integrándose al grupo de acceso excluido a la educación superior para ser parte de las políticas de inclusión y acción afectiva [9].

### **1.3. Falencias en la inclusión dentro del aula de clase**

En la mayoría de los casos, los estudiantes con algún grado de deficiencia visual son direccionados a instituciones educativas especializadas, las cuales están en cierta manera separadas de las instituciones educativas para estudiantes regulares. En este aspecto, la educación no es del todo inclusiva.

Aunque contar con unidades educativas especializadas representa una excelente oportunidad de acceso a la educación, éstas no son parte de los

programas de inclusión educativa. Para que exista una total inclusión en todos los niveles de la educación, se debe ir más allá y se debe desarrollar una cultura de inclusión que involucre a profesores, padres y estudiantes [6].

También se requiere que haya cambios curriculares que procuren la estimulación multisensorial, trabajar sobre objetos reales de la vida cotidiana e incluir la lectoescritura en código Braille [7]. Esto lleva también al uso de herramientas tecnológicas, pues son éstas las que proveen de mayor autonomía a las personas con discapacidades, favoreciendo la comunicación sincrónica y asincrónica entre alumnos y profesores, reduciendo los tiempos de adquisición de habilidades y destrezas [6].

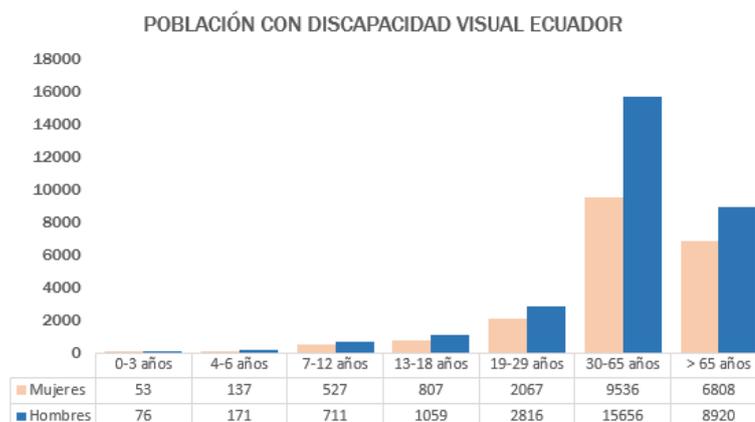
Esto conlleva a que no exista una completa participación y aprovechamiento del aprendizaje por parte del estudiante, lo que a su vez se ve reflejado en que algunos estudiantes no culminen con éxito su formación académica de nivel superior, perdiendo así mejores oportunidades de empleo e integración en la sociedad.

#### **1.4. Impacto laboral frente al índice de personas con discapacidad visual**

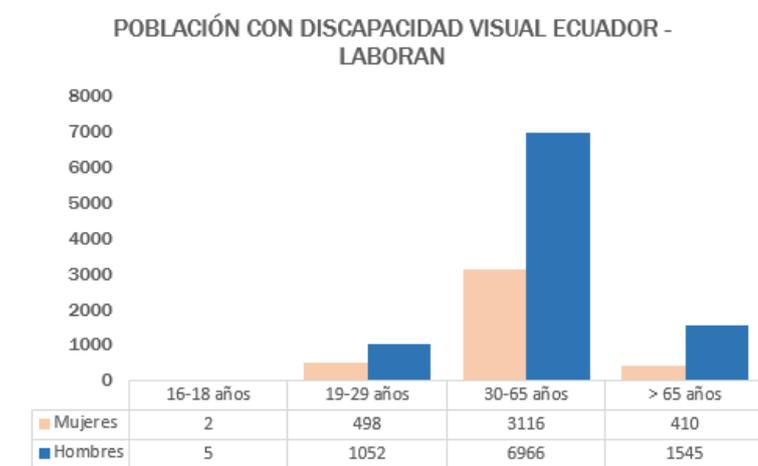
El Ministerio de Trabajo fomenta el cumplimiento de las empresas que cuenten con un número mínimo de 25 trabajadores, a contratar, al menos, a una persona con discapacidad [10]. Sin embargo, los conocimientos y aptitudes obtenidas de forma individual son disminuidos por la falta de capacitación profesional, y los puestos ofrecidos son de bajo impacto.

Se puede apreciar en el rango de 19 a 29 años (ver Figura 1.1), edades que corresponden al final del ciclo de educación secundaria y de tercer nivel, sólo el 12,83% entre hombres y mujeres con discapacidad se encuentran trabajando de los 59242 sujetos registrados y aportando al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) [4].

En este mismo rango de edad existen 4883 personas registradas con discapacidad visual, de las cuales 3330 siguen sin un trabajo digno (ver Figuras 1.1 y 1.2).



**Figura 1.1: Personas con discapacidad visual, información asentada hasta febrero del 2017 [4].**



**Figura 1.2: Personas con discapacidad visual que laboran, información asentada hasta febrero del 2017 [4].**

### 1.5. Problema

Aun cuando una persona con discapacidad puede tener una educación integral mediante las instituciones educativas especializadas, se contradice el concepto de inclusión; el cual establece que todos los estudiantes, sin importar su condición social o física, deben interactuar en igualdad de condiciones en comparación con los estudiantes que reciben una educación regular. Además, el

alcance de estas instituciones especiales llega, en su mayoría, hasta la educación primaria y secundaria.

En el caso de la educación superior, la inclusión a estudiantes con discapacidad, aparte de adecuaciones en la infraestructura física, muchas veces incluye recursos tecnológicos. Sin embargo, estos recursos están ubicados fuera de las aulas de clase, haciendo que el estudiante deba desplazarse a un lugar específico y esta acción no siempre es fácil de realizar para las personas con discapacidad visual.

Por lo tanto, podemos ver que existen muy pocos medios de inclusión en instituciones de educación superior para las personas con discapacidad visual dentro del aula de clase, que es el lugar donde es impartida la enseñanza y donde pueden compartir con los demás estudiantes regulares

#### **1.6. Solución propuesta**

Desarrollar un sistema que haga uso de herramientas tecnológicas en hardware no invasivo y software para crear un entorno educativo inclusivo dentro del aula de clase, que facilite al estudiante con discapacidad visual el acceso al material educativo, como lecturas y evaluaciones, que usa el profesor en cada sesión, permitiendo la estimulación educativa para la superación personal y profesional. De esta forma se maximizar la participación del estudiante universitario con discapacidad visual dentro del espacio educativo.

El sistema formulado puede ser integrado a diferentes universidades a nivel del país para incrementar la tasa de estudiantes que acceden a la educación superior y, con ello, la participación más activa y apta según los conocimientos en las diferentes plazas de trabajo.

