



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LECTOR AUDIBLE  
PARA FACILITAR LA LECTURA DE TEXTOS A LAS PERSONAS  
CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIDAD EDUCATIVA  
ESPECIALIZADA DE NO VIDENTES COTOPAXI.**

**AUTORA: CARMEN LAURA BENALCÁZAR ARROBA**

**DIRECTOR: ING. FAUSTO ACUÑA**

**LATACUNGA**

**2016**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LECTOR AUDIBLE PARA FACILITAR LA LECTURA DE TEXTOS A LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA DE NO VIDENTES COTOPAXI.**” realizado por la señorita **CARMEN LAURA BENALCÁZAR ARROBA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita **CARMEN LAURA BENALCÁZAR ARROBA** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 06 de mayo del 2016**

**ING. FAUSTO ACUÑA**

**DIRECTOR**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CARMEN LAURA BENALCÁZAR ARROBA**, con cédula de identidad N° 180476867-77 declaro que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LECTOR AUDIBLE PARA FACILITAR LA LECTURA DE TEXTOS A LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA DE NO VIDENTES COTOPAXI.**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 06 de mayo del 2016**

-----  
CARMEN LAURA BENALCÁZAR ARROBA

C.C.: 180476867-7



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **CARMEN LAURA BENALCÁZAR ARROBA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LECTOR AUDIBLE PARA FACILITAR LA LECTURA DE TEXTOS A LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA DE NO VIDENTES COTOPAXI.**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 06 de mayo del 2016**

-----  
**CARMEN LAURA BENALCÁZAR ARROBA**

**C.C.: 180476867-7**

## **DEDICATORIA**

Con todo el amor del mundo a mis papitos Rene y Rosa, que me dieron la vida y han cuidado de mi como su mayor tesoro. Gracias papito y mamita por estar siempre a mi lado, por su apoyo incondicional, consejos, regaños, paciencia, amor y ayuda en los momentos difíciles. Doy gracias a Diosito por los padres que me dio, ya que son el pilar fundamental de mi vida, gracias a sus consejos y enseñanzas soy una persona con valores y principios sólidos, lo cual me ha ayudado a conseguir todos los objetivos que me eh propuesto.

Gracias Mamita preciosa por ser siempre mi cómplice en todas mis locuras y brindarme toda la confianza del mundo, Papito lindo millón gracias por siempre comprenderme,, hacerme ver mis errores regañarme a la vez secar mis lágrimas y llenarme mi mimos. Los amo con todito mi corazón son mi razón de vivir y este trabajo es el fruto del esfuerzo de los tres y dedicado para ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios que me dio la vida y me ha llenado de bendiciones y sabiduría para culminar mi carrera universitaria.

Mi más sincero agradecimiento a mis padres por todo el apoyo incondicional, comprensión y paciencia, gracias al esfuerzo que han hecho para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias a ustedes he concluido con éxito esta etapa de mi vida, siendo este el principio de muchos más logros que compartiremos juntos.

A mis queridas amigas y amigos con quienes compartí momentos increíbles que vivirán por siempre en mi mente, llenos de risas, aventuras únicas y apoyo en momentos difíciles, gracias por el cariño brindado los llevare en corazón.

A mis queridos inges que me faltaría hojas para enumerarles millón gracias por sus conocimientos impartidos, el cariño y el aprecio que han demostrado hacia mi persona, son los mejores.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los Ingenieros Fausto Acuña y Katya Torres, quienes han sido el pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto y me brindaron todo su apoyo y conocimientos para el desarrollo y culminación exitosa de mi tesis.

Me llevo los mejores recuerdos de esta Universidad donde pase gratos momentos, hice grandes amistades y adquirí conocimientos solidos que me ayudaran en mi vida profesional. Los extrañare full y estarán siempre presentes en mi corazón.

**MUCHISIMAS GRACIAS.....!!!!!!!**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
CERTIFICADO.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
PRESENTACIÓN.....	xx

## CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Lectores para personas discapacitadas.....	2
1.2.1 Cámara que permite leer.....	2
1.2.2 Línea Braille Supervario 40.....	3

1.2.3	Lupas Electrónicas.....	4
1.3	Tipos de lectores.....	5
1.3.1	Lectores de Pantallas.....	5
1.3.2	Sintetizadores de Voz.....	6
1.3.3	Lectores Autónomos.....	6
1.4	Lectores audibles.....	7
1.4.1	Voice Stick.....	7
1.4.2	Intel Reader.....	8
1.4.3	FingerReader.....	9
1.4.4	Reproductores de audio especiales.....	10
1.5	Biblioteca tiflolibros.....	11
1.5.1	Biblioteca digital.....	11
1.5.2	Libros en MP3.....	11
1.5.3	Libros en braille.....	12
1.5.4	Ventajas de tiflolibros.....	12
1.6	Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi.....	12

## CAPÍTULO II

	<b>DISEÑO Y SELECCIÓN.....</b>	<b>14</b>
2.1	Antecedentes.....	14
2.2	Parámetros de diseño.....	14
2.2.1	Identificación de letras.....	14
2.2.2	Alerta Vibrante.....	16
2.2.3	Proyección de la Voz.....	17
2.2.4	Estructura Mecánica.....	17
2.3	Alternativas de diseño.....	17
2.3.1	Escáner de mano con auricular (VOICE STICK).....	18
2.3.2	Escáner de mano (Intel Reader).....	18

2.3.3	Anillo (FingerReader).....	19
2.3.4	Cámara Scanner (Con Pedestal).....	20
2.3.5	Celular.....	20
2.4	Análisis de las alternativas de diseño.....	21
2.4.1	Selección de la Estructura Mecánica.....	21
	• Análisis previo a la selección.....	22
	• Evaluación.....	22
	• Selección de la estructura mecánica.....	24
2.5	Diseño del hardware.....	24
2.5.1	Cámara.....	24
	• Análisis previo a la selección.....	24
	• Evaluación.....	24
	• Selección de la cámara.....	26
	• Características Técnicas.....	26
2.5.2	Motor vibrante.....	27
	• Análisis previo a la selección.....	27
	• Evaluación.....	29
	• Selección de la estructura mecánica.....	29
	• Características Técnicas.....	29
2.5.3	Sensor.....	30
	• Análisis previo a la selección.....	30
	• Evaluación.....	30
	• Selección de la estructura mecánica.....	32
	• Características Técnicas.....	32
2.5.4	Material para la impresión de la estructura.....	32
	• Análisis previo a la selección.....	32
	• Evaluación.....	32
	• Selección del material.....	34
2.6	Diseño de la estructura mecánica.....	34
	• Diseño 1.....	34

•	Diseño 2.....	35
•	Diseño 3.....	36
•	Cálculos de la Resolución Total de la Imagen .....	36
•	Cálculos del Campo de Visión Basados en la Dimensión del Sensor.....	36
•	Cálculos del Campo Visual Basados en la Resolución Ideal.....	37
•	Distancia Focal Fija.....	38
•	Análisis de los Cálculos .....	39
2.7	Diseño del software.....	40
2.7.1	Reconocimiento Óptico de Caracteres.....	40
•	Análisis previo a la selección,.....	40
•	Evaluación.....	41
•	Selección de software.....	42
2.7.2	Proyección del texto en audio.....	42

### **CAPÍTULO III**

#### **CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....43**

3.1	Construcción de la estructura mecánica.....	43
3.1.1	Construcción de la Estructura.....	43
•	Análisis previo a la selección.....	43
•	Evaluación .....	43
•	Selección del Proceso.....	45
•	Procedimiento de Construcción.....	45
3.1.2	Construcción de la regleta.....	47
3.2	Implementación de los componentes electrónicos.....	49
3.2.1	Implementación de la Cámara.....	49
3.2.2	Implementación de la Alerta Vibrante.....	50
3.2.3	Montaje del Lector Audible.....	53

3.3	Implementación del Software.....	54
3.3.1	Implementación del software TopOCR.....	54
	• Programación de teclas.....	54
3.3.2	Implementación del lector de pantalla NVDA.....	54
3.4	Pruebas del tiempo de respuesta del lector audible.....	57
3.4.1	Pruebas.....	57
	• Área bajo la curva.....	58
	• Análisis de Resultados.....	59
3.5	Pruebas del lector audible con diferentes textos.....	60
3.4.1	Pruebas.....	60
	• Pruebas con textos que se encuentran en letra número 11.....	60
	• Pruebas con textos que se encuentran en letra número 12.....	61
	• Pruebas con textos que se encuentran en letra número 14 y 16 .....	62
	• Pruebas con textos que se encuentran en letra número 16.....	63
	• Pruebas con texto combinado letra número 12 y 16.....	64
3.4.2	Análisis de Resultados.....	66
3.6	Pruebas del lector audible con diferente iluminación.....	66
3.6.1	Pruebas de iluminación.....	68
	• Prueba 1.....	68
	• Prueba 2.....	70
	• Prueba 3.....	71
3.6.2	Análisis de Resultados.....	72
3.7	Pruebas de funcionalidad.....	74
3.7.1	Pruebas.....	74
	• Prueba 1.....	74
	• Prueba 2.....	75
	• Prueba 3.....	76
3.7.2	Análisis de Resultados.....	77
3.8	Limitaciones del lector audible.....	78
3.9	Validación de la hipótesis.....	79

3.10	Análisis de costos.....	85
3.10.1	Costo del Proyecto.....	85
3.10.2	Costo-Beneficio.....	86

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....89**

4.1	Conclusiones.....	88
4.2	Recomendaciones.....	90

### **BIBLIOGRAFÍA.....91**

### **LINKOGRAFÍA.....93**

### **ANEXOS.....98**

Anexo A. Certificación

Anexo B. Accesibilidad visual

Anexo C. Registro nacional de discapacitados

Anexo D. Iluminación

Anexo E. Tabla Chi Cuadrado

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Selección de la Estructura Mecánica.....	23
Tabla 2. Selección de la Cámara.....	25
Tabla 3. Selección del Motor Vibrante.....	28
Tabla 4. Selección de Sensor.....	31
Tabla 5. Selección del Material para impresión de Estructura Mecánica.....	33
Tabla 6. Selección del Software.....	41
Tabla 7. Selección del Proceso de Manufactura.....	44
Tabla 8. Teclas De Comandos.....	54
Tabla 9 Teclas de comandos NVDA.....	55
Tabla 10 Tiempos de Respuesta .....	58
Tabla 11. Pruebas con texto en letra 11.....	60
Tabla 12. Pruebas con texto en letra 12.....	61
Tabla 13. Pruebas con texto en letra 14 y 16.....	62
Tabla 14. Pruebas con texto en letra 16.....	63
Tabla 15. Pruebas con texto en letra 12 y 16.....	64
Tabla 16. Resultados Obtenidos del Total de Pruebas.....	65
Tabla 17 Niveles recomendados de iluminación por zonas.....	68
Tabla 18. Prueba 1.....	69

Tabla 19. Prueba 2.....	70
Tabla 20. Prueba 3.....	71
Tabla 21. Resultados Obtenidos del Total de Pruebas de Iluminación.....	73
Tabla 22. Pruebas Primera Persona.....	74
Tabla 23. Pruebas Segunda Persona.....	75
Tabla 24. Pruebas Tercera Persona.....	76
Tabla 25. Resultados Obtenidos del Total de Pruebas .....	77
Tabla 26. Datos Respondidos por los No Videntes (Datos Observados).....	82
Tabla 27. Valores Esperados.....	83
Tabla 28. Pruebas de Chi Cuadrado.....	84
Tabla 29. Costos realizados durante el proyecto.....	86
Tabla 30. Lectores Audibles Disponibles en el Mercado.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dispositivo creado por OrCam.....	3
Figura 2	Línea Braille Supervario40.....	4
Figura 3	Teledupa Xtend Base B/N.....	5
Figura 4	Sistema Autónomo de Lectura POET.....	7
Figura 5	Voice Stick.....	8
Figura 6	Intel Reader, un lector de libros para ciegos.....	9
Figura 7	FingerReader o anillo lector.....	10
Figura 8	Reproductor Daisy PlexTalk PTN1.....	10
Figura 9	Voice Stick.....	18
Figura 10	Intel Reader.....	19
Figura 11	Finger Reader.....	19
Figura 12	Cámara Scanner .....	20
Figura 13	Celular de 4G.....	21
Figura 14	Primer Diseño del Dispositivo.....	34
Figura 15	Segundo Diseño del Dispositivo.....	35
Figura 16	Resolución de Pixeles por Pulgada.....	37
Figura 17	Distancia Focal.....	38
Figura 18	Diseño Final de la Estructura Mecánica .....	39
Figura 19	Archivo Generado Para el Corte a Láser.....	45

Figura 20	Máquina Cortadora a Láser.....	46
Figura 21	Piezas Obtenidas.....	46
Figura 22	Estructura Terminada.....	47
Figura 23	Diseño de la Regleta.....	47
Figura 24	Diseño de Regleta con Soporte.....	48
Figura 25	Construcción de la Regleta.....	48
Figura 26	Cámara Seleccionada.....	49
Figura 27	Microchip de la Cámara.....	49
Figura 28	Temporizador de la Cámara Seleccionada.....	49
Figura 29	Dispositivo plug-play obtenido de una webcam.....	50
Figura 30	Implementación de la cámara y el dispositivo plug-play.....	50
Figura 31	Simulación del circuito en ISIS 8.....	51
Figura 32	Sensor CNY70 .....	51
Figura 33	Circuito de prueba del Sensor CNY70.....	52
Figura 34	Implementación del sensor y el motor vibrante.....	52
Figura 35	Implementación de alerta vibrante y cámara.....	52
Figura 36	Montaje de los dispositivos en la Estructura Mecánica.....	53
Figura 37	Implementación de la parte electrónica y el software.....	53
Figura 38	Resultado final.....	55
Figura 39	Diagrama del proceso a seguir .....	56
Figura 40	Proceso de respuesta del dispositivo.....	57
Figura 41	Datos estadísticos del tiempo de respuesta.....	58

Figura 42	Texto con Letra Número 11.....	60
Figura 43	Texto con Letra Número 12.....	61
Figura 44	Texto con Letra Número 14 y 16.....	62
Figura 45	Texto con Letra Número 16.....	63
Figura 46	Texto con Letra Número 12 y 16.....	64
Figura 47	Datos estadísticos de pruebas con diferentes textos.....	66
Figura 48	Mastech MS 3209.....	67
Figura 49	Resultados obtenidos prueba 1.....	69
Figura 50	Resultados obtenidos prueba 2.....	70
Figura 51	Resultados obtenidos prueba 3.....	72
Figura 52	Datos estadísticos de las pruebas de iluminación.....	73
Figura 53	Prueba con el primer alumno.....	75
Figura 54	Prueba con el segundo alumno.....	76
Figura 55	Prueba con el tercera alumno.....	77
Figura 56	Pruebas de Lectura.....	81

## **RESUMEN**

El lector audible tiene como principal función facilitar la lectura a las personas que poseen discapacidad visual, esto se lo realizará mediante el diseño y la construcción de un dispositivo portátil y fácil de usar. El proyecto está constituido por una mini cámara la cual será la encargada de captar la imagen del texto, un sistema de alerta vibrante que indique al usuario que se está desviando de la línea y un sintetizador de voz el mismo que será el encargado de proyectar el texto en palabras. El dispositivo será realizado con un software de plataforma libre, el cual transformará las imágenes captadas por la mini cámara en texto y luego en voz, para el sistema de alerta vibrante se implementará una regleta mediante la cual se pueda indicar al usuario que se encuentra fuera de la línea de lectura. El lector audible tiene sus limitaciones y parámetros definidos, como por ejemplo: el texto que se puede leer con este dispositivo debe ser encolumnado, tener un número de letra entre 12 y 14, además de una iluminación entre 500 a 750 lux. La lectura se realizará párrafo a párrafo (de 9 a 10 líneas capta la cámara), es decir primero se identificará mediante la cámara todo el párrafo y de ahí se procederá a la proyección en voz. El costo de mismo será menor a los que existen en el mercado haciendo accesible para las personas con esta discapacidad.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **LECTOR AUDIBLE**
- **DISCAPACIDAD VISUAL**
- **LECTURA**
- **SOFTWARE LIBRE**

## **ABSTRACT**

The audible reader's main function is to facilitate reading to people who have visual impairment, this will be conducted through the design and construction of a portable and easy to use device. The project consists of a mini camera which will be responsible for capturing the image of the text, a system of vibrating alert that tells the user that is deviating from the line and a voice synthesizer the same that will be responsible for designing the text words. The device will be done with free software platform, which will transform the images captured by the mini camera into text and then voice for the system vibrating alert power strip will be implemented by which to indicate to the user that is outside reading line. The audible reader has its limitations and defined parameters, such as: text that can be read with this device must be pillared, have a number of letter between 12 and 14, and a lighting between 500-750 lux. The reading will take place paragraph paragraph (9 to 10 lines captured by the camera), that is to say first be identified by the camera the whole paragraph and then proceed to the voice projection. The cost of it will be lower than those existing in the market making accessible to people with this disability.

### **KEYWORDS:**

- **AUDIBLE READER'S**
- **VISUAL IMPAIRMENTS**
- **READING**
- **FREE SOFTWARE**

## **PRESENTACIÓN**

El tema del proyecto es diseño y construcción de un lector audible el cual facilitará la lectura de textos a las personas que tiene discapacidad visual, este dispositivo se lo desarrolla para uso de los estudiantes de la Unidad Educativa de no Videntes Cotopaxi.

En el Capítulo I hace referencia al Estado del Arte, aquí podemos encontrar información referente a los dispositivos que se utilizan para facilitar la lectura de las personas discapacitadas, dando a conocer a su vez que son escasos los libros que se encuentran en lenguaje braille o en mp3.

En el Capítulo II se detalla el Diseño y Selección de los diferentes materiales que se utilizaran para la realización del proyecto, para esto se ha definido parámetros de acuerdo a las necesidades de las personas discapacitadas las mismas que cada material a seleccionar deberán cumplir a cabalidad, para la selección se ha realizado un análisis previo, evaluación y en base a esto se ha seleccionado el más idóneo.

En el Capítulo III se procede a la Construcción, Pruebas y Análisis de los Resultados, detallando el diseño que se realizó para la posterior construcción del mecanismo, también se explicara la implementación de la parte electrónica es decir le obtención de la señal captada por la cámara y enviada a la PC para que la misma mediante el software de plataforma libre pueda transmitir en voz el texto, una vez montado todo el dispositivo se procederá a realizar pruebas de funcionamiento para poder determinar con exactitud las limitaciones del mismo.

En el Capítulo IV podemos encontrar las conclusiones y recomendaciones del proyecto, las mismas que servirán de referencia a futuros proyectos o mejoras que se quieran realizar al mismo.

También se incluye anexos y referencias bibliográficas que servirán como soporte al trabajo realizado y ayudaran a para profundizar el tema.

# CAPÍTULO I

## ESTADO DEL ARTE

### 1.1 Antecedentes

De acuerdo con los datos estadísticos del (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, CONADIS 2015), en la provincia de Cotopaxi existen 1337 personas que sufren de discapacidad visual, mientras que en la ciudad de Latacunga tenemos un total de 542 personas con esta deficiencia, este problema hace que ellos no puedan desenvolverse con facilidad en la sociedad.

“Para la ayuda de las personas discapacitadas visualmente se han creado varios dispositivos que les ayudan a mejorar su condición, como por ejemplo detectores de obstáculos, teclados especiales, etc.”, pero estos dispositivos no están al alcance de todas las personas, por lo que este proyecto busca ayudar a las personas que no tiene acceso a estos costosos instrumentos. (Organización Mundial de la Salud OMS, 2010)

En el Ecuador se apoya a la personas con discapacidad visual entregándoles un kit visual el cual contiene un bastón, regleta, ábaco y punzón, los cuales ayudan a su mejor desempeño, sin embargo no tienen un dispositivo que les ayude a la lectura de textos que no se encuentran en sistema braille. (Secretaría Técnica de Discapacidades, 2014)

La Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi se encarga de la difícil tarea de impartirles clases a los niños con esta discapacidad. Según la Lcda. Jenny Chasi, docente de la unidad educativa, informa que la misma cuenta con 35 alumnos matriculados entre niños y adultos, los cuales tienen diferentes tipos de discapacidad ya sea auditiva, visual o intelectual, los niños reciben educación básica normal con adaptaciones curriculares y material didáctico adecuado; mientras que los adultos reciben capacitación en braille, ábaco (Matemáticas) y computación.

