



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**Carmen Laura Benalcázar Arroba**

# OBJETIVOS

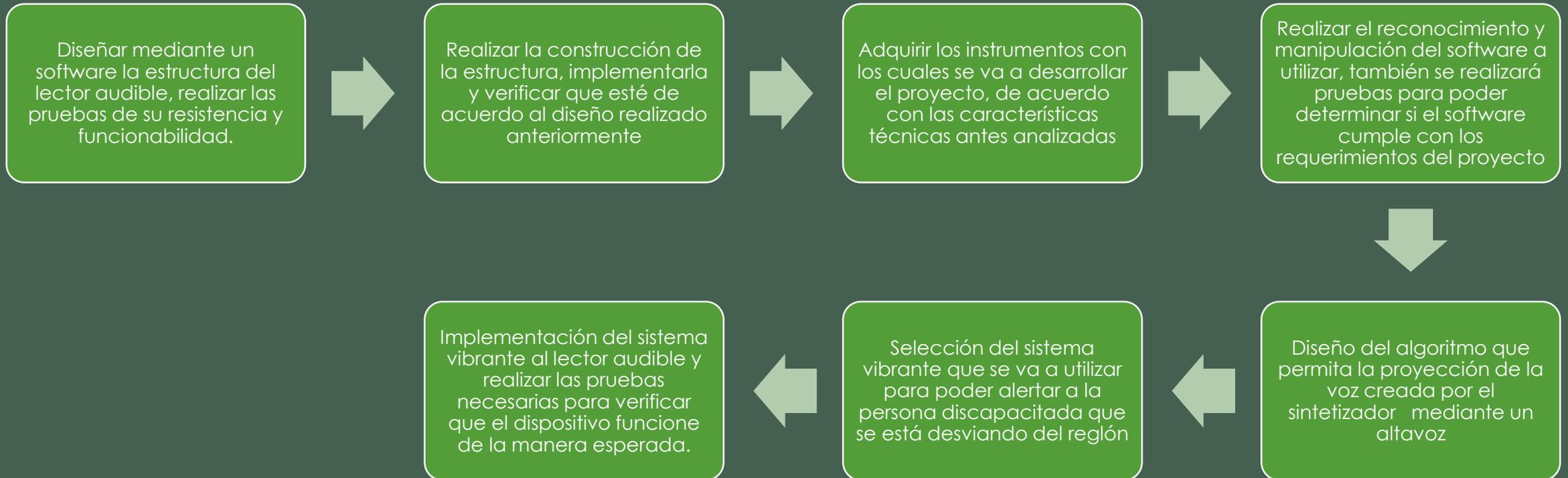
## GENERAL

- Diseñar y construir un lector audible para facilitar la lectura de textos a las personas con discapacidad visual en la Unidad Educativa Especializada de no videntes Cotopaxi.

## ESPECÍFICO

- Diseñar y construir la estructura que contendrá los dispositivos electrónicos del lector audible.
- Analizar de los objetos, software y piezas con las que se va a trabajar para el desarrollo del proyecto, adquisición de los mismos
- Diseñar los algoritmos que permitirán la correcta comunicación entre los dispositivos electrónicos.
- Implementar un sistema vibrante, el cual alerte al lector cuando se está alejando de la línea de texto.

# METAS



# RESUMEN



Cámara

Alerta Vibrante



Software

Regleta

# **CAPÍTULO I**

## **ESTADO DEL ARTE**

# Lectores para personas discapacitadas



Cámara  
que permite  
leer  
(OrCam)



Línea Braille  
Supervario  
40



Lupas  
electrónicas

# Tipos de lectores

## Lectores de pantalla

JAWS (acrónimo de Job Access With Speech).  
HAL Lite  
Open Book.

## Sintetizadores de voz

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

## Lectores autónomos

Dispositivo capaz de leer mediante una voz artificial cualquier texto escrito en tinta

# Lectores audibles



Voice Stick



Intel Reader



FingerReader



Reproductores de audio especiales

# Tiflolibros

## Biblioteca digital

- Son archivos de texto que se pueden leer con lectores de pantallas, convertir en archivos de Audio o imprimir en sistema Braille.

## Libros en MP3

- Grabados con la misma voz sintética que utilizan los lectores de pantallas.

## Libros en braille

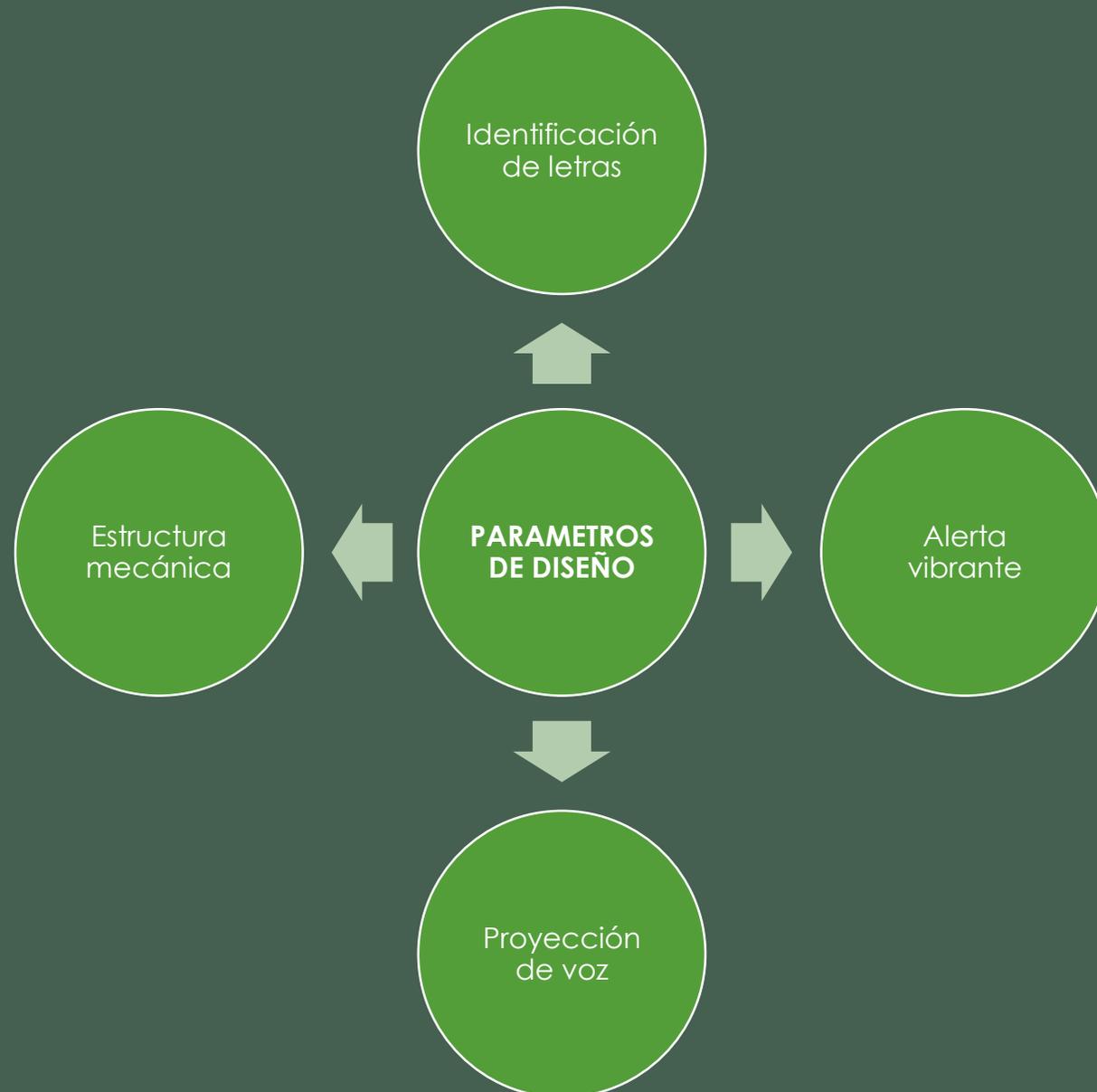
- Los libros se imprimen a pedido de los usuarios y de acuerdo a sus necesidades.

## Ventajas de los tiflolibros

- Acceso inmediato al material digitalizado
- Comodidad para la transmisión y transporte de textos
- Almacenamiento de gran cantidad de información
- Posibilidad de pasar del texto digital al impreso en braille
- Posibilidad de conversión del archivo digital a archivo de audio.

# CAPÍTULO II

# DISEÑO Y SELECCIÓN



# Alternativas de diseño

Escáner  
de mano  
con  
auricular



Escáner  
de mano



Anillo



Cámara  
Scanner



Celular



# Selección estructura mecánica

## REQUERIMIENTOS

- Portátil
- Fácil de usar
- Liviana
- Materiales accesibles
- Costo accesible

## OPCIONES

- Voice Stick
- Intel Reader
- FingerReader
- Cámara Scanner
- Celular

## SELECCIÓN



# Diseño de Hardware

# Cámara

## REQUERIMIENTOS

- Resolución = (640\*480 pixeles).
- Frecuencia de actualización muy baja que oscile entre los 20-50f/s.
- Nitidez (brillo y color) en este caso debería ser alta es decir entre unos 5 a 8 MP.

## SELECCIÓN



## CARACTERÍSTICAS

- Lente 3x zoom digital
- Resolución: 640x480 pixeles
- Resolución Video: VGA 30fps
- Máxima Resolución: 8MP

# Motor Vibrante

## REQUERIMIENTOS

- Tensión nominal: 1.5 a 3 V
- Velocidad de vibración: 10000 a 12000 rpm.
- Dimensiones no mayores a 12x3 mm.

## SELECCIÓN



## CARACTERÍSTICAS

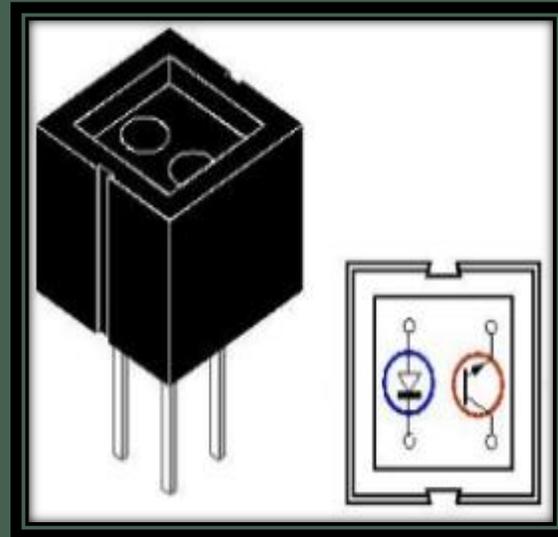
- Tensión nominal: DC 3 V
- Velocidad: 12000 rpm
- Tamaño del cuerpo: 10x3mm/0.4 "x 0.1" (D \* T)

# Sensor

## REQUERIMIENTOS

- Medidas: (9\*9\*8)mm
- Tensión nominal: 3 a 5 V.
- Dimensiones no mayores a 12x3 mm.
- Distancia de detección en el rango de los mm.
- Longitud de onda en el rango de los mm.