#### **Objetivos del sistema**

El desarrollo del sistema para la lectura durante la clase, al no encontrarse en salones educativos, busca un impacto a nivel nacional que genere confianza al postularse al Sistema Nacional de Nivelación y Admisión (SNNA) en Ecuador, con la certeza de que se cuenta con un proyecto inclusivo que facilita las lecturas y evaluaciones que el profesor asigne en la clase.

**Objetivos generales**

- Diseñar e implementar una aplicación web de lectura y evaluación para estudiantes de educación superior.
- Desarrolla un dispositivo que permita al estudiante encontrar su estación de trabajo dentro del aula de clase.

**Objetivos específicos**

- Aplicar la accesibilidad en proyectos de software según el rango de discapacidad visual presentada.
- Integrar a profesores y estudiantes en el desenvolvimiento académico de los estudiantes con discapacidad visual.
- Guiar al estudiante al acceso del ambiente general del aula a su puesto específico de trabajo.
- Detectar la presencia del estudiante en el sitio de trabajo para desactivar la señal de guía en el entorno.
- Facilitar la interacción del estudiante en la aplicación web según las lecturas asignadas por el profesor.
- Mantener un papel activo del profesor en el desarrollo de las actividades establecidas al estudiante.
- Proporcionar herramientas para que el profesor mida la comprensión de las lecturas determinadas en la clase.

## CAPÍTULO 2

### 2. DESARROLLO DEL SISTEMA

En este capítulo se busca especificar las tecnologías, herramientas y esquemas de desarrollo de software que se utilizaron para la creación del sistema. Así como la descripción y funcionamiento de cada uno de sus componentes

#### 2.1. Tecnologías y herramientas usadas

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron las siguientes tecnologías y herramientas de desarrollo de software y hardware: PostgreSQL (v: 9.6), Redis, Websockets, NodeJs (v: 6.10), ExpressJs (v: 4.15.2), ReactJs, ebook Speaker, Speech Synthesis y Arduino.

##### **PostgreSQL**

Gestor de Base de Datos Relacional, con licencia Berkeley Software Distribución (BSD). Usa el modelo cliente servidor, y multiprocesos para asegurar estabilidad en el sistema. También tiene una gran capacidad de almacenamiento, soporta una gran variedad de tipos de datos; entre ellos, datos binarios y sonidos, así como facilidad de integración con muchos lenguajes de programación para aplicaciones web [11].

##### **Redis**

Motor de base de datos en memoria, muy utilizado como gestor de sesiones cuando el navegador envía la información de express-session a Redis. Así las sesiones no tendrán problemas si son accedidas en diferentes sitios.

Se utilizó Redis como una herramienta de mensajería interna donde diferentes roles pueden publicar y suscribirse, en tiempo real los usuarios pueden recibir los cambios o actualizaciones del canal al que se suscribieron de lo que esté publicando otro usuario [16]. En combinación con Websockets, Redis sirve como transmisor principal entre los diferentes sockets asociados a él, manteniendo los envíos y recepciones sincronizados.

### **Websockets**

Tecnología que abre un canal de comunicación interactiva y continua entre el navegador y el servidor en un socket con Protocolo de Control de Transmisión (TCP). Por medio de estos, se puede enviar mensajes a un servidor y recibir respuestas controladas por eventos sin tener que actualizar la página para consultar al servidor para una respuesta.

### **NodeJs**

Es un entorno de ejecución de JavaScript para aplicaciones escalables y el manejo de eventos asíncronos. Cuando no existen callbacks, Node termina la ejecución de los eventos y libera el espacio en memoria lo que lo hace un lenguaje eficiente para usarlo del lado del servidor [12]

### **ExpressJs**

Framework de NodeJs para desarrollo de aplicaciones web. Permite la intercomunicación con cualquier tipo de base de datos mediante módulos externos. Soporta una infraestructura web flexible, sencilla y robusta [13] que puede ser levantada en cualquier sistema operativo sin configuración específica alguna.

- **Socket.io:** Librería usada en Node.js para la comunicación bidireccional de los eventos en tiempo real.

### **ReactJs**

Librería JavaScript de código abierto para la construcción de interfaces de usuario interactivas, manejando estados según los componentes encapsulados. Fácil de usar al ser declarativo y trabaja con un virtual Modelo de Objetos del Documento (DOM) en lugar de plantillas.

- **Redux:** Es una librería que maneja las actualizaciones de estado en el lado del frontend entre los componentes padres e hijos desarrollados con ReactJs.

### **ebook Speaker**

Sintetizador de voz que trabaja en ambientes Linux o Windows como paquete de líneas de comando. Convierte los textos digitales y escaneados a archivos de voz.

### **SpeechSynthesis**

Es una interfaz del Web Speech API que usa voces en tonos naturales para la transformación de texto a voz en el navegador.

### **Arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC)**

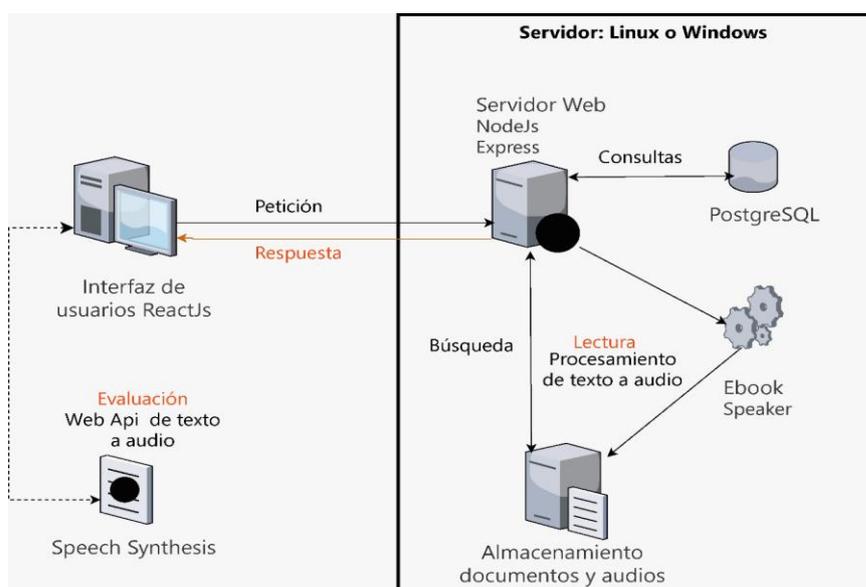
El patrón de diseño MVC para desarrollo de aplicaciones web. Separa la lógica de negocios, la gestión en las comunicaciones y las interfaces de usuario. Este patrón permite tener una estructura ordenada, mantenible, escalable, robusta y eficiente [14].