En la Unidad Educativa en la sección matutina según la Directora Dra. Amparo Paredes se encuentran 10 alumnos que tienen discapacidad visual, los mismos que son de diferentes edades, razón por la cual se hace un poco complicada la tarea de aprendizaje especialmente la de lectura, también manifiesta que la falta de textos que se encuentran en sistema braille, hacen que la tarea de enseñanza y aprendizaje sea más difícil, sin contar que las bibliotecas del país no cuentan con áreas dedicadas a personas con esta discapacidad.

La población con discapacidad visual presenta un índice del 23% de analfabetismo, lo que nos indica que no todos saben leer textos que se encuentran en lenguaje braille y no pueden realizar tareas como la lectura, haciendo difícil este proceso y comprensión de un texto, por lo que a estas personas no les serviría de nada tener textos especializados para su discapacidad, este tipo de personas requieren otro tipo de ayuda. (Ministerio de Educación, 2015).

## **1.2 Lectores para personas discapacitadas**

Con el desarrollo de la tecnología día tras día, en la actualidad contamos con diversos dispositivos y software que permiten a las personas discapacitadas llevar una vida más cómoda, minimizando sus limitaciones físicas, entre los dispositivos que ayudan a leer a las personas impedidas visualmente tenemos:

### **1.2.1 Cámara que permite leer**

Este dispositivo (ver figura 1) fue creado por OrCam, el mismo que consta de una pequeña cámara que se coloca a un lado de los lentes con un pequeño imán, la misma que se conecta mediante un delgado cable a una computadora portátil diseñada para caber en el bolsillo del usuario, también se utiliza una altoparlante que lee en voz alta las palabras o el objeto apuntado por el dedo del usuario.

El sistema reconoce un grupo de objetos prealmacenados y le permite al usuario agregar otros a su biblioteca --por ejemplo, el texto en una etiqueta o anuncio, o un semáforo o el letrero de una calle-con simplemente agitar su mano, o el objeto, en el campo de visión de la cámara. (Sánchez, 2013)



**Figura 1** Dispositivo creado por OrCam

Fuente: (OrCam, 2013)

### **1.2.2 Línea Braille Supervario 40**

Dispositivo (ver figura 2) que muestra en sistema braille todo aquello que aparece en la pantalla del ordenador para personas invidentes. Dispone de 40 caracteres; permite disponer en el formato de puntos braille (tanto en 6 como en 8 puntos) de la información que va apareciendo en la pantalla del ordenador para su lectura por personas invidentes a través del tacto. Esta línea braille se puede conectar a través de BlueTooth de forma inalámbrica al ordenador, lo que la convierte en un dispositivo muy cómodo de utilizar. (Consejería de innovación, ciencia y empresa, 2013)



**Figura 2 Línea Braille Supervario 40**

**Fuente:** (Junta de Andalucía, 2013)

### **1.2.3 Lupas electrónicas**

Dispositivos que permiten aumentar cualquier texto o imagen que se encuentre impresa en un papel (ver figura 3), agranda la imagen desde 40 hasta 55 veces el tamaño de aquello que se encuentre impreso en un papel, mostrándolo a todo color. Para su uso es necesario disponer de un ordenador donde se mostrará aquello que se desea ampliar.

Este dispositivo es plegable y portátil, por lo que resulta muy cómodo de transportar para aquellas personas que necesiten disponer de un dispositivo de este tipo en cualquier lugar debido a su movilidad.

Estas lupas electrónicas se encuentran indicadas para aquellas personas con una pérdida de visión desde leve a severa. (Consejería de innovación, ciencia y empresa, 2013)



**Figura 3 Telelupa Xtend Base B/N**

**Fuente:** (Junta de Andalucía, 2013)

### **1.3 Tipos de lectores**

Tenemos varios tipos de lectores que ayudan a las personas discapacitadas a leer de manera fácil los textos que no se encuentran en braille.

#### **1.3.1 Lectores de pantalla**

Los lectores de pantalla (screen readers en inglés) son softwares que permiten la utilización del sistema operativo y las distintas aplicaciones mediante el empleo de un sintetizador de voz que "lee y explica" lo que se visualiza en la pantalla, esto es una ayuda para las personas con graves problemas de visión o completamente ciegas. (Luján, 2012)

Tenemos varios tipos de lectores de pantalla entre los más populares:

- JAWS (acrónimo de Job Access With Speech).
- HAL Lite (versión Freeware).
- Open Book.
- Windows-Eyes.
- Simply Talker

- WinVision

### **1.3.2 Sintetizadores de Voz**

Los sintetizadores de voz son considerados periféricos de salida que suelen incluir un microprocesador, memoria ROM con programas y datos, un convertor D/A, un amplificador de audiofrecuencia y altavoz. La mayor parte de los dispositivos sintetizadores de voz tienen memorizados digitalmente cada uno de los fonemas o palabras que son capaces de emitir. Los datos que recibe un sintetizador procedente del ordenador corresponden a la identificación de los fonemas o palabras a emitir. Una vez que se analiza el dato, se activa una rutina encargada de generar el sonido correspondiente. (Ávila, 2013)

Entre los más utilizados tenemos:

- Software de voz y «braille»
- Sodel Factory
- Ezhermatic PCVoz 8.0

### **1.3.3 Lectores autónomos**

Es un dispositivo autónomo capaz de leer mediante una voz artificial cualquier texto escrito en tinta. Permite acceder de forma rápida y sencilla a textos escritos tales como cartas, libros, revistas, etc. Funciona como un escáner, y una vez que reconoce el texto impreso, lo lee mediante una voz artificial que se puede regular tanto en volumen como en velocidad. Dispone de un disco duro donde se pueden almacenar una gran cantidad de documentos para poder realizar una lectura posterior si así se desea. (Consejería de innovación, ciencia y empresa, 2013)



**Figura 4 Sistema Autónomo de Lectura POET**

**Fuente:** (Junta de Andalucía, 2013)

## **1.4 Lectores audibles**

Estos dispositivos han sido creados con el único fin de dar comodidad y confort a las personas que sufren de discapacidad visual, minimizando su problema físico y con esto logrando integrarlos de mejor manera a la sociedad y en especial al ámbito laboral, para la creación de estos dispositivos se han utilizado diferentes algoritmos y modelos de presentación, tratando con esto de dar mayor facilidad a las personas que utilizan estos dispositivos.

### **1.4.1 Voice Stick**

Este lector audible (ver figura 5) ha sido desarrollado por Sungwoo Park para ayudar a los no videntes; la manera en que funciona es a través de un escáner de mano que se manipula sobre el texto y que cuenta con tecnología OCR para el reconocimiento óptico de caracteres.

El traspaso a sonidos audibles se realiza gracias a la tecnología Text-to-Speech, capaz de convertir en palabras audibles cualquier tipo de texto.

El audio es transmitido al usuario a través de auriculares lo cual le brindará confort y privacidad. (Harder, 2013)



**Figura 5 Voice Stick**

**Fuente:** (Sungwoo Park, 2013)

### **1.4.2 Intel Reader**

El Intel Reader (ver figura 6) es un lector literal de textos que ha creado la firma americana Intel, la misma que se encarga de fabricar los procesadores de buena parte de los ordenadores del planeta. La idea es que las personas ciegas o con ciertas dificultades de visión puedan leer una obra literaria o descifrar el texto de cualquier cartel con tan sólo fotografiarlo. Se trata de un sistema inteligente que sin duda podría resultarles de gran ayuda. (Santos, 2009)

El Intel Reader es un ordenador de dimensiones reducidas que como no podía ser de otra manera funciona con un procesador Intel Atom, incluyendo una cámara fotográfica y software OCR. Esto quiere decir que el usuario puede fotografiar la página de un libro y el sistema es capaz de reconocer el texto para leerlo como si de un narrador se tratara.

El sistema cuenta con una pantalla LCD de 4,3 pulgadas y unos 2GB de memoria para que el usuario pueda almacenar archivos. Dispone de un puerto USB 2.0 para que podamos conectarlo al ordenador o pinchar en él un pendrive cargado de archivos, además de llevar altavoces integrados para escuchar las lecturas con nitidez. (Espeso, 2010)



**Figura 6 Intel Reader, un lector de libros para ciegos**

**Fuente:** (Ordenadores Portátiles, 2010)

### **1.4.3 FingerReader**

El llamado FingerReader o anillo lector (ver figura 7), viene equipado con una cámara diminuta que escanea el texto. Una voz en sintetizador va leyendo el texto en voz alta ya sea de libros, menús de restaurantes u otro material de lectura.

Para leer basta pasar el dedo por el texto. Un programa especial rastrea el movimiento del dedo, identifica palabras y procesa la información. El artefacto tiene motores vibrantes que alertan al lector cuando se aparta de la línea de texto. (Petersen, 2013)

La lectura con la ayuda del anillo inteligente denominado FingerReader es un proceso muy fácil, ya que lo único que se requiere es que la persona discapacitada señale con el dedo las líneas del texto impreso para que un software lo reproduzca al mismo tiempo en alta voz. (Speaker, 2013)



**Figura 7 FingerReader o anillo lector**

**Fuente:** (Speaker, 2013)

#### **1.4.4 Reproductores de audio especiales**

Son dispositivos de sobremesa (ver figura 8) para la reproducción de CDs en formato Daisy, de audio, y MP3, durante la lectura se permite crear tantas marcas como se desee en cada libro, la lectura de los libros en formato Daisy se realiza mediante una voz artificial, lo que permite poder regular la velocidad de lectura, permitiendo leer libros en formato de audio de forma totalmente independiente y con comodidad. (Consejería de innovación, ciencia y empresa, 2013)



**Figura 8 Reproductor Daisy PlexTalk PTN1**

**Fuente:** (Junta de Andalucía, 2013)

## **1.5 Biblioteca Tiflolibros**

La biblioteca Tiflolibros es un lugar en donde los libros y diferentes textos se encuentran en formato digital para las personas ciegas y disminuidas visualmente de habla hispana.

Los pilares de funcionamiento de Tiflolibros son: lista de discusión por correo electrónico, es una comunidad virtual sobre temas de literatura y uso de tecnologías para ciegos, que es la herramienta que propicia el intercambio y aporte de libros digitales, y la página web que presenta los libros de la biblioteca y ofrece información de interés sobre novedades y otros tantos proyectos comunes. (Tunis, 2005)

El objetivo inicial de Tiflolibros fue formar una biblioteca de textos en soporte informático. Se creó el grupo de intercambio vía mail para compartir experiencias y vivencias comunes, y hacer circular la información acerca de los libros que cada uno había digitalizado para acceder a su lectura, y ahorrar parte del tiempo y esfuerzo que implica el escaneo y corrección. Desde la Biblioteca de Tiflolibros se ofrece tres servicios:

### **1.5.1 Biblioteca Digital**

Los libros son archivos de texto que se pueden leer con lectores de pantallas, convertir en archivos de Audio o imprimir en sistema Braille si se cuenta con una impresora Braille. El acceso a este servicio es gratuito. Los usuarios pueden colaborar con el sostenimiento de la biblioteca mediante aportes voluntarios.

### **1.5.2 Libros en MP3**

Servicio pensado para quien no tiene acceso a una computadora o aún no la maneja suficientemente. Los libros se envían por correo postal en CD de Audio MP3 grabados con la misma voz sintética que utilizan los lectores de pantallas. Los CDs pueden escucharse fácilmente en cualquier reproductor de CDs MP3 o DVD. Este servicio tiene un costo simbólico libro, con el que se cubre el gasto de preparación del material.

### **1.5.3 Libros en Braille**

Es una alternativa más para la lectura de las personas con discapacidad visual que manejan el sistema braille. Los libros se imprimen a pedido de los usuarios y de acuerdo a sus necesidades (a renglón seguido, renglón por medio, simple o doble faz, etc). El costo de cada libro está en relación a la cantidad de hojas impresas que requiera.

La biblioteca de más de 45000 libros en formato digital es de uso exclusivo y gratuito para personas que por su discapacidad no puedan acceder a la lectura mediante el formato tradicional de papel y tinta. El acceso a la biblioteca es restringido. Sólo pueden ingresar quienes tengan nombre de usuario y contraseña, que se entrega al recibir los datos requeridos para la inscripción (datos personales y documentación que acredite la discapacidad). (Alsina 2010)

### **1.5.4 Ventajas de los tiflolibros**

Los libros electrónicos constituyen una nueva herramienta de lectura accesible a personas con problemas visuales, y presentan las siguientes ventajas:

- Calidad en la producción personal de textos.
- Inmediatez en el acceso al material digitalizado
- Facilidad para la distribución de copias y para el intercambio
- Comodidad para la transmisión y transporte de textos
- Almacenamiento de gran cantidad de información en espacio reducido
- Posibilidad de pasar del texto digital al impreso en braille
- Posibilidad de conversión del archivo digital a archivo de audio. (Alsina, 2010)

## **1.6. Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi**

La Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi, se encuentra ubicada en la ciudad de Latacunga, la Lcda. Jenny Chasi, nos informa que la unidad educativa cuenta con 35 estudiantes matriculados aparte de los tres años de edad, en horario hasta las 13:00,

mientras tanto que en horario de 13:30 a 15:30, trabajan con jóvenes y personas adultas, también en esta institución se encuentran niños con baja visión.

La Dra. Amparo Paredes nos manifiesta que la institución trabaja con cinco docentes, dos psicólogos educativos, un profesor de educación básica, un docente de educación especial y un docente de educación musical. La enseñanza a los alumnos es sobre escritura braille y matemática con ábaco. También nos dice que la institución ya no cuenta con el software lector de pantalla Jaws.

## **CAPÍTULO II**

### **DISEÑO Y SELECCIÓN**

#### **2.1 Antecedentes**

Con el desarrollo de la tecnología se ha logrado crear nuevos dispositivos de lectura y audio para personas discapacitadas, los mismos que se describen en el capítulo I sección 1.4, en base a esta sección podemos decir que se requiere un diseño de fácil manejo y portabilidad, ya que los elementos a seleccionar deben presentar características como tamaño, peso reducidos, compatibilidad del software y proyección de voz de forma clara y rápida.

En este capítulo se detallará el proceso de diseño del dispositivo y selección de los materiales, en función a los parámetros que se establecerán y las características de cada uno de ellos, también se elegirá el software para la lectura y la proyección de la voz, además se detallará el o los circuitos electrónicos que se utilizarán para controlar que siga en línea recta la lectura.

#### **2.2 Parámetros de diseño**

La función principal de este dispositivo es identificar las letras de un texto y transfor­malas en audio, además debe indicarle si se desvía de la línea de lectura, tomando en cuenta es objetivo principal del dispositivo y de acuerdo a las necesidades de las personas no videntes, se determinaron los siguientes parámetros:

##### **2.2.1 Identificación de letras**

- Se requiere un dispositivo que tenga una alta resolución (640\*480 píxeles), ya que de claridad de la imagen obtenida dependerá la identificación de las letras. (Genius, 2015)

- Se necesita un frecuencia de actualización muy baja que oscile entre los 20-50f/s, con esto se lograra dar más tiempo al software para la identificación de las letras.(Genius, 2015)
- Para que el reconocimiento de las letras sea más fácil, se requiere un lente que pueda abarcar el tamaño del párrafo que se desea leer, las líneas a identificar en este caso debe ser de entre 5 a 6 cm, ya que este dispositivo leerá textos que se encuentren encolumnados los mismos deben estar redactados en un número de letra 12 a 14, con espaciado de 1.15 a 2.
- Otro requerimiento es la nitidez (brillo y color) con la cual se puede obtener la imagen en este caso debería ser alta es decir entre unos 500 a 720 MP.
- Además de los parámetros antes mencionados debemos tomar en cuenta el tipo de sensor que vamos a utilizar en este caso será uno de alta definición.

Para el reconocimiento de las palabras se utilizara un software el cual debe cumplir con ciertos parámetros:

- El software debe ser libre, ya que algunos software de OCR que encontramos en la web costosos y no se encuentran al alcance de todos los usuarios.
- Los formatos que admite entre los cuales deben principalmente estar JPEG, TIFF y GIF.
- Los formatos en los cuales entre entrega el texto reconocido debe ser formatos compatibles con Windows, TXT, PDF y HTML
- Este software debe tener la capacidad de reconocer textos mixtos (es decir letras y gráfico) y texto único sin ningún problema.
- Debe ser compatible al 100% con Windows, esto es para no tener que utilizar una plataforma virtual.

### 2.2.2 Alerta vibrante

- Cuando se desvía de la línea de lectura necesitamos un dispositivo que emita una vibración para indicarle que se está desviando, dicho dispositivo debe tener una tensión nominal de 1.5V a 3V en corriente continua.
- Debe tener una velocidad muy alta para poder emitir la vibración apenas el sensor detecte que se desvió de la línea, dicha velocidad debe estar en un rango de 10000 a 12000 rpm.
- Su tamaño debe ser pequeño, para poder ubicarlo en la estructura esta no debe pasar los 12x3mm (d\*e).
- Otro aspecto a tomar en cuenta es la conmutación del dispositivo, ya que esto nos determina el rendimiento que tendrá los más recomendados son de pincel o cepillo, debido a sus costo, peso y que requieren de menos mantenimiento.

El sensor que se debe utilizar para enviar la señal que indica que se está desviando de la línea debe tener los siguientes parámetros:

- El aspecto que principalmente tomamos en cuenta es la dimensión del sensor ya que debe ser pequeño no debe sobrepasar 9mm\*9mm\*8mm, ya que las líneas que identificara no es mayor los 7cm.
- También es importante la tensión nominal a la que funciona ya que todos los componentes deben funcionar en los mismo rangos, por lo cual este tensión deberá estar entre 3V a 5V.
- La distancia de detección es un parámetro de mucha importancia para la correcta colocación del sensor y para que el mismo funcione correctamente, de acuerdo a las necesidades este valor debe ser pequeño en el rango de milímetros.
- Otro parámetro que debemos tomar en cuenta es la longitud de onda, ya que la perturbación que sufre el sensor debe ser la mínima es decir debe estar en el rango de los nano milímetros.

### **2.2.3 Proyección de la voz**

- El software que vaya a proyectar la voz debe permitiendo modificar los parámetros de velocidad, tono y volumen.
- Se debe poder guardar en formato de audio con la extensión deseada, para poder luego volver a reproducirlo.
- Otro parámetro importante es que nos debe permitir cambiar de texto a voz en múltiples idiomas.
- Debe ser compatible con Windows, ya que es el entorno con el que se va a trabajar.

### **2.2.4 Estructura mecánica**

- Debe ser portátil y fácil de utilizar, ya que las personas que la van a utilizar tienen discapacidad visual.
- Sus dimensiones de ser exactas para que el dispositivo funcione correctamente, a su vez debe ser portátil.
- No debe ser muy pesado, para que las personas lo puedan utilizar todo el día sin ningún problema.
- Su costo no debe ser muy elevado para que tengan acceso a este dispositivo que será de mucha utilidad.
- Los materiales con los que se va a realizar el dispositivo deben ser accesibles es decir que se los pueda encontrar en el mercado, para que su implementación no sea tan complicada.

## **2.3 Alternativas de diseño**

En la actualidad tenemos varios diseños de lectores audibles, cada uno con sus ventajas y desventajas las cuales nos ayudaran al momento de escoger los materiales para el desarrollo del proyecto. A continuación describiremos cada uno de los diseños que se encuentran en el mercado.

### 2.3.2 Escáner de mano con auricular (VOICE STICK)

El aparato (ver figura 9) es un escáner de mano que se manipula sobre el texto y combina tecnología OCR (Reconocimiento óptico de caracteres) y Text-to-speech (texto-a-voz), consiguiendo leer literalmente cualquier texto y transformarlo en audio, que el usuario recibe a través de unos auriculares lo cual le brindará confort y privacidad. (Harder, 2013)



**Figura 9 Voice Stick**

**Fuente:** (Sungwoo Park, 2013)

### 2.3.3 Escáner de mano (Intel Reader)

Es un ordenador (ver figura 10) cuenta con una pantalla LCD de 4,3 pulgadas y unos 2GB de memoria para que el usuario pueda almacenar archivos, funciona con un procesador Intel Atom, incluyendo una cámara fotográfica con una resolución de 5 megapíxeles y software OCR. El usuario puede fotografiar la página de un libro y el sistema es capaz de reconocer el texto para leerlo como si de un narrador se tratara. El sistema dispone de un puerto USB 2.0 además de llevar altavoces integrados para escuchar las lecturas con nitidez. (Espeso, 2010)



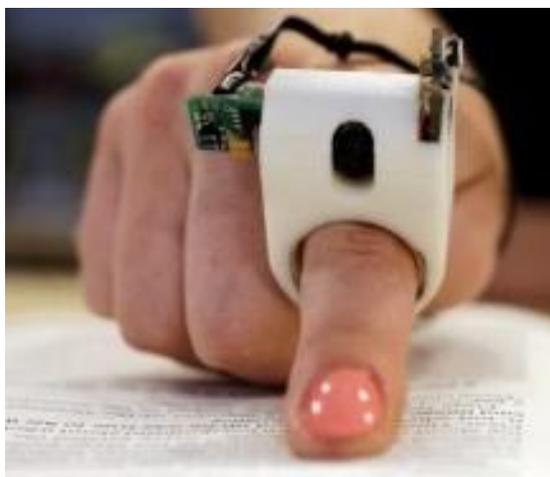
**Figura 10 Escáner de mano (Intel Reader)**

**Fuente:** (Avances Tecnológicos, 2013)

#### **2.3.4 Anillo (FingerReader)**

Este diseño combina una cámara que escanea el texto similar a la de un celular con un sistema de reconocimiento de caracteres OCR y un sintetizador de voz que va leyendo el texto en voz alta, esto permite a los ciegos leer cualquier documento escrito, en la plataforma que sea (libro, PC, e-books, etc).

