



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO  
PARA LA EVALUACIÓN DE INGRESO DE PERSONAS  
CON DISCAPACIDAD A INSTITUCIONES DE AYUDA  
COMUNITARIA”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

**GUILLERMO ELIEZER COELLO BELTRÁN  
ANDRÉS LEONARDO MANOSALVAS ZÚÑIGA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a Dios, a mis padres, a Grace, la Dra. Rebeca Estrada, al Ing. Vladimir Sánchez y los profesores, amigos y compañeros que de una u otra forma me ayudaron para tener la mejor formación y preparación para la obtención de este título.

### **Andrés Manosalvas Zúñiga**

Mis agradecimientos son a Dios que este año 2017 me permitió obtener 3 títulos: esposo, padre e ingeniero. Así como a mis padres (Carmen y Víctor), quienes me enseñaron a ser persistente y no rendirme- También un agradecimiento a mi hermana Tania y a mi esposa Jessica, quienes soportaron y apoyaron en este proceso. A todos mis amigos, compañeros y profesores que siempre estuvieron ahí para dar un consejo y una mano cuando más se lo necesitaba (Johanna, José, Angélica, Omar, Ing. Sánchez, Ing. Ponguillo, Sra. Doris, Don César, Andrés, Rosa Game, Erick Medina y Milton Alfonzo).

### **Guillermo Coello Beltrán**

## **DEDICATORIA**

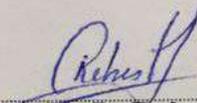
Este proyecto lo dedico en primer lugar a Dios que sin las fuerzas que me da no sé cómo hubiera logrado llegar donde estoy. Luego a mis padres y a Grace, que siempre estuvieron presentes con motivación y palabras de aliento para culminar mis estudios. A mis hermanos, sobrinos y demás allegados, quienes han sido pieza clave en la culminación de mis estudios superiores y esencial motivación para ser mejor cada día. Mención especial a mi mami Bacha, que aunque no esté físicamente, siempre lo estará en mi corazón y sé que estará muy orgullosa de mí.

**Andrés Manosalvas Zúñiga**

Este proyecto lo dedico a Dios, quien nos da aliento y fuerza para seguir cada día; a mi madre Carmen Beltrán, que es el pilar fundamental de mi vida; a mi esposa e hijo, a quienes dedico mi futuro; a mi papá y mi hermana, seres importantes en este mundo. Soy feliz que cada uno de ellos formen parte de mi vida.

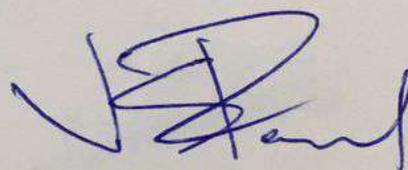
**Guillermo Coello Beltrán**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



**Ph.D. Rebeca Estrada Pico**

PROFESOR EVALUADOR



**M.Sc. Vladimir Sanchez**

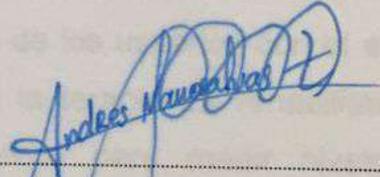
PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

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



Guillermo Coello Beltrán



Andrés Manosalvas Zúñiga

## RESUMEN

La Asociación Comunitaria Hilarte es una ONG (Organización No Gubernamental sin fines de lucro) que se encarga de ayudar a la sociedad civil, entre ellas personas con cierto grado de discapacidad intelectual o física (movilidad reducida). Esta institución maneja de manera manual el proceso de evaluación de ingreso para las personas con discapacidad mediante formularios y otras series de actividades que permiten conocer cierto grado o factor de discapacidad, lo que genera una cantidad extensa de documentos físicos, muchos de los cuales se han perdido por diversos factores.

En este proyecto, se propone automatizar estos procesos para así dar seguimiento a cada caso de forma independiente, comparativa, rápida y eficiente. Para esto se implementará una plataforma web. Esta plataforma manejará de manera digital el contenido de los formularios y de los módulos electrónicos. Los cuales se encargan de recibir o mostrar información a los representantes del usuario o al evaluador. El evaluador será encargado de hacer los seguimientos de los usuarios con el avance que hacen profesores. Los mismos que ayudan en la terapia de rehabilitación y educación. Esto nos ayudará a obtener parámetros para medir niveles de discapacidad (auditiva, motora, visual, reflejos). Los formularios y datos que se reciban serán alojados en una base de datos la cual se alojará en un servidor para que puedan ser consultados en cualquier momento por el evaluador o profesor encargado de hacer los seguimientos.

La solución propuesta es modular, permitiendo integrar futuras mejoras y añadir formularios que puedan abarcar más campos que son evaluados. Esta solución innovadora está basada en la implementación de la plataforma web está basada en python-django, lo cual lo hace una interfaz amigable para el usuario y para algún programador que quiera involucrarse para añadir más cosas al proyecto propuesto. Los módulos electrónicos a emplear son Raspberry Pi y Arduino, los cuales servirán para el manejo de datos, pruebas psicosométricos y pruebas de audio. Se eligieron estos módulos porque son de lógica muy sencilla y de fácil entendimiento para futuros mantenimientos, actualizaciones y futuras mejoras.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1 Delimitación del problema o descripción de la necesidad a la que da respuesta el producto/servicio. ....	4
1.2 Elección de posibles alternativas para la resolución del problema o la cobertura de la necesidad: viabilidad técnica y económica del proyecto .....	4
1.3 Objetivo general .....	6
1.4 Objetivos específicos.....	6
1.5 Costos de las posibles soluciones.....	7
1.6 Alcance y limitaciones .....	8
1.7 JUSTIFICACIÓN .....	9
1.8 Elementos innovadores .....	9
CAPÍTULO 2.....	11
2. MARCO TEÓRICO. ....	11
2.1 Organizaciones no gubernamentales .....	11
2.2 Discapacidad.....	11
2.3 Sonido y audición .....	12
2.4 Herramientas de software de la solución propuesta.....	13
2.4.1 Python .....	13
2.4.2 Django .....	14
2.4.3 Shell script.....	14
2.5 Hardware de la solución propuesta .....	14
2.5.1 Raspberry pi .....	14

2.5.2 Arduino .....	15
2.5.3 Puente h .....	15
2.5.4 Motor paso a paso .....	15
CAPÍTULO 3.....	16
3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA ELEGIDA.....	16
3.1 Ejecución de la propuesta .....	16
3.2 Desarrollo de módulo de discapacidad auditiva .....	17
3.3 Desarrollo del módulo de discapacidad motora.....	18
3.4 Desarrollo de aplicativo web.....	19
3.5 Interconexión de módulos.....	20
CAPÍTULO 4.....	21
4. RESULTADOS DE LA SOLUCION PROPUESTA.....	21
4.1 Puesta en marcha del sistema propuesto .....	22
4.1.1 Resultados a nivel de software.....	22
4.1.2 Resultados a nivel de hardware .....	23
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	27

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador existen aproximadamente 544 instituciones que se dedican a trabajar en pro de personas con discapacidades [1], esto según el Consejo Nacional de Discapacidades, de las cuales 72 pertenecen a la provincia del Guayas, entre ellas Asociación Comunitaria HILARTE (Hilando Arte), Fundación Sin Barreras (FUNSIBA), Fundación Unidos Por La Vida y Asociación Guerreros Por La Vida, entre otras. Todas estas instituciones tienen una problemática que es bajo o nulo uso de tecnologías emergentes.

Dada esta problemática se identificó que, en cuanto a lo que es tecnología y sistemas automatizados para manejar su información, es poca la inversión realizada, ya que sus recursos son escasos, priorizando su destino a otras secciones. Esto se evidencia en la Asociación Comunitaria Hilarte, que es una organización de la sociedad civil y comunitaria sin fines de lucro, que labora desde hace 18 años brindando servicios educativos y de rehabilitación, con la colaboración de artistas, educadores y terapeutas quienes hacen del arte una herramienta para hacer pedagogía, terapia, e inclusión. Su misión principal el desarrollo de habilidades y competencias en niños y jóvenes de sectores prioritarios, desde la institución o llegando a las comunidades en procura de su inclusión educativa, social y/o recreativa, dado al interés de la institución por mejorar procesos para servir a la comunidad de una mejor manera, proponemos la solución de un sistema automatizado para la evaluación de ingreso de personas con discapacidad.

Entre ellas, personas con cierto grado de discapacidad intelectual o física (movilidad reducida). Esta institución maneja de manera manual el proceso de evaluación de ingreso para las personas con discapacidad, generando esto una cantidad extensa de documentos físicos, muchos de los cuales se han perdido por diversos factores (por ejemplo: factores climáticos).

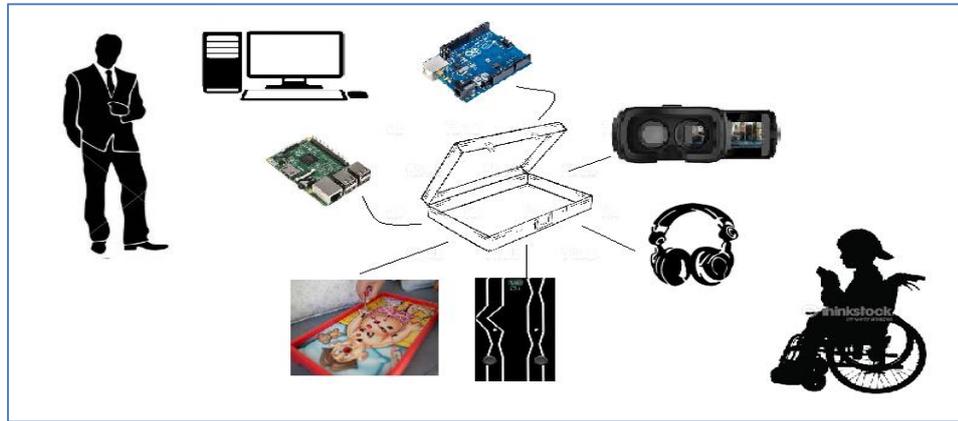
### **1.1 Delimitación del problema o descripción de la necesidad a la que da respuesta el producto/servicio.**

La Asociación Comunitaria Hilarte maneja de manera manual formularios y una serie de actividades que permiten conocer cierto grado o factor de discapacidad. La institución necesita automatizar estos procesos, ya que han perdido mucha información de sus usuarios debidos a diversos factores (externos e internos). Además, esto ayudaría a dar seguimiento a cada caso de forma independiente, rápida y eficiente.

Para esto se desea implementar una plataforma web que maneje de manera digital el contenido de los formularios y de módulos electrónicos, los cuales receptan o entregan información a los representantes del usuario y sobre todo al evaluador encargado de hacer los seguimientos, ello para obtener niveles de discapacidad (auditiva, motora, visual, reflejos). Los formularios y datos recibidos serán alojados en una base de datos la cual se alojará en un servidor para que puedan ser consultados en cualquier momento por el evaluador o profesor encargado de hacer los seguimientos.

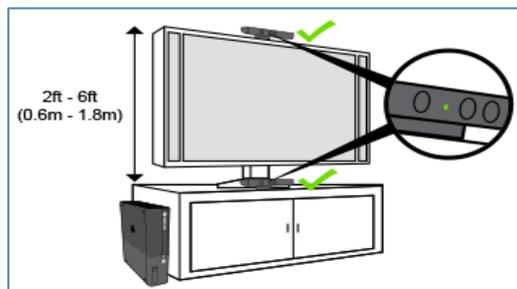
### **1.2 Elección de posibles alternativas para la resolución del problema o la cobertura de la necesidad: viabilidad técnica y económica del proyecto**

Con hardware libre y software libre se plantea implementar una solución de bajo costo, en donde los gastos más representativos serán debido a sensores y actuadores que pertenecen a la parte electrónica (solución propuesta en este proyecto). Como muestra la Figura 1.1 que consta de un maletín con módulos electrónicos integrados e interconectados que serán usados por el técnico responsable para evaluar las discapacidades.



**Figura 1.1: Hardware y software libre**

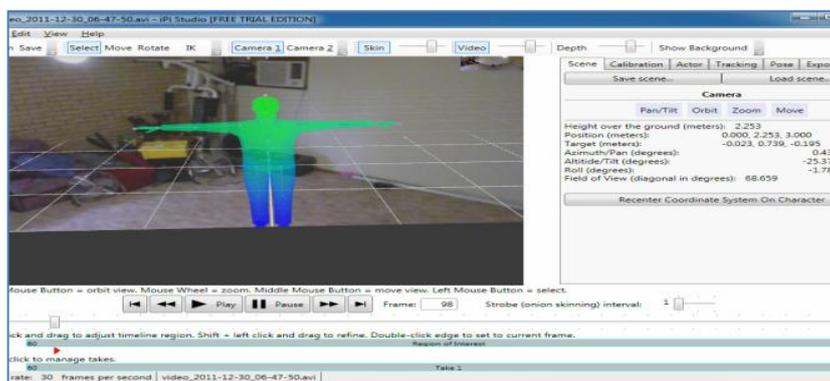
Comprar un equipo de exámenes psicotécnicos como se muestra en la figura 1.5, muy parecido a la propuesta anterior, pero con un mayor costo, por lo cual la institución no podría afrontarlo, o implementar un sistema con redes de sensores y cámaras que mediante API de Google, más inteligencia artificial para evaluar el perfil del usuario mediante movimientos y gestos (solución implementada en entidades en la América del Norte). Una visión básica de los componentes de este sistema se muestra en las Figura 1.2. Una simulación “básica” del sistema se muestra en las Figuras 1.3 y 1.4.



**Figura 1.2: Cámara Xbox 360**



**Figura 1.3: Imagen capturada de Xbox 360**



**Figura 1.4: Software de análisis de imagen Xbox 360**



**Figura 1.5: Equipos psicométricos**

### 1.3 Objetivo general

Elaborar una plataforma WEB que permita la visualización, edición y guardado de formularios de evaluación de discapacidades, así como el uso módulos electrónicos que recepten información de los usuarios con discapacidad para facilitar el manejo de datos e información. Esta información receptada por los módulos será ingresada de forma manual en los formularios digitales (cualitativa).

### 1.4 Objetivos específicos

Diseñar formularios web para el ingreso de información.

Diseñar módulos electrónicos para que ayuden a la evaluación de discapacidades auditivas y motoras.

Diseñar una base de datos que guarde la información de los usuarios con discapacidades y sus resultados de las pruebas para tener un manejo eficiente de la información.

### 1.5 Costos de las posibles soluciones

Dentro de nuestro medio el uso de este software no es muy conocido, no así en otros países, resultando una aplicación un poco costosa para el sector al cual nos dirigimos. Se presentan tres posibles soluciones, incluida propuesta en este proyecto con sus respectivos costos:

- En la Tabla 1 se muestra el Sistema Automatizado con hardware y software libre (Solución propuesta para el desarrollo de este proyecto).

MATERIALES	COSTOS EN USD	
Kit Raspberry Pi 3	69.99	
Arduino Starter Kit	65.95	
Metal Gear Digital RC Servo Motor High Torque	11.99	
Audífonos Sony	18.30	
Disco Duro Externo Toshiba 2 TB	134.00	
<b>TOTAL</b>	<b>300.23</b>	

Tabla 1: Costos sistema de software y hardware libre

- En la Tabla 2 muestra el costo del Sistema de evaluación por procesamiento de imágenes y Deep Learning.

MATERIALES	COSTO EN USD	
Xbox One	599.99	
Xbox One Kinect Sensor	83.09	
Logitech C922x Pro Stream Webcam	99.99	
<b>Total</b>	<b>783.07</b>	

**Tabla 2: Costos por procesamiento de imágenes**

- En la Tabla 3 muestra el costo del Gabinete psicotécnico

MATERIALES	COSTO EN DÓLARES	
Gabinete psicotécnico ESP 1000	5,500	
GASTOS DE INSTALACIÓN Y CURSO	500	
<b>Total</b>	<b>6,000</b>	

**Tabla 3: Costos de gabinete psicotécnico**

### 1.6 Alcance y limitaciones

La propuesta es una solución modular que permite realizar pruebas y evaluaciones con estándares mundiales. Este proyecto se diseñó y oriento para

su implementación en cualquier institución que preste servicios de la misma índole de los que realiza Hilarte. Al ser modular se puede añadir más secciones de las requeridas, para que otras personas que estén interesadas en este proyecto puedan aumentarle Sesiones y módulos al mismo.

Entre las limitaciones del proyecto se encuentran las faltas de módulos para evaluar discapacidad visual y discapacidad intelectual. En las recomendaciones se dan ideas pensadas para este proyecto que la podrían implementar futuros desarrolladores que deseen continuar con este trabajo.

Otra limitación está relacionada al hardware, ya que las tarjetas Raspberry Pi actuales en el mercado tienen sonido mono estéreo, lo cual imposibilita el desarrollo completo del módulo de pruebas de audición en la misma. Para superar esto, se dividirá el procesamiento en una laptop o computadora, lo cual también es necesario para la visualización del aplicativo web (se usará una máquina de la institución la cual se le instalará Linux para mejorar su rendimiento).

## **1.7 JUSTIFICACIÓN**

La solución planteada es la más económica y con menor tiempo de desarrollo, no incurriendo en tanta investigación como la segunda opción. Es aproximadamente un 50% más económica, pudiendo ser vendida en 600 dólares, dando un gran margen de utilidad. Aparte de esto, se ha decidido optar por esta solución, ya que su construcción es con dispositivos altamente usados en el ámbito de la educación que presentan una innovación y revolución en el mercado actual bajando los costos de desarrollo. Además de ser un desarrollo innovador, económico y de fácil uso, podría ser distribuido por el Estado a distintas instituciones del país para una mejor y presencial evaluación de las discapacidades en Ecuador.

## **1.8 Elementos innovadores**

La solución propuesta es programable y modular, teniendo altas posibilidades de ser ampliada y mejorada. Se emplearán elementos de tecnología actual, por lo cual el conocimiento puede ser difundido por este proyecto, a su vez vendido a

distintas instituciones que realizan estas evaluaciones a sus usuarios, ello con un costo competitivo y con posibilidades de mantenimiento y reparación a bajos costos. Se puede observar el dispositivo implementado en la Figura 1.6.



**Figura 1.6: Vista final del dispositivo.**

## CAPÍTULO 2

### **2. MARCO TEÓRICO.**

Esta sección describe conceptos básicos involucrados en este proyecto, así como las tecnologías y dispositivos que fueron necesarios para su implementación. De esta manera, se proporcionará una idea clara y concisa de la solución propuesta demostrando también el por qué es viable.

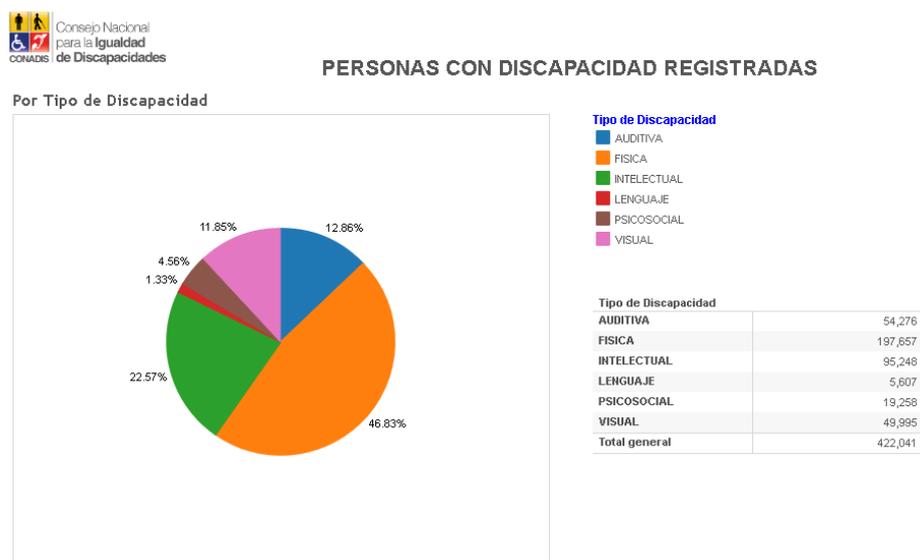
#### **2.1 Organizaciones no gubernamentales**

Una Organización No Gubernamental (ONG) es una institución de índole privado, voluntario y no lucrativo, cuyos fines tanto sociales como humanitarios son establecidos por sus integrantes sin necesidad que algún gobierno o Estado forme parte de ellos. Jurídicamente se los puede definir de diferentes maneras, tales como asociación, fundación, corporación y cooperativa, entre otras.

#### **2.2 Discapacidad**

Consiste en una limitación que puede ser tanto física como mental del ser humano, retardando su desarrollo normal y que imposibilita hasta cierto grado su inclusión e interacción dentro de la sociedad.

En la Figura 2.1 se puede observar el número de personas que tienen un tipo de discapacidad en específico. Estas estadísticas fueron elaboradas por el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) en junio del 2017 [2].



**Figura 2.1: Tipos de discapacidad en Ecuador**

### 2.3 Sonido y audición

El sonido es la propiedad del medio en que se encuentra un individuo [3]. Para ser audible por el ser humano debe estar en una frecuencia que se mantenga entre los 20 y 20 000 Hz [4]. La cantidad de sonidos que el ser humano puede oír es muy extensa, y para medir ello se utilizan los decibelios, que consiste en una escala logarítmica de presiones. Los valores de Hz por edad que puede oír una persona se muestran en la Tabla 4. El desarrollo de este proyecto va dirigido a personas jóvenes, pero se puede ver una distribución de la discapacidad por edades en el Ecuador en la Figura 2.2.

Valores en Hz por edad	
8000Hz	Todo el mundo
12000Hz	Menores de 50 años
15000Hz	Menores de 40 años
16000Hz	Menores de 30 años
18000Hz	Menores de 24 años
20000Hz	Oído perfecto

Tabla 4: Valores en Hz audibles por edad [5]



#### PERSONAS CON DISCAPACIDAD REGISTRADAS

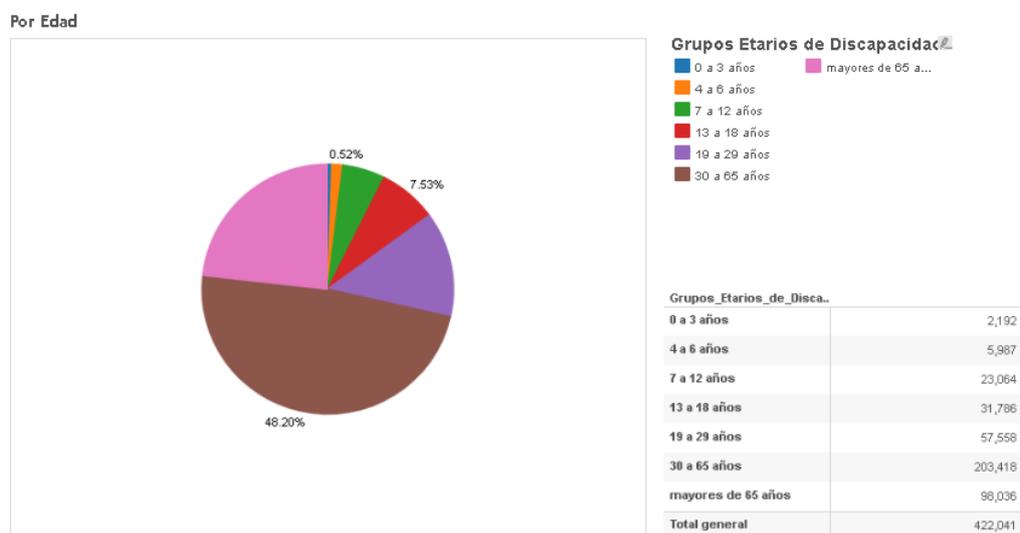
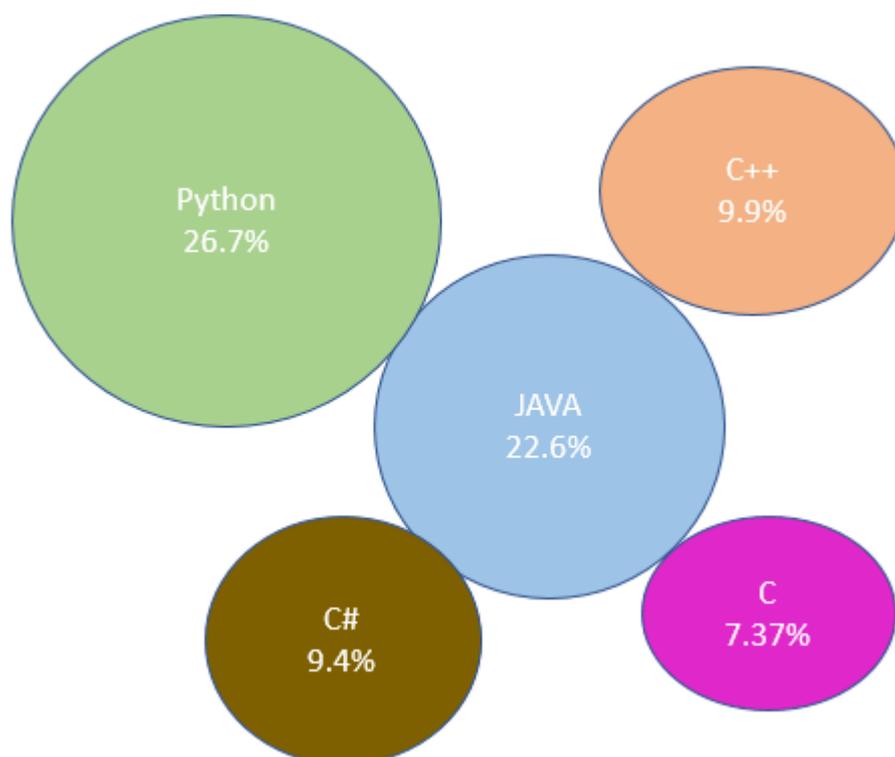


Figura 2.2: Grupo etarios de personas con discapacidades [2]

## 2.4 Herramientas de software de la solución propuesta

### 2.4.1 Python

Es un lenguaje de programación que sirve como interprete para el desarrollo de un software, fácil de aprender que usa un tipado dinámico orientado a objetos. [5]. Según CodeVal, plataforma web que se encarga de la evaluación de programadores Python [6]. Este lenguaje es el más utilizado en el año 2016 usándolo un 26.7% de la población destronado así a Java el cual queda en un segundo lugar con un 22.6%, como se muestra en la Figura 2.3.



**Figura 2.3: Estadísticas de usos de lenguajes de programación**

#### **2.4.2 Django**

Es un framework para aplicaciones web de código abierto, escrito en Python, que respeta el patrón de diseño conocido como Modelo–vista–controlador, liberándose bajo una licencia BSD en julio de 2005 [7].

#### **2.4.3 Shell script**

Es un pequeño software que está diseñado para manipular archivos, ejecutar programas e imprimir texto [8], esto es de gran utilidad ya que mediante esta herramienta se desarrolló el software de las pruebas de audiometría y habilidades motoras.

### **2.5 Hardware de la solución propuesta**

#### **2.5.1 Raspberry Pi**

Conocido como un computador de placa reducida, y de bajo costo, que permite mejorar la enseñanza de ciencias computacionales en las instituciones educativas. [9]. Es el eje central de nuestra propuesta el cual

se encarga de procesar la información ingresadas por las personas evaluadas así como interconectarse con los demás módulos.

### **2.5.2 Arduino**

Consiste en una placa de hardware libre y de pequeño tamaño, basada en microcontroladores, que posee entradas y salidas digitales, analógicas y para protocolos de comunicación [10].

### **2.5.3 Puente H**

Un Puente en H es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, estos pueden encontrarse como circuitos integrados, pero también pueden construirse a partir de componentes separados, es decir con 4 interruptores según la configuración dada, por ejemplo cuando el primer y último interruptor estén encendidos giraran en un sentido, ocurriendo lo contrario cuando los 2 interruptores de en medio estén encendidos y los anteriores apagados. [11].

### **2.5.4 Motor paso a paso**

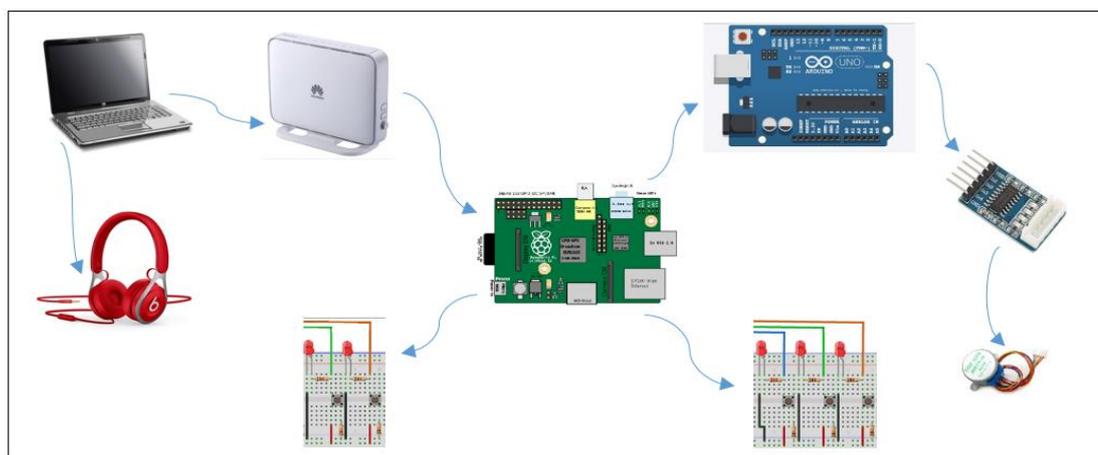
Es un motor que se encarga de controlar y manejar sus posiciones mediante indicaciones de izquierda a derecha y viceversa según secuencias establecidos. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un conversor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas digitales [12].

## CAPÍTULO 3

### 3. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA ELEGIDA.

Una vez obtenidos los conocimientos del capítulo anterior la idea de este nuevo capítulo es describir el proceso de implementación y funcionamiento de nuestra solución la cual podemos observar en la Figura 3.1.

Es aquí donde la aplicación empieza a tomar forma, quedando en evidencia la importancia de tener un sistema automatizado y modular para este tipo de instituciones ya que ahorran costos y puede ser desarrollado por colaboradores universitarios.



**Figura 3.1: Diseño Implementado.**

#### 3.1 Ejecución de la propuesta

Diseñar formularios web para el ingreso de información con Python y el framework Django. Se elaborará una plataforma web que muestre los formularios de manera digital los campos requeridos deberán ser llenados por el evaluador y los campos automáticos se obtendrán de los distintos módulos de nuestra solución. Los formularios por llenar son relacionados a:

- **HABILIDADES BÁSICAS:** Motricidad fina, motricidad gruesa, sensopersección, esquema corporal, orientación espacial, orientación temporal
- **ÁREA SOCIAL:** Independencia personal, conducta social, conducta sexual, aprendizaje de habilidades sociales, independencia

- ANAMNESIS DEL LENGUAJE: Datos personales, historia familiar, antecedentes generales, desarrollo general del niño.

Diseñar módulos electrónicos que ayuden a la evaluación de discapacidades auditivas y motoras, esto con Arduino, Raspberry Pi y electrónica básica, con lo cual se implementarán los módulos que evalúen las habilidades motoras del evaluado, así como las habilidades auditivas. Por motivo de tiempo no se implementarán módulos para la evaluación de discapacidades visuales, pero queda abierto para futuros pasantes o proyectistas que quieran ayudar a la mejora de la institución. Este desarrollo será modular y se usaran lenguajes como C, Linux script y Python.

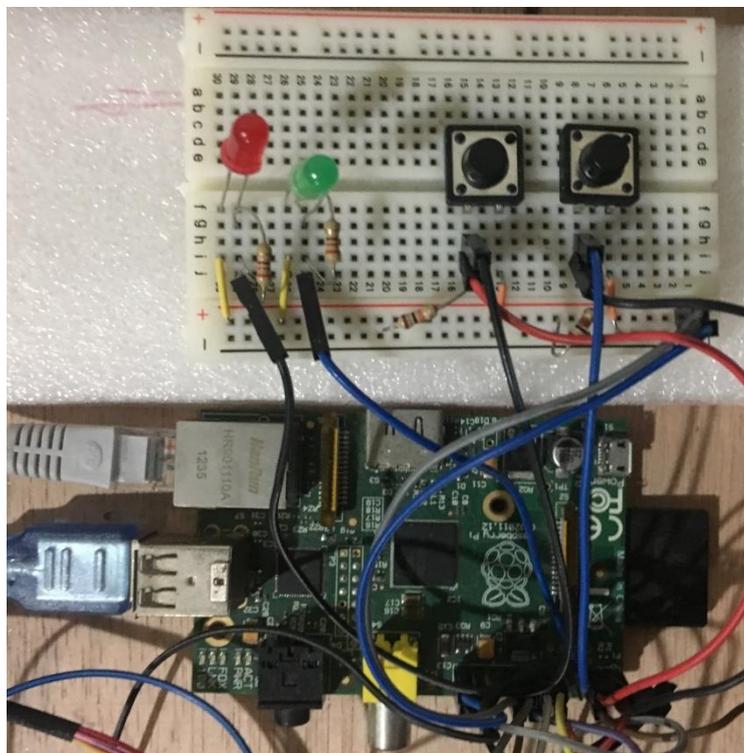
Diseñar una base de datos que guarde la información de los usuarios con discapacidades y sus resultados de las pruebas, la cual será implementada con SQL y guardará todos los formularios, así como el usuario al cual pertenece para una fácil visualización de la información. Como trabajo a futuro se puede crear una base de datos de respaldo la cual este en otro lugar lejos del módulo principal, pero por factor tiempo esto no será implementado en nuestra solución.

### **3.2 Desarrollo de módulo de discapacidad auditiva**

Esta sección trata acerca del desarrollo del módulo para realizar la prueba de audición el cual se desarrolla entre la Raspberry Pi y el computador con Linux debido a que el sistema operativo de la Raspberry Pi actualmente solo reconoce salida de audio mono estéreo. Por este motivo se decidió implementar la lógica del negocio y las entradas en la Raspberry, mientras que las salidas de audio las entregara nuestro ordenador.

Funcionamiento.- El código realizado genera un barrido de sonidos en el rango de frecuencias audible en cada una de las frecuencias se genera un lazo que reduce decibeles de manera aleatoria en el oído derecho y en el oído izquierdo. Mientras el usuario va escuchando estos sonidos deberá retro alimentar al programa presionando uno de los dos botones que representan que ha escuchado un sonido en el oído derecho o en el oído izquierdo. Al final de esto se recopilan pares

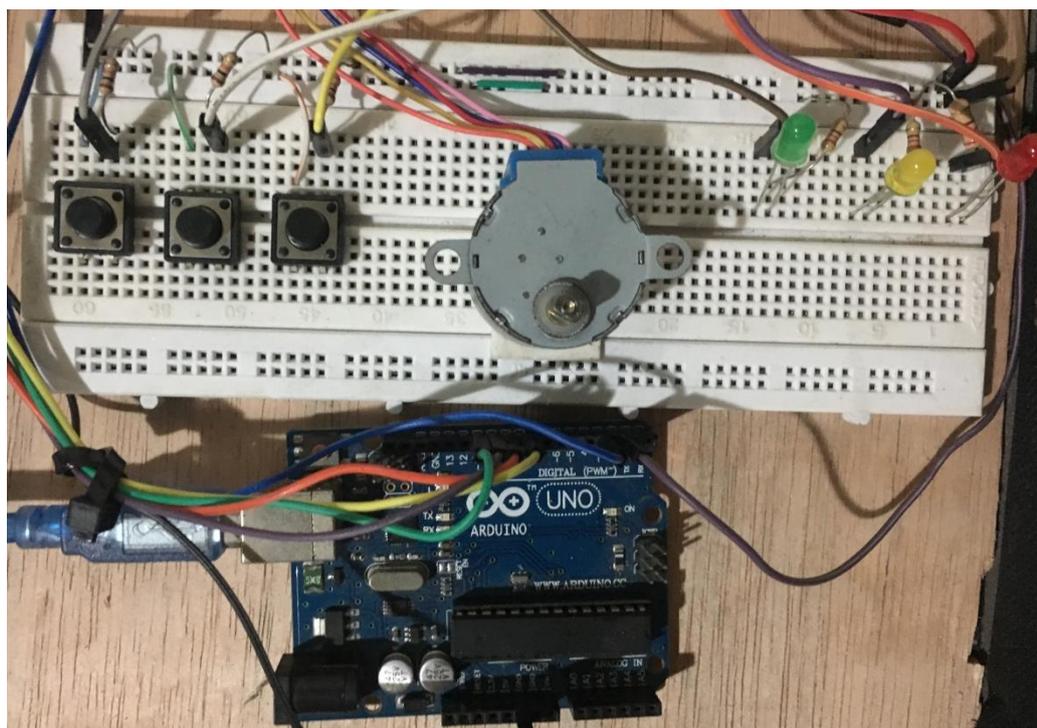
ordenados de frecuencias y decibelios que ha escuchado el usuario sabiendo esto podremos generar un porcentaje de discapacidad auditiva. Este módulo lo podemos observar en la Figura 3.2.



**Figura 3.2: Modulo Auditivo.**

### **3.3 Desarrollo del módulo de discapacidad motora.**

Esta sección es donde se entenderá cómo funciona el módulo que se encarga de obtener el porcentaje de discapacidad motora. Este módulo reparte su funcionamiento entre la Raspberry Pi y nuestra tarjeta Arduino. Raspberry funciona enviando un par de señales digitales que le indica al motor en qué sentido girar, mientras que el módulo Arduino genera una secuencia que hace girar al motor con una velocidad fija la cual ha sido configurada en su código. Luego de que el Raspberry hace girar nuestro motor inicia a encender leds de manera aleatoria, los cuales tienen un pulsador como pareja el cual el usuario deberá aplastar de manera inmediata al encenderse el led para evaluar su capacidad motriz y refleja. El usuario tendrá un número  $x$  de errores permitidos y a partir de cada error el código reducirá porcentualmente su capacidad motora. El cual lo vemos implementado en la Figura 3.3.



**Figura 3.3: Modulo Motriz.**

### 3.4 Desarrollo de aplicativo web

La aplicación web está desarrollada en una plataforma libre Python, a través de un Framework web, Django es el Framework más reconocido y con más documentación de soporte para desarrollar aplicaciones web con MVC (modelo vista controlador), además dentro de este Framework se usaron librerías para cumplir con las exigencias del proyecto, estas librerías son:

- Django crispy forms.
- Django admin view permission.
- Reportlab.

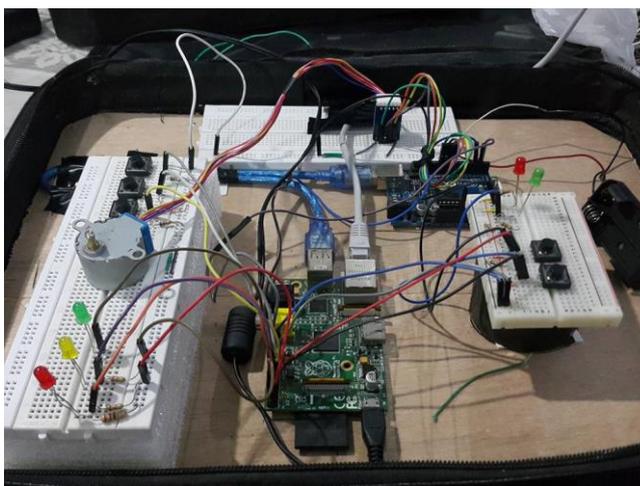
La aplicación se ha desarrollado heredando el admin site de Django, al cual se le han agregado funcionalidades. Dentro del desarrollo de la aplicación se definieron 4 clases básicas Pacientes, y una clase para cada formulario: anamnesis del lenguaje, área social, habilidades básicas.

El propio Framework permite la opción de crear grupos de usuarios con permisos que permiten acceder a una u otra característica.

Los grupos de usuarios son administrador, evaluador, paciente y visitante cada uno con funciones específicas dentro de la aplicación. Otra de las características que permitió el uso de esta plataforma y framework de trabajo es que, una vez definidos los modelos, el framework genera una pantalla para el ingreso de credenciales a la aplicación y un modelo de base de datos según la configuración provista.

### 3.5 Interconexión de módulos

Se puede observar en la Figura 3.1 nuestro sistema tiene como su controlador central a la Raspberry Pi esta envía las señales mediante sus pines al Arduino el cual mediante el código programado hace girar el motor. Nuestra Raspberry se encarga de recibir las respuestas que ingresan los usuarios mientras las botoneras y también de encender los Leeds. Raspberry mediante conexión de red se conecta a nuestra laptop de la cual recibe los datos de la aplicación de control desarrollada quien le indica que test ejecutar. En nuestra laptop funciona la página web y contiene los distintos sonidos que reproducirá cuando Raspberry indique. Nuestro motor está conectado al puente h y el puente h recibe las señales desde nuestro Arduino de esta forma nuestra conexión es funcional y nos permite un nivel de escalabilidad a futuro. En la Figura 3.4 podemos observar cómo se encuentra conectado el sistema.



**Figura 3.4: Interconexiones.**

## CAPÍTULO 4

### 4. RESULTADOS DE LA SOLUCION PROPUESTA.

Las condiciones en las que se realizó esta propuesta son cruciales para determinar el alcance y el impacto de esta solución en el medio. Es importante valorar el esfuerzo realizado y el tiempo de implementación que nos tomó desarrollarla. Es aquí donde se reconocerá la utilidad y necesidad de nuestra propuesta. A pesar de esto, se debe entender que así como funciona en esta institución, deberá funcionar para otras diferentes. Esto es imprescindible para nuestra propuesta ya que los formularios usados son estandarizados y usados en Ecuador o en cualquier parte del mundo. Además que a comparación con cualquier otra solución la nuestra es económicamente viable y modular lo cual me permite estar en constante evolución.

Así mismo deberemos plantear otros módulos que mejoren el sistema actual, lo que resultará en una solución más completa que será de gran ayuda y aporte para el manejo de la información de este tipo de instituciones de ayuda comunitaria. La

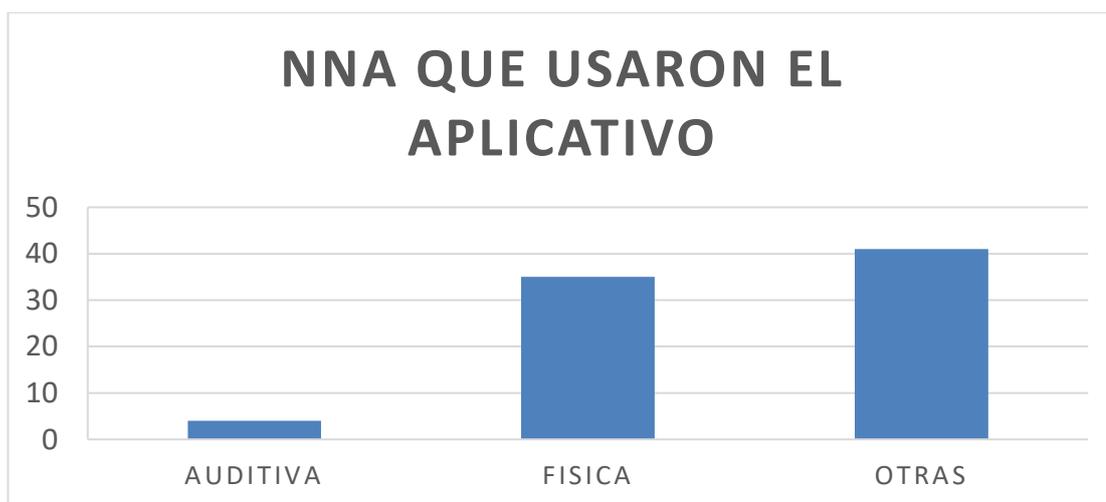


solución implementada la podemos observar en la Figura 4.1.

**Figura 4.1: Solución propuesta.**

#### 4.1 Puesta en marcha del sistema propuesto

Una vez desarrollada la solución, se procedió a la instalación y puesta en marcha en HILARTE. Esta institución nos abrió las puertas para demostrar que nuestra propuesta es viable y cubre una necesidad en este tipo de instituciones. Los formularios se realizaron a 80 personas con discapacidad, de las cuales 36 tenían discapacidad motora y 4 discapacidad auditiva como podemos ver en la Figura 4.2.



**Figura 4.2: Número de personas con discapacidad que usaron la plataforma web.**

##### 4.1.1 Resultados a nivel de software

El uso de la plataforma web: Antes del uso de la plataforma, esta información era llenada a mano, con letra que no siempre se entendía, o que no siempre era la misma, además de los accidentes (ejemplo: cuando se riega algún líquido sobre el papel) que ocurrían cuando se llenaban las hojas. Ahora, ya con la plataforma web en funcionamiento, la adaptación al manejo del software fue rápida, ya que se trató de hacer una interfaz amigable para el evaluador. Este se encargó de: terminar de ingresar la información (que en su momento nosotros nos habíamos encargado de ingresar a modo de ejemplos) para que ellos vean el uso de las herramientas de la plataforma web con los datos que tenían en carpetas. Además fueron cargados en el sistema los archivos en formato PDF que previamente fueron escaneados (de las pruebas en papel), para poder contrastar la información ingresada por el usuario al sistema y la información que se receipto en las hojas en tiempo atrás.

Luego se procedió al ingreso de nueva información en el sistema con los datos de las personas nuevas. Las cuales se unieron a la institución desde el mes de agosto. Se empezaron a realizar las pruebas con los equipos al momento de receptor la información de las personas que recién ingresan a la institución.

Una de las cosas que más agradó del sistema es que si no se encontraba el evaluador otra persona podría continuar con las entrevistas, esto se debe a que, a diferencia del papel que tenía que ser llenado con la misma letra que se empezó la entrevista, pero con el sistema no. La generación de reportes la consulta se hace más fácil, no solo para el evaluador, sino también para las personas que trabajan en la institución; como profesores o terapeutas, porque con estos reportes pueden ver el estado con el que la persona ingresó a la institución y saber qué áreas deben tratar y como saber sobrellevar el comportamiento de la persona.

Otro de los puntos a favor que hay que resaltar del sistema es que esta información puede hacerse llegar a los padres de familia o a otras instituciones (si desean cambiarlos de la misma) o a médicos ya que les puede ayudar con un tratamiento (dadas las observaciones que tiene el personal al pasar el día a día con los alumnos).

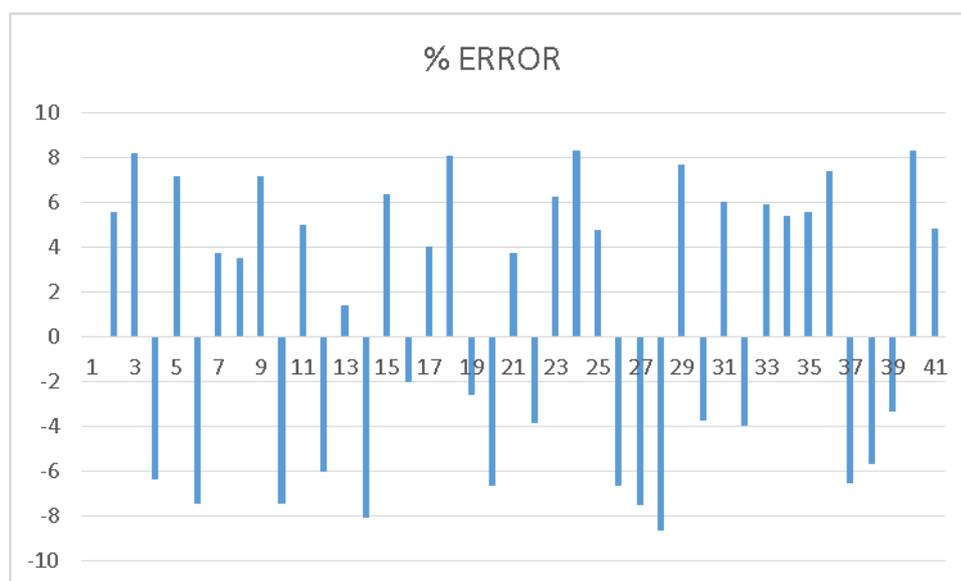
#### **4.1.2 Resultados a nivel de hardware**

El uso de los equipos: en vista que no solo iba a ser usado por el evaluador sino también por las personas con discapacidad, se tornó novedoso y a la vez extraño, sobre todo para el evaluado, ya que hay que tomar en cuenta que la institución además de ayudar a personas con discapacidad va más allá y se enfoca en ayudar a personas con discapacidad y de escasos recursos económicos (lo cual implica que muchas de las personas nunca han estado en contacto con este tipo de tecnología).

Prueba de audiometría (Raspberry Pi): la primera prueba resultó de mucha ayuda, ya que para niños que se sabía que tenían discapacidad auditiva (porque se comunican a gritos, síntoma que su audición no está bien), pero no sabían su grado de discapacidad, ya que no tenían ningún tipo de audiometría por el costo que esta representa, después de varios intentos (hasta que el niño se acople a la mecánica del sistema) se pudo tener una gráfica que pudo ser comparada con una audiometría de una persona sin “discapacidad auditiva” con lo cual se pudo dar un aproximado de su discapacidad (contrastando un oído normal y uno con problemas), en otra prueba con un niño, el cual ya tenía una audiometría hecha hace unos meses atrás, nos dio un resultado aceptable en comparación a la evaluación médica que dio el otorrino en su prueba anterior, con esto llegamos a la conclusión que si se vio la semejanza a su anterior examen de audición, lo cual es bueno porque así vemos la semejanza de nuestra prueba a una realizada por un médico especialista.

Prueba de motricidad fina (Arduino uno): esta prueba muestra instrucciones que el usuario debe seguir, él debe presionar un botón con un lapicero a través de un disco giratorio según como vaya indicando el software, esta prueba ayuda a saber la coordinación mano-ojo que tiene el niño al ingreso a la institución, se detalla su progreso a medida vaya realizando las terapias, para aprobar con éxito esta sección se debe tener un porcentaje mayor al 50% de acierto, al momento de realizar las pruebas se las hizo con niños con graves problemas de coordinación lo cual dio un error “esperado” que con el pasar del tiempo se espera que, al momento de realizar la prueba nuevamente (después de un tiempo que estime el profesor o el evaluador) se verá el progreso que ha tenido el niño con el pasar del tiempo y el efecto que han tenido las terapias en él.

Los porcentajes de discapacidad obtenidos de las pruebas tienen un error que se encuentra entre +8 y -8 en comparación con los valores fijados en el carnet de discapacidad como podemos observar en la Figura 4.3.



**Figura 4.3: Porcentaje de error entre aciertos y fallos de las pruebas realizadas**

#### **4.2 Observaciones de la propuesta implementada y funcionando**

Cabe recalcar que ninguno de las dos pruebas anteriores se realizaba en la institución, lo cual le da un valor agregado a la misma, ya que con esto, no tiene que derivar (como se lo hacía antes) a instituciones que si realicen estas pruebas, con lo que se perdían fondos para la institución.

Una vez instalada la solución se procedió: con la debida inducción del uso de la plataforma web y sus módulos. Se presentaron algunos detalles que hay que tomar en cuenta para futuras actualizaciones del sistema: en cuanto a la plataforma se presentaron observaciones al momento del ingreso de la información, ya que con referencia a los entrevistados no tenían datos completos, con lo que con preguntas objetivas no habían opciones suficientes que indiquen lo que expresaban los entrevistados, por lo que se añadió una sección de comentarios para añadir estos extras.

En cuanto a los módulos de motricidad fina y audición los prototipos en un principio resultaban delicados ya que por cómo estaban diseñados los botones no eran cómodos ya que eran pequeños, estos fueron reemplazados con unos que se

adaptaban a la necesidad, además de que hay que tomar en cuenta que la mayoría de evaluados son personas con discapacidad (ya sea síndrome de Down o algún otro), los cuales les resultaba un tanto complejo el manejo de las botoneras, porque su coordinación no es la ideal, en cuanto a las pruebas de audición, el problema se dio a que a los niños se les hacía raro usar audífonos pequeños (necesarios para escuchar los audios en cada oído) pero se solucionó al usar audífonos de diadema, además se mejoró el tiempo de reproducción del audio y la respuesta que tiene el niño cuando se lo está evaluando, ya que resultaba muy largo pero a medida que se iba probando. Se llegó a los tiempos cómodos que a la larga nos dieron una prueba muy similar a una audiometría profesional.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se elaboró una plataforma WEB que permite visualizar, editar y guardar formularios de evaluación de discapacidades que permitió manejar una información más organizada para optimizar las consultas sobre los antecedentes de personas con discapacidad que son parte del estudiantado de la Institución.

Fueron implementados módulos de audición y motricidad fina, los cuales ayudaron en con éxito a medir el grado de estas discapacidades. Anteriormente, al no existir estos módulos que permitían evaluar discapacidades, se derivaban a los estudiantes a otros centros, lo cual no permitía competir por fondos económicos para tener a disposición tratamientos y personal especializado para atender o capacitar a estudiantes con las discapacidades mencionadas.

Se implementó con éxito el sistema en la institución, lo cual conllevó a que el manejo de la información en digital permita una rápida consulta con facilidad, como por ejemplo, para determinar tratamientos que deben aplicarse a los estudiantes, entendiéndose por estos como los usuarios del sistema.

Se recomienda implementar un test para evaluar discapacidades intelectuales y visuales, así como también implementar una aplicación móvil para optimizar la atención integral con el fin de llegar a sectores de mayor vulnerabilidad en cuanto a población con discapacidades.

Por otro lado, hay que considerar que se trabaja con personas que a más de discapacidad, son de escasos recursos socioeconómicos, y que a lo mejor nunca han trabajado con módulos electrónicos como los que se están ofreciendo como solución, por lo cual un entrenamiento o inducción debe ser realizado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Ministerio de Inclusión Económica y Social,» [En línea]. Available: <http://www.inclusion.gob.ec/servicios-mies-para-personas-con-discapacidad/>. [Último acceso: 1 Junio 2017].
- [2] G. N. d. I. R. d. Ecuador, «Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades,» [En línea]. Available: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>. [Último acceso: 17 Junio 2017].
- [3] «Ciencia Popular,» 17 Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://www.cienciapopular.com/ciencia/sonido-y-audicion>. [Último acceso: 18 Junio 2017].
- [4] «Audix,» [En línea]. Available: [http://www.audix.cl/hrf\\_faq/que-rango-de-sonidos-son-aceptables-para-el-oido-humano/](http://www.audix.cl/hrf_faq/que-rango-de-sonidos-son-aceptables-para-el-oido-humano/). [Último acceso: 18 Junio 2017].
- [5] «Python,» [En línea]. Available: <https://www.python.org/>. [Último acceso: 24 Junio 2017].
- [6] «codeeval,» [En línea]. Available: <https://www.codeeval.com/>. [Último acceso: 1 Julio 2017].
- [7] «Django,» [En línea]. Available: <https://www.djangoproject.com/>. [Último acceso: 3 Julio 2017].
- [8] «Shell Scripting,» [En línea]. Available: <https://www.shellscript.sh/>. [Último acceso: 10 Julio 2017].
- [9] [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/>. [Último acceso: 11 Julio 2017].
- [10] Arduino, «Arduino,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/>. [Último acceso: 2017 Junio 7].

- [11] N. Muñoz-Galeano, J. B. Cano-Quintero y J. M. López-Lezama, «Enseñando el Funcionamiento de los Inversores Puente H:», *Formación Universitaria*, vol. 9, nº 1, pp. 117-124 , 2016.
- [12] «Robots,» [En línea]. Available: [http://robots-argentina.com.ar/MotorPP\\_basico.htm](http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm). [Último acceso: 20 Julio 2017].