### **Arduino**

Es una herramienta de prototipado electrónico de software libre. Este microcontrolador es programable en lenguaje C y Python, que en conjunto con otros componentes electrónicos permite la resolución de problemáticas y adicionarles soluciones innovadoras: Sensor de distancia, Buzzer pasivo y Potenciómetro.

## **2.2. Despliegue de la aplicación**

La Figura 2.1 muestra la interacción de las Herramientas utilizadas en la aplicación web para la asignación de lecturas. El servidor puede ser desplegado en Linux o en Windows, debido a que las herramientas usadas tienen soporte para ambos sistemas operativos



**Figura 2.1: Diagrama de despliegue de la aplicación web de asignación de lecturas.**

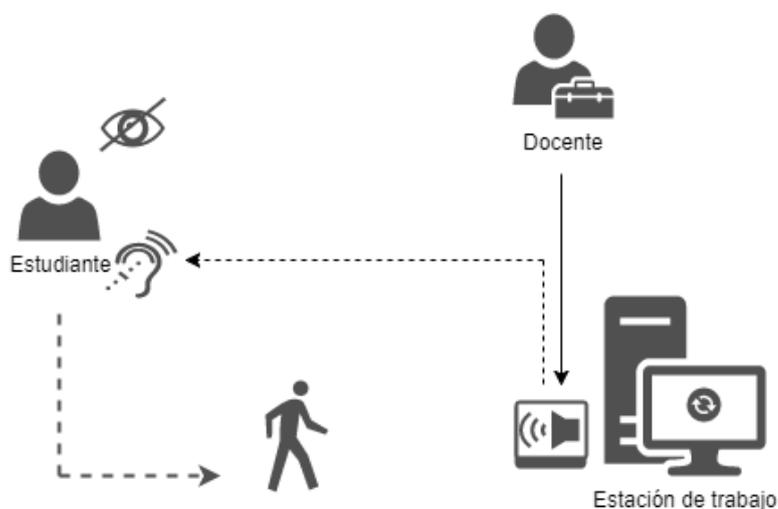
### 2.3. Descripción del sistema

El sistema para la inclusión de estudiantes con discapacidad visual que desarrollado está formado por un componente software y un componente hardware; de esta forma se puede dar al estudiante un mayor nivel de inclusión e independencia para movilizarse dentro del aula y recibir la misma información que los demás miembros de la clase.

Como es un sistema diseñado para implementarse en cualquier universidad, el estudiante y el profesor deben pedir su registro en el sistema para obtener así sus credenciales de acceso.

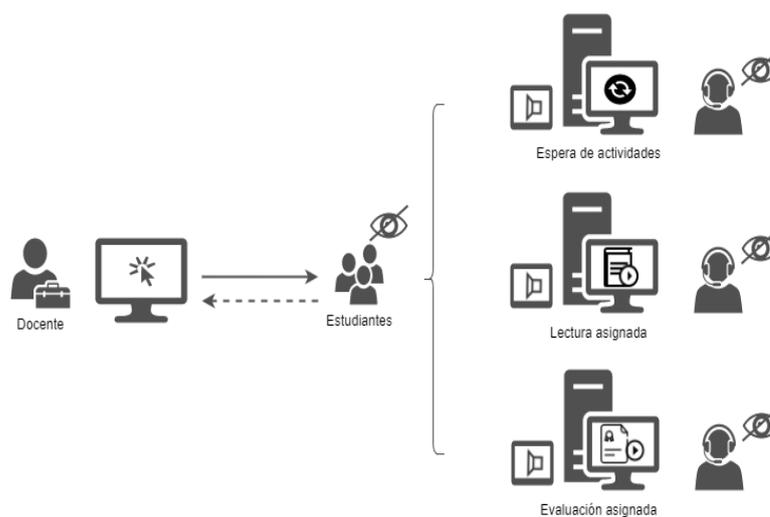
Cuando el estudiante va iniciar una materia debe comunicar su condición al profesor para que él pueda agregarlo a su clase dentro del sistema.

Al iniciar la clase el profesor dispondrá en una estación de trabajo el prototipo electrónico encendido que emite un sonido para que el estudiante pueda ubicarse, este se silenciará cuando el estudiante se encuentre frente al computador que use (ver Figura 2.2).



**Figura 2.2: Interacción en el aula de clase al inicio de la jornada, con el emisor de sonido.**

El profesor asignará las actividades de lectura o evaluación que serán guardadas como texto y luego convertidas a audio. La interacción del estudiante con la aplicación web se da mediante comandos simples de teclas; para que el estudiante sepa en qué momento realizar una acción, el sistema lo alertará con notificaciones auditivas cuando suceda algún evento (ver Figura 2.3).



**Figura 2.3: Escenarios de actividades para un estudiante.**

## **2.4. Componente de software**

Es una aplicación web principalmente diseñada para ser una herramienta de ayuda para el profesor y el estudiante dentro del salón de clase.

En este sistema, el profesor podrá agendar contenido (lecturas y evaluaciones) para cada sesión de clase. Este contenido se convierte automáticamente en un formato de audio y luego se pone a disposición del estudiante con discapacidad visual cuando inicie la clase.

Para que se pudiera maximizar el uso y el alcance de este sistema, se decidió dividir su acceso en tres niveles: Administrador, profesor y estudiante. Cada nivel representa el rol único que puede tener un usuario dentro de la aplicación y su interfaz. A continuación, se describe cada una de estas interfaces.

### **Interfaz administrador**

Este nivel de acceso se creó pensando en el alcance que puede tener el sistema hacia otras universidades. Aquí, la o las personas asignadas como administradoras pueden crear usuarios con el rol de estudiante o profesor. De esta forma, no se liga el acceso de un estudiante o un profesor al protocolo de "login" del sistema académico de una universidad específica.

Para la creación de ambos usuarios sólo se necesita su información básica: nombre, cédula, correo, usuario y contraseña (ver Figura 2.4). En el caso específico del estudiante, adicionalmente se necesita saber el tipo de discapacidad visual que posee y el grado del mismo, en caso de saberlo (ver Figura 2.5).

The image shows a web application interface for user registration. A modal window titled "Nuevo profesor" is open, containing the following fields:

- Cedula:
- Nombre:
- Apellido:
- Correo:
- Usuario:
- Contraseña:

A green "Guardar" button is located at the bottom of the modal. The background interface includes a sidebar with "Estudiantes" and "Profesores" options, and a table of existing users with columns for "Correo" and "Acciones".