Para leer basta pasar el dedo por el texto (ver figura 11). Un programa especial rastrea el movimiento del dedo, identifica palabras y procesa la información. El artefacto tiene motores vibrantes que alertan al lector cuando se aparta de la línea de texto. (Ini, 2013)



**Figura 11 Finger Reader**

**Fuente:** (Ordenadores Portátiles, 2010)

### 2.3.5 Cámara Scanner (Con Pedestal)

La cámara scanner (ver figura 12) está hecho de mdf para ofrecer un ajuste cómodo a cualquier tamaño de dispositivo que se le coloque. En la parte superior se colocaría el aparato, a los extremos se colocara un motor vibrante y un sensor que indicaría cuando se desvía de la hoja de lectura.

La identificación del texto se lo realiza mediante un sistema de reconocimiento óptico de caracteres OCR y Text-to-speech (texto-a-voz)TTS, el cual se encarga de tranformar el texto a audio. (Seth, 2013)



**Figura 12 Cámara Scanner**

**Fuente:** (Yankodesign, 2013)

### 2.3.6 Celular

Este dispositivo (ver figura 13) cuenta con una mini cámara integrada la cual dependiendo del modelo podemos saber la resolución que tiene y la tecnología para poder procesar un documento escaneado, los celulares que tienen estas opciones son muy costosos y no están al alcance de todas las personas, además si se utiliza un celular táctil las personas discapacitadas no podrán acceder a la aplicación a menos que se instale en el mismo un software lector de pantalla. (Zambrano, 2014)



**Figura 13 Celular de 4G**

**Fuente:** (Samsung, 2015)

## 2.4 Diseño del Hardware

Basándonos en las alternativas de diseño se puede decir que para el desarrollo del proyecto se utiliza una pequeña cámara similar a la de los celulares, para emitir la alerta que indicara que se está desviando de la línea de lectura se empleara un motor vibrante acoplado con un sensor el cual enviara la señal al motor para que este vibre.

Para el procesamiento de las imágenes obtenidas con la cámara se utilizara Reconocimiento óptico de caracteres OCR y un software que transforme el texto obtenido a audio.

### 2.4.1 Selección de la estructura mecánica

- **Análisis previo a la selección**

De acuerdo a las alternativas de diseño antes descritas, se puede decir que se requiere una estructura en la cual brinde confort al usuario que sea portátil es decir que sus dimensiones sean en el rango de los centímetros, que sea liviana y no tenga un costo

elevado, la estructura a seleccionar debe cumplir con los parámetros descritos en la subsección 2.2.4.

Esta estructura debe ser lo más cómoda posible y poderse ajustar a las necesidades de las personas que van a ser beneficiadas, su textura debe ser suave de modo que los no videntes puedan usarlo sin ninguna molestia.

- **Evaluación**

En la tabla 1 que se muestra a continuación se evaluarán los parámetros antes mencionados en una escala del 1 al 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Tabla 1

## Selección de la Estructura Mecánica

DISEÑO	TAMAÑO	CONFORT	PESO	ACCESIBILIDAD DE MATERIALES	COSTO	TOTAL
<b>Voice Stick</b> 	5	5	4	4	3	21
<b>Intel Reader</b> 	4	3	3	4	7	21
<b>FingerReader</b> 	5	3	4	4	3	24
<b>Cámara Scanner</b> 	5	5	5	4	5	29
<b>Celular</b> 	4	3	3	3	2	15

- **Selección de la estructura Mecánica**

De acuerdo a la tabla que se muestra anteriormente Cámara Scanner cumple con todos parámetros establecidos en la subsección 2.2.4., este diseño brinda confort ya que sus medidas lo hacen portátil y fácil de usar, además los materiales que se utilizan para su construcción los podemos encontrar fácilmente debido a que son comerciales, esta estructura cuenta con todos los espacios para colocar cada uno de los elementos que se va a utilizar de forma que funciones correctamente.

## **2.5 Diseño del hardware**

El diseño del hardware del proyecto hace referencia a la selección de los distintos dispositivos y elementos que formaran parte del mismo para lograr que funcione de acuerdo a los requerimientos que se plantean en la sección 2.2 de este capítulo.

### **2.5.1 Cámara**

- **Análisis previo a la selección**

La cámara se encargará de escanear las letras de los textos este dispositivo debe cumplir con los requerimientos que se encuentran descritos en la subsección 2.2.1 de este capítulo. Para la selección del dispositivo se va a tomar en cuenta los parámetros más relevantes como tipo de sensor, lente, ángulo de visión, resolución, pixeles y frecuencia de actualización, también hay que tomar en cuenta que la cámara debe funcionar en el mismo rango de voltaje que los demás elementos para que podamos tener una misma fuente de alimentación para el sistema.

- **Evaluación**

En la tabla 2 que se muestra a continuación se evaluarán los parámetros antes mencionados en una escala del 1 al 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Tabla 2

## Selección de la Cámara

TIPO DE CÁMARA	SENSOR	LENTE	ÁNGULO DE VISIÓN	RESOLUCIÓN	PIXELES	FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN	TOTAL
	5	4	5	4	5	2	25
	4	5	5	5	5	5	29
	5	2	5	5	5	2	24
	4	3	5	5	5	2	24
	3	5	3	2	5	4	22

- **Selección de la cámara**

La cámara que se ha seleccionado cumple con todos los requerimientos para el desarrollo del proyecto, además es la cual obtuvo el puntaje más alto en la comparación de características realizadas. Esta es una cámara Mini Camara Seguridad Color Espia Audio Videovigilancia Dvr fue elegida basándose en las características que se describen a continuación:

- **Características Técnicas** (Anónimo, 2009)

Lente: 3x zoom digital

Tipo: Cámara espía audio videovigilancia dvr

Dimensiones del Sensor: 22.2x14.8 mm

Resolución: 640x480 pixeles

Iluminación Mínima: 0.01 Lux @F1.2

Lente: 18 mm

Sistema de sincronización: Interna

Nivel de Ruido: Mayor a 48db

Sistema de Señal: NTSC/PAL

Resolución Video: VGA 30fps

Balance Blanco: Seguimiento automático de balance blanco

Máxima Resolución: 8MP

Salida de video: 1.0 Vp-p 75 ohmios, BNC

Alimentación: 12VDC

Temperatura de operación: -10°C a+10°C

Audio: Viene micrófono adicional

## 2.5.2 Motor Vibrante

- **Análisis previo a la selección**

El motor vibrante es el que encargará de indicar a la persona discapacitada que se está desviando de la línea, la vibración que emita dependerá de la señal que sea emitida por el sensor, además debe cumplir con los parámetros establecidos en la subsección 2.2.2.

Los parámetros que se va a tomar en cuenta para la selección de este dispositivo son tensión nominal es decir al voltaje que debe utilizar, la velocidad a la que puede emitir la vibración, el tamaño es de gran importancia ya que debe ser pequeño en el orden de los milímetros esto nos ayudara en el momento de la implementación del sistema, otro parámetro a tomar en cuenta es el tipo de conmutación que tiene el motor.

- **Evaluación**

En la tabla 3 que se muestra a continuación se evaluarán los parámetros antes mencionados en una escala del 1 al 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Tabla 3

## Selección del Motor Vibrante

TIPO DE MOTOR	TENSIÓN NOMINAL	VELOCIDAD	TAMAÑO	CONMUTACIÓN	TOTAL
	5	5	5	5	20
	5	5	4	5	19
	3	5	5	4	17
	4	5	4	3	16
	3	5	3	3	14
	5	4	3	5	17

- **Selección del motor vibrante**

El motor vibrante que se ha seleccionado cumple con todos los requerimientos para el desarrollo del proyecto, además es la cual obtuvo el puntaje más alto en la comparación de características realizadas.

- **Características Técnicas** (Aliexpress, 2015)

Nombre del producto: DC motor de la vibración

Tensión nominal: DC 3 V

Velocidad: 12000 rpm

Tamaño del cuerpo: 10x3mm/0.4 "x 0.1" (D \* T)

Color principal: Tono de plata

Material: Metal

Conmutación: Pínel

### 2.5.3 Sensor

- **Análisis previo a la selección**

El sensor será el encargado de emitir una señal al motor para que este pueda vibrar e indicar que se está desviando de la línea de lectura, el tipo de sensor que se va a seleccionar debe cumplir con los parámetros establecidos en la subsección 2.2.2., este sensor debe ser del tipo que se utilizar en los robots seguidores de línea es decir un emisor y un receptor.

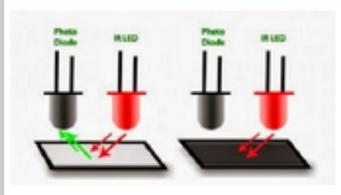
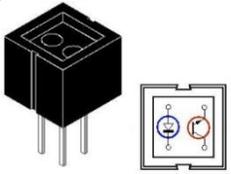
Para esta selección se tomara en cuenta principalmente su tamaño ya que todo tiene que ser de dimensiones muy pequeñas, a su vez la elección dependerá de las características técnicas de cada uno de los sensores.

- **Evaluación**

En la tabla 4 que se muestra a continuación se evaluarán los parámetros antes mencionados en una escala del 1 al 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Tabla 4

## Selección de Sensor

TIPO DE SENSOR	DIMENSIONES	VOLTAJE	DISTANCIA DE DETECCIÓN	LONGITUD DE ONDA	TOTAL
	2	5	3	3	13
	4	5	4	5	18
	5	5	5	4	19
	5	5	5	5	20

- **Selección del sensor**

De acuerdo a las características presentadas por cada uno de los sensores se ha podido seleccionar un Sensor Reflexivo Óptico CNY70, el mismo que cumple con todos los parámetros, además es el más utilizado para la realización de rastreadores de línea, lo que nos indica que este sensor desempeña muy bien su función.

- **Características Técnicas** (Lamber, 2015)

Distancia del sensor: 0,3 mm

Detector provisto de filtro óptico

Longitud de onda de trabajo: 950nm

Ic= 50mA

Voltaje: 5V

#### **2.5.4 Material para la construcción de la estructura**

- **Análisis previo a la selección**

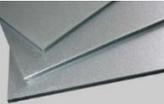
La estructura debe ser construida con un material que sea reciclable ya que de esta manera contribuiremos con la conservación de medio ambiente, para su selección se tomará en cuenta varios parámetros tales como su textura, resistencia, facilidad de corte, costo, temperatura que soporta, accesibilidad al material y principalmente su peso, ya que la estructura debe ser liviana para poder llevarla de un lugar a otro sin problemas

- **Evaluación**

En la tabla 5 que se muestra a continuación se evaluarán los parámetros antes mencionados en una escala del 1 al 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Tabla 5

## Selección del Material para impresión de Estructura Mecánica

MATERIAL	TEXTURA	TEMPERATURA PLATAFORMA	RESISTENCIA	RECICLABLE	TOTAL
<b>ACRILICO</b> 	4	3	3	5	15
<b>PLÁSTICO</b> 	4	4	3	5	16
<b>MDF</b> 	5	5	5	5	20
<b>ALUMINIO</b> 	3	3	5	5	16

- **Selección del material** (Santana, 2012)

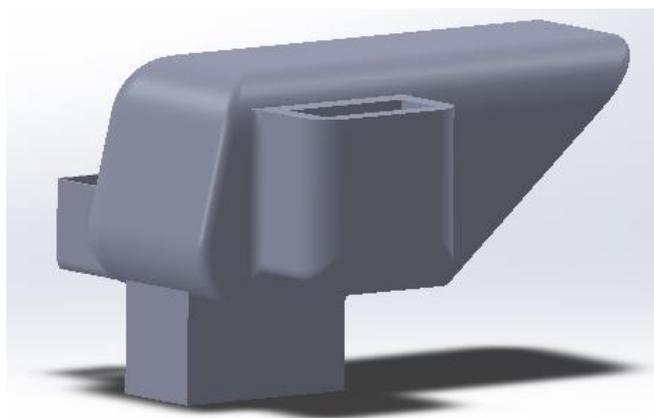
De acuerdo con las características que posee cada material, el MDF es el que cumple con todos los parámetros establecidos, razón por la cual se lo ha seleccionado como el material a utilizar, el cual cuenta con las siguientes ventajas:

- ✓ El hecho de estar fabricado a partir de fibras de muy reducido tamaño, prácticamente polvo, permite que pueda ser tallada o fresada de manera similar a la madera maciza.
- ✓ Una de las grandes ventajas del mdf frente a la madera maciza es su precio, mucho más competitivo.
- ✓ No es necesario utilizar herramientas diferentes a la que podemos utilizar para trabajar con madera maciza o contrachapada.

## 2.6 Diseño de la estructura

Para el diseño de la estructura se tomó en cuenta los parámetros descritos en el Capítulo II subsección 2.2.4., es decir se realizó el diseño en función a la comodidad y seguridad del usuario, considerando factores como: portabilidad, confort y bajo costo. La estructura debe ser adecuada para el uso y manipulación de las personas discapacitadas, brindándoles comodidad y seguridad para poderla usar a diario.

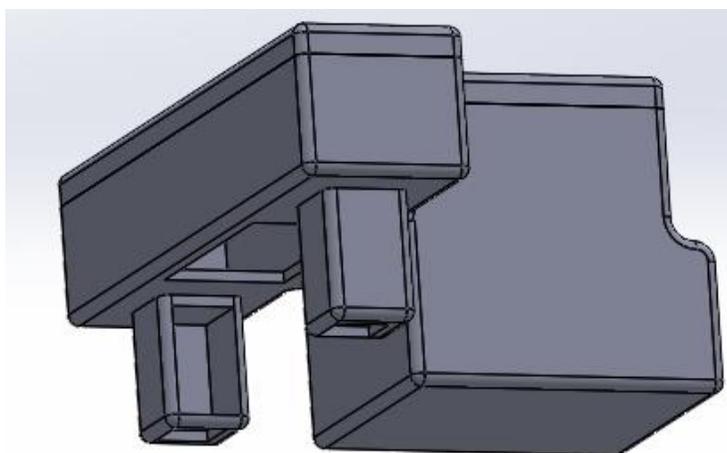
- **Diseño 1**



**Figura 14 Primer diseño del dispositivo**

El diseño que se muestra en la figura 14, fue la primera opción de estructura que se realizó, al ubicar los dispositivos electrónicos se presentaron varios inconvenientes, al colocar la cámara tan abajo no se puede captar bien la imagen y el software no realiza correctamente el reconocimiento solo se muestra errores, al ubicar el sensor en el lugar designado se observó que le afectaba la luz y su funcionamiento no era óptimo, por estas razones este diseño fue descartado ya que presenta fallas que hace imposible el funcionamiento del dispositivo.

- **Diseño 2**



**Figura 15 Segundo diseño del dispositivo**

Se presentó un segundo diseño el mismo que podemos observar en la figura 15, tomando en cuenta los problemas presentados anteriormente se optó por incrementar la distancia entre el texto y la cámara tratando de capturar más palabras y que el reconocimiento se vuelva óptimo, a su vez se implementó dos sensores para que nos indique cuando se está desviando el texto, en un lugar específico también se colocó la placa que controla el funcionamiento de los sensores y el motor vibrante.

Una vez concluido este diseño presentó problemas en el reconocimiento óptico de caracteres, al estar a una altura relativamente cercana al texto algunas letras se presentaban como error, ya que el dispositivo no tenía un lugar fijo en donde ubicarse los sensores vibraban incesantemente hasta que el lector este colocado correctamente. El proceso de

lectura era largo y tedioso, el dispositivo debía avanzar unas 4 veces por línea y en un texto que tenga aproximadamente unas 21 líneas se vuelve un proceso interminable, principalmente por esta razón este diseño fue descartado.

- **Diseño 3**

Tomando en cuenta todos los errores que se generaron en el primer y segundo diseño, se realiza un tercero en el cual se busca colocar todos los dispositivos en base a cálculos que se realizan para determinar el área específica que la cámara puede captar a una distancia ideal para su funcionamiento.

- **Cálculos de la resolución total de la imagen**

La resolución de una imagen nos indica la cantidad de información contenida en pixeles, la cámara que se seleccionó en el Capítulo II subsección 2.4.1, tiene 640 pixeles de alto por 480 pixeles de ancho, para obtener los pixeles que totales de la imagen se multiplica el alto por el ancho, tal como se indica en la Ec.3.1:

$$\text{Resolucion Total: } 640 * 480 = 307.200 \text{ pixeles} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Este resultado nos indica que la resolución es menor a 1MP, lo que significa que la imagen obtenida será iconos grandes y menos perfilados.

- **Cálculos del campo de visión basados en la dimensión del sensor**

Es la medida del área máxima que una cámara de CCTV es capaz de capturar, para calcular este campo de visión (FOV) nos basamos en la fórmula que se indica en la Ec.3.2.

$$FOV = 2 * \tan^{-1} \left( \frac{d}{2f} \right) \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

d: Dimensión del Sensor

f: Distancia focal del Lente

**Datos:**

Dimensiones del Sensor: 22.2x14.8 mm

Distancia focal del Lente: 18 mm

**Cálculo:**

$$FOV = 2 * \tan^{-1} \left( \frac{d}{2f} \right)$$

$$FOV = 2 * \tan^{-1} \left( \frac{22.2}{2 * 18} \right) = 44.6mm = 4.5 \text{ cm}$$

$$FOV = 2 * \tan^{-1} \left( \frac{14.8}{2 * 18} \right) = 63.3mm = 6.3 \text{ cm}$$

El campo de visión de la cámara es 4.5 cm de ancho x 6.3 cm de largo; con un lente de 18mm.

- **Cálculos del campo visual basados en la resolución ideal**

Con los resultados obtenidos anteriormente, podemos calcular el campo de visión basándose en la resolución ideal para una fotografía la cual la obtenemos en la figura 16, para esto empleamos la Ec.3.3.

Que el umbral del ojo humano es de 340 ppi.  
 Una cámara digital, de primera marca, saca fotos con una resolución de 300 ppi.  
 En una impresora láser la resolución máxima es de 150 ppi.  
 Una impresora offset trabaja a 150 ppi.  
 Una fotografía digital es muy buena a 240 ppi.  
 Una fotografía es óptima en 360 ppi.

