



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

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

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

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

**TEMA: “INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA UN LECTOR  
AUDIBLE DE TEXTOS DE FÁCIL MANEJO PARA LAS  
PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL MEDIANTE LA  
UTILIZACIÓN DE SOFTWARE LIBRE EN LA BIBLIOTECA DE  
LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE  
EXTENSIÓN LATACUNGA.”**

**AUTOR: ALEX VLADIMIR PILATASIG ESCOBAR**

**DIRECTOR: ING. DARÍO MENDOZA.**

**LATACUNGA**

**2017**



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

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

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA UN LECTOR AUDIBLE DE TEXTOS DE FÁCIL MANEJO PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE LIBRE EN LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA.”** Realizado por el señor **ALEX VLADIMIR PILATASIG ESCOBAR**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar al señor **ALEX VLADIMIR PILATASIG ESCOBAR** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 07 de Agosto del 2017.**

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Ing. Darío Mendoza', escrita sobre una línea horizontal.

**ING. DARÍO MENDOZA**  
**DIRECTOR**



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

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **ALEX VLADIMIR PILATASIG ESCOBAR**, con cédula de ciudadanía número 050380699-4 declaro que este trabajo de Titulación denominado **“INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA UN LECTOR AUDIBLE DE TEXTOS DE FÁCIL MANEJO PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE LIBRE EN LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA.”** 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, 07 de Agosto del 2017.**

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

**ALEX VLADIMIR PILATASIG ESCOBAR**

C.C.: 050380699-4



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

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

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **ALEX VLADIMIR PILATASIG ESCOBAR**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la Biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de Titulación **“INVESTIGACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA UN LECTOR AUDIBLE DE TEXTOS DE FÁCIL MANEJO PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE LIBRE EN LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA.”** Cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 07 de Agosto del 2017.**

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

**ALEX VLADIMIR PILATASIG ESCOBAR**  
C.C.: 050380699-4

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis padres y a mis hermanas. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por mis padres que soy lo que soy en estos momentos. Los amo con mi vida. A mis hermanas que siempre me apoyaron y alentaban en todo momento para que no desmayara y siga adelante con el propósito de alcanzar mis metas y sueños.

***Alex Vladimir Pilatasig Escobar.***

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Santísima Virgen María por cuidarme y protegerme a lo largo de toda mi vida y haberme dado habilidades para superar los obstáculos que se me presentaron en la vida y de mi carrera estudiantil.

Agradezco a mis padres y a mis hermanas por todo su apoyo incondicional en todos los ámbitos de mi vida y haberme dado la oportunidad de tener una educación de excelencia en el transcurso de mi vida. Gracias por ser los mejores padres y hermanas del mundo.

Agradezco por el apoyo, el tiempo dedicado y por los conocimientos brindados por parte de todos mis maestros, especialmente agradezco al ingeniero Vicente Hallo director de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica y al ingeniero Darío Mendoza director de mi trabajo de titulación por toda la colaboración brindada a lo largo de este proyecto.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas y a la Carrera de Ingeniería Mecatrónica por acogerme como estudiante. De todo corazón gracias a los alumnos y maestros de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica por el apoyo y palabras de aliento brindado durante mi percance de salud, ya que más que una carrera somos una familia. Infinitas gracias familia mecatrónica.

Gracias de todo corazón.

***Alex Vladimir Pilatasig Escobar.***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CARATULA.....</b>	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xix</b>

## CAPÍTULO I

<b>PRINCIPIOS TEÓRICOS de INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Presentación .....	1
1.2. Discapacidad visual.....	2
1.3. Situación de los invidentes en Ecuador.....	3
1.3.1. Rehabilitación Física.....	4
1.3.2. Psico rehabilitación .....	4
1.3.3. Educación especial .....	5
1.4. Métodos Educativos .....	5
1.4.1. Sistema Braille .....	5
1.4.2. Tiflotecnología.....	8
1.4.3. Bibliotecas audio-libros .....	10
1.4.4. Dispositivos de lectura .....	11

1.5.	Problemática de los Métodos de Educación para Invidentes .....	12
1.6.	Solución a la problemática .....	14
1.7.	Hipótesis .....	15
1.8.	Lector audible.....	15
1.8.1.	All Reader .....	16
1.8.2.	Galileo.....	17
1.8.3.	Eye Pal Solo .....	18
1.8.4.	Finger Reader .....	20
1.9.	Visión por computador .....	21
1.9.1.	Etapas del Sistema .....	22
1.9.2.	Elementos de la visión por computador .....	23
1.10.	Software libre .....	26
1.10.1.	Libertades .....	26
1.11.	Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) .....	28
1.11.1.	Algoritmo de un OCR .....	29
1.11.2.	Programas con OCR.....	29
1.12.	Convertidor TTS.....	30
1.12.1.	Estructura de un programa TTS.....	30
1.12.2.	Programas TTS.....	31

## **CAPÍTULO II**

	<b>SELECCIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>32</b>
2.1.	Selección del Hardware .....	32
2.1.1.	Selección del sistema embebido.....	32
2.1.2.	Tarjeta de procesamiento Raspberry Pi.....	38
2.1.3.	Selección de la cámara digital .....	41
2.1.4.	Selección de la tarjeta de memoria.....	46



2.1.5.	Sistema de iluminación .....	46
2.1.6.	Selección de la fuente de alimentación.....	47
2.2.	Software de desarrollo .....	48
2.2.1.	Raspbian.....	48
2.2.2.	Debian Jessie.....	48
2.2.3.	Python.....	49
2.2.4.	OpenCV .....	50
2.2.5.	Tesseract OCR .....	50
2.2.6.	Festival Voice.....	51
2.3.	Software de comunicación .....	51
2.3.1.	Advanced IP Scanner .....	52
2.3.2.	Software Putty.....	53
2.3.3.	VNC Viewer .....	54
2.4.	Material para la estructura.....	55
2.5.	Cálculos de diseño .....	56
2.5.1.	Resolución real de la cámara digital .....	56
2.5.2.	Campo visual de la cámara digital .....	56
2.5.3.	Distancia de la cámara al objeto.....	58
2.5.4.	Análisis .....	60
2.6.	Diseño electrónico.....	61
2.7.	Diseño mecánico.....	65
2.8.	Construcción .....	68

### **CAPÍTULO III**

	<b>CONFIGURACIÓN Y DESARROLLO DEL ALGORITMO .....</b>	<b>70</b>
3.1.	Preparación de la tarjeta Raspberry PI .....	70
3.1.1.	Hardware .....	70

3.1.2. Software .....	72
3.2. Instalación del sistema operativo Raspbian Jessie .....	73
3.2.1. Descargas previas .....	73
3.2.2. Montaje de sistema operativo Raspbian Jessie .....	74
3.2.3. Encendido de la tarjeta Raspberry PI .....	75
3.3. Configuración del sistema operativo Raspbian Jessie .....	76
3.3.1. Configuración general .....	76
3.3.2. Configuración Adicional .....	82
3.4. Instalación, configuración y pruebas de la cámara digital .....	83
3.4.1. Instalación y Configuración .....	83
3.4.2. Pruebas de Funcionamiento .....	85
3.5. Instalación, Configuración y Pruebas del Parlante .....	85
3.5.1. Instalación y Configuración .....	86
3.5.2. Pruebas de Funcionamiento .....	86
3.6. Instalación de OpenCV .....	87
3.6.1. Ampliar el Sistema de Archivos .....	87
3.6.2. Instalar las Dependencias del Sistema .....	88
3.6.3. Descargar el Código Fuente de OpenCV .....	90
3.6.4. Instalación del Entorno Virtual CV .....	91
3.6.5. Compilar e Instalar OpenCV .....	94
3.7. Instalación de Tesseract OCR .....	96
3.7.1. Instalación de Dependencias .....	96
3.7.2. Compilación e Instalación .....	97
3.7.3. Funcionamiento .....	97
3.8. Instalación de Festival Voice TTS .....	98
3.8.1. Instalación .....	98
3.8.2. Funcionamiento .....	98

3.9.	Instalación Librerías Adicionales.....	99
3.9.1.	Instalación de la Librería PI Cámara.....	99
3.9.2.	Instalación de la Librería GPIO.....	100
3.10.	Desarrollo del Algoritmo.....	101
3.10.1.	Diagrama de Flujo.....	101
3.10.2.	Librerías.....	103
3.10.3.	Configurar puertos GPIO.....	104
3.10.4.	Estructuras Repetitivas y Condicionales.....	106
3.10.5.	Capturar la imagen.....	107
3.10.6.	Procesamiento de la imagen.....	108
3.10.7.	Aplicación del OCR.....	110
3.10.8.	Aplicación de TTS.....	111
3.11.	Script de programación Python.....	112
3.12.	Ejecutar script al encender el equipo.....	112
3.13.	Instalación del sistema de comunicación SSH y VNC.....	115
3.13.1.	Configuración IP estática.....	115
3.13.2.	Advanced IP Scanner.....	118
3.13.3.	Comunicación SSH.....	118
3.13.4.	Comunicación VNC.....	120

## **CAPÍTULO IV**

	<b>FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>122</b>
4.1.	Operación del dispositivo.....	122
4.1.1.	Encendido del dispositivo.....	122
4.1.2.	Funcionamiento del dispositivo.....	123
4.1.3.	Establecer comunicación remota.....	124
4.2.	Pruebas y análisis.....	128

4.2.1. Pruebas con diferentes tamaños de letras.....	128
4.2.2. Pruebas con tamaños de letras combinados .....	132
4.2.3. Pruebas de texto combinado con imágenes y tablas .....	134
4.2.4. Pruebas con las hojas derechas de un libro .....	136
4.2.5. Pruebas con las hojas izquierdas de un libro.....	138
4.3. Limitaciones de la investigación .....	140
4.4. Validación de la hipótesis.....	140
4.4.1. Promedio Total de error generado .....	145
4.5. Análisis Económico .....	147
4.5.1. Valor del proyecto .....	147
4.5.2. Costo-beneficio .....	148

## **CAPÍTULO V**

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>149</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	149
5.2. RECOMENDACIONES .....	151

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>152</b>
---	------------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>157</b>
--------------------	------------

ANEXO A – Manual de Funcionamiento

ANEXO B - Tabla Chi Cuadrado de Pearson

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estadísticas de Deficiencia Visual en Ecuador.....	3
Tabla 2: Nivel de Puntuación.....	32
Tabla 3: Selección del Adecuado sistema embebido.....	36
Tabla 4: Especificaciones técnicas de la Raspberry pi.....	40
Tabla 5: Selección de la mejor opción de la cámara.....	45
Tabla 6: Selección de la Memoria Micro SD.....	46
Tabla 7: Consumo de energía de la máquina.....	47
Tabla 8 Selección del material para la estructura.....	55
Tabla 9 Credenciales de usuario de la Raspberry PI.....	76
Tabla 10 Comandos de Instalación de Dependencias en la Raspberry PI..	88
Tabla 11 Comandos para descargar el código fuente de OpenCV .....	90
Tabla 12 Comandos de Instalación Para el Entorno virtual.....	91
Tabla 13 Código de actualización del archivo .profile .....	92
Tabla 14 Comandos Para Compilar OpenCV .....	94
Tabla 15 Códigos para la Instalación de Tesseract OCR.....	96
Tabla 16 Librerías requeridas para Python.....	103
Tabla 17 Código IP estática.....	117
Tabla 18 Comandos para activar la comunicación SSH.....	118
Tabla 19 Comandos para activar la comunicación VNC.....	120
Tabla 20 Pruebas con letra número 14.....	129
Tabla 21 Pruebas con letra número 12.....	129
Tabla 22 Pruebas con letra número 10.....	130
Tabla 23 Pruebas con tamaños de letras combinados .....	132
Tabla 24 Pruebas de texto combinado con imágenes y tablas.....	134
Tabla 25 Pruebas con las hojas derechas de un libro .....	136
Tabla 26 Pruebas con las hojas izquierdas de un libro.....	138
Tabla 27 Distribución chi cuadrado de Pearson del proyecto .....	141
Tabla 28 Valor del proyecto de investigación .....	147

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Alfabeto del Método de Aprendizaje Braille .....	6
Figura 2:	Máquina de lectura ALL READER .....	16
Figura 3:	Máquina de lectura GALILEO .....	18
Figura 4:	Máquina de Lectura Eye Pal Solo.....	19
Figura 5:	Máquina de Lectura Finger Reader .....	20
Figura 6:	Etapas del Sistema de Visión por Computador .....	22
Figura 7:	Elementos de la Visión por Computador.....	24
Figura 8:	Sistema de Iluminación para una Cámara .....	24
Figura 9:	Libertades del Software Libre .....	27
Figura 10:	Funcionamiento del OCR.....	28
Figura 11:	Resultado de un OCR.....	28
Figura 12:	Estructura de un OCR.....	29
Figura 13:	Distribución de un programa TTS .....	30
Figura 14:	Tarjeta Odroid C1 .....	33
Figura 15:	Tarjeta Raspberry PI 3 Modelo B.....	34
Figura 16:	Tarjeta Beaglebone Black.....	35
Figura 17:	Características de la Raspberry PI .....	38
Figura 18:	Webcam Logitech C 270 HD .....	42
Figura 19:	Modulo Raspberry PI cámara V 1.3.....	43
Figura 20:	Modulo Raspberry PI Cámara V 2.1 .....	44
Figura 21:	Iluminación lateral.....	47
Figura 22:	Interfaz gráfica de Advanced IP Scanner.....	52
Figura 23:	Interfaz gráfica del Software Putty .....	53
Figura 24:	Interfaz gráfica de VNC Viewer.....	54
Figura 25:	Pixeles por pulgada ideales .....	57
Figura 26:	Lado largo del Campo de visión .....	59
Figura 27:	Lado ancho del campo de visión.....	60
Figura 28:	Conexión de la cámara en la tarjeta Raspberry PI.....	61
Figura 29:	Conexión esquemática de la cámara.....	61
Figura 30:	Conexión del parlante en la Raspberry PI .....	62
Figura 31:	Conexión esquemática del parlante.....	62

Figura 32:	Conexión del pulsador en la tarjeta Raspberry PI.....	63
Figura 33:	Conexión esquemática de todos los elementos.....	64
Figura 34:	Diagrama PCB de las conexiones en la Raspberry PI.....	64
Figura 35:	Primer diseño de la estructura de la máquina.....	65
Figura 36:	Segundo diseño de la estructura de la máquina.....	66
Figura 37:	Mecanismo para detectar el campo visual.....	66
Figura 38:	Ubicación de los dispositivos electrónicos.....	67
Figura 39:	Diseño final de la estructura.....	67
Figura 40:	Estructura de la máquina.....	68
Figura 41:	Montaje de los dispositivos electrónicos.....	69
Figura 42:	Sistema de iluminación.....	69
Figura 43:	Periféricos de entrada y salida de la Raspberry PI.....	71
Figura 44:	Sistema Operativo Raspbian Jessie.....	73
Figura 45:	Interfaz Gráfica SD Card Formatter.....	74
Figura 46:	Interfaz Gráfica Win 32 Disk Imager.....	75
Figura 47:	Configuración del sistema operativo.....	76
Figura 48:	Expansión de los archivos de sistema.....	77
Figura 49:	Menú de la opción Internationalization Options.....	78
Figura 50:	Configuración del idioma.....	78
Figura 51:	Configuración horaria de la Raspberry PI.....	79
Figura 52:	Selección del teclado.....	79
Figura 53:	Configuración de los atajos de teclado.....	80
Figura 54:	Configuración final del teclado.....	80
Figura 55:	Overclock.....	81
Figura 56:	Configuración Avanzada.....	81
Figura 57:	Configuración del escritorio.....	82
Figura 58:	Conexión del módulo de cámara Raspberry PI.....	83
Figura 59:	Comandos para actualizar la Raspberry PI.....	83
Figura 60:	Terminal de comandos de la Raspberry PI.....	84
Figura 61:	Código para configurar la Raspberry PI.....	84
Figura 62:	Habilitación de la cámara.....	84
Figura 63:	Funcionamiento de la cámara.....	85
Figura 64:	Habilitar audio de la Raspberry PI.....	86
Figura 65:	Almacenamiento de la tarjeta Raspberry PI.....	87

Figura 66:	Desinstalar Wólfram.....	88
Figura 67:	Activar el Entorno Virtual .....	93
Figura 68:	Verificar la Instalación de OpenCV .....	95
Figura 69:	PIP no Instalado.....	99
Figura 70:	Funcionamiento del puerto GPIO .....	100
Figura 71:	Diagrama de flujo del algoritmo .....	102
Figura 72:	Puertos GPIO activados .....	105
Figura 73:	Imagen adquirida .....	107
Figura 74:	Imagen mejorada con visión artificial .....	110
Figura 75:	Resultado de la aplicación del OCR .....	111
Figura 76:	Algoritmo de programación.....	112
Figura 77:	Código para el arranque del equipo.....	113
Figura 78:	Configuración de la IP estática del computador.....	116
Figura 79:	Configuración IP estática en la Raspberry PI .....	117
Figura 80:	Interfaz gráfica Advanced IP Scanner.....	118
Figura 81:	Interfaz gráfica de PUTTY .....	119
Figura 82:	Comunicación VNC.....	121
Figura 83:	Encendido del dispositivo .....	122
Figura 84:	Texto a procesar por la máquina de lectura.....	123
Figura 85:	Botón de inicio de funcionamiento .....	123
Figura 86:	Conexión Ethernet .....	124
Figura 87:	Puerta de enlace de la red LAN.....	125
Figura 88:	Direcciones IP de la red LAN.....	125
Figura 89:	Alerta de seguridad PUTTY .....	126
Figura 90:	Solicitud de credenciales de acceso .....	126
Figura 91:	Activación de la comunicación VNC .....	127
Figura 92:	Cifrado y Autenticación de la comunicación VNC .....	127
Figura 93:	Escritorio de la Raspberry PI .....	128
Figura 94:	Porcentaje de error de funcionamiento 1 .....	131
Figura 95:	Porcentaje de Error de funcionamiento 2.....	133
Figura 96:	Porcentaje de Error de funcionamiento 3.....	135
Figura 97:	Porcentaje de Error de funcionamiento 4.....	137
Figura 98:	Porcentaje de Error de funcionamiento 5.....	139
Figura 99:	Distribución chi cuadrada de Pearson .....	144



Figura 100:	Error total de la máquina de lectura .....	145
Figura 101:	Porcentaje de Funcionamiento .....	146
Figura 102:	Eye Pal Solo .....	148

## RESUMEN

Las personas con algún tipo de discapacidad visual se ven segregadas de la sociedad por no poder acceder a la información de documentos impresos, existen dispositivos como el lector audible que permite acceder a la información impresa de algunos documentos, sin embargo, estos dispositivos son demasiados costosos y no existen a la venta en el mercado local conllevando a la exclusión de las personas invidentes de la sociedad. Por tal motivo de acuerdo con los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, en la presente investigación se desarrolla un lector audible el cual permita a las personas con discapacidad visual acceder a la información de documentos impresos, basándose en algoritmos de programación de visión artificial. El lector audible tiene la forma de un escáner aéreo de forma cubica de 30 centímetros el cual consta con un sistema de iluminación, dentro de él se encuentra ubicada una cámara digital la cual captura la imagen del documento que se desea leer, luego la imagen pasa a un mini procesador en el cual mediante algoritmos de programación en lenguaje Python se procesa la imagen utilizando técnicas de visión artificial con el propósito de mejorar las características de la imagen, luego se realiza el reconocimiento óptico de caracteres para encontrar las palabras que existen en la imagen para luego convertir el texto de la imagen a audio sintético. Las limitaciones que posee el lector audible es que puede leer documentos de un tamaño máximo de 29 centímetros de alto por 21 centímetros de ancho, con un tamaño de letra no menor a letra número 10 y evitando procesar documentos con formatos de marcas de agua o con caracteres especiales. Finalmente, de acuerdo al análisis de costo el lector audible realizado es tres veces más económico que un lector audible existente en el mercado.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **DISCAPACIDAD VISUAL**
- **LECTOR AUDIBLE**
- **VISIÓN ARTIFICIAL**
- **TIFLOTECNOLOGÍA**

## **ABSTRACT**

People with some type of visual impairment are segregated from society because they cannot access the information of printed documents, there are devices such as the audible reader that allow access to the printed information of some documents, however these devices are too expensive and Do not exist for sale in the local market leading to the exclusion of blind people in society. For this reason, according to the knowledge obtained throughout the career, the present research develops an audible reader which allows people with visual disabilities to access the information of printed documents, based on artificial vision programming algorithms. The audible reader has the form of an aerial scanner of cubic form of 30 centimeters which consists of a lighting system, inside it is located a digital camera which captures the image of the document to be read, then the image passes To a mini processor in which, using Python programming algorithms, the image is processed using artificial vision techniques for the purpose of improving the image characteristics, then the optical character recognition is performed to find the words that exist in the image Image to then convert the text of the image to synthetic audio. The limitations of the audible reader are that it can read documents of a maximum size of 29 centimeters high by 21 centimeters wide, with a font size not less than letter number 10 and avoiding processing documents with watermark formats or with special characters. Finally, according to the cost analysis, the audible reader is three times cheaper than an audible reader in the market.

## **KEYWORDS**

- **VISUAL DISABILITY**
- **AUDIBLE READER**
- **ARTIFICIAL VISION**
- **TYPHLOTECHNOLOGY**

# CAPÍTULO I

## 1. PRINCIPIOS TEÓRICOS DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Presentación

En el presente proyecto se desarrolla la investigación e implementación de un Sistema de visión artificial para un lector audible de fácil manejo para las personas con discapacidad visual. Y así puedan acceder a la información de documentos impresos de uso diario.

En el capítulo I se recopila los principios teóricos de investigación en donde se analiza la situación y métodos de educación que tienen las personas con discapacidad visual, además se analiza algunos conceptos referentes a la visión artificial y a los lectores audibles.

En el capítulo II se aborda la selección de los materiales y dispositivos a utilizar en la presente investigación, así también como se realiza tanto el diseño electrónico como mecánico del lector audible y se determina los cálculos de diseño necesarios para realizar la construcción física del lector audible.

En el capítulo III se desarrolla tanto la instalación como la configuración de los dispositivos electrónicos y los softwares de programación, para luego desarrollar el script de programación con el cual va a funcionar el lector audible.

En el capítulo IV está detallado el funcionamiento del lector audible, se realizan las pruebas de funcionamiento con su respectivo análisis para determinar las limitaciones del lector audible y realizar la validación de la hipótesis de la investigación.

En el capítulo V se detalla las conclusiones y recomendaciones recopiladas durante el desarrollo de la investigación, las cuales serán de gran ayuda para futuras investigaciones.

Finalmente se incluyen las referencias bibliográficas que sustentan el desarrollo de la presente investigación y profundizan los conceptos del proyecto.

## **1.2. Discapacidad visual**

Las personas con una deficiencia visual son aquellas quienes solo pueden percibir la luz de las cosas, o también quienes han perdido en su totalidad el sentido de la visión, quienes tienen una deficiencia visual solo tiene la oportunidad de obtener conocimientos mediante el método Braille, al percibir la luz de los objetos, ellos pueden orientarse y movilizarse, pero con dificultad. (Rosales , Moretti, & Palomino, 2005)

Este problema es muy antiguo, tanto que constan datos de la existencia de seres humanos con discapacidad visual a lo largo de la historia de la humanidad en diversos pueblos y culturas: como en Grecia, pero en gran parte de las situaciones esta discapacidad es sinónimo de actividades como el limosneo, lo que conlleva a la discriminación y por consiguiente son exclusión de la humanidad limitando así sus derechos para obtener una vida normal y plena.

La facultad de leer y escribir no son actividades realizadas por quienes padecen de la ausencia del sentido visual, por lo tanto se puede decir que la presencia de personas invidentes empieza alrededor del año 1825 donde se inventa el método Braille, el cual permite a quienes tienen una deficiencia visual acceder a medios intelectuales de conocimiento y comunicación, con el propósito de relacionarse con los demás seres humanos, los invidentes con frecuencia pasan por problemas psicológicos los cuales conllevan a afectar la relación y el trato con quienes conviven diariamente en su entorno cotidiano, por eso es imprescindible tratarlos como a cualquier otra persona normal.

### 1.3. Situación de los invidentes en Ecuador.

Existe alrededor de 363.000 personas con una discapacidad visual registradas en el estado Ecuatoriano, pero la cifra real puede ser mayor ya que muchas personas no están registradas por el desconocimiento de la existencia de entidades como el Conadis, en Cotopaxi están registradas aproximadamente 1300 personas invidentes, de donde el 50% está en el sector de Latacunga donde muchas de estas personas no pueden acceder a los servicios de recuperación y peor aún a la educación, causando así discriminación por parte de la sociedad. (CONADIS, 2010). Ver (tabla 1)

**Tabla 1:**

#### Estadísticas de Deficiencia Visual en Ecuador

	TIPO DE DEFICIENCIA VISUAL	PORCENTAJE %	CANTIDAD DE PERSONAS
1	Ceguera unilateral	26	94.380
2	Ceguera profunda	55	199.650
3	Deficiencia visual de colores	4.5	16.335
4	estrabismo	7.8	28.31
5	Ojo seco, infecciones	6.7	24.321

**Fuente:** (CONADIS, 2010)

No obstante, en el Ecuador las leyes constitucionales, establecen la inclusión educativa como un derecho para quienes padecen de una discapacidad, comúnmente quienes padecen de una deficiencia visual son marginadas y rechazadas por las demás personas debido a su situación física, conllevando a la discriminación y exclusión de la colectividad.

Para que las personas invidentes puedan reintroducirse a sus labores cotidianas, es fundamental que tengan acceso a servicios de rehabilitación como son la rehabilitación física, rehabilitación psicológica y medios educativos de aprendizaje.

La investigación se orienta en una actividad de rehabilitación la cual es la educación especial, porque busca crear un dispositivo para quienes tienen una discapacidad visual puedan acceder a la información impresa de documentos de uso cotidiano.

### **1.3.1. Rehabilitación Física**

Quienes padecen de una discapacidad visual ya sea debido a causas naturales o por accidentes, siempre tienen que poder acceder a actividades de recuperación, donde se incluyan estrategias para que puedan realizar sus labores cotidianas de una manera más independiente, comprendiendo que la rehabilitación debe ser un cúmulo de procesos realizados por personas calificadas, para que quienes tienen una discapacidad visual puedan desenvolverse en las distintas actividades cotidianas, alcanzando así su autonomía habitual para conseguir una mejor forma de vida.

La rehabilitación física trata de distintas estrategias así también como el adecuado uso del bastón con el propósito que puedan desplazarse de forma independiente a cualquier lugar, además con la rehabilitación física se estimula el tacto y el oído, logrando así detectar y conocer los diversos objetos que están cerca de las personas invidentes, y a su vez reconocer los diversos sonidos de peligro o alerta, salvaguardando así su vida.

### **1.3.2. Psico rehabilitación**

Una actitud de respeto es lo principal que se debe tener presente, desde el momento en que se presenta una discapacidad visual, y no se debe limitar las capacidades que poseen, por consiguiente, hay que alentarles y enseñarles los caminos para que alcancen lo que desean.

Es trascendental que una persona con baja visión conozca que tiene el apoyo incondicional de quienes están a su alrededor, ya que estas personas suelen caer en un estado de depresión debido al hecho de su condición, y por el rechazo o discriminación de las demás personas, por tal motivo se brinda ayuda psicológica con el propósito que tengan un buen estilo de vida, conociendo las limitaciones que poseen.

### **1.3.3. Educación especial**

Tener acceso al conocimiento mediante la educación es primordial a fin que las personas invidentes puedan tener una vida con autonomía, ya que comúnmente se ven aislados de los diversos ámbitos de la vida como: los culturales, educativos y sociales. Por su condición pierden facultades intelectuales y de aprendizaje, siendo así excluidos del ámbito educativo de la humanidad.

Actualmente existe una gran variedad de métodos informáticos los cuales permiten a las personas invidentes tener acceso al conocimiento, como es el sistema de enseñanza Braille, herramientas Tiflotecnológicas, o incluso con material de tipo audible, sin embargo, estas tecnologías aun no logran desarrollarse completamente.

## **1.4. Métodos Educativos**

Muchos programas informáticos tratan de suplir las limitaciones que tiene una persona con algún problema visual, en programas tradicionales como los lectores de PDF se incluyen utilidades, como es "leer el archivo", la cual toma el texto del archivo y la convierte en audio.

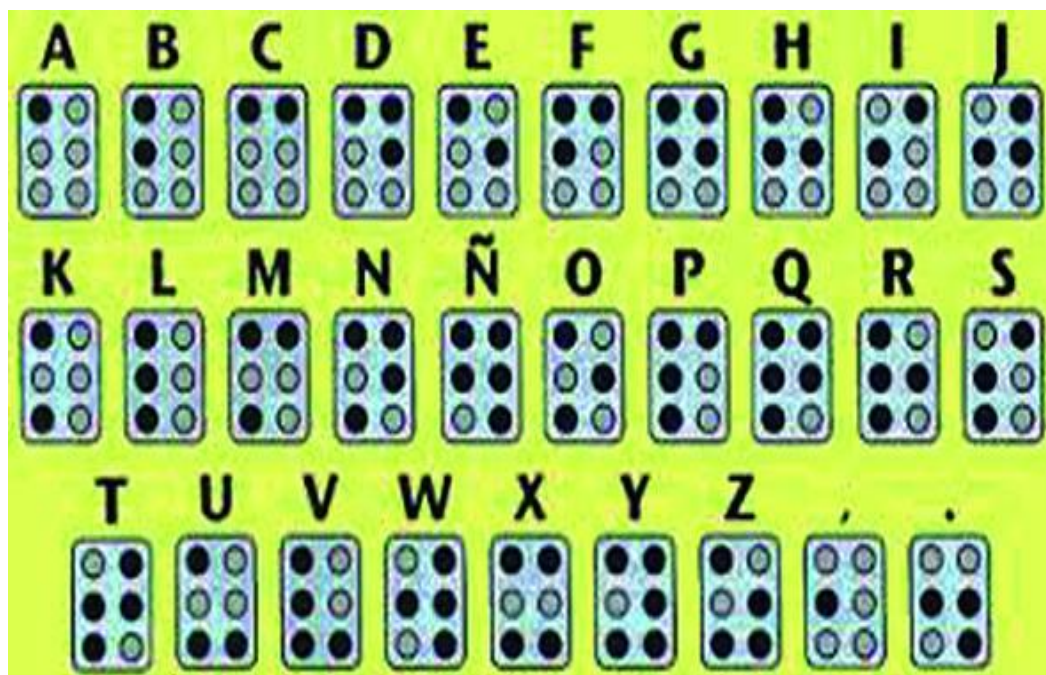
Igualmente, en los softwares informáticos, existen métodos y sistemas que permiten a la persona invidente acceder a la información como es el método Braille, e incluso dispositivos electrónicos de lectura con los cuales las personas reciben la información de documentaciones impresas.

### **1.4.1. Sistema Braille**

En principios del año 1825 una persona llamada Luis Braille elabora una técnica con la cual la persona que posee una discapacidad visual, pueda acceder a medios educativos, actualmente el método es conocido por el nombre del creador y es la principal forma de aprendizaje que tiene quienes presentan una discapacidad visual, para acceder al conocimiento y así pertenecer a los espacios educativos de la sociedad. (ONCE, 2017)



El presente sistema es un alfabeto ideado principalmente para quienes padecen de discapacidades visuales, el cual consta de un conjunto de 6 puntos sobrepuestos en el papel, mediante una combinación de estos puntos, se representa una letra o un número del alfabeto convencional, a la que se exhibe en la (figura 1).



**Figura 1: Alfabeto del Método de Aprendizaje Braille**

**Fuente:** (ONCE, 2017)

El método Braille es un alfabeto, más no un idioma, Este alfabeto se forma al combinar dos columnas por tres filas de puntos, los cuales normalmente se interpretan desde el lado superior hacia la inferior y desde el lado izquierdo hacia la derecha del documento, la codificación de los símbolos se forma acorde a la cantidad de puntos en alto relieve de dicha matriz, con la estructura de estos puntos se obtiene 64 diferentes combinaciones diferentes.

La enseñanza del método Braille, es un procedimiento de lo más funcional; empezando de lo más fácil como la identificación de la matriz y sus diversas combinaciones, hasta asemejar el reconocimiento de signos, palabras complejas y frases extensas.

En la enseñanza del método de aprendizaje Braille, existen dos enfoques relativamente diferentes; primeramente, el cual es dirigido a la persona invidente, que empiezan a conocer este sistema al inicio de su alfabetización, y por consiguiente el otro enfoque va dirigido a personas ya alfabetizadas, las cuales pierden la visión en un determinado momento de su vida.

El primer enfoque, es con referencia a los infantes y a quienes padecen de una deficiencia visual y no están alfabetizadas, el aprendizaje es muy similar a la alfabetización que tiene una persona o niño normal con la dificultad adicional de aprender a identificar los signos del método de aprendizaje Braille conforme van avanzando con su alfabetización, para ello una persona especializada en la instrucción del sistema Braille ayuda a adiestrar el tacto en el Braille, mientras avanzan con su alfabetización ordinaria.

En la instrucción del método de aprendizaje Braille, para los adultos existen unas connotaciones muy diferentes a las utilizadas en los niños. Por eso es inadecuado utilizar el término alfabetización, pues en la totalidad de casos son personas que tenían la plena facultad de poder escribir y leer antes de presentar su problema visual, también ocurre que en algunas situaciones las personas están inmersas en un profundo ámbito académico, en donde siguen estudiando, pero hay ocasiones en donde quienes tienen una discapacidad visual son funcionalmente analfabetas, por la falta grave del sentido visual utilizado para estas actividades, entonces es inadecuado utilizar el término alfabetización, por lo tanto es recomendable aplicar el término aprendizaje.

En el instante de emprender la enseñanza del sistema Braille, se empiezan a evidenciar las dificultades como son el temor a fracasar, la carencia de habilidades para el estudio, o la baja autoestima al estar incapacitados para valerse por sí mismos, entonces la persona invidente tienen que presentar un mayor esfuerzo en el aprendizaje; además hay que considerar que la rapidez con que se escribe y se lee en el método de aprendizaje Braille es sumamente lenta, esto se debe a las persona

invidentes utilizan el tacto a diferencia de quienes se guían por medio del sentido visual.

### **1.4.2. Tiflotecnología**

La expresión Tiflotecnología, viene de la palabra griega Tiflo que significa (ciego), la cual es incorporada al Registro de la Real Academia de la Lengua en el año 2008, donde se define a la Tiflotecnología como el “estudio de la adaptación de procedimientos y técnicas para la utilización por las personas invidentes y con discapacidad visual”. (Doménech Riera, 2010)

La Tiflotecnología se determina como el conjunto de técnicas, conocimientos y recursos encaminados a procurar a los ciegos y deficientes visuales los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología con el fin de favorecer su autonomía personal y plena integración social, laboral y educativa. (Morales & Berrocal, 2003)

Por Tiflotecnología se comprende que es una agrupación de conocimientos y técnicas, utilizados con el fin de crear recursos para que quienes padecen de un problema con el sentido visual puedan acceder a medios tecnológicos de uso diario, la humanidad se halla en la época de los medios informáticos donde las técnicas de la información y comunicación (TIC) son muy importantes en el progreso propio de las personas, por tal motivo quienes padecen de una deficiencia visual tienen que poseer un buen manejo de las nuevas tecnologías existentes.

No obstante, una gran cantidad de los servicios tecnológicos que existen a la venta, no son de fácil manejo para gran parte de personas con deficiencia visual, en varios casos se requiere realizar una adaptación específica a dichos dispositivos para evitar que dichos inconvenientes no sean una desventaja al momento de utilizarlas.

Por consiguiente, la Tiflotecnología, consiste en la adaptación y manejo de las nuevas tecnologías de comunicación e información para la adecuada utilización de las personas invidentes.

Como material tiflotecnológico se comprende todo dispositivos tecnológicos dirigidos especialmente a quienes padecen una incapacidad visual, desde los más básicos y fáciles hasta los más complejos de utilización, los cuales se dividen en 2 grupos que son los equipos específicos y los equipos adaptados.

### **Equipos específicos**

Son aquellos programas informáticos que facilitan al invidente el acceso al contenido de información que se encuentra en un computador o algún otro dispositivo electrónico, como son: los audio libros y los magnificadores de pantalla.

### **Equipos adaptados**

Aquellos que tienen la habilidad de conectarse a un computador e intercambiar información para la enseñanza a quienes padecen de una discapacidad visual; también tienen la habilidad de trabajar individualmente, como son los dispositivos de audio descripción, grabadoras de voz, dispositivos parlantes de lectura.

De acuerdo a estos dos grupos de dispositivos electrónicos para personas con deficiencia visual, se obtiene una gran cantidad de dispositivos los cuales según el centro para la investigación, desarrollo y aplicación de Tiflotecnología (CIDAT), son los siguientes:

- Impresoras en sistema Braille
- Sintetizadores estándar de voz
- Reconocimiento óptico e inteligente de caracteres
- Dispositivos en línea Braille
- Convertidores de texto a sonido
- Software magnificador de pantalla
- Anotadores electrónicos
- Dispositivos adaptados para discapacidad visual
- Dispositivos de audio descripción

### 1.4.3. Bibliotecas audio-libros

Las bibliotecas audio – parlantes son aquellas en las que en lugar de libros comunes, se encuentra libros leídos en diversos formatos, estos pueden ser MP3 o libros grabados en 2 o 4 pistas con voz humana, y en el formato DAYSI, es un formato especializado para ayudar a leer a quienes padecen de una deficiencia visual, el mejor ejemplo de estas bibliotecas está en Quito, que es la Biblioteca Nacional para Ciegos ESPE. (Rosales , Moretti, & Palomino, 2005)

La habilidad para la lectura, que tiene las personas sin una discapacidad visual, es muchas veces echada de menos, pero para quienes padecen de una discapacidad visual esta habilidad es un obsequio del cielo, el cual lo perdieron y muchos de nosotros no lo sabemos valorar. Sin embargo, mediante los audiolibros ahora se puede acceder a un gran cúmulo de textos en este formato, para los invidentes este es un regalo que han recibido gracias a la tecnología, por cualquier motivo que hayan perdido su visión, por un accidente o posean esta deficiencia de nacimiento, tienen el derecho de educarse. Ahora lo pueden hacer gracias al audio libro, eliminando así los paradigmas que existen con relación a la discapacidad visual.

En las bibliotecas de audio libros se consigue encontrar un gran número de libros, los cuales son grabaciones de un libro físico en forma de audio, esto facilita a las quienes padecen de una deficiencia visual puedan acceder a la información de una diversidad de libros y disfrutar de su contenido en audio.

Estos libros se los puede encontrar en varios formatos, y presentaciones como son: en casetes, CD e incluso en MP3, los cuales incluso pueden ser obtenidos desde internet, los audio libros son de suma utilidad para personas discapacidad visual, que perdieron su visión por un accidente o por una enfermedad, ya que ellos ya son alfabetizados, además se los puede adquirir fácilmente porque se los puede conseguir en una librería y también se puede obtenerlos desde el internet directo al computador.

Otro formato en que están presentados los audio-libros, es en formato DAISY, es diferente al formato de los CD, y está diseñado especialmente para que la navegación por el audio-libro sea se suma facilidad, los documentos en este tipo de formato le permiten al invidente desplazarse fácilmente, de acuerdo a lo que necesite ya sea por oraciones, páginas o secciones; incluso este formato tiene la facilidad de adelantar o retroceder al punto de la lectura que desee, o ya sea pausar, reproducir o repetir el fragmento de la lectura requerida, tiene la facilidad de usar marcadores lo que permite señalar la parte donde se detiene la lectura, o marcar una determinada cita que le ha gustado. Para reproducir este formato se requiere programas informáticos especiales, los cuales se los pueden encontrar fácilmente en el internet y además son gratuitos.

#### **1.4.4. Dispositivos de lectura**

Los dispositivos de lectura están diseñados especialmente para quienes padecen de alguna deficiencia visual, son dispositivos que sirven para leer documentos impresos los cuales engloban en si varios componentes, constan de un escáner portátil que incluye una pequeña cámara que captura una fotografía y la procesa inmediatamente por medio del (OCR) que significa Reconocimiento Óptico de Caracteres, se conecta por entrada USB a cualquier computador bajo entorno Mac o Windows, y esa conexión es la única fuente de poder que requiere, tras el escaneo del texto, el software permite escuchar inmediatamente en audio sintético los textos impresos.

Esta tecnología está creada especialmente para quienes padecen problemas de baja visión o tiene una deficiencia visual, en donde quienes tienen una deficiencia visual seleccionan un libro y colocan la página del libro que desean escuchar sobre la máquina, entonces dicha máquina adquiere una imagen de la página, y la procesa con el objetivo de convertir la imagen en texto, para luego presentarla al usuario en forma de audio, se la puede adquirir en diferentes idiomas según el requerimiento del usuario, estos dispositivos son muy intuitivos ya que están diseñados específicamente para personas invidentes.

Según la denominación de Reconocimiento óptico de Caracteres (OCR), se describe a los programas o softwares con la habilidad de interpretar la digitalización de un documento la cual es efectuada mediante un escáner. Al terminar este proceso la información es presentada en forma de audio sintético por uno de los periféricos de salida que posee el dispositivo, el proceso de trabajo de estos dispositivos es muy complejo y además muy práctico y funcional, y se lo presenta continuación:

1. Digitalización del documento: para este proceso se emplea una cámara fotográfica o un dispositivo para escanear de buena resolución, la cual enviará la información al computador.
2. Reconocimiento óptico de caracteres (OCR): esto se emplea para la transformación de la fotografía a texto, esto es desarrollado completamente mediante programación del dispositivo OCR.
3. El computador interpreta la información procesada, recibe la información del texto por medio de los periféricos de entrada de datos y envía la información al sintetizador de voz, para que convierta la información del texto a audio sintético.
4. Conversión texto a voz: de igual forma, que con el Reconocimiento Óptico de Caracteres esto se realiza mediante la programación del dispositivo, lo cual convierte el texto obtenido con el OCR a voz utilizando programa informático.
5. El periférico de salida recibe la información procesada por el computador y lo envía a un dispositivo reproductor de audio, para ser escuchado por la persona Invidente.

### **1.5. Problemática de los Métodos de Educación para Invidentes**

Las personas reciben aproximadamente el 83% de la información mediante la vista, por tal motivo los problemas visuales influyen mucho en los labores y actividades que los seres humanos efectúan habitualmente, pero quienes padecen una deficiencia visual tienden a desarrollar otros sentidos como el sentido auditivo, ya que estudios revelan que quienes padecen de una deficiencia visual tienen a tener una mayor capacidad para escuchar.

Por tal motivo el desarrollo humano por medio de la información y comunicación, en especial de los grupos segregados crea un amplio campo de estudio, los problemas y dificultades de quienes padecen de una deficiencia visual es la que da riqueza y valor a esta investigación, al punto de plantear y elaborar una herramienta que ayude a los invidentes en el acceso a la información de documentos impresos como libros.

Hoy en día el acceso a medios educativos para personas invidentes es bastante amplio, pero a la vez limitado, pues pueden hacerlo mediante audio libros o mediante el método de aprendizaje Braille, pero el problema surge cuando el documento impreso no existe en el lenguaje de aprendizaje Braille o el individuo invidente no conoce el Braille, es ahí cuando las personas invidentes se quedan segregados al acceso de la información y consecuentemente, excluidos de los demás seres humanos.

Para cualquier persona es fundamental la superación educativa, por lo tanto no es diferente para quienes padecen de una deficiencia visual, por eso existe la ayuda de entidades especializadas en educación especial, que les guían para que puedan conseguir su bachillerato, pero la educación universitaria no está considerada para esta ayuda, en vista de que en la totalidad de las bibliotecas de los centros universitarios solo poseen documentos impresos, en otros países existen máquinas de ayuda para la lectura, permitiendo a las personas invidentes obtener la información de los documentos y archivos impresos tradicionales, lamentablemente en el estado Ecuatoriano no existen estas máquinas por el alto costo que conlleva adquirirlas y mantenerlas.

Con el interés de elaborar una alternativa informativa integral que facilite el acceso al conocimiento y educación de las personas invidentes se requiere diseñar, construir e implementar un dispositivo de lectura para documentos impresos en la Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, esta investigación permitirá que quienes padezcan de una deficiencia visual tengan acceso a información de documentos impresos COMUNES Y/O TÉCNICOS, CARTAS permitiéndoles acceder a un mayor conjunto de información y no sintiéndose excluidos.



## 1.6. Solución a la problemática

El presente proyecto busca diseñar y construir un dispositivo de lectura para documentos impresos la cual será de fácil utilización para quienes padezcan de una deficiencia visual, así estas personas tendrían acceso a un gran conjunto de documentos impresos de uso cotidiano por las personas.

Considerando los conocimientos obtenidos en toda la carrera estudiantil y los fundamentos de visión artificial se pretende utilizarlos en el presente proyecto, la máquina a desarrollar es similar a un escáner aéreo con la apariencia de una lámpara de escritorio de forma cuadrada y las dimensiones aproximadas serán de 65 cm de largo, 50 cm de ancho y con una altura de 70 cm. En la base del dispositivo se estima colocar los textos a ser leídos, los botones para la operación de la máquina se prevé ubicarlos en la parte de superior y la cámara junto con el mini procesador se estima colocarlos a una elevación aproximada de 40 cm.

Además, con el propósito de mejorar la iluminación de la máquina de lectura y así obtener mejores características de las imágenes adquiridas se necesita elaborar una caja de iluminación.

Se procede a ubicar el texto en la base del dispositivo de lectura, al presionar un determinado botón el dispositivo empieza a efectuar la captura de la imagen, para luego enviar la imagen a un mini procesador el cual tiene que ser compatible para trabajar con librerías utilizadas en visión artificial, en donde el programa ya cargado se encargará de procesar la imagen y convertirla en audio sintético, el programa mencionado tomará la imagen, la centrará y la alineará automáticamente, ya que estos factores son importantísimos en el instante de procesar una imagen.

Como la totalidad de los textos vienen impresos a color se procede a cambiar la imagen a escalas de grises, lo cual ayuda a acelerar el procesamiento de las imágenes, al cambiar la imagen al formato escala de grises tan solo se ocupa una matriz a diferencia que a color se utiliza tres matrices para el procesamiento.

También se procederá aplicar operaciones morfológicas para mejorar las características de la fotografía y así obtener un mejor resultado del procesamiento digital, una vez obtenida la información del texto en la fotografía se procede a cambiarlo a voz, para eso se utiliza un software sintetizador de voz el cual es de uso libre, y así quienes padezcan de una deficiencia visual puedan acceder a la información de algunos documentos impresos.

La investigación apunta a la construcción de una máquina estática que debe ser de fácil uso y un adecuado funcionamiento para las personas invidentes, se realizan pruebas de la máquina de lectura con documentos impresos que permita comprobar si se necesita efectuar algún ajuste adicional que para mejorar a la investigación.

### **1.7. Hipótesis**

Para verificar el correcto funcionamiento del proyecto se necesita elaborar una hipótesis de investigación, la cual se desarrolla utilizando la solución del problema de investigación, tomando en cuenta este punto la hipótesis de investigación se presenta a continuación:

¿Se mejorará la capacidad de acceder a mayor cantidad de información impresa existente de manera sencilla para las personas no videntes, mediante la investigación e implementación de un lector audible?

Para validar la presente hipótesis de investigación se necesita de métodos de validación cuantitativos, ya que se necesita verificar la cantidad de palabras que puede procesar correctamente la máquina de lectura y así determinar si se cumple o no la hipótesis de investigación.

### **1.8. Lector audible**

Es un aparato el cual es capaz de capturar la información de un texto impreso, ya sea mediante fotografías o escáner, entonces convierte la imagen en texto y posteriormente pasa la información a audio.

### 1.8.1. All Reader

All Reader ofrece la solución más completa con respecto a con otras máquinas de lectura audible, ya que ofrece una solución profesional e integral, y además de fácil manejo, mediante este dispositivo las personas invidentes pueden acceder al conocimiento de documentos impresos; como revistas, libros o archivos digitalizados; como son los archivos de audio, texto, o en formato DAYSI, los cuales son reproducidos con una voz natural y muy clara a través de la utilización de softwares informáticos de reproducción de audio. (VER, 2013)

En presente dispositivo, ALL READER tiene una gran variedad de funciones, como es reproducir archivos en formato DAYSI, es un método de verbalización de medios digitales, además este dispositivo permite borrar y crear documentos en audio, escuchar los archivos ya mencionados, está integrado con un dispositivo de escaneo el cual le permite digitalizar la imagen tomada de los documentos impresos, además posee la opción de copiar y formatear archivos en un CD. (VER, 2013). Ver figura (2)



**Figura 2: Máquina de lectura ALL READER**

**Fuente:** (VER, 2013)

Actualmente ALL READER presenta su nueva versión, la número cuatro, la cual cuenta con teclas etiquetadas con el método Braille, y posee el disco duro con capacidad de 250 GB, el cual presenta las siguientes características.

## **CARACTERÍSTICAS (VER, 2013)**

- Reproduce textos y archivos en tres idiomas, que son: alemán, francés, e inglés
- Funciona independientemente sin la utilización de un computador
- Puede reproducir muchos formatos, como son: el formato DAYSI, en texto reproduce (.txt, .xls, .doc, .pdf, .rtf), y en audio (.cda, .mp3, .wav).
- El usuario invidente no necesita tener habilidades informáticas, y tampoco el apoyo de otra persona
- Es posible conectarle dispositivos de salida, porque consta de dos puertos USB y uno para leer DVD
- Tamaño de papel A4 a B6
- No procesa documentos escritos a mano
- Tiene soporte y capacitación en español
- La velocidad para procesar la información es de alrededor 30 segundos por página

### **1.8.2. Galileo**

El dispositivo Galileo funciona de forma autónoma al computador, en este dispositivo se integran un escáner, OCR y un software sintetizador de voz, con este se digitaliza el texto, entonces se realiza el Reconocimiento óptico de caracteres y luego se transmite la información en voz clara, en diferentes idiomas. Para la operación de este dispositivo no se requiere amplios conocimientos de informática, solo se debe encender el dispositivo, colocar el texto sobre el cristal del dispositivo y esperar por un período de medio minuto, luego de aquello el dispositivo por si solo empezará a leer en voz clara el documento escaneado, los archivos digitalizados pueden ser verbalizados de inmediato, o se los puede guardar, ya sea en la memoria de almacenamiento del dispositivo, o se los puede enviar hacia otro dispositivo. (SENSE, 2002), El dispositivo se presenta en la figura (3).



**Figura 3: Máquina de lectura GALILEO**

**Fuente:** (SENSE, 2002)

### **CARACTERÍSTICAS (SENSE, 2002)**

- Máximo reconocimiento de 300 caracteres por segundo
- Máximo Tamaño del documento hasta (21.21\*36.25) centímetros.
- Permite la lectura en varios idiomas como: inglés, español, alemán, francés e italiano
- Suministro de alimentación entre (100 a 205) voltios
- Posee periféricos de salida como: puertos serial, puertos de salida de audio y puertos USB
- Tiene una velocidad de procesamiento de 10 segundos por página
- Memoria de 9 Gb, para acumular los archivos
- Tiene soporte y capacitación en español

### **1.8.3. Eye Pal Solo**

Es una máquina autónoma a diferencia de Eye pal OCR, el cual necesita conectarse a una computadora para realizar sus funciones, ambos realizan las mismas funciones, sin embargo, Eye pal OCR es más básico y compacto, se puede llevarlo y operarlo en cualquier lugar, siempre que exista un computador para conectarlo, no se necesita tener grandes conocimientos informáticos para operarlo, por consiguiente, es ideal para quienes padecen de una deficiencia visual.

La velocidad de escaneo es de 20 páginas en un minuto, lee de forma inmediata una gran variedad de documentos impresos, lo cual hace de este dispositivo muy versátil, fácil y rápido de manejar, además guarda los registros en formatos (.TXT y .MP3), puede conectarse a un monitor para magnificar los escaneos realizados e incluso guarda los archivos finales en un USB. (freedom Scientific, 2017). Ver figura (4)



**Figura 4: Máquina de Lectura Eye Pal Solo**

**Fuente:** (freedom Scientific, 2017)

**CARACTERÍSTICAS** (freedom Scientific, 2017)

- De fácil configuración y manejo, no necesita computador
- Transforma texto a audio con voz natural
- Escanea 20 páginas cada minuto, las lee inmediatamente
- Guarda documentos en formato (.txt y .mp3)
- Ligero y con dimensiones pequeñas (9 \* 11) pulgadas
- Máximo Tamaño del documento hasta (21.21\*36.25) centímetros
- Trabaja con diferentes tipos de idiomas como: español, inglés, alemán, francés e italiano
- Muy ligero y portable

### 1.8.4. Finger Reader

Finger Reader es una máquina con la apariencia de un anillo, el cual posee una cámara, la misma que procesa el texto mientras el invidente recorre el su dedo por el texto, la clave para el funcionamiento no es la cámara, sino su muy avanzado algoritmo, que es apto para identificar las letras que se señalan con el dedo y convertirlas en audio, este dispositivo tiene la capacidad de corregir la distorsión que se genera sobre la imagen, mientras se desliza el dedo por el texto; está preparado para distinguir la línea del texto por donde está deslizándose, gracias a una método el cual consiste en anillos, los cuales mediante vibración indican la dirección por donde el dedo debe deslizarse. (Zahumenszky, 2015). Ver figura (5)



**Figura 5: Máquina de Lectura Finger Reader**

**Fuente:** (Zahumenszky, 2015)

Los creadores de este dispositivo son investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts conocido por sus siglas (MIT), los cuales han anunciado que actualmente solo se ha construido un modelo de un tamaño bastante considerable, el cual debe estar interconectado con un computador para que el dispositivo pueda funcionar, adicionalmente explican que en futuras investigaciones, se buscará hacer el dispositivo más pequeño y cómodo de llevar a cualquier lugar, además se busca hacer al dispositivo compatible con los sistemas operativos (SO) de los principales smartphone existentes en el mercado.

## 1.9. Visión por computador

La visión por computador es un campo del procesamiento digital de señales que permite obtener, procesar y analizar la información de una fotografía. La labor de la visión artificial es dar las facultades necesarias para que una máquina pueda tomar decisiones del ambiente exterior de trabajo basándose en la información obtenida, la cual viene del procesamiento digital de las imágenes adquiridas por un aparato de captura de imágenes, con el propósito que la máquina tome decisiones sin la necesidad que un ser humano intervenga en la decisión del proceso. (Velez, Moreno, & Sanchez , 2003)

La visión artificial está fundamentada en la adquisición de la imagen de un objeto físico, para luego ser procesada digitalmente en dos dimensiones, con la ayuda de un controlador (computador), para obtener ciertas propiedades de la imagen adquirida y así brindar la capacidad al controlador de optar por una respuesta mediante las características de la imagen. Actualmente esta tecnología se aplica a diferentes procesos de diferentes usos como: científico o militar, ampliándose su aplicabilidad en la industria, se usa en la automatización de procesos de inspección que anteriormente lo realizaban los humanos, esto es gracias a que se obtiene un menor índice de error con referencia a los humanos, esta tecnología es considerada como un segmento de la inteligencia artificial y es apropiada para realizar tareas visuales repetitivas, fatigosas para una persona, especialmente si dichos procesos demandan una alta velocidad o un elevado precio de manipulación.

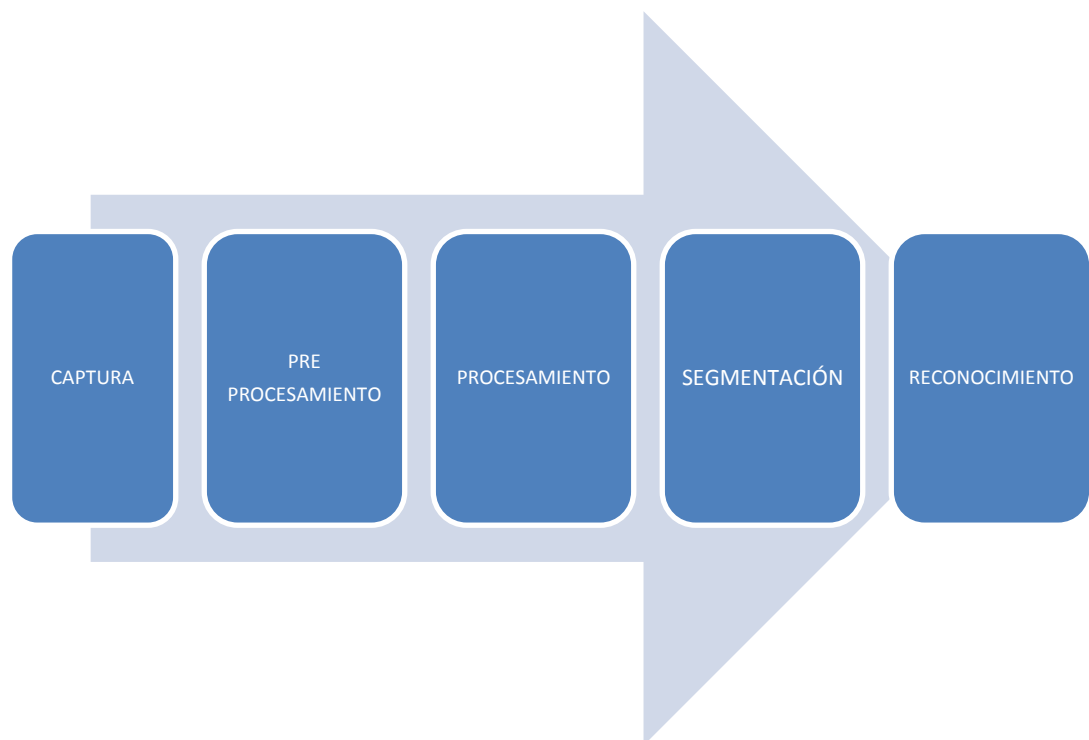
### **CARACTERÍSTICAS**

- Su procesamiento lo realiza en formas o bordes.
- Analizan en tonos de color.
- No se requiere el contacto con el elemento a analizar.
- Puede analizar objetos en movimiento.
- Poseen alta velocidad de procesamiento.
- Trabajan automáticamente.



### 1.9.1. Etapas del Sistema

Los procesos de visión artificial buscan emular y simular la forma de funcionamiento de la visión humana, como es adquirir la imagen mediante niveles de luz, enviarlas a procesar en cerebro y luego tomar la decisión para una determinada acción, de igual manera trabajan los procesos de visión artificial; adquiere imágenes mediante una cámara, para luego enviarlas a un computador para que realice el procesamiento de la información de la imagen y así tomar una decisión sobre determinada acción a realizar por un actuador u otro dispositivo de actuación final; el proceso se divide en cinco etapas y se representa en la figura (6).



**Figura 6: Etapas del Sistema de Visión por Computador**

**Fuente:** (Velez, Moreno, & Sanchez , 2003)

#### **Captura**

Es la etapa en la que se adquiere la imagen digital de un objeto, mediante la utilización de un dispositivo de captura de imágenes con un determinado sensor, generalmente se utilizan cámaras digitales con el afán de digitalizar la imagen.

## **Pre procesamiento**

Es el tratamiento previo al procesamiento de la fotografía, se lo realiza para mejorar las características de dicha fotografía, para ello se utilizan una variedad de técnicas como es el uso de filtros de imagen y operaciones morfológicas de visión artificial.

## **Procesamiento**

Consiste en aplicar técnicas matemáticas a la imagen, para adquirir ciertas propiedades que se necesitan y así tomar una determinada decisión sobre el proceso.

## **Segmentación**

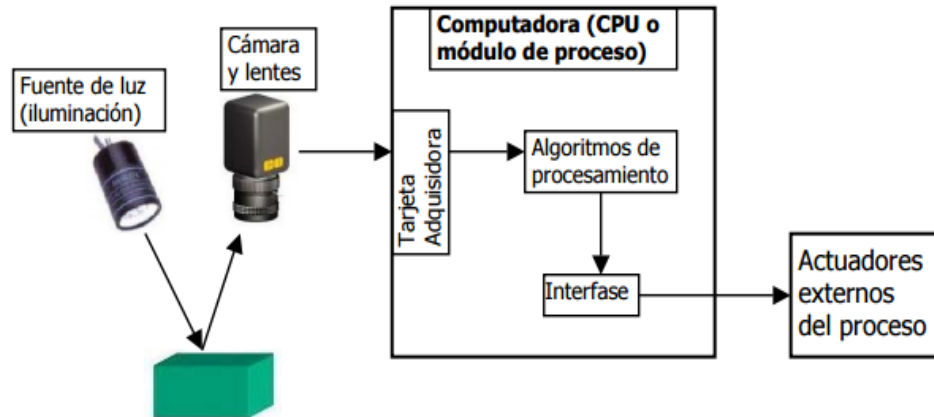
Esta etapa radica en extraer los datos obtenidos del procesamiento de la fotografía, se separa la información más importante o más relevante de la fotografía.

## **Reconocimiento**

Consiste en obtener los datos adquiridos al momento de segmentar la imagen procesada, para analizar las características que se encuentran en la imagen, con el propósito que se obtenga una decisión coherente.

### **1.9.2. Elementos de la visión por computador**

La visión por computador busca obtener la información visual del mundo exterior, con el propósito de sacar las características más relevantes de la imagen, para ello se utilizan varios procesos de programación, y conocimientos de informática, mecánica y tratamiento de la información industrial. Por esto es que las técnicas de visión artificial integran varios elementos, para su adecuada utilización: como son sistemas de captura de imágenes, periféricos para computadores, y controladores para el trabajo del procesamiento de la imagen, por tal razón deben estar muy bien especificados los componentes de la visión artificial, en la figura (7) se indican los elementos de la visión por computador.



**Figura 7: Elementos de la Visión por Computador**

**Fuente:** (Velez, Moreno, & Sanchez , 2003)

### Iluminación

La iluminación es posiblemente el factor más importante en la visión artificial, ya que el mismo debe proporcionar una iluminación uniforme, la cual debe funcionar de manera autónoma y no debe variar con las condiciones del medio exterior, con fin de facilitar la extracción de las características más notables de la imagen a utilizar, dependiendo de la aplicación donde se vaya a ocupar, en la figura (8) se indica un sistema de iluminación común.



**Figura 8: Sistema de Iluminación para una Cámara**

**Fuente:** (Velez, Moreno, & Sanchez , 2003)

Las variaciones luminosas, el sistema lo detecta como variaciones del objeto a analizar, es por eso que es fundamental conseguir una iluminación estable y óptima, la cual magnifique el contraste y disminuya las sombras del objeto analizado, procesar una imagen de mala calidad debido a una inadecuada iluminación, ralentiza el proceso debido a que se deben aplicar algoritmos para corregir la fotografía, sin embargo no se logra obtener un buen resultado, aumentando así el error final del sistema.

### **Cámaras y lentes**

Para la correcta selección de las cámaras y su lente, se debe considerar factores importantísimos como: el área entre el objeto y el lente de la cámara, ya que, al ser una distancia considerablemente amplia, se debe seleccionar un dispositivo de altas prestaciones, otro elemento muy trascendental es el capó visual que posee la cámara.

Son las delegadas para capturar la imagen de los objetos del mundo exterior y enviar los datos a un procesador (computador), en forma de una imagen digital, existen una infinidad de cámaras que son de uso analógico o digitales, las cuales se escogen por las características que se desea obtener del objeto a analizar.

### **Tarjetas de captura (adquisición)**

Las tarjetas para capturar la imagen son quienes se encargan de transferir la imagen obtenida con la cámara hacia un procesador (computador), para que este pueda realizar el debido procesamiento de la imagen, generalmente se utiliza los routers, quienes comunican la cámara con el computador.

### **Algoritmo de proceso**

Es el principal elemento ya que es la etapa inteligente del sistema, la función es aplicar distintos algoritmos de procesamiento para así obtener una respuesta sobre las propiedades de la imagen y así tomar una decisión adecuada.

## **Procesador (computador)**

Es el ente encargado del trabajo de procesamiento, el cual para lograrlo ejecuta los algoritmos diseñados previamente por el desarrollador del algoritmo, el proceso puede ser realizado por un computador, mini procesador o cámaras inteligentes, que son elegidas de acuerdo a las necesidades del sistema.

## **Actuadores externos**

Son los dispositivos encargados de realizar la acción final tomada por el procesamiento de la imagen, los cuales se representan en un monitor, salidas de audio o el control de algún dispositivo mecánico o eléctrico, según el proceso del sistema.

### **1.10. Software libre**

Son programas informáticos gratuitos utilizados como una alternativa para no utilizar los sistemas operativos habituales como Windows, donde se consigue cambiar y añadir líneas de código a su algoritmo fuente según los requerimientos de los consumidores, además tanto su código principal como sus modificaciones, son distribuidas libremente y sin impedimentos económicos y tampoco de usuario.

En esta clase de programas informáticos se utilizan 4 reglas o como se las denomina libertades, las cuales hacen referencia a los derechos de las libertades del usuario, si estas reglas no se cumplen el programa no es más que un software de uso privativo.

#### **1.10.1. Libertades**

Las libertades de un programa de uso libre permiten al usuario utilizar los softwares informáticos de manera libre y gratuita, ver figura (9).

##### **Libertad 0**

Esta libertad hace referencia al uso libre del software, como cada usuario desee utilizar el código fuente sin restricciones.

### Libertad 1

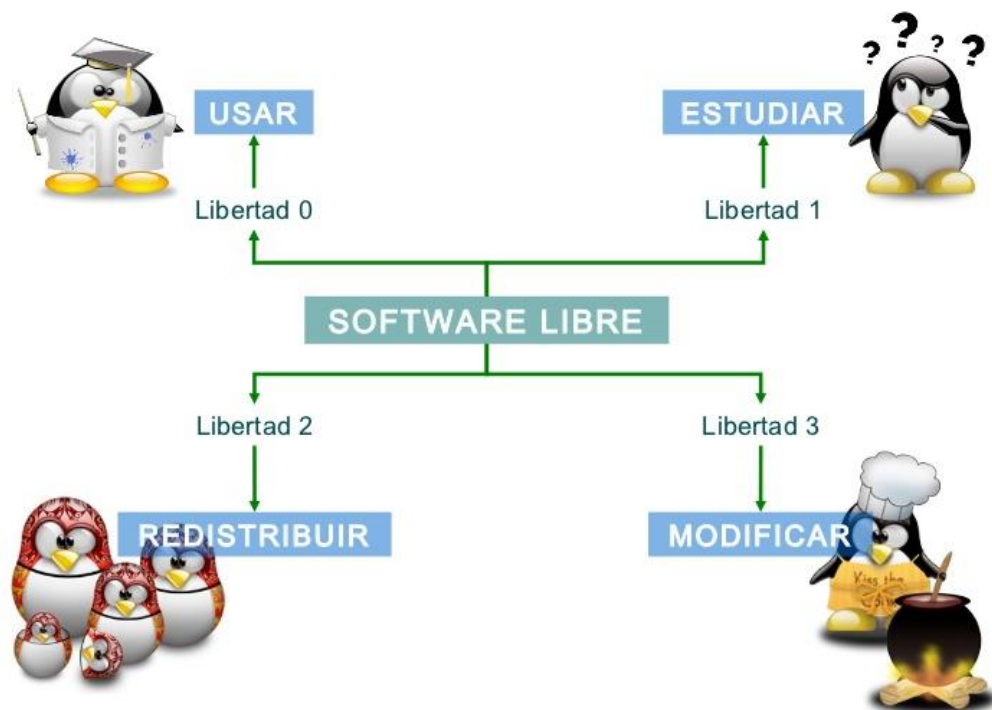
El consumidor tiene la potestad de estudiar el algoritmo principal del programa que está utilizando y modificarlo según las necesidades que la persona tenga para realizar su manejo.

### Libertad 2

Aquí el usuario que ha modificado o adquirido el algoritmo principal del software utilizado, tiene la facilidad de crear copias del software modificado y distribuirlo libremente a quien él lo desee.

### Libertad 3

Con esta libertad quien ha modificado el algoritmo principal de algún programa de uso libre, puede publicar en el internet el código modificado con el propósito que otros usuarios consigan utilizarlo y modificarlo.

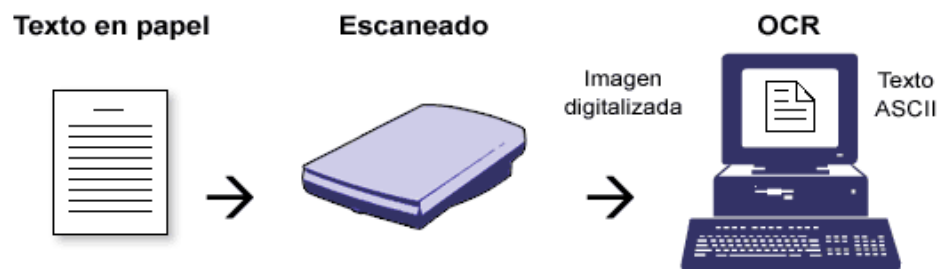


**Figura 9: Libertades del Software Libre**

**Fuente:** (DolmaryD, 2016)

### 1.11. Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR)

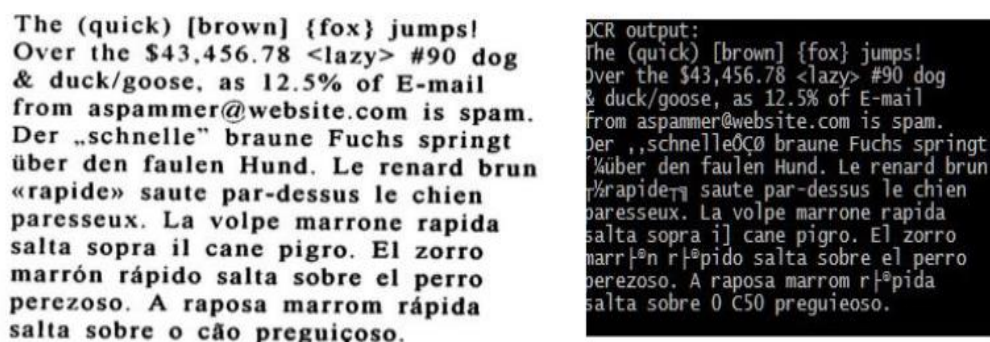
OCR llamado así por sus siglas en inglés (Optical Character Recognition) es un software de computación el cual está diseñado para identificar y reconocer letras en cualquier idioma, logrando así tener las habilidades del sistema de visión de una persona para reconocer las letras de un documento impreso, ver figura (10).



**Figura 10: Funcionamiento del OCR**

**Fuente:** (Kulturaren, 2011)

Para el funcionamiento del programa se requiere ingresar un documento en formato de imagen, ya sea escaneado o en una fotografía, para ser analizados y comparados los caracteres obtenidos con los que se encuentran en la memoria del programa y así se obtiene los caracteres que posee la fotografía en forma de texto como muestra la figura (11).

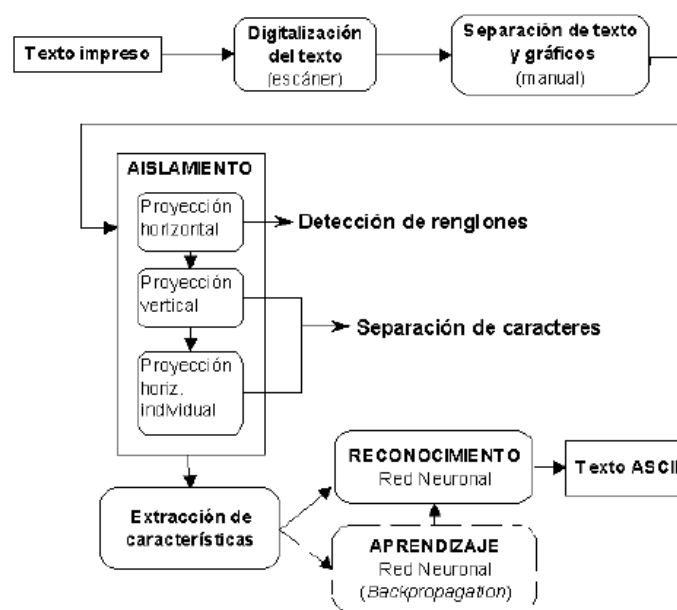


**Figura 11: Resultado de un OCR**

**Fuente:** (Hidalgo & Sanchez , 2015)

### 1.11.1. Algoritmo de un OCR

El proceso de funcionamiento de un software con OCR está detallado en la figura (12), el cual parte de un documento en texto impreso, a este documento se lo digitaliza ya sea mediante un dispositivo para escanear o para capturar una imagen, luego se analizan los caracteres del texto y se procede al procesamiento para ello se divide el texto por regiones y se empiezan a comparar con los datos que se encuentran en la memoria del OCR, para luego revelar la información obtenida en forma de texto.



**Figura 12: Estructura de un OCR**

**Fuente:** (Hidalgo & Sanchez , 2015)

### 1.11.2. Programas con OCR

Los programas de reconocimiento de caracteres son un poco escasos porque un gran número de estos softwares son de pago, seguidamente se presentan algunos de ellos.

- Tesseract OCR.
- Open Cognitive OCR.
- Free OCR.
- Simple OCR.



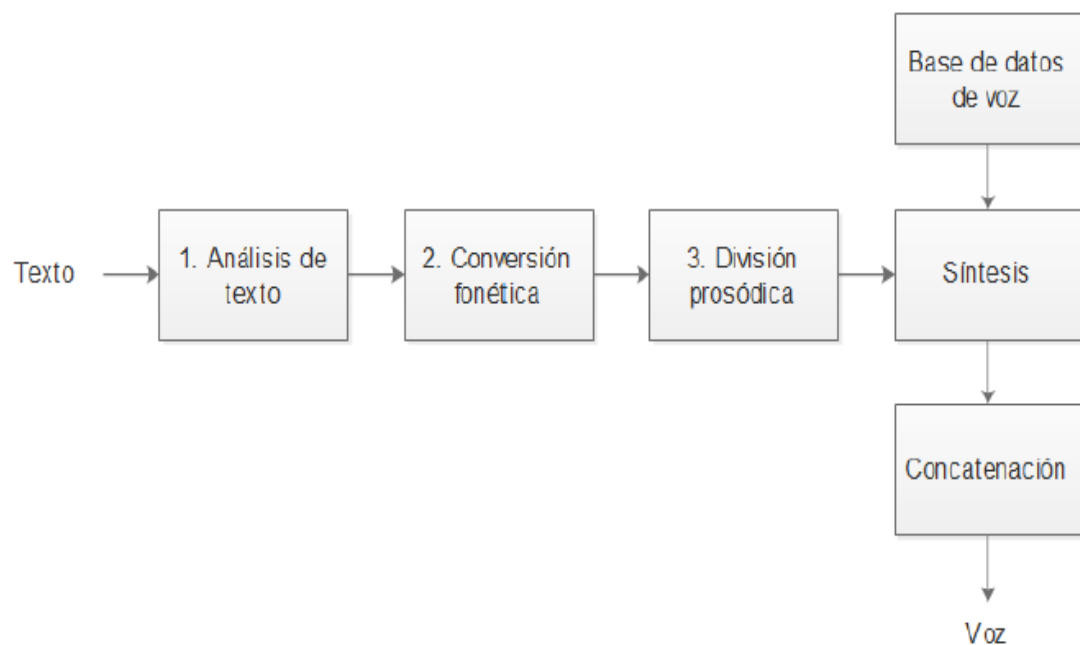
## 1.12. Convertidor TTS

La tecnología de conversión de voz es llamada TTS por sus siglas en inglés (text to speech), lo que significa conversión de archivos en formato de texto a formato de audio o voz.

La función de este tipo de software es tomar un archivo en formato de texto, analizarlo y procesarlo para poder convertir su información en audio y presentarla al usuario utilizando una voz artificial.

### 1.12.1. Estructura de un programa TTS

La estructura de funcionamiento de un programa TTS está detallada en la figura (13), lo cual indica que parte de recibir un archivo en formato de texto para luego realizar la conversión fonética y la división prosódica del archivo, entonces el software procede a comparar los datos generados con la base de datos del software y así concatenar las palabras encontradas para presentarlas en forma de audio sintético.



**Figura 13: Distribución de un programa TTS**

**Fuente:** (Hidalgo & Sanchez , 2015)

### 1.12.2. Programas TTS

Este tipo de tecnologías por lo general son de uso privativo, por esta razón no hay proyectos de investigación que hacen referencia a esta tecnología, pero existen algunos programas con licencia libre los cuales permiten modificar y distribuir los algoritmos desarrollados, los cuales se los presenta a continuación:

- TTS Reader.
- Lumen vox.
- Text 2 Speech.
- Festival Voice.
- Voz me.

## CAPÍTULO II

### 2. SELECCIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 2.1. Selección del Hardware

En esta etapa se seleccionan todos los dispositivos tangibles, los cuales se necesitan para el desarrollo de la investigación, para esto se utiliza una escala de puntuación para calificar todas las opciones a utilizar en la selección de los materiales conforme a los requerimientos del presente proyecto, para seleccionar la mejor opción de funcionamiento, en la tabla (2) se presenta la escala de puntuación.

**Tabla 2:**

#### Nivel de Puntuación

PUNTUACIÓN	SIGNIFICADO
1	Pésimo
2	Regular
3	Bueno
4	Muy Bueno
5	Excelente

#### 2.1.1. Selección del sistema embebido

Los dispositivos embebidos son aquellos sistemas electrónicos diseñados específicamente para ejecutar una serie de procesos concretos, a diferencia de las computadoras, las cuales son diseñadas para un propósito en general, es decir tienen que incluir en su funcionamiento un gran cúmulo de actividades y tareas a realizar, sin embargo los fundamentos de fabricación de los dispositivos embebidos parten de los fundamentos de las computadoras con la diferencia que ellos realizan actividades específicas.

Conllevando a que el consumo de potencia y su precio disminuyen considerablemente en relación a las computadoras, y aumentando la rapidez de procesamiento al enfocarse en tareas de trabajo específicas.

### **Primera Opción: Tarjeta Odroid C1**

Es un pequeño y versátil computador de tamaño reducido, que tiene un potente procesador de funcionamiento con cuatro núcleos, existe una infinidad de sistemas operativos en código abierto para ser instalados en la Odroid C1 como: Android, Ubuntu, Fedora. Está diseñado y construido bajo la arquitectura ARM que es utilizada para dispositivos móviles, por eso tiene un bajo consumo de energía y es fundamental en el desarrollo de aparatos de uso portátil, en la figura (14) se muestra la tarjeta Odroid C1.



**Figura 14: Tarjeta Odroid C1**

**Fuente:** (Hardkernel, 2013)

### **Características de la Tarjeta Odroid C1 (Hardkernel, 2013)**

- Procesador Amlogic S805 SC quad core ARM® Cortex®-A5 1.5GHz.
- Velocidad de procesamiento de 1.5 GHz.
- Memoria RAM de 792 MHz, 1 GB DDR 3 de 32 bits.
- Conexión Ethernet de 10/100/ 1000 Mbit/s.
- Salida de Audio por el micro HDMI y también mediante los pines I2S.
- Entrada de cámara no incluida, conectar por USB.
- Posee 40 pines GPIO.

## Segunda Opción: Tarjeta Raspberry PI 3 Modelo B

La Raspberry PI prácticamente es un mini computador de tamaño reducido, el cual fue diseñado en Reino Unido para fomentar en las escuelas el aprendizaje de estas tecnologías. Posee las características de un computador, pero más funcional debido a que están creados para tareas específicas, además su plataforma de funcionamiento está desarrollada bajo código abierto y es utilizada en los lenguajes de programación de alto nivel como: Python, Java y C++, en la figura (15) se muestra la presente tarjeta.



**Figura 15: Tarjeta Raspberry PI 3 Modelo B**

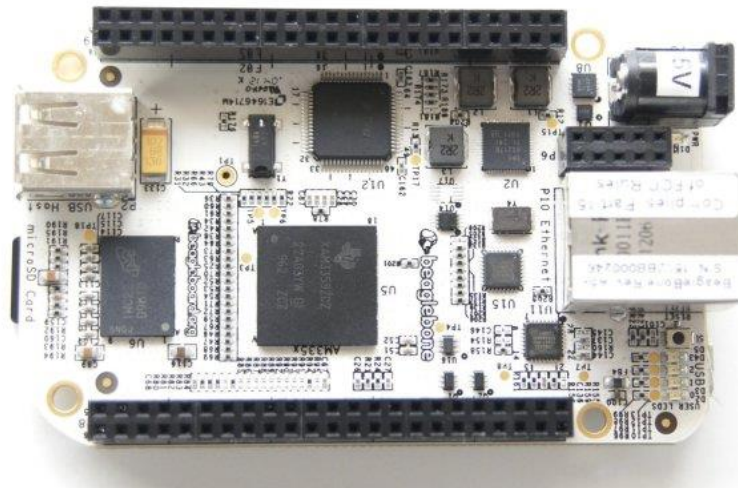
**Fuente:** (Meike, 2012)

### **Características de la Tarjeta Raspberry PI 3 Modelo B (Meike, 2012)**

- Procesador Broadcom BCM 2837 64-bit quad-core ARM Cortex-A 53 ARM v 8.
- Velocidad de procesamiento 1.2 GHz.
- Alimentación 5 Voltios con 700 Mili Amperios.
- Posee 40 pines GPIO.
- Conexión Ethernet de 100 Mbit compartido con los USB.
- Salidas de audio y video.
- Conector de 1080 pixeles MIPI CSI para la cámara.

### Tercera Opción: Tarjeta Beaglebone Black

De la misma forma que la Raspberry PI esta tarjeta es un mini computador de pequeño tamaño, el cual consta con características muy similares a la misma, no obstante no están fácil de conseguirlo en el mercado local y a diferencia del sistema embebido de la Raspberry PI la colectividad de usuarios y desarrolladores de software de la tarjeta Beaglebone Black no es tan grande, por tal motivo es limitada la documentación de esta tarjeta, los sistemas operativos en los que es permitido trabajar con la tarjeta Beaglebone Black son en Linux y Android, en la figura (16) se indica la presente tarjeta.



**Figura 16: Tarjeta Beaglebone Black**

**Fuente:** (Meike, 2012)

#### **Características de la Tarjeta Beaglebone Black (Meike, 2012)**

- Procesador AM 3358 ARM Cortex-A 8.
- Velocidad de procesamiento de 1 GHz.
- Alimentación de 5 Voltios a 170 Mili Amperios.
- Soporta Android y Linux.
- Posee 65 puertos GPIO.
- Conexión Ethernet.
- Salida de audio micro HDMI, cape add-ons.
- Conexión de la cámara mediante USB.

### Selección del Adecuado Sistema Embebido

Para la elección del adecuado sistema embebido a utilizar, se tomará a consideración algunos puntos, pero los más esenciales son: la posibilidad de conectar una cámara y un parlante, otro punto importante es la rapidez de procesamiento, además se tomará en cuenta la cantidad de información disponible sobre cada placa, el costo, los sistemas operativos y lenguajes de programación que posee cada tarjeta., los puntos a considerar se comparan en la tabla (3).

**Tabla 3:**

#### Selección del Adecuado sistema embebido

<b>ESPECIFICACIONES.</b>	<b>ODROID C1.</b>	<b>RASPBERRY PI 3 MODELO B.</b>	<b>BEAGLEBONE BLACK.</b>
<b>PROCESADOR.</b>	4	5	4
<b>VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO.</b>	5	4	3
<b>JACK DE AUDIO.</b>	4	5	5
<b>CONEXIÓN PARA CÁMARA.</b>	3	5	3
<b>PUERTOS GPIO.</b>	4	4	5
<b>DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN.</b>	3	5	3
<b>COSTO.</b>	3	4	3
<b>DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO LOCAL.</b>	2	5	2
<b>SISTEMA OPERATIVO Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.</b>	4	4	4
<b>CONEXIÓN ETHERNET.</b>	5	4	4
<b>ALIMENTACIÓN.</b>	4	4	4
<b>TOTAL.</b>	41	49	40

El sistema embebido ideal para aplicar en la investigación según la comparación de la tabla (2) es la opción número 2, que hace referencia a la tarjeta de procesamiento Raspberry PI 3 modelo B, la cual cuenta con las mejores características que se requieren durante la elaboración del proyecto de investigación a diferencia de las demás opciones.

La característica más fundamental que tiene la tarjeta de procesamiento Raspberry PI 3 modelo B, es la habilidad de conexión que tiene la cámara con la tarjeta, ya que la Fundación Raspberry PI lanzó al mercado un modelo de cámara digital que tiene compatibilidad con la tarjeta de procesamiento Raspberry PI 3 modelo B, en donde se conecta la cámara a la Interfaz de Procesador de la Industria Móvil (MIPI) utilizando un cable bus de 15 pines en el puerto Serie para Cámaras (CSI) que ostenta la tarjeta Raspberry PI, la conexión es fácil y además no necesita drivers de instalación los cuales se requieren para conectar una cámara mediante los puertos de bus universal en serie (USB).

Otro factor importantísimo son los periféricos con los que cuenta el sistema embebido Raspberry PI, porque cuenta con 4 puertos USB. Cuenta con una salida de audio mediante Jack de 3.5 milímetros (mm) ideal para establecer una conexión con el parlante que se necesita utilizar. Tiene puertos de propósito general para entrada y salida de datos (GPIO) los cuales se requieren para la conectar los pulsadores de funcionamiento a la máquina de lectura, además cuenta con un puerto Ethernet ideal para realizar la comunicación con el computador mediante una conexión remota del dispositivo para configurar y programar la Raspberry PI y la alimentación que necesita este sistema embebido es de 5 Voltios (V) y con una corriente de 2.5 Amperios (A).

La tarjeta Raspberry PI 3 modelo B cuenta con uno de los más potentes procesadores que tienen los sistemas embebidos, lo cual es perfecto para aplicaciones en visión artificial, está disponible en el mercado local a un bajo costo, los sistemas operativos y lenguajes de programación están diseñados bajo la plataforma de software libre y existe una gran variedad de documentación sobre este sistema embebido en la red.

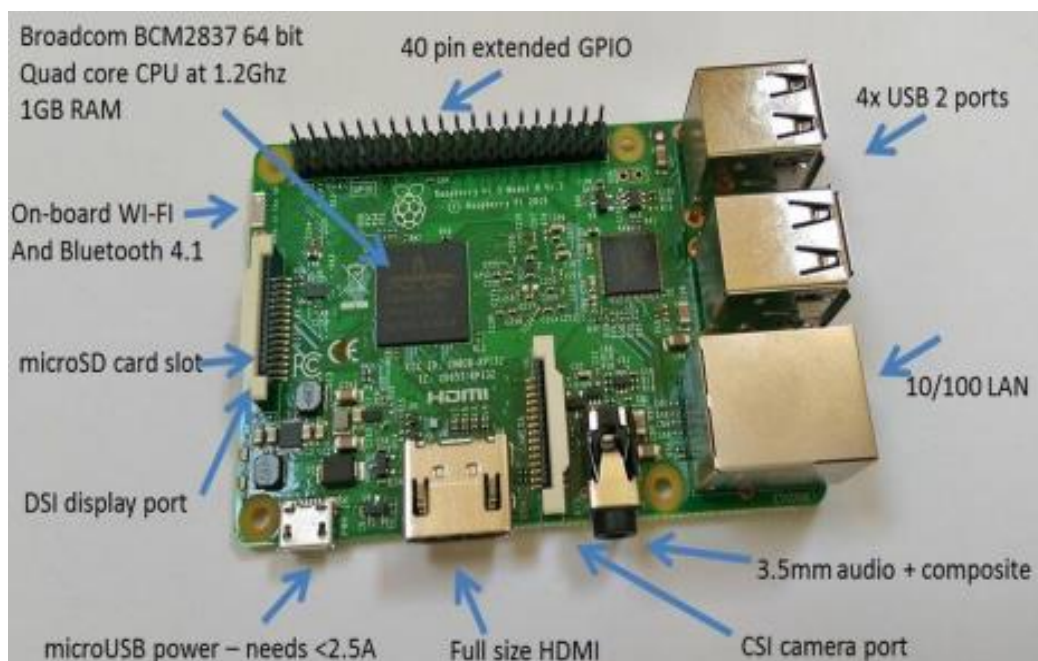


### 2.1.2. Tarjeta de procesamiento Raspberry PI

El sistema Embebido Raspberry PI es prácticamente un ordenador de tamaño reducido con bajo costo, el cual su principal función es emular el funcionamiento de un computador de trabajo, fue diseñada y elaborada por la fundación Raspberry la cual está ubicada en Reino Unido, esta tarjeta fue desarrollada para estimular el aprendizaje de las más recientes tecnologías informáticas y de sus respectivos lenguajes y códigos de programación, en los centros de estudio académico. (Jipsion, 2017)

#### Hardware de la Raspberry PI

La Raspberry PI posee dimensiones similares a las de una tarjeta de crédito, pero con una alta potencia de procesamiento, con lo cual se la puede utilizar como un mini computador, almacenamiento de datos, algunas aplicaciones de visión artificial y hasta la operación de pequeños robots. Lo que la hace superior a sus placas antecesoras, la nueva versión de Raspberry PI presenta más cantidad de periféricos, como se muestra en la figura (17) y con una rapidez de procesamiento sumamente alta.



**Figura 17: Características de la Raspberry PI**

Fuente: (Jipsion, 2017)

## **Software de la Raspberry PI**

Tanto el sistema operativo (S.O.) como los programas de desarrollo que utiliza la tarjeta de procesamiento Raspberry PI están bajo código abierto, lo cual la hace muy funcional en el instante de utilizarla con un fin educativo. La gran totalidad de los sistemas operativos que se pueden utilizar, están diseñados bajo Linux y ahora con la última versión de la Raspberry PI se está utilizando versiones de prueba del sistema operativo de Microsoft Windows 10.

A continuación, se presenta los más reconocidos sistemas operativos con los que se puede trabajar en la Raspberry PI, para principiantes se recomiendan los dos primeros, los siguientes son para aplicaciones específicas y conlleva más preparación en sistema operativo Linux:

- NOOBS
- NOOBS LITE
- RASPBIAN
- PIDORA
- OPENELEC
- RASPBMC
- RISC OS
- WINDOWS 10

## **Especificaciones técnicas**

La nueva versión de Raspberry PI la versión 3 Modelo B incluye un gran número de periféricos y accesorios, esta complementada con un procesador de mayor calidad y velocidad, e incluso con una tarjeta gráfica, estas especificaciones técnicas de la Raspberry PI se presentan en la tabla (4).

Tabla 4:

**Especificaciones técnicas de la Raspberry pi**

<b>1</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>RASPBERRY PI 3 MODELO B</b>
<b>2</b>	Procesador	Chip Broadcom BCM 2387. 1,2 GHz de cuatro núcleos ARM Córtex-A 53.
<b>3</b>	Memoria RAM	1 GB LPDDR 2.
<b>4</b>	Almacenamiento	Tarjeta micro SD, ranura Para un máximo de 32 GB.
<b>5</b>	GPU	Dual Core Video Core IV � Multimedia Co-procesador. Proporciona Open GL ES 2.0, Open VG acelerado por hardware, y 1080 pixeles 30 H.
<b>6</b>	Conectividad	socket Ethernet 10/100 Base T.
<b>7</b>	Salida de audio	Jack de 3,5 milímetros.
<b>8</b>	Salida de video	HDMI Rev. 1.3 y 1.4.
<b>9</b>	Conector GPIO	27 pines GPIO, con 3,3 V, +5 V y GND.
<b>10</b>	USB	4 puertos USB 2.0.
<b>11</b>	Expansión	UART, PWM, GPIO, I2C, SPI, conector CSI cámara, Conector monitor LVDS.
<b>12</b>	Dimensiones	85.60 mm x 53.98 mm x 17 mm.
<b>13</b>	Peso	45 g.
<b>14</b>	Sistemas operativos	CPU Raspbian, PIDORA, Arch Linux. Media center OPENELEC, RASPBMC, Windows 10 Y Android en desarrollo.
<b>15</b>	Alimentación	Vía Micro USB de 5 Voltios a 2.5 Amperios.

**Fuente:** (Robotistan, 2016)

## **Accesorios para la Raspberry PI**

Al ser la Raspberry PI considerada una mini computadora, cuenta con la facilidad de compatibilidad con los dispositivos de entrada y salida de datos como son: pantallas, cámaras. La tarjeta Raspberry PI cuenta con periféricos específicos para los principales elementos de conexión con los que cuenta un computador, e incluso cuenta con periféricos para transferir datos a otro dispositivo como son: los puertos USB, al tener la Raspberry PI una alta demanda de uso, la fundación opto por sacar al mercado accesorios específicos para ser usados específicamente con la Raspberry PI debido a que en varias ocasiones otros dispositivos requerían utilizar drivers de instalación, los accesorios disponibles son los siguientes:

- Cámara de 5 y 8 Mega pixeles
- Cámara de visión nocturna
- Raspberry Pi 2/3 B+ T-Cobbler
- Reloj RTC para Raspberry Pi (DS 3231)
- Placa de expansión GSM/GPRS/GPS
- Teclado
- Pantalla LCD de 3.5"
- Amplificador de audio I2S MAX 98357 A (3 W)

Y el más reciente accesorio que presenta la fundación es un dispositivo, el cual tiene la habilidad de enviar datos de comunicación de voz, utilizando las redes comerciales de uso celular existentes en la localidad.

- Módulo GPRS

### **2.1.3. Selección de la cámara digital**

La cámara es el dispositivo encargado de obtener y enviar las imágenes, del mundo exterior hacia el dispositivo de procesamiento para ser analizado, es por eso que, para capturar la imagen de la página impresa, es fundamental que las especificaciones de la cámara digital a elegir sean las mejores posibles, además debe tener una fácil comunicación con el mini procesador para un adecuado envío de información de la fotografía.

### **Primera Opción: Webcam Logitech C 270 HD**

La empresa Logitech es la principal fabricante de las más excelentes cámaras web, por tal motivo se analiza en esta ocasión el último modelo de Webcam, la Logitech C 270 HD es una potente cámara web de alta resolución, la cual brinda fotografías más nítidas con colores más brillantes y radiantes. Captura videos más fluidos en alta definición (HD) de 720 pixeles, además este modelo posee con un pequeño micrófono ya implementado en el mismo dispositivo, es un potente dispositivo el cual corrige la iluminación automáticamente sin preocuparse si existe demasiada o poca luz, en la figura (18) se indica la presenta cámara.



**Figura 18: Webcam Logitech C 270 HD**

**Fuente:** (Logitech, 2017)

#### **Características de la Webcam Logitech C 270 HD (Logitech, 2017)**

- Tiene una resolución de 3 megapíxeles
- Tecnología Logitech Fluid Crystal
- Posee Seguimiento facial
- La resolución del sensor de la cámara es de 1280 pixeles de alto x 720 píxeles de ancho
- Sistema operativo soportado: Windows vista en adelante
- Posee un micrófono integrado
- Detección de movimientos
- Interfaz de conexión: USB 2.0

### Segunda Opción: Modulo Raspberry PI cámara V 1.3

El módulo Raspberry PI cámara versión 1.3 es un pequeño módulo diseñado específicamente para que trabaje con el mini procesador Raspberry, actualmente es el accesorio más interesante y utilizado con la tarjeta Raspberry porque tiene la habilidad de tomar fotografías en alta resolución y de igual manera puede capturar videos en 1080 pixeles, posee dimensiones pequeñas y versátiles, y su conexión con la Raspberry no necesita drivers; estas diferentes características son las cualidades que la convierten en el dispositivo ideal para las aplicaciones en visión artificial, ver figura (19).



**Figura 19: Modulo Raspberry PI cámara V 1.3**

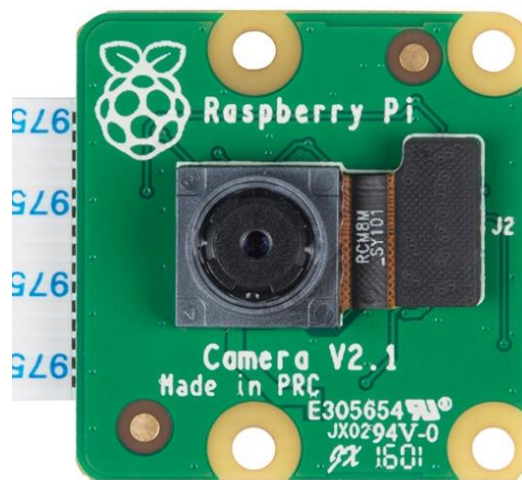
**Fuente:** (Raspberry, 2017)

#### **Características de la Raspberry PI cámara V 1.3 (Raspberry, 2017)**

- Resolución 5 megapíxeles
- Sensor OmniVision OV 5647
- Resolución del sensor de 2592 × 1944 píxeles
- Interfaz de conexión: Cable plano de 15 pines MIPI con protocolo serial CSI
- Sistema operativo soportado: Raspbian
- Área de imagen del sensor: 3,76 × 2,74 mm
- Tamaño Alrededor de 25 × 24 × 9 mm

### Tercera Opción: Modulo Raspberry PI cámara V 2.1

El módulo Raspberry PI cámara en su versión 2.1, es oficialmente el más reciente modelo de cámaras para las tarjetas Raspberry PI Diseñado por la fundación de Reino Unido Raspberry PI, posee un potente sensor con muy buenas características, diseñado específicamente como el complemento ideal para aplicaciones de procesamiento digital de imágenes en la Raspberry PI, la cámara posee las mismas dimensiones que su versión anterior, pero ahora tiene un sensor de mucha más calidad el que permite obtener fotografías con mayor nitidez, ver figura (20).



**Figura 20: Modulo Raspberry PI Cámara V 2.1**

**Fuente:** (Raspberry, 2017)

#### **Características de la Raspberry PI Cámara V 2.1 (Raspberry, 2017)**

- Resolución 8 megapíxeles
- Sensor Sony IMX 219
- Resolución del sensor de 3280 x 2464 píxeles
- Compatible con la Raspberry PI 3 modelo B
- Interfaz de conexión: Cable plano de 15 pines MIPI con protocolo de interface serial CSI
- Sistema operativo soportado: Raspbian
- Área de imagen del sensor: 3,68 x 2,76 mm (4,6 mm diagonal)
- Tamaño Alrededor de 25 x 24 x 9 mm

## Análisis y Elección de la Cámara Adecuada

En la selección de la mejor cámara para la investigación se utiliza una tabla de puntuación en donde se califica cada una de las opciones con respecto a los requerimientos y necesidades para la investigación, como se presenta en la tabla (5).

**Tabla 5:**

### Selección de la mejor opción de la cámara

ESPECIFICACIONES	WEBCAM LOGITECH C 270 HD	RASPERRY PI CÁMARA V 1.3	RASPERRY PI CÁMARA V 2.1
RESOLUCIÓN	3	4	5
SENSOR	3	4	5
SISTEMAS OPERATIVOS SOPORTADO	4	5	5
INTERFAZ DE CONEXIÓN	3	5	5
COSTO	4	4	4
DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO LOCAL	5	4	4
TOTAL	22	26	28

Según la puntuación de la tabla (5) la opción que presenta las mejores características para el proyecto de investigación es el Módulo Raspberry PI cámara v 2.1 representado por la opción tres.

La cual presenta un sensor de alta resolución, la comunicación con el mini procesador Raspberry PI se realiza fácilmente, ya que es compatible tanto con su sistema operativo como con su interfaz de conexión mediante el conector CSI, además trabaja bajo el protocolo de software gratuito y con un buen costo de adquisición en el mercado local.



#### 2.1.4. Selección de la tarjeta de memoria

La tarjeta de memoria es un dispositivo de almacenamiento de información en el cual va cargado el sistema operativo que se desea utilizar en la Raspberry PI, este sistema embebido requiere de una memoria micro Secure Digital (SD) lo que quiere decir que esta memoria tiene cifrado para evitar copiar los archivos con derechos de autor, seguidamente en la tabla (6) se analiza y selecciona la mejor memoria micro SD para el proyecto.

**Tabla 6:**

##### Selección de la Memoria Micro SD

ESPECIFICACIONES	SAMSUNG 2 GB C 4	KINGSTON 8 GB C 10	SANDISK 32 GB C 10
CAPACIDAD	3	4	5
VELOCIDAD	3	5	5
COSTO	5	4	3
DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO LOCAL	5	5	4
COMPATIBILIDAD CON LA RASPBERRY	3	5	5
TOTAL	19	23	22

De acuerdo con los resultados de la tabla (6) se elige la memoria micro SD Kingston de 8 Gigabytes (GB) clase C 10, esta memoria tiene una capacidad de almacenamiento de 8 GB que es ideal para la Raspberry PI ya que el sistema operativo a cargar aproximadamente tiene 3.6 GB de información, es de clase C 10 lo cual significa que tiene una velocidad mínima de 10 megabytes por segundo (Mb/sg), además tiene un muy buen costo y está disponible a la venta en el mercado local.

#### 2.1.5. Sistema de iluminación

El sistema de iluminación es esencial en este proyecto porque ayuda a que la cámara capture mejor las características de la imagen, se elige la iluminación lateral que se indica en la figura (21), porque con esta iluminación se resaltan los relieves pequeños como son los caracteres.



**Figura 21: Iluminación lateral**

**Fuente:** (BCNVISIÓN, 2017)

#### 2.1.6. Selección de la fuente de alimentación

Acorde a los resultados de la tabla (7) la máquina de lectura consume un total de 2.3 (A), por la tanto la fuente de alimentación requerida para la máquina es de 2.5 amperios a 110 voltios.

**Tabla 7:**

#### Consumo de energía de la máquina

	<b>ELEMENTOS UTILIZADOS</b>	<b>CONSUMO DE ENERGÍA EN (A)</b>
1	Raspberry	1.0 (A)
2	Cámara	0.5 (A)
3	Pulsador	0.1 (A)
4	Audífono	0.2 (A)
5	Sistema de Iluminación	0.5 (A)
6	Total	2.3 (A)

## **2.2. Software de desarrollo**

A continuación, se presenta los diferentes softwares, bibliotecas y lenguajes de programación necesarios para el desarrollo de un lector audible, tomando en cuenta siempre que la arquitectura de programación de los mismos esté bajo código abierto.

### **2.2.1. Raspbian**

Raspbian es un Sistema operativo de uso exclusivo para la Raspberry PI, este software está desarrollado con los principios de GNU Linux, basado y diseñado bajo código abierto, este sistema operativo es gratuito, el cual viene con programas preinstalados, necesarios para el funcionamiento de la tarjeta de procesamiento Raspberry PI, con programas de para uso general y de programación. (Raspberry o. , 2017)

Se eligió utilizar este software, ya que existe un gran conjunto de documentación donde se puede conocer sobre su funcionamiento y programación, además cuenta con una infinidad de paquetes y archivos ya cargados, con los cuales puede funcionar lenguaje de programación, incluso al ser una distribución de Linux el software es gratuito, lo que significa que podemos utilizar libremente los códigos y librerías del software con el fin de adaptarlas a las necesidades del proyecto.

Se tiene la ventaja que es un software ligero y con un gran conjunto de información y actualizaciones, las cuales son desarrollados por los usuarios del software y con un gran soporte técnico por parte de los desarrolladores.

### **2.2.2. Debian Jessie**

Los nombres de las distribuciones de los sistemas operativos de Debian se basan en los personajes de Toy Story, la versión Jessie es una versión mejorada de la ya existente Wheezy, la diferencia entre las dos es mínima, ya que las mejoras y actualizaciones están realizadas para potencializar el funcionamiento y flexibilidad de la tarjeta de procesamiento Raspberry PI, consta con mejoras en el proceso de funcionamiento. (Long, 2015)

La Raspberry posee capacidades de punto flotante, es por eso que las versiones de Debian son muy utilizadas como sistema operativo de la tarjeta Raspberry PI, explotando así todas las capacidades que tiene la tarjeta, es por esta razón que Debian actualiza constantemente sus versiones.

Una de las principales ventajas que presenta Debian Jessie, es que, al iniciar, arranca directamente el escritorio grafico de la Raspberry PI, no como en diferentes sistemas operativos arranca el terminal de comandos del sistema operativo, esta versión cuenta con aplicaciones de oficina, como son los archivos de office. Para la programación se cuenta con nuevos entornos gráficos para la fabricación de programas en Java, cuenta con nuevas herramientas de ajuste y configuración, para de esta manera ya no utilizar las líneas de comandos.

### **2.2.3. Python**

Es un lenguaje de programación sumamente potente, utilizado en aplicaciones profesionales, pero también es muy fácil de aprender, trabaja con mayor rapidez a diferencia de distintos lenguajes de programación como C y Java, gracias a la sintaxis y estructura que maneja se logra ejecutar programas con una menor cantidad de código, está desarrollado bajo software libre permitiendo así utilizarlo como el usuario desee, incluso se puede comercializar los programas.

Es un lenguaje interpretado en el cual se utiliza un software de uso intermedio que es un intérprete, esto se utiliza en vez de convertir el código a un lenguaje de computadora, haciendo así más rápido el procesamiento del programa, tiene la capacidad de reconocer las variables, lo que significa que no es obligatorio declarar el tipo de dato que va a tener una determinada variable, al contrario el lenguaje de programación identifica el tipo de dato mientras el programa se ejecute. (Marciaga & Samaniego, 2016)

Python es el lenguaje que recomiendan utilizar los creadores de la Raspberry, ya que es un lenguaje de sintaxis sencilla y clara, además el sistema operativo de la Raspberry PI posee en sus aplicaciones el software IDE de Python y posee una gran cantidad de librerías.

#### **2.2.4. OpenCV**

OpenCV significa (Open Source Computer Vision Library), lo cual significa que es una librería creada para aplicaciones de visión por computadora, con la facilidad de que es un software con licencia libre, lo que la convierte en un software muy factible y sencillo de modificar su código.

La presente biblioteca posee un amplio número de algoritmos los cuales llegan a la cantidad de 2500 archivos específicos para la visión por computador, estos archivos son utilizados para un sinfín de aplicaciones: como el reconocimiento de rostros, sistemas de vigilancia y clasificación de objetos. Cuenta con la habilidad de trabajar en C++, Python y Java, además es compatible con algunos sistemas operativos como: Mac, Windows y Linux. (Espinoza, 2016)

En principio esta librería fue elaborada por Intel en 1999, donde fue utilizada en sistemas de vigilancia, pero en la actualidad se la utiliza en un gran número de procesos. Se utiliza esta librería ya que cuenta con licencia de software libre lo cual es fundamental para la realización de proyectos de investigación.

#### **2.2.5. Tesseract OCR**

Tesseract OCR es un motor avanzado de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) diseñado en sus inicios por Hewlett Packard (HP) que elaboro el código de programación bajo una licencia privativa o de pago, pero en la actualidad es distribuido por Google quien distribuye el software libremente a todos los usuarios además es considerado como el mejor procesador OCR, hasta mejor que los procesadores OCR de pago.

Este software no posee una ventana gráfica para ver el funcionamiento del software, lo que conlleva a que para la ejecución y funcionamiento de este software se necesita enviar comandos por consola. La totalidad de programas de Reconocimiento Óptico de Caracteres se basan en Tesseract OCR, gracias a que es gratuito y se utiliza mediante instrucciones de consola. (Compartolid, 2013)

### **2.2.6. Festival Voice**

El sistema festival Voice es un programa sintetizador de voz de propósito general para varias aplicaciones de conversión de texto a voz con soporte para varios idiomas, con mejor efectividad en el procesamiento del idioma inglés, el sistema se distribuye bajo licencia de software libre.

Este programa va a tomar los datos en texto obtenidos del procesamiento de reconocimiento óptico de caracteres, para transformarlos a voz y ser escuchados en el idioma original del texto mediante el Jack de audio del mini procesador Raspberry PI.

#### **Características (CSRT, 2015)**

- Corrección de errores
- Soporte para nuevos compiladores
- Idioma configurable
- Documentación en línea

### **2.3. Software de comunicación**

Para la comunicación de la Raspberry con el computador, se utiliza la conexión remota con interprete de ordenes seguras (SSH), la cual es una configuración de red para acceso remoto y transmisión de datos seguros.

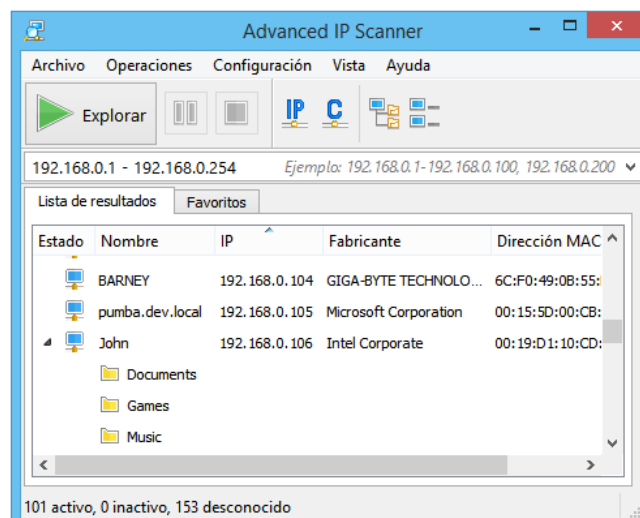
Lo cual implica que la Raspberry PI lo único que va a tener conectado va a ser la alimentación y el cable de red, mientras es operada y manejada mediante un computador el cual tiene que estar interconectado a la red Ethernet que está conectada la tarjeta de procesamiento Raspberry PI.

Para esto se requiere instalar en el computador del usuario algunos Softwares informáticos los cuales permitan conocer la dirección del protocolo de internet (IP) de la Raspberry PI que está conectada a la red, un programa para establecer un sistema de comunicación entre la Raspberry PI con el computador y un programa que nos ayude a visualizar la interfaz gráfica de la Raspberry PI en el computador del usuario.

### 2.3.1. Advanced IP Scanner

Es un programa informático de escaneo de red muy fiable y seguro al momento de analizar una red de área local (LAN), posee licencias de software gratuito, lo cual es ideal para utilizarla en proyectos y aplicaciones de investigación.

El sistema escanea y analiza todas las direcciones IP existentes en una determinada red de área local LAN, permitiendo así acceder a las carpetas compartidas y a los servidores del protocolo de transferencia de archivos FTP existentes en la red, además permite controlar remotamente los dispositivos de los usuarios conectados esta red, la operación de este software es muy sencilla además tiene la ventaja que es un software portable, la interfaz gráfica del software Advanced IP Scanner se presenta en la figura (22).



**Figura 22: Interfaz gráfica de Advanced IP Scanner**

**Fuente:** (Famatech, 2017)

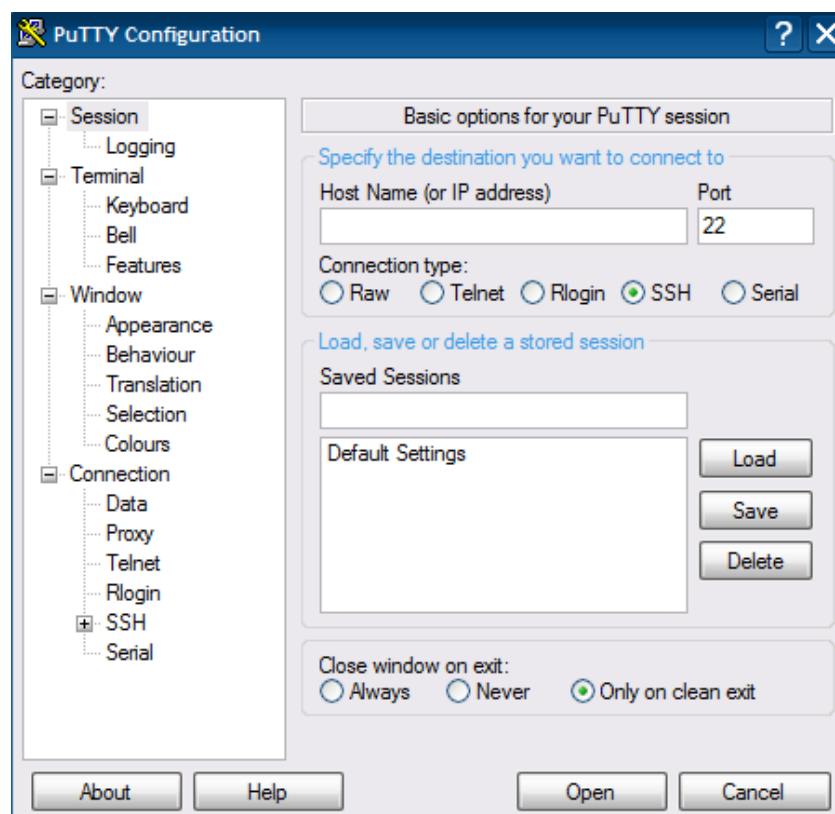
#### **Características del software Advanced IP Scanner (Famatech, 2017)**

- Acceso a carpetas compartidas
- Identificación de direcciones MAV
- Control remoto mediante Radmin y RDP
- No requiere instalación

### 2.3.2. Software Putty

El trabajo del software Putty es emular un terminal virtualmente, la función de Putty es conectarse remotamente con otras máquinas que se encuentren conectadas a la red de área local LAN, para la conexión entre dispositivos cuenta con diversos protocolos de comunicación como son serial, telnet, SSH, Rlogin, Raw. (Ferri, 2016)

La principal ventaja de este software es que cuenta con múltiples opciones de configuración, permitiendo así adaptarse a distintos ejemplos de aplicaciones, el funcionamiento es muy sencillo basta con ingresar la IP del dispositivo al cual se requiere controlar remotamente y luego ejecutar después aparece una pantalla en donde se puede ingresar líneas de comando para controlar el dispositivo. En la figura (22) se presenta la ventana gráfica del software Putty.



**Figura 23: Interfaz gráfica del Software Putty**

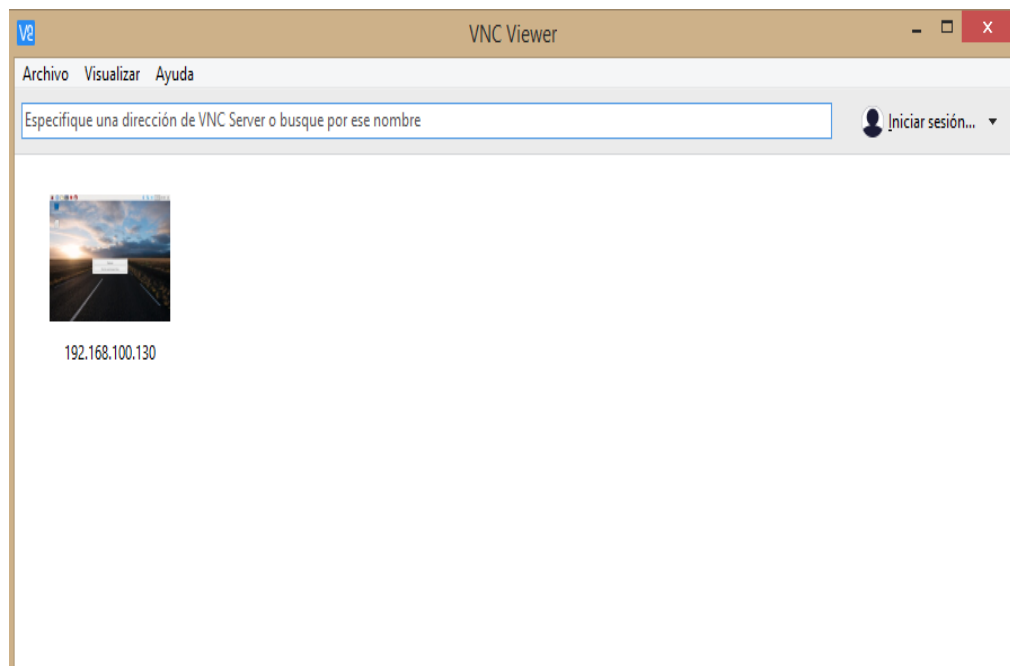
**Fuente:** (Ferri, 2016)



### 2.3.3. VNC Viewer

VNC Viewer es un software de acceso y control remoto a dispositivos conectados en una misma red, trabaja mediante la arquitectura de funcionamiento punto a punto, entonces no necesita de servidores centralizados para realizar el control remoto.

Este software está desarrollado bajo licencia de software gratuito, lo cual permite utilizarlo con total tranquilidad en la investigación basta con conocer la dirección IP del dispositivo que se desea controlar remotamente, para su operación basta con ingresar la dirección IP en el sistema y listo el programa nos permite mediante una interfaz gráfica tener acceso remoto a las aplicaciones y funcionamiento del dispositivo, la interfaz gráfica del software VNC Viewer se indica en la figura (24).



**Figura 24: Interfaz gráfica de VNC Viewer**

#### **Características del software VNC Viewer (Ramos, 2015)**

- Acceso remoto a dispositivos están funcionando en la misma red
- Se puede transferir documentos entre los dispositivos de la red
- Control de los dispositivos que funcionan en la red

## 2.4. Material para la estructura

El material para la fabricación de la estructura es fundamental porque las características de los diferentes materiales disponibles influyen mucho en las aplicaciones de procesamiento digital de imágenes. Un factor importantísimo es la reflexión de luz que presenta cada material, el material adecuado se elige de acuerdo a una tabla de puntuación sobre las características de cada material conforme a las ponderaciones que presenta la tabla (2).

**Tabla 8**

### Selección del material para la estructura

ESPECIFICACIONES		MADERA	ACRÍLICO	ALUMINIO
1	RESISTENCIA	4	3	4
	REFLEXIÓN DE LA LUZ	4	2	3
2	FACILIDAD PARA MAQUINAR	5	3	3
3	DISPONIBILIDAD DE COMPRA EN EL MERCADO LOCAL	5	4	4
4	COSTO	5	4	3
5	TOTAL	23	16	17

Conforme a los resultados de ponderación de las características de los materiales que presenta la tabla (8), el material elegido para desarrollar el proyecto de investigación con relación a los demás materiales considerados es la madera porque posee una buena resistencia a impactos, su reflexión de luz es pequeña lo cual es ideal para aplicaciones de visión artificial, es fácil de maquinación para así construir fácilmente el diseño que se quiere realizar y finalmente se lo puede conseguir a la venta en el mercado local a un bajo costo.

## 2.5. Cálculos de diseño

Los cálculos son de suma importancia para la elaboración de un dispositivo o máquina porque con en estos se especifica la capacidad y características que tiene el dispositivo cuando ya funcione, entonces se requiere determinar las dimensiones que va a tener la estructura de acuerdo a las características que tiene la cámara seleccionada para la investigación, así también como la capacidad que tiene la cámara digital para funcionar de manera óptima en la investigación.

### 2.5.1. Resolución real de la cámara digital

La resolución de la cámara indica el total de información que posee la imagen tomada, la cual es presentada en la medida que manejan las imágenes que es el pixel.

De acuerdo con las especificaciones de la cámara seleccionada para el desarrollo de la investigación se tiene que la resolución del sensor Sony IMX219 es de 3280 pixeles de largo y 2464 pixeles de ancho, entonces se determina la resolución final de la cámara digital utilizando la ecuación (1) presentada a continuación.

$$\text{Resolución real} = \text{pixeles de largo} * \text{pixeles de ancho} \quad \text{Ecuación (1)}.$$

$$\text{Resolución Real} = 3280 \text{ pixeles} * 2464 \text{ piexeles}.$$

$$\text{Resolución Real} = 8,081.920 \text{ Pixeles}.$$

La resolución real de la cámara utilizada es de 8,081.920 pixeles lo cual no varía demasiado con las especificaciones de la cámara digital utilizada ya que muestran que la cámara tiene una resolución de 8 Mega pixeles.

### 2.5.2. Campo visual de la cámara digital

Lo primero es identificar la resolución ideal para que una cámara de 8 Mega Pixeles tome una fotografía adecuada, esta medida es proporcionada en base a los pixeles por pulgada (PPI).

Mediante los datos de la figura (25) se obtiene que para que una cámara de 8 Mega Pixeles tome una fotografía excelente, debe tomar las fotografías a 292 PPI (Pixeles por pulgada).

Sensor Megapixeles y Resolucion	Tamaño de la foto									
	2x3"	3x5"	4x6"	5x7"	6x8"	8x10"	11x14"	13x19"	16x20"	24x36"
1MP 1280 x 960	Profesional 427	Excelente 256	Buena 213	Buena 183	Buena 160	Aceptable 120	Mala 87	Mala 67	Mala 60	Mala 36
2MP 1600 x 1200	Profesional 533	Excelente 320	Excelente 267	Buena 229	Buena 200	Aceptable 150	Aceptable 109	Mala 84	Mala 75	Mala 44
3MP 2048 x 1536	Profesional 683	Profesional 410	Excelente 341	Excelente 293	Excelente 256	Buena 192	Aceptable 140	Aceptable 108	Mala 96	Mala 57
4MP 2464 x 1632	Profesional 816	Profesional 493	Profesional 408	Excelente 326	Excelente 272	Buena 204	Aceptable 148	Aceptable 126	Aceptable 102	Mala 68
6MP 3008 x 2000	Profesional 1000	Profesional 602	Profesional 500	Profesional 400	Excelente 333	Excelente 250	Buena 182	Buena 154	Aceptable 125	Mala 83
8MP 3504 x 2336	Profesional 1168	Profesional 701	Profesional 584	Profesional 467	Profesional 389	Excelente 292	Buena 212	Buena 180	Aceptable 146	Mala 97
10MP 3872 x 2592	Profesional 1291	Profesional 774	Profesional 645	Profesional 518	Profesional 432	Excelente 324	Buena 236	Buena 199	Buena 162	Aceptable 108
12MP 4288 x 2848	Profesional 1424	Profesional 858	Profesional 712	Profesional 570	Profesional 475	Profesional 356	Excelente 259	Buena 219	Buena 178	Aceptable 119
16MP 4992 x 3328	Profesional 1664	Profesional 998	Profesional 832	Profesional 666	Profesional 555	Profesional 416	Excelente 303	Excelente 256	Buena 208	Aceptable 139
18MP 5232 x 3516	Profesional 1744	Profesional 1046	Profesional 872	Profesional 703	Profesional 586	Profesional 440	Excelente 320	Excelente 270	Buena 220	Aceptable 145
21MP 5616 x 3744	Profesional 1872	Profesional 1123	Profesional 936	Profesional 749	Profesional 624	Profesional 468	Excelente 340	Excelente 288	Buena 234	Buena 156

**Figura 25: Pixeles por pulgada ideales**

**Fuente:** (Martinez, 2012)

Una vez determinado el dato de la resolución ideal que tiene que tener la fotografía, proceder a calcular el campo de visión (CV) que tiene la cámara para eso utilizar la fórmula que se presenta a continuación, ver ecuación (2).

$$(CV) = \frac{\text{Resolución de los lados del sensor}}{\text{Resolución ideal de la imagen}} \quad \text{Ecuación (2).}$$

Primero obtener el campo visual para el lado del sensor más largo utilizando la ecuación (2).

$$(CV) = \frac{3280 \text{ Pixeles}}{292 \text{ Pixeles/Pulgada}} * \frac{2.54 \text{ Cm}}{1 \text{ Pulgada}} = 28.53 \text{ Cm.}$$

Ahora proceder a calcular el campo visual para el lado más corto del sensor, utilizando la ecuación (2).

$$(CV) = \frac{2464 \text{ Pixeles}}{292 \text{ Pixeles/Pulgada}} * \frac{2.54 \text{ Cm}}{1 \text{ Pulgada}} = 21.43 \text{ Cm.}$$

El campo visual determinado con el propósito que la cámara tome buenas fotografías es de 28.53 centímetros de largo y 21.43 centímetros de ancho, según estos datos para que la cámara digital tome fotos ideales para el procesamiento digital de imágenes, el objeto a ser fotografiado tiene que tener las dimensiones antes indicadas que son de (28.53\*21.43) centímetros.

### **2.5.3. Distancia de la cámara al objeto**

Una vez determinado el campo de visión que tiene la cámara que es de 28.53 centímetros por 21.43 centímetros, ahora se requiere calcular a que distancia hay que poner la cámara con respecto al objeto a ser fotografiado para tener un campo de visión de (28.53\*21.43) centímetros.

Para realizar el cálculo de esta distancia se utiliza los ángulos de visión que vienen detallados en las especificaciones de la cámara digital, en este caso los ángulos son 62.2 grados para el largo del campo de visión del sensor y 48.8 grados para el ancho del campo de visión del sensor.

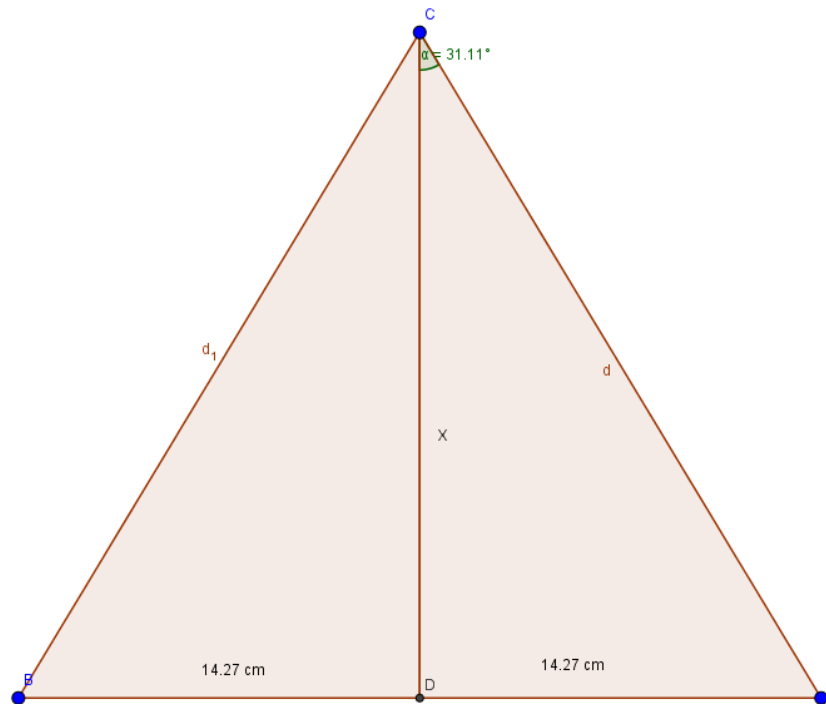
Para calcular el espacio que existe entre la cámara y el objeto a fotografiar se utiliza fórmulas de relaciones trigonométricas, porque el campo de visión de una cámara es en forma triangular y al partirlo por la mitad se generan 2 triángulos equiláteros, cómo se presenta en las figuras (26) y (27).

#### **Lado largo del campo de visión**

Lo primero en realizar es tomar tanto el valor del campo de visión como el ángulo para el lado más largo del sensor de la cámara digital, en este caso es 28.53 centímetros y 62.2 grados, ahora dividir para dos estos valores porque se requiere formar un triángulo equilátero para aplicar las ecuaciones de relaciones trigonométricas, en la figura (26) se indica el triangulo equilátero forma por el ángulo de visión.

$$Lado = \frac{28.53 \text{ cm}}{2} = 14.27 \text{ Centímetros.}$$

$$\text{Ángulo} = \frac{62.2 \text{ grados}}{2} = 31.1 \text{ grados.}$$



**Figura 26: Lado largo del Campo de visión**

Entonces para calcular la distancia “X” que muestra la figura (26) se debe aplicar la ecuación de relaciones trigonométricas que indica la ecuación (3).

$$X = \frac{\text{lado opuesto}}{\tan(\text{ángulo})} \quad \text{Ecuación (3)}$$

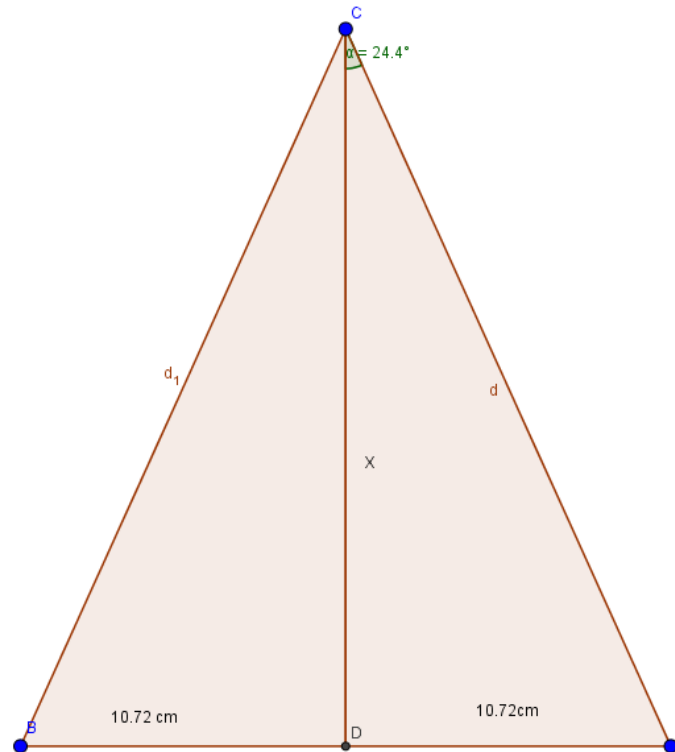
$$X = \frac{14.27 \text{ cm}}{\tan(31.1)} = 23.65 \text{ Centímetros}$$

### Lado Ancho del campo de visión

Ahora tomar las medidas del campo de visión y del ángulo para el lado ancho del sensor de la cámara, en este caso son 21.43 centímetros y 48.8 grados y dividirlos para dos y así formar un triángulo equilátero como se muestra en la figura (27).

$$\text{Lado} = \frac{21.43 \text{ cm}}{2} = 10.72 \text{ Centímetros}$$

$$\text{Ángulo} = \frac{48.8 \text{ grados}}{2} = 24.4 \text{ grados}$$



**Figura 27: Lado ancho del campo de visión**

Entonces para calcular la distancia “X” que presenta la imagen (27) se utiliza la ecuación (3), que hace referencia a relaciones trigonométricas.

$$X = \frac{10.72\text{cm}}{\tan(24.4)} = 23.63 \text{ Centímetros}$$

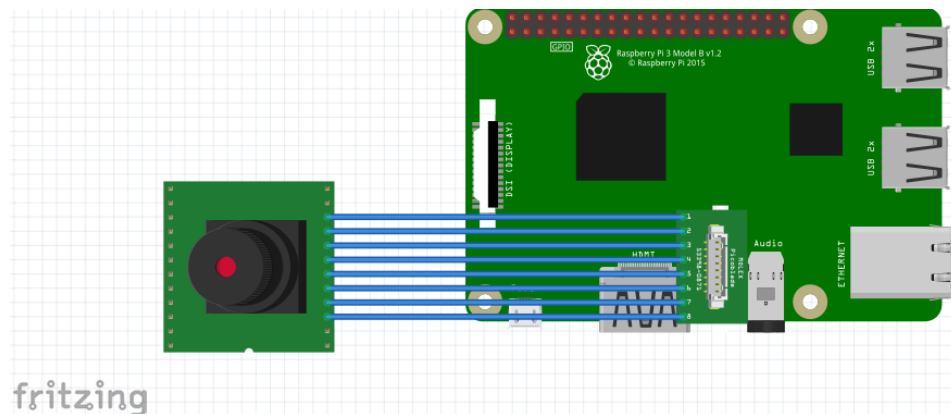
#### 2.5.4. Análisis

De acuerdo con los valores obtenidos del campo de visión, que son 28.53 centímetros por 21.43 centímetros, estos valores se asemejan a las dimensiones de una hoja A4 entonces se diseña la estructura con las dimensiones de una hoja A4 que son 29.7 centímetros por 21 centímetros, entonces la estructura será de 30 centímetros por 30 centímetros para que la estructura del dispositivo sea uniforme.

Ahora para la altura de acuerdo a los cálculos la cámara tiene que estar a una distancia de 23.65 centímetros con referencia a la base de la estructura, entonces como la base es de (30\*30) centímetros la altura será de la misma medida 30 centímetros para que la estructura sea uniforme.

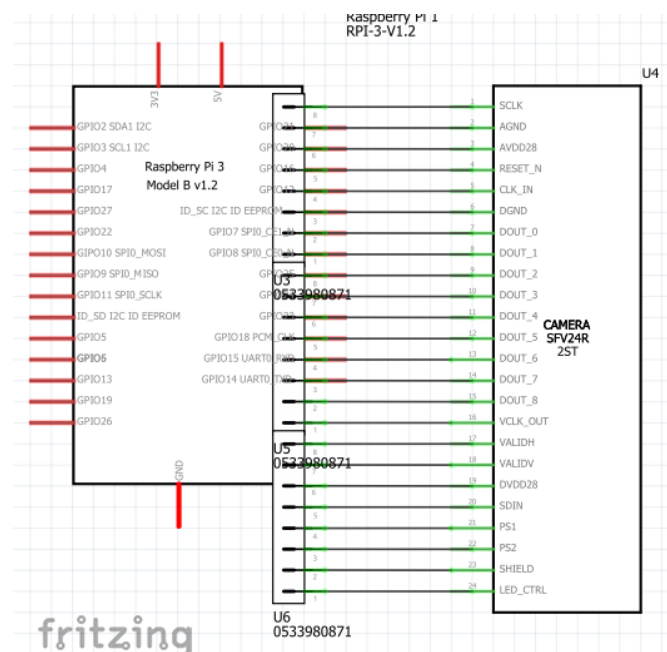
## 2.6. Diseño electrónico

Para el diseño de los circuitos electrónicos se utiliza el software Fritzing el cual permite diseñar proyectos con la Raspberry PI, primeramente, se debe conectar la cámara mediante el cable tipo BUS MIPI en el conector CSI de la Raspberry PI como se muestra la figura (28).



**Figura 28: Conexión de la cámara en la tarjeta Raspberry PI**

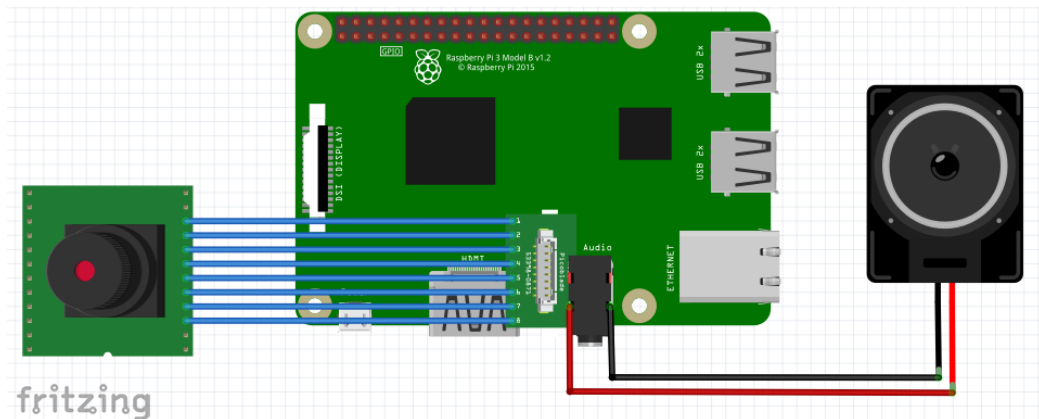
En la figura (29) se indica el diagrama de conexión que utiliza la tarjeta Raspberry PI al conectar el cable MIPI de la cámara en el puerto CSI.



**Figura 29: Conexión esquemática de la cámara**

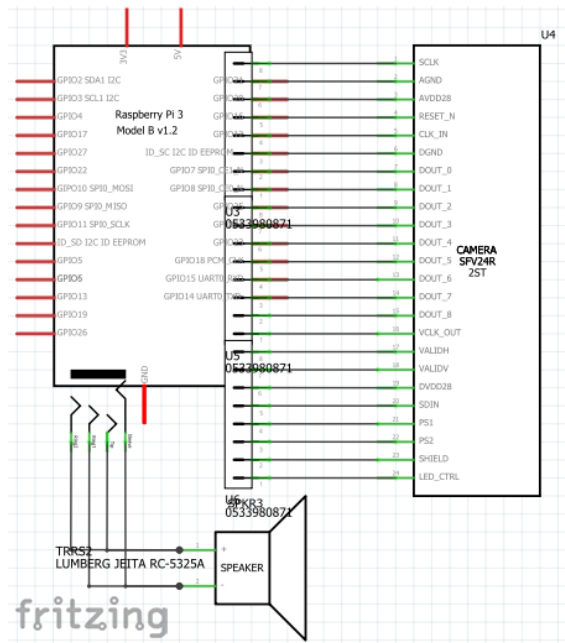


Una vez conectada la cámara se procede a conectar el parlante, para esto ingresar el cable del parlante en el Jack de audio que posee la Raspberry PI, tomar mucho en consideración que la medida del Jack de audio de la Raspberry PI es de 3.5 milímetros así que el conector del parlante tiene que ser de la misma medida, a continuación, en la figura (30) se muestra la conexión del parlante.



**Figura 30: Conexión del parlante en la Raspberry PI**

En la figura (31) se indica el diagrama de conexión que utiliza internamente la Raspberry PI para conectar el parlante.

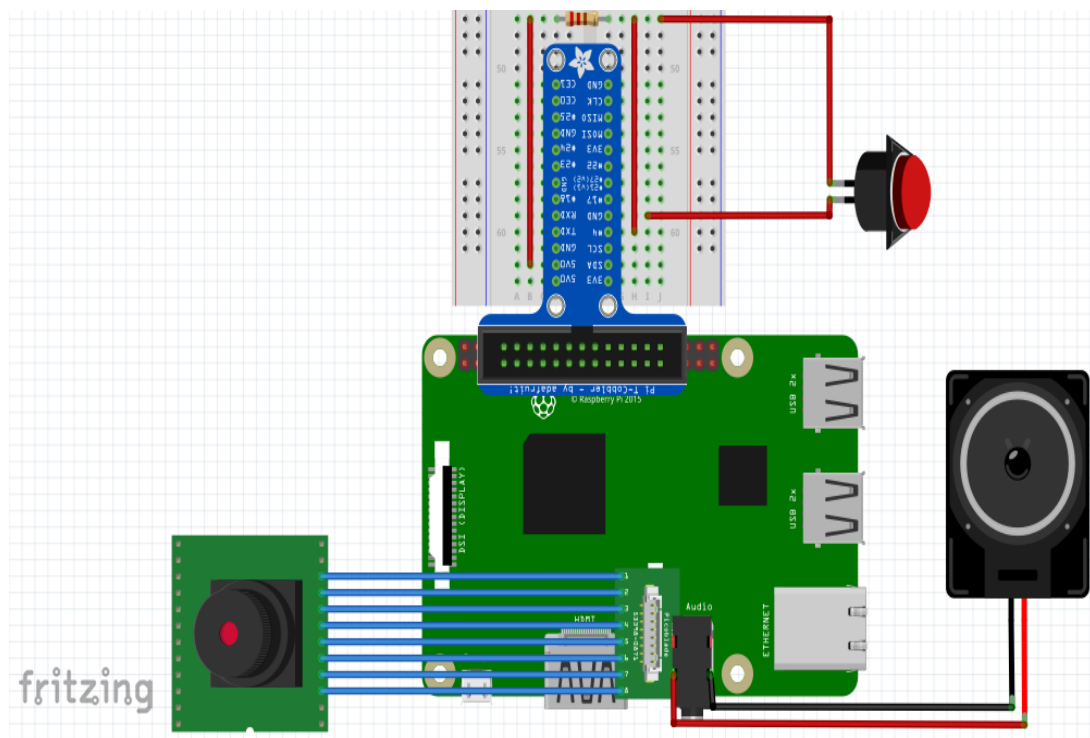


**Figura 31: Conexión esquemática del parlante**

Cuando esté conectada tanto la cámara como el parlante proceder a conectar el pulsador en los puertos GPIO el pulsador es quien permite iniciar a funcionar el procesamiento de la fotografía en la tarjeta Raspberry PI.

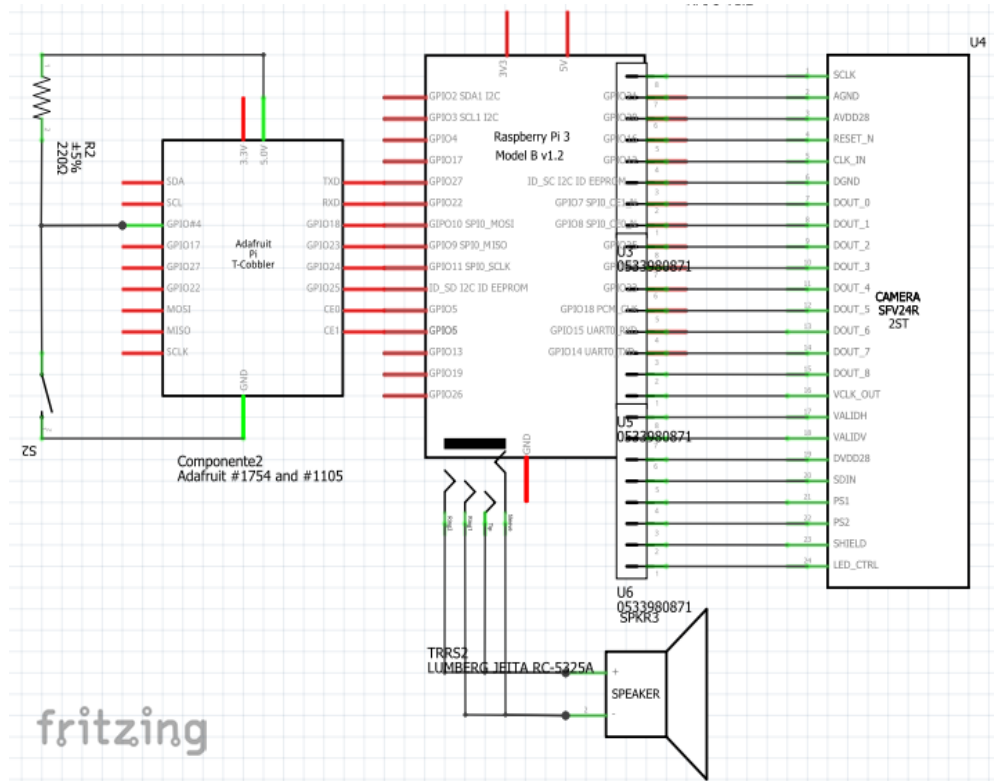
En la conexión del pulsador se requiere de una resistencia de 220 ohmios ( $\Omega$ ) y su conexión es utilizando la configuración PULL UP como en cualquier micro controlador.

Lo primero es conectar la resistencia a 5 voltios de los puertos GPIO de la tarjeta Raspberry PI y a un terminal del pulsador, el otro terminal del pulsador conectarlo a la tierra (GND) de los puertos GPIO y finalmente de la unión entre los terminales del pulsador con la resistencia conectar al pin GPIO número cuatro de la tarjeta Raspberry PI, el cual esta utilizado como la entrada de la señal en flanco ascendente del pulsador, en la figura (32) se indica la conexión del pulsador a la tarjeta Raspberry PI.



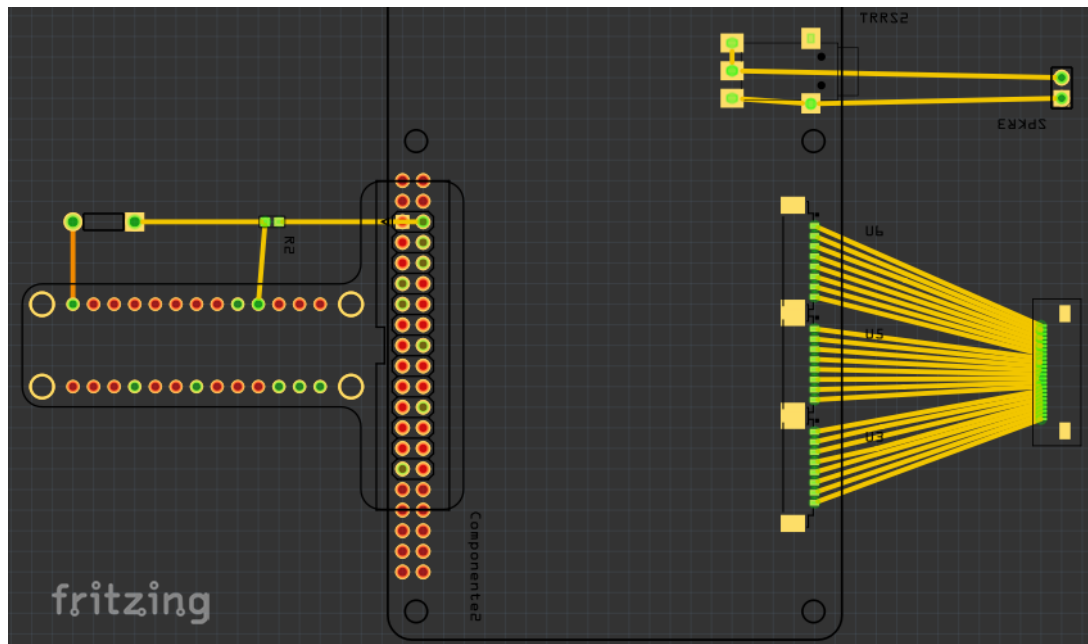
**Figura 32: Conexión del pulsador en la tarjeta Raspberry PI**

De acuerdo con figura (33), allí se indica todas las conexiones que la Raspberry PI realiza internamente al enlazar los dispositivos que se requieren utilizar para la investigación como: son la cámara, el parlante y el pulsador.



**Figura 33: Conexión esquemática de todos los elementos**

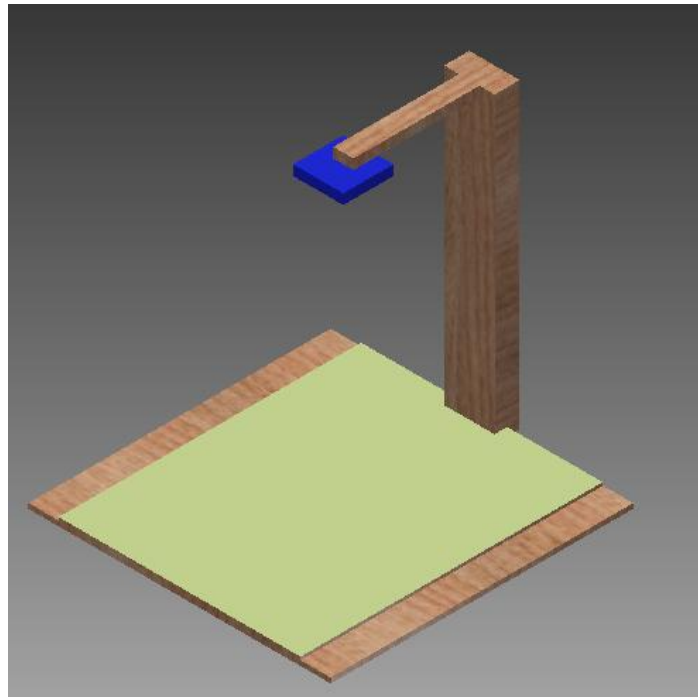
En la figura (34) se indica el diagrama de conexión PCB que realiza internamente la tarjeta Raspberry PI al conectar los dispositivos a utilizar.



**Figura 34: Diagrama PCB de las conexiones en la Raspberry PI**

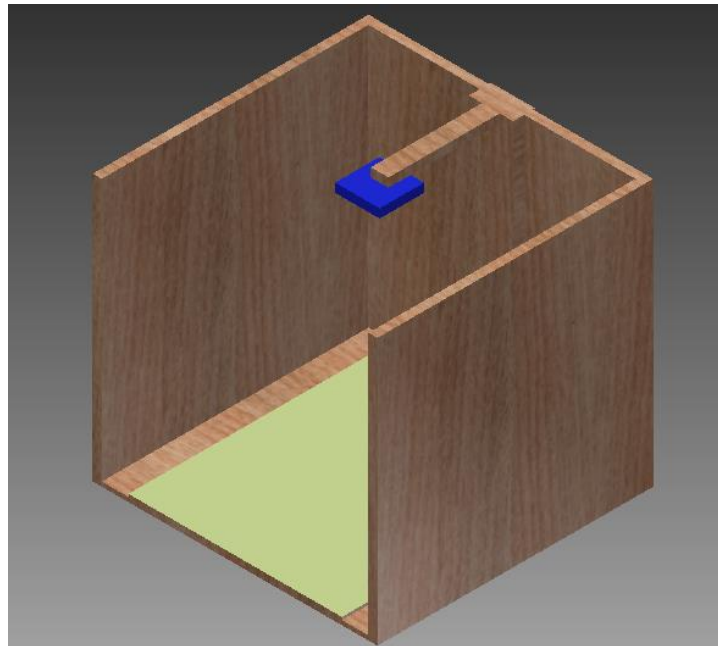
## 2.7. Diseño mecánico

En el diseño de la estructura se utiliza el software Inventor el cual permite esquematizar cualquier tipo de estructuras sólidas mediante la utilización del diseño asistido por computador (CAD), Conforme a los datos determinados en los cálculos de diseño la base de la estructura es de 30 cm de largo por 30 cm de ancho y la cámara está situada a 30 cm de altura con referencia a la base de la máquina, el material seleccionado para la construcción de la estructura es la madera, en la figura (35) se presenta el primer diseño de la estructura de la máquina.



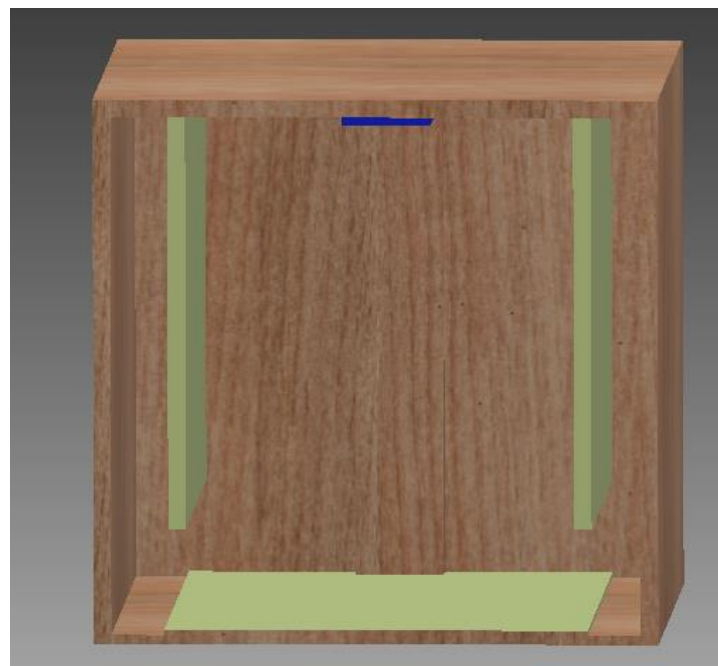
**Figura 35: Primer diseño de la estructura de la máquina**

Con el primer diseño de la estructura de la máquina se evidencia un factor negativo para el funcionamiento de la cámara que es la luz, por tal motivo se realiza modificaciones al primer diseño para contrarrestar la deficiencia de la luminosidad, la estructura tiene que ser compacta es por eso que finalmente la estructura será un cubo sellado de 30 centímetros de alto por 30 centímetros de ancho y con una altura de 30 centímetros con una iluminación que estará por dentro de la máquina, en la figura (36) se presenta la esquematización del segundo diseño.



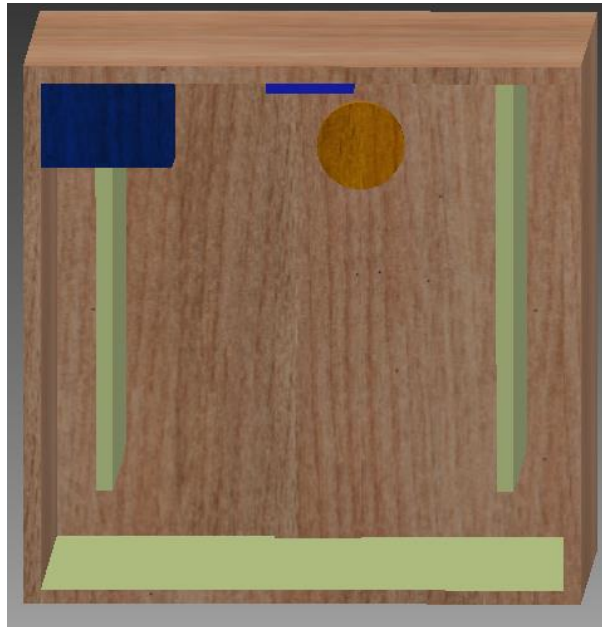
**Figura 36: Segundo diseño de la estructura de la máquina**

Ahora se introducen dos barras verticales desde la parte superior y a los lados de la cámara con el afán que la persona invidente se oriente e identifique el campo visual que posee la máquina e identifique donde tiene que poner el material que desea leer, a continuación, se presenta en la figura (37) el mecanismo utilizado.



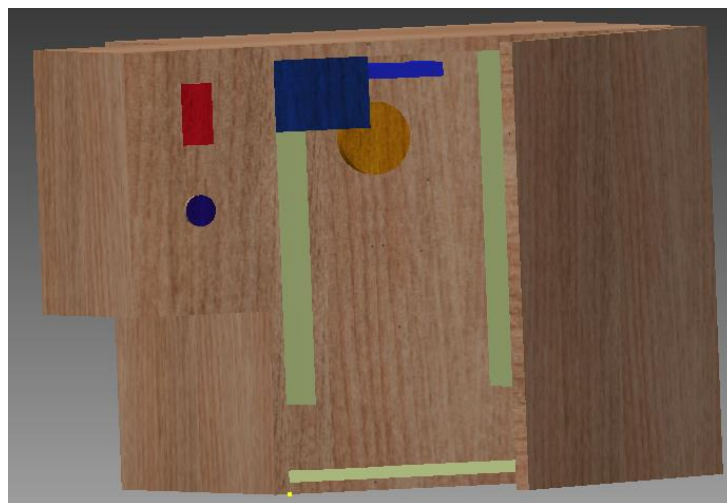
**Figura 37: Mecanismo para detectar el campo visual**

Finalmente se diseña y especifica el lugar donde se ubicarán tanto el sistema de iluminación como los componentes electrónicos, el sistema de iluminación está ubicado junto a la cámara digital con el propósito que la luz se emita paralelamente al enfoque del lente de la cámara, en la figura (38) se indica el lugar de los dispositivos electrónicos.



**Figura 38: Ubicación de los dispositivos electrónicos**

Finalmente, en la figura (39) se presenta el diseño final de la máquina de lectura con el espacio para la fuente de alimentación y el botón de encendido los cuales se encuentran al lado izquierdo de la máquina.



**Figura 39: Diseño final de la estructura**

## 2.8. Construcción

Lo primero es realizar la construcción de la estructura, la estructura de la máquina se construye de acuerdo al diseño realizado en el programa de CAD Inventor con las medidas especificadas en los cálculos del diseño y con el material seleccionado que es la madera, en la imagen (40) se muestra la estructura construida.



**Figura 40: Estructura de la máquina**

Lo siguiente es conectar los elementos electrónicos como: la cámara y el parlante a la tarjeta Raspberry PI según las especificaciones del diseño electrónico, una vez conectado montar todos los componentes electrónicos en la estructura de la máquina, en la imagen (41) se indica el montaje de la tarjeta Raspberry PI en la estructura de la máquina.





**Figura 41: Montaje de los dispositivos electrónicos**

Una vez establecidos los componentes electrónicos en la estructura de la máquina conectar e instalar el sistema de iluminación como se muestra en la imagen (42).



**Figura 42: Sistema de iluminación**



## CAPÍTULO III

### 3. CONFIGURACIÓN Y DESARROLLO DEL ALGORITMO

#### 3.1. Preparación de la tarjeta Raspberry PI

Antes de empezar con la programación de la tarjeta Raspberry PI, se tiene que tomar en cuenta ciertas consideraciones como son: el hardware necesario para el correcto arranque y desarrollo del sistema embebido de procesamiento Raspberry PI, así también como es el software y los programas necesarios para la instalación y configuración de la tarjeta de procesamiento Raspberry PI los cuales se presenta a continuación.

##### 3.1.1. Hardware

Los dispositivos que se requieren conectar al sistema embebido de procesamiento Raspberry PI son los necesarios para poder desplazarse, visualizar y configurar las diferentes funciones que esta tarjeta tiene disponibles, ya que la tarjeta Raspberry PI es básicamente un mini computador se necesita de dispositivos de ingreso y salida de datos para tener la funcionalidad de un computador, seguidamente se muestra los dispositivos requeridos para su funcionamiento, en la figura (43) se indica los periféricos para ingreso y salida de datos que posee la Raspberry PI.

##### Memoria micro SD

Esta tarjeta tiene la función de funcionar como la memoria del mini procesador Raspberry PI, donde va cargado el sistema operativo que se utiliza, la memoria debe cumplir con ciertos parámetros indispensables para el adecuado desempeño de trabajo de la Raspberry PI como es la capacidad y la velocidad, para el sistema embebido a utilizar se decidió en la tabla (6) utilizar una memoria de mínimo 8 GB de capacidad y de clase C 10, lo cual significa que dicha memoria cuenta con una velocidad mínima de 10 Mb/sg.

## Fuente de Alimentación

Este dispositivo es el encargado de proporcionar energía eléctrica a la tarjeta Raspberry PI, para que la tarjeta y sus accesorios tengan una correcta autonomía de funcionamiento de acuerdo con la tabla (7) se recomienda utilizar una fuente de poder eléctrica de 110 voltios, la cual proporcione 2.5 amperios.

## Teclado

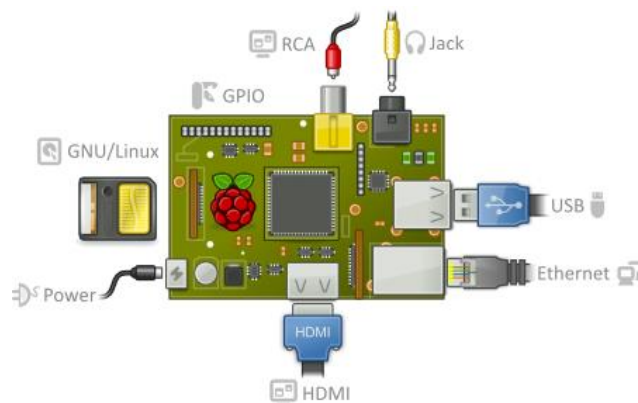
Dispositivo importante al momento de la configuración del sistema embebido de procesamiento Raspberry PI, pero no indispensable ya que la tarjeta puede funcionar normalmente con la ausencia del teclado.

## Mouse

Es el dispositivo, el cual nos permite desplazarnos por la interfaz del sistema operativo de la tarjeta Raspberry PI, al igual que el teclado, la tarjeta funciona normalmente con la ausencia del mouse.

## Monitor

La función de este dispositivo es permitir la visualización de la interfaz gráfica del sistema operativo de la tarjeta Raspberry PI, no es un dispositivo indispensable ya que el mini procesador funciona normalmente con la ausencia del monitor, pero si importante para visualizar lo que está ocurriendo dentro del mini procesador.



**Figura 43: Periféricos de entrada y salida de la Raspberry PI**

**Fuente:** (Robotistan, 2016)

Además de los dispositivos nombrados anteriormente para la presente investigación se necesita de dispositivos específicos, a continuación, se detallan estos dispositivos:

### **Cámara**

Este dispositivo es indispensable para la investigación ya que es el encargado de obtener y capturar la información de los documentos impresos y enviarlos a la tarjeta Raspberry PI en forma de imágenes para su debido procesamiento.

### **Parlante o audífonos**

De igual manera que el anterior, este dispositivo es indispensable para la investigación, es quien permite la salida de información, toma la información de las imágenes previamente procesadas en texto y voz para presentarlas al usuario en audio sintético.

### **3.1.2. Software**

Son los diferentes programas informáticos utilizados para la preparación e instalación del sistema operativo, se necesita tener el micro SD en el formato de tabla de asignación de archivos (FAT 32) para copiar sin problema los archivos del sistema operativo en el micro SD para eso se utiliza el software SD Card Formatter, además se necesita copiar el sistema operativo en formato de imagen (.img) para eso se utiliza el software Win 32 Disk Imager, a continuación, se presentan estos programas:

#### **SD Card Formatter**

Es un software que permite formatear una memoria micro SD a cualquier tipo de formato, se lo puede formatear con las herramientas que nos proporciona Windows en una computadora normal, pero lo recomendable es usar este software, porque se requiere que la micro SD este trabajando con el formato FAT 32 para copiar sin ningún inconveniente el sistema operativo.

#### **Win 32 Disk Imager**

Este software permite convertir y copiar los archivos normales del sistema operativo de la Raspberry PI a un archivo en formato imagen (.IMG) dentro de una tarjeta de memoria micro SD.

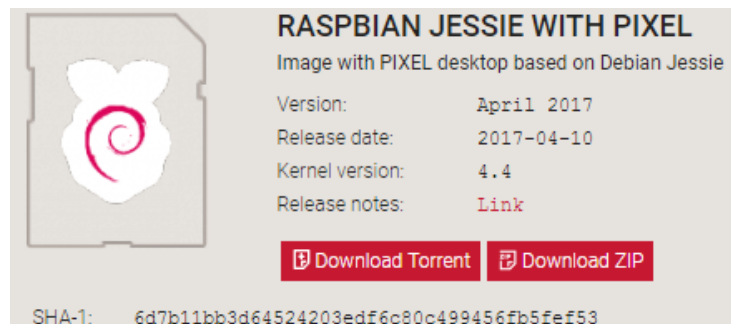
### 3.2. Instalación del sistema operativo Raspbian Jessie

Para la instalación del sistema operativo se requiere de un conjunto de procesos, como, por ejemplo: se necesita descargar de internet el S.O. Raspbian Jessie, se debe cargar el S.O. en la memoria micro SD y se debe encender el sistema operativo, estos procesos se denotan a continuación:

#### 3.2.1. Descargas previas

##### Raspbian Jessie

Es un sistema operativo basado en Debian Linux, el cual está acondicionado para trabajar sobre la Raspberry PI, se lo descarga en formato ZIP con un tamaño aproximado de 4 GB. Este S.O. es el más utilizado ya que permite instalar y modificar más utilidades de la tarjeta Raspberry PI, a diferencia de los demás S.O. Ver figura (44).



**Figura 44: Sistema Operativo Raspbian Jessie**

**Fuente:** (Raspberry o. , 2016)

También se requiere descargar algunos programas informáticos, los que se utiliza para el montaje del sistema operativo sobre la memoria micro SD, los cuales son los siguientes:

- SD Card Formatter
- Win 32 Disk Imager.

### 3.2.2. Montaje de sistema operativo Raspbian Jessie

Para el montaje del sistema operativo, se necesita del manejo de dos programas informáticos, los cuales sirven para preparar la memoria micro SD y para cargar el S.O. sobre la tarjeta de memoria.

Lo primero que se debe realizar es, introducir la tarjeta de memoria en el puerto lector de memorias de una computadora convencional y normal, con las características previamente especificadas en la tabla (6) las cuales son una tarjeta de memoria micro SD de clase 10, con 8 GB de almacenamiento.

#### Formatear el micro SD

Ejecutar el programa SD Card Formatter previamente descargado, con el fin de eliminar completamente la información de la memoria micro SD y que trabaje con un formato en específico el cual es FAT32.

Para ello en la pantalla del programa SD Card Formatter de la imagen (45), se selecciona la dirección que le asigna Windows a la memoria micro SD y el formato en este caso FAT32 el cual permite copiar archivos de la computadora hacia la memoria. Una vez configurado, dar en formatear y esperar a que se formatee.

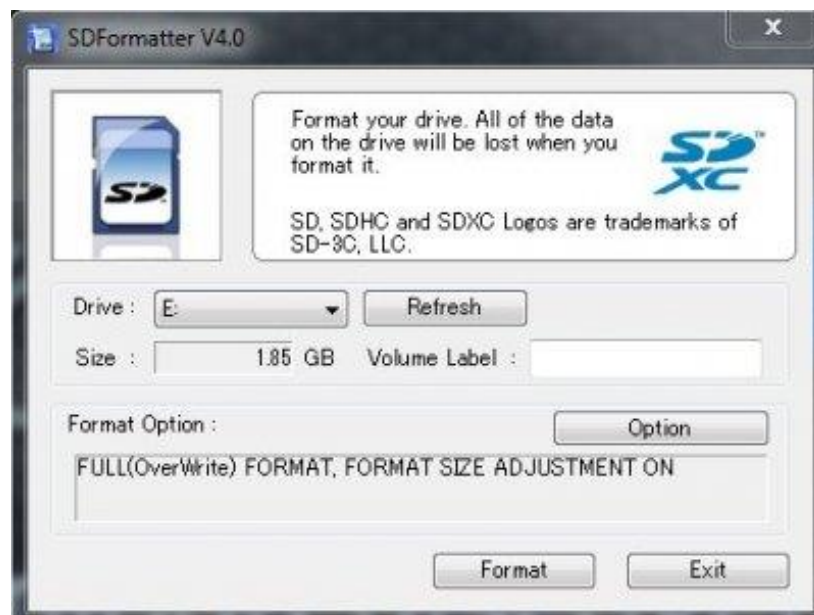


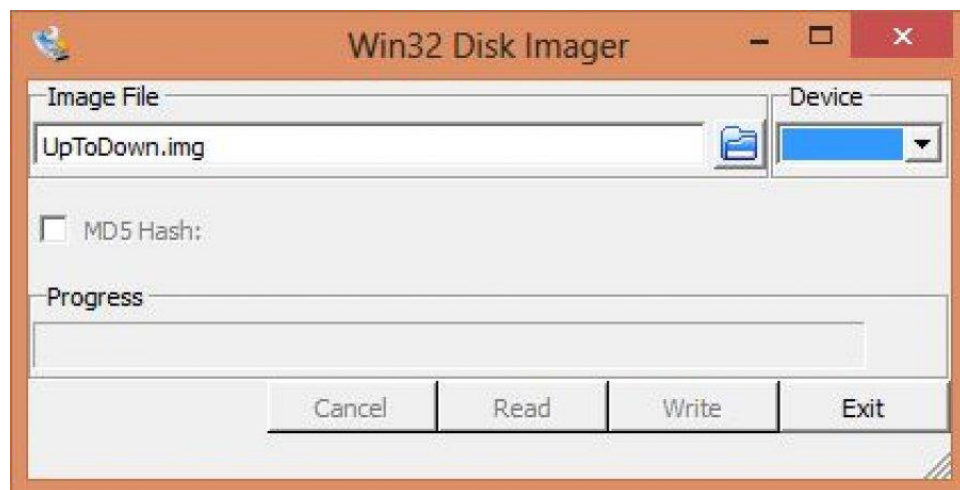
Figura 45: Interfaz Gráfica SD Card Formatter

## Montaje del sistema operativo

Descomprimir el archivo .ZIP del sistema operativo Raspbian Jessie, previamente descargado y guardarlo en una carpeta de la computadora.

Una vez descargado y descomprimido el S.O. se procede a cargarlo sobre la memoria micro SD, para ello se utiliza el programa informático Win 32 Disk Imager.

En donde en la interfaz gráfica del programa se debe seleccionar el archivo de imagen (.IMG) que contiene el S.O. y la ubicación donde está la tarjeta micro SD. Entonces luego seleccionar WRITE y esperar a que el S.O. se cargue en la tarjeta micro SD, la figura (46) muestra la interfaz gráfica del software Win 32 Disk Imager.



**Figura 46: Interfaz Gráfica Win 32 Disk Imager**

### 3.2.3. Encendido de la tarjeta Raspberry PI

Una vez preparados los requerimientos para el correcto funcionamiento del mini procesador, se procede a introducir la memoria micro SD en la Raspberry PI, y también los demás accesorios como son: el audífono, el teclado, la pantalla, la cámara y el mouse.

Una vez conectado todo, enchufar la fuente de poder y esperar que el S.O. arranque, para luego continuar con su configuración.

### 3.3. Configuración del sistema operativo Raspbian Jessie

Una vez arrancado el sistema operativo de la tarjeta Raspberry PI, existen circunstancias en donde el mismo sistema operativo solicita que se ingresen las credenciales de usuario, las cuales vienen por defecto establecidas y son las presentadas a continuación en la tabla (9):

**Tabla 9**

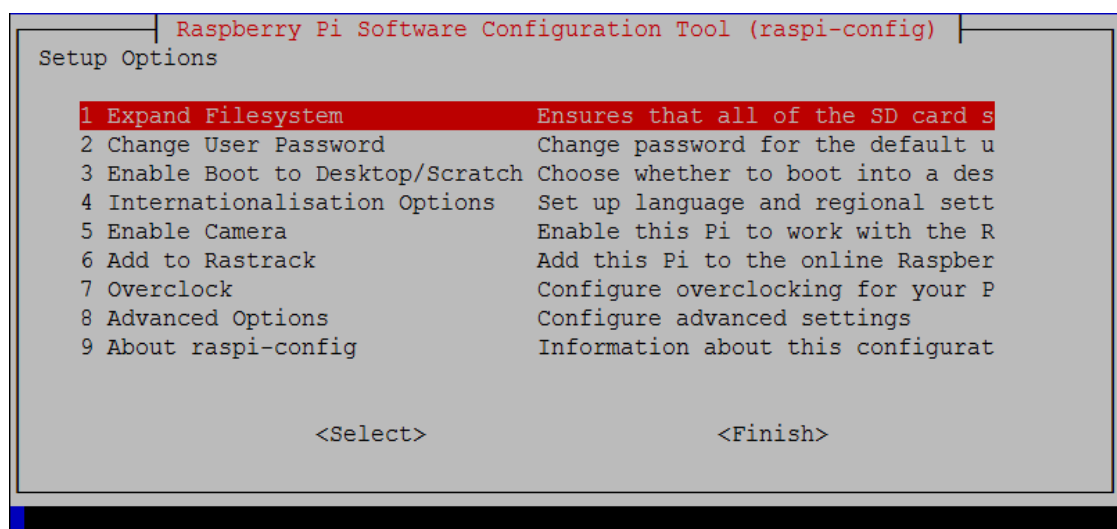
#### Credenciales de usuario de la Raspberry PI

USUARIO	CONTRASEÑA
Pi	raspberry

Fuente: (Raspberry o. , 2016)

#### 3.3.1. Configuración general

Al arrancar por primera vez el S.O. Raspbian Jessie de la tarjeta Raspberry PI, aparece una pantalla de configuración, en donde se debe cambiar la configuración de acuerdo a los requerimientos del proyecto, utilizando las flechas de dirección del teclado, en la figura (47) se presenta la ventana de configuración del S.O. Raspbian Jessie.



**Figura 47: Configuración del sistema operativo**

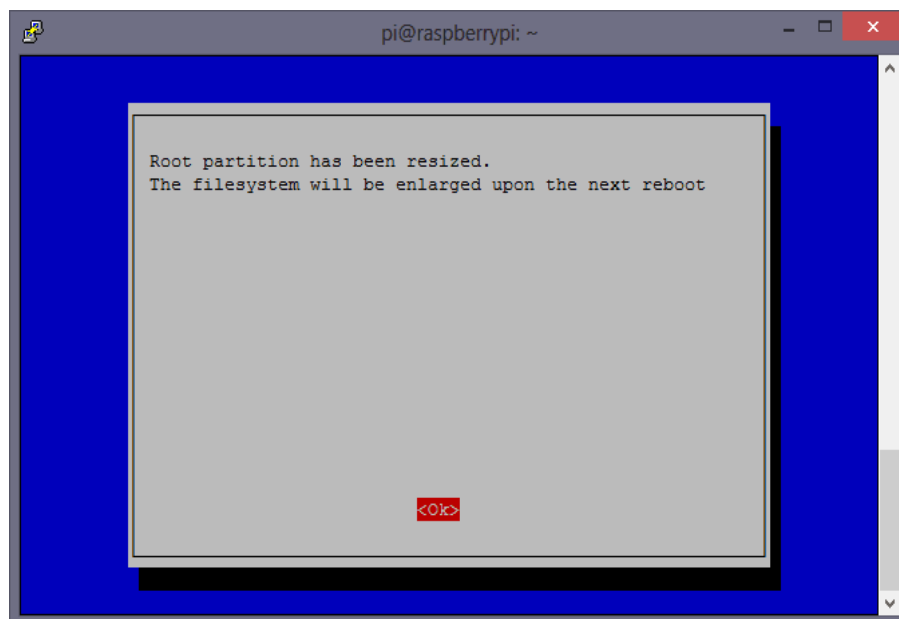
Cuando la tarjeta Raspberry PI ya esté funcionando y se necesite cambiar algo de la configuración, se lo debe realizar por consola ingresando el presente código:

Sudo raspi-config.

El cual brinda acceso para modificar las configuraciones de la tarjeta Raspberry PI en la modalidad de súper usuario, lo que en Windows significa administrador.

### **Expand Filesystem**

Esta opción permite usar toda la capacidad de almacenamiento que posee la tarjeta micro SD, para utilizar el S.O. en su totalidad de capacidad se configura esta opción como una partición completa de la memoria de la tarjeta micro SD, para ello seleccionar la primera opción del menú de configuración y luego presionar OK como se indica en la imagen (48).



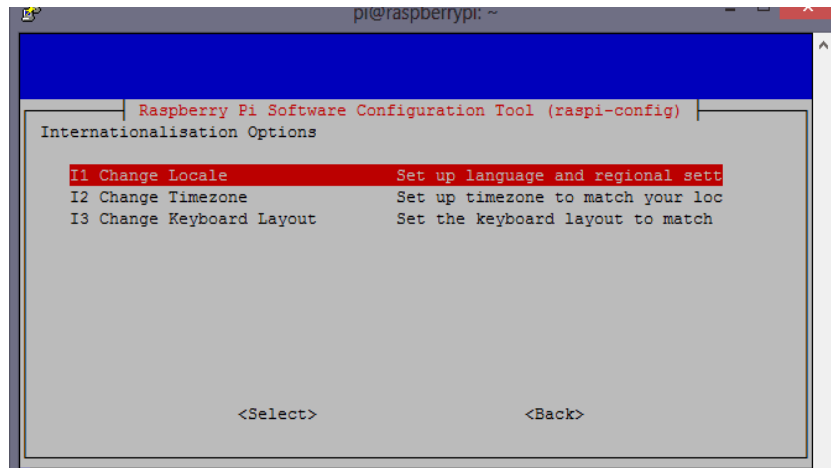
**Figura 48: Expansión de los archivos de sistema**

Esta configuración se realiza con la totalidad de los S.O. que se utilizan con la tarjeta Raspberry PI, con la excepción del sistema operativo NOOBS, el cual al instalarlo crea automáticamente la partición completa de la memoria de la tarjeta micro SD.



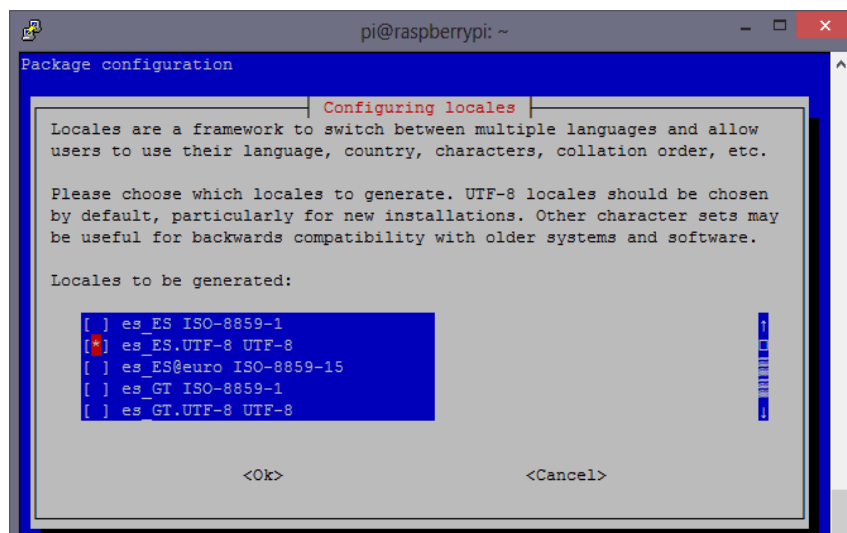
## Internationalization Options

Con esta opción se puede realizar configuraciones del idioma, tipo de teclado a utilizar y la zona horaria, como se muestra en la imagen (49).



**Figura 49: Menú de la opción Internationalization Options**

Una vez seleccionado la opción **Internationalization Options**, aparece un menú con tres opciones, la primera opción **Change Locate** permite realizar la modificación del idioma que se desea utilizar como se ve la figura (49), luego seleccionar la codificación para español **es\_ES.UTF-8 UTF-8**, presionar en **OK** y aparece un nuevo menú donde se selecciona **es\_ES.UTF-8**.



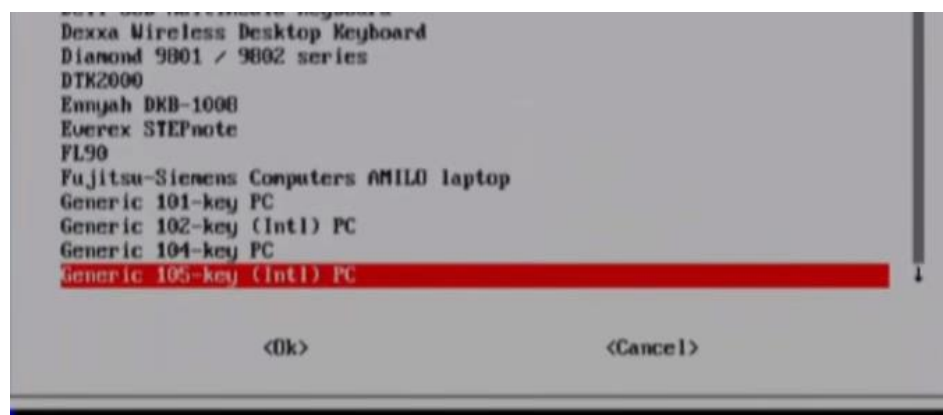
**Figura 50: Configuración del idioma**

En el menú de la imagen (49), se debe seleccionar la segunda opción **Change Timezone**, con la cual se configura la zona horaria de acuerdo a la región donde está la Raspberry PI, luego de eso presionar **OK**, aparece un nuevo menú como el que muestra la figura (51) donde se selecciona el país.



**Figura 51: Configuración horaria de la Raspberry PI**

Para configurar el teclado se debe seleccionar la tercera opción del menú de la figura (49), la cual hace referencia a **Change Keyboard Layout**, luego de eso aparece un menú que presenta los teclados disponibles para la tarjeta Raspberry PI, en el cual se selecciona el modelo de teclado a utilizar, si el modelo del teclado utilizado no aparece en la lista, seleccionar la opción **Generic 105-Key** como se indica en la figura (52).

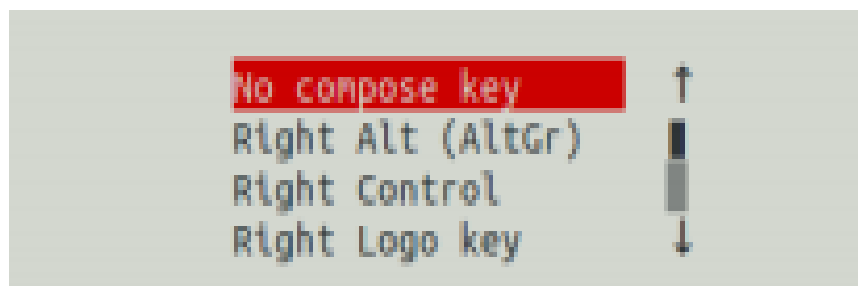


**Figura 52: Selección del teclado**

Luego de seleccionar el teclado genérico aparece un menú donde se configura el idioma del mismo, por defecto está en inglés y para cambiar el idioma a español se selecciona la opción **Otro**, luego de esto aparece un listado con las opciones de teclados en español, en donde se selecciona la opción de español normal **Spanish** o si se desea el idioma específico de algún otro país.

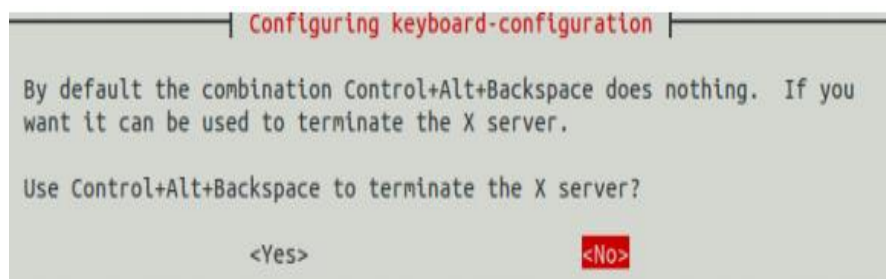
A continuación, aparece un menú donde se indica que se elija la ubicación física en el teclado o un atajo para acceder al botón **ALT**, en donde se recomienda seleccionar la opción **the default for the keyboard layout**, la que hace referencia a utilizar la tecla predeterminada por el diseño del teclado.

Luego se presenta un nuevo menú donde se requiere seleccionar la ubicación física o el atajo para seleccionar la tecla **ALTGR**, en donde se recomienda seleccionar la opción **No Compose Key**, ver figura (53).



**Figura 53: Configuración de los atajos de teclado**

Al final se indica si se desea utilizar la composición de teclas **CTRL+ALT+BACKSPACE**, para cambiar de la interfaz gráfica al terminal de comandos donde se selecciona por defecto **NO**. Como se indica en la figura (54).



**Figura 54: Configuración final del teclado**

## Overclock

Al seleccionar la opción Overclock el sistema operativo permite configurar la velocidad de procesamiento con la que va a trabajar la Raspberry PI, se recomienda configurarla en la opción **Medium**, ya que a medida que se suba la velocidad hasta su máxima capacidad, la Raspberry PI se va haciendo cada vez más inestable, en la figura (55) se indican las opciones de Overclock que tiene la Raspberry PI.

```

Chose overclock preset

None 700MHz ARM, 250MHz core, 400MHz SDRAM, 0 overvolt
Modest 800MHz ARM, 250MHz core, 400MHz SDRAM, 0 overvolt
Medium 900MHz ARM, 250MHz core, 450MHz SDRAM, 2 overvolt
High 950MHz ARM, 250MHz core, 450MHz SDRAM, 6 overvolt
Turbo 1000MHz ARM, 500MHz core, 600MHz SDRAM, 6 overvolt
  
```

Figura 55: Overclock

## Advanced Options

En Este menú se puede configurar una serie de opciones como se indica en la imagen (56), una de las más importantes es la opción **SSH** la cual permite activar el acceso remoto a la Raspberry PI, la opción **Memory Split** donde se configura la cantidad de memoria para la tarjeta de video **GPU** la cual según la fundación Raspberry se recomienda ponerle en el mínimo valor que es (16).

```

Raspberry PI Software Configuration Tool (raspi-config)
Advanced Options

A1 Overcan          You may need to configure oversca
A2 Hostname         Set the visible name for this Pi
A3 Memory Split     Change the amount of memory made
A4 SSH              Enable/Disable remote command lin
A5 SPI              Enable/Disable automatic loading
A6 Audio            Force audio out through HDMI or 3
A7 Update           Update this tool to the latest ve
  
```

Figura 56: Configuración Avanzada

### 3.3.2. Configuración Adicional

#### Change User Password

Al seleccionar esta opción se tiene la facilidad de cambiar o modificar tanto el nombre de usuario como la contraseña de la Raspberry PI, lo cual generalmente viene dado como **pi** para usuario y **raspberry** para la contraseña.

#### Enable Boot To Desktop

Esta opción permite configurar, la forma de arranque para la tarjeta Raspberry PI, ya que puede arrancar en modo de terminal de comandos o en modo de interfaz gráfica.

Seleccionar la segunda opción que hace referencia al inicio en modo de interfaz gráfica, ya que en el desarrollo del presente proyecto se utiliza el **IDE** de **Python** para el desarrollo del algoritmo de funcionamiento del dispositivo. Ver figura (57).

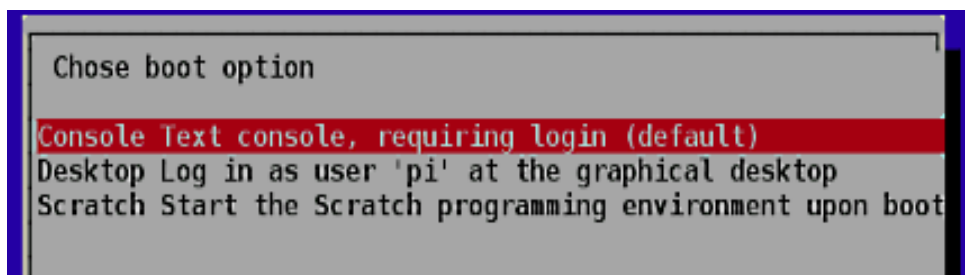


Figura 57: Configuración del escritorio

#### Add to Rastrack

Esta opción de configuración es un rastreo del equipo, es utilizada cuando se desea que la fundación Raspberry pueda conocer la ubicación de su tarjeta de procesamiento Raspberry PI.

Una vez terminada la configuración de la Raspberry PI, presionar **Finish** para que el S.O. Raspbian Jessie guarde los cambios y reinicie el funcionamiento del equipo.

### 3.4. Instalación, configuración y pruebas de la cámara digital

La cámara es el principal dispositivo en el desarrollo de esta investigación por tal motivo para un correcto funcionamiento de la cámara, se necesitan ciertos requerimientos que se presentan ahora.

#### 3.4.1. Instalación y Configuración

Primeramente, conectar la cámara con el cable bus de cinta MIPI, en la Raspberry PI apagada como se muestra en la figura (58). Luego de ello alimentar y encender el equipo.

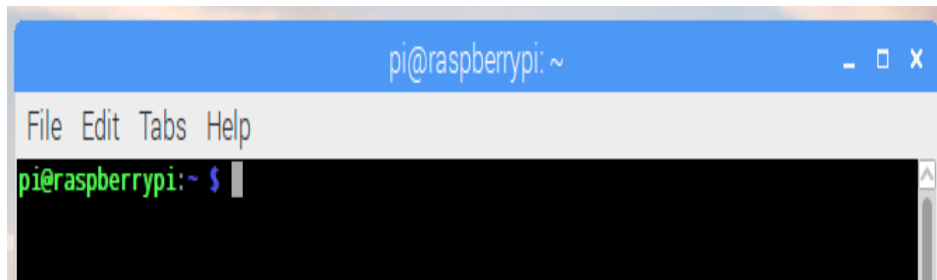


**Figura 58: Conexión del módulo de cámara Raspberry PI**

Una vez arrancado el S.O. Raspbian Jessie abrir el terminal de comandos de la tarjeta Raspberry PI e ingresar uno a uno los comandos mostrados en la figura (59), el primer código descarga las actualizaciones de los programas instalados en la Raspberry PI y el segundo código instala las actualizaciones descargadas.

```
sudo apt-get update  
sudo apt-get upgrade
```

**Figura 59: Comandos para actualizar la Raspberry PI.**



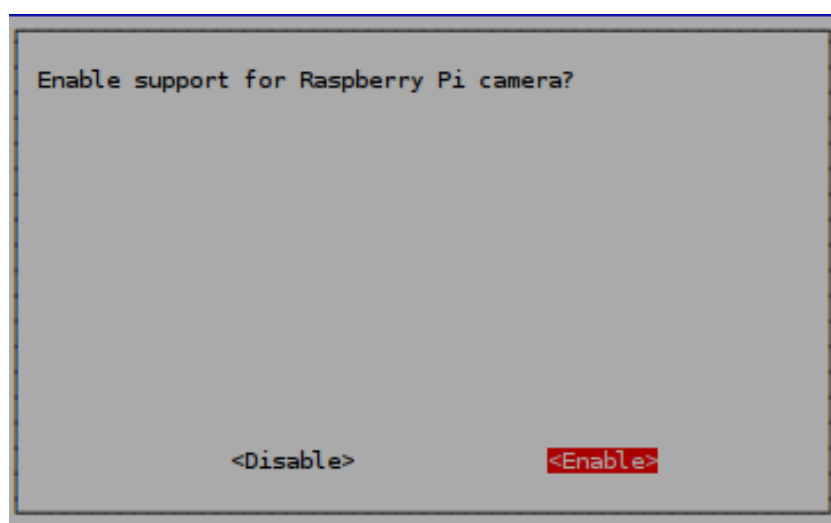
**Figura 60: Terminal de comandos de la Raspberry PI**

Una vez actualizado el S.O. Raspbian Jessie, ingresar en el menú de configuración de la tarjeta Raspberry PI, para eso en el terminal de comandos que se presenta en la figura (60), ingresar el siguiente código:

```
sudo raspi-config
```

**Figura 61: Código para configurar la Raspberry PI**

Una vez ingresado el comando de la figura (61), se presenta el menú de configuración inicial de la Raspberry PI que se presenta en la figura (47), en donde se debe seleccionar la opción 5 **Enable Camera**, la cual hace referencia a la habilitación del soporte de software para el módulo de la cámara.

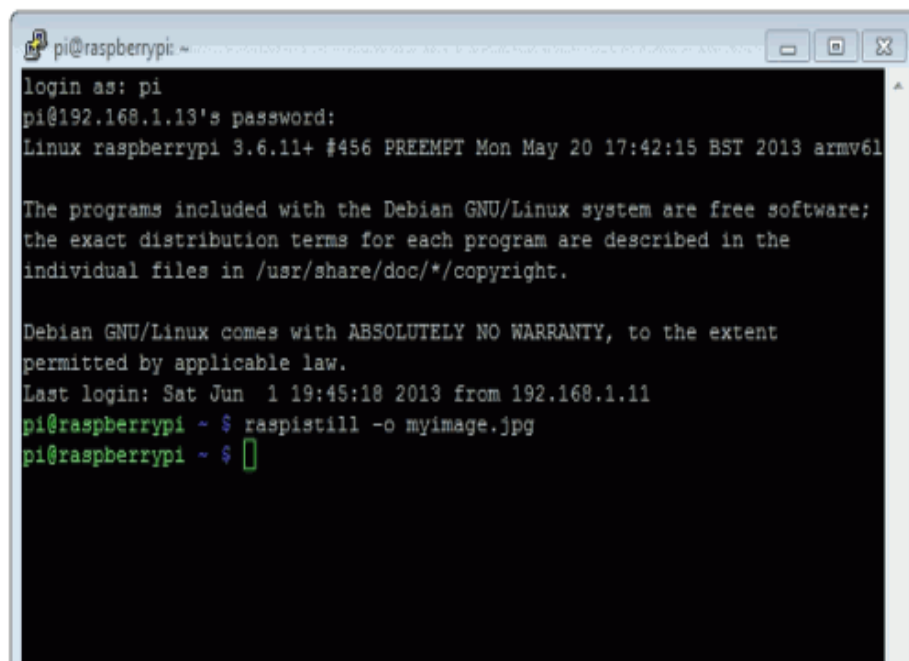


**Figura 62: Habilidad de la cámara**

En el menú de configuración de la cámara digital presentada en la figura (62), seleccionar la opción **Enable** lo cual activa el soporte informático para utilizar la cámara digital con el equipo, luego de esto seleccionar la opción **Finish**, con lo cual la tarjeta se reinicia y está lista para funcionar con la cámara.

### 3.4.2. Pruebas de Funcionamiento

Para la prueba de funcionamiento es necesario abrir el terminal de comandos de la Raspberry PI, en el cual se ingrese el siguiente comando **raspistill -o myimage.jpg**, con lo cual la Raspberry PI tomará una imagen con el nombre **myimage** en formato **.jpg** y por defecto la guardará en la ruta **/home/pi**. Como se muestra en la figura (63).



```
pi@raspberrypi ~  
login as: pi  
pi@192.168.1.13's password:  
Linux raspberrypi 3.6.11+ #456 PREEMPT Mon May 20 17:42:15 BST 2013 armv6l  
  
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;  
the exact distribution terms for each program are described in the  
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.  
  
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent  
permitted by applicable law.  
Last login: Sat Jun 1 19:45:18 2013 from 192.168.1.11  
pi@raspberrypi ~ $ raspistill -o myimage.jpg  
pi@raspberrypi ~ $
```

Figura 63: Funcionamiento de la cámara

## 3.5. Instalación, Configuración y Pruebas del Parlante

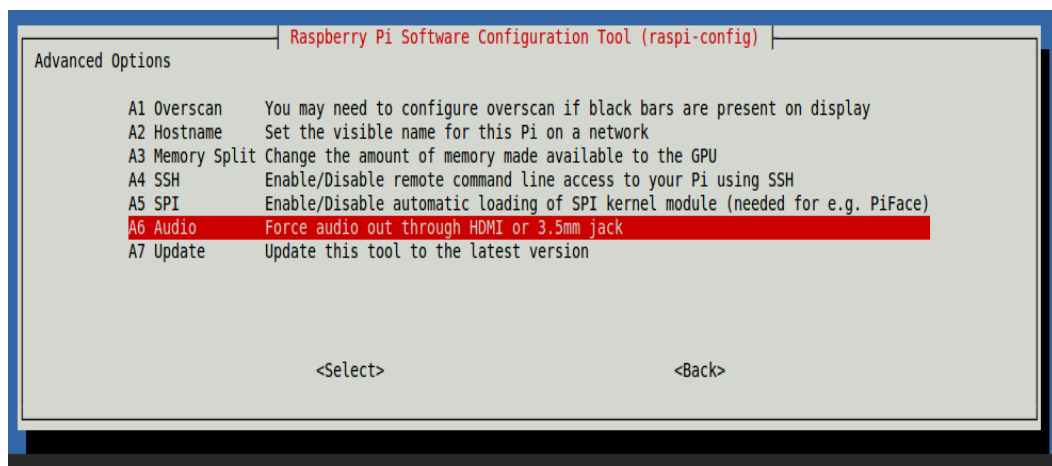
El parlante tiene una función sumamente trascendental en el desarrollo de la investigación, ya que es el encargado de transmitir la información procesada en forma de audio al usuario, es por eso que se requiere configurarlo para comprobar el funcionamiento del dispositivo.



### 3.5.1. Instalación y Configuración

Conectar el parlante al Jack de audio de la tarjeta Raspberry PI, luego de esto abrir el terminal de comandos y actualizar las dependencias del sistema operativo con los comandos mostrados en la figura (59), entonces ingresar el comando **sudo raspi-config** con lo que aparece el menú mostrado en la figura (47).

En esta configuración seleccionar la opción **Advanced Options**, luego de esto se muestra la ventana de la figura (64), en donde se elige la opción **A6 Audio** para habilitar el audio del equipo, luego de esto presionar **Finish**, entonces se reinicia el S.O. Raspbian Jessie y la tarjeta Raspberry PI está lista para utilizarla.



**Figura 64: Habilitar audio de la Raspberry PI**

### 3.5.2. Pruebas de Funcionamiento

Para la verificación del parlante basta con descargarse un archivo de audio en la Raspberry PI, luego de eso ingresar en el terminal de comandos el siguiente código:

**Aplay /home/pi/audioalexis.wav**

Lo cual reproduce el archivo **audioalexis.wav** ubicado en la dirección **/home/pi** de la Raspberry PI.

### 3.6. Instalación de OpenCV

Esta librería es utilizada en visión artificial para procesar imágenes, esta librería es la encargada de tomar la imagen capturada por la cámara y procesarla hasta dejarla lista con el propósito que el reconocimiento óptico de caracteres la pueda transformar a texto.

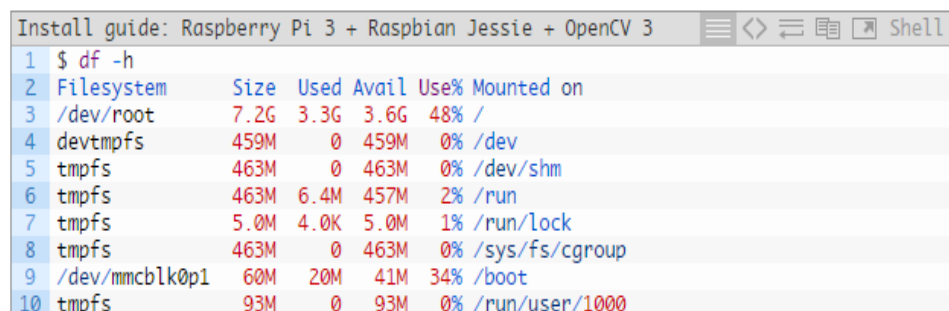
Esta librería no viene incluida en el paquete del S.O. Raspbian Jessie de la Raspberry PI, es por eso que se efectúa una serie de procedimientos para instalarla, los cuales se muestran a continuación:

#### 3.6.1. Ampliar el Sistema de Archivos

Esta librería utiliza una gran cantidad de memoria, por esta razón es aconsejable ampliar el almacenamiento de archivos de la memoria micro SD y también liberar memoria desinstalando programas que no se utilizan.

Lo primero es configurar la Raspberry PI con el afán de utilizar toda la capacidad de la tarjeta de memoria. Para esto abrir el terminal de comandos e ingresar el siguiente código, **sudo raspi-config** para abrir el menú de configuración de la tarjeta Raspberry PI mostrado en la imagen (47), en ella activar la opción **Expand Filesystem** y luego reiniciar la tarjeta.

Luego de reiniciar a la Raspberry PI, se puede verificar si el disco de almacenamiento de tarjeta micro SD se ha expandido, para ello en el terminal de comandos ingresar el siguiente código **df -h**, lo cual presenta un cuadro como el que se indica en la imagen (65).



```

1 $ df -h
2 Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
3 /dev/root        7.2G  3.3G  3.6G  48% /
4 devtmpfs        459M    0  459M   0% /dev
5 tmpfs           463M    0  463M   0% /dev/shm
6 tmpfs           463M  6.4M  457M   2% /run
7 tmpfs           5.0M  4.0K  5.0M   1% /run/lock
8 tmpfs           463M    0  463M   0% /sys/fs/cgroup
9 /dev/mmcblk0p1  60M   20M  41M  34% /boot
10 tmpfs           93M    0   93M   0% /run/user/1000

```

**Figura 65: Almacenamiento de la tarjeta Raspberry PI**

Luego de esto también es recomendable desinstalar los programas no utilizados como es el caso de Wólffram o libre office, para esto ingresar en el terminal de comandos, el código que se muestra en la imagen (66).

```
$ sudo apt-get purge wolfram
```

**Figura 66: Desinstalar Wólffram**

Al realizar esta desinstalación, se liberarán 700 MB en el espacio de almacenamiento de la memoria micro SD, esto se puede realizar en todos los softwares y aplicaciones que no se utilizan, y liberar más memoria.

### 3.6.2. Instalar las Dependencias del Sistema

Lo primero que se realiza es la actualización de los paquetes existentes en el S.O. Raspbian Jessie de la tarjeta Raspberry PI, para ello en el terminal de comandos ingresar uno a uno los códigos que se presentan en la imagen (59).

Luego de esto instalar las dependencias de sistema necesarias para el adecuado desempeño de OpenCV en la tarjeta Raspberry PI, las cuales se muestran en la tabla (10).

**Tabla 10**

#### **Comandos de Instalación de Dependencias en la Raspberry PI**

- 1 Sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config
- 2 sudo apt-get install libjpeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev
- 3 sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev libv4l-dev
- 4 sudo apt-get install libxvidcore-dev libx264-dev
- 5 sudo apt-get install libgtk2.0-dev
- 6 Sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran
- 7 sudo apt-get install python2.7-dev

**Fuente:** (Rosebrock, 2016)

Abrir el terminal de instrucciones (CMD) de la Raspberry PI en donde una vez actualizado el S.O. Raspbian Jessie, se debe ingresar el primer código de la tabla (10) **sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config**, el cual instala **Cmake** que es una herramienta para la generación de códigos, con la cual se compilan los algoritmos generados con la utilización de la librería OpenCV.

Ahora ingresar el siguiente código **sudo apt-get install libjpeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev**, con el cual se instala las librerías para que la Raspberry PI tenga la habilidad de leer imágenes en distintos formatos como JPEG, TIFF, PNG.

De igual manera que con las imágenes, el equipo también requiere leer videos en diferentes formatos, para eso es necesario instalar las librerías para dichos formatos con el siguiente código **sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev libv4l-dev**, una vez terminado la instalación se debe ingresar el siguiente código **sudo apt-get install libxvidcore-dev libx264-dev** que es para instalar las demás librerías.

OpenCV trae integradá un sub módulo llamado **highgui**, el cual tiene la función de mostrar la imagen procesada en la pantalla y crear la interfaz gráfica de usuario, para que este módulo compile adecuadamente se requiere instalar la librería **GTK**, para eso ingresar en el terminal de comandos el siguiente código **sudo apt-get install libgtk2.0-dev**.

Para optimizar el procesamiento de las operaciones con matrices en OpenCV es necesario instalar la librería **GFORTRAN** con la cual se mejorará la velocidad de procesamiento de las imágenes, para esto en el terminal de comandos ingresar el siguiente código **sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran**, es de suma importancia instalar esta librería en dispositivos como la Raspberry PI que tiene recursos limitados.

Para lograr compilar la librería OpenCV en la interfaz de Python, es necesario instalar los archivos de cabecera de Python, para ello de acuerdo a la versión instalada de Python ingresar el siguiente código **sudo apt-get install python2.7-dev**.

### 3.6.3. Descargar el Código Fuente de OpenCV

Una vez instaladas todas las dependencias de sistema a utilizar, ir al repositorio digital de OpenCV de donde se descarga la opción más actual del código fuente de la librería OpenCV para la Raspberry PI. Para instalarlas, se ingresan en el terminal de la Raspberry PI los comandos presentados en la tabla (11).

**Tabla 11**

#### Comandos para descargar el código fuente de OpenCV

CÓDIGO FUENTE DE OPENCV	
1	Wget -O OpenCV.zip <a href="https://github.com/opencv/opencv/archive/3.2.0.zip">https://github.com/opencv/opencv/archive/3.2.0.zip</a> .
2	Unzip OpenCV.zip.
LIBRERÍA OPENCV CONTRIB	
1	Wget -O OpenCV_contrib.zip <a href="https://github.com/Itseez/opencv_contrib/archive/3.1.0.zip">https://github.com/Itseez/opencv_contrib/archive/3.1.0.zip</a> .
2	Unzip OpenCV_contrib.zip.

**Fuente:** (Rosebrock, 2016)

Lo primero es descargar del repositorio **GitHub** el código fuente de la librería OpenCV, para eso ingresar en el terminal de comandos lo siguiente **wget -O opencv.zip https://github.com/opencv/opencv/archive/3.2.0.zip**, luego de esto descomprimir el archivo descargado con el siguiente comando **unzip OpenCV.zip**.

Una vez que se tiene el instalado el software OpenCV en la Raspberry PI, buscar en el repositorio **GitHub** la librería **OpenCV\_contrib**, con la cual se tiene acceso total a todas las funciones de procesamiento que tiene OpenCV, una vez encontrada, para descargarla abrir el terminal de comandos e ingresar el siguiente código **Wget -O OpenCV\_contrib.zip https://github.com/Itseez/opencv\_contrib/archive/3.1.0.zip**, luego de esto descomprimirla con este código **unzip OpenCV\_contrib.zip**.

### 3.6.4. Instalación del Entorno Virtual CV

Un entorno virtual crea entornos aislado para el desarrollo de proyectos, lo que significa que cada proyecto tiene sus propias dependencias, es decir en la tarjeta Raspberry PI pueden estar varias versiones de una misma librería, pero en diferentes entornos virtuales.

OpenCV puede funcionar correctamente sin el uso de entornos virtuales, pero cuando se programa en Python es recomendable utilizarlos, además son de fácil creación y para su creación solo utilizan directorios de dos líneas de comandos, en la tabla (12) se indican los códigos para su instalación.

**Tabla 12**

#### Comandos de Instalación Para el Entorno virtual

<b>GESTOR DE PAQUETES DE PYTHON</b>	
<b>1</b>	<code>Wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py.</code>
<b>2</b>	<code>Sudo python get-pip.py.</code>
<b>ENTORNOS VIRTUALES</b>	
<b>1</b>	<code>Sudo pip install virtualenv virtualenvwrapper.</code>
<b>2</b>	<code>Sudo rm -rf ~/.cache/pip.</code>
<b>ACTUALIZAR FICHERO (.PROFILE) DEL ENTORNO VIRTUAL.</b>	
<b>1</b>	<code>Echo -e "\n# virtualenv and virtualenvwrapper" &gt;&gt; ~/.profile.</code>
<b>2</b>	<code>Echo "export WORKON_HOME=\$HOME/.virtualenvs" &gt;&gt; ~/.profile.</code>
<b>3</b>	<code>Echo "source /usr/local/bin/virtualenvwrapper.sh" &gt;&gt; ~/.profile.</code>

**Fuente:** (Rosebrock, 2016)

#### Instalar el Gestor de Paquetes de Python

Lo primero es instalar el gestor de paquetes de Python (PIP), con el cual se puede descargar librerías y añadirlas directamente a Python, se lo descarga de **wget**, para eso en el terminal de comando ingresar el siguiente código **wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py**, luego de esto para terminar con la instalación se ingresa el siguiente comando **sudo Python get-pip.py**.

## Instalar Entornos Virtuales

Cuando esté instalado el gestor PIP, ya se puede instalar cualquier paquete de Python, entonces ya se puede instalar el entorno gráfico para eso en terminal de comandos se puede ingresar el siguiente código **sudo pip install virtualenv virtualenvwrapper**, una vez instalado proceder a borrar la **cache** del gestor de paquetes de Python con el siguiente comando **sudo rm -rf ~/.cache/pip** para no tener ningún entorno virtual previo.

### Actualizar archivo .profile

Luego de instalar el entorno virtual en el S.O. Raspbian Jessie, proceder a actualizar el fichero **.profile** para eso abrir el archivo con el editor de textos e incluir en el final del archivo, las líneas de código de la tabla (13).

**Tabla 13**

#### Código de actualización del archivo .profile

ACTUALIZAR FICHERO (.PROFILE) DEL ENTORNO VIRTUAL.	
1	# virtualenv and virtualenvwrapper
2	export WORKON_HOME=\$HOME/.virtualenvs
3	source /usr/local/bin/virtualenvwrapper.sh

**Fuente:** (Rosebrock, 2016)

También se puede actualizar el archivo **.profile** ingresando en el terminal de comandos del equipo, los códigos mostrados en la tabla (12) que hacen referencia a la actualización del archivo de un entorno virtual, los que se deben ingresar uno a uno.

Una vez actualizado el fichero **.profile** proceder a cargarlo para que los cambios efectuados surtan efecto, para eso en el terminal de comandos ingresar el siguiente código:

**Source ~/.profile**

Para ello cerrar sesión en el terminal de comandos para luego abrir uno nuevo, entonces en el nuevo terminal de comandos ingresar el código presentado anteriormente **Source ~/.profile**.

## Creación del Entorno Virtual

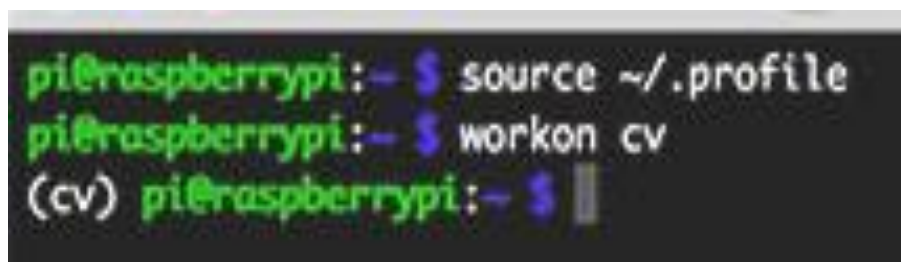
Luego de instalar y configurar el entorno virtual, se procede a su creación para eso se utiliza la herramienta **mkvirtualenv** con la cual se crea entornos virtuales, entonces en el terminal de comandos se debe ingresar el siguiente código:

```
Mkvirtualenv cv -p Python 2
```

El comando crea un entorno virtual con el nombre **cv** para utilizarlo en Python, tomar en cuenta la versión de Python que tiene instalada la Raspberry PI.

## Activar el Entorno Virtual

Entonces cuando este creado el entorno virtual, se procede nuevamente a cargar el fichero **.profile** con el primer código mostrado en la figura (67), luego de esto activar el entorno virtual que desea utilizar, para eso se debe ingresar el siguiente código **workon cv**, una vez activado verificar su funcionamiento para eso observar si en nombre del entorno virtual activado en este caso **(CV)**, aparece antes de las líneas de comando del sistema de la Raspberry PI, como se indica en la figura (67).



```
pi@raspberrypi:~$ source ~/.profile
pi@raspberrypi:~$ workon cv
(cv) pi@raspberrypi:~$
```

Figura 67: Activar el Entorno Virtual

## Instalar Numpy

Cuando se esté trabajando dentro del entorno virtual creado, comprobar si se permite la instalación de programas y dependencias, para esto utilizar el gestor (PIP) e instalar la librería **Numpy** la cual es usada para procesamiento numérico.

```
Pip install Numpy
```



### 3.6.5. Compilar e Instalar OpenCV

Una vez descargado el código fuente de OpenCV proceder a configurarlo, para eso ingresar en el terminal de la Raspberry uno a uno los códigos presentados en la tabla (14).

**Tabla 14.**

#### Comandos Para Compilar OpenCV.

<b>COMPILAR OPENCV.</b>	
<b>1</b>	<code>Cd ~/OpenCV-3.1.0/.</code>
<b>2</b>	<code>Mkdir build.</code>
<b>3</b>	<code>Cd build.</code>
<b>4</b>	<code>Cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE \ -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local \ -D BUILD_NEW_PYTHON_SUPPORT=ON \ -D INSTALL_C_EXAMPLES=ON \ -D INSTALL_PYTHON_EXAMPLES=ON \ -D BUILD_EXAMPLES=ON \ -D OPENCV_EXTRA_MODULES_PATH=~/OpenCV_contrib- 3.1.0/modules...</code>

**Fuente:** (Rosebrock, 2016).

Lo primero es ubicarse dentro de la carpeta que contiene los archivos de OpenCV, para eso ingresar el siguiente código **cd ~/OpenCV-3.1.0/**, una vez dentro del documento crear un archivo llamado **build** para eso ingresar el siguiente código **mkdir build**, una vez creado ingresar al directorio con **cd build**.

Entonces proceder a configurar **Cmake** para eso ingresar todo el código número cuatro que muestra la tabla (14).

Luego de ingresar esto se despliega un menú con varias configuraciones, en donde se verifica si las configuraciones y las dependencias ingresadas están activas, o modificarlas si se requiere utilizar algo adicional de la librería, luego de esto guardar las modificaciones y aceptar.

Luego de realizar todas las configuraciones requeridas para la utilización de OpenCV en la Raspberry PI proceder a compilarlo, para eso ingresar el siguiente código.

### **Make -j4.**

Con el cual se refiere a compilar OpenCV, utilizando los cuatro núcleos que posee el procesador de la Raspberry PI 3 modelo B, este proceso es algo lento, por lo cual tener paciencia y no desconectar el equipo antes de terminar con la compilación.

Muchas de las veces este paso genera errores, ya que en ocasiones la Raspberry PI no permite compilar con cuatro núcleos, en esos casos primero limpiar el fichero de la ejecución realizada anteriormente, para eso ingresar el comando que se presenta a continuación:

### **Make clean**

Luego de esto volver a compilar OpenCV, pero utilizando ya un solo núcleo, para eso ingresar el siguiente código **make**, con esta modificación la compilación tardara más tiempo.

### **Instalación de OpenCV**

Terminada la compilación proceder a instalar la librería OpenCV, para eso ingresar en el terminal de comandos el presente comando. **Make install**, luego de eso ingresar el comando **ldconfig** para incluir la librería en el Path del compilador del equipo, entonces para comprobar la instalación ingresar **import cv2** y se presenta la versión de OpenCV como indica la figura (68).

```
3 $ python
4 >>> import cv2
5 >>> cv2.__version__
6 '3.1.0'
7 >>>
```

**Figura 68: Verificar la Instalación de OpenCV**

### 3.7. Instalación de Tesseract OCR

Es un software para reconocimiento óptico de caracteres (OCR) el cual es distribuido con licencia libre, en la investigación es el encargado de convertir la imagen procesada en un documento de texto, es por eso que se requiere una instalación completa y con todas las funcionalidades que posee dicho software.

#### 3.7.1. Instalación de Dependencias

Lo primero es instalar las dependencias que necesita el software Tesseract OCR para su correcto funcionamiento en la Raspberry PI, como son las dependencias de compatibilidad de archivos y su procesamiento.

Para esto abrir el terminal de comandos del equipo e ingresar el primer código presentado en la tabla (15), para que se instalen las librerías que requiere Tesseract OCR para funcionar en la Raspberry PI.

**Tabla 15**

#### **Códigos para la Instalación de Tesseract OCR**

---

##### **CÓDIGOS PARA INSTALAR TESSERACT OCR**

---

- 1** Sudo apt-get install python-distutils-extra tesseract-ocr tesseract-ocr-eng libopencv-dev libtesseract-dev libleptonica-dev python-all-dev swig libcv-dev python-OpenCV python-Numpy python-setuptools build-essential subversion
  - 2** sudo apt-get install tesseract-ocr-eng tesseract-ocr-dev libleptonica-dev python-all-dev swig libcv-dev
  - 3** Sudo svn checkout <http://python-tesseract.googlecode.com/svn/python-tesseract-0.7.4/>
  - 4** Cd python-tesseract-0.7.4
  - 5** Sudo python setup.py build
  - 6** Sudo python setup.py install
- 

**Fuente:** (OpenAlfa, 2013)

## Instalar Leptónica

Es una librería de distribución libre usada por Tesseract OCR, al utilizar esta librería se tiene compatibilidad con una mayor cantidad de formatos de imagen, además el motor de búsqueda OCR del software Tesseract desarrolla un mejor trabajo de procesamiento.

Luego de la instalación de las dependencias, proceder a instalar la librería leptónica, para ello ingresar en el terminal el segundo código que se presenta en la tabla (15).

### 3.7.2. Compilación e Instalación

Una vez instaladas las dependencias proceder a descargar el software Tesseract OCR, para eso en el terminal de comandos ingresar el código número tres de la tabla (15).

Una vez descargado el archivo ubicarse dentro de la carpeta del software Tesseract, para eso ingresar el siguiente código **cd Python-Tesseract-0.7.4** lo siguiente es compilar el archivo **setup.py** ubicado dentro de la carpeta de Tesseract OCR, ingresando el siguiente código **sudo Python setup.py build**.

Finalmente, ya compilado el archivo de instalación, proceder a instalarlo, para eso en el terminal ingresar el siguiente código.

**Sudo python setup.py install**

### 3.7.3. Funcionamiento

Finalmente verificar si Tesseract OCR está instalado correctamente, entonces ingresar el siguiente código.

**Tesseract foto.jpg ocrtexto -l spa**

El presente código adquiere la imagen **foto.jpg**, para reconocer los caracteres, guardarlos en un archivo de texto llamado **ocrtexto** y con la configuración en español **-l spa**.

### 3.8. Instalación de Festival Voice TTS

Es un programa informático que convierte el texto a voz, con él se puede convertir el texto tanto de archivos como de páginas web, en la investigación es el encargado de convertir el archivo de texto generado por Tesseract OCR a audio.

#### 3.8.1. Instalación

Primeramente, se requiere de la actualización el sistema operativo del equipo, para ello ingresar uno a uno los siguientes comandos **sudo apt-get update** y **sudo apt-get update**.

Una vez actualizado el S.O, se procede a instalar el software **festival Voice TTS**, para eso ingresar en el terminal el siguiente código.

**Sudo apt-get -y install festival**

Entonces proceder a cambiar el idioma, para ello ubicarse en el directorio de idiomas del software **festival** ingresando el siguiente comando **cd /usr/share/festival/languages**, una vez dentro del fichero instalar el paquete del idioma español con el siguiente código.

**Sudo gedit language\_castillian\_spanish.scm**

Luego de instalar el software sintetizador de voz **festival** proceder a activar el Jack para la salida de audio de la Raspberry PI, para ello ingresar el siguiente código.

**Amixer cset numid=3 1**

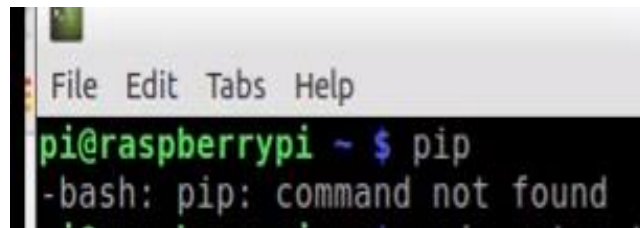
#### 3.8.2. Funcionamiento

Para verificar el correcto funcionamiento del software **festival** ingresar en el terminal de comandos el siguiente código, el cual convertirá en audio el texto **hola mundo** y en idioma español.

**Echo "Hola Mundo" | festival --tts --language Spanish**

### 3.9. Instalación Librerías Adicionales

Además de las librerías y programas ya instalados, se requiere de librerías Python para usar los periféricos del equipo, las cuales se las obtienen del gestor **PIP**, el cual generalmente viene instalado en el S.O. Raspbian Jessie, pero en ocasiones no está instalado, para verificarlo en el terminal de comandos ingresar **pip** si no está instalado aparece un mensaje como el que muestra la figura (69).



```
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi ~ $ pip
-bash: pip: command not found
```

**Figura 69: PIP no Instalado**

Ahora para la instalación del gestor PIP, en el terminal de comandos se debe ingresar el siguiente código.

**Sudo apt-get installs python-pip**

Una vez instalado el gestor PIP proceder a verificar su instalación, para eso ingresar el código **pip help**, con el cual aparecen todos los comandos disponibles para utilizarlos con esta librería.

#### 3.9.1. Instalación de la Librería PI Cámara

Ya con el gestor de paquetes de Python listo, proceder a instalar la librería **picamera** para Python, para lo cual se debe ingresar en el terminal el siguiente comando.

**Sudo pip install Python-picamera**

Esta librería permite utilizar el módulo de cámara del equipo mediante programación en Python, con lo cual ahora ya se puede trabajar con la cámara mediante códigos de programación utilizando el **IDE** de Python.



### 3.10. Desarrollo del Algoritmo

Una vez instalado todos los softwares informáticos necesarios para el desarrollo y funcionamiento del algoritmo de control del dispositivo de lectura proceder a desarrollar el algoritmo.

Al utilizar la tarjeta Raspberry PI se obtiene una gran ventaja, que es que esta tarjeta viene pre incluida con el IDE de Python, lo que conlleva a no necesitar de ninguna instalación de programas informáticos con otro tipo de lenguaje de programación para realizar el script de programación.

El lenguaje de programación utilizado para la elaboración del algoritmo es Python, esencialmente por que este lenguaje es distribuido bajo licencia libre con lo cual lo convierte en el lenguaje de programación perfecto para utilizarlo a nivel educativo sin ningún impedimento, además debido a la estructura de programación que maneja Python, se logra ejecutar programas con una menor cantidad de código.

#### 3.10.1. Diagrama de Flujo

En el diagrama de flujo se desarrolla una representación gráfica de los pasos o el procedimiento que se efectúa a fin de desarrollar el algoritmo de funcionamiento de la máquina de lectura.

Para el desarrollo del diagrama de flujo del algoritmo se utiliza un software online denominado **draw.io**, el cual permite diseñar los pasos que se necesitan con el propósito que el programa de la máquina de lectura funcione de manera adecuada.

El diagrama de flujo para el algoritmo de funcionamiento de la máquina de lectura se indica en la figura (71), en donde se especifican todos los procesos de programación que se efectúan, para que la máquina tenga la capacidad de realizar el trabajo para la que fue diseñada.



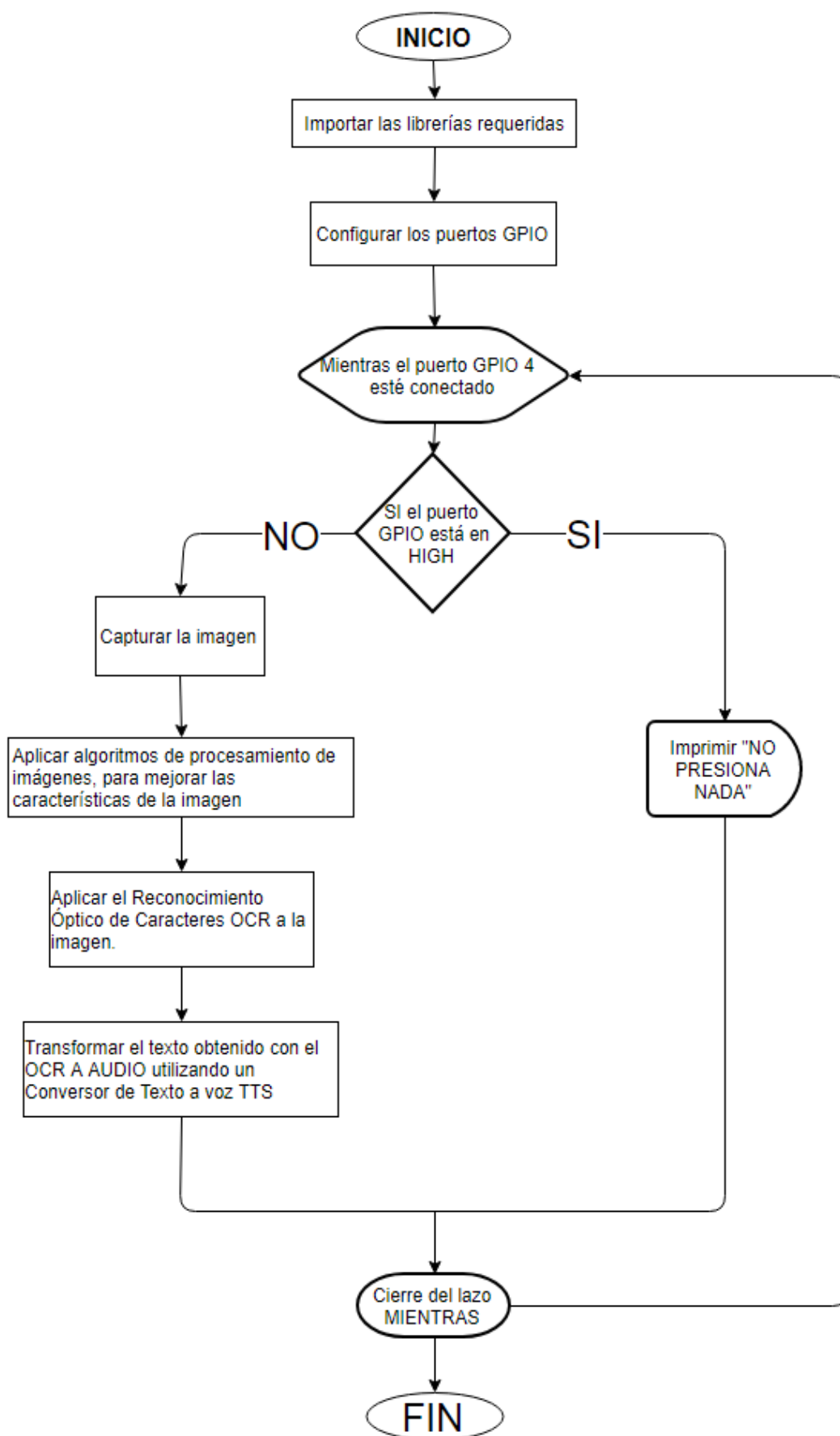


Figura 71: Diagrama de flujo del algoritmo

### 3.10.2. Librerías

Lo primero en realizar cuando se programa en algún lenguaje de programación es importar las librerías que se requieren para la elaboración del algoritmo de programación, en la tabla (16) se presentan las librerías Python utilizadas para el desarrollo del algoritmo de programación de la máquina de lectura.

**Tabla 16**

#### Librerías requeridas para Python

LIBRERÍAS REQUERIDAS PARA PYTHON	
1	Import time.
2	Import RPi.GPIO as GPIO.
3	Import os.
4	Import cv2.
5	Import Numpy as np.

#### Librería TIME

La librería time de Python posee funciones y líneas de comandos con las cuales se manipula y controla el tiempo utilizado en el algoritmo de programación, por ejemplo: la librería time permite añadir un intervalo de segundos luego de algún proceso realizado con el fin que se pueda observar el proceso realizado.

#### Librería RPi.GPIO as GPIO

Esta librería posee funciones con las cuales se puede configurar y manejar los pines de propósito general para entrada y salida de datos (GPIO) de la tarjeta Raspberry PI desde la plataforma de programación de Python por medio del uso de códigos de programación, mediante esta librería se configura los puertos GPIO del equipo para utilizarlos como entrada o salida de datos, en este caso se utiliza el pin 4 como entrada para conectar el pulsador que envía la señal y así empezar con el funcionamiento.

## **Librería OS**

Esta librería permite tener acceso al sistema operativo de la Raspberry PI mediante líneas de comandos ingresadas en la plataforma de programación Python que posee el equipo, esta librería permite controlar tanto los programas instalados en el equipo como los dispositivos que están conectados a la máquina de lectura, por medio de líneas de comandos como, por ejemplo: se puede controlar una cámara digital.

## **Librería CV2**

Esta librería consta de funciones y líneas de código de visión artificial para procesar imágenes en la Raspberry PI mediante la plataforma de programación de Python, con esta librería se consigue mejorar las características de las fotografías adquiridas con la cámara digital de la Raspberry PI y mediante esto el software OCR pueda interpretar y convertir correctamente a texto la información de la imagen.

## **Librería Numpy as np**

Esta librería permite realizar procesos y operaciones matemáticas en la plataforma de programación Python del equipo de procesamiento, se la utiliza porque una imagen es representada mediante matrices de datos y para mejorar las características de dicho matrices se realiza operaciones matemáticas utilizando la librería Numpy.

### **3.10.3. Configurar puertos GPIO**

Luego de ingresar las librerías necesarias para la elaboración del algoritmo de programación se procede a configurar los puertos que se utilizan en la investigación, para este proyecto únicamente se utiliza el puerto número cuatro y configurado como un puerto de entrada de datos.

Primeramente, se necesita preparar o activar el puerto que se va a utilizar, en este caso existen dos opciones, la primera es activar todos los puertos del equipo y otra opción es activar solo los puertos utilizados para transferencia de datos o información.

Es innecesario activar todos los pines del equipo, por eso solo se activa los pines de entrada y salida de datos GPIO de la tarjeta Raspberry PI como se muestra en la figura (72) son los pines de color verde, para esto en el Script de programación ingresar el siguiente código.

GPIO.setmode (GPIO. BCM)

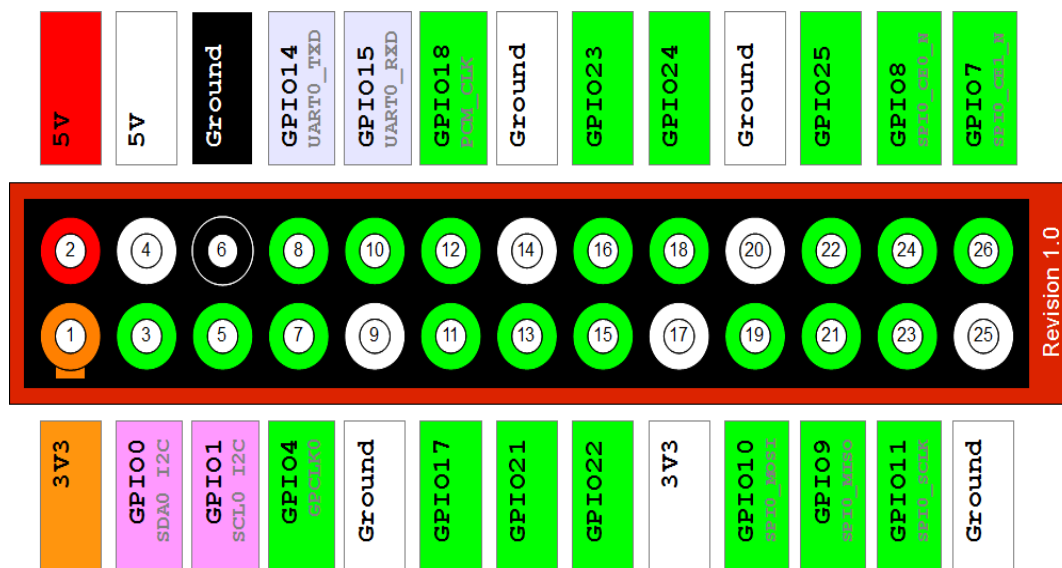


Figura 72: Puertos GPIO activados

Fuente: (Mirams, 2016)

Luego desactivar las advertencias de los puertos GPIO, ya que al funcionar el algoritmo de manera repetitiva se generan advertencias, las cuales interrumpen el correcto funcionamiento del algoritmo, para eso ingresar el siguiente código.

GPIO. Set warnings (False).

Entonces ahora declarar la variable y el número del Puerto GPIO que se está utilizando, para eso en el script de programación Python del equipo ingresar el siguiente código.

Button=4.

Ahora configurar el Puerto GPIO que se va a utilizar para esto ingresar el comando **GPIO. Setup** en el script de programación Python del equipo.

Entonces ingresar el nombre del puerto número cuatro que se le designo anteriormente, posteriormente indicar si la configuración del puerto GPIO será como entrada o como salida de datos y finalmente configurar el puerto GPIO con una resistencia virtual PUD\_ UP, esto se realiza para evitar poner una resistencia física en la conexión del pulsador al puerto GPIO. Para realizar estas configuraciones ingresar en el script de programación el siguiente comando.

```
GPIO.setup (button, GPIO.IN, GPIO.PUD_ UP)
```

### 3.10.4. Estructuras Repetitivas y Condicionales

Estas estructuras realizan una determinada acción o proceso siempre y cuando se cumpla una condición predeterminada, son muy importantes en un script de programación ya que reducen el espacio de programación y facilitan el desarrollo del algoritmo.

#### **While**

La función While es un proceso repetitivo de una determinada acción, la cual se realiza siempre y cuando se cumpla una predeterminada condición, entonces se aplica la condición que mientras la variable (button\_ state) sea igual a la variable (GPIO. Input (button)) se realice el proceso que está dentro del lazo While. El código para el lazo While es el siguiente.

```
While True: button_ state =GPIO. Input (button)
```

#### **If**

La función If a diferencia de la función While, es un algoritmo condicional la cual realiza una determinada acción siempre que se cumpla una condición ya definida, la condición aplicada es que cuando la variable (button\_ state) este en un valor alto realice el proceso que de la condición If caso contrario no lo realice, el comando que se ingresa en el script se presenta a continuación.

```
If button_ state== GPIO. HIGH
```

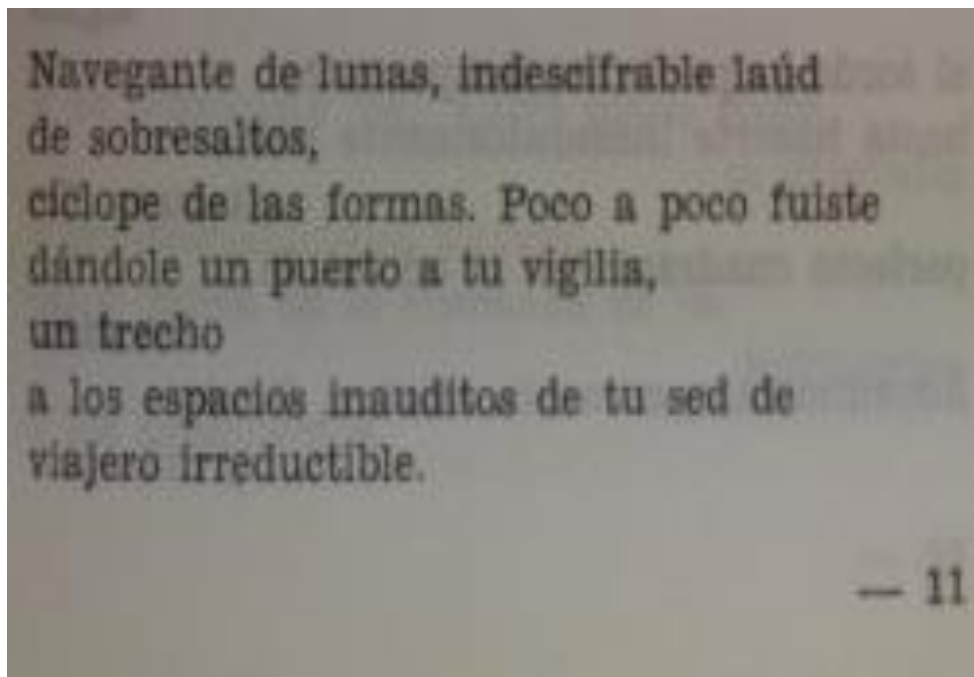
### 3.10.5. Capturar la imagen

Cuando se cumplan las condiciones “While” e “If” presentadas anteriormente se empieza con el proceso de programación en el cual primeramente se captura la imagen de la página de texto que se desea procesar.

Entonces para la captura de la imagen se utiliza las funciones de la librería OS la cual permite tener acceso al sistema y dispositivos conectados en la Raspberry PI, la función utilizada es la presentada a continuación.

```
Os. System ('raspistill -v -o cap.png -roi 0.23, 0.0, 0.56, 1.0')
```

Esta función permite acceder al sistema de la Raspberry PI y capturar una imagen con el nombre “cap” en formato .png, con una regio de interés ROI que empieza en 0.23 para “x”, 0.0 para “y”, con un espacio de 0.56 para “w” y 1.0 para “h”, tomar en cuenta que los valores que admite esta función deben estar en un rango de (0.0 a 1.0), esto funciona como si se ingresara el comando desde el terminal de comandos de la Raspberry PI, la imagen que se toma esta presentada en la figura (73).



**Figura 73: Imagen adquirida**

### 3.10.6. Procesamiento de la imagen

Una vez capturado la imagen proceder aplicar los algoritmos de visión artificial con el fin de mejorar las características de la imagen.

Lo primero es pasar la imagen que generalmente está en color RGB (rojo, verde y azul) a una imagen en escala de grises, para convertir una imagen RGB a escala de grises se suma los valores de las tres matrices de RGB y se divide para tres, con el propósito de tener como resultado una sola matriz la cual será la imagen en escala de grises.

Para realizar el proceso de conversión de la imagen en RGB a una imagen en escala de grises se ingresa en el script de programación el siguiente código.

```
Img = cv2. Imread ('cap.png', 0)
```

El presente código sirve para abrir la imagen cap.png almacenada en la carpeta raíz del equipo y al mismo tiempo la convierte en una imagen en escala de grises al ingresar el "0" en el código anterior.

Ahora se debe obtener las dimensiones de la imagen tanto vertical como horizontal, esto se realiza con el afán de reducir las dimensiones de la imagen para aumentar la velocidad de procesamiento de la máquina para eso ingresar el siguiente código, el cual determina la dimensioe horizontal y vertical de la imagen y las guarda en **height** y **width** respectivamente.

```
Height, width = img. Shape [:2]
```

Ahora se debe reducir las dimensiones de la imagen, esto se lo realiza con el comando **cv2.Resize** presentado en el siguiente código, en donde **res** es la variable donde se guarda la imagen reducida, **img** es la imagen original que se ingresa para reducirla, **width/2**, **height/2** es el tamaño en que se reducirá la imagen en este caso se reduce a la mitad de la imagen original y **interpolation = cv2.INTER\_CUBIC** es el método que se utiliza para reducir la imagen, en este caso se utiliza el método **cv2.INTER\_CUBIC**.

```
Res = cv2.Resize (img,(width/2, height/2), interpolation = cv2.INTER_CUBIC)
```

Ahora se debe mejorar el contraste de la imagen para conseguir esto se utiliza el comando **cv2.equalizeHist**, las variables de este comando son una variable donde se guarda la imagen ecualizada en este caso será **ecu** y la variable de la imagen a ecualizar en este caso es **res**, como se muestra en el siguiente código.

```
ecu = cv2.equalizeHist (res)
```

Finalmente proceder a binarizar la imagen, la binarización consiste en reducir los valores que tiene una imagen en escala de grises a solo dos valores verdadero y falso, que se representan con cero y uno, lo cual en colores es cero para el negro y uno para el blanco. Para esto en el script de programación Python de la Raspberry PI ingresar el siguiente código.

```
Th3=cv2.adaptiveThreshold (ecu, 255,  
cv2.ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C, cv2.THRESH_BINARY, 13, 10)
```

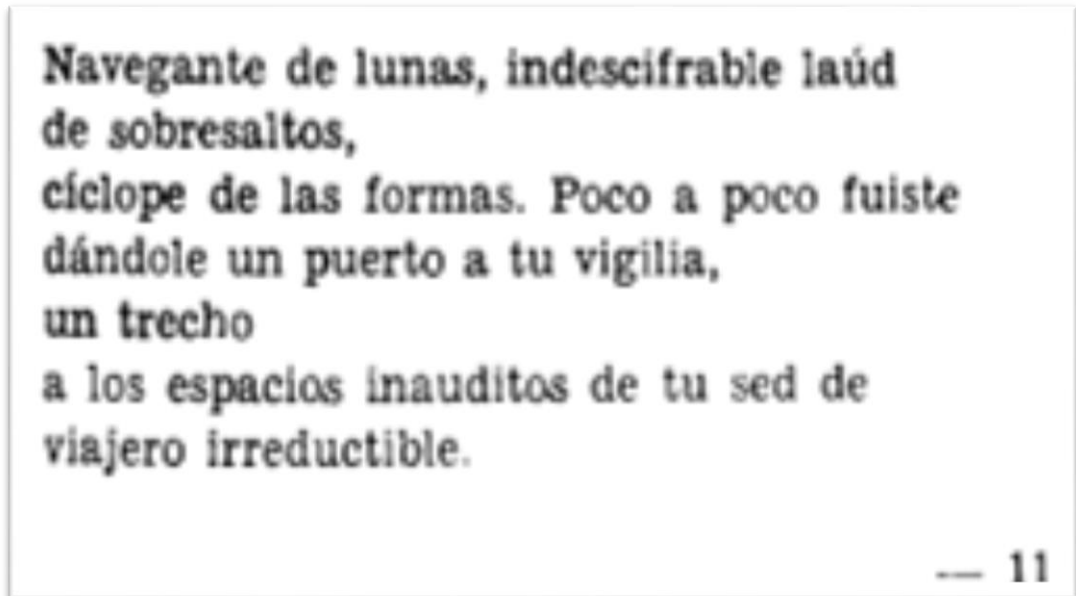
Para binarizar la imagen se utiliza el comando **cv2.adaptiveThreshold** y las variables de funcionamiento de este comando son las siguientes: la variable **Th3** es la que guardara la imagen binarizada, **ecu** es la imagen que se va a binarizar, **255** es el valor que se le asigna a los pixeles donde se cumple la condición deseada, **cv2.ADAPTIVE\_THRESH\_GAUSSIAN\_C**, es el método de binarización utilizado en este caso se utiliza el método gaussiano, **cv2.THRESH\_BINARY** es el tipo de binarización utilizada en este caso se utiliza la normal que convierte los pixeles donde se cumple la condición en negro y donde no se cumple en blanco, **13** es el tamaño de la vecindad de pixeles donde se busca la condición y **10** es una constante que se resta del promedio de los valores encontrados.

Una vez mejoradas las características de la imagen, proceder a guardar los cambios, la imagen tiene que estar en formato .JPG porque es el formato que acepta el software de reconocimiento óptico de caracteres, para esto ingresar en el script de programación Python de la Raspberry PI el siguiente código, el cual guarda la variable **Th3** en la imagen **result.jpg**.

```
cv2. Imwrite ("resul.jpg", Th3)
```



La imagen (74) presenta el resultado del mejoramiento de las características de la imagen, ahora la imagen esta lista para el reconocimiento óptico de caracteres OCR.



**Figura 74: Imagen mejorada con visión artificial**

### 3.10.7. Aplicación del OCR

Para reconocer los caracteres de la imagen se ingresa en el script de programación Python de la Raspberry PI el siguiente código.

```
Os.system ('tesseract resul.jpg text1 -l spa')
```

La función **Os.system** permite abrir desde el sistema el programa Tesseract OCR, la variables utilizadas en este comando son **Tesseract** que indica el programa que se va a utilizar, **resul.jpg** es la variable de la imagen que se desea analizar con el procesador óptico de caracteres, **text1** es el nombre de la variable donde se va a guardar la información en forma de texto la cual se obtuvo después de analizar la imagen con el OCR y **-l spa** es la configuración del software Tesseract que indica que se analice el documento utilizando el lenguaje en español, el resultado del OCR de la figura (74) se presenta en la figura (75).

```

Navegante de lunas, indescifrable laúd
de sobresaltos,

cíclope de las formas. Poco a poco fuiste
dándole un puerto a tu vigilia,

un trecho

a 10s espacios inauditos de tu sed de
viajero irreductible.

-11

```

**Figura 75: Resultado de la aplicación del OCR**

### 3.10.8. Aplicación de TTS

Finalmente se realiza la conversión de texto a audio (TTS), para efectuar esto se convierte el archivo de texto generado con el OCR en audio para esto ingresar en el script de programación Python de la Raspberry PI en siguiente código.

```

Os.system(' less text.txt | iconv -f utf-8 -t iso-8859-1 -s -c | festival --tts--
          language Spanish')

```

La función **Os.system** permite ejecutar un comando como si se lo hiciera desde el terminal de comandos del equipo, en este caso se utiliza **less** este comando permite seleccionar un archivo del equipo para cambiar su formato de codificación de caracteres, en este caso se selecciona el archivo **text.txt** el cual es donde se guardó los caracteres encontrados por el OCR, luego de esto se cambia la codificación de caracteres del presente archivo con el comando **iconv** en el cual se especifica que se va a cambiar de la codificación **-f utf-8** a la codificación **-t iso-8859-1** con el afán de que el software festival reconozca los caracteres especiales del documento ya que si el documento no está en la codificación **-t iso-8859-1** el software no convierte a voz los caracteres especiales, **-s -c** son variables utilizadas para eliminar los mensajes de advertencia y el código **festival--tts--language Spanish** es el encargado de convertir el documento de texto a audio sintético en lenguaje español.

### 3.11. Script de programación Python

Finalmente, el algoritmo de programación para el funcionamiento de la máquina de lectura se presenta en la imagen (76).

```
import time
import RPi.GPIO as GPIO
import os
import cv2
import numpy as np

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)

button=4
GPIO.setup(button, GPIO.IN, GPIO.PUD_UP)

os.system('echo "coloque el texto, y presione el boton. para empezar a leer" | festival --language spanish --tts')
while True:
    button_state =GPIO.input(button)
    if button_state== GPIO.HIGH:
        print ("No presiona nada")
    else:
        print ("LOW")
        os.system('echo "procesando documento" | festival --language spanish --tts')
        os.system('raspistill -v -o cap.png -roi 0.23,0.0,0.56,1.0')
        img = cv2.imread('cap.png',0)
        cv2.imwrite("escgri.jpg",img)
        height, width= img.shape[:2]
        res = cv2.resize(img,(width/2, height/2),interpolation = cv2.INTER_CUBIC)
        cv2.imwrite("resize.jpg",res)
        ecu=cv2.equalizeHist(img)
        ecores=np.hstack((img,ecu))
        cv2.imwrite("histograma.jpg",ecu)
        th3=cv2.adaptiveThreshold(ecu, 255, cv2.ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C, cv2.THRESH_BINARY, 13,10)
        cv2.imwrite("resul.jpg",th3)
        os.system('tesseract resul.jpg text1 -l spa')
        os.system('less /home/pi/text1.txt|iconv -f utf-8 -t iso-8859-1 -s -c|festival --tts --language spanish')
        os.system('echo "coloque el texto, y presione el boton. para empezar a leer" | festival --language spanish --tts')
        time.sleep(0.5)
```

**Figura 76: Algoritmo de programación**

### 3.12. Ejecutar script al encender el equipo

La máquina de lectura realizada tiene que funcionar de manera automática es por eso que se debe configurar el equipo con el afán que al momento de encenderlo empiece a funcionar el script de programación de forma automática, para realizar esto se debe seguir una serie de pasos los cuales de detallan a continuación, lo primero es desarrollar y guardar el script de programación que se desea ejecutar al momento de encender la Raspberry PI, después abrir el terminal de comandos del equipo e ingresar el siguiente código.

```
sudo nano /etc/init.d/detector-init
```

Este comando crea un archivo de sistema, utilizando las siguientes variables **sudo** se lo utiliza para ingresar al S.O. Raspbian Jessie como súper usuario en términos de Microsoft como administrador, **nano** es la función que crea el archivo de sistema y nos permite editarlo, **/etc/init.d/** es la dirección del equipo donde se crea el archivo y **detector-init** es el nombre del archivo de sistema que se creó, al momento de ingresar el comando anterior se crea y se abre el archivo **detector-init** en donde se debe ingresar el siguiente código que se muestra en la figura (77).

```

#!/bin/sh
# /etc/init.d/detector-init

### BEGIN INIT INFO
# Provides:          detector-init
# Required-Start:    $all
# Required-Stop:     $remote_fs $syslog
# Default-Start:     2 3 4 5
# Default-Stop:      0 1 6
# Short-Description: Script de ejemplo de arranque autom?tico
# Description:       Script para arrancar el detector de presencia
### END INIT INFO

# Dependiendo de los par?metros que se le pasen al programa se usa una opci?n u$
case "$1" in
  start)
    echo "Arrancando detector-init"
    # Aqu? hay que poner el programa que quieras arrancar autom?ticamente
    /usr/bin/python /home/pi/arranque.py
    #/usr/bin/python /home/pi/lector.py
    ;;
  stop)
    echo "Deteniendo detector-init"
    ;;
  *)
    echo "Modo de uso: /etc/init.d/detector-init {start|stop}"
    exit 1
    ;;
esac
exit 0

```

**Figura 77: Código para el arranque del equipo**

En la parte del código de la figura (77) donde dice **arrancando detector-init** se debe ingresar la dirección de ubicación y el nombre del script que se desea ejecutar al momento de encender el equipo.

Una vez ingresado y configurado el código de arranque **detector-init** guardarlo para eso presionar las teclas **Ctrl+O** y luego para cerrar el editor del archivo presionar las teclas **Ctrl+X**, ahora se debe hacer que el archivo para ejecutar los scripts al momento de inicia el equipo **detector-init** sea ejecutable, para eso ingresar el siguiente comando:

```
sudo chmod 755 /etc/init.d/detector-init
```

Las variables utilizadas para este comando son **sudo** la cual permite tener acceso al sistema operativo como súper usuario, **chmod 755** es el código que convierte un archivo común en un archivo ejecutable y **/etc/init.d/detector-init** es la dirección y nombre del archivo que se desea convertir en ejecutable, ahora verificar si el archivo convertido en ejecutable funciona correctamente para esto ingresar el siguiente código:

```
sudo /etc/init.d/detector-init start
```

Este código significa que al ingresar **sudo** se permita el acceso al sistema operativo como súper usuario, el código **start** significa que se empiece a ejecutar el programa ubicado en la dirección **/etc/init.d/detector-init**, una vez verificado el correcto funcionamiento del archivo ejecutable proceder a activarlo para que al momento de encender el equipo se ejecute automáticamente el programa de lectura de documentos impresos, para eso ingresar en el terminal de comandos el siguiente código:

```
sudo update-rc.d detector-init defaults
```

Las variables de este comando son las siguientes **sudo** para ingresar al sistema operativo del equipo como súper usuario, **update-rc.d** se utiliza para activar el arranque automático de un determinado archivo, **detector-init** es el nombre del archivo que se desea ejecutar al momento del encendido del equipo y **defaults** significa que esta configuración realiza se quede guarda en el equipo como un archivo por defecto.

Finalmente, en cada ocasión que se encienda la máquina de lectura por defecto ejecutara el programa para procesamiento de documentos impresos y conversión a audio.

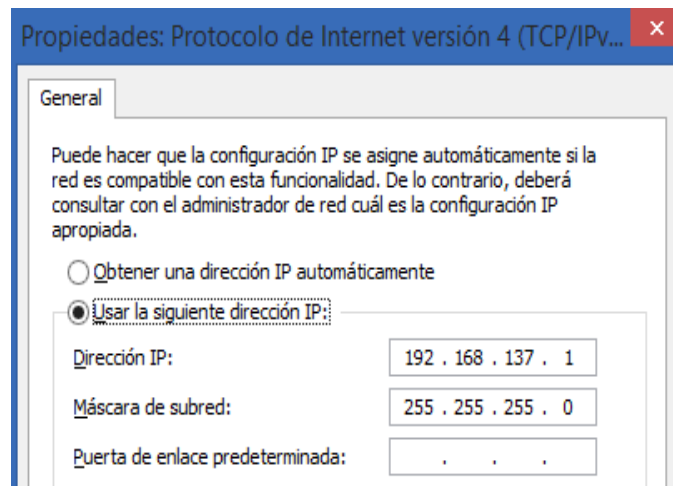
### 3.13. Instalación del sistema de comunicación SSH y VNC

Ahora se necesita establecer un medio de comunicación con el cual se pueda visualizar y configurar de forma remota la máquina de lectura, esto se requiere cuando se necesita observar las imágenes resultantes y el proceso de funcionamiento de la máquina de lectura o si se desea realizar alguna configuración del equipo para esto se necesita establecer una comunicación remota entre un computador y la máquina de lectura.

Para realizar esta comunicación se necesita conectar la máquina de lectura a un computador por medio de un cable Ethernet, primero se debe configurar una dirección IP estática en la máquina de lectura e instalar algunos programas en la computadora desde donde se va a controlar la máquina de lectura, estos programas son: Advanced IP Scanner para identificar la dirección IP del equipo en caso que se lo haya olvidado, el software Putty para establecer una comunicación por interprete de ordenes seguro (SSH) y el software VNC Viewer para establecer una comunicación virtual en red (VNC) la configuración e instalación de estos tipos de comunicación y softwares utilizados se describen a continuación:

#### 3.13.1. Configuración IP estática

Primeramente conectar el computador y la máquina de lectura por medio de un cable Ethernet, para realizar esta configuración lo primero se debe realizar es configurar un IP estática en el computador desde donde se va a establecer la comunicación con el equipo, para esto abrir el **centro de redes y recursos compartidos** del computador una vez dentro dirigirse a la red de conexión **Ethernet** establecida entre el computador y el equipo para seleccionar la opción **propiedades** y luego de esto ingresar en la configuración del **protocolo de internet versión 4** para configurar la dirección IP estática del computador, en la ventana de la figura (78) ingresar la dirección IP que se desea utilizar, se puede ingresar cualquier dirección IP en este caso se utiliza la dirección **192.168.137.1** por defecto el computador definirá la máscara de subred y finalmente guardar los cambios.



**Figura 78: Configuración de la IP estática del computador**

Ahora proceder a establecer la dirección IP en la máquina de lectura, lo primero es realizar una copia del archivo que se a modificar en caso que salga algo mal, para eso ingresar el siguiente código:

```
sudo cp /etc/network/interfaces interfaces.old
```

Este código quiere decir que ingresando al Sistema operativo como súper usuario **sudo** realizar una copia **cp** del archivo ubicado en la dirección del equipo **/etc/network/interfaces** y a esta copia del archivo ponerle el nombre **interfaces.old**, luego de realizar la copia del archivo se debe proceder a modificarlo para eso ingresar el siguiente código:

```
sudo nano -w /etc/network/interfaces
```

Este código quiere decir que ingresando al sistema operativo como súper usuario **sudo** abrir el editor de archivos **nano** para escribir o modificar **-w** el código del archivo ubicado en la dirección **/etc/network/interfaces**, una vez dentro del archivo buscar el siguiente comando:

```
iface eth0 inet manual
```

A partir del anterior comando empezar a modificar el archivo con los datos de IP estática que se muestran en la tabla (17) y para que trabaje en modo automático ingresar el siguiente código **auto eth0**.

Tabla 17:

## Código IP estática

CÓDIGO IP ESTÁTICA	
1	auto eth0
2	iface lo inet loopback
3	iface eth0 inet static
4	address 192.168.137.25
5	netmask 255.255.255.0
6	gateway 192.168.137.1

Se puede ingresar cualquier dirección de IP siempre y cuando esta dirección este en el rango de red de la IP establecida en el computador, en este caso se utiliza en el computador la dirección **192.168.137.1** por lo tanto la dirección de la Raspberry tiene que estar en el rango de esta red por lo que se utiliza la dirección **192.168.137.25** la máscara de red es la misma que en el computador la cual es **255.255.255.0** y en el gateway de la Raspberry PI se debe ingresar la dirección IP del computador en este caso **192.168.137.1** como se indica en la figura (79).

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
GNU nano 2.2.6 File: /etc/network/interfaces
# interfaces(5) file used by ifup(8) and ifdown(8)
# Please note that this file is written to be used with dhcpd
# For static IP, consult /etc/dhcpd.conf and 'man dhcpd.conf'
# Include files from /etc/network/interfaces.d:
source-directory /etc/network/interfaces.d

auto eth0
iface lo inet loopback

iface eth0 inet static
address 192.168.137.25
netmask 255.255.255.0
gateway 192.168.137.1

allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet manual
wpa-conf /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
AG Get Help  AJ WriteOut  AR Read File  AV Prev Page  AK Cut Text  AC Cur Pos
AX Exit      AJ Justify    AV Where Is  AV Next Page  AU UnCut Text  AT To Spell

```

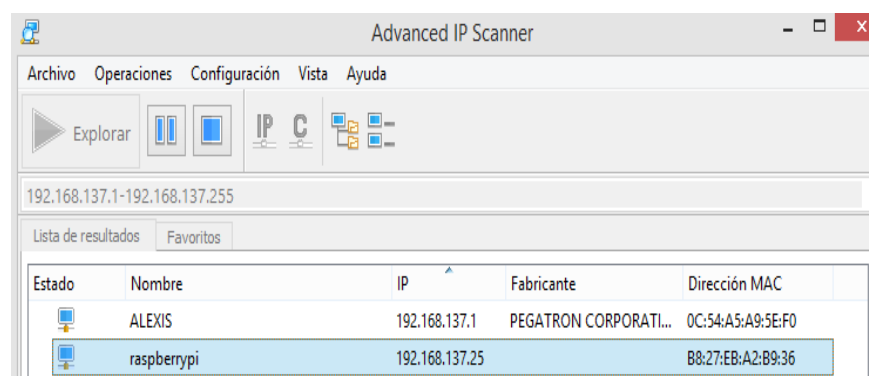
Figura 79: Configuración IP estática en la Raspberry PI

Finalmente guardar los cambios y cerrar el archivo presionando **Ctrl+O** y **Ctrl+X** respectivamente, luego reiniciar el equipo para observar los cambios.



### 3.13.2. Advanced IP Scanner

En caso de olvidar las direcciones IP estáticas que tiene el equipo se puede utilizar este software para identificar la dirección IP con la cual está funcionando la Raspberry PI en la red Ethernet, para esto instalar el programa informático Advanced IP Scanner el cual determina todas las direcciones IP conectadas a una red de área local LAN, en el software solo se necesita ingresar el rango IP de la red LAN y el software identificara todas las direcciones IP conectadas, como se muestra en la figura (80).



**Figura 80: Interfaz gráfica Advanced IP Scanner.**

### 3.13.3. Comunicación SSH

#### Activar SSH en la Raspberry PI

Primeramente, activar el servicio de conexión SSH en la Raspberry PI, para realizar esto abrir el terminal de comandos de la Raspberry PI, que se muestra en la figura (60), entonces ingresar en el terminal de comandos uno a uno los códigos presentados en la tabla (18).

**Tabla 18**

#### Comandos para activar la comunicación SSH

##### COMANDOS PARA ACTIVAR LA COMUNICACIÓN SSH

- 1 Sudo apt-get install ssh.
- 2 Sudo /etc./init.d/ssh start.
- 3 Sudo update-rc.d ssh defaults.

**Fuente:** (Bejarano, Conexión remota al Raspberry Pi usando SSH, 2013)

El primer comando de la tabla (18) instala el servicio de comunicación SSH en la Raspberry PI, una vez instalado proceder a iniciar el servicio SSH, para eso ingresar el segundo código de la tabla (18) y finalmente para que el servicio SSH se inicie de forma automática al momento que se enciende la Raspberry PI ingresar el comando número tres de la tabla (18).

### Instalar Software PUTTY en la computadora

Una vez activado el servicio de comunicación SSH en la Raspberry PI, proceder a instalar un software de comunicación SSH en la computadora desde donde se va a controlar remotamente la máquina de lectura, el software utilizado es PUTTY.

Primeramente, descargar el software desde el internet, una vez descargado solo ejecutarlo ya que no necesita instalación previa, en la imagen (81) se presenta la interfaz gráfica del software PUTTY. En este software lo único que se debe ingresar es la dirección IP de la Raspberry PI la cual fue por defecto es **192.168.137.25** y la comunicación se realiza de forma automática.

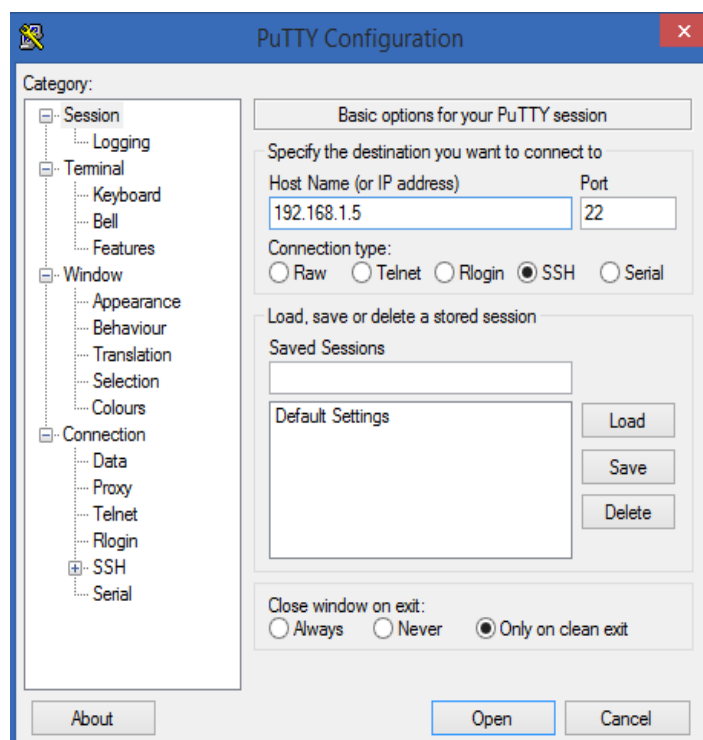


Figura 81: Interfaz gráfica de PUTTY

Una vez establecida la conexión SSH con la Raspberry PI, el software PUTTY solicitará que se ingrese las credenciales de acceso a la Raspberry PI, las cuales se muestran en la tabla (9), luego de ingresar las credenciales de acceso el servicio de comunicación SSH está listo para usarlo.

### 3.13.4. Comunicación VNC

#### Activar VNC en la Raspberry PI

La comunicación SSH funciona solo por medio de comandos, pero cuando se necesita visualizar o controlar el escritorio de la Raspberry PI, para eso es posible utilizar el servicio de comunicación VNC, el cual permite visualizar la interfaz gráfica del escritorio de la Raspberry PI. Ver figura (82).

**Tabla 19**

#### Comandos para activar la comunicación VNC

<b>COMANDOS PARA ACTIVAR LA COMUNICACIÓN VNC</b>	
<b>1</b>	<code>Sudo apt-get install tightvncserver.</code>
<b>2</b>	<code>Vncserver :0 -geometry 1280x800 -depth 16 -pixelformat rgb565.</code>
<b>3</b>	<code>Vncserver :0.</code>

**Fuente:** (Bejarano, Conexión remota al Raspberry Pi usando SSH, 2013)

En la tabla (19) se presentan los comandos que se utilizan para la activación del servicio de comunicación VNC, para activar el servicio de comunicación VNC, abrir el terminal de comandos de la Raspberry PI que se muestra en la figura (60) e ingresar uno a uno los códigos presentados en la tabla (19).

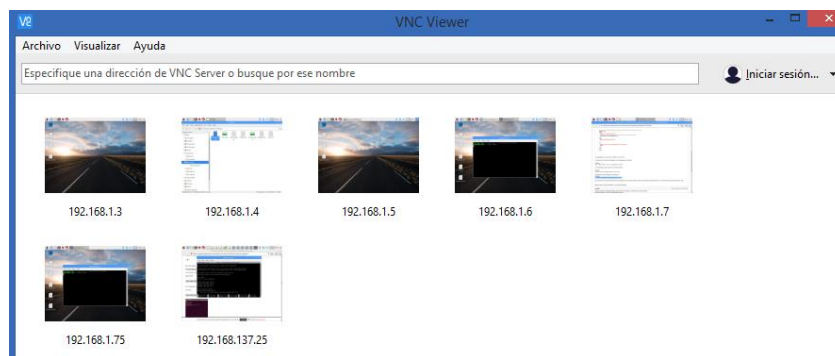
El primer comando de la tabla (19) instala el servicio de comunicación VNC en la Raspberry PI, una vez instalado, configurar la comunicación VNC, para ello ingresar el segundo comando de la tabla (19) con el cual se configura el número del escritorio remoto y el tamaño de la pantalla y finalmente inicia la comunicación VNC ingresando el tercer comando de la tabla (19).

## Instalar Software VNC Viewer en la computadora

Luego de activar el servicio de comunicación VNC en la Raspberry PI, proceder a instalar el programa de comunicación VNC en la computadora desde donde se va a controlar remotamente la máquina de lectura.

Lo primero es descargar el programa VNC Viewer desde el internet y luego ejecutarlo en la computadora, desde donde se controla remotamente la máquina de lectura, ya que no necesita instalación previa.

Para establecer la comunicación VNC con la Raspberry PI solo se requiere ingresar la dirección IP de la Raspberry PI que es **192.168.137.25** en el software VNC Viewer y luego de eso ingresar las credenciales de acceso de la tabla (9).



**Figura 82: Comunicación VNC**

## CAPÍTULO IV

### 4. FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Operación del dispositivo

Para el correcto funcionamiento y operación de la máquina de lectura se debe cumplir con cierto proceso, el cual está detallado paso a paso a continuación del documento.

##### 4.1.1. Encendido del dispositivo

Para encender la máquina de lectura se necesita de la conexión de un par de elementos como son los siguientes: primeramente, conectar el cable de alimentación de la máquina de lectura a un tomacorriente convencional de 110 voltios y lo segundo es conectar un audífono o parlante según la necesidad en el Jack de audio de la máquina de lectura, como se indica en la figura (83).

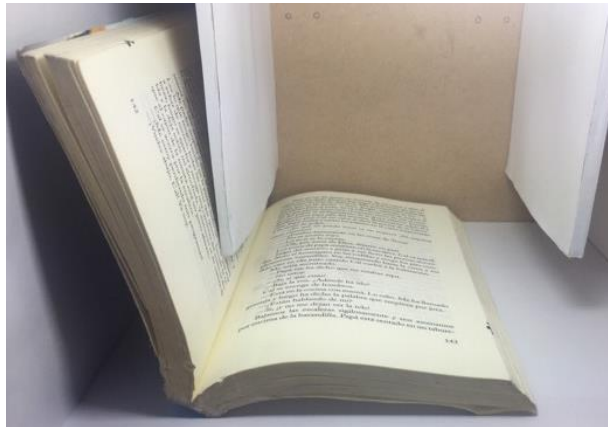


**Figura 83: Encendido del dispositivo**

Una vez conectado los elementos previos como el cable de alimentación y el audífono, se procede a presionar el botón de encendido que se muestra en la figura (83) y la máquina empezará a funcionar.

#### 4.1.2. Funcionamiento del dispositivo

Una vez encendido el dispositivo, la máquina de lectura emitirá un mensaje en forma de audio el cual es: “iniciando máquina de lectura” que indica que la máquina esta lista para funcionar.



**Figura 84: Texto a procesar por la máquina de lectura**

Posterior al primer mensaje la máquina emite un segundo mensaje el cual es: “ingrese el documento a procesar y presione el botón”, ahora se debe ingresar el documento que se desea leer como se indica en la figura (84) y posterior a esto se debe presionar el botón que se muestra en la figura (85), finalmente luego de presionar el botón la máquina emite un nuevo mensaje el cual es “procesando documento” que indica que la máquina ha empezado a procesar el documento y se debe esperar para escuchar la información procesada, una vez terminada la lectura se escucha “ingrese el documento a procesar y presione el botón” entonces ingresar un nuevo documento y presionar el botón y así sucesivamente con todos los documentos a leer.



**Figura 85: Botón de inicio de funcionamiento**

### 4.1.3. Establecer comunicación remota

Este paso se lo realiza solo en caso que se desee observar las imágenes resultantes del procesamiento del documento o si se desea modificar o visualizar el script de funcionamiento de la máquina de lectura, entonces lo primero en realizar es conectar el cable Ethernet de la máquina de lectura a la computadora, desde donde se requiere comunicar remotamente como se observa en la figura (86), la computadora a utilizar debe tener instalados los programas para comunicación que se detallan en el capítulo 2 sección 2.3 del presente documento.



**Figura 86: Conexión Ethernet**

Para establecer la comunicación remota previamente la máquina de lectura tiene que estar encendida, recordar que la dirección IP de la máquina de lectura es **192.168.137.25** y que la puerta de enlace o la dirección IP de la computadora es **192.168.137.1** cómo se muestran en la sección 3.13 del presente documento, en caso de olvidar estas direcciones se procede a utilizar el software Advanced IP scanner el cual permite visualizar las direcciones IP conectadas en una misma red LAN, en este caso la red entre la máquina de lectura y el computador.

Entonces lo primero es encontrar la dirección IP de la conexión Ethernet del computador, para esto desde el computador conectado a la máquina de lectura mediante Ethernet ingresar en el terminal de comandos en introducir el comando **ipconfig**.

Esto se realiza con el propósito de encontrar la dirección IP de la conexión Ethernet del computador, en la imagen (87) se muestra las características de la conexión Ethernet después de ingresar el comando **ipconfig**.

```

Adaptador de Ethernet Ethernet:

    Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
    Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::a073:7388:b3c5:e0e8%4
    Dirección IPv4. . . . . : 192.168.137.1
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada . . . . . :

C:\Users\Alexis>

```

**Figura 87: Puerta de enlace de la red LAN**

De acuerdo con la figura (87) la puerta de enlace de la red LAN es **192.168.1.1** por lo tanto el rango de direcciones IP de la red es desde **192.168.1.1** a **192.168.1.255** este rango es el que se tiene que ingresar el software Advanced IP scanner y ejecutar el programa con el fin de encontrar la dirección IP de la Raspberry PI, en la figura (88) se indican todas las direcciones IP que están conectadas a la red.

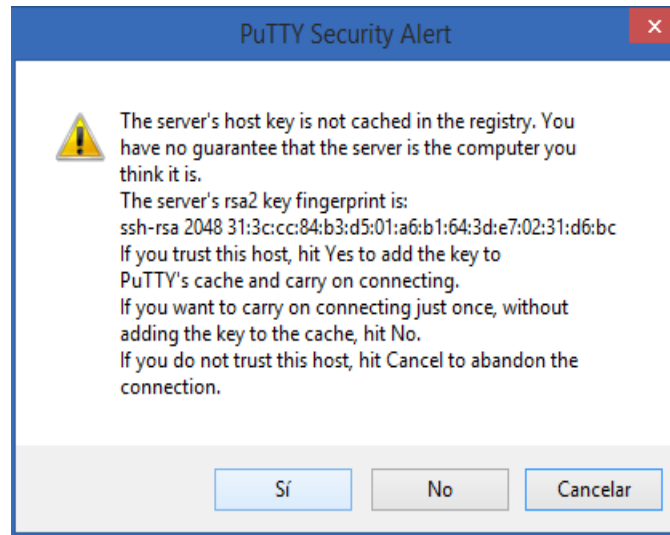
Estado	Nombre	IP	Fabricante	Dirección MAC
	ALEXIS	192.168.137.1	PEGATRON CORPORATI...	0C:54:A5:A9:5E:F0
	raspberrypi	192.168.137.25		B8:27:EB:A2:B9:36

**Figura 88: Direcciones IP de la red LAN**

Según la figura (88) la dirección IP de la Raspberry PI es **192.168.137.25** entonces establecer la comunicación SSH entre la Raspberry PI y el computador, para eso ejecutar el software Putty e ingresar la dirección IP de la Raspberry PI como se muestra en la figura (81).

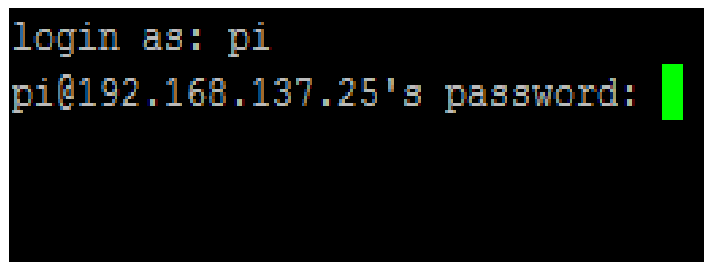
Una vez iniciada la comunicación SSH, el software PUTTY presenta una alerta de seguridad para el acceso a la Raspberry PI como se muestra en la figura (89), en donde se debe seleccionar **SI** para continuar con la comunicación.





**Figura 89: Alerta de seguridad PUTTY**

Antes de establecer la comunicación SSH, se requiere ingresar las credenciales de acceso a la Raspberry PI como indica la figura (90), las cuales son para el usuario **pi** y su contraseña es **raspberrypi**.

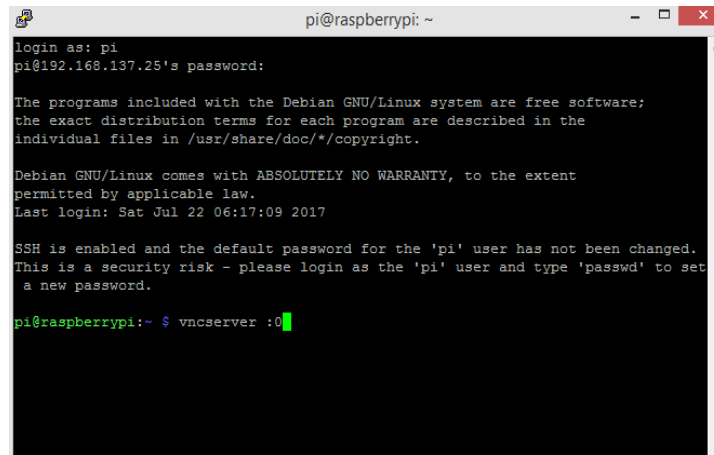


**Figura 90: Solicitud de credenciales de acceso**

Luego de ingresar las credenciales de acceso, la comunicación SSH queda completamente establecida, entonces ya se puede controlar y operar remotamente la máquina de lectura desde el computador.

Ahora si se necesita visualizar el escritorio de la Raspberry PI, entonces se necesitará establecer la comunicación VNC, para eso activar el servicio de comunicación VNC de la Raspberry PI como se muestra en la figura (91), mediante la comunicación SSH establecida con el software PUTTY ingresar el siguiente comando.

**Vncserver: 0**



```

pi@raspberrypi: ~
login as: pi
pi@192.168.137.25's password:

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Sat Jul 22 06:17:09 2017

SSH is enabled and the default password for the 'pi' user has not been changed.
This is a security risk - please login as the 'pi' user and type 'passwd' to set
a new password.

pi@raspberrypi:~ $ vncserver :0

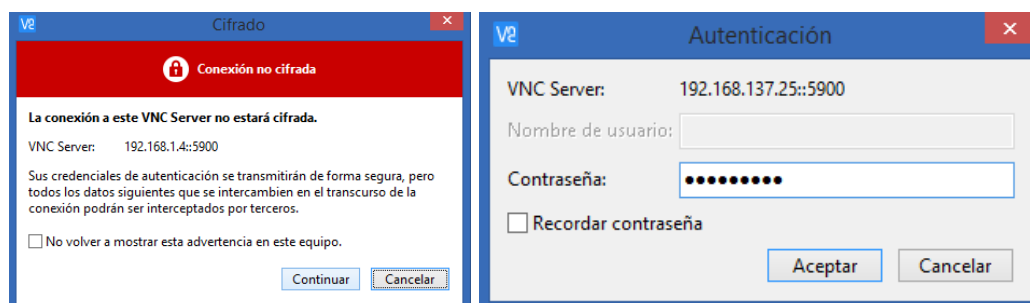
```

**Figura 91: Activación de la comunicación VNC**

Luego de activar la comunicación VNC de la Raspberry PI proceder a establecer la comunicación VNC utilizando el software VNC Viewer, entonces ejecutar el software VNC Viewer e ingresar la dirección IP **192.168.137.25** de la Raspberry PI como se indica en la figura (82).

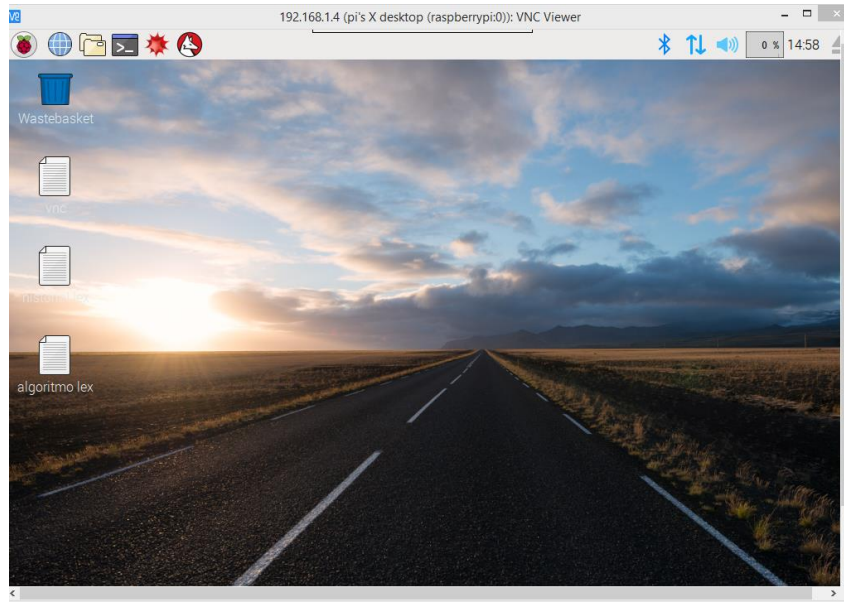
Al iniciar la comunicación VNC entre la computadora y la Raspberry PI el software VNC Viewer muestra un mensaje en el cual indica que la conexión con la Raspberry PI no está cifrada, como se muestra en la figura (92), entonces presionar continuar para seguir con la comunicación.

Ahora el software VNC Viewer solicita que se ingrese la contraseña de acceso a la Raspberry PI como se indica en la figura (92). Esta contraseña es la misma que se solicita en la comunicación SSH, la cual es la de las credenciales de usuario que son para el usuario pi y para la contraseña es Raspberry.



**Figura 92: Cifrado y Autenticación de la comunicación VNC**

Finalmente, luego de ingresar la contraseña se establece la comunicación VNC y se puede visualizar el escritorio de la Raspberry PI por medio del software VNC Viewer, como se muestra en la figura (93).



**Figura 93: Escritorio de la Raspberry PI**

## **4.2. Pruebas y análisis**

Con el propósito de determinar la capacidad de lectura que tiene la máquina de lectura construida, se realiza pruebas de funcionamiento las cuales se presenta a continuación.

### **4.2.1. Pruebas con diferentes tamaños de letras**

Primeramente, se realiza pruebas con textos que tienen un solo tipo y tamaño de letra, en donde se determina la cantidad de palabras que tiene el documento y luego el total de las palabras procesadas y convertidas con el propósito de identificar el porcentaje de error que genera la máquina de lectura, en las tablas 20, 21 y 22 se indica las pruebas realizadas con el tamaño de letra número 14, 12 y 10 respectivamente.

Tabla 20

## Pruebas con letra número 14

	# PALABRAS	ACIERTOS	ERROR	% ERROR
PRUEBA 1	96	91	5	5.2%
PRUEBA 2	75	71	4	5.3%
PRUEBA 3	83	79	4	4.8%
PRUEBA 4	79	67	4	5.0%
PRUEBA 5	82	77	5	6.0%
PRUEBA 6	68	64	4	5.8%
PRUEBA 7	83	78	5	6.0%
PRUEBA 8	92	88	4	4.3%
PRUEBA 9	94	89	5	5.3%
PRUEBA 10	76	73	3	3.9%
<b>TOTAL</b>	<b>828</b>	<b>785</b>	<b>43</b>	<b>5.19%</b>

Tabla 21

## Pruebas con letra número 12

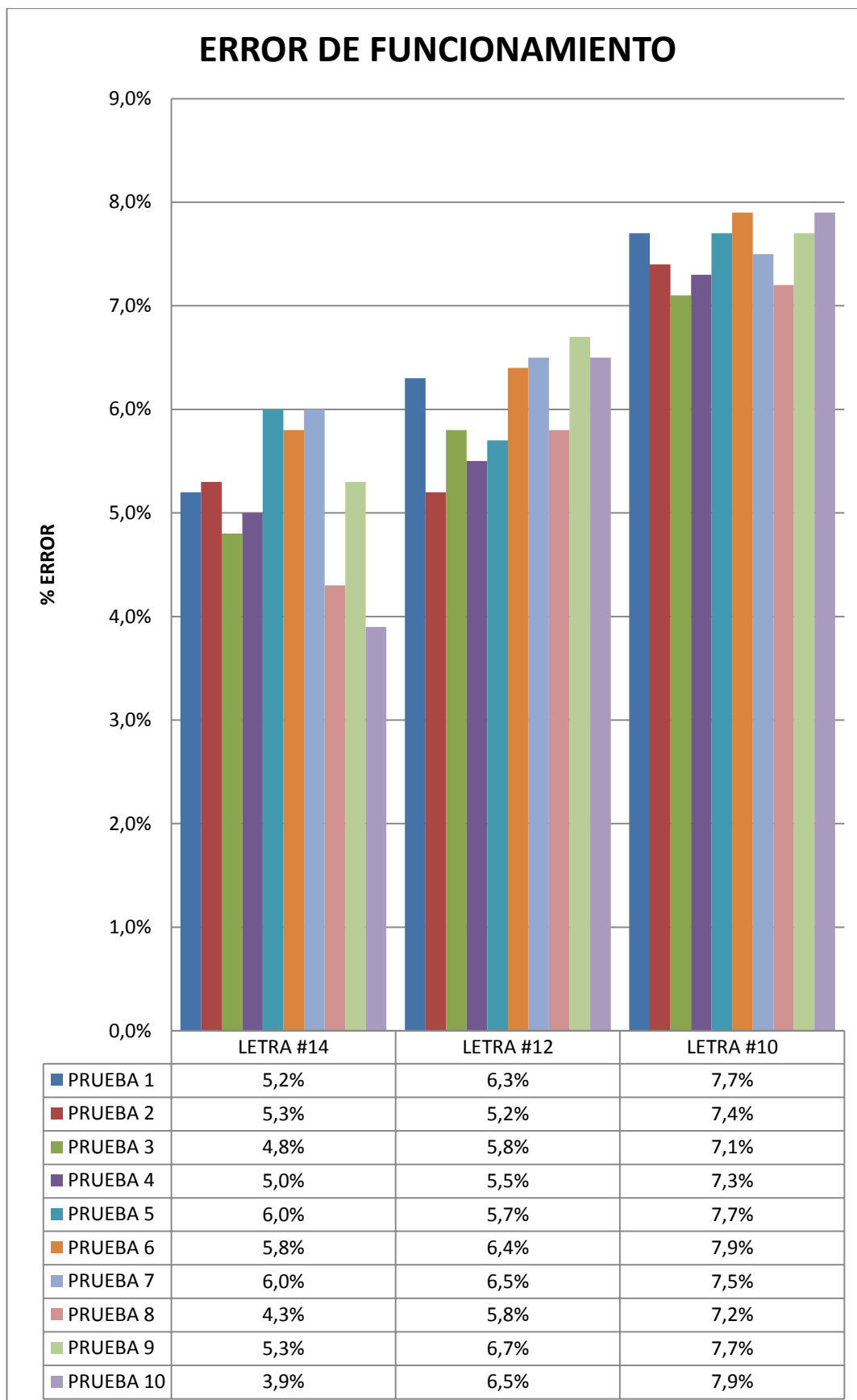
	# PALABRAS	ACIERTOS	ERROR	% ERROR
PRUEBA 1	221	207	14	6.3%
PRUEBA 2	192	182	10	5.2%
PRUEBA 3	205	193	12	5.8%
PRUEBA 4	182	172	10	5.5%
PRUEBA 5	193	182	11	5.7%
PRUEBA 6	201	188	13	6.4%
PRUEBA 7	214	200	14	6.5%
PRUEBA 8	187	176	11	5.8%
PRUEBA 9	223	208	15	6.7%
PRUEBA 10	231	216	15	6.5%
<b>TOTAL</b>	<b>2049</b>	<b>1924</b>	<b>125</b>	<b>6.2%</b>

Tabla 22

## Pruebas con letra número 10

	# PALABRAS	ACIERTOS	ERROR	% ERROR
<b>PRUEBA 1</b>	322	297	25	7.7%
<b>PRUEBA 2</b>	364	337	27	7.4%
<b>PRUEBA 3</b>	354	329	25	7.1%
<b>PRUEBA 4</b>	298	276	22	7.3%
<b>PRUEBA 5</b>	311	287	24	7.7%
<b>PRUEBA 6</b>	326	300	26	7.9%
<b>PRUEBA 7</b>	330	305	25	7.5%
<b>PRUEBA 8</b>	331	307	24	7.2%
<b>PRUEBA 9</b>	299	276	23	7.7%
<b>PRUEBA 10</b>	315	290	25	7.9%
<b>TOTAL</b>	3250	3004	246	7.56%

En la figura (94) se muestra el error que genera la máquina de lectura con respecto a los diferentes tamaños de letras. Estos gráficos están elaborados en función de los resultados del porcentaje de error que se encuentran establecidos en las tablas 20, 21 y 22. Lo cual indica que en general el error de funcionamiento de la máquina de lectura con respecto a las pruebas realizadas anteriormente es aceptable ya que en promedio el error generado por la máquina de lectura es de 6.32%.



**Figura 94: Porcentaje de error de funcionamiento 1**

#### 4.2.2. Pruebas con tamaños de letras combinados

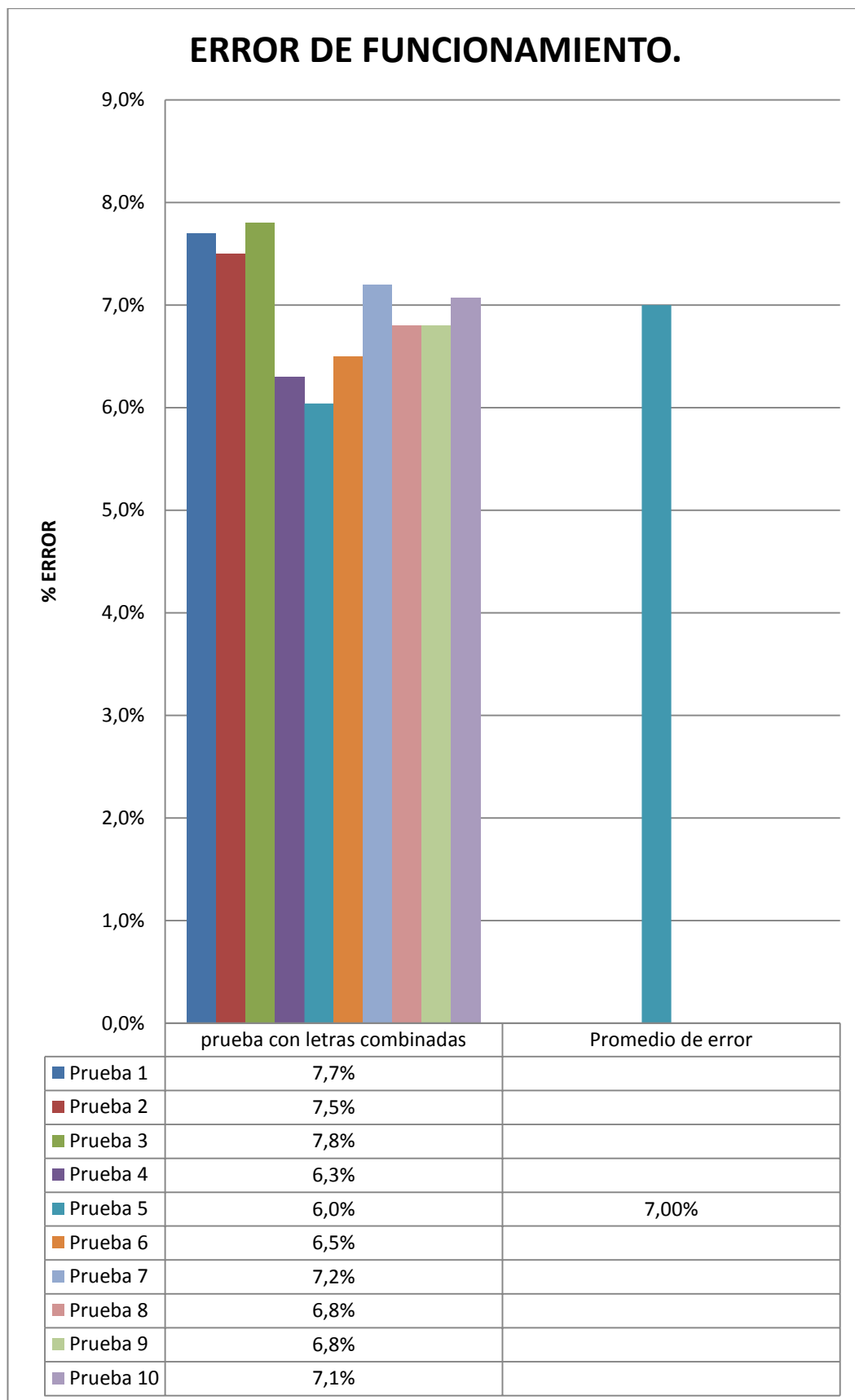
Ahora se realiza pruebas de un documento el cual tiene varios tamaños de letras, con el fin de determinar el porcentaje de error que genera la máquina de lectura con estos documentos como se indica en la tabla (23).

**Tabla 23**

##### Pruebas con tamaños de letras combinados

	<b># PALABRAS</b>	<b>ACIERTOS</b>	<b>ERROR</b>	<b>% ERROR</b>
<b>PRUEBA 1</b>	285	263	22	7.7%
<b>PRUEBA 2</b>	318	294	24	7.5%
<b>PRUEBA 3</b>	307	283	24	7.8%
<b>PRUEBA 4</b>	315	295	20	6.3%
<b>PRUEBA 5</b>	298	280	18	6.04%
<b>PRUEBA 6</b>	321	300	21	6.5%
<b>PRUEBA 7</b>	333	309	24	7.2%
<b>PRUEBA 8</b>	308	287	21	6.8%
<b>PRUEBA 9</b>	319	297	22	6.8%
<b>PRUEBA 10</b>	325	302	23	7.07%
<b>TOTAL</b>	3129	2910	219	7.00%

De acuerdo con los datos de la tabla (23) se grafica los porcentajes de error generados con las diferentes pruebas como indica la figura (95), donde el promedio del porcentaje de error para estos documentos es de 7.00 % lo cual es un valor aceptable de funcionamiento.



**Figura 95: Porcentaje de Error de funcionamiento 2**



### 4.2.3. Pruebas de texto combinado con imágenes y tablas

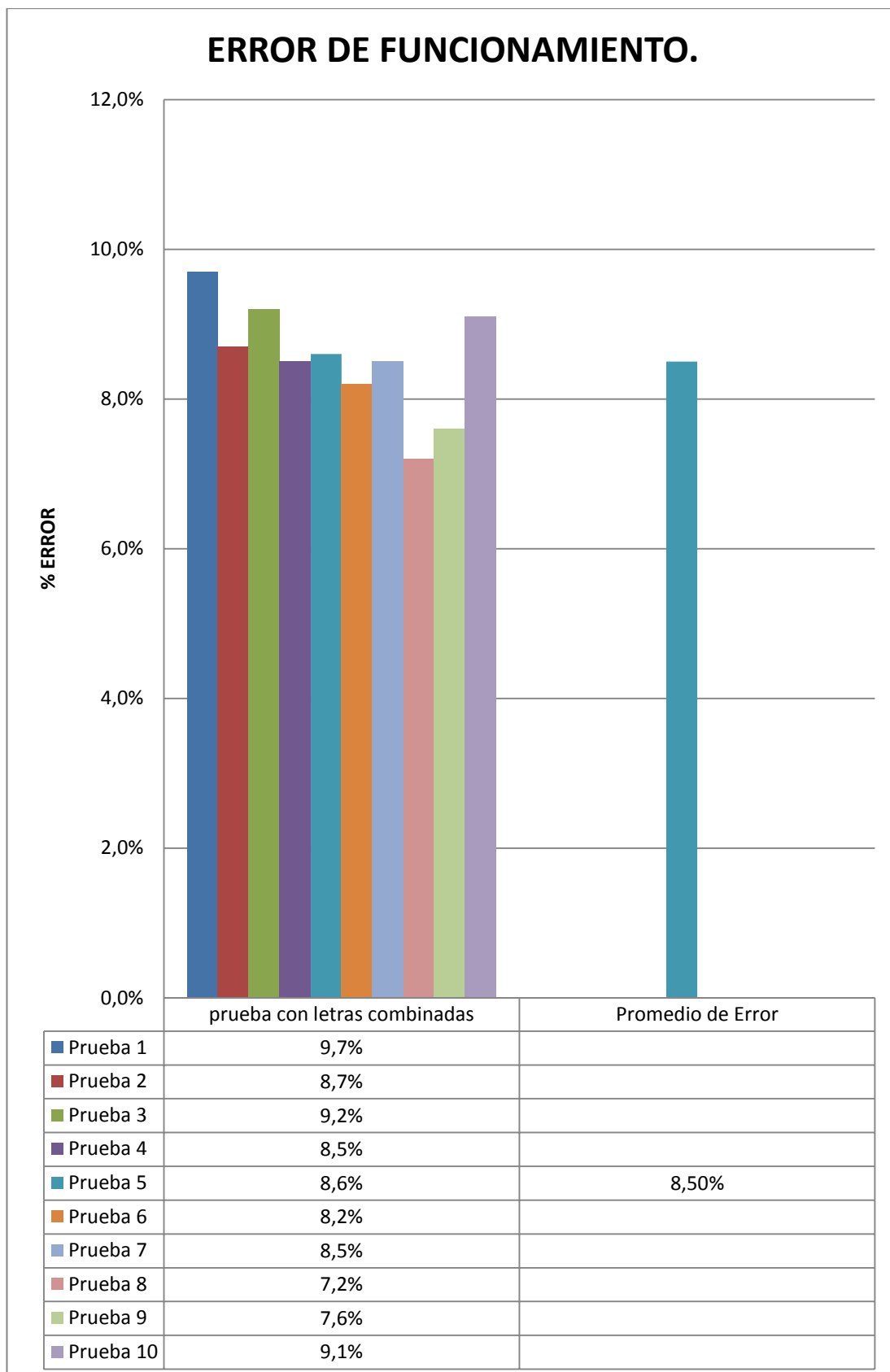
Ahora se realiza pruebas de documentos los cuales combinen texto con imágenes y tablas, con el propósito de encontrar el error generado como se indica en la tabla (24).

**Tabla 24**

#### Pruebas de texto combinado con imágenes y tablas

	<b># PALABRAS</b>	<b>ACIERTOS</b>	<b>ERROR</b>	<b>% ERROR</b>
<b>PRUEBA 1</b>	164	148	16	9.7%
<b>PRUEBA 2</b>	218	199	19	8.7%
<b>PRUEBA 3</b>	195	177	18	9.2%
<b>PRUEBA 4</b>	188	172	16	8.5%
<b>PRUEBA 5</b>	163	149	14	8.6%
<b>PRUEBA 6</b>	207	190	17	8.2%
<b>PRUEBA 7</b>	234	214	20	8.5%
<b>PRUEBA 8</b>	223	207	16	7.2%
<b>PRUEBA 9</b>	211	195	16	7.6%
<b>PRUEBA 10</b>	231	210	21	9.1%
<b>TOTAL</b>	2034	1861	173	8.50%

De acuerdo a los resultados obtenidos de la tabla (24) y graficados en la figura (96) el promedio de error para los documentos combinados con imágenes y tablas es del 8.5% lo cual es un valor aceptable de error para el funcionamiento de la máquina de lectura.



**Figura 96: Porcentaje de Error de funcionamiento 3**

#### 4.2.4. Pruebas con las hojas derechas de un libro

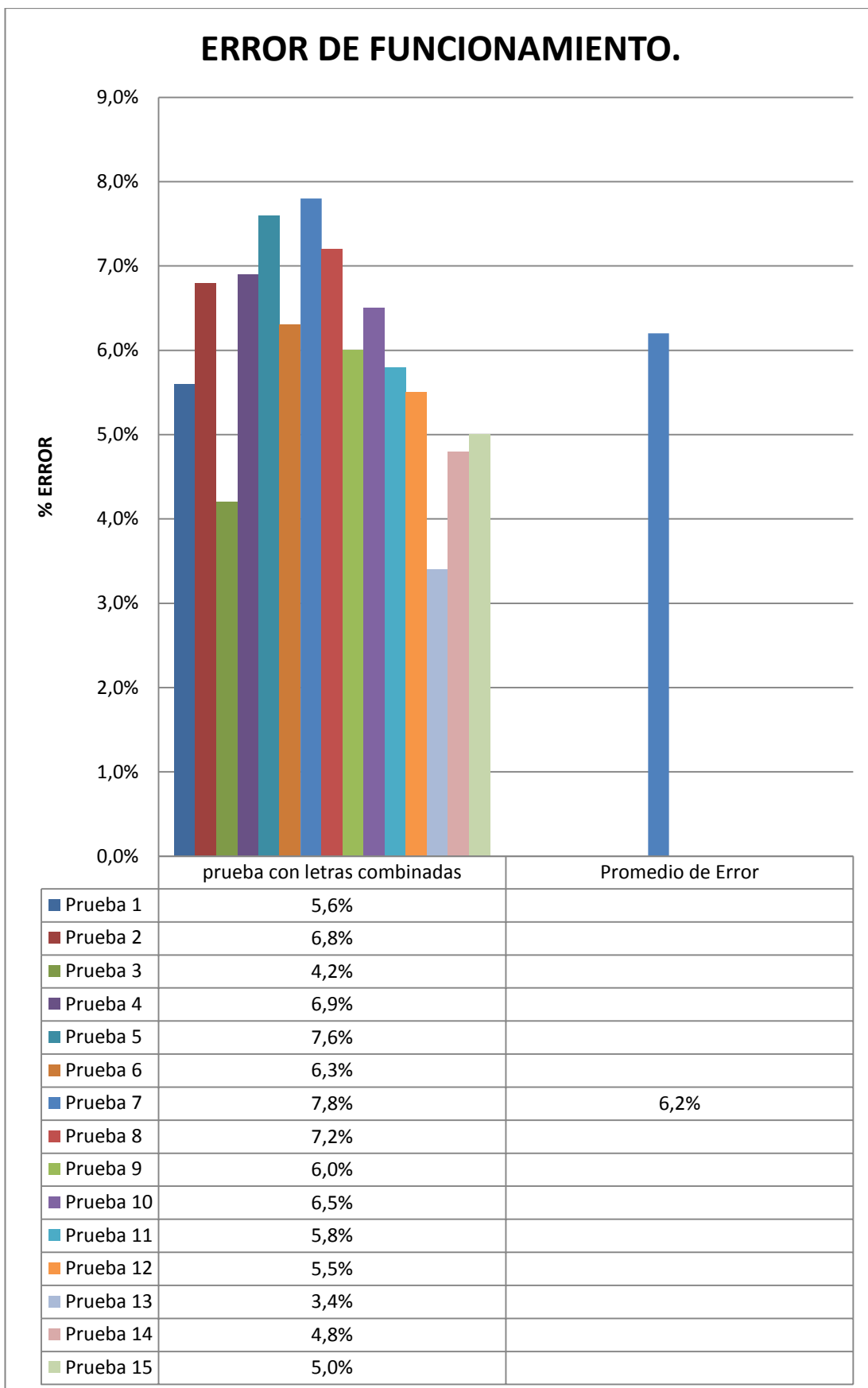
Una vez terminadas las anteriores pruebas las cuales fueron realizadas con una hoja A4 por prueba, ahora se va a realizar pruebas con un libro primeramente ingresando y procesando solo las páginas derechas de dicho libro y los resultados de las pruebas se indican en la tabla (25).

**Tabla 25**

#### Pruebas con las hojas derechas de un libro

	# PALABRAS	ACIERTOS	ERROR	% ERROR
<b>PRUEBA 1</b>	214	202	12	5.6%
<b>PRUEBA 2</b>	218	203	15	6.8%
<b>PRUEBA 3</b>	189	181	8	4.2%
<b>PRUEBA 4</b>	188	175	13	6.9%
<b>PRUEBA 5</b>	211	195	16	7.6%
<b>PRUEBA 6</b>	315	295	20	6.3%
<b>PRUEBA 7</b>	228	210	18	7.8%
<b>PRUEBA 8</b>	223	207	16	7.2%
<b>PRUEBA 9</b>	298	280	18	6.0%
<b>PRUEBA 10</b>	231	216	15	6.5%
<b>PRUEBA 11</b>	205	193	12	5.8%
<b>PRUEBA 12</b>	182	172	10	5.5%
<b>PRUEBA 13</b>	176	170	6	3.4%
<b>PRUEBA 14</b>	83	79	4	4.8%
<b>PRUEBA 15</b>	79	67	4	5.0%
<b>TOTAL</b>	3040	2853	187	6.20%

De acuerdo a los resultados obtenidos de la tabla (25) y graficados en la figura (97) el promedio de error que se genera con el procesamiento de las hojas derechas de un libro es del 6.2% lo cual es un valor aceptable de error para el funcionamiento de la máquina de lectura.



**Figura 97: Porcentaje de Error de funcionamiento 4**

#### 4.2.5. Pruebas con las hojas izquierdas de un libro

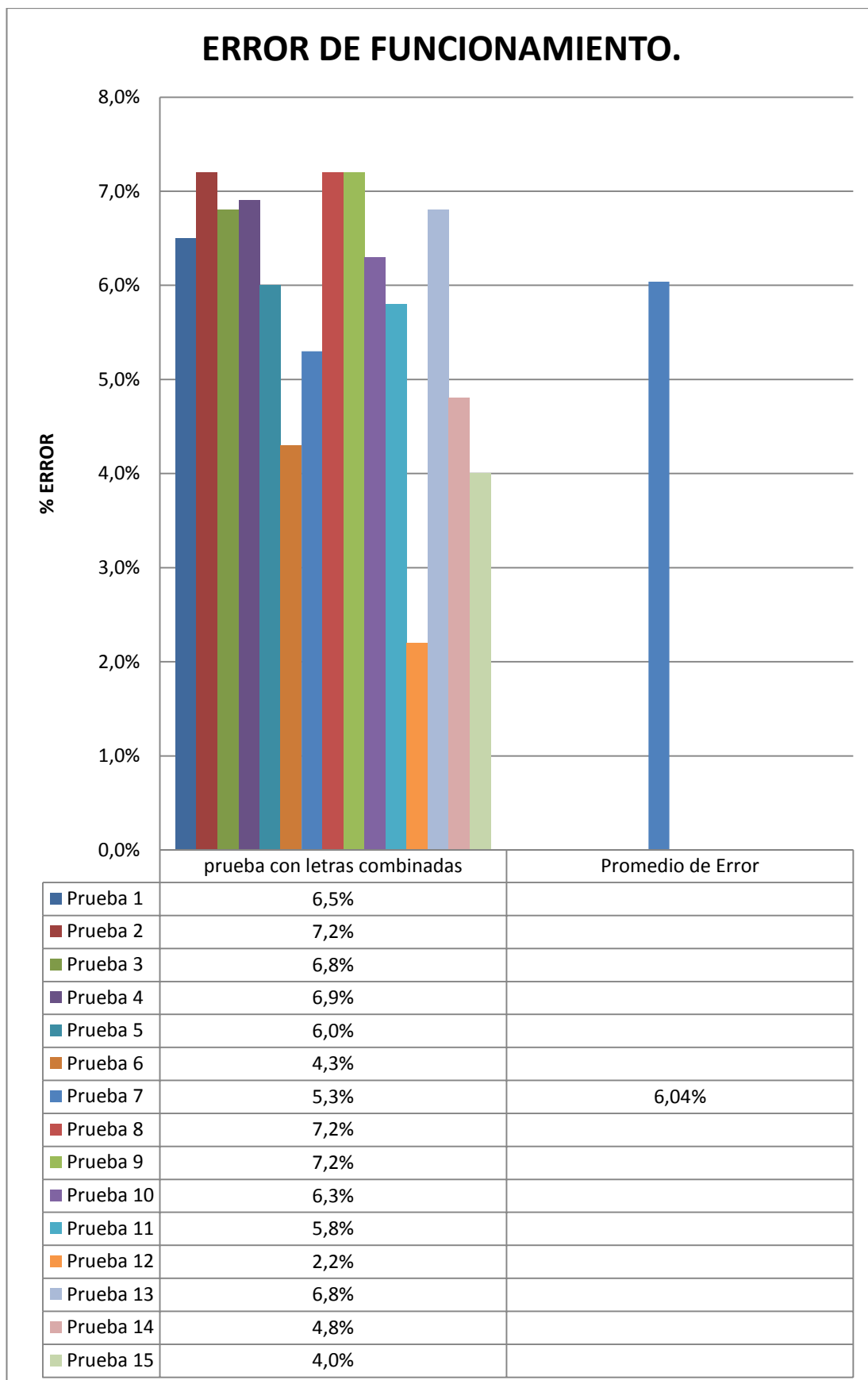
Una vez terminadas las anteriores pruebas con las hojas derechas de un libro, ahora se va a realizar pruebas con un libro ingresando y procesando solo las páginas izquierdas de dicho libro, los resultados de las pruebas se indican en la tabla (26).

**Tabla 26**

#### Pruebas con las hojas izquierdas de un libro

	# PALABRAS	ACIERTOS	ERROR	% ERROR
<b>PRUEBA 1</b>	321	300	21	6.5%
<b>PRUEBA 2</b>	333	309	24	7.2%
<b>PRUEBA 3</b>	308	287	21	6.8%
<b>PRUEBA 4</b>	188	175	13	6.9%
<b>PRUEBA 5</b>	83	78	5	6.0%
<b>PRUEBA 6</b>	92	88	4	4.3%
<b>PRUEBA 7</b>	94	89	5	5.3%
<b>PRUEBA 8</b>	223	207	16	7.2%
<b>PRUEBA 9</b>	137	127	10	7.2%
<b>PRUEBA 10</b>	221	207	14	6.3%
<b>PRUEBA 11</b>	205	193	12	5.8%
<b>PRUEBA 12</b>	185	181	4	2.2%
<b>PRUEBA 13</b>	176	164	12	6.8%
<b>PRUEBA 14</b>	83	79	4	4.8%
<b>PRUEBA 15</b>	247	237	10	4.0%
<b>TOTAL</b>	2896	2721	175	6.04%

De acuerdo a los resultados obtenidos de la tabla (26) y graficados en la figura (98), el promedio de error que se genera con el procesamiento de las hojas derechas de un libro es del 6.04% lo cual es un valor aceptable de error para el funcionamiento de la máquina de lectura.



**Figura 98: Porcentaje de Error de funcionamiento 5**

### 4.3. Limitaciones de la investigación

De acuerdo con los cálculos de diseño y las diversas pruebas realizadas previamente a la máquina de lectura se determina las limitaciones de funcionamiento que posee la máquina, las cuales se presentan a continuación.

El tamaño máximo del documento a ser procesado y leído no puede sobrepasar las dimensiones de una hoja A4 las cuales son 29.7 centímetros de largo por 21 centímetros de ancho, estas medidas están determinadas por los cálculos de diseño del campo visual de la cámara.

El texto a procesar tiene que tener un tamaño de letra número 10 o superior, porque con este número de letra el error de funcionamiento es aceptable y a medida que la letra es más pequeña se va agrandando el valor de error de funcionamiento de la máquina de lectura.

Procurar que los documentos a ser procesados no contengan en su formato marcos de agua o imágenes detrás del texto, ya que estos tipos de documentos generan un error de procesamiento altamente grande, con lo cual la información del texto queda distorsionada y no se puede comprender la información del documento.

Evitar procesar documentos con demasiados caracteres especiales como signos de interrogación o puntuación, ya que la máquina de lectura reconoce los caracteres especiales, pero al momento de convertirlos a audio el procesador de la máquina no permite convertirlos, generándose así distorsión en la información procesada.

### 4.4. Validación de la hipótesis

En esta etapa se determina si la hipótesis aplicada a la investigación se cumple o no, la hipótesis alternativa sería H1 y H0 sería la hipótesis nula.

**H1:** ¿Se mejorará la capacidad de acceder a mayor cantidad de información impresa existente de manera sencilla para las personas no videntes, mediante la investigación e implementación del lector audible?

**H0:** Mediante la investigación e implementación del lector audible, no se mejorará la capacidad de acceso a la información impresa existente para las personas no videntes.

Para verificar la validación de la hipótesis se utiliza un método de validación probabilístico denominado distribución chi cuadrado de Pearson, con el afán de cuantificar el porcentaje de acierto y error que genera la máquina de lectura y así determinar si la hipótesis se cumple o no.

Los valores utilizados para determinar el valor de la distribución chi cuadrado de Pearson, son los valores resultantes de las palabras acertadas y erróneas generadas con las diferentes pruebas realizadas a la máquina de lectura, los cuales se muestran en las tablas 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26.

**Tabla 27:**

**Distribución chi cuadrado de Pearson del proyecto**

	<b>PALABRAS BIEN LEÍDAS</b>	<b>PALABRAS SIN LEER</b>	<b>TOTAL FILAS</b>
<b>LECTURA CON LETRA # 10</b>	3004	246	3250
<b>LECTURA CON LETRA # 12</b>	1924	125	2049
<b>LECTURA CON LETRA # 14</b>	785	43	828
<b>LECTURA CON TAMAÑOS DE LETRAS COMBINADOS</b>	2910	219	3129
<b>LECTURA DE TEXTO COMBINADO CON TABLAS E IMÁGENES</b>	1861	173	2034
<b>LECTURA DE LAS HOJAS DERECHAS DE UN LIBRO</b>	2853	187	3040
<b>LECTURA DE LAS HOJAS IZQUIERDAS DE UN LIBRO</b>	2721	175	2896
<b>TOTAL COLUMNAS</b>	16058	1168	<b>17226</b>



Ahora ya establecida la tabla de valores para la distribución chi cuadrada de Pearson de la investigación, se procede a determinar las frecuencias teóricas de cada una de los datos, utilizando la ecuación que se indica a continuación, donde  $ft$  es el valor de la frecuencia teórica:

$$ft = \frac{(total\ de\ la\ columna) * (total\ de\ la\ fila)}{total\ de\ datos}$$

Frecuencias teóricas para los datos de la lectura de un texto con letra número 10.

$$ft\ para\ 3004 = \frac{(16058) * (3250)}{17226} = 3029.63$$

$$ft\ para\ 246 = \frac{(1168) * (3250)}{17226} = 220.36$$

Frecuencias teóricas para los datos de la lectura de un texto con letra número 12.

$$ft\ para\ 1924 = \frac{(16058) * (2049)}{17226} = 1910.06$$

$$ft\ para\ 125 = \frac{(1168) * (2049)}{17226} = 138.93$$

Frecuencias teóricas para los datos de la lectura de un texto con letra número 14.

$$ft\ para\ 785 = \frac{(16058) * (828)}{17226} = 771.85$$

$$ft\ para\ 43 = \frac{(1168) * (828)}{17226} = 56.14$$

Frecuencias teóricas para los datos de la lectura de un texto con tamaños de letras combinados.

$$ft\ para\ 2910 = \frac{(16058) * (3129)}{17226} = 2916.83$$

$$ft\ para\ 219 = \frac{(1168) * (3129)}{17226} = 212.16$$

Frecuencias teóricas para los datos de la lectura de un texto combinado con imágenes y tablas.

$$ft \text{ para } 1861 = \frac{(16058) * (2034)}{17226} = 1896.08$$

$$ft \text{ para } 173 = \frac{(1168) * (2034)}{17226} = 137.91$$

Frecuencias teóricas para los datos de la lectura de las hojas derechas de un libro.

$$ft \text{ para } 2853 = \frac{(16058) * (3040)}{17226} = 2833.87$$

$$ft \text{ para } 187 = \frac{(1168) * (3040)}{17226} = 206.12$$

Frecuencias teóricas para los datos de la lectura de las hojas izquierdas de un libro.

$$ft \text{ para } 2721 = \frac{(16058) * (2896)}{17226} = 2699.63$$

$$ft \text{ para } 175 = \frac{(1168) * (2896)}{17226} = 196.36$$

Luego de terminar las frecuencias teóricas para cada uno de los datos determinar el grado de libertad que tiene la tabla de datos de la distribución chi cuadrada de Pearson de la investigación, para eso utilizar la siguiente formula donde V es el grado de libertad:

$$V = (\#de \text{ filas} - 1) * (\# \text{ de columnas} - 1)$$

De acuerdo a los valores de tabla 25 que muestra la distribución cuadrada de Pearson se obtiene que en dicha tabla existen 7 filas de datos por 2 columnas de datos, entonces el grado de libertad queda de la siguiente manera:

$$V = (7 - 1) * (2 - 1) = 6$$

Ahora ya con todos los datos calculados se procede a determinar el chi cuadrado utilizando la siguiente formula donde chi cuadrado se representa por  $x^2$  y  $f$  por el valor de la frecuencia:

$$x^2 = \sum \frac{(f - ft)^2}{ft}$$

De acuerdo a los datos de la distribución cuadrada de Pearson de la presente investigación mostrados en la tabla (27), el resultado del chi cuadrado es el siguiente:

$$\begin{aligned} x^2 = & \frac{(3004 - 3029.63)^2}{3029.63} + \frac{(246 - 220.36)^2}{220.36} + \frac{(1924 - 1910.06)^2}{1910.06} \\ & + \frac{(125 - 138.93)^2}{138.93} + \frac{(785 - 771.85)^2}{771.85} + \frac{(43 - 56.14)^2}{56.14} \\ & + \frac{(2910 - 2916.83)^2}{2916.83} + \frac{(219 - 212.16)^2}{212.16} + \frac{(1861 - 1896.08)^2}{1896.08} \\ & + \frac{(173 - 137.91)^2}{137.91} + \frac{(2853 - 2833.87)^2}{2833.87} + \frac{(187 - 206.12)^2}{206.12} \\ & + \frac{(2721 - 2699.63)^2}{2699.63} + \frac{(175 - 196.36)^2}{196.36} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x^2 = & 0.216 + 2.98 + 0.101 + 1.39 + 0.224 + 3.07 + 0.015 + 0.22 + 0.64 + 8.92 \\ & + 0.12 + 1.77 + 0.16 + 2.32 \end{aligned}$$

$$x^2 = 22.146$$

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880

Figura 99: Distribución chi cuadrada de Pearson

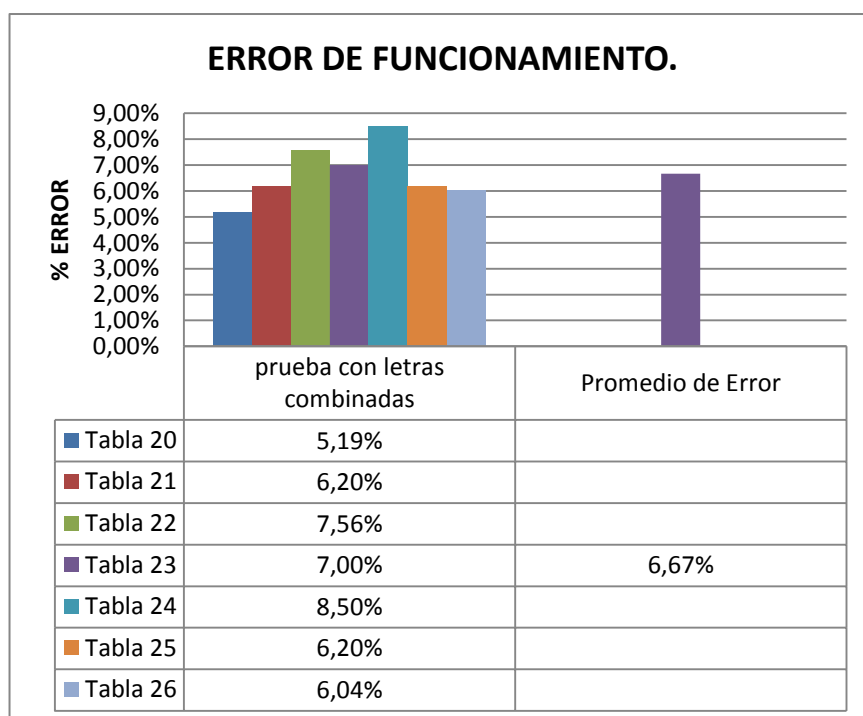
Una vez obtenido el valor del chi cuadrado del proyecto de investigación que es de  $x^2 = 22.146$ , proceder a compararlo con la tabla de distribución del chi cuadrado de Pearson que se muestra en la figura (99), en donde se busca el valor del chi cuadrado para un grado de libertad calculado que fue de 6 y con un margen de error de 0.0025.

Entonces el valor de chi cuadrado de la tabla es de 20.2491 y el valor del chi cuadrado calculado es de 22.146, ahora se compara estos dos valores y se establece si se cumple la hipótesis alternativa o nula, de acuerdo a la siguiente ecuación, la cual indica si el chi cuadrado ( $x^2$ ) calculado es mayor que el de la tabla entonces se cumple la hipótesis alternativa, caso contrario se cumple la hipótesis nula.

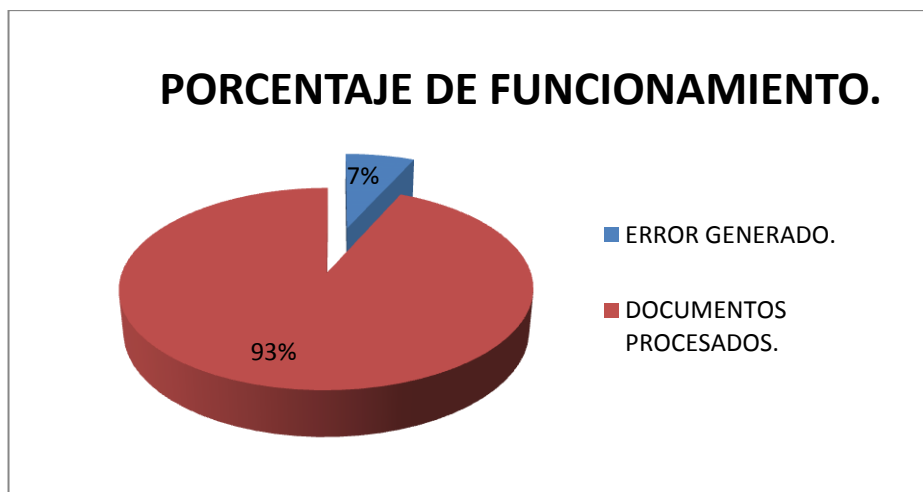
$$x^2 \text{ calculado} > x^2 \text{ tabla}$$

De acuerdo a los datos obtenidos el chi cuadrado calculado del proyecto de investigación es mayor que el chi cuadrado de la tabla, por lo tanto la hipótesis que se cumple es la hipótesis alternativa de la investigación.

#### 4.4.1. Promedio Total de error generado



**Figura 100: Error total de la máquina de lectura**



**Figura 101: Porcentaje de Funcionamiento**

De acuerdo con las diferentes pruebas realizadas anteriormente a la máquina de lectura y las gráficas de porcentaje de error total que se muestran en la figura (100) y (101), se establece que la hipótesis alternativa **H1** aplicada a la investigación la cual fue validada de acuerdo al método chi cuadrado de Pearson hace que la máquina de lectura permite tener acceso a un 93% de la información de una gran variedad de documentos impresos los cuales no tienen presentaciones en el sistema Braille ni en audio libros y al ser una máquina dirigida para personas con discapacidad visual es muy gratificante el desarrollo de esta investigación.

Después de culminar con la elaboración del algoritmo de funcionamiento, la construcción de la estructura de la máquina de lectura y el montaje de los elementos electrónicos, se realiza las pruebas de funcionamiento necesarias para identificar la capacidad que tiene la máquina de lectura para cumplir con el trabajo para la que fue diseñada la presente máquina de lectura toma la fotografía del documento impreso que se desea leer, la procesa mediante técnicas y algoritmos de visión artificial con el propósito de mejorar las características de la imagen para que luego el motor de reconocimiento óptico de caracteres pueda reconocer la mayor cantidad de caracteres de la imagen y luego convertir este texto a audio, logrando así tener acceso a la información de una gran cantidad de documentos impresos a los cuales las personas con discapacidad visual no pueden tener acceso.

## 4.5. Análisis Económico

En esta etapa se analiza todos los gastos realizados para el desarrollo de la investigación, así también como el costo beneficio de la máquina de lectura realizada con respecto a una máquina de lectura comercial.

### 4.5.1. Valor del proyecto

Para que la máquina de lectura realizada cumpla satisfactoriamente con las especificaciones de diseño y con lineamientos del perfil de investigación, se utiliza dispositivos electrónicos, de control, softwares informáticos, procesos de construcción de estructuras y demás, los cuales tienen un costo y se los indica en la tabla (28).

**Tabla 28**

#### Valor del proyecto de investigación

N°	DENOMINACIÓN	VALOR (USD)
1	Mini procesador	120
2	Cámara digital	100
3	Audífonos	30
4	Estructura Mecánica	200
5	Sistema de iluminación	70
6	Material Eléctrico	60
7	Material Electrónico	120
8	Montaje de los componentes	80
9	Varios	180
10	Total	960

En conclusión, de acuerdo con datos de tabla (28) la inversión realizada para la construcción del prototipo de la máquina de lectura es de 960 dólares americanos.

#### 4.5.2. Costo-beneficio

El desarrollo de dispositivos para personas con discapacidad visual que permitan facilitar el acceso a la información de documentos impresos es muy limitado, por tal motivo los dispositivos existentes en el mercado que brindan esta ayuda son demasiados costosos, es por eso que la investigación busca desarrollar un dispositivo de bajo costo.



**Figura 102: Eye Pal Solo**

**Fuente:** (Boundless, 2017)

La máquina de lectura Eye Pal Solo, que se muestra en la figura (102), tiene un valor comercial de 2,120.00 dólares americanos, además este dispositivo no existe a la venta en el mercado local, por lo tanto se tiene que comprarlo en otro país e importarlo al Ecuador, lo cual conlleva costos de envío e impuestos por desaduanización, aumentando el valor en aproximadamente un 45% del valor del dispositivo, finalmente el valor total del dispositivo es de 2,120.00 más el 45% que son 954.00 que da como resultado un valor final de 3,074.00 dólares americanos.

En conclusión, el costo beneficio de la máquina de lectura realizada con respecto al dispositivo existente a la venta tiene una diferencia de aproximadamente 1 a 3, lo cual es 2,114.00 dólares americanos.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

La máquina de lectura desarrollada en la presente investigación tiene la capacidad de procesar textos de hasta un tamaño de 21 centímetros de ancho por 29 centímetros de largo lo que es igual a un documento en formato A4, permitiendo así que las personas con alguna discapacidad visual tengan acceso a la información de documentos impresos de uso diario.

El campo de visión de la máquina de lectura de acuerdo a la cámara utilizada es de 28.53 centímetros de largo por 21.43 centímetros de ancho, generando un área de 611.4 centímetros cuadrados, en donde la cámara toma fotografías a 292 píxeles por pulgada, lo cual de acuerdo a la figura (25) es el valor ideal para que una imagen capturada con una cámara de 8 megapíxeles sea utilizada para procesamiento OCR mediante la utilización de algoritmos de visión artificial.

La cámara digital utilizada está ubicada a una altura de 23.65 centímetros con respecto a la base de la máquina de lectura, esta distancia está definida gracias a los ángulos de visión de la cámara digital, los cuales sirven para identificar la distancia a la que debe estar la cámara con respecto al documento a ser procesado para que el campo de visión sea de 28.53 centímetros de largo por 21.43 centímetros de ancho.



El promedio de error generado por la máquina de lectura al procesar un documento impreso es aproximadamente el 7 % de la información del texto procesado, este error es generado por el tamaño de las letras del documento o por documentos con formatos de marca de agua, pero la gran mayoría del porcentaje de error es debido a caracteres especiales que tienen los documentos como son signos de interrogación y puntuación.

El tiempo de procesamiento por hoja que tarda la máquina de lectura es de aproximadamente un promedio de 45 segundos por hoja, este tiempo se debe a los algoritmos de visión artificial utilizados para procesar la imagen, los tiempos de respuesta varía de acuerdo a la cantidad de información que contenga el documento impreso.

La máquina de lectura puede funcionar de forma óptima y automática en cualquier lugar sin depender de la iluminación, ya que posee un sistema de iluminación interno, lo único que requiere es una conexión de 110 voltios para la alimentación de la máquina.

Para el funcionamiento de la maquina lo único que se requiere es conectarla a un tomacorriente de 110 V y encenderla, pero en caso que desee observar el procesamiento interno de las imágenes o se desee realizar alguna modificación interna al equipo, entonces se necesita establecer una conexión remota entre el equipo y un computador mediante conexión Ethernet como se indica en la sección 4.1.3 del presente documento de investigación.

De acuerdo con las pruebas de funcionamiento la máquina de lectura es capaz de leer óptimamente palabras con letras número 10 como mínimo, además el algoritmo de programación es capaz de identificar si el documento posee imágenes y no tomarlas en cuenta para el reconocimiento óptico de caracteres, el único problema es cuando el documento posee caracteres especiales.

## 5.2. RECOMENDACIONES

La visión artificial requiere utilizar una gran cantidad de memoria y la Raspberry PI al tener una memoria limitada se recomienda eliminar los programas que no se utilizan como Wólffram y libre office.

Al momento de la instalación de OpenCV en la Raspberry PI si el sistema no responde, entonces esperar a que responda y no cerrarlo ya que OpenCV es un programa sumamente pesado y tarda un largo tiempo en instalarse en la Raspberry PI.

Para la comunicación remota se recomienda conectar tanto la máquina de lectura como el computador a la misma red LAN, y así evitar problemas de incompatibilidad al momento de la comunicación.

No olvidar las credenciales de acceso para el funcionamiento de la máquina de lectura, las cuales son para el usuario **pi** y para la contraseña es **Raspberry**.

Si se desea manipular los dispositivos electrónicos de la máquina de lectura, tener mucho cuidado con las descargas electrostáticas por que pueden dañar estos dispositivos. Para ello descargarse previamente tocando un elemento metálico o usar una muñequera antiestática.

Al momento de la instalación de OpenCV asegurarse que las versiones tanto de OpenCV como de OpenCV contrib sean las mismas, ya que si no son las mismas al momento de la compilación no se ejecuta el programa OpenCV.

Al ser la Raspberry PI un dispositivo de recursos limitados tanto en memoria como en procesador con respecto a un computador convencional, se recomienda instalar librerías de optimización de recursos como la gfortran.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BCNVISIÓN. (11 de 04 de 2017). *Sistemas de iluminación para aplicaciones de visión artificial (Parte II)*. Recuperado el 25 de 07 de 2017, de Blog de visión artificial, Obtenido de: <http://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/iluminacion-vision-artificial2/>
- Bejarano, M. (25 de 09 de 2013). *Conexión remota al Raspberry Pi usando SSH*. Recuperado el 03 de 06 de 2017, de Frambuesa PI Colombia, Obtenido de: <http://www.frambuesapi.co/2013/09/25/tutorial-5-conexion-remota-al-raspberry-pi-usando-ssh/>
- Bejarano, M. (07 de 10 de 2013). *Conexión remota al Raspberry Pi usando VNC*. Recuperado el 03 de 06 de 2017, de Frambuesa PI Colombia, Obtenido de: <http://www.frambuesapi.co/2013/10/07/conexion-remota-al-raspberry-pi-usando-vnc/>
- Boundless. (2017). *Eye-Pal SOLO Reading Machine*. Recuperado el 22 de 06 de 2017, de boundless assitive technology, Obtenido de: <http://www.boundlessat.com/Blindness/OCR-Scanning/Eye-Pal>
- Compartolid. (2013). *Tesseract-OCR*. Recuperado el 26 de 03 de 2017, de compartolid.es, Obtenido de: <http://www.compartolid.es/tesseract-ocr/>
- CONADIS. (2010). *Estadísticas de discapacidad*. Recuperado el 15 de 02 de 2017, de Consejo nacional para la igualdad de discapacidades, Obtenido de: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- CSRT. (2015). *El sistema de síntesis de voz Festival*. Recuperado el 28 de 03 de 2017, de The center for speech technology research, Obtenido de: <http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/>
- DolmaryD. (26 de 01 de 2016). *Libertades del Software Libre*. Recuperado el 10 de 04 de 2017, de dolmarydfc, Obtenido de: <http://dolmarydfc.blogspot.com>

- Doménech Riera, X. (13 de 01 de 2010). *Historia de la Tiflotecnología en España*. Recuperado el 21 de 02 de 2017, de No solo usabilidad, Obtenido de: <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/tiflotecnologia.htm>
- Espinoza, H. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de seguridad*. quito: N/A.
- Famatech. (2017). *Escanee una red en cuestión de segundos*. Recuperado el 01 de 04 de 2017, de Advanced IP Scanner, Obtenido de: <https://www.advanced-ip-scanner.com/es/>
- Ferri, F. (2016). *Putty. Conecta rápidamente a Telnet, SSH y otros protocolos*. Recuperado el 02 de 04 de 2017, de Softonic, Obtenido de: <https://putty.softonic.com/#app-softonic-review>
- freedom Scientific, I. (2017). *Eye pal solo*. Recuperado el 26 de 02 de 2017, de freedom Scientific, Inc, Obtenido de: <http://www.freedomscientific.com/Products/Blindness/EyePalSOLO>
- Hardkernel. (2013). *Odroid C1*. Recuperado el 22 de 04 de 2017, de hardkernel, Obtenido de: [http://www.hardkernel.com/main/products/prdt\\_info.php?g\\_code=G141578608433](http://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G141578608433)
- Hidalgo, I., & Sánchez, R. (2015). *Reconocimiento de caracteres mediante imágenes en contadores de gas en entornos reales*. Madrid España.
- Jipsion, A. (2017). Tecnología Raspberry pi. *El tecnológico*, 15-16.
- Kulturaren. (2011). *OCR: tecnología para el reconocimiento óptico de caracteres en una imagen*. Recuperado el 10 de 04 de 2017, de Kulturaren Euskal Behatokia, Obtenido de: [http://www.kultura.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/kultura2\\_0\\_prestakuntza/es\\_k20\\_form/adjuntos/pildora-OCR-2.pdf](http://www.kultura.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/kultura2_0_prestakuntza/es_k20_form/adjuntos/pildora-OCR-2.pdf)

- Logitech. (2017). *HD WEBCAM C270*. Recuperado el 01 de 03 de 2017, de Logitech, Obtenido de: <http://www.logitech.com/es-roam/product/hd-webcam-c270>
- Long, S. (2015). *JESSIE IS HERE*. Recuperado el 25 de 03 de 2017, de Raspberry org, Obtenido de: <https://www.raspberrypi.org/blog/raspbian-jessie-is-here/>
- Marciaga, F., & Samaniego, E. (2016). Desarrollo de un sistema inalámbrico para la detección de vehículos cercanos para una empresa maderera. *RIC revista de investigación científica*, 56-62.
- Martínez, I. (19 de 11 de 2012). *Entendiendo Megapíxeles, tamaño de impresión y Megabytes*. Recuperado el 19 de 05 de 2017, de Blog spot, Obtenido de: <http://imartinez8899.blogspot.com/2012/11/entendiendo-megapixeles-tamano-de.html>
- Meike, R. (2012). *Arduino Uno vs vs BEAGLEBONE Frambuesa Pi*. Recuperado el 10 de 03 de 2017, de The Monday Jolt, Obtenido de: <http://makezine.com/2013/04/15/arduino-uno-vs-beaglebone-vs-raspberry-pi/>
- Mirams, G. (08 de 06 de 2016). *What is the difference between BOARD and BCM for GPIO pin numbering?* Recuperado el 20 de 05 de 2017, de Raspberry Pi, Obtenido de: <https://raspberrypi.stackexchange.com/questions/12966/what-is-the-difference-between-board-and-bcm-for-gpio-pin-numbering>
- Morales, M., & Berrocal, M. (2003). *Tiflotecnología y material tiflotécnico*. Málaga: En Ponencia presentada en el Primer Congreso Virtual. INTERED Visual, sobre Intervención Educativa y Discapacidad Visual.
- ONCE. (2017). *Braille*. Recuperado el 15 de 02 de 2017, de Servicios especializados en discapacidad visual, Obtenido de: <http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad-visual/braille>

- Open Alfa. (2013). *Cómo instalar Tesseract OCR en Debian*. Recuperado el 10 de 04 de 2017, de Blog Open Alfa, Obtenido de: <http://blog.openalfa.com/como-instalar-tesseract-ocr-en-debian>
- Ramos, A. G. (28 de 10 de 2015). *VNC sus características y manual de instalación*. Recuperado el 26 de 04 de 2017, de Slideshare, Obtenido de: <https://es.slideshare.net/AngelGarciaRamos/vnc-sus-caracteristicas-y-manual-de-instalacion>
- Raspberry. (2017). *Módulos de cámara*. Recuperado el 01 de 03 de 2017, de RASPBERRY PI FOUNDATION, Obtenido de: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera/>
- Raspberry, o. (2016). *Raspbian*. Recuperado el 13 de 03 de 2017, de Raspberry PI Foundation, Obtenido de: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>
- Raspberry, o. (2017). *RASPBIAN*. Recuperado el 22 de 03 de 2017, de Raspberry org, Obtenido de: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>
- Robotistan. (2016). *Raspberry pi schem*. Recuperado el 12 de 03 de 2017, de robotistan, Obtenido de: <http://www.robotistan.com/Data/EditorFiles/Raspberry/RCAtoRca/raspberry-pi-schem.png>
- Rosales, M., Moretti, M., & Palomino, K. (2005). *Diseño de una estrategia comunicativa integral para facilitar el acceso a la información y educación de los no videntes y deficientes visuales*. Quito.
- Rosebrock, A. (18 de 04 de 2016). *pyimagesearch*. Recuperado el 01 de 04 de 2017, de Guía de instalación: Frambuesa Pi 3 + Raspbian Jessie + OpenCV 3, Obtenido de: <http://www.pyimagesearch.com/2016/04/18/install-guide-raspberry-pi-3-raspbian-jessie-opencv-3/>

- SENSE. (2002). *Maquina inteligente de lectura*. Recuperado el 26 de 02 de 2017, de Sordo Ceguera, Obtenido de: [http://www.sordoceguera.org/vc3/para\\_maestros\\_profesionales/enlace/maquina\\_inteligente.php](http://www.sordoceguera.org/vc3/para_maestros_profesionales/enlace/maquina_inteligente.php)
- Vélez, J., Moreno, A., & Sánchez, A. (2003). *Visión por computador*. Madrid: e-Libro.
- VER. (2013). *Maquina inteligente de lectura ALL READER*. Recuperado el 26 de 02 de 2017, de soluciones integrales VER, Obtenido de: <http://www.ver.com.co/hogar/allreader.html>
- Zahumenszky, C. (2015). *Este anillo del MIT permite a personas ciegas leer textos con el dedo*. Recuperado el 27 de 02 de 2017, de GIZMODO, Obtenido de: <http://es.gizmodo.com/este-anillo-del-mit-permite-a-personas-ciegas-leer-text-1691463893>

# ANEXOS





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

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

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor **ALEX VLADIMIR PILATASIG ESCOBAR**.

En la ciudad de Latacunga, a los 07 días del mes de Agosto del año 2017.

**APROBADO POR:**