**Figura 2.4: Formulario de registro de usuario profesor.**

The image shows a web application interface for student registration. A modal window titled "Nuevo Estudiante" is open, containing the following fields:

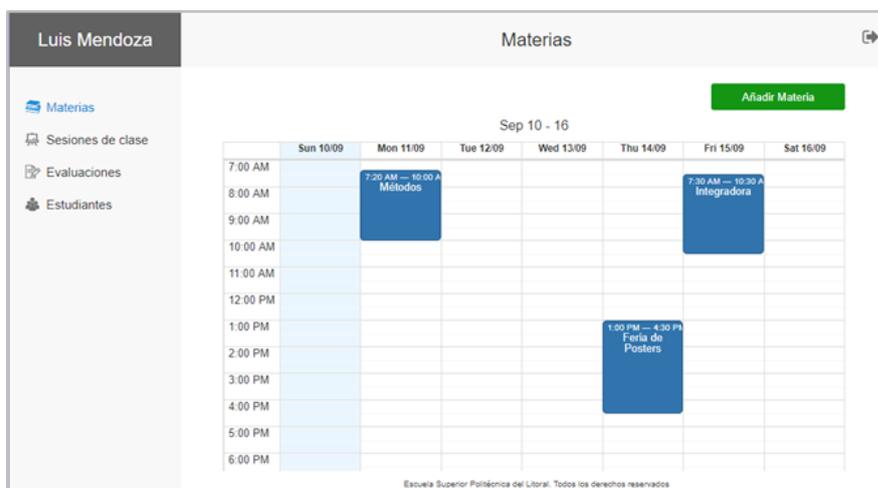
- Cedula:
- Nombre:
- Apellido:
- Correo:
- Tipo de discapacidad:
- Grado de discapacidad:
- Usuario:
- Contraseña:

A green "Guardar" button is located at the bottom of the modal. The background interface includes a sidebar with "Estudiantes" and "Profesores" options, and a table of existing students with columns for "Discapacidad" and "Acciones".

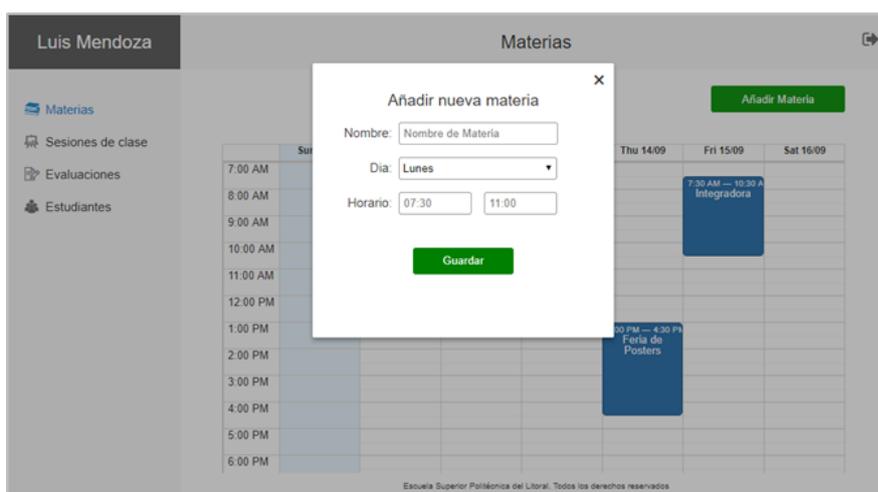
**Figura 2.5: Formulario de registro de usuario estudiante.**

### Interfaz profesor

Una vez que el administrador crea un usuario de tipo profesor, este puede acceder a la aplicación y, en primera instancia, se muestra la sección "Materias". Se puede ver el horario donde puede crear y administrar las materias que dicta un profesor (ver Figuras 2.6 y 2.7).

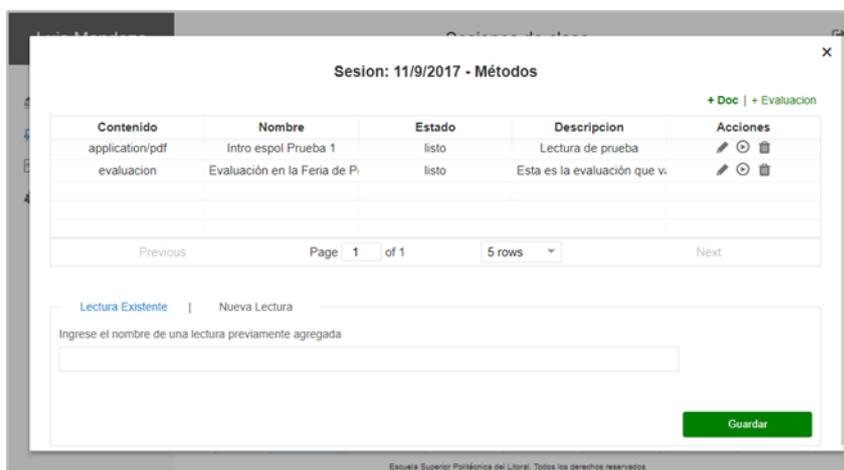


**Figura 2.6: Horario de materias creadas por el profesor.**



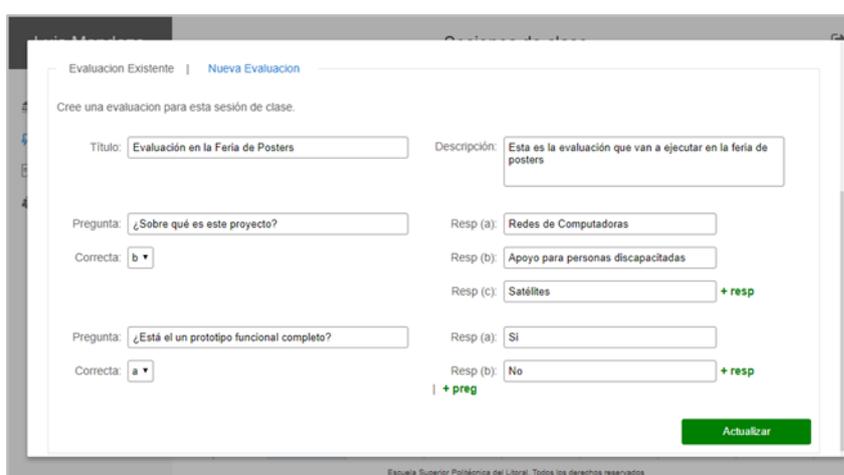
**Figura 2.7: Formulario de creación de una materia para el profesor.**

El contenido en cada sesión de clase se puede especificar en la sección “Sesión de clase”, al abrir una materia dentro de esta sección se muestra el gestor de actividades de esa sesión de clase (ver Figura 2.8).