**Figura 16 Resolución de pixeles por pulgada**

Fuente: (Pereira, 2013)

$$CV = \frac{\text{Resolución}}{\text{Resolución Ideal de la Fotografía}}$$

Ec. 3.3

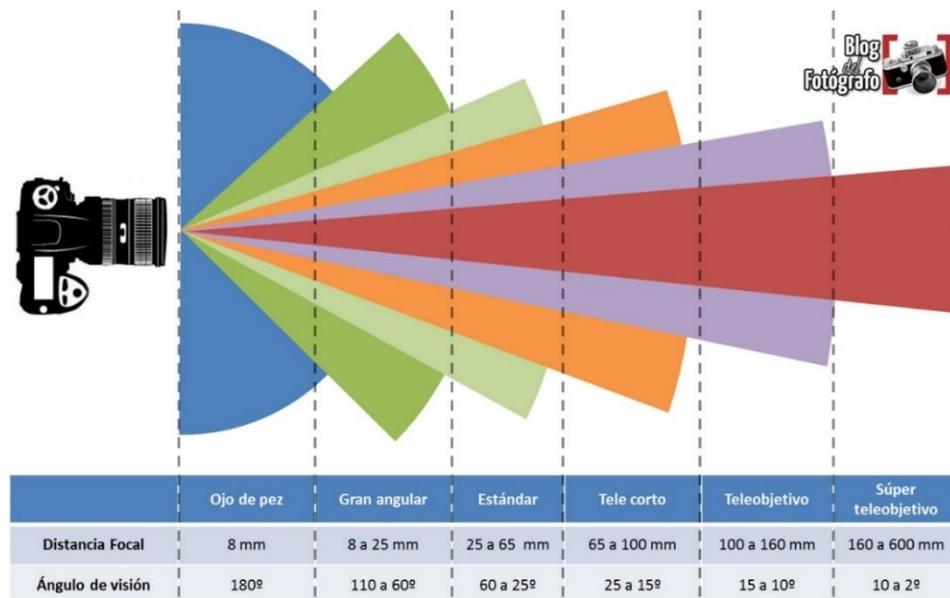
$$CV = \frac{640 \text{ pixeles}}{240 \text{ pixeles/pulg}} = 2.66 \text{ pulg} = 6.7 \text{ cm}$$

$$CV = \frac{480 \text{ pixeles}}{240 \text{ pixeles/pulg}} = 2 \text{ pulg} = 5.08 \text{ cm}$$

El campo de visión con relación a la resolución ideal para obtener una fotografía nos da como resultado 6.7 cm de largo x 5.08 cm de ancho, con una resolución ideal de 240 pixeles por pulgada.

- **Distancia focal fija**

La distancia focal nos indica la altura que debe existir entre el texto y la cámara la misma que debe ser fija para poder obtener una imagen constante, a su vez tendremos mejor calidad de la misma.



**Figura 17 Distancia focal**

Fuente: (Pérez, 2014)

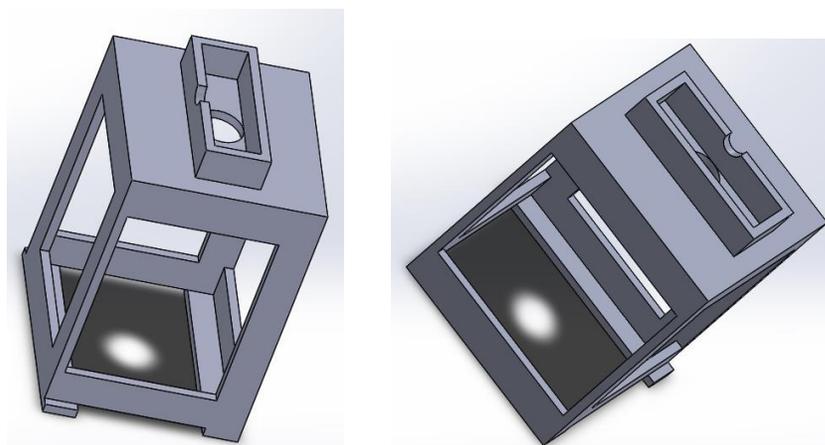
En la figura 17 puede observar las diferentes distancias focales a las que se le puede colocar a la cámara, ya que al variar la distancia focal se obtiene un menor o mayor acercamiento.

La distancia focal teleobjetivo (de 100 a 135 mm) siendo la recomendada 115 mm, es ideal para retratos, fotografías macros, espectáculos, sujeto más alejado o a gran plano; por esta razón se seleccionó una distancia focal de 115mm con un ángulo de visión de  $15^\circ$  a  $10^\circ$ . (Pérez, 2014)

- **Análisis de los cálculos**

De acuerdo a los requerimientos de la imagen para ser procesada por el software la cámara será colocada a una altura de 115 mm, ya que es la recomendada para fotografía documental y al ubicarla a esta distancia obtenemos una fotografía con un ángulo de visión entre  $15^\circ$  y  $10^\circ$ .

Al realizar una comparación entre los resultados obtenidos de los cálculos del campo de visión basado en la dimensión del sensor (6.3 cm de largo x 4.5 cm de ancho) y la resolución ideal (6.7 cm de largo x 5.08 cm de ancho), se puede decir que el campo de visión será a lo largo entre 6.3 y 6.7 cm mientras que de ancho puede ser entre 4.5 y 5.08 cm.



**Figura 18** Diseño final de la estructura mecánica

Este tercer diseño el cual se muestra en la figura 18, cumple con todos los requerimientos que se mencionan en el Capítulo II subsección 2.2.4. Para su construcción se utilizará como material el MDF, el cual mediante un análisis previo realizado en la subsección 2.4.4 se seleccionó como el más idóneo para su construcción debido a sus características técnicas tales como la maleabilidad y resistencia, además de su textura, durabilidad y funcionalidad, haciendo que sea fácil trabajar con este material en diferentes procesos de manufactura.

## **2.7 Diseño del software**

En esta sección se detallara la selección del software que se va a utilizar tanto para reconocimiento de cada una de las palabras el cual se lo realizara mediante Reconocimiento Óptico de Caracteres OCR y la proyección de texto en audio el mismo que se lo realizara mediante Text to speech TTS.

### **2.7.1 Reconocimiento Óptico de Caracteres**

- **Análisis previo a la selección**

El reconocimiento óptico de caracteres será el encargado de identificar cada una de las letras escaneadas con la cámara, lo ideal para el desarrollo del proyecto es que el software que se utilice sea libre, para evitar problemas con licencias, también debe ser compatible con Windows para no tener que instalar una máquina virtual. Tenemos varias opciones en cuestión a un software, pero se elegirá uno en función de las características de cada uno de ellos.

- **Evaluación**

En la tabla 6 que se muestra a continuación se evaluarán los parámetros antes mencionados en una escala del 1 al 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

**Tabla 6**

**Selección del Software**

<b>SOFTWARE</b>	<b>FORMATOS ADMITIDOS</b>	<b>FORMATOS A GUARDAR</b>	<b>TIPO DE PAGINAS</b>	<b>COMPATIBILIDAD CON WINDOWS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>OCR con Microsoft</b>					
<b>OneNote 2007</b>	3	4	3	5	15
<b>OCR usando</b>					
<b>Microsoft Office Document Imaging</b>	3	4	3	5	15
<b>SimpleOCR</b>	4	4	3	5	16
<b>TopOCR</b>	5	5	5	5	20
<b>FreeOCR</b>	4	3	3	5	15

- **Selección de Software** (Moyano, 2012)

El software más idóneo y que cumple con todos los parámetros necesarios para el reconocimiento correcto de las palabras es el TopOCR, es un software libre que está al alcance de todas las personas y no requiere de ninguna licencia, esto más las características que se detallaran a continuación, hacen que este sea la mejor elección para el desarrollo del proyecto.

- ✓ El software soporta los formatos JPEG, TIFF, GIF y BMP.
- ✓ Los ajustes de imagen como brillo, color, contraste, afilar, etc, se puede utilizar para mejorar la legibilidad de la imagen.
- ✓ La configuración de la cámara de filtro también se puede configurar para mejorar la imagen.

El archivo convertido se puede guardar en una variedad de formatos “PDF, RTF, HTML y TXT.

- ✓ Las funciones TopOCR están bien con el texto directamente orientado, pero la falta de costumbre de OCR con el texto de columnas permanece.
- ✓ El software, sin embargo, analiza una página mixta (texto más gráfico) y procesa bien el texto único.
- ✓ El software funciona con 11 idiomas.

### **2.7.2 Transformación del texto en Audio**

Para la selección del software que nos ayudara a proyectar el texto en audio se utilizará el mismo que se seleccionó anteriormente en la sección 2.5.1, ya que este puede proyectar el texto en voz, además cumple con los parámetros necesarios es libre, de fácil manejo y a su vez nos permite regular la velocidad a la que queremos que se emita el audio.

## **CAPÍTULO III**

### **CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

En este capítulo se realiza la construcción del dispositivo, el mismo que consta de un diseño mecánico, electrónico y de software, también se realizaran pruebas de su funcionamiento y a su vez se analizaran los resultados obtenidos, los componentes seleccionados en el Capítulo II se encuentran en combinación sinérgica lo cual permite que la construcción del lector audible sea factible.

#### **3.1 Construcción de la estructura mecánica**

##### **3.1.1 Construcción de la estructura**

Se seleccionó al MDF como el material ideal para la construcción de la estructura, ahora procederemos a escoger el proceso de manufactura mediante el cual se realizará la misma.

- **Análisis previo a la selección**

El proceso mediante el cual se va a cortar el MDF debe ser preciso y eficiente, ya que la estructura tiene que ser exacta al diseño realizado en SolidWorks, para no tener inconvenientes al momento del montaje de los dispositivos electrónicos. Para la selección se tomará en cuenta la factibilidad que se tenga de acceder a una máquina que nos brinde este servicio y que el costo de la manufactura de la estructura no se elevado.

- **Evaluación**

En la tabla 7 se evalúan los parámetros antes mencionados en una escala del 1 al 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Tabla 7

## Selección del proceso de manufactura

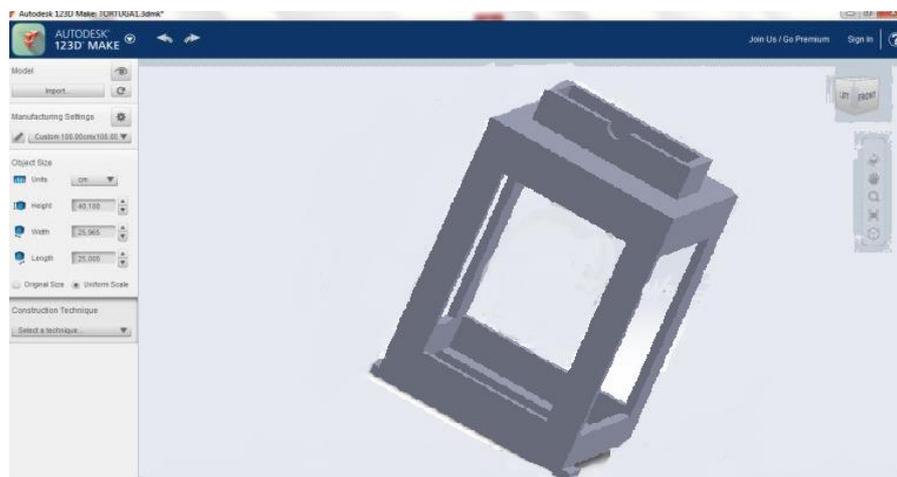
TIPO DE PROCESO	PRESICIÓN	EFICIENCIA	FACTIBILIDAD	COSTO	TOTAL
<b>Corte con Sierra</b> 	4	4	5	4	17
<b>Cortadora a láser</b> 	5	5	5	5	20
<b>CNC</b> 	5	5	5	4	19

- **Selección del proceso**

El proceso que se ha seleccionado cumple con todos los requerimientos para una correcta manufactura de la estructura, su costo es bajo y de fácil accesibilidad, gracias a las características que posee esta máquina la convierten en eficiente y precisa, y de esta manera cumple al 100% con los requerimientos antes mencionados.

- **Procedimiento de construcción**

- a. Una vez realizado el diseño mecánico del dispositivo en Solid Works con las medidas reales de cada uno de los materiales que se van utilizar, se procede a convertir el archivo a una extensión .dwg, el cual es compatible con el software de la cortadora a laser.
- b. Posteriormente pasamos los archivos con extensión .dwg, al software Corel Draw como se puede observar en la figura 19, que nos ayudará a conectarnos con la cortadora a laser para construir la estructura.



**Figura 19** Archivo generado para el corte a láser

- c. Colocamos la plancha de MDF así como se puede observar en la figura 20 en la máquina y mediante el software enviamos cada una de las piezas para que realice el corte, para optimizar tiempo enviamos todas las piezas de una sola y de esta forma tampoco se desperdicia material.



**Figura 20 Máquina cortadora a láser**

- d. Una vez realizado el proceso de corte a láser se obtiene las piezas tal como se muestra en el figura 21.



**Figura 21 Piezas obtenidas**

- e. Con las piezas que se obtuvieron, se realiza la construcción de la estructura, colocando cada pieza en su lugar cuidadosamente, ya que debe ser exacta, una vez terminado el resultado final se lo puede observar en la figura 22.

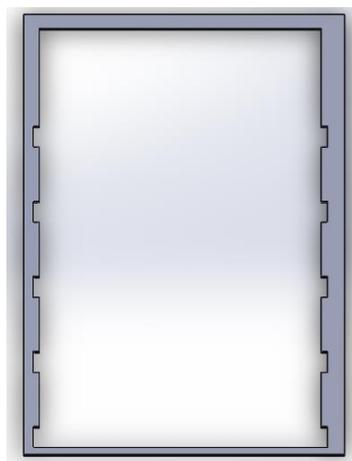


**Figura 22 Estructura terminada**

### **3.1.2 Construcción de la regleta**

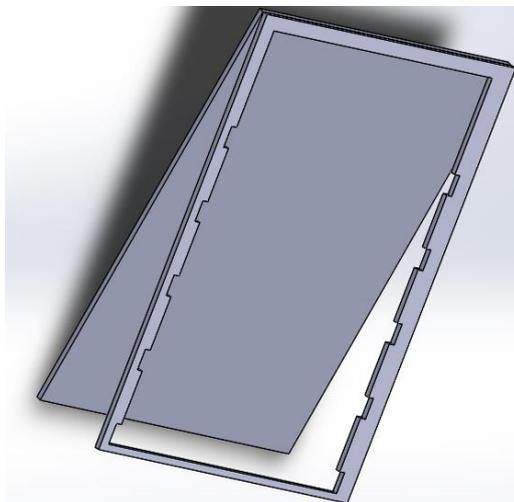
Esta regleta se ha construido para poder facilitar la lectura a las personas discapacitadas, este instrumento les ayudará a ubicar correctamente la línea para que no se desvíen y a la vez la misma pueda ayudar a que el enfoque de la cámara sea el correcto, con esto evitamos errores en la captura de la imagen y al momento de realizar el Reconocimiento Óptico de Caracteres.

En la figura 23 se puede observar el diseño en SolidWorks, tomado en cuenta las medidas de una hoja tamaño A4.



**Figura 23 Diseño de la Regleta**

Al diseñar solo la regleta surgieron inconvenientes, ya que no tenía un soporte que la mantenga fija, razón por la cual se tuvo que complementar el diseño tal como se puede apreciar en la figura 24., con lo cual se logró la fijeza de la hoja y la regleta.



**Figura 24** Diseño de regleta con soporte

Para la construcción de la regleta se seleccionó como material al MDF, debido a la resistencia y textura que posee el mismo, a su vez para realizar los cortes con precisión se utilizó una cortadora a láser, una vez terminado el proceso de manufactura obtuvimos un soporte solido tal como se muestra en la figura 25.



**Figura 25** Construcción de la regleta

## 3.2 Implementación de los componentes electrónicos.

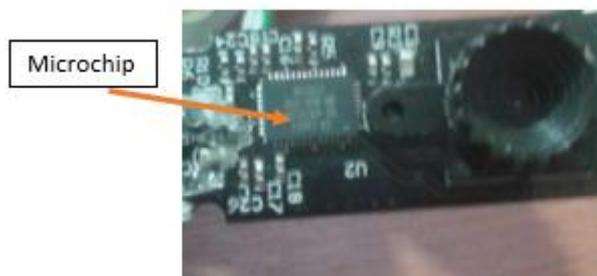
### 3.2.1 Implementación de la Cámara



**Figura 26 Cámara Seleccionada**

La cámara de la figura 26 es la que se seleccionó en el Capítulo II subsección 2.4.1, es un dispositivo de video que crea archivos en tiempo real, por lo que no genera archivos estativos como para ser escaneado, por esa razón se debe crear un dispositivo que haga esa función.

Se ha desarrollado en base al circuito de la cámara el mismo que envía señales de video en formato mp4, a señales recortadas de video, por medio de un cambio en el micro chip de video y el temporizador esto se muestra en las figuras 27 y 28 respectivamente.



**Figura 27 Microchip de la Cámara**



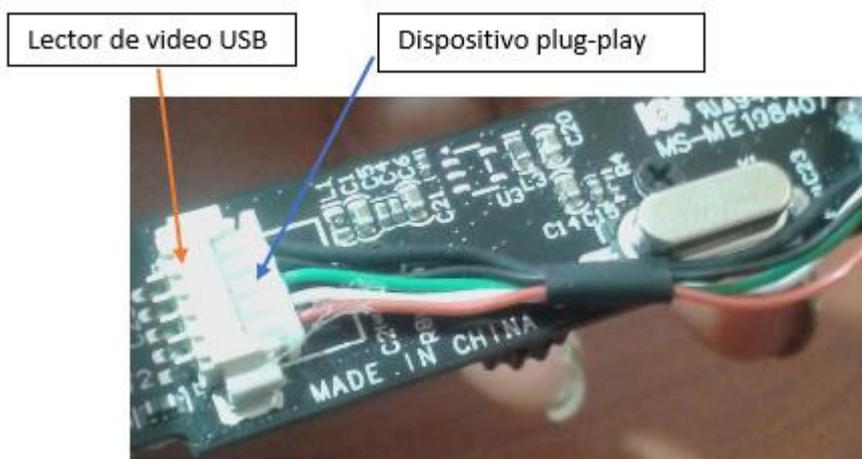
**Figura 28 Temporizador de la Cámara Seleccionada**

La micro cámara almacena la información en formato de video, por lo cual se debe realizar un cambio en el reconocimiento al conectarla al PC, este cambio se lo hace empelando un dispositivo plug-play figura 29, a fin de que la imagen no se guarde como video sino como fotografías pero al tiempo real.



**Figura 29 Dispositivo plug-play obtenido de una webcam**

Aprovechando el reconocimiento del lector de video USB de la cámara se ha modificado para que sea de percepción continua, de forma similar a una webcam tal como se muestra en la figura 30, donde ya se encuentra implementado el dispositivo plug-play con la placa de la cámara.

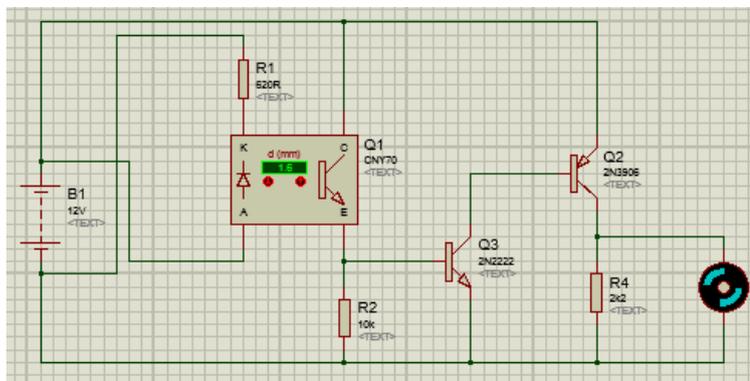


**Figura 30 Implementación de la cámara y el dispositivo plug-play**

### 3.2.2 Implementación de la alerta vibrante

El dispositivo vibrador servirá para localizar la línea sobre la que se está trabajando, en caso de haberse desviado este vibrará. En la figura 31 se muestra un diseño previo

a la implementación del circuito, para ello se utiliza el software ISIS 8 en el cual se realiza la simulación.



**Figura 31 Simulación del circuito en ISIS 8**

Para el diseño del seguidor de negros, se usa el dispositivo que fue seleccionado en el Capítulo II sección 2.4.3, un Sensor Reflexivo Óptico CNY70 el cual se muestra en la figura 32, como detector de negro, este infrarrojo permite detectar las letras de color negro en el texto y en caso de existir un blanco demasiado extenso vibra, con eso el usuario sabe que está desviándose de la línea de texto.



**Figura 32 Sensor CNY70**

La figura 33 muestra el diseño previo que se ha creado para comprobar el correcto funcionamiento del sensor, el cual consta de una mini placa con una batería y un led que simulara al motor vibrante el mismo que deberá encenderse cuando se detecte blancos continuos.



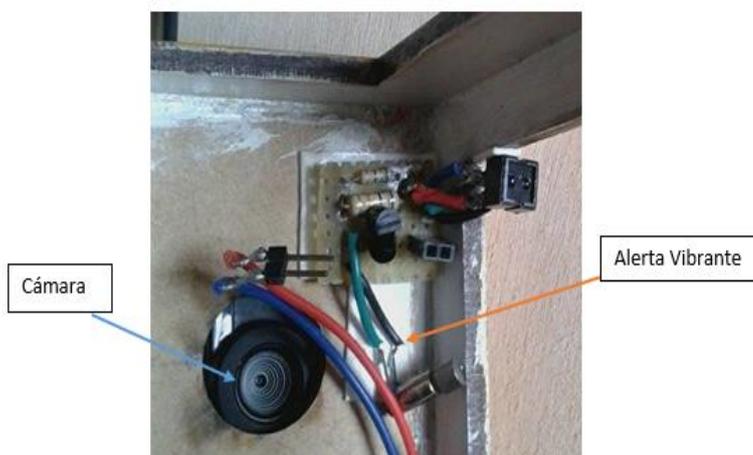
**Figura 33 Circuito de prueba del sensor CNY70**

Una vez verificado el funcionamiento se procede a incorporar el motor vibrante, y a conectar la alerta vibrante a la cámara. La figura 34 nos muestra el circuito totalmente implementado y listo para utilizar.



**Figura 34 Implementación del sensor y el motor vibrante.**

En la figura 35 se puede observar el montaje de el circuito antes implemenetado en al estructura donde ya se encuentra colocada la camara.

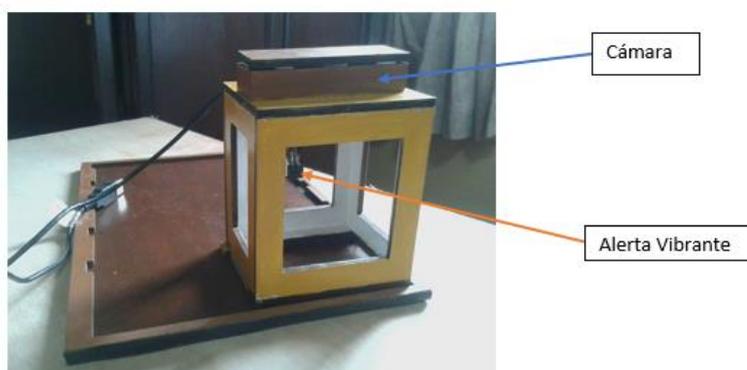


**Figura 35 Implementación de alerta vibrante y cámara.**

### 3.2.3 Montaje del lector audible

El software que se va a utilizar es el TopOCR, el mismo que fue seleccionado en el Capítulo II subsección 2.5.1, este programa es gratuito y cumple con todos los requerimientos, permite obtener a la micro cámara varias capturas del texto para poder realizar un reconocimiento óptimo.

Una vez terminada la estructura mecánica se procede a implementar los dispositivos electrónicos en los lugares designados para cada uno tal como se muestra en la figura 36, donde podemos observar la implementación concluida.



**Figura 36 Montaje de los dispositivos en la Estructura Mecánica**

Se ha manipulado la forma de la activación de la micro cámara para que esta se comporte como una webcam y el software la reconozca como tal, permitiendo la facilidad de trabajo y a tiempo real. En la figura 37 se muestra la implantación de la parte electrónica y el software, indicando un correcto funcionamiento.



**Figura 37 Implementación de la parte electrónica y el software**

### 3.3 Implementación del software

#### 3.3.1 Implementación del software TopOCR

El programa que se utilizará es el TopOCR el cual fue seleccionado en el Capítulo II sección 2.5.1, el mismo que tiene una plataforma gratuita, para facilitar su uso se realiza la programación de la teclas abreviando así el proceso.

- **Programación de Teclas**

Para facilitar a las personas discapacitadas el uso del software, se ha programado algunas teclas como se puede visualizar en la tabla 8, para que gracias a determinados comandos se pueda abrir y utilizar el programa.

**Tabla 8**

**Teclas de comandos TopOCR**

COMANDOS	FUNCIÓN
<b>Ctrl+Alt+L</b>	Abrir el programa TOPOCR
<b>Alt+F</b>	Abre File
<b>Alt+P</b>	Abre Page
<b>Alt+O</b>	Abre Other
<b>NVDA+N</b>	Menú de NVDA
<b>FIN+A</b>	Abre Acquire
<b>ALT+C</b>	Captura Imagen
<b>ALT+O</b>	Obtener Imagen
<b>BARRA ESPACIADORA</b>	ENTER

#### 3.3.2 Implementación del lector de pantalla NVDA

Con el afán de hacer más didáctico este proyecto se utiliza un lector de pantalla de software libre llamado NVDA, el cual es de gran utilidad para poder utilizar el programa TOPOCR, este nos permite crear atajos para optimizar su funcionamiento, en la tabla 9 se muestra los comandos programados.

**Tabla 9****Teclas de comandos NVDA**

COMANDOS	FUNCIÓN
<b>BloqMayus</b>	Tecla NVDA
<b>Ctrl+Alt+N</b>	Abrir el programa NVDA
<b>NVDA+q</b>	Cerrar el programa NVDA
<b>NVDA+N</b>	Menú de NVDA

Una vez concluido el trabajo final, se puede observar el resultado en la figura 38, para posteriormente proceder a realizar las pruebas necesarias para verificar su correcto funcionamiento.

**Figura 38 Resultado final**

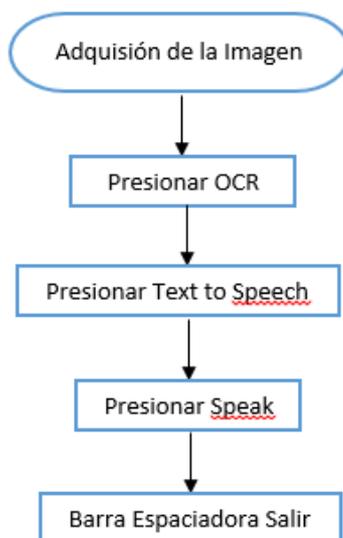


Figura 39 Diagrama del proceso a seguir

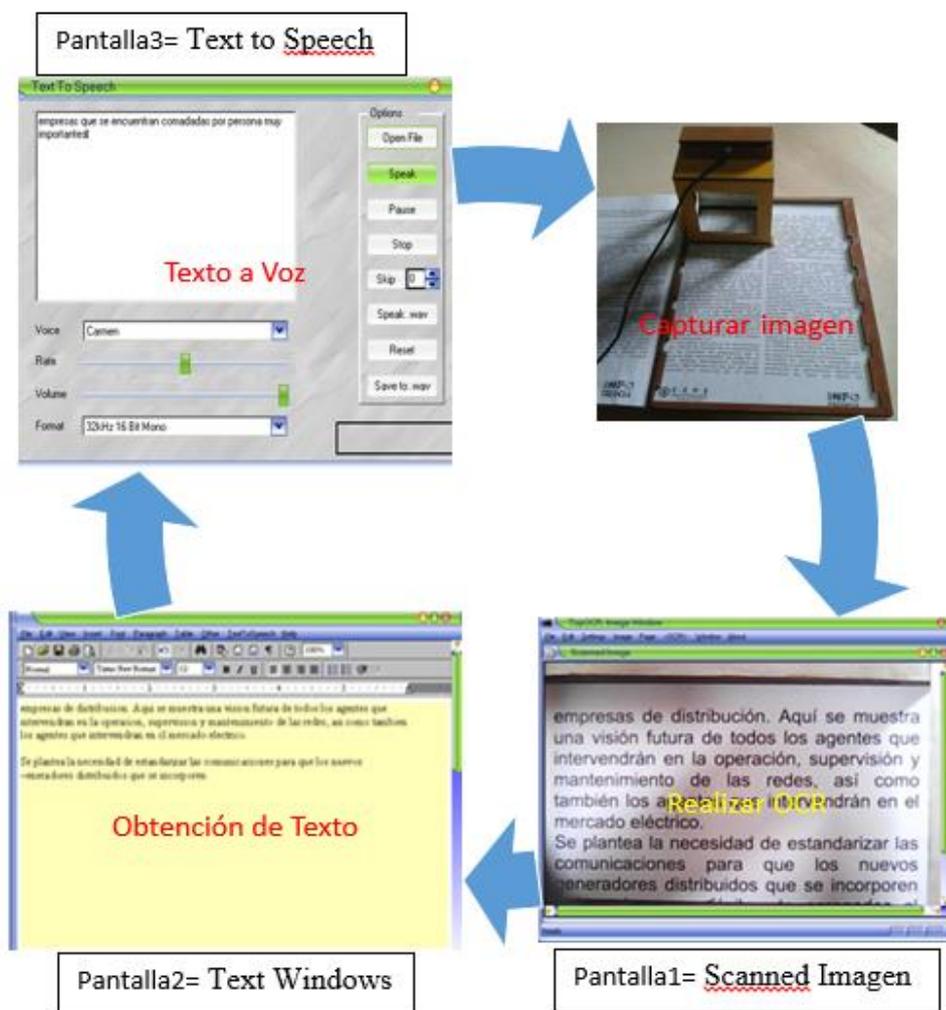


Figura 40 Proceso de respuesta del dispositivo

En las figuras 39 y 40 se puede observar el procedimiento que se sigue para obtener el texto en audio en un tiempo real, en las figuras antes mencionadas respectivamente se muestra un diagrama de flujo del proceso a seguir, es decir la manera en la que se debe operar correctamente el dispositivo y la forma en la que el software realiza el proceso y obtiene los resultados, esto se lo ilustra con imágenes captadas directamente del programa mostrando como ejecuta cada pantalla y llega a su objetivo.

### 3.4 Pruebas del tiempo de respuesta del lector audible

#### 3.4.1 Pruebas

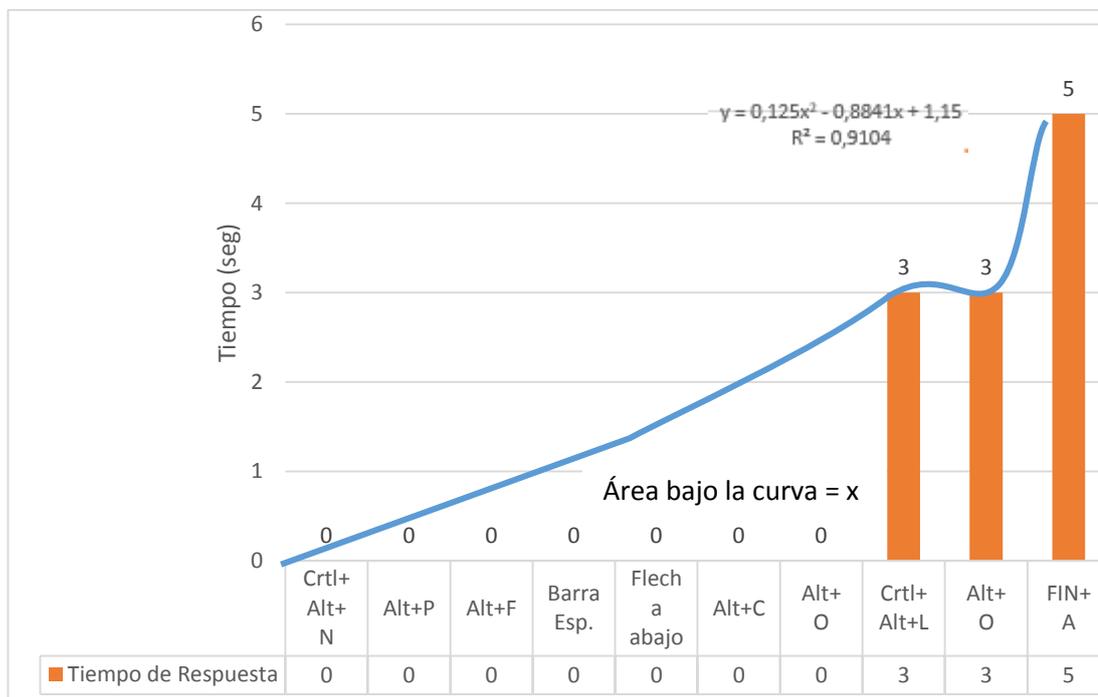
Las pruebas de respuesta están basadas en el tiempo en el cual el programa responde a los comandos que se muestran en las tablas 8 y 9, enviados desde el teclado al software, se realizara un total de 5 pruebas de las cuales obtenemos los resultados mostrados en la tabla 10.

**Tabla 10**

#### Tiempos de Respuesta

COMANDO	PANTALLA 1	COMANDO	PANTALLA 2
<b>Ctrl+Alt+N</b>	Inmediata	<b>Alt+O</b>	3 segundos
<b>Ctrl+Alt+L</b>	3 segundos		
<b>Alt+F</b>	Inmediata		
<b>Alt+P</b>	Inmediata		
<b>FIN+A</b>	5 segundos	COMANDO	PANTALLA 3
<b>ALT+C</b>	Inmediata	<b>Flecha Abajo</b>	Inmediata
<b>ALT+O</b>	Inmediata	<b>Barra Espaciadora</b>	Inmediata

En la figura 41 se muestran datos estadísticos de las pruebas realizadas con el dispositivo audible, para su posterior análisis.



**Figura 41 Datos estadísticos del tiempo de respuesta**

- **Área bajo la curva**

Con la ecuación obtenida en la figura 41, se procede a calcular los valores de  $x$  empleado la Ec.3.4 los cuales serán los límites de la función, estos valores nos ayudaran a definir el área bajo la curva.

$$y = 0,125x^2 - 0,8841x + 1,15$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$x_1 = 4,363 \text{ seg}$$

$$x_2 = 2,71 \text{ seg}$$

Los valores obtenidos anteriormente son los límites de la integral que se muestra en la Ec.3.5, y procedemos a calcular el área bajo la curva.

$$A = \int_{x_1}^{x_2} (fx)dx \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$A = \int_{4,363}^{2,71} (0,125x^2 - 0,8841x + 1,15)dx$$

$$A = 0,631 \text{ seg}$$

- **Análisis de Resultados**

Analizando los resultados obtenidos en un total de 5 pruebas realizadas, como se puede apreciar en la Figura 41, los tiempos de respuesta varían según el comando ejecutado, tenemos tiempos de respuesta inmediatos que son los ideales, pero a su vez hay comandos que se demoran en ejecutarse como por ejemplo Ctrl+Alt+L que abre el programa TopOCR, FIN+A su función es reconocer la conexión entre la cámara y el software abriendo la pantalla para la captura de la imagen, Alt+O que captura la imagen, con esto podemos decir que el tiempo de demora se debe a que la función solicitada tiene que realizar un proceso de reconocimiento previo antes de ejecutar el comando, razón por la cual requiere de un determinado tiempo.

Con los datos recopilados se obtiene una función polinómica, realizando la integración de esta ecuación se determina el tiempo en el cual se ejecuta todo el proceso, es decir 0,631 segundos aproximadamente 1min 3 segundos, “el valor de  $R^2$  es el que nos indica si la ecuación se acerca mucho o poco a la curva obtenida, cuanto más próximo a 1, mejor.” Con el valor de  $R^2 = 0,9104$  se puede decir que la ecuación se acerca mucho a la curva obtenida, por lo cual los valores obtenidos son reales. (Grec, 2012)

Con estos resultados se concluye que el dispositivo funciona de una forma rápida, ya que la mayoría de los comando responden de forma inmediata, optimizando en lo posible el tiempo.

### 3.5 Pruebas del lector audible con diferentes textos

Se va a realizar un total de 2 pruebas con distintos texto los mismos que se encuentran en diferentes tipos de letra, para estas pruebas se tomaran en cuenta parámetros tales como la calidad de la imagen obtenida (Excelente, Buena y Pésima) y los errores OCR (Reconocimiento óptico de caracteres) los cuales se generan al pasar de imagen a texto, (Varios, Pocos y Nulos).

#### 3.5.1 Pruebas

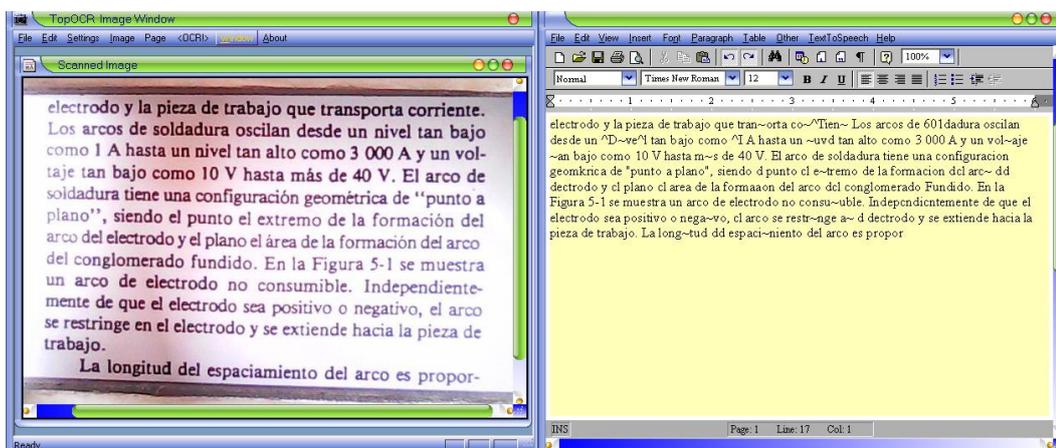
- **Pruebas con textos que se encuentran en letra número 11**

En la tabla 11 se muestran las pruebas realizadas del dispositivo con un texto que se encuentra en letra número 11, lo que nos indica que la calidad de la imagen es buena pero presenta pocos errores en el reconocimiento.

**Tabla 11**

#### Pruebas con texto en letra 11

PRUEBA	CALIDAD IMAGEN	ERRORES OCR
1	Buena	Pocos
2	Buena	Pocos



**Figura 42 Texto con Letra Número 11**

Uno de los números de letras más comunes en libros es este, con texto en letra número 11 podemos reconocer 13 líneas siempre y cuando estas se encuentren dentro del área idónea para que la cámara pueda captar una imagen sin errores, como podemos observar en la figura 42 al momento del trasladar la imagen a texto tiene ciertos errores ya que la letra es muy pequeña.

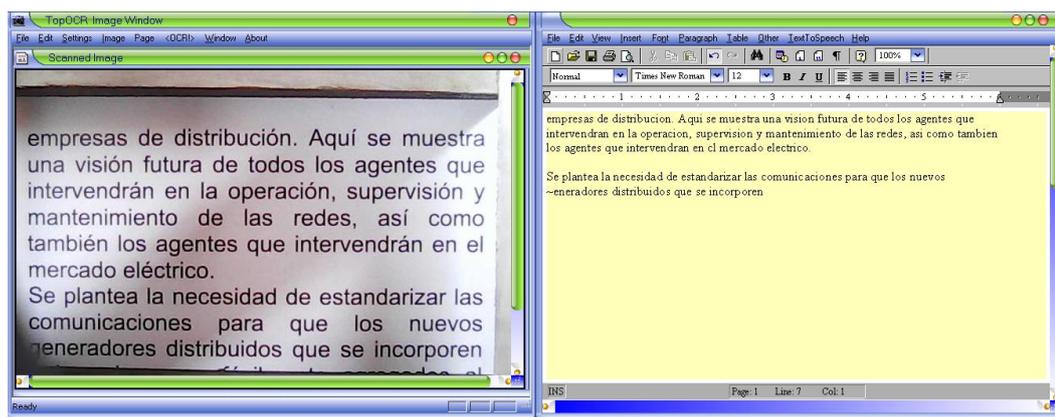
- **Pruebas con textos que se encuentran en letra número 12**

En la tabla 12 se muestra las pruebas realizadas del dispositivo con un texto que se encuentra en letra número 12, lo que indica que la calidad de la imagen es excelente y no presenta errores en el reconocimiento.

**Tabla 12**

**Pruebas con texto en letra 12**

PRUEBA	CALIDAD IMAGEN	ERRORES OCR
1	Excelente	Nulos
2	Excelente	Nulos



**Figura 43 Texto con Letra Número 12**

Este tipo de textos lo encontramos en la mayoría de libros, revistas y folletos, con texto en letra número 12 podemos reconocer 9 líneas, siendo cada de una de ellas reconocidas claramente lo que ayuda al correcto funcionamiento del dispositivo, como podemos observar en la figura 43 la imagen obtenida es clara y el reconocimiento del texto no tiene errores.