## SELECCIÓN



**SENSOR CNY70**

## CARACTERÍSTICAS

- Tensión nominal: DC 5 V
- Distancia del sensor: 0,3 mm
- Longitud de onda de trabajo: 950nm.
- Dimensiones (9\*9\*8)

# Material para la construcción

## REQUERIMIENTOS

- Reciclable
- Textura
- Resistencia
- Facilidad de corte
- Temperatura que soporta
- Peso
- Costo

## SELECCIÓN



**MDF**

## CARACTERÍSTICAS

- 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.

# Diseño de Software

# Reconocimiento Óptico de Caracteres

## REQUERIMIENTOS

- Software libre
- Soportar los formatos JPEG, TIFF, GIF y BMP.
- Capacidad de reconocer textos mixtos
- 100% compatible con windows

## SELECCIÓN



**TOPOCR**

## CARACTERÍSTICAS

- Plataforma libre
- 100% compatible con Windows.
- El software, sin embargo, analiza una página mixta y procesa bien el texto único.
- Soporta los formatos JPEG, TIFF, GIF y BMP

# Transformación de texto es audio

- El software que se utilizara será el seleccionado anteriormente TopOCR.
- Cuenta con 11 idiomas.
- Voz femenina y masculina.
- Regulación de tono de voz



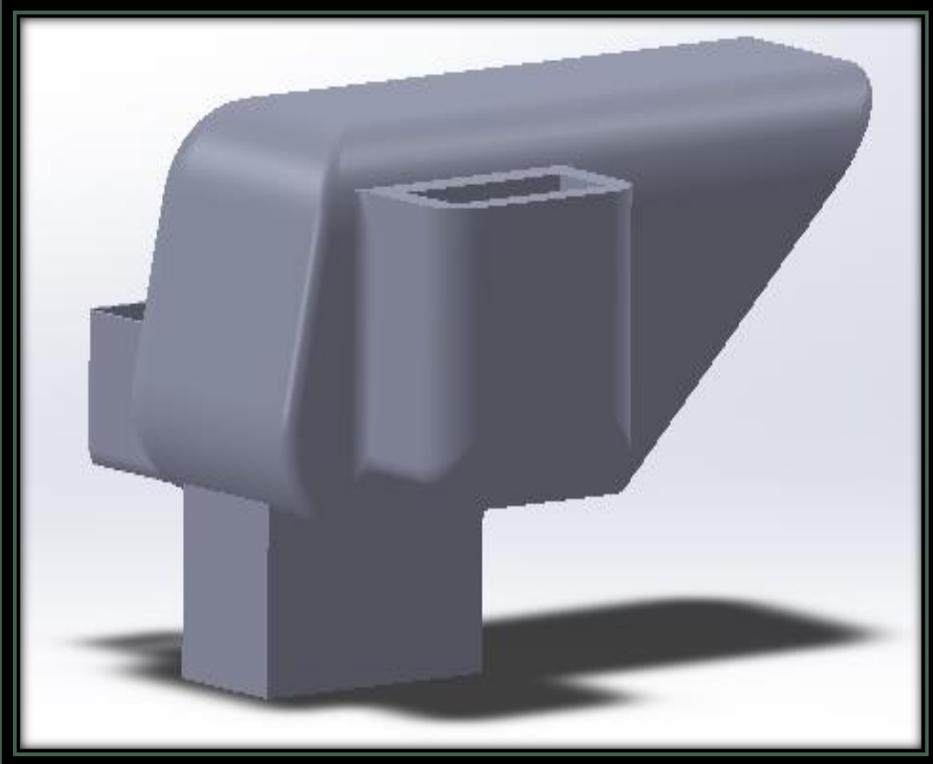
**TOPOCR**

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

# Construcción de la estructura mecánica



# Diseño 1



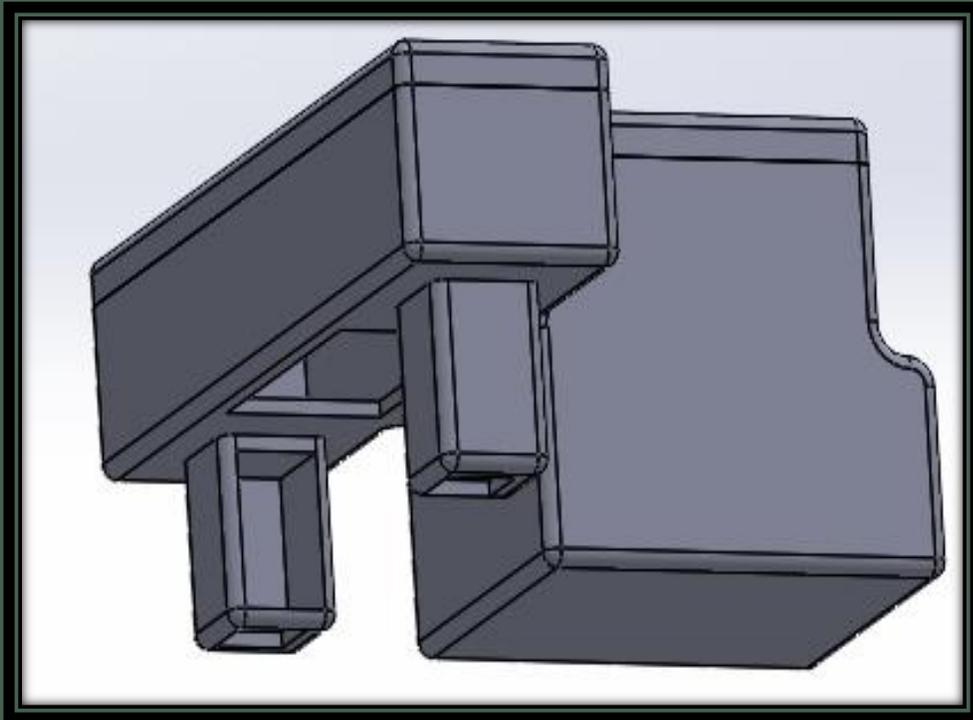
## Desventajas

No se puede captar bien la imagen

Presenta errores en el reconocimiento

La luz afecta al sensor

# Diseño 2



## Desventajas

Error en el reconocimiento de determinadas letras.

Vibración incesante de sensores

Proceso de lectura tedioso y largo

# Cálculos de la resolución de la imagen

La resolución de una imagen nos indica la cantidad de información contenida en píxeles.

$$\textit{Resolucion Total: } 640 * 480 = 307.200 \textit{ píxeles}$$

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

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

- Donde:
- d: Dimensión del Sensor
- f: Distancia focal del Lente

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

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

# Cálculos del campo visual basados en la resolución ideal

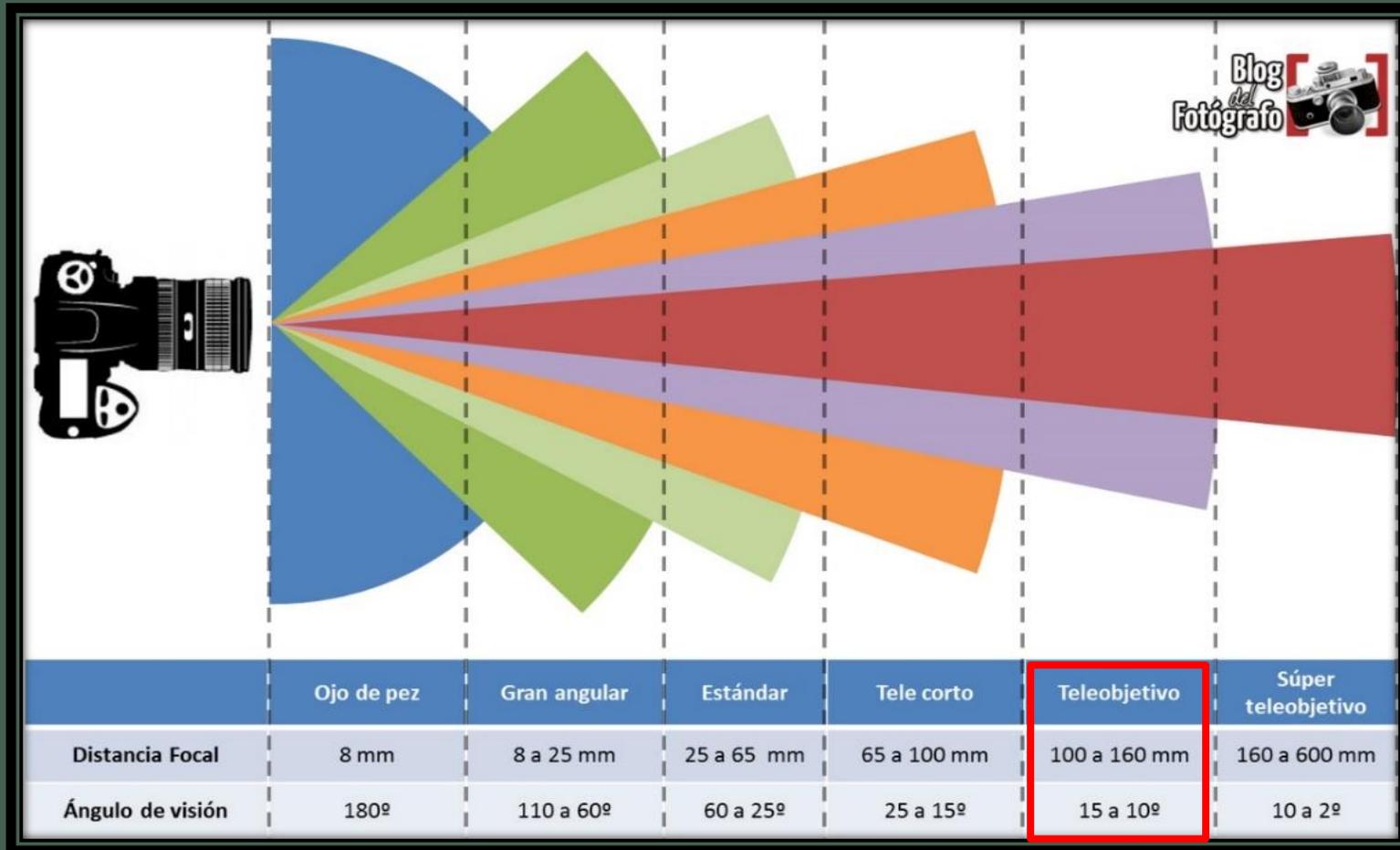
Que el umbral del ojo humano es de 340 ppi.  
Una cámara digital, de primera marca, saca fotos con una resolución de 300 ppi.  
En una impresora láser la resolución máxima es de 150 ppi.  
Una impresora offset trabaja a 150 ppi.  
Una fotografía digital es muy buena a 240 ppi.  
Una fotografía es óptima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