**Figura 2.8: Gestor de actividades de una sesión de clase.**

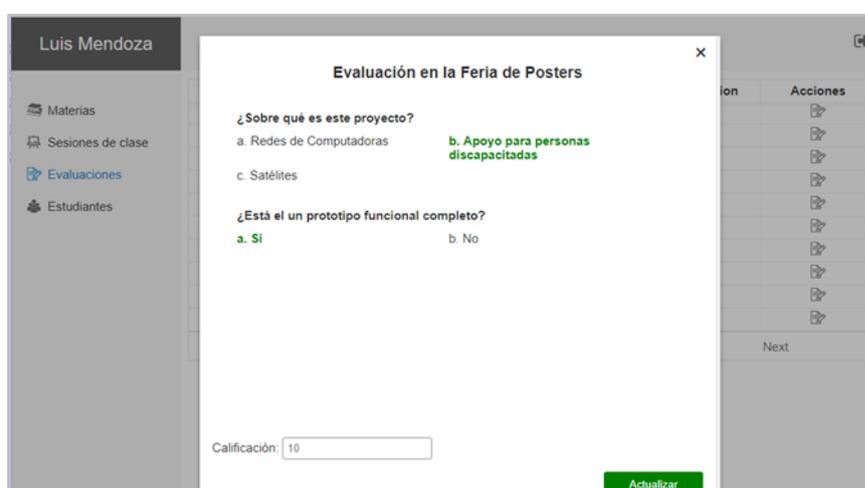
En el gestor de actividades el profesor puede subir archivos de texto en formato .pdf o escoger una lectura previamente creada para otra sesión de clase y asignársela a la sesión actual. Otra actividad que puede crear son las evaluaciones (ver Figura 2.9), las cuales son una serie de preguntas de opción múltiple. Para que las evaluaciones no sean tan abrumadoras para los estudiantes, éstas tienen una restricción en el número de preguntas y opciones de respuestas. No pueden contener más de 5 preguntas con 5 opciones de respuestas cada una. Y así como con las lecturas, también puede escoger entre las evaluaciones previamente creadas y asignárselas a la sesión de clase actual.



**Figura 2.9: Creación de una evaluación dentro de una sesión de clase.**

Para que una actividad pueda ser puesta a disposición del estudiante, el profesor debe dar inicio (play) a la actividad ingresando al gestor de actividades de una sesión de clase específica.

En el caso de las evaluaciones, luego de que el estudiante haya enviado sus respuestas, estas se guardarán en la sección “Evaluaciones” donde el profesor podrá calificarlas. Se muestra el visor de la evaluación ya contestada (ver Figura 2.10), las respuestas están codificadas por colores para que sea más fácil para el profesor calificarlas. Si la respuesta del estudiante fue incorrecta, se marca la opción seleccionada con un color rojo y la respuesta correcta se marca en amarillo; si la respuesta del estudiante fue correcta, se marca con un color verde.



**Figura 2.10: Calificación de una evaluación.**

La última sección, “Estudiantes”, es en donde el profesor agrega a los estudiantes a las clases correspondientes. El formulario donde se busca al estudiante por su número de cédula y se escogen las materias en las que va a estar presente, de esta forma, la actividad iniciada sólo se pone a disposición de los estudiantes asignados a esas clases (ver Figura 2.11).

Luís Mendoza

Asignar estudiante a clase

Cedula:

Nombre:

Correo:

Discapacidad:

Materias disponibles

Lista de materias del profesor

	Nombre
<input type="checkbox"/>	Integradora
<input type="checkbox"/>	Métodos
<input type="checkbox"/>	Feria de Posters

Previous Page 1 of 1 Next

Guardar

Acciones

**Figura 2.11: Búsqueda y asignación de un estudiante a una clase.**

### Interfaz estudiante

Es la interfaz de nuestro grupo de usuarios objetivo. Un usuario tipo estudiante cuenta con una interfaz muy simple, manejada completamente por teclado con retroalimentación auditiva. Este usuario cuenta con un login dedicado y simple que sólo requiere el número de cédula del estudiante para ingresar (ver Figura 2.12).

Sistema Estudiantil de Discapacidad Visual

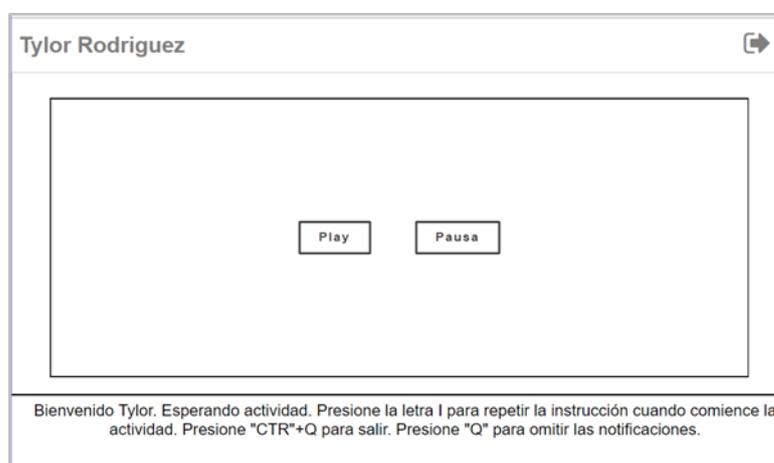
Usuario

Ingresar

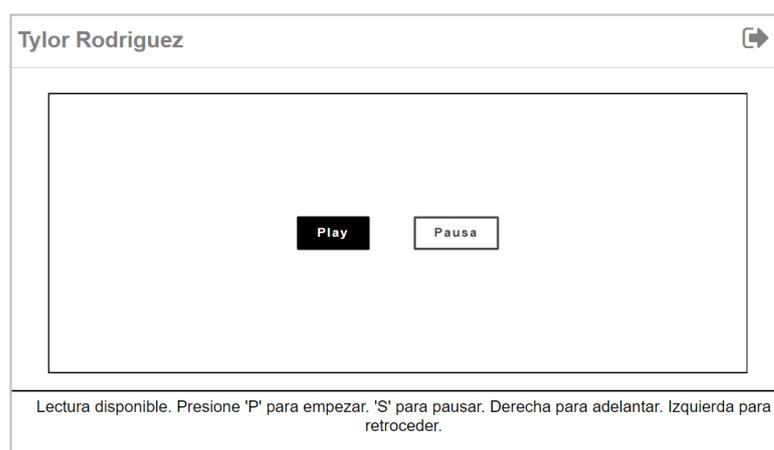
**Figura 2.12: Login dedicado para estudiantes.**

En la pantalla de inicio de la sesión de estudiante, se escucha un mensaje de bienvenida con una breve introducción a los principales comandos de control de la aplicación que pueden ser ejecutados en el transcurso de cada actividad (ver Figura 2.13). Este pequeño instructivo permanece en la parte inferior de la pantalla como recordatorio hasta que comience una actividad, luego será reemplazada por el texto de la notificación de la actividad entrante.

Cuando el profesor da inicio a una actividad de lectura, suena una notificación hablada avisando que llegó una lectura nueva y se habilitan los botones de acciones sobre el audio de la lectura (ver Figura 2.14).

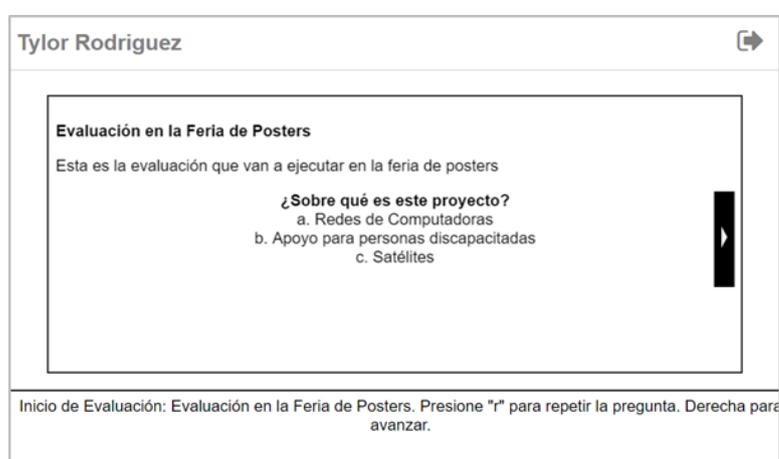


**Figura 2.13: Pantalla de inicio de sesión de un Estudiante.**

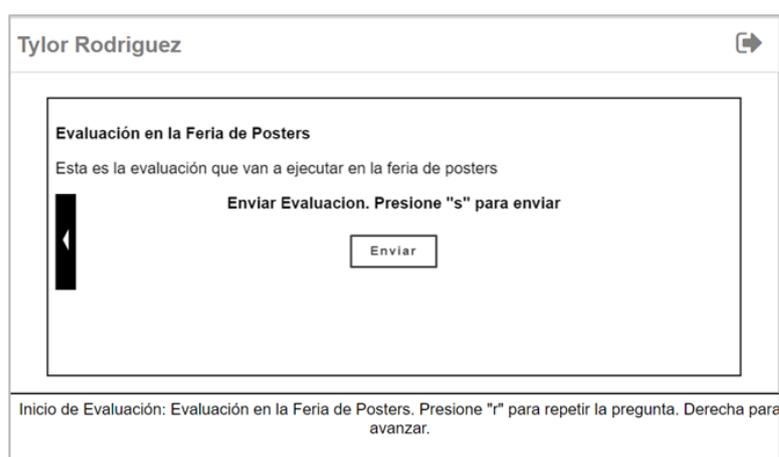


**Figura 2.14: Cambio de notificación cuando entra una nueva lectura.**

Por último, cuando se da inicio a una evaluación, la notificación se actualiza y aparece el título, la descripción y la primera pregunta de la evaluación (ver Figura 2.15). Automáticamente se reproduce la pregunta con sus opciones y el estudiante puede contestar presionando el literal de la respuesta correspondiente; por ejemplo, si el estudiante considera que la respuesta correcta es la opción “b”, presiona la letra b en el teclado y puede avanzar o retroceder en las preguntas presionando las teclas “derecha” o “izquierda”. Al llegar al final de la evaluación el estudiante puede enviar las respuestas al profesor presionando la letra “s” (ver Figura 2.16).



**Figura 2.15: Inicio de una evaluación en la sesión del estudiante.**



**Figura 2.16: Fin de una evaluación en la sesión del estudiante.**

## 2.5. Componente de hardware

Es un circuito electrónico en Arduino compuesto por una bocina y un sensor de proximidad. Este circuito es encendido por el profesor antes de la clase y ubicado en la estación de trabajo específica. Emite un sonido constante tipo “beep” que ayudará al estudiante a ubicarse en el aula y cuando llegue a su estación de trabajo el circuito electrónico se silenciará dada la proximidad del estudiante con el sensor.

El dispositivo contiene un potenciómetro que controla la variación del sonido por la resistividad, un sensor de proximidad HC-SR04 que detecta cuando el estudiante está a 60cm en su estación de trabajo dejando de emitir el sonido por el buzzer pasivo KY-006. El prototipo no es portable ya que se conecta mediante USB al computador del estudiante (ver Figura 2.17).

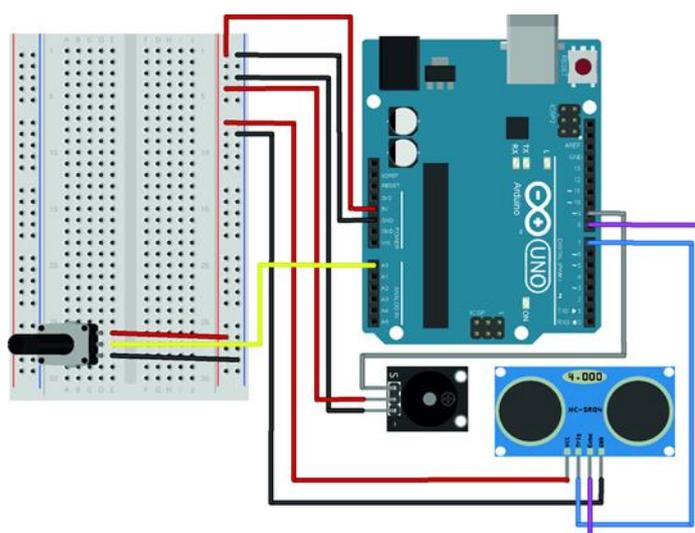


Figura 2.17: Estructura del prototipo electrónico que emite sonido.

## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se reflejan las pruebas realizadas con los usuarios finales y los resultados obtenidos que describen las interpretaciones obtenidas en base a las pruebas realizadas.

#### 3.1. Resultados obtenidos

Se realizaron pruebas de usabilidad en dos ambientes diferentes a un total de 9 personas donde tres de ellas tenían problemas de visión.

El primer ambiente era en un espacio abierto y con un ruido ambiental elevado. El segundo ambiente era en un laboratorio de computación con un ruido ambiental moderado a leve. Y para cada ambiente se tuvieron usuarios con problemas de visión, así como simulación de visión nula como se aprecia en la Tabla 1.

Usuario	Tipo	Grado de educación	Manejo básico de un computador
1	Visión nula - simulada	Estudiante universitario	Si
2	Visión nula - simulada	Estudiante de bachillerato	Si
3	Miopía ojo derecho - 80% de pérdida de visión	Estudiante universitario	Si
4	Visión nula - simulada	Estudiante universitario	Si
5	Visión nula - simulada	Estudiante de bachillerato	Si

6	Visión nula - simulada	Estudiante universitario	Si
7	80% de pérdida de visión	Estudiante universitario	Si
8	Visión nula - simulada	Estudiante universitario	Si
9	Retinosis pigmentaria - 90% de pérdida de visión	Estudiante universitario	Si

**Tabla 1: Características principales de los usuarios participantes en las pruebas de usabilidad.**

### Capacitación

Los usuarios no recibieron una explicación detallada de las tareas asignadas. Se le mostró el login principal de la aplicación y cómo se accede a ella. Se describe de manera general que hacen las opciones mostradas.

### Procedimiento

1. Explicar a quienes estaba dirigida la aplicación.
2. Indicar que se evaluará la interacción en el diseño.
3. Indicar la actividad asignada.
4. Medir el tiempo para cada actividad.
5. Al finalizar cada tarea preguntar el grado de satisfacción o comodidad al ejecutar la actividad, siendo 5 el más alto y 0 el más bajo.

**Nota:** No se indicó cómo se clasifican los errores en esta prueba para que tengan la libertad en la interacción y sólo fueron apuntados.

### Actividades

- **Detección de posición:** En esta tarea se pidió al usuario al entrar al ambiente detectar desde donde proviene el sonido y situarse en la estación de trabajo asignada.

- **Interactuar con las notificaciones de las actividades:** Se pidió al usuario detectar las notificaciones auditivas recibidas y responder en base a la instrucción recibida.
- **Interactuar en lecturas:** Se pidió al usuario manejar los controles en la lectura asignada por el profesor.
- **Responder evaluación:** Se pidió al usuario escuchar cada pregunta y respuesta de la evaluación, para que se responda según la opción escogida y enviar la evaluación al finalizar el test.
- **Interacción con comandos de teclas:** En esta actividad se solicitó al usuario controlar las actividades accionadas según los comandos de teclas que indican las notificaciones recibidas.

### Resultados de las pruebas

Para obtener los resultados se evaluó por cada tarea los errores críticos y no críticos cometidos en cada actividad [17]. El error crítico es aquel que no le permite culminar de manera satisfactoria su actividad que según la ecuación 3.1, corresponde a la tasa de completitud, y el error no crítico son los errores leves cometidos en la actividad que al final le permite completar el proceso asignado, pero no se realizó el curso esperado en la interacción, el cual corresponde a la tasa libre de errores según la ecuación 3.2.

$$\text{Tasa de completitud} = \frac{(\# \text{ errores críticos no realizados})}{\text{total de participantes}} * 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{Tasa de libre de errores} = \frac{(\# \text{ errores no críticos realizados})}{\text{total de participantes}} * 100\% \quad (3.2)$$

En la interacción con las notificaciones de las actividades el porcentaje en la tasa de completitud y para la tasa libre de errores no alcanza el 100% (ver Tabla 2 y 3 debido a que los usuarios no recibieron la notificación auditiva con retraso. Esto se dio por los problemas con la conexión a Internet; cuando ésta era estable, el

sinetizador Speech Synthesis interpretaba inmediatamente las notificaciones de texto a voz.

En la actividad que se pedía interactuar con lecturas, hubo problemas al adelantar y retroceder con el audio, el cual fue corregido después de esta prueba con los usuarios.

<b>Escenarios</b>	<b>Tasa de completitud</b>	<b>Tasa libre de errores</b>
Detección de posición	100%	83%
Interactuar con las notificaciones de las actividades	67%	67%
Interactuar en lecturas	67%	100%
Responder evaluación	83%	83%
Interacción con comandos de teclas	67%	83%

**Tabla 2: Pruebas usabilidad en un ambiente abierto.**

<b>Escenarios</b>	<b>Tasa de completitud</b>	<b>Tasa libre de errores</b>
Detección de posición	100%	100%
Interactuar con las notificaciones de las actividades	33%	100%
Interactuar en lecturas	100%	67%
Responder evaluación	100%	67%
Interacción con comandos de teclas	100%	100%

**Tabla 3: Pruebas usabilidad en un laboratorio de computación.**

Al asignarles la actividad de responder la evaluación se obtuvo 83% en el primer ambiente y 67% en el segundo ambiente para la tasa libre de errores, los usuarios no sabían cómo responder la evaluación o no conocían cómo avanzar a la siguiente pregunta. Después se realizaron mejoras para este escenario como

recibir retroalimentación de la opción elegida e indicando al inicio de la evaluación las teclas que sirven para avanzar o retroceder en la evaluación.

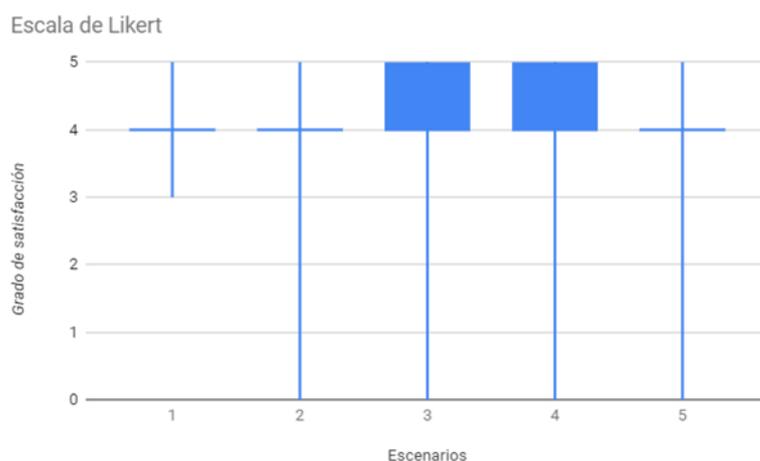
Cuando se tenía que interactuar con las teclas los usuarios tuvieron problemas con la combinación inicial que se había propuesto, por lo tanto, se modificaron las combinaciones de teclas para mejorar su interacción (ver Tabla 4). Incluso el teclado numérico fue una de las opciones que fueron sugeridas por los usuarios porque más fácil para ellos encontrar su ubicación.

La tasa de completitud y la libre de errores son más bajas a partir de la tercera actividad (ver Tabla 2), el usuario 6 se retiró (ver Tabla 3) de las pruebas por la gran dificultad que tuvo al no encontrar la combinación de teclas propuestas a pesar de cumplir con el requisito de tener conocimiento de ofimática y ser estudiante universidad.

<b>Acciones que el estudiante puede realizar</b>	<b>Alternativa de comando</b>
Repetir Instrucción	i
Omitir la notificación	q
Reproducir la lectura del documento	p
Adelantar la reproducción del audio	Derecha
Retroceder la reproducción del audio	Izquierda
Pausar reproducción del audio	s
Marcar la Opción 'N' de las respuestas de la evaluación	Literal correspondiente: a,b,c,d,e
Enviar la evaluación	s
Repetir pregunta de evaluación	r
Terminar evaluación	Alt + t
Terminar sesión	Ctrl + q
Aumentar tamaño de texto de lectura	Ctrl +
Disminuir tamaño texto de lectura	Ctrl -

**Tabla 4: Lista de acciones y comandos de teclas para el control de la interfaz del estudiante.**

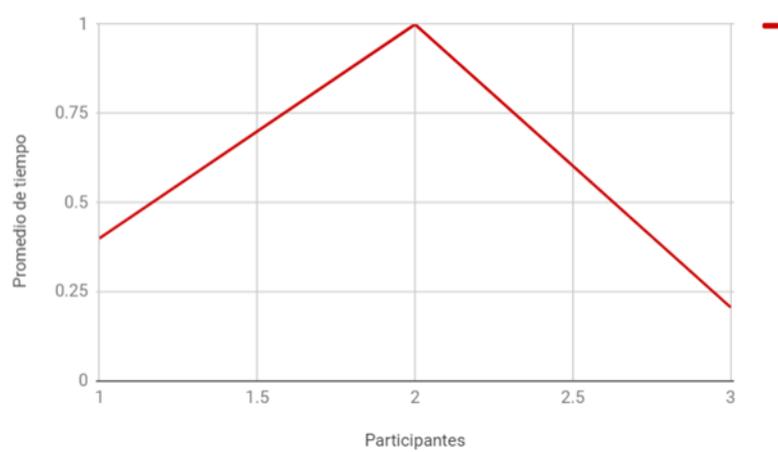
A cada participante se le preguntó el grado de satisfacción por cada actividad asignada. Los participantes alcanzan una puntuación media a 4 puntos en la mayoría de las actividades y, para la tercera y cuarta actividad la puntuación tiende a 5 puntos como valor más alto para las actividades asignadas (ver Figura 3.1). También se aprecia como valor mínimo desde la segunda actividad el valor de cero, ya que el usuario 6 tiene cero en las actividades que no completó para los grados de satisfacción.



**Figura 3.1: Escala de Likert - Grados de satisfacción en cada uno de los cinco escenarios evaluados con los usuarios.**

Para el segundo ambiente, se realizaron tres mediciones de tiempo y el promedio de los tiempos (ver Figura 3.2) para cada usuario, a medida que el usuario se familiarizaba con el sonido, el tiempo para llegar a su posición asignada se redujo.

Evolución en tiempo de detección de sonido a llegada de estación de trabajo



**Figura 3.2: Promedio de tiempo de llegada a su estación de trabajo usando el circuito electrónico como guía auditiva.**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la aplicación web, el grado de aceptación por parte de los usuarios que probaron el sistema es alto en todas las actividades que realizaron, lo que muestra que el sistema puede utilizarse y resultar de ayuda para un estudiante con discapacidad visual.

El circuito electrónico que emite el sonido para ubicarse dentro del aula de clase beneficia a los estudiantes que tienen el oído más sensible y están acostumbrados a guiarse con los sonidos.

Se recomienda que la aplicación web sea utilizada con una conexión estable a Internet debido a que es necesaria para recibir la retroalimentación audible por parte de la aplicación. Caso contrario, habrá un retraso en las notificaciones de actividades y el estudiante no podrá empezar a interactuar con el sistema.

Entre las mejoras a futuro que pueden incluirse en el sistema, estaría agregar soporte a varios idiomas en la transformación de texto a audio dado que no todas las clases son impartidas en español y no todo material de lectura está en español. Además, mejorar la retroalimentación cuando se presione una tecla en cualquier actividad por si el estudiante no sabe dónde exactamente está la tecla que debe presionar.

Para estudiantes que tienen una dificultad visual, del tipo que les permite ver, pero bajo ciertas condiciones de pantalla, agregar una sección de configuración visual los favorecería dándoles mayor comodidad para utilizar la aplicación web.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] OMS. (2014, Aug). Ceguera y discapacidad visual. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>.
- [2] Ministerio de Educación. (2017). Educación Especial e Inclusiva. [Online]. Available: <https://educacion.gob.ec/escuelas-inclusivas/>.
- [3] Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2017). La Institución. [Online]. Available: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/la-institucion/>.
- [4] Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2017). Estadísticas | CONADIS. [Online]. Available: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>.
- [5] F. R. Campaña, La Discapacidad en la Provincia del Guayas Según el Censo de Población y Vivienda 2010. Guayaquil, Ecuador:, 2017, pp. 25-26, 41-42.
- [6] M. de Educación, Educación Inclusiva y Especial, Modulo 1, 1st ed. Quito, Ecuador: Ministerio de Educación.
- [7] Desafíos de la Diferencia en la Escuela, Alumnos con deficiencia visual necesidades y respuesta educativa, 1st ed. España: Pablo Martín Andrade, 2016, pp. 6-12.
- [8] Ministerio de Educación. (2017). Instituciones de Educación Especial. [Online]. Available: <https://educacion.gob.ec/instituciones-de-educacion-especial/>.
- [9] Sistema de Información Oficial “El Ciudadano”. (2014). Personas con discapacidad forman parte de una política inclusiva en la educación superior. [online] Available at: <http://www.elciudadano.gob.ec/personas-con-discapacidad-forman-parte-de-una-politica-inclusiva-en-la-educacion-superior/>
- [10] Ministerio del Trabajo. (2017). Inserción de personas con discapacidades. [Online]. Available: <http://www.trabajo.gob.ec/insercion-de-personas-con-discapacidades/>.

- [11] PostgreSQL. (2017). PostgreSQL Introduction. [Online]. Available: <https://www.postgresql.org/>.
- [12] Node.js. (2017). Fundación. "Node.js". [Online]. Available: <https://nodejs.org/es/>.
- [13] Expressjs.com. (2017). Express - Node.js Web Application Framework. [Online]. Available: <https://expressjs.com/>.
- [14] Developer.chrome.com. (2017). Architecture - Google Chrome. [Online]. Available: [https://developer.chrome.com/apps/app\\_frameworks](https://developer.chrome.com/apps/app_frameworks).
- [15] Socket.io. (2017). Socket.IO Introduction. [Online]. Available: <https://socket.io/>.
- [16] Canadian Developer Connection. (2017). Learning Redis – Part 6: Redis Publish-Subscribe. [Online]. Available: <https://blogs.msdn.microsoft.com/cdn devs/20-15/06/15/learning-redis-part-6-redis-publish-subscribe/>.
- [17] A. Affairs. (2017). Planning a Usability Test. [Online]. Available: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/planning-usability-testing.html>.