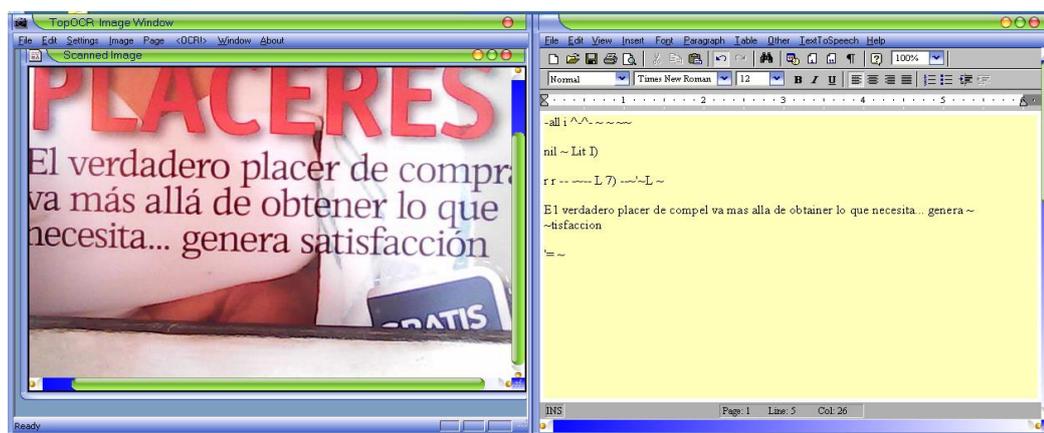
- **Pruebas con textos que se encuentran en letra número 14 y 16**

En la tabla 13 se muestra las pruebas realizadas del dispositivo con un texto que se encuentra en letra número 14 y 16, lo que muestra que la calidad de la imagen es excelente pero presenta varios errores en el reconocimiento según el número de letra en el que se encuentre el texto.

**Tabla 13**

**Pruebas con texto en letra 14 y 16**

PRUEBA	CALIDAD IMAGEN	ERRORES OCR	
		Letra 14	Letra 16
1	Excelente	Pocos	Varios
2	Excelente	Nulos	Varios



**Figura 44 Texto con Letra Número 14 y 16**

Con letra en número 14 se reconoce 3 líneas, siendo esta la más utilizada en los títulos o en avisos importantes, siempre y cuando el mismo sea encolumnado se obtiene una imagen, como podemos observar en la figura 44 hay un desfase en el contexto y se reconoce como error, razón por la cual el texto debe estar dentro de los parámetros requerido, mientras que lee letras que se encuentra en número 16, al momento de realizar el reconocimiento óptico de caracteres genera solo error, es decir no se lo reconoce.

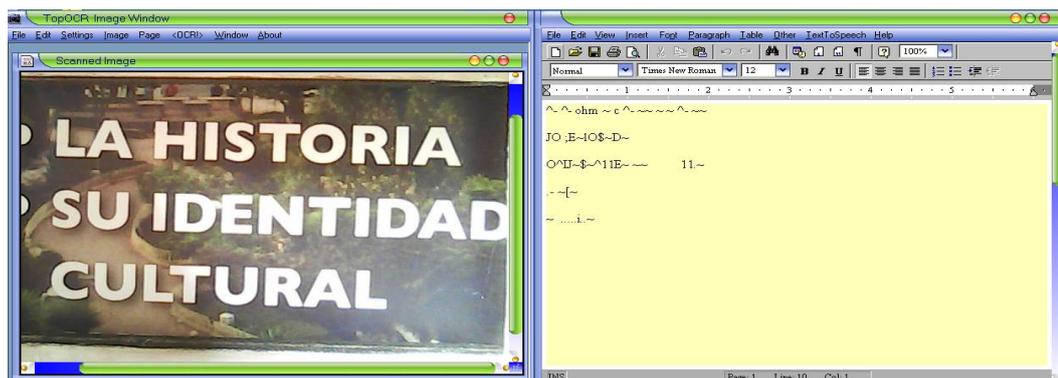
- **Pruebas con textos en letra número 16**

En la tabla 14 se muestra las pruebas realizadas del dispositivo con un texto en letra número 16, lo que muestra que la calidad de la imagen es buena pero presenta varios errores que hacen imposible el reconocimiento.

**Tabla 14**

**Pruebas con texto en letra 16**

PRUEBA	CALIDAD IMAGEN	ERRORES OCR
1	Buena	Varios
2	Buena	Varios



**Figura 45 Texto con Letra Número 16**

Cuando el texto es muy grande las líneas identificadas son pocas en este caso 3 y el desfase que captura la cámara el software lo reconoce como error, en la figura 45 se muestra de forma clara el error que surge ya que las letras son demasiado grandes, por

esto se puede decir que este número de letra no es recomendado, basándose en los parámetros impuestos.

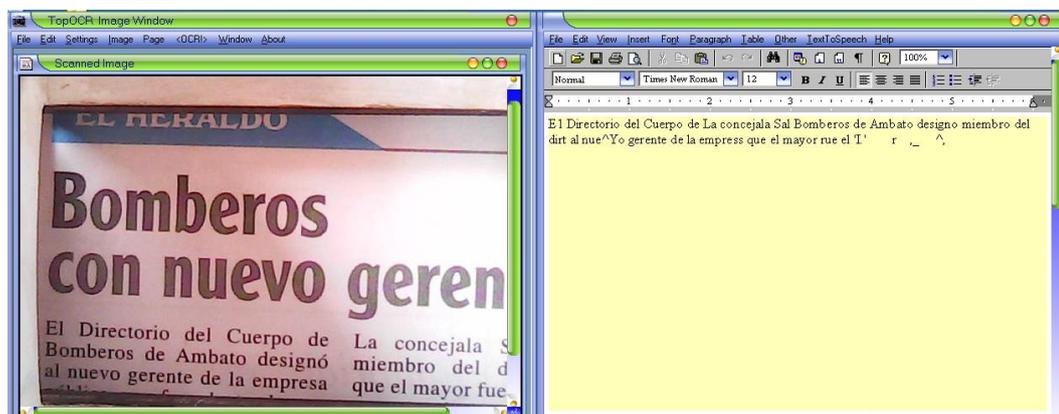
- **Pruebas con texto combinado letra número 12 y 16**

En la tabla 15 se muestra las pruebas realizadas del dispositivo con un texto que se encuentra en letra número 12 y 16, lo que muestra que la calidad de la imagen es excelente pero presenta errores en el reconocimiento según el número de letra en el que se encuentre el texto.

**Tabla 15**

**Pruebas con texto en letra 12 y 16**

PRUEBA	CALIDAD IMAGEN	ERRORES OCR	
		Letra 12	Letra 16
1	Excelente	Nulos	Varios
2	Excelente	Nulos	Varios



**Figura 46 Texto con Letra Número 12 y 16**

Con texto combinado surgen algunos problemas como lo podemos observar en la figura 46, las letras que se encuentran en número 16 no son reconocidas al momento de realizar el Reconocimiento Óptico de Caracteres, mientras que las letras número 12

son reconocidas sin ningún inconveniente, cabe recalcar que el texto debe estar dentro de las medidas establecidas para que no genere errores.

### 3.5.2 Análisis de Resultados

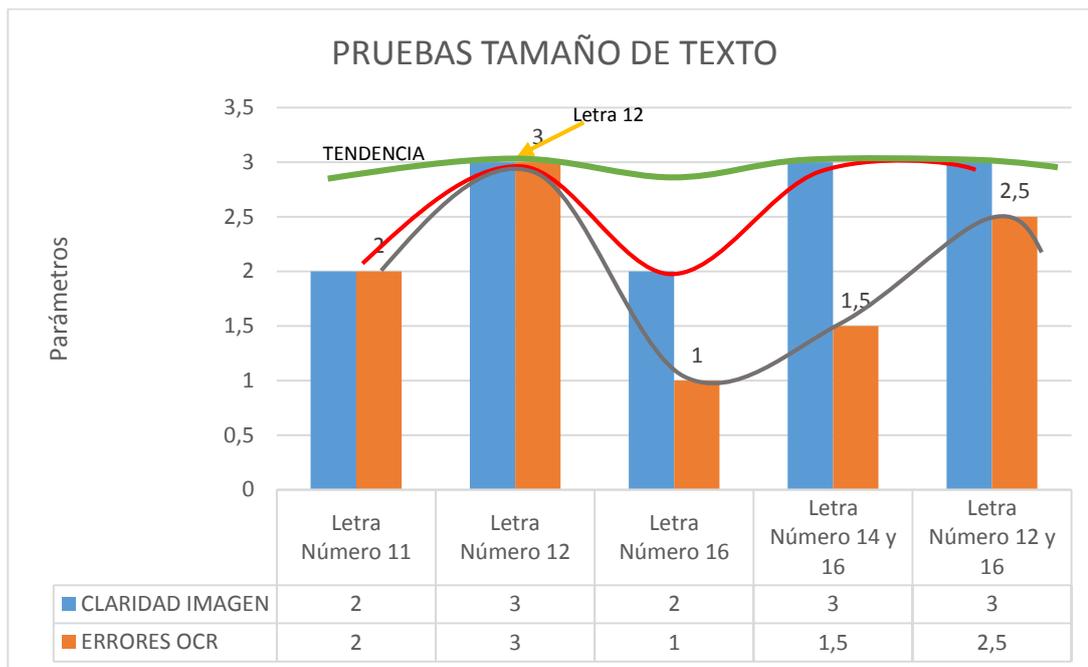
Basándonos en los resultados obtenidos en cada prueba realizada se puede elaborar la tabla 16, gracias a la cual se realizará el análisis, determinando así el tipo de letra más idóneo. A cada parámetro bajo el cual se evaluó se le dará una ponderación como se indica a continuación:

**Tabla 16**

#### Resultados Obtenidos del Total de Pruebas

TAMAÑO DEL TEXTO	CLARIDAD IMAGEN	ERRORES OCR
Letra Número 11	Buena=2	Pocos=2
Letra Número 12	Excelente=3	Nulos =3
Letra Número 14 y 16	Excelente=3	Pocos-Varios=1,5
Letra Número 16	Buena=2	Varios=1
Letra Número 12 y 16	Excelente=3	Nulos-Varios=2,5

En la figura 47 se muestran datos estadísticos de las pruebas realizadas al dispositivo audible, con esto se puede graficar la función que genera cada parámetro bajo el cual se evaluó el proyecto (calidad de la imagen y errores OCR), para su posterior análisis también se grafica la tendencia, para verificar cual es el tamaño de letra ideal.



**Figura 47 Datos estadísticos de pruebas con diferentes textos**

En función a la figura 47 se puede analizar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con diferentes tamaño de texto, basándonos en estos datos estadísticos se dice que el número de letra más idóneo para el correcto funcionamiento del dispositivo es la letra número 12, con los datos obtenidos en las pruebas realizadas indicamos que se reconoce un número máximo de nueve líneas sin presentar desfase alguno, mostrando una imagen clara lo cual ayuda a la correcta identificación de las letras, haciendo que el proceso de reconocimiento óptico de caracteres no presenta errores.

### 3.6 Pruebas del lector audible con diferente iluminación

Para la realización de estas pruebas se debe determinar los niveles de iluminación recomendados según el lugar donde se encuentre.

Hay unos niveles de iluminación recomendados para cada habitación, estancia o espacio que guarda relación con las actividades que desarrollamos. Estos parámetros se denominan “nivel luminoso” y su unidad de medida es el “lux”. (Airfal, 2104)

Para realizar esta medición de emplea un luxómetro Mastech MS8209 (ver figura 48), el cual tiene las siguientes características. (Sales, 2015)

- Voltaje de CC : 0 / 400 mV / 4V / 40V / 400V / 600V + - 0,7 %
- AC Voltaje: 0 V / 4V / 40V / 400V / 60V + - 1,0% ( RMS )
- Resistencia : 400 / 4K / 40K / 400K / 4M / 40M + -1.2 %
- Capacitancia : 4nF / 40nF / 400nF / 4uF / 40uF / 200uF
- Temperatura : -20 C - 1000 C + - 1,0% ( dos rangos )
- Nivel de sonido : 55 - 100 dB ( 0,1 dB / 3,5 % )
- Luminancia : Lux ( 4000 ) - 10X Lux ( 40.000 ) 5,0%
- Frecuencia : 9.999Hz / 99.99Hz / 999.9Hz / 9.999KHz / 99.99KHz / 99.9KHz - 200KHz + - 0,5 %
- Función de transformación : DC / AC seleccionable
- Energía: 1 - batería de 9 voltios ( incluida)



**Figura 48 Mastech MS8209**

**Fuente:** (Sales, 2015)

Indicamos a continuación una serie de parámetros orientativos a tener en cuenta a la hora de realizar un proyecto de iluminación. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes. (Carrillo, 2015)

**Tabla 17****Niveles recomendados de iluminación por zonas**

ÁREA	MÍNIMO (LUX)	ÓPTIMO (LUX)	MÁXIMO (LUX)
Aulas y laboratorios	300	400	500
Bibliotecas y salas de estudio	300	500	750
Dormitorios	100	150	200

Fuente: (Carrillo, 2015)

Se va a realizar un total de 3 pruebas basadas en los valores que se indican en la tabla 17, para estas pruebas se tomaran en cuenta parámetros tales como la calidad de la imagen obtenida (Excelente, Buena y Pésima), los errores en el reconocimiento (Varios, Pocos y Nulos), también se realizan mediciones de la iluminación con la ayuda de un luxómetro, el cual nos dará el valor exacto con el que se trabaja en LUX.

### 3.6.1 Pruebas de Iluminación

- **Prueba 1**

En la tabla 18 se muestra las pruebas realizadas con el dispositivo en lugares con baja iluminación como por ejemplo los dormitorios, tomando como parámetros la calidad de la imagen, los errores en el reconocimiento, también se realiza una medición de los lux con los que está trabajando el lector audible.

Tabla 18

## Pruebas 1

PRUEBA	CALIDAD IMAGEN	ERRORES OCR	LUX ESPERADOS	LUX OBTENIDOS
1	Buena	Pocos	150	118
2	Buena	Pocos	200	197

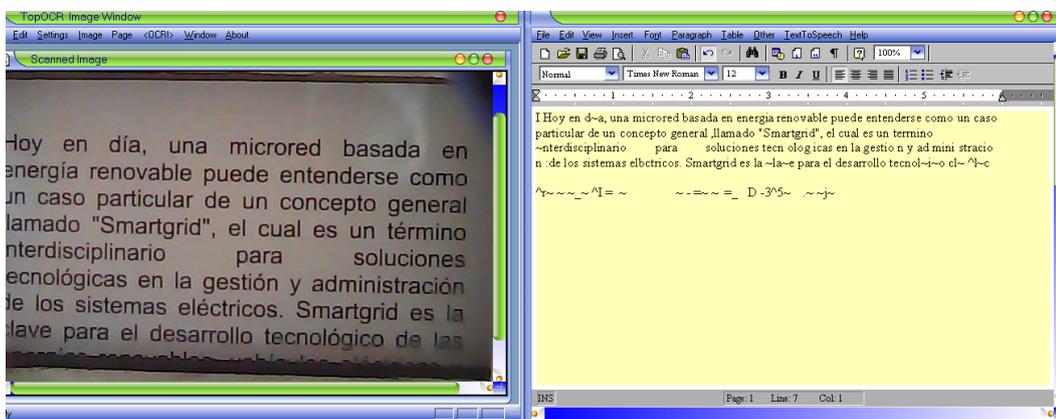


Figura 49 Resultados obtenidos prueba 1

Cuando el dispositivo se encuentra con una baja iluminación como en un dormitorio las últimas líneas se las reconoce como error así como lo muestra la figura 49, para evitar estos errores se debe utilizar el dispositivo en lugares más iluminados.

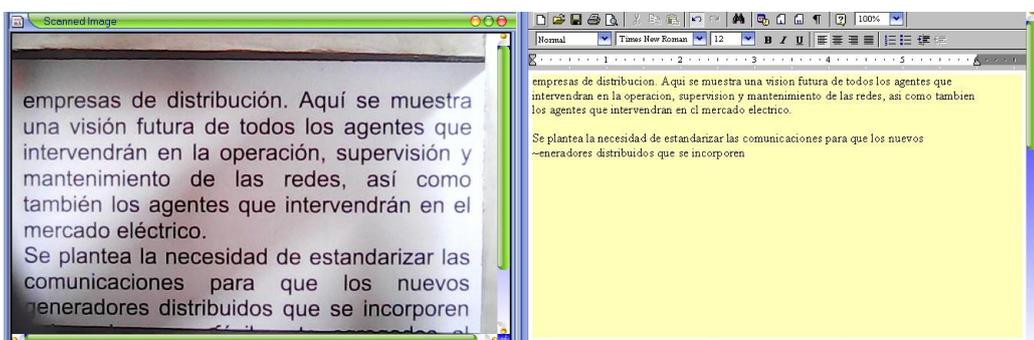
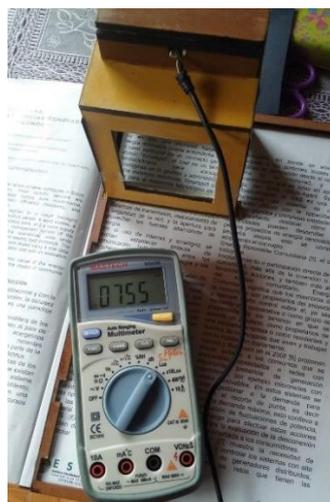
- **Prueba 2**

En la tabla 19 se muestra las pruebas realizadas con el lector audible en bibliotecas y salas de estudio, tomando como parámetros como la calidad de la imagen, los errores que presenta en el reconocimiento, a su vez también se realiza una medición de los lux con los que está trabajando el dispositivo.

**Tabla 19**

**Prueba 2**

PRUEBA	CALIDAD IMAGEN	ERRORES OCR	LUX ESPERADOS	LUX OBTENIDOS
1	Excelente	Nula	500	540
2	Excelente	Nula	750	755



**Figura 50 Resultados obtenidos prueba 2**

En la figura 50 podemos observar que la iluminación ideal es la que no posee demasiada ni poca luz, la misma que la encontramos en bibliotecas y salas de estudio, al ser estos lugares recomendados específicamente para la lectura poseen una iluminación idónea, la cual ayuda a que la cámara no sea afectada y realice el proceso de reconocimiento óptico de caracteres correctamente.

- **Prueba 3**

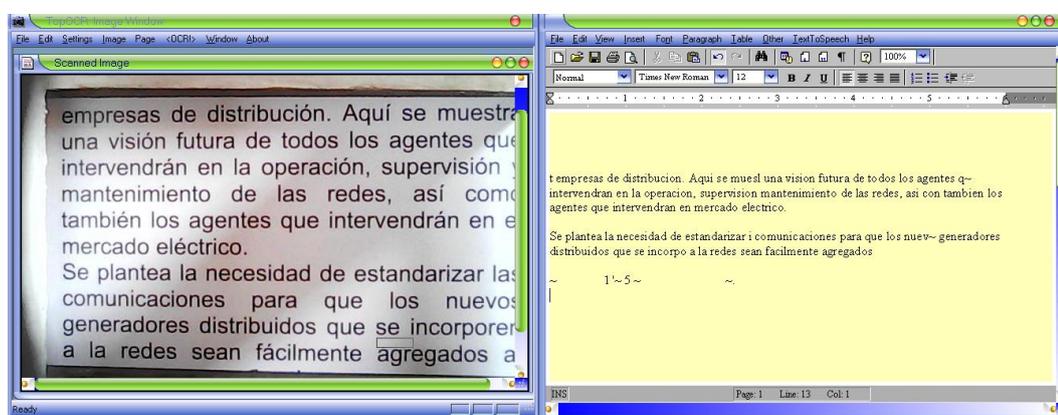
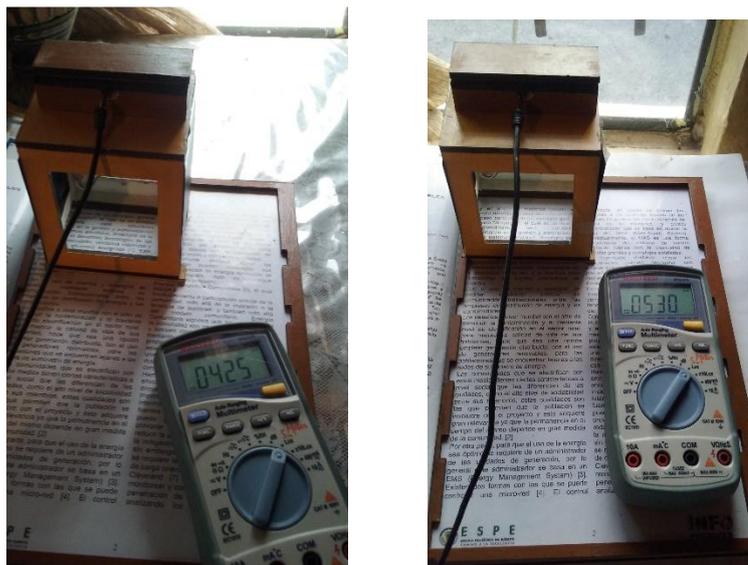
En la tabla 20 se muestran las pruebas realizadas con el dispositivo en aulas y laboratorios, tomando como parámetros la calidad de la imagen, los errores en el reconocimiento, también se realiza una medición de los lux con los que está trabajando el lector audible.

**Tabla 20**

**Pruebas Media Iluminación**

PRUEBA	CALIDAD IMAGEN	ERRORES OCR	LUX ESPERADOS	LUX OBTENIDOS
1	Buena	Varios	400	425
2	Buena	Pocos	500	530

Si el lector audible es utilizado en un lugar como aulas o laboratorios algunas de las letras no se reconoce como se ilustra en la figura 51, es decir las letras “e” las reconoce como “c”, esto ocurre especialmente en los laboratorios ya que son lugares cerrados, además presenta problemas al inicio y final del párrafo, las líneas que se encuentran en esta ubicación las reconoce como error generando solo símbolos, por esta razón no se recomienda utilizar el dispositivo en un lugar donde exista demasiada iluminación, ya que el programa no realiza un buen trabajo y a su vez esta iluminación afectaría al sensor por lo que estaría solo emitiendo vibraciones.



**Figura 51 Resultados obtenidos prueba 3**

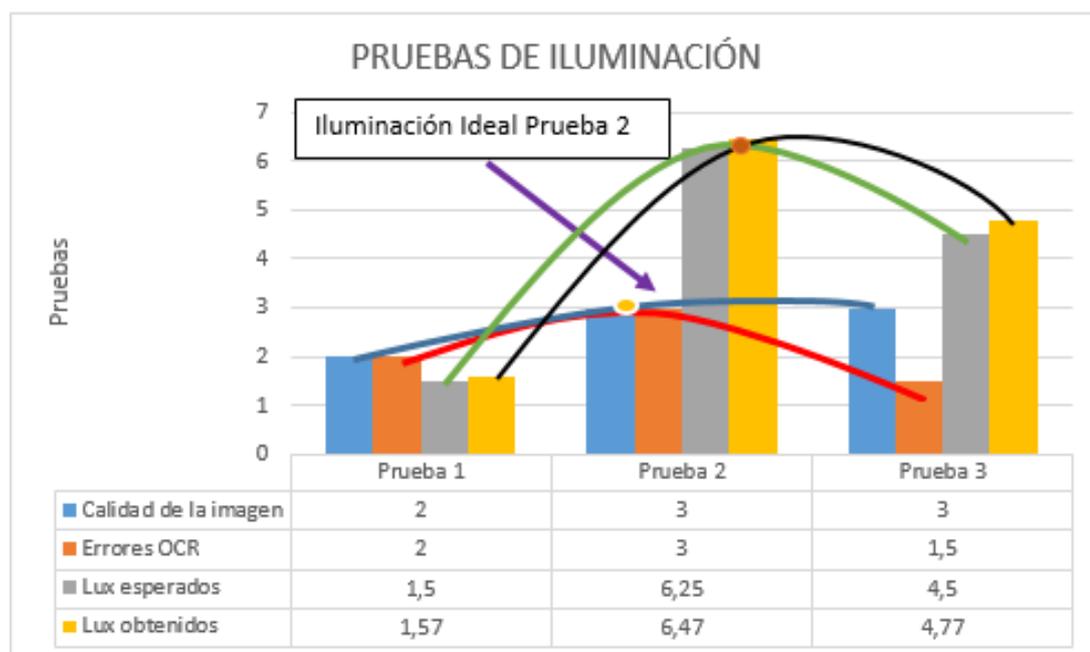
### 3.6.2 Análisis de Resultados

Basándonos en los resultados obtenidos en cada prueba realizada se puede elaborar la tabla 21, gracias a la cual se podrá realizar un análisis estadístico y determinar la iluminación adecuada con la que debe trabajar el dispositivo.

**Tabla 21****Resultados Obtenidos del Total de Pruebas de Iluminación**

PRUEBAS	CLARIDAD IMAGEN	ERRORES OCR	LUX ESPERADOS	LUX OBTENIDOS
Prueba 1	Buena	Pocos	100-200	118-197
Prueba 2	Excelente	Nulos	500-750	540-755
Prueba 3	Buena	Pocos-Varios	400-500	425-530

En la figura 51 se muestran datos estadísticos de las pruebas realizadas con el dispositivo audible, para su posterior análisis.

**Figura 52 Datos estadísticos de las pruebas de iluminación**

Con los datos obtenidos en la figura 52 se analiza los resultados de las pruebas realizadas. Se puede deducir que la iluminación ideal se obtiene en la prueba 2 la cual indica que el lugar idóneo para la lectura son las bibliotecas y salas de estudio, los valores de lux idóneos para un correcto reconocimiento varían entre 500-750, con esta iluminación el reconocimiento óptico de caracteres no presentar errores y la calidad de

la imagen es excelente, recomendando que no se lo utilice en lugares con mínima iluminación ya que presentan pocos errores principalmente al final de las líneas y cuando se expone el dispositivo a máxima iluminación los errores son varios.

### 3.7 Pruebas de funcionalidad

Se va a realizar un total de 2 pruebas con 3 personas no videntes, para estas pruebas se tomaran en cuenta parámetros tales como la facilidad de manejo del dispositivo, tiempo en el que se realiza el proceso y calidad de recepción del audio.

#### 3.7.1 Pruebas

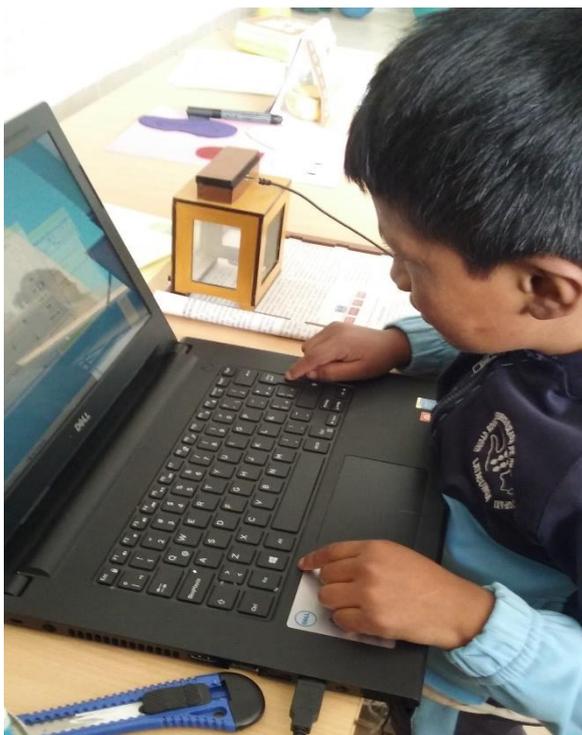
- **Prueba 1**

En la tabla 22 se muestra la primera prueba realizada con un estudiante de la Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi (ver figura 53), la cual será evaluada bajo los parámetros antes mencionados donde 4 es el valor ideal, 3 aceptable, 2 presenta errores y 1 inaceptable.

**Tabla 22**

#### Pruebas Primera Persona

PRUEBA	FACILIDAD	TIEMPO	CALIDAD
1	3	3	3
2	3	3	4
RESULTADOS	3	3	3,5



**Figura 53 Prueba con el primer alumno**

- **Prueba 2**

En la tabla 23 se muestra las pruebas realizadas con el segundo estudiante de la Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi (ver figura 54), la cual será evaluada bajo los parámetros antes mencionados donde 4 es el valor ideal, 3 aceptable, 2 presenta errores y 1 inaceptable.

**Tabla 23**

**Pruebas Segunda Persona**

PRUEBA	FACILIDAD	TIEMPO	CALIDAD
1	2	2	3
2	3	3	4
<b>RESULTADOS</b>	2,5	2,5	3,5



**Figura 54 Prueba con el segundo alumno**

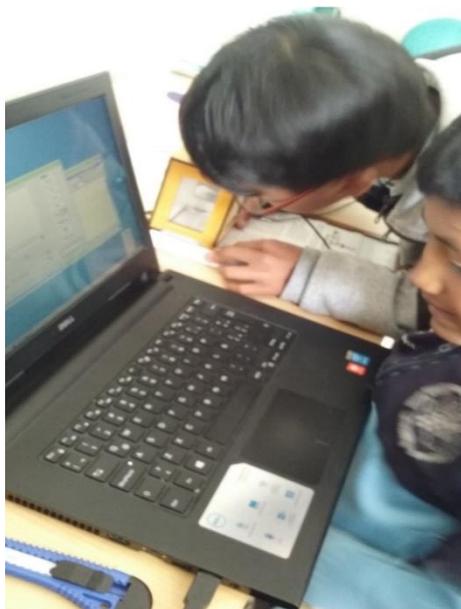
- **Prueba 3**

En la tabla 24 se muestra las pruebas realizadas con el tercer estudiante de la Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi (ver figura 55), la cual será evaluada bajo los parámetros antes mencionados donde 4 es el valor ideal, 3 aceptable, 2 presenta errores y 1 inaceptable.

**Tabla 24**

**Pruebas Tercera Persona**

PRUEBA	FACILIDAD	TIEMPO	CALIDAD
1	3	3	4
2	3	3	4
<b>RESULTADOS</b>	3	3	4



**Figura 55 Prueba con el tercera alumno**

### 3.7.2 Análisis de Resultados

Basándonos en los resultados obtenidos en cada prueba se puede elaborar la tabla 25, gracias a la cual se podrá realizar un análisis y determinar si el dispositivo funciona correctamente.

**Tabla 25**

#### Resultados Obtenidos del Total de Pruebas

PRUEBA	FACILIDAD	TIEMPO	CALIDAD
Persona 1	3	3	3,5
Persona 2	2,5	2,5	3,5
Persona 3	3	3	4
Valores %	70,8	70,8	91,62
<b>FUNCIONALIDAD = 77.8%</b>			

Analizando los resultados que se visualizan en la tabla 25, los cuales reflejan que los alumnos de la Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi interactuaron muy bien con el proyecto, en las primeras pruebas como era de esperarse tuvieron errores hasta familiarizarse con los comandos y el tiempo de espera de ejecución de cada uno de ellos, ya en la segunda prueba los alumnos realizaron con mayor eficiencia el proceso optimizando el tiempo, el primer y segundo alumno presenta una facilidad de manejo del programa, tiempo de ejecución y calidad de recepción del audio del 70,8 % , lo que nos indica que con mayor práctica se llegará a un excelente manejo, ya que su mayor inconveniente es el memorizarse los comandos para el funcionamiento del programa, el tercer estudiante mostró una facilidad de manejo del dispositivo, tiempo de ejecución y calidad de audio del 91,62%, con este valor podemos decir que el alumno asimilo de mejor manera los comandos a ejecutarse, siendo más fácil el manejo del software.

Por tanto se concluye que el dispositivo tiene una funcionabilidad del 77,8% y varía de acuerdo a practicidad de los estudiantes, logrando así manejar a la perfección el dispositivo, evitando con esto los errores que se presentaron en cada prueba realizada.

### **3.8 Limitaciones del lector audible**

Como se puede apreciar en las pruebas realizadas el dispositivo debe encontrarse en correcta posición para obtener una imagen muy clara del texto.

Solo puede leer texto que se encuentre encolumnado, ya que el dispositivo está diseñado para leer este tipo de texto, además el párrafo debe tener aproximadamente de largo entre 6.3 y 6.7 cm mientras que de ancho puede ser entre 4.5 y 5.08 cm.

Si el dispositivo no se encuentra colocado en la regleta este no funcionara correctamente, ya que la misma contiene la medida exacta para una leer una hoja tamaño A4 y un número de 9 líneas que se encuentren el letra número 12 ya que este es el tamaño adecuada para obtener los mejores resultados.

La iluminación para un correcto funcionamiento del dispositivo es de 500 a 750 Lux, siendo los lugares más ideales las bibliotecas y salas de estudio, ya que el reconocimiento no presenta errores al encontrarse funcionando con esta iluminación.

Lee texto que se encuentre en un solo número de letra o las combinaciones ente letra número 11-12 y 12-14, si utilizamos el dispositivo con otras combinaciones como por ejemplo 14-16 las palabras que se encuentran con letra número 14 son reconocidas mientras que las demás nos genera error.

El dispositivo debe funcionar conjuntamente con el software lector de pantalla, ya que este le indica en audio lo que ellos no pueden visualizar y a su vez les ayuda a ejecutar los comando desde el teclado, este programa NVDA es de plataforma libre.

### 3.9 Validación de la hipótesis

La hipótesis que se ha planteado para este proyecto es:

¿Mediante el diseño y construcción de un lector audible podrán las personas con discapacidad visual leer textos planos sin necesidad de que no se encuentren en lenguaje braille?

Con la construcción del lector audible las personas discapacitadas pueden leer textos planos sin que estos se encuentren en lenguaje braille, para comprobar esto se realiza pruebas de lectura con distintas personas no videntes.

Para obtener la información requerida se valora a los estudiantes de la Unidad Especializada de No Videntes de Cotopaxi, institución que tiene un alto nivel de enseñanza. Mediante un texto encolumnado se realizaran las pruebas necesarias, para calcular el número de muestras necesarias se emplea la siguiente la Ec.3.6:

$$\eta = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * \sigma^2}{i^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * \sigma^2} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

$\eta = \text{Número de Muestras}$

$Z_{\alpha} = \text{Distribución de Gauss (1.96 en relación al 95\% de confianza)}$

$N = \text{Población} = 3$

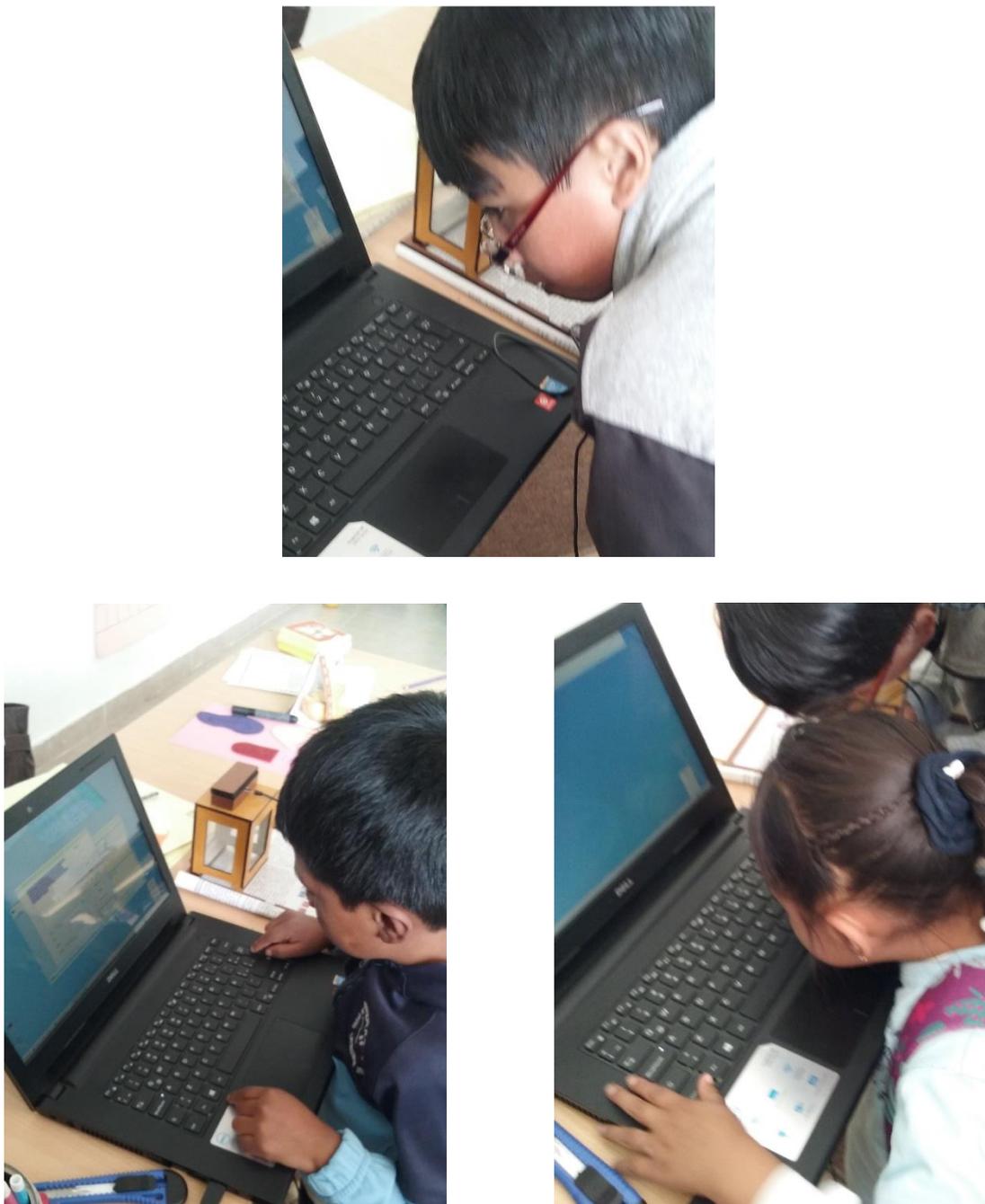
$\sigma = \text{Desviación Estandar} = 0.5 \text{ Constante}$

$i = \text{Límite aceptable de error muestral} = 0.3$

$$\eta = \frac{1.96_{0.05}^2 * 3 * 0.5^2}{0.3^2 * (3 - 1) + 1.96_{0.05}^2 * 0.5^2}$$

$$\eta = 2.5 = 3$$

Se tomara un total de tres muestras, es decir se realizaran las pruebas con tres personas como se muestra en la figura 56.



**Figura 56 Pruebas de Lectura**

Para validar el correcto funcionamiento del dispositivo, se debe determinar mediante métodos estadísticos si cumple o no la hipótesis planteada, para esto se emplea el método de Chi Cuadrado con el cual sirve para someter a prueba hipótesis referidas a distribuciones de frecuencias. (Guillen, 2011)

Primeramente se procede a plantear la hipótesis nula (H0) e hipótesis alternativa (H1):

**H0=** Con la construcción del lector audible las personas discapacitadas no pueden leer textos planos sin que estos se encuentren en lenguaje braille.

**H1=** Con la construcción del lector audible las personas discapacitadas pueden leer textos planos sin que estos se encuentren en lenguaje braille

Con la identificación de la hipótesis nula e hipótesis alternativa, se analiza los resultados de las pruebas de lectura obtenidas, para esto se realiza la tabla 26.

**Tabla 26**

**Datos Respondidos por los No Videntes (Datos Observados)**

PREGUNTA	SI	MAS O MENOS	NO	TOTAL
¿Se le facilita la lectura con este dispositivo?	2	1	0	3
¿Usted escucha con claridad la voz proyectada?	3	0	0	3
¿Este es un dispositivo fácil de utilizarlo?	1	2	0	3
¿Cree usted que la lectura realizada por el dispositivo es correcta?	2	1	0	3
¿El proceso de lectura le parece largo?	1	1	1	3
TOTAL	9	5	1	15

Con los datos obtenidos (ver tabla 26) se procede a calcular los valores esperados, para esto se emplea la siguiente fórmula Ec.3.7:

$$e_{ij} = \frac{O_i * O_j}{O} \quad \text{Ec. 3. 7}$$

Donde:

$e_{ij}$  = Valor Esperado

$O_i$  = Valor Observado Fila

$O_i$  = Valor Observada Columna

Una vez realizados los cálculos en la tabla 27 se muestran los datos obtenidos del valor esperado.

**Tabla 27**

**Valores Esperados**

PREGUNTA	SI	MAS O MENOS	NO	TOTAL
¿Se le facilita la lectura con este dispositivo?	1,8	1	0,2	3
¿Usted escucha con claridad la voz proyectada?	1,8	1	0,2	3
¿Este es un dispositivo fácil de utilizarlo?	1,8	1	0,2	3
¿Cree usted que la lectura realizada por el dispositivo es correcta?	1,8	1	0,2	3
¿El proceso de lectura le parece largo?	1,8	1	0,2	3
TOTAL	9	5	1	15

Con los valores obtenidos en los cálculos se procede a determinar el valor de Chi Cuadrado, para esto utilizamos los valores observados y los valores esperados  $e_{ij}$ , los cuales se emplean en la siguiente fórmula mostrada en la Ec.3.8:

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - e_{ij})^2}{e_{ij}} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Donde:

$X^2 =$  Chi Cuadrado

$e_{ij} =$  Valores Esperados

$O_i =$  Valores Observados

Ahora calculamos el Chi Cuadrado y presentamos los resultados en la tabla 28.

**Tabla 28**

**Pruebas de Chi Cuadrado**

PREGUNTA	SI	MAS O MENOS	NO
¿Se le facilita la lectura con este dispositivo?	0,22	2,66	0,2
¿Usted escucha con claridad la voz proyectada?	0,8	0,67	0,2
¿Este es un dispositivo fácil de utilizarlo?	0,56	4,82	0,2
¿Cree usted que la lectura realizada por el dispositivo es correcta?	0,22	2,66	0,2
¿El proceso de lectura le parece largo?	0,56	2,66	3,2
TOTAL	2,36	13,47	4

$X^2$  Calculado = 19,83

Calculado el valor de Chi Cuadrado  $X^2$ , podemos interpretar los datos tomando en cuenta un nivel de confianza de 0,05 para así asegurar que la hipótesis sea rechazada o validada, se calcula los grados de libertad empleando la Ec.3.9:

$$G_D = (I - 1) * (J - 1) \quad \text{Ec. 3. 9}$$

$$G_D = (5 - 1) * (3 - 1)$$

$$G_D = 8$$

Obteniendo un grado de libertad de 8, nos vamos al Anexo E para determinar el valor tabulado de Chi Cuadrado el cual es 15,5073.

Una vez que se tiene los valores requeridos se procede a verificar que la condición para que se pueda rechazar la hipótesis nula se cumpla, para esto se emplea la Ec.3.10:

$$X^2 \text{ Calculado} > X^2 \text{ Tabulado} \quad \text{Ec. 3. 10}$$

$$19,83 > 15,5073$$

Con esta condición se rechaza la hipótesis nula y se comprueba la hipótesis alternativa es decir que con la construcción del lector audible las personas discapacitadas pueden leer textos planos sin que estos se encuentren en lenguaje braille.

### **3.10 Análisis de costos**

#### **3.10.1 Costo del Proyecto**

El dispositivo ha sido implementado satisfactoriamente cumpliendo los parámetros indicados para su correcto funcionamiento; posteriormente se cuantificó su costo, para determinar qué tan exequible es a una persona que posea esta discapacidad.

Para la implementación del proyecto se utilizó materiales electrónicos, dispositivos de control, procesos de maquinado, entre otros, los mismos que se detallan en la tabla 29.

**Tabla 29****Costos realizados durante el proyecto**

N°	DETALLE	COSTO USD
1	Mini Cámara	250
2	Sintetizador de voz	100
3	Motor Vibrante	40
4	Material Electrónico	150
5	Estructura Mecánica	200
6	Cable USB	25
7	Cartón Prensado + Mica + Silicona	100
8	Varios	50
TOTAL		910

De acuerdo a esta tabla se realizó una inversión total de \$ 910 USD.

### 3.10.2 Costo-Beneficio

Para facilitar la lectura de las personas no videntes no existen muchos dispositivos en el mercado, a continuación en la tabla 30 se detallan los existentes ya que el FingerReader se encuentra en pruebas.

**Tabla 30****Lectores Audibles Disponibles en el Mercado**

LECTORES AUDIBLES	COSTO
 <p data-bbox="491 703 647 734">Voice Stick</p>	<p data-bbox="1054 613 1142 645"><b>2.900</b></p>
 <p data-bbox="488 1028 651 1059">Intel Reader</p>	<p data-bbox="1054 987 1142 1019"><b>1.200</b></p>

Los costos de los lectores audibles son elevados para una persona de clase media a baja, por lo que es difícil su adquisición.

El dispositivo descrito en el presente proyecto tiene un costo de 910 dólares, esto hace que sea viable y beneficioso en comparación con los existentes en el mercado.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Se ha diseñado y construido un lector audible para facilitar la lectura de textos a las personas con discapacidad visual en la Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi, con: un campo de visión de 6,7cm x 5,08 cm, una resolución de 240 pixeles, lee texto encolumnado en letra número 12, requiere una iluminación de 500 a 750 lux y funciona conjuntamente con el software NVDA.

Mediante el análisis realizado se concluye que el proyecto tiene una funcionabilidad del 77,8 %, este valor puede variar de acuerdo a la práctica que cada alumno siga adquiriendo, hasta lograr manejar el dispositivo al 100%.

La cámara se colocó a una altura de 115mm, siendo esta la recomendada para capturar una excelente imagen de acuerdo con las características técnicas que posee la misma, a su vez se la ubicó con un ángulo de 15°, para tener un mejor enfoque del texto.

El campo de visión que tiene este proyecto es: largo 6,7cm y ancho 5,08 cm, dando de área 34,04 cm, en la cual la cámara puede captar la imagen sin ningún problema, con una resolución ideal de 240 pixeles, siendo este un valor ideal para no mostrar errores en la fotografía capturada.

El dispositivo funciona de forma rápida, aproximadamente se requiere de 1 min 3 segundos para su funcionamiento total, los tiempos de respuesta varían según el comando que se ejecute, mediante pruebas realizadas se determinó, que el tiempo de retraso de algunas instrucciones se debe a que la función solicitada tiene que realizar un reconocimiento previo antes de ejecutar la misma, siendo esta la razón por la requiere de un mayor tiempo.

Con las pruebas realizadas se determinó que para un correcto funcionamiento del lector audible el texto a leer debe estar en letra número 12, con la cual se puede identificar un máximo de nueve líneas sin presentar error alguno, mostrando una imagen clara, haciendo con esto que el reconocimiento óptico se lo realice correctamente.

La iluminación ideal requerida para un excelente funcionamiento según las pruebas es de 500 a 750 lux. Los lugares adecuados para el uso del lector audible son las bibliotecas y salas de estudio, con esta iluminación la calidad de la imagen es la ideal logrando así que el proceso de reconocimiento óptico de caracteres no presenta errores.

El dispositivo diseñado debe funcionar conjuntamente con un software lector de pantalla, en este caso se utiliza el programa NVDA, el cual les indica en audio lo que se encuentra en el monitor del computador, ayudándoles así a la ejecución de cada uno de los comandos que se digitan desde el teclado.

Si el lector audible se utiliza con texto que no se encuentre en letra número 12, que es el ideal según las pruebas realizadas, se obtiene una fotografía del texto con desfases lo cual genera errores en el momento de convertir la imagen capturada en texto.

Cuando se utiliza el dispositivo en lugares con poca iluminación como aulas o laboratorios, se generan errores en el reconocimiento óptico de caracteres, es decir se reconoce a las letras “e” como “c”, a su vez si se utiliza en lugares como dormitorios en ocasiones no se reconoce la primera y última línea, esto se debe a que la iluminación es la inadecuada haciendo que la luz afecte a la cámara.

## 4.2 Recomendaciones

Para obtener una imagen con un campo de visión más extenso, se recomienda cambiar de cámara a una que tenga una mayor resolución, ya que esto permite tener una fotografía más clara y abarcar más texto.

Implementar una comunicación entre la cámara y la computadora vía bluetooth o wifi, para esto se deberá adquirir una cámara que tenga estas características, con esto se puede transferir más eficientemente la información captada.

Las imágenes se podrían almacenar en una tarjeta micro SD, para luego colocar la misma en el computador y con la ayuda del programa poder reproducirlas en secuencia, para esto se debería diseñar el algoritmo pertinente.

Si se desea utilizar el dispositivo en lugares como dormitorios, laboratorios y pasillos, se debe complementar en lector con una iluminación focal, ya que el tipo de luz que se tiene afecta a la cámara haciendo que se generen errores al momento de capturar la imagen, con esto se obtiene un trabajo ineficiente del lector audible.

Los teclados de las computadoras portátiles son sensibles, por lo que para una persona no vidente se le hace un poco difícil su manipulación, recomendando que en lo posible se utilice un teclado de computadora de escritorio.

Para mejorar el tiempo de ejecución del dispositivo, se debería programar el software para que por ejemplo funcione con comando de voz, para así evitar que los usuarios se confundan en el teclado.

El sensor debe estar colocado a 90°, para que el mismo pueda detectar el color blanco que indica que no existe texto y emita la vibración que alerta al usuario que debe colocar bien el dispositivo.

Al momento de la implementación del dispositivo plug-play, se recomienda colocar de forma correcta y cuidadosamente cada uno de los pines que conecta el dispositivo con la placa de la cámara, ya que de esto depende su funcionamiento en tiempo real.

## BIBLIOGRAFIA

### Libros:

- Andrando, J. & Samaniego W. (2007). Tesis. Diseño e implementación de un prototipo basado en la tecnología RFID para la identificación de objetos de uso común dirigido a personas con discapacidad visual. Sangolqui, Pichincha, Ecuador.
- Álvarez J. & De la Cruz A. (2014). Tesis. Diseño e implementación de un detector de obstáculos para no videntes. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- Ekins, S. (2006). Computer Applications in Pharmaceutical Research and Development. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Gil, M. (2011). El paradigma digital y sostenible del libro. España: Trama Editorial.
- Govindaraju, V. (2009). Guide to OCR for Indic Scripts: Document Recognition and Retrieval. London: Springer.
- Jiménez, E. V. (2010). Procesamiento digital de imágenes. España: RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones.
- Suarez, M. (2012). Interaprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel, Winstats y Graph, Primera Edición. Imprenta M & V, Ibarra, Ecuador.
- Vaca A. & Juan J. (2012). Tesis. Sistema electrónico para la inclusión de no videntes en la actividad laboral de manejo de estantería de biblioteca. Sangolqui, Pichincha, Ecuador.

**Linkografía:**

- Alsina, A. (2010). Tiflolibros. Recuperado el 06 de 03 de 2015, de <http://www.tiflolibros.com.ar/contenido/Biblioteca.htm>
- Anónimo. (2012). Ali Express. Recuperado el 08 de 06 de 2015, de <http://es.aliexpress.com/item/Low-price-50pcs-Vibration-Motor-DC-Coreless-Motor-4-10mm-3V-Vibration-Coreless-Motor-with-plastic/32218400399.html>
- Anónimo. (2014). Mercado Libre. Recuperado el 10 de 06 de 2015, de [http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-407448482-mini-camara-seguridad-color-espia-audio-videovigilancia-dvr-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-407448482-mini-camara-seguridad-color-espia-audio-videovigilancia-dvr-_JM)
- Anónimo. (2014). Software.com. Recuperado el 19 de 04 de 2015, de <http://www.ugr.es/~mm3/urb/ComparativaSoftware.pdf>
- Anónimo. (2014). Vitalsource. Recuperado el 19 de 04 de 2015, de <https://support.vitalsource.com/hc/en-us/articles/201964243-Windows-Text-to-Speech>
- Ávila, K. (2013). CAVSI. Recuperado el 02 de 03 de 2015, de <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=lectores>
- Barriani, L. (2012). Bayonne. Recuperado el 23 de 04 de 2015, de <https://www.gnu.org/software/bayonne/howto/tts-howto.pdf>
- Bassantes, Juan. (2012). Ayudas técnicas para discapacitados. Recuperado el 20 de 02 de 2015, de <http://tecnologiasydiversidad.blogspot.com/2008/02/ayudas-technicas-para-ciegos-y.html>
- Carrillo, J. (2015). Ledbox. Recuperado el 01 de 03 de 2016, de <http://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>
- Carrasco, M. (2013). Airfal. Recuperado el 15 de 01 de 2016, de <http://www.airfal.com/luminarias-tecnicas-noticias/niveles-iluminacion-recomendados-actividad-2883/>

- Consejería de Innovación, C. y. (2013). Productos de Apoyo Asociados a las TIC. Recuperado el 27 de 03 de 2015 de [http://www.uhu.es/sacu/discapacidad/doc/Guia\\_PPAA\\_para\\_las\\_TIC\\_accessible.pdf](http://www.uhu.es/sacu/discapacidad/doc/Guia_PPAA_para_las_TIC_accessible.pdf)
- Consejo de Discapacidades. (2015). CONADIS. Recuperado el 15 de 03 de 2016, de [http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro\\_nacional\\_discapacidades.pdf](http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro_nacional_discapacidades.pdf)
- Chen, Sharon. (2014). Características de un motor vibrante CC. Recuperado el 21 de 03 de 2015, de <http://spanish.alibaba.com/product-free/dc-cylinder-vibrating-motor-293166217.html>
- Donoso, M. (2015). e3technology.com.ec. Recuperado el 01 de 05 de 2015, de <http://www.e3technology.com.ec/telefonos-celulares-importados-equipos-venta-ecuador.php?recordID=1026>
- Echeverría, L. (2014). Working Integal. Recuperado el 27 de 02 de 2016, de <http://es.slideshare.net/jalemanfreire/hallar-la-ecuacin-de-la-curva-utilizando-3-puntos-26468776>
- Espeso, P. (2010). Xataka. Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.xataka.com/otros/intel-reader-un-lector-electronico-para-personas-con-problemas-de-vision>
- Estrada, J. (2012). Andalucía es digital. Recuperado el 26 de 01 de 2016, de <http://www.andaluciaesdigital.es/blog/-/blogs/recursos-tecnologicos-para-personas-con-discapacidad>
- Genius Corporation. (2015). Genius. Recuperado el 10 de 04 de 2016, de <http://www.geniusnet.com/Genius/wSite/ct?xItem=53585&ctNode=1304>
- Greco, L. (2012). Tecnología Uno. Recuperado el 18 de 01 de 2016, de <http://www.compartir-tecnologias.es/respuesta/como-obtengo-ecuacion-una-grafica-excel-ayuda-203298901.html>

- Guillen, M. (2011). MEDWave. Recuperado el 19 de 01 de 2016, de <http://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/5266>
- Harder, P. (2013). Isogadgets. Recuperado el 24 de 03 de 2015, de <http://isogadgets.com/2008/08/lector-audible-de-libros/>
- Ini, F. (2013). XB Xabes. Recuperado el 14 de 04 de 2015, de <http://xabes.com/2015/03/16/fingerreader-el-anillo-lector-para-personas-ciegas/>
- Lamber, M. (2015). Platea. Recuperado el 10 de 06 de 2015, de <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/veloraton/sensoroptref.htm>
- Loiza, M. (2013). InshtWeb. Recuperado el 18 de 02 de 2016, de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_211.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_211.pdf)
- Luján, S. (2012). Universidad de Alicante. Recuperado el 01 de 04 de 2015, de <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=lectores>
- Markoff, J. (2012). Revista de Cultura Ñ. Recuperado el 28 de 03 de 2015, de [http://www.revistaenie.clarin.com/ideas/tecnologia-comunicacion/camara-permite-impeidos-visuales-leer\\_0\\_961104178.html](http://www.revistaenie.clarin.com/ideas/tecnologia-comunicacion/camara-permite-impeidos-visuales-leer_0_961104178.html)
- Ministerio de Educación. (2014). Distrito Latacunga. Recuperado el 30 de 03 de 2016, de [http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/PROYECTO\\_EBJA.pdf](http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/PROYECTO_EBJA.pdf)
- Moyano, M. (2012). SOCIAL MEDIA. Recuperado el 14 de 06 de 2015, de <http://eduardoarea.blogspot.com/2012/08/top-5-herramientas-de-software-gratuito.html>
- Negro, A. (2013). CMU LTI. Recuperado el 27 de 04 de 2015, de <http://www.festvox.org/flite/>
- Ojeda, M. (2012). Tecnología de los Plásticos. Recuperado el 12 de 06 de 2015, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html>

- Organizacion Mundial de la Salud. (2015). OMS. Recuperado el 12 de 03 de 2016, de <http://www.who.int/disabilities/technology/es/>
- Ovallos, G. (2014). INETOR 2014. Recuperado el 27 de 03 de 2016, de [http://www.inetor.com/definidas/ejercicios\\_areas.html](http://www.inetor.com/definidas/ejercicios_areas.html)
- Peñaherrera, E. (2015). Riicotec. Recuperado el 29 de 02 de 2016, de <http://www.riicotec.org/InterPresent2/groups/imsero/documents/binario/ecuadoreaugeniopeaherrera.pdf>
- Pereira, J. (2012). Digital Heritage. Recuperado el 28 de 12 de 2015, de <http://www.jpereira.net/apuntes-breves/calculos-entorno-al-campo-de-vision-para-fotografia-panoramica>
- Perez, A. (2012). Uantof. Recuperado el 17 de 12 de 2015, de <http://www.uantof.cl/facultades/csbasicas/matematicas/academicos/jreyes/DOCENCIA/APUNTES/APUNTES%20PDF/Unidad%205%20Prueba%20chi-cuadrado.pdf>
- Perez, M. (2013). Blog del Fotografo. Recuperado el 16 de 03 de 2016, de <http://www.blogdelfotografo.com/distancia-focal/>
- Pérez, V. (2014). Discapacidad Online. Recuperado el 05 de 03 de 2015, de <http://www.discapacidadonline.com/jaws-lector-pantalla-invidentes.html>
- Petersen, L. (2013). MILENIO.COM. Recuperado el 26 de 03 de 2015, de [http://www.milenio.com/tendencias/Anillo\\_lector\\_para\\_ciegos-fingereader\\_ayuda\\_a\\_leer\\_ciegos-debiles\\_visuales\\_0\\_331767135.html](http://www.milenio.com/tendencias/Anillo_lector_para_ciegos-fingereader_ayuda_a_leer_ciegos-debiles_visuales_0_331767135.html)
- Rais, J. (2010). FluidInterfaces. Recuperado el 17 de 04 de 2015, de <http://fluid.media.mit.edu/projects/fingerreader>
- Sales, L. (2015). PSWHouse. Recuperado el 18 de 10 de 2015, de <http://www.powersupplieswarehouse.com/page-ms8209.html>

- Sánchez, J. (2013). ABC Tecnología. Recuperado el 16 de 01 de 2016, de <http://www.abc.es/tecnologia/informatica/20130619/abci-orcam-gafas-leen-solas-201306181544.html>
- Santana, L. (2012). Maderas Santana. Recuperado el 19 de 11 de 2015, de <http://www.maderasantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>
- Santos, A. (2009). tusequipos.com. Recuperado el 22 de 03 de 2015, de <http://www.tusequipos.com/2009/12/01/intel-reader-un-lector-de-libros-para-ciegos/>
- Secretaria Técnica de Discapacidades. (2015). Conadis. Recuperado el 29 de 02 de 2016, de <http://www.setedis.gob.ec/transparencia/2.%20A%F1o%202014/e.%20Mayo/4.%204.-%20Informaci%F3n%20Operativa/F.-%20Formularios%20o%20formas%20de%20solicitudes/F2.-%20Requisitos%20programas%20para%20p%El%20ginas%20web%20Mayo%202014.pdf>
- Seth, R. (2013). Yanko Desing. Recuperado el 30 de 04 de 2015, de <http://www.yankodesign.com/2010/09/13/my-fingers-are-so-smart-they-measure/>
- Shilkrot, R. (2014). INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS (MIT). Recuperado el 13 de 04 de 2015, de <http://fluid.media.mit.edu/sites/default/files/paper317.pdf>
- Shincler, L. (2013). Discapacidad Visual. Recuperado el 28 de 02 de 2015, de [http://www.integrando.org.ar/investigando/dis\\_visual.htm](http://www.integrando.org.ar/investigando/dis_visual.htm)
- Sin, C (2009-2014). Las cámaras web y módulos mini cámara. Recuperado el 12 de 03 de 2015, de [http://www.informaticamoderna.com/Camara\\_web.htm](http://www.informaticamoderna.com/Camara_web.htm)
- Sintizan, P. (2014). Unidad Educativa Especializada de no Videntes Cotopaxi. Recuperado el 12 de 02 de 2015, de

[http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101576440/-1/Unidad\\_Educativa\\_de\\_No\\_Videntes.html#.VH4pjzGG-So](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101576440/-1/Unidad_Educativa_de_No_Videntes.html#.VH4pjzGG-So)

Speaker, B. (2013). TICbeat. Recuperado el 14 de 03 de 2015, de <http://www.ticbeat.com/innovacion/fingerreader-anillo-lee-personas-con-deficiencias-visuales/>

Villanueva, A. (2010). FIBLOINFORMATICA. Recuperado el 19 de 04 de 2015, de <http://usuarios.discapnet.es/tifloinforma/foro.php?id=462>

Zambrano, M. (2014). Techonology. Recuperado el 08 de 06 de 2015, de <http://www.e3technology.com.ec/telefonos-celulares-importados-equipos-venta-ecuador.php?recordID=1026>

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita: **CARMEN LAURA BENALCÁZAR ARROBA**

En la ciudad de Latacunga, a los **09 días del mayo del 2016.**

---

Ing. Fausto Acuña

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**Aprobado por:**

---

Ing. Vicente Hallo

**DIRECTOR DE CARRERA**

---

Dr. Juan Carlos Díaz Álvarez  
**SECRETARIO ACADÉMICO**