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

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

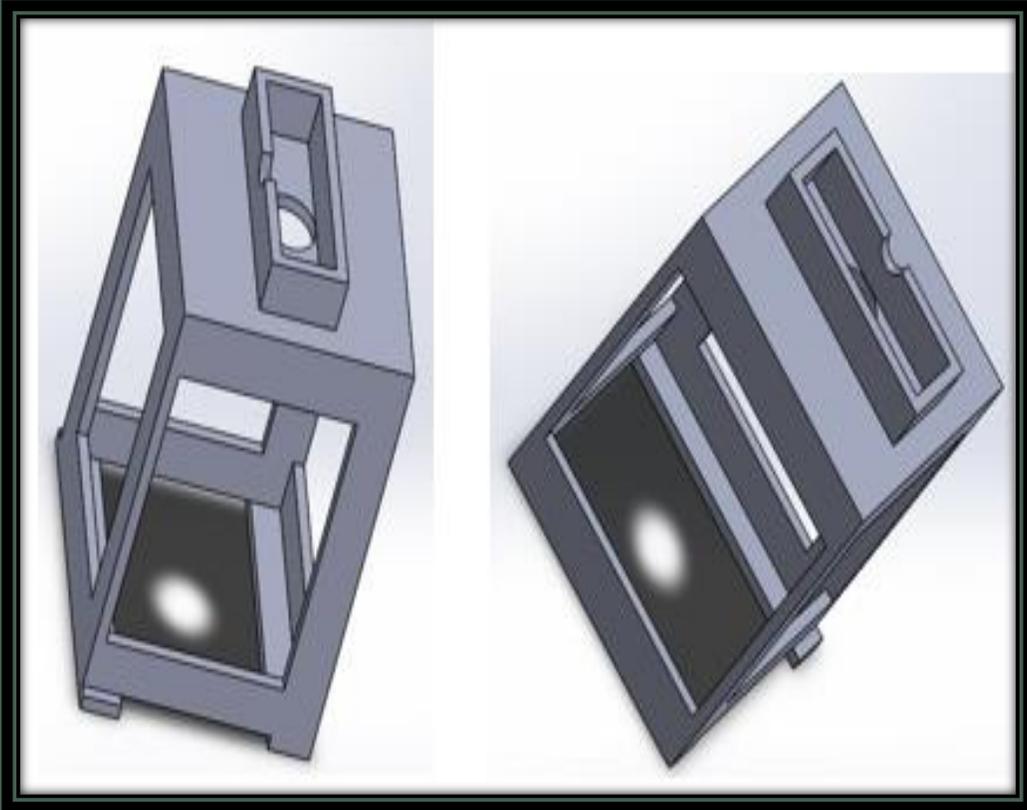
$$CV = \frac{480 \text{ pixeles}}{240 \text{ pixeles/pulg}} = 2 \text{ pulg} = 5.08 \text{ cm}$$

# Distancia focal fija



Recomendada 115 mm, es ideal para retratos, fotografías macros, espectáculos, sujeto más alejado o a gran plano

# Análisis de cálculos (Diseño 3)



## CARACTERISTICAS

- Cámara colocada a 115 mm.
- Ángulo de visión entre  $15^\circ$  y  $10^\circ$
- 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
- Para su construcción se utilizará como material el MDF

# Proceso de manufactura

## REQUERIMIENTOS

- Precisión
- Eficiencia
- Factibilidad
- Costo

## SELECCIÓN

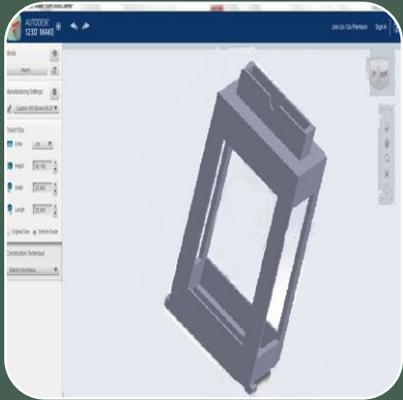


## CARACTERÍSTICAS

- Su costo es bajo y de fácil accesibilidad
- Es eficiente y precisa.

## CORTE POR LÁSER

# Procedimiento de Construcción



Diseñar la estructura  
Pasar a extensión a extensión  
.dwg.



Corte del MDF  
por láser



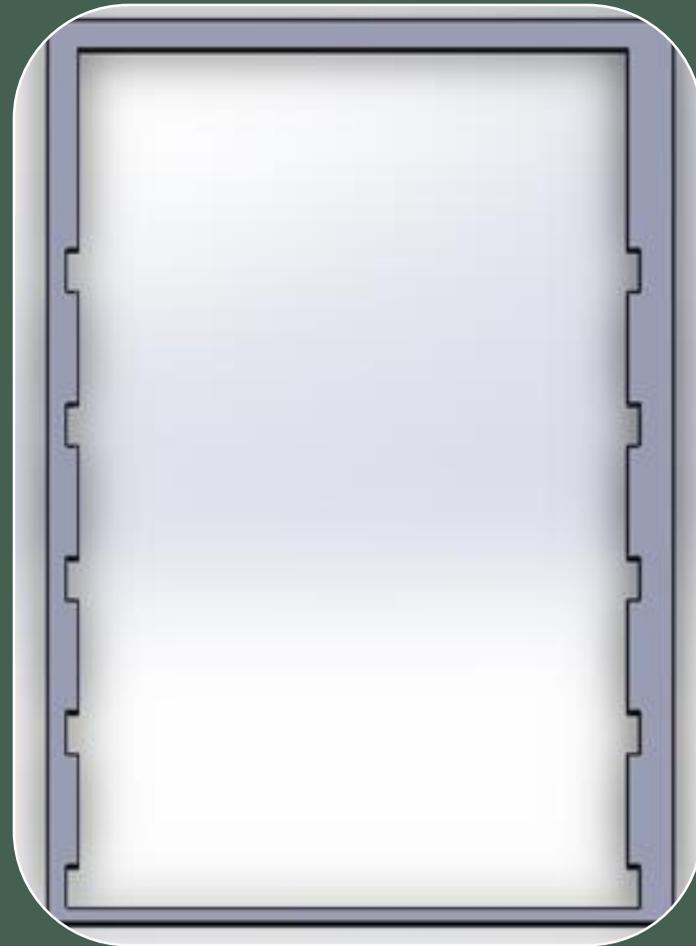
Piezas  
obtenidas



Estructura  
terminada

# Construcción de la regleta

Diseño en  
SolidWorks

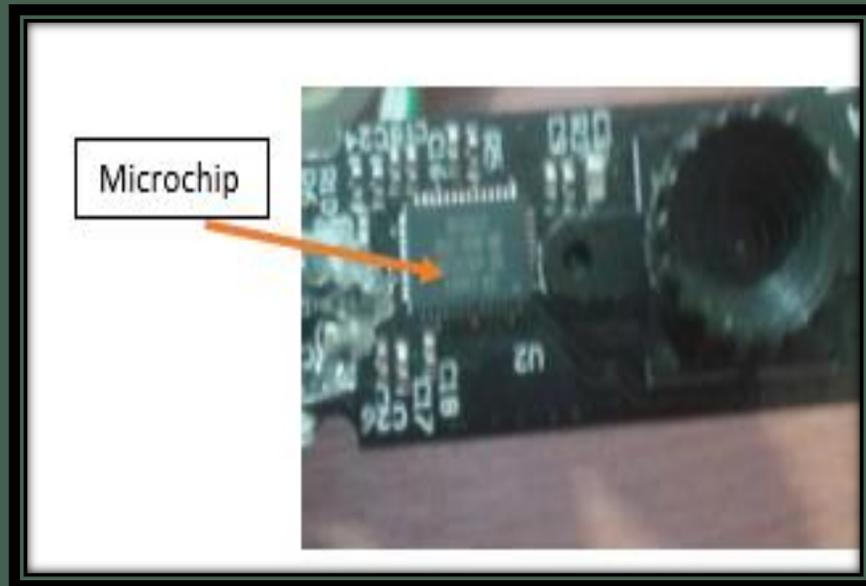


Regleta  
terminada



# Implementación de los componentes electrónicos

# Implementación de la Cámara

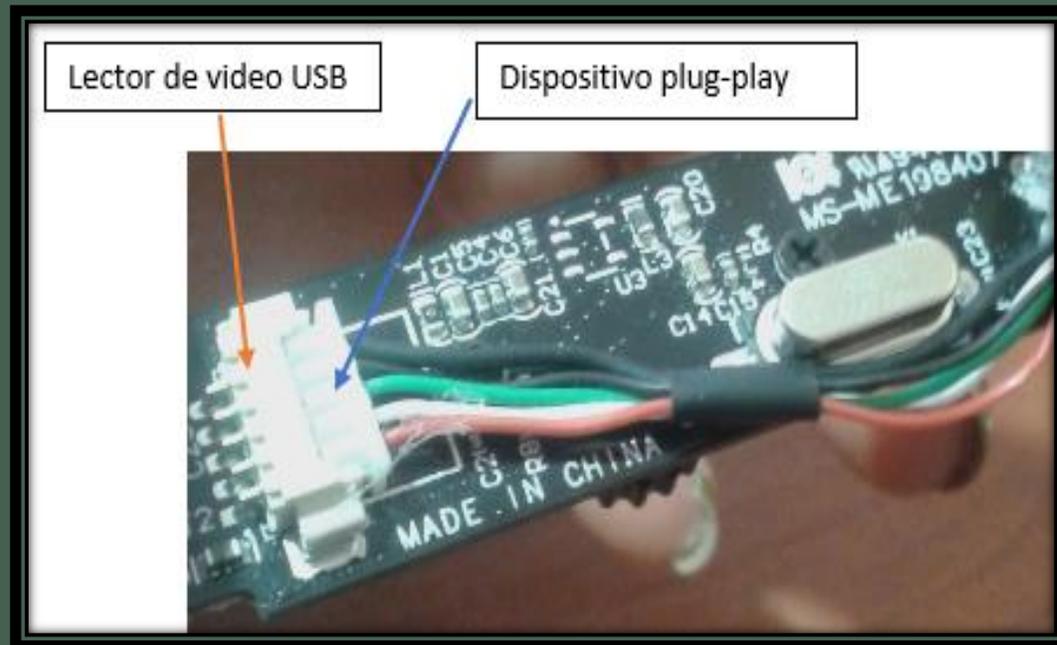


TEMPORIZADOR





dispositivo plug-play

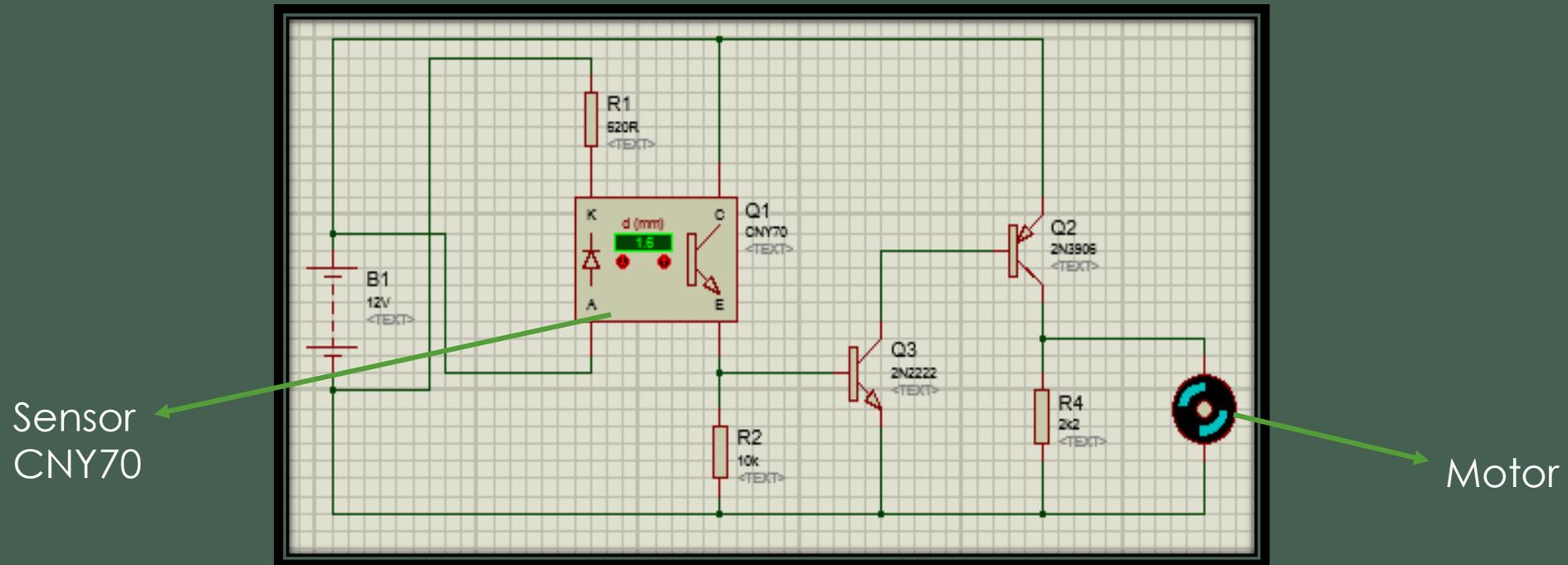


Lector de video USB

Dispositivo plug-play

# Implementación de la alerta vibrante

- Se utiliza el software ISIS 8 en el cual se realiza la simulación.

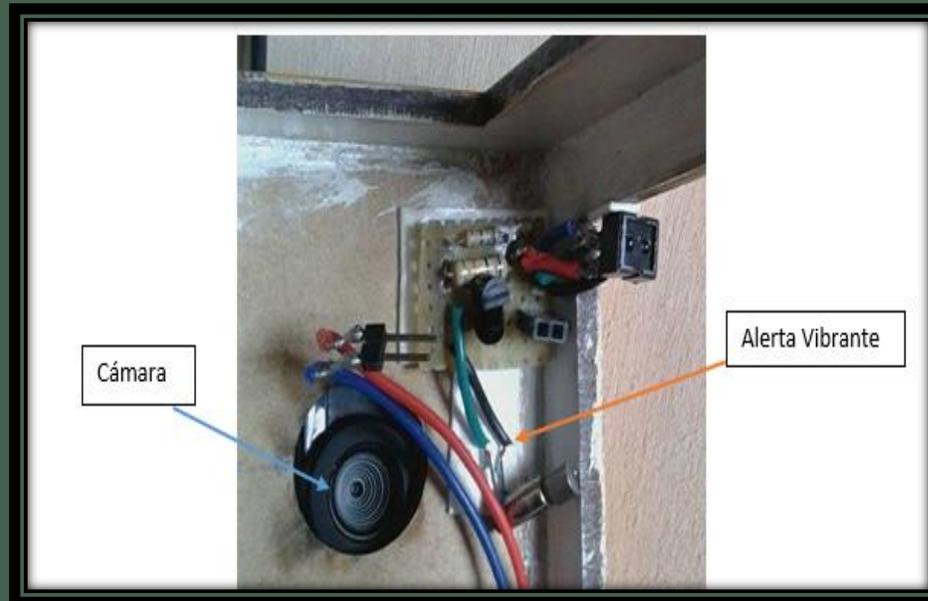




Circuito de prueba



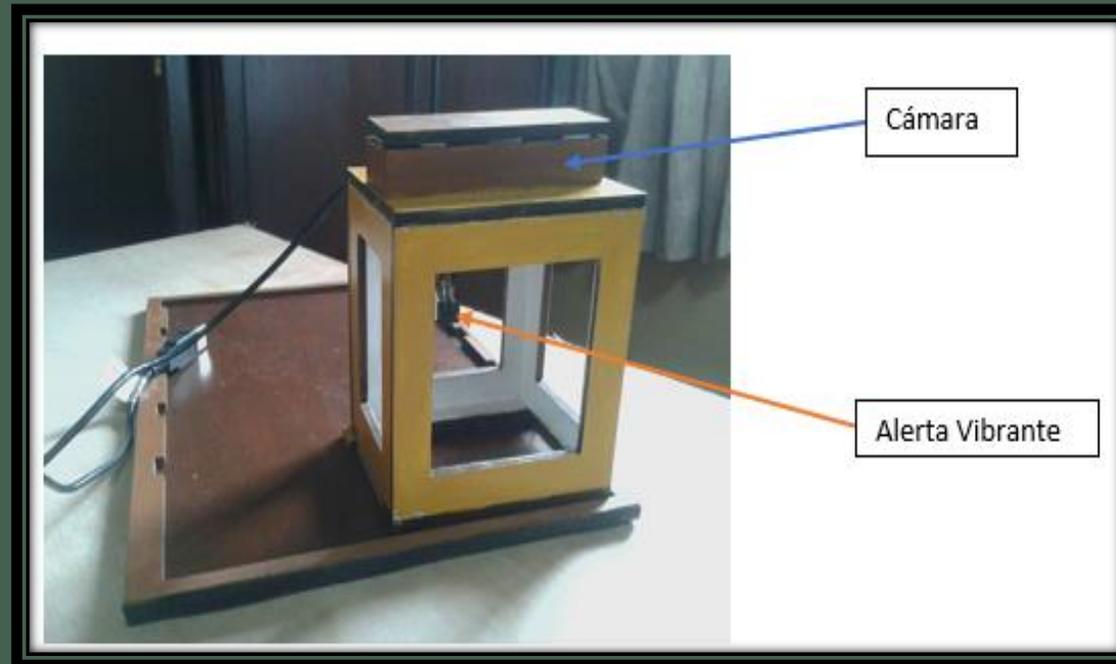
Implementación del sensor y motor.

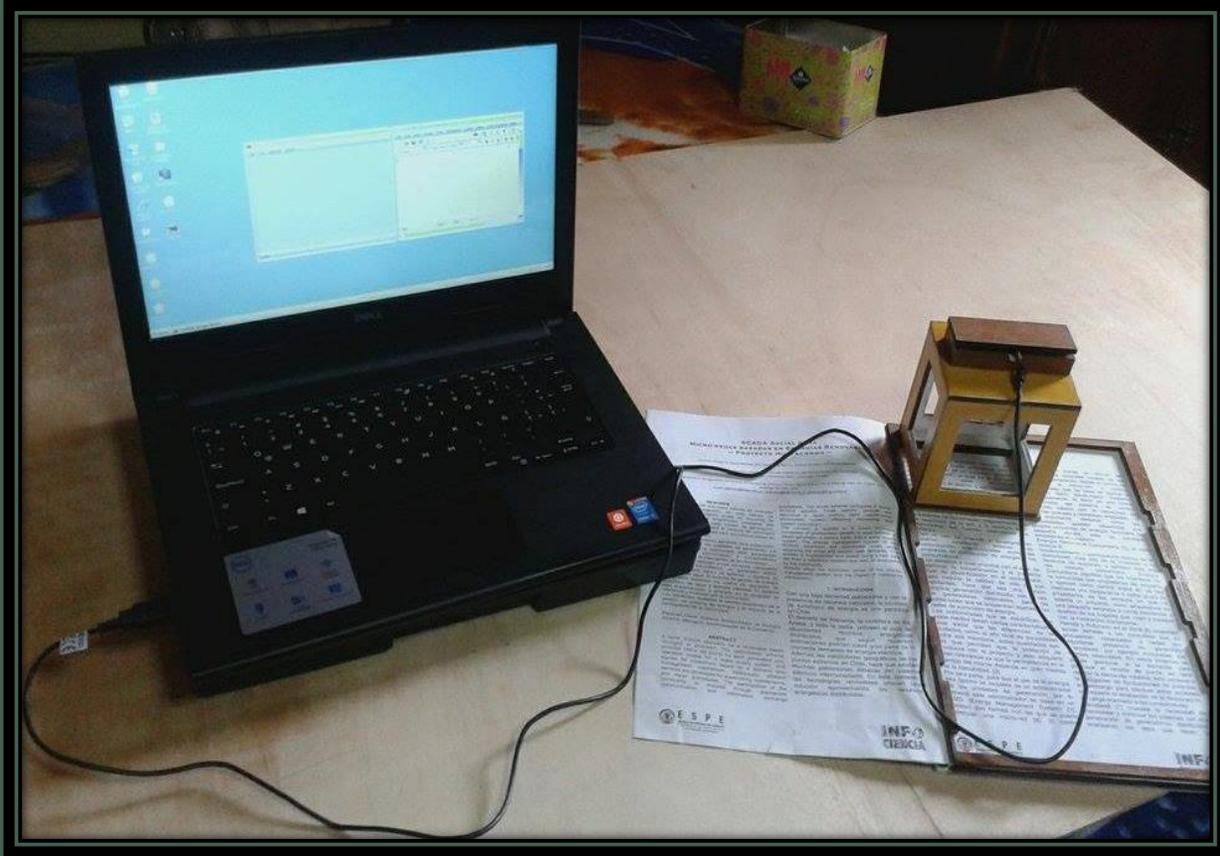


Implementación de cámara y sistema vibrante

# Montaje del lector audible

- 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 siguiente figura.





Implementación de la parte  
electrónica y el software

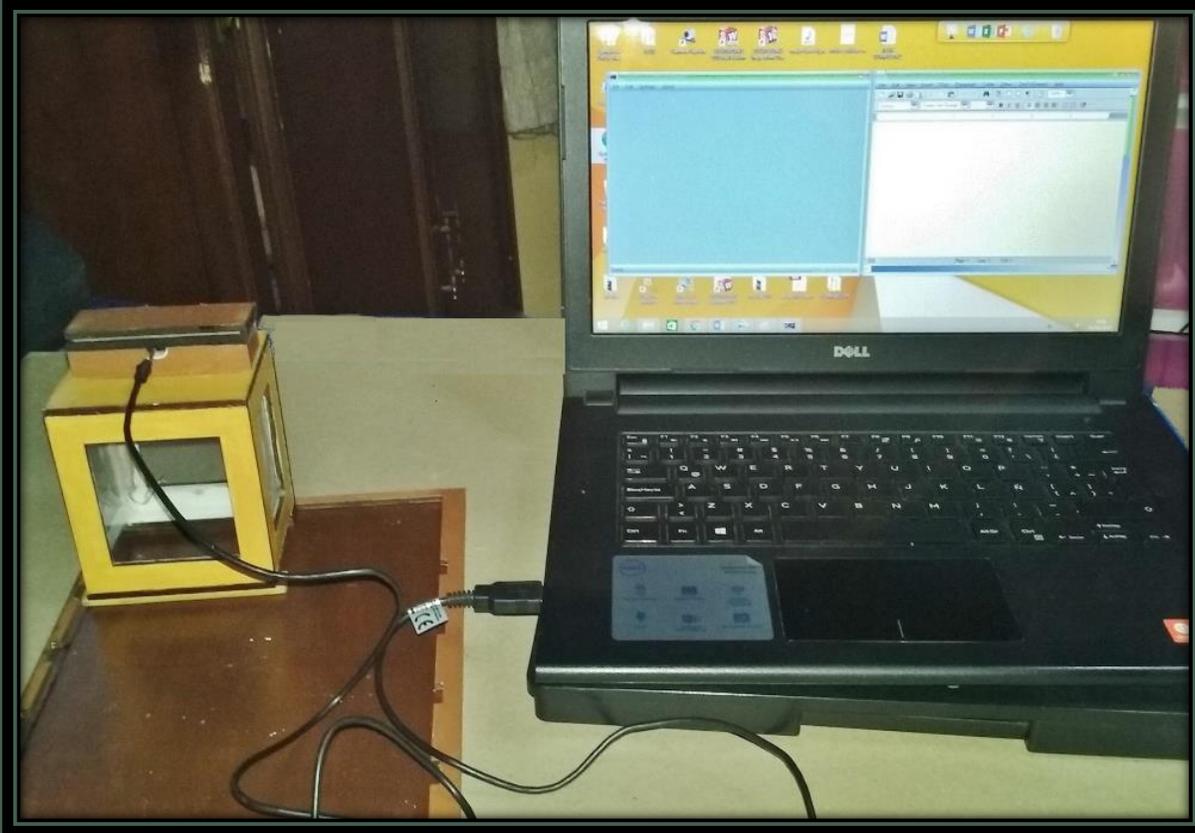
Implementación del software

# Programación de teclas

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

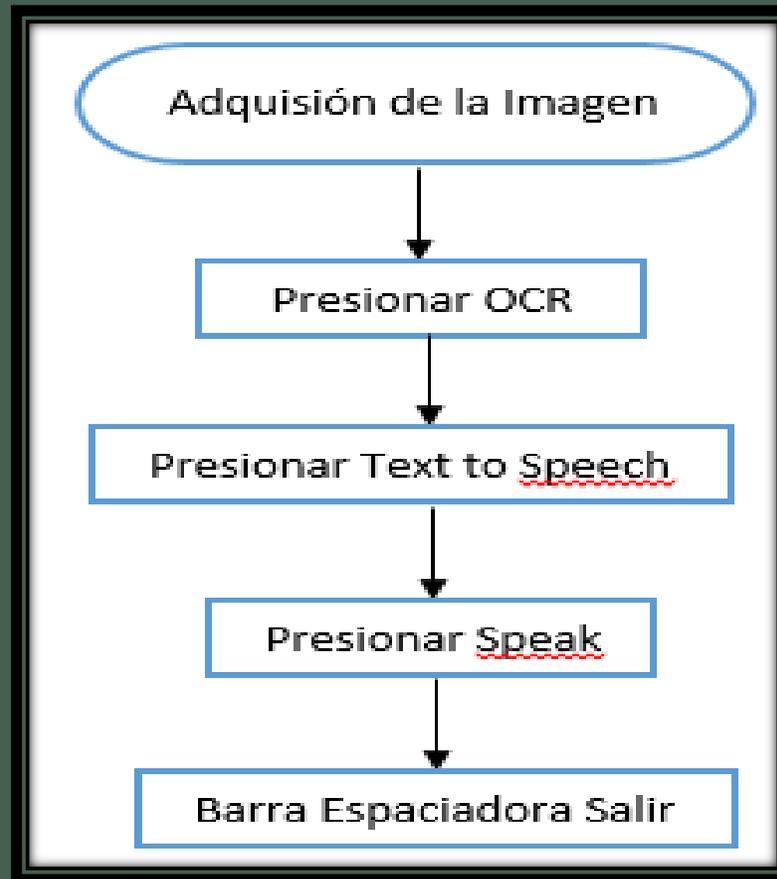
# Implementación del lector de pantalla NVDA

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

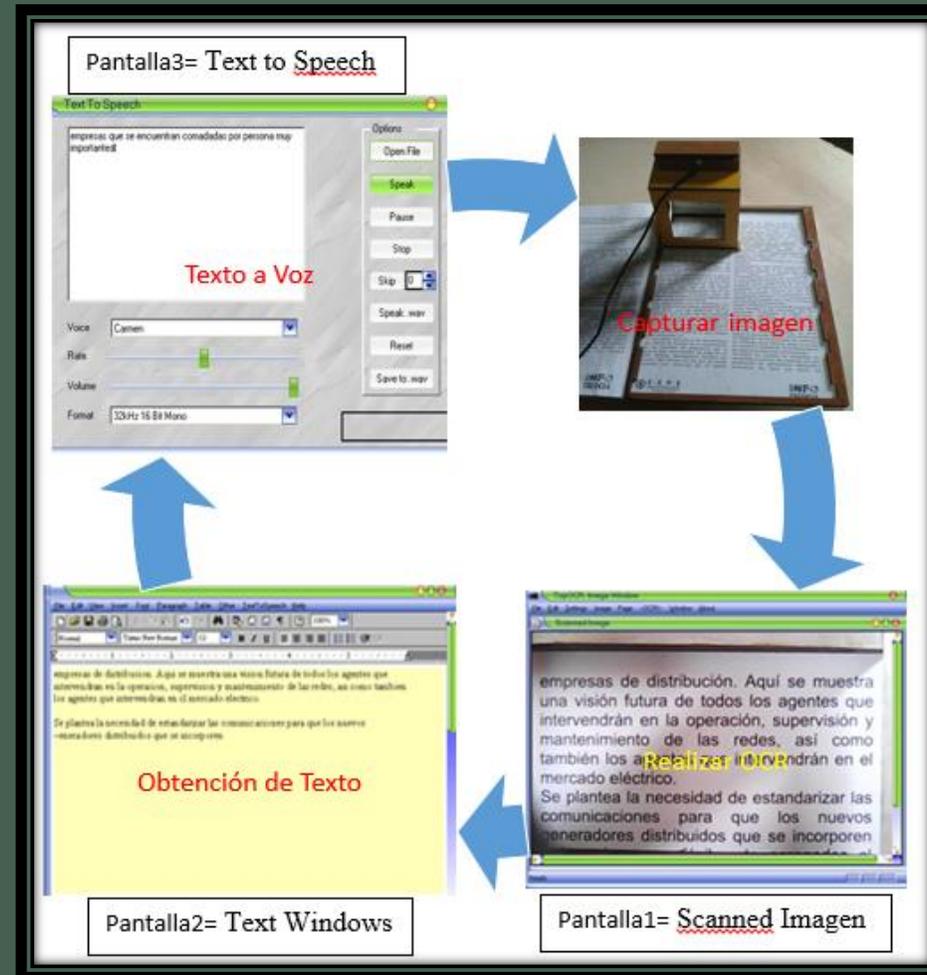


Resultado final

# Diagrama del proceso a seguir



# Proceso de respuesta del dispositivo

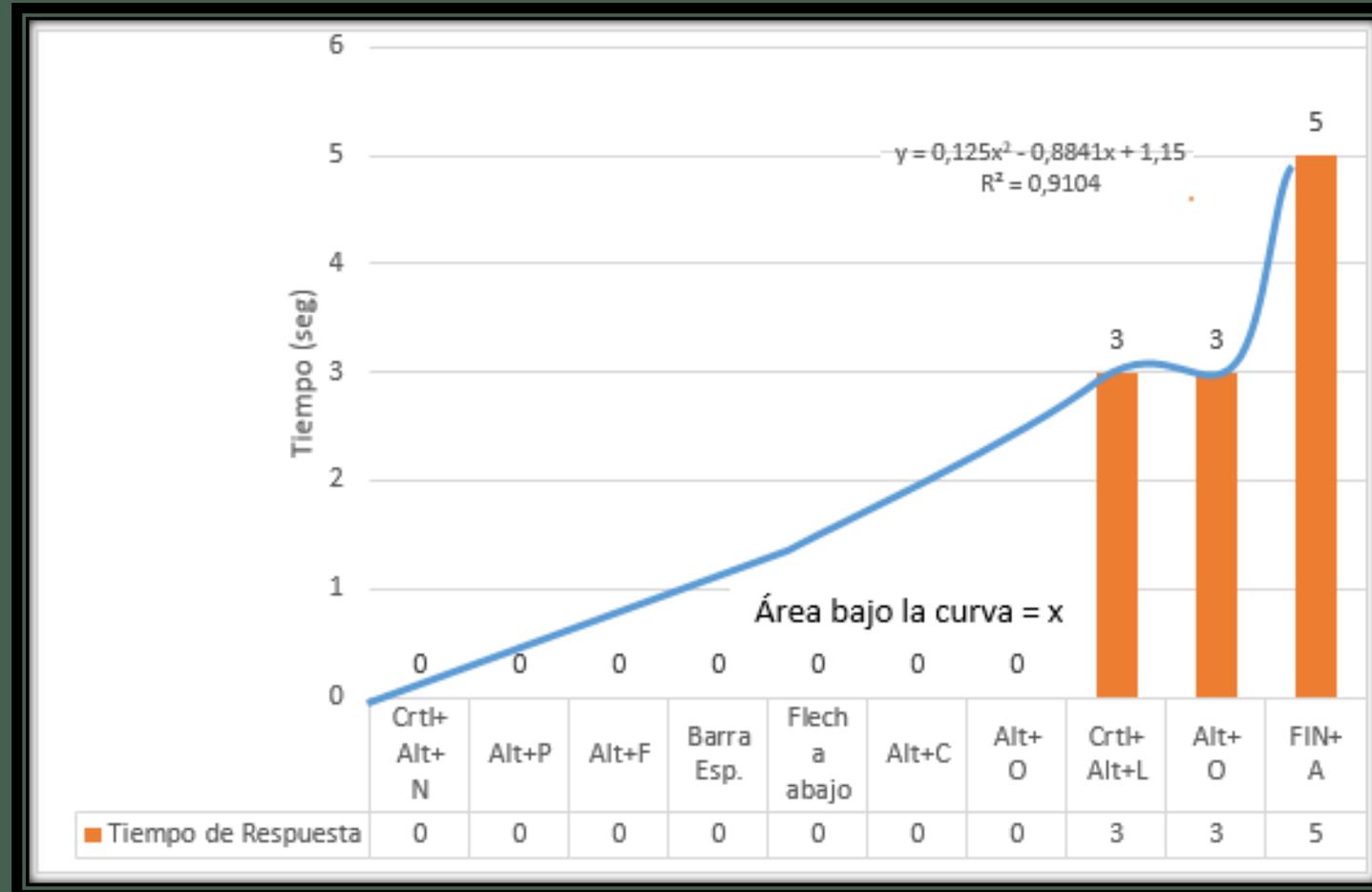


Pruebas del tiempo de respuesta

# Tiempos de respuesta

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

# Datos estadísticos del tiempo de respuesta



# Área bajo la curva

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

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

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

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

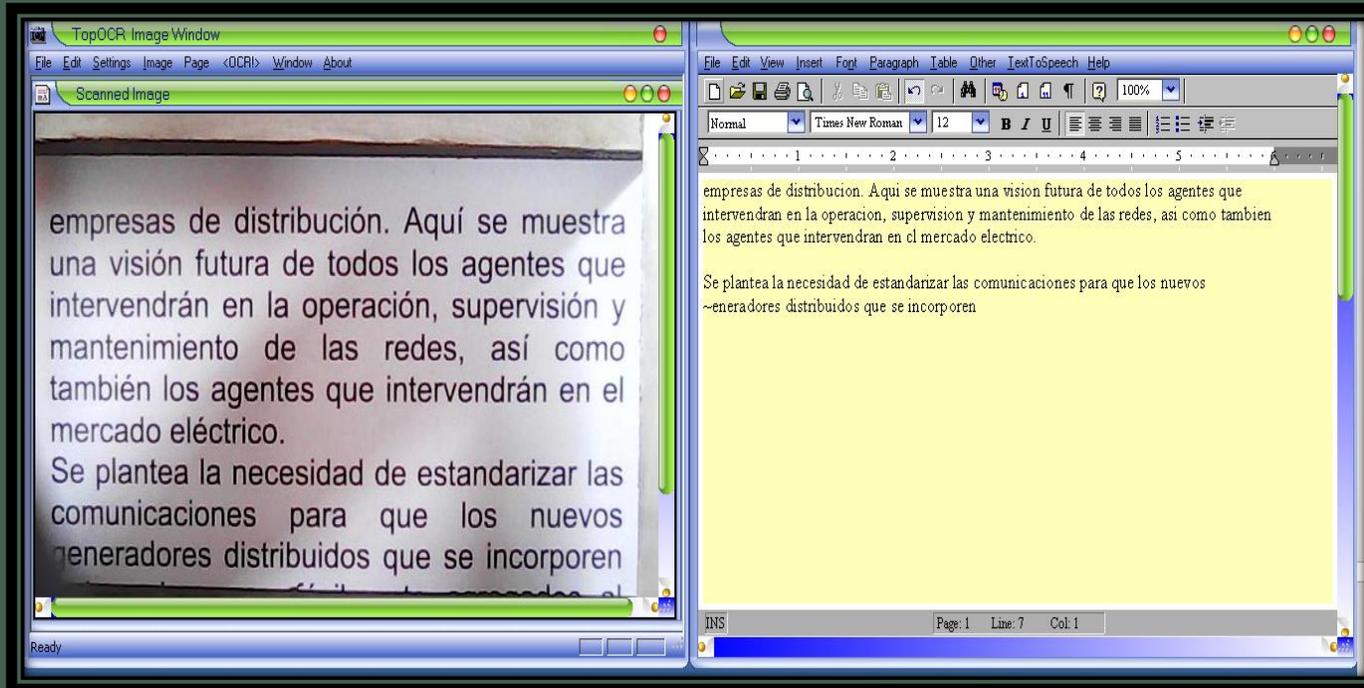
$$A = \int_{x_1}^{x_2} (fx) dx$$

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

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

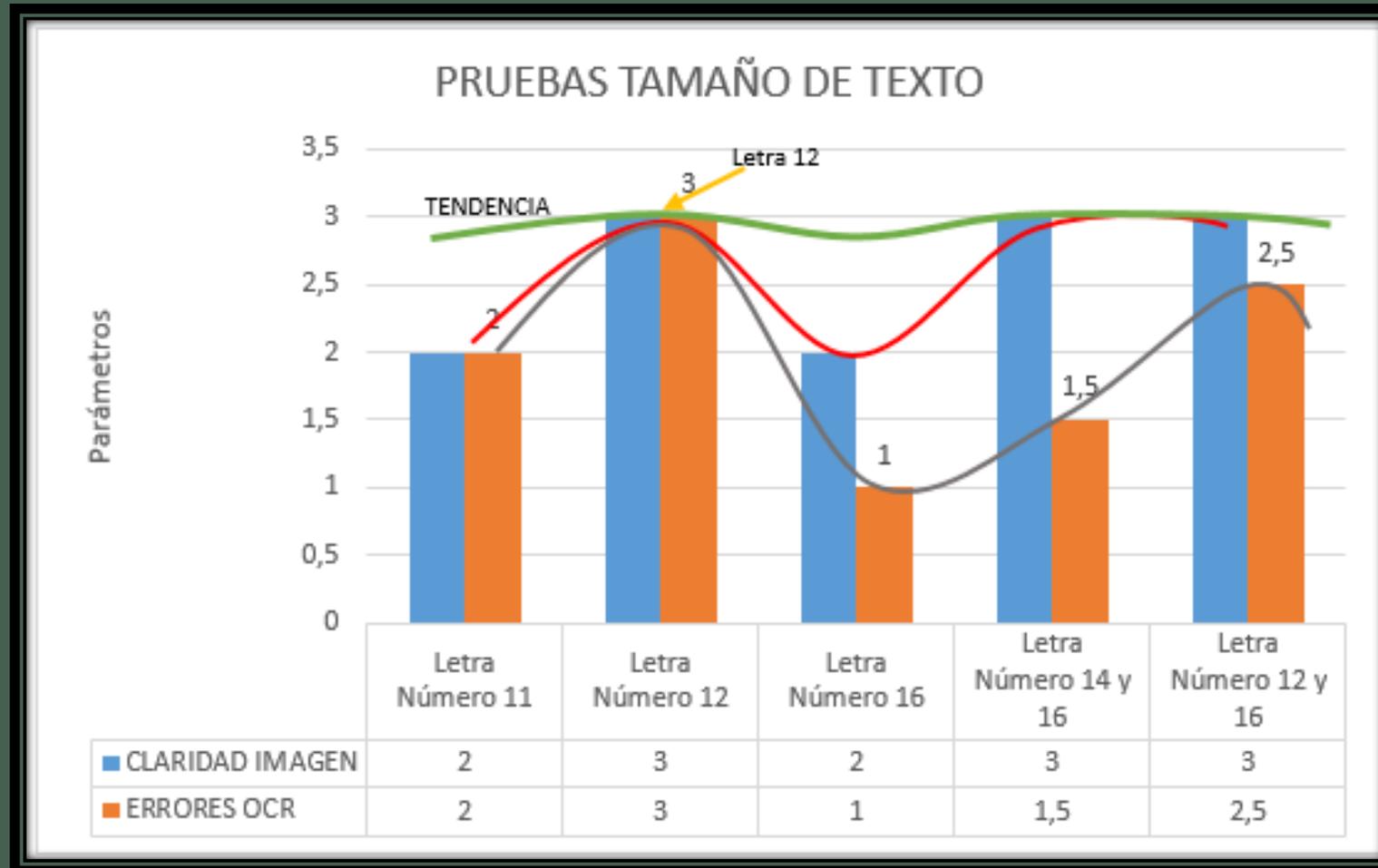
# Pruebas con diferentes textos

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



Resultado de pruebas con textos en letra número 12.

# Datos estadísticos de pruebas con diferentes tiempos



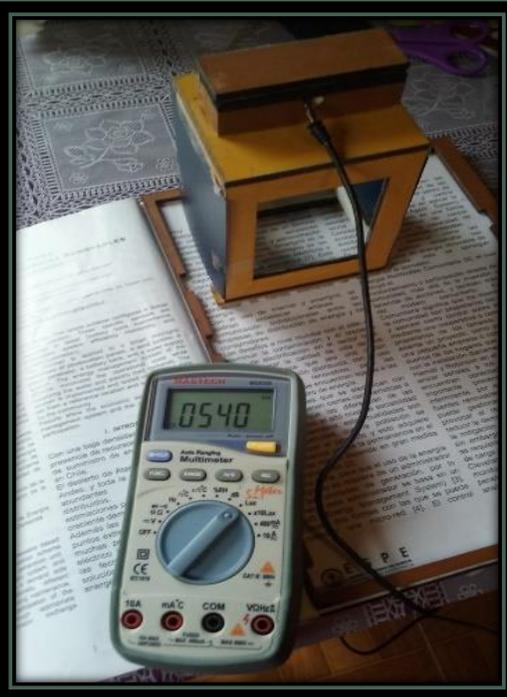
# Pruebas con diferente iluminación

- Niveles recomendados de iluminación por zonas

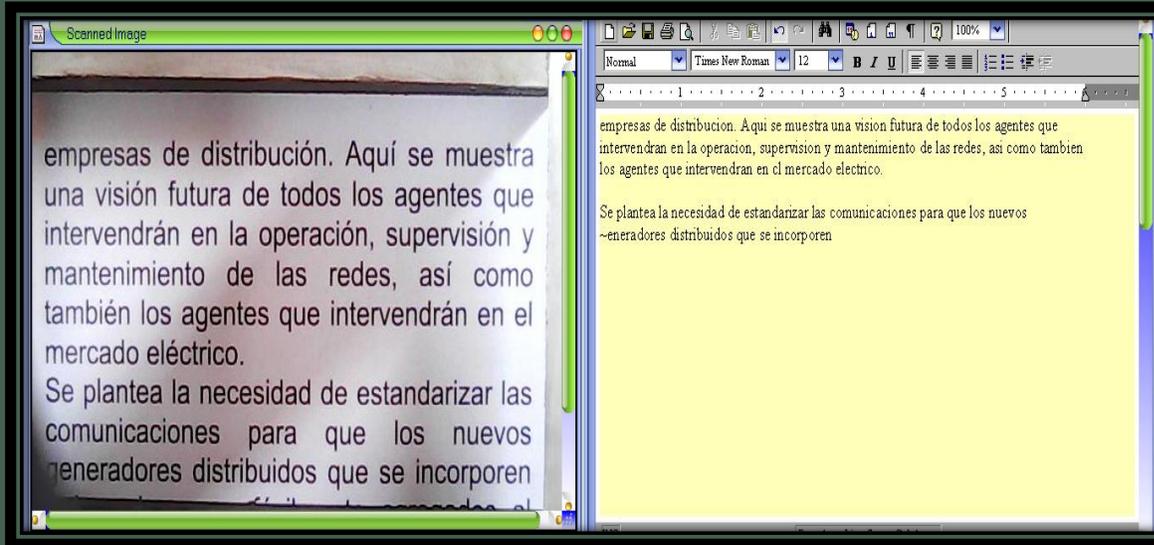
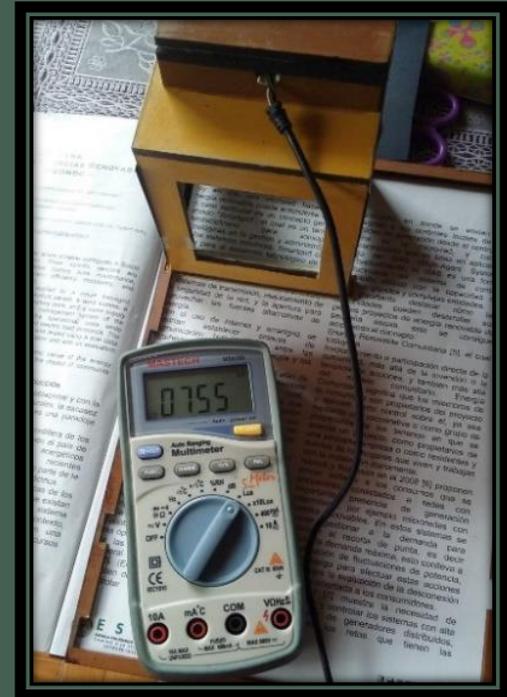
ÁREA	MÍNIMO (LUX)	ÓPTIMO (LUX)	MÁXIMO (LUX)
Aulas y laboratorios	300	400	500
Bibliotecas y salas de estudio	300	500	750
Dormitorios	100	150	200

# Resultados obtenidos de las pruebas de iluminación

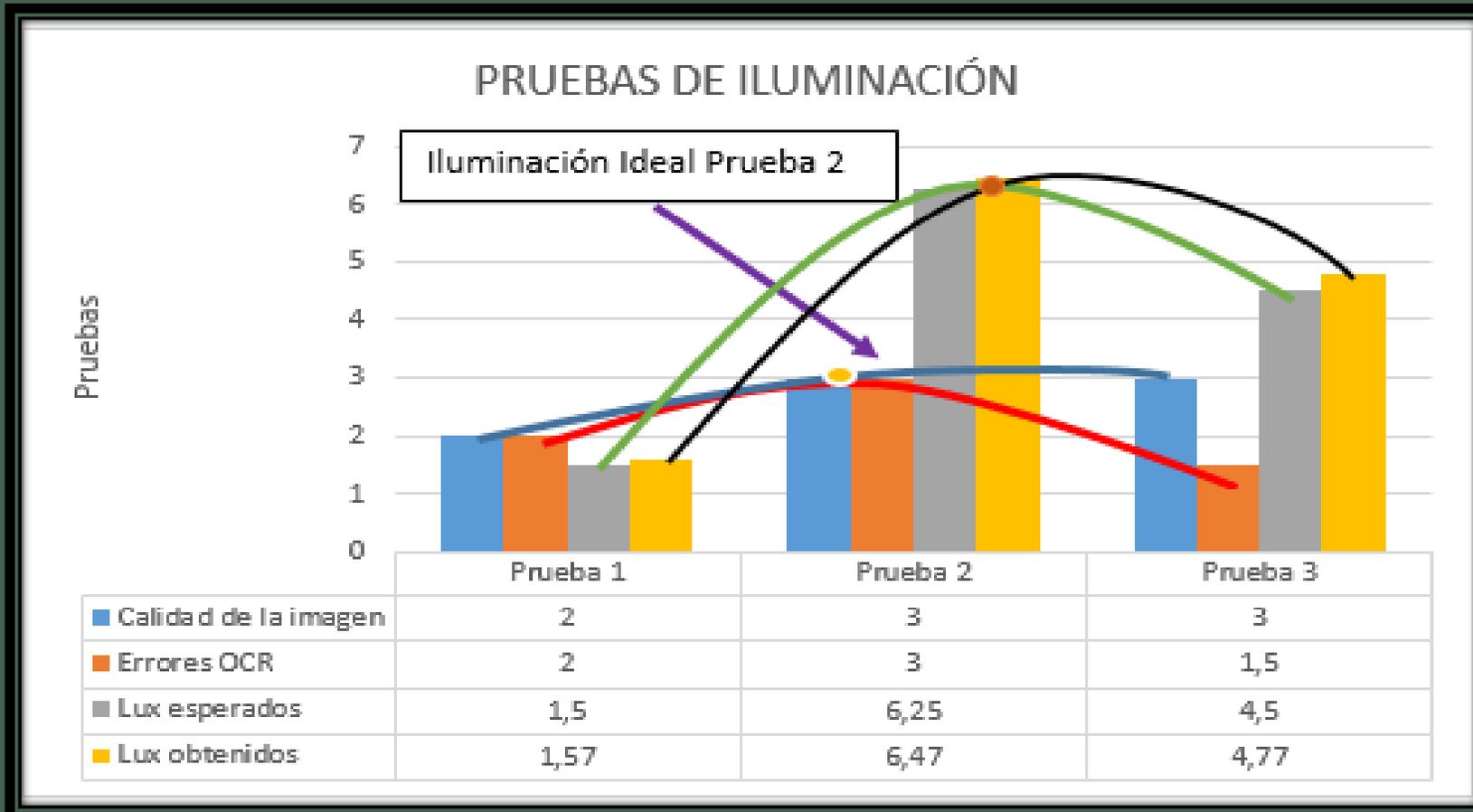
PRUEBAS	CLARIDAD IMAGEN	ERRORES OCR	LUX ESPERADOS	LUX OBTENIDOS
Prueba 1	Buena	Pocos	100-200	118-197
Prueba 2	Excelente	Nulos	500-750	540-755
Prueba 3	Buena	Pocos-Varios	400-500	425-530



La iluminación ideal la encontramos en bibliotecas y salas de estudio

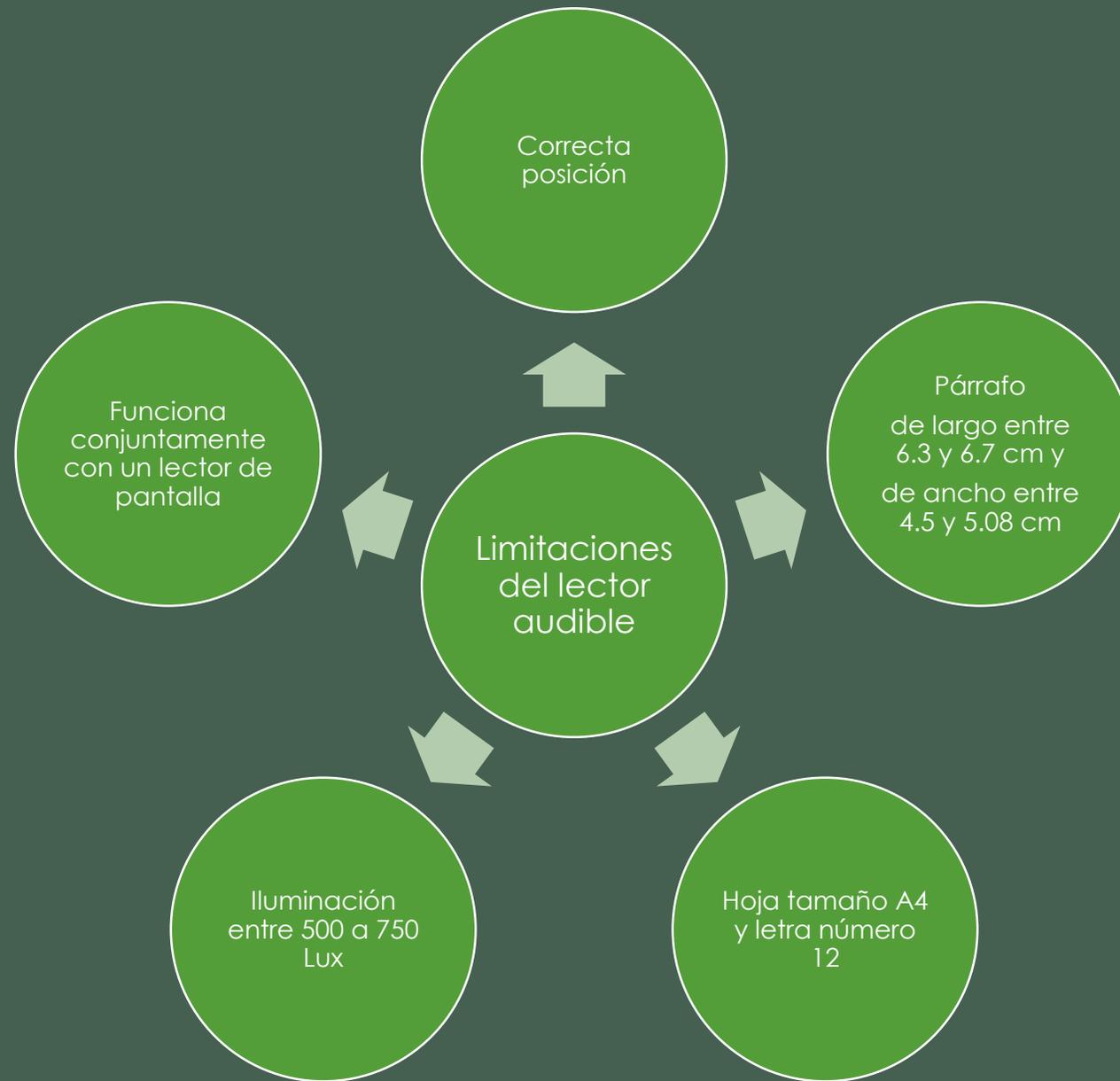


# Datos estadísticos de las pruebas de iluminación



# Pruebas de funcionalidad

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>			



# Validación de la hipótesis

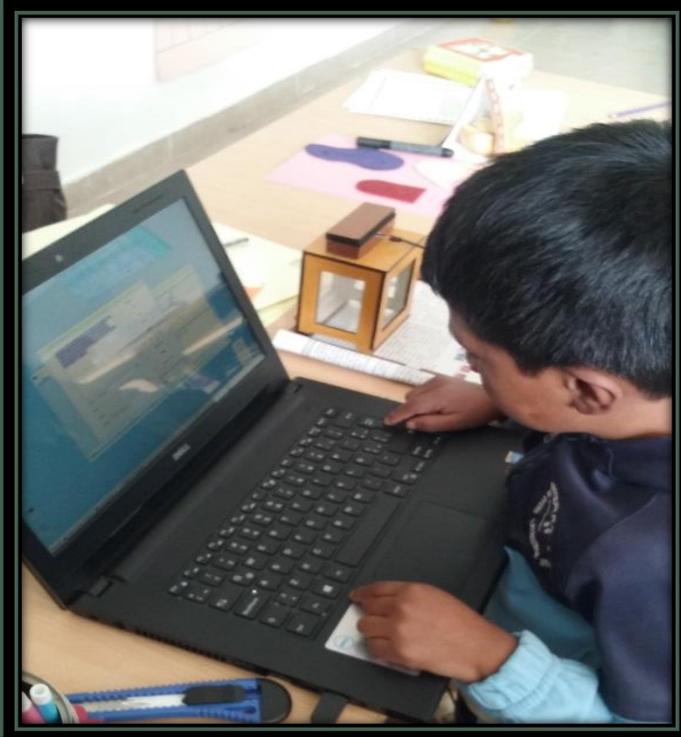
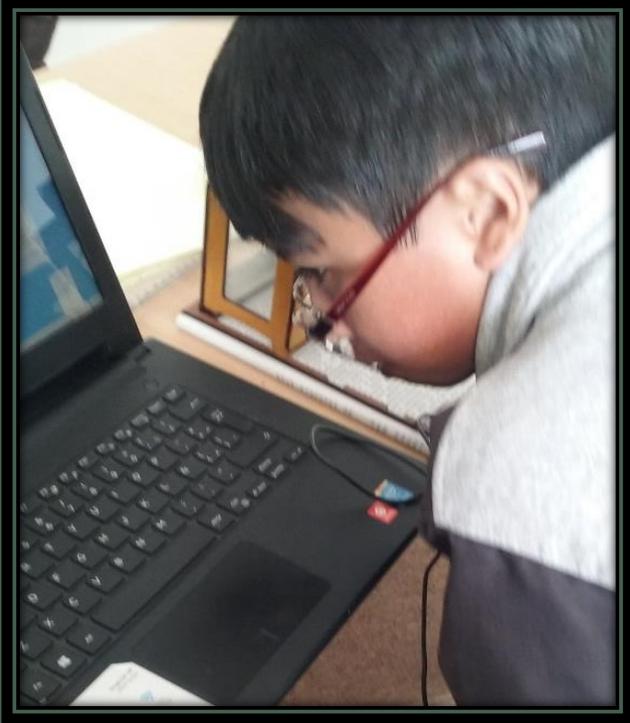
¿Mediante el diseño y construcción de un lector audible podrán las personas con discapacidad visual leer textos planos sin necesidad de que no se encuentren en lenguaje braille?

**Número de muestras necesarias**

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

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

$$\eta = 2.5 = 3$$



# Hipótesis

**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

# Prueba de Chi cuadrado

- 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
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>15</b>

# Valores esperados

$$e_{ij} = \frac{O_i * O_j}{O}$$

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
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>15</b>

# Valor 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

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

$X^2$  Calculado = 19,83

- 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.

$$G_D = (I - 1) * (J - 1)$$

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

$$G_D = 8$$

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190

$X^2$  Calculado >  $X^2$  Tabulado

19,83 > 15,5073

# Análisis de costos

# Costo del 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
<b>TOTAL</b>		910

# Costo-Beneficio

LECTORES AUDIBLES	COSTO
 <p data-bbox="563 721 830 768"><b>Voice Stick</b></p>	<p data-bbox="1577 606 1702 654"><b>2.900</b></p>
 <p data-bbox="555 1159 838 1206"><b>Intel Reader</b></p>	<p data-bbox="1582 1046 1702 1093"><b>1.200</b></p>

# **CAPÍTULO IV**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

# 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.

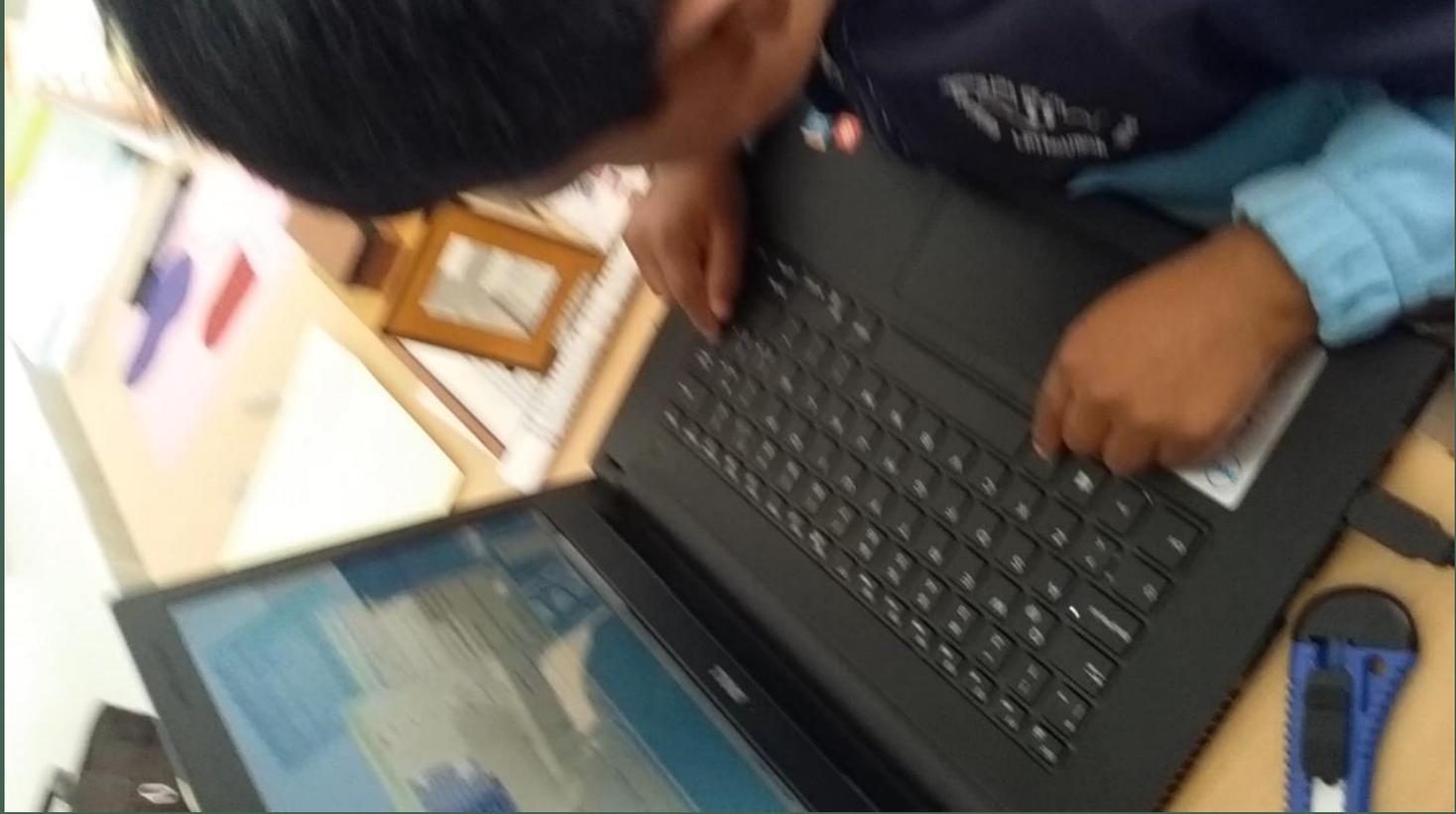
- ✓ El campo de visión que tiene este proyecto es: largo 6,7cm y ancho 5,08 cm, dando de área 34,04 cm, en la cual la cámara puede captar la imagen sin ningún problema, con una resolución ideal de 240 pixeles, siendo este un valor ideal para no mostrar errores en la fotografía capturada.
- ✓ El dispositivo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

# 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  $90^\circ$ , 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.



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**