



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

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, REDES Y  
COMUNICACIÓN DE DATOS**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE DATOS**

**AUTORES: GUERRERO TAMAYO PATRICIO JOSHUA  
RODRÍGUEZ CESÉN FABRICIO EDUARDO**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ  
MULTITÁCTIL PARA EL USO EN APLICACIONES INTERACTIVAS  
DESARROLLADAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES  
DIFERENTES”**

**DIRECTOR: ING. SÁENZ, FABIÁN.**

**CODIRECTOR: ING. ROMERO, CARLOS.**

**SANGOLQUÍ, ENERO 2015**

**“UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE”**

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE DATOS

**CERTIFICADO**

Ing. Fabián Sáenz

Ing. Carlos Romero

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “diseño e implementación de una interfaz multitáctil para el uso en aplicaciones interactivas desarrolladas para personas con capacidades diferentes”, realizado por Patricio Joshua Guerrero Tamayo y Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto, el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Patricio Joshua Guerrero Tamayo y Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén que lo entreguen al Doctor Nikolai Espinosa, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Sangolquí, 30 de enero de 2015

---

Ing. Fabián Sáenz

DIRECTOR

---

Ing. Carlos Romero

CODIRECTOR

**“UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE”**

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE DATOS

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Patricio Joshua Guerrero Tamayo

Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén

### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ MULTITÁCTIL PARA EL USO EN APLICACIONES INTERACTIVAS DESARROLLADAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES DIFERENTES”**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 30 de enero de 2015

---

Patricio Joshua Guerrero Tamayo

---

Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén

**“UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE”**

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, REDES Y COMUNICACIÓN DE DATOS

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, Patricio Joshua Guerrero Tamayo y Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ MULTITÁCTIL PARA EL USO EN APLICACIONES INTERACTIVAS DESARROLLADAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES DIFERENTES”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 30 de enero de 2015

---

Patricio Joshua Guerrero Tamayo

---

Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén

## DEDICATORIA

*A mis padres por guiarme siempre por el mejor camino, por hacer el esfuerzo de darme siempre lo que he necesitado, sus consejos y por soportar muchas veces mi carácter malgenio*

**Patricio Joshua Guerrero Tamayo**

*Dedico esta tesis a todos aquellos que me apoyaron durante este proceso.*

**Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén**

## **AGRADECIMIENTO**

*A DIOS por ponerme pruebas en la vida, que siempre ha sido para bien.*

*A mi familia, amigos quienes siempre han sido mi apoyo, mi fuerza; quienes siempre confiaron y creyeron en mí.*

**Patricio Joshua Guerrero Tamayo**

*Un agradecimiento especial a todas las personas que formaron parte de esta etapa en mi formación.*

**Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén**

## Contenido

CERTIFICADO.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Justificación e Importancia .....	1
1.2. Alcance del Proyecto.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.4. Fundamento teórico.....	4
CAPÍTULO 2.....	22
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
2.1. Diseño de Pantalla Multitáctil.....	22
2.2. Software de Desarrollo .....	30
2.3. Hardware.....	36
2.4. Metodología Empleada.....	41
CAPÍTULO 3.....	43
3. CONSTRUCCIÓN PANTALLA MULTITÁCTIL.....	43
3.1. Desarrollo Interfaz Gráfica.....	65
3.2. Desarrollo Aplicaciones .....	67
CAPÍTULO 4.....	76
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	76
4.1. Análisis de funcionabilidad de Pantalla Multitáctil diseñada .....	76
4.2. Análisis de Interfaz Desarrollada .....	76

4.3. Análisis de Aplicaciones Desarrolladas .....	82
4.4. Comparación del Desempeño de Pantalla Multitáctil construida con Pantallas Multitáctiles presentes en el mercado actual. ....	90
4.5. Planteamiento de Acciones correctivas y mejoras futuras .....	92
CAPÍTULO 5.....	93
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	93
5.1. Conclusiones.....	93
5.2. Recomendaciones.....	94
BIBLIOGRAFÍA.....	95

## Índice de Figuras

Figura 1.1 Pantallas Capacitivas.....	6
Figura 1.2 Pantalla Resistiva .....	7
Figura 2.1 FTIR.....	24
Figura 2.2 Luz frustrada por usuario .....	25
Figura 2.3 DID.....	26
Figura 2.4 Cambio de Iluminación por Difusión Posterior .....	26
Figura 2.5 Cambio de Iluminación por Difusión Frontal .....	27
Figura 2.6 DSI.....	28
Figura 2.7 LLP .....	29
Figura 2.8 Bloques.....	30
Figura 2.9 Reactivision .....	31
Figura 2.10 Touchlib .....	32
Figura 2.11 Pantalla de configuración CCV .....	33
Figura 2.12 Cámara Web sin modificación .....	40
Figura 2.13 Filtro infrarrojo.....	40
Figura 2.14 Extracción del filtro.....	41
Figura 3.1 FTIR.....	43
Figura 3.2 Distribución de panel táctil .....	44
Figura 3.3 Preparación de Marco de aluminio .....	45
Figura 3.4 Marco de aluminio finalizado .....	46
Figura 3.5 Marco de Aluminio con Leds infrarrojos.....	47
Figura 3.6 Vista interior de marco de aluminio con leds .....	48
Figura 3.7 Conexión de Leds infrarrojos .....	49
Figura 3.8 Conexión Leds Infrarrojos con estaño .....	50
Figura 3.9 Marco terminado con Leds infrarrojos soldados .....	51

Figura 3.10 Sellado con Silicona.....	52
Figura 3.11 Sellado con Silicona terminado.....	53
Figura 3.12 Conexión de arreglo de Leds a fuente DC.....	54
Figura 3.13 Pantalla terminada .....	55
Figura 3.14 Posibles filtraciones de luz en el marco .....	56
Figura 3.15 Pantalla en marco de madera.....	56
Figura 3.16 Sellado con silicona .....	57
Figura 3.17 Sellado completo del marco.....	58
Figura 3.18 Mesa completa .....	59
Figura 3.19 Posición del proyector.....	60
Figura 3.20 Posición de espejo y cámara web.....	61
Figura 3.21 Forro de papel sobre madera .....	62
Figura 3.22 Panel forrado con papel.....	63
Figura 3.23 Marco de madera forrado .....	63
Figura 3.24 Mesa totalmente forrada .....	64
Figura 3.25 Applet Viewer de java .....	65
Figura 3.26 Configuración CCV .....	66
Figura 3.27 Imagen mostrada en CCV .....	66
Figura 3.28 Configuración CCV .....	67
Figura 3.29 Imagen mostrada en CCV .....	67
Figura 3.30 Aplicación Desarrollada .....	68
Figura 3.31 Movimientos en la aplicación .....	69
Figura 3.32 Rastreo en la aplicación .....	69
Figura 3.33 Procesamiento de datos en Java.....	70
Figura 3.34 Teclado en pantalla.....	73
Figura 3.35 Gestos en pantalla.....	74

Figura 3.36 Integración con Interfaz gráfica.....	75
Figura 4.1 ISO 9126.....	77
Figura 4.2 Gráfica de resultados de Test de Usuario.....	89
Figura 4.3 Gráfica de comparación entre: pantallas comerciales, y desarrollada .....	91

## Índice de Tablas

Tabla 1 Características del niño con síndrome de Down.....	16
Tabla 2 Ventajas y Desventajas Cámaras infrarrojas con detectores criogenizados .....	38
Tabla 3 Ventajas y Desventajas de Cámaras Infrarrojas con Detectores al Ambiente .....	38
Tabla 4 Ventajas y Desventajas de Cámaras Infrarrojas Activas.....	39
Tabla 5 Ventajas y Desventajas de Cámaras Infrarrojas Pasivas.....	39
Tabla 6 ISO 9126.....	78
Tabla 7 Resultado test Interfaz .....	79
Tabla 8 Test Interfaz, puntos a mejorar .....	80
Tabla 9 Resultado test Aplicacion.....	83
Tabla 10 Test Aplicación, Puntos a mejorar .....	84
Tabla 11 Test 1 Usuario.....	87
Tabla 12 Test 2 Usuario.....	88
Tabla 13 Test 3 Usuario.....	88

## RESUMEN

Este proyecto se enfoca en el diseño y la implementación de una pantalla multitáctil para el uso de aplicaciones desarrolladas para personas con capacidades especiales. Actualmente hay diferentes tecnologías que permiten la construcción de un sistema multitáctil estable, por ejemplo: los Dispositivos capacitivos, son durables y resistentes, tienen una respuesta rápida y claridad óptica (brillantes), los Dispositivos resistivos, son de bajo costo, se activan con cualquier objeto por presión y son menos claras, los Dispositivos de ondas acústicas son durables tienen claridad óptica máxima, son activadas con los dedos, guantes u objetos suaves y son de alto costo y los Dispositivos basados en láser o basados en técnicas ópticas y visión por computador que consisten en utilizar un sensor óptico (habitualmente una cámara), fuentes de luz infrarroja y un feedback visual con LCD o proyectores. Este proyecto muestra las diferentes técnicas de pantallas multitáctiles basadas en técnicas ópticas, de las cuales se propuso como objetivo trabajar con el método de FTIR. Además, hoy en día existen muchas empresas que ofrecen plataformas tecnológicas para el desarrollo de aplicaciones multitáctiles en diferentes dispositivos electrónicos. Por lo que con este proyecto se pretende hacer uso de estas plataformas.

### **PALABRAS CLAVES:**

**MULTITÁCTIL**

**TUJO**

**PANTALLA DE BAJO COSTO**

**APLICACIONES INCLUYENTES**

**FTTIR**

## **ABSTRACT**

This project focuses on the design and implementation of a multitouch screen to be used to the development of inclusive applications. Currently, there are different technologies that allow the construction of a multitouch system, for example, capacitive devices are durable and resistant, have a fast response and optical clarity (bright), the resistive devices are low cost, are activated by any object pressure and are less clear, the acoustic wave devices are durable with high optical clarity, are activated with fingers, gloves or soft objects and are costly and devices based on laser and optics based techniques with computer vision consisting in using an optical sensor (usually a camera), infrared light sources and visual projector or LCD projectors. This project shows the different techniques of multitouch screens, based on optical techniques; this project was proposed to work with FTIR method. Moreover, today there are many companies offering technology for developing multitouch applications on different electronic devices platforms. With this project, the use of these platforms is pretended.

### **KEYWORDS:**

**MILTITOUCH**

**TUIO**

**LOW COST SCREEN**

**INCLUSIVE APPLICATIONS**

**FTTIR**

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Justificación e Importancia

Con el fin investigar y desarrollar software-hardware, pretendemos dejar a un lado interfaces convencionales como el teclado o el mouse, para cambiar la manera en que se interactúa con un computador, con el fin de desarrollar un instrumento que ayude a las personas con síndrome de Down.

Según la OMS, mil millones de personas viven en el mundo con alguna discapacidad física, psíquica o sensorial que dificulta su desarrollo personal y su integración social, educativa o laboral (Sminkey, 2011). Dentro de esto, la incidencia estimada de síndrome de Down es 1 de cada 1,100 nacimientos vivos en todo el mundo, cada año de 3,000 a 5,000 niños nacen con ese trastorno cromosómico (Animal Político, 2013).

Uno de los objetivos de El Plan Nacional del Buen Vivir es, “Mejorar las capacidades y potencialidades de la ciudadanía” y cómo políticas para cumplirlo, “Promover el acceso a la información y a las nuevas tecnologías de la información y comunicación para incorporar a la población a la sociedad de la información y fortalecer el ejercicio de la ciudadanía” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2009).

La tecnología de las pantallas Multitáctiles puede ser usada para mejorar la interacción de las personas con discapacidades con las nuevas TICs

(Tecnologías de la Información y la Comunicación), de esta forma mejorar la calidad de vida de estas personas. Un inconveniente para la implementación de esta tecnología es su precio ya que dependiendo de su modelo, marca y características su precio se incrementa exponencialmente, por esta razón el presente proyecto es una iniciativa para el desarrollo de interfaces Multitáctiles a un bajo costo, y que brinden características similares a la interfaces existentes en el mercado.

Para cumplir con estas características, se ha tomado la idea de utilizar la tecnología basada en láser y en técnicas ópticas, ya que con estas técnicas se puede obtener una pantalla Multitáctil lo suficientemente grande con un menor precio.

## **1.2. Alcance del Proyecto**

Las interfaces Multitáctiles pueden ser usadas en muchos campos, ya que sus aplicaciones son muy versátiles, y pueden beneficiarse sectores como la medicina, educación, turismo, diseño gráfico, entre otras.

Este proyecto está enfocado a proponer, desarrollar, evaluar e implementar un conjunto de elementos gráficos para superficies Multitáctiles en apoyo a personas con discapacidades sensoriales, enfocándose en personas con síndrome de Down.

Para esto se va a diseñar y construir una pantalla Multitáctil utilizando materiales de bajo costo, se implementará una interfaz que controle la pantalla diseñada y aplicaciones utilizando programas Open Source, para promover la interacción y estimulación de las capacidades cognitivas que poseen las personas con síndrome de Down.

Con el desarrollo del presente proyecto, no queda limitado el desarrollo de aplicaciones para personas con síndrome de Down, puede ser escalable a otras discapacidades, ya que la pantalla Multitáctil es muy versátil para el uso de aplicaciones enfocadas en distintas áreas y necesidades.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. General

Diseñar e implementar una interfaz Multitáctil, para aplicaciones interactivas desarrolladas para personas con síndrome de Down, de esta forma se promueve el acceso a la información y a las nuevas tecnologías a las personas con síndrome de Down, siendo este un objetivo del Plan Nacional de Buen Vivir.

### 1.3.2. Específicos

- Estudiar y analizar las tecnologías actuales de pantallas Multitáctiles.
- Diseño de la pantalla Multitáctil.
- Implementar una pantalla Multitáctil de bajo costo.
- Estudiar las necesidades de accesibilidad requeridas por las personas con discapacidad, para interactuar con aplicaciones interactivas.
- Estudiar las capacidades cognitivas de personas con síndrome de Down.
- Estudiar las necesidades educativas de las personas con síndrome de Down.
- Investigar los diferentes tipos de software *Open Source* para el desarrollo de aplicaciones en pantallas Multitáctiles.
- Desarrollar aplicaciones enfocadas en personas con síndrome de Down.
- Evaluar el desempeño de la pantalla Multitáctil construida, su desempeño y accesibilidad para personas síndrome de Down.

## **1.4. Fundamento teórico**

### **1.4.1. Interfaces multitáctiles**

Las interfaces multitáctiles permiten interpretar los gestos de las personas, y transformarlos en métodos para el control de interfaces digitales. Esto se logra al traducir los movimientos realizados por el usuario, cómo el movimiento de los dedos sobre una superficies.

En los años 1965 a 1967, la primera pantalla táctil fue desarrollada por E.A Jhonson, el Británico desarrollo esta idea para ser usada en el control de tráfico aéreo, aunque no tuvo un gran desarrollo.

En los años 70, Sam Hurst creo un sensor táctil, llamado “Elograph”, este sensor desarrollado, fue patentado por la Universidad de Kentucky en la cual se realizó la investigación. El sensor táctil fue diseñado para examinar información de una manera más sencilla, este invento fue seleccionado como uno de los 100 más importantes productos tecnológicos de ese tiempo.

Sam Hurst fundó la empresa “Elographics” y continuó con el desarrollo de interfaces táctiles, en 1977 creó y patentó la primera pantalla resistiva táctil, esta tecnología ha sido usada dentro de muchos productos táctiles que actualmente se usan. Elographics junto con Siemens lograron diseñar la primera pantalla táctil curva.

En 1983 HP (Hewlett-Packard), lanzó al mercado comercial uno de los primero computadores con pantalla táctil, el HP-150. Tenía una pantalla táctil que trabaja con transmisores y receptores infrarrojos que se encontraban alrededor de una pantalla CRT Sony de 9 pulgadas, los sensores con los que estaba compuesta, eran capaces de detectaban la ubicación de cualquier objeto que se encuentre sobre la pantalla.

En 1993 Apple lanzó al mercado una PDA llamada Newton, que contaba con un lápiz para el reconocimiento. Esto se dio con el surgimiento de pantallas táctiles para dispositivos móviles en la industria. IBM lanzó a la par

al mercado, un dispositivo que ofrecía funcionalidades y capacidades de un teléfono “Smartphone”, con una interfaz únicamente táctil.

Esto dio el inicio al boom tecnológico en cuanto a pantallas táctiles se refiere, ya que en la actualidad todos los teléfonos “Smartphone” cuentan con una pantalla táctil como su principal característica. Lo que facilita la interacción con los dispositivos móviles, y brindando gran capacidad de accesibilidad e interacción a los seres humanos. (Bellis, 2011)

Existen dos tipos de pantallas táctiles que se han destacado por su aplicación en los dispositivos móviles las cuales son: Pantallas capacitivas y resistivas, el principio de funcionamiento de ambas es muy similar, ya que para detectar las pulsaciones en la pantalla, utilizan el cambio en la corriente eléctrica, la diferencia se encuentra en los componentes que forman parte de la pantalla y la forma en la que se realiza la interacción con el usuario.

### **Pantallas capacitivas**

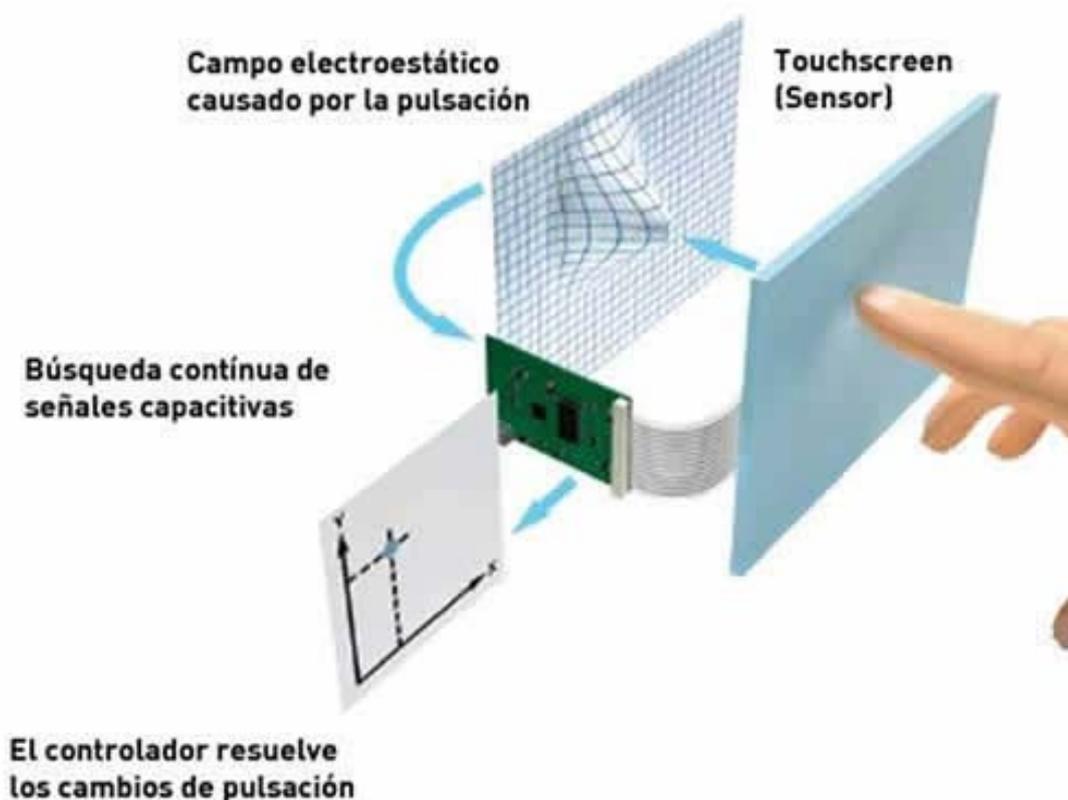
Las pantallas capacitivas por su tecnología permiten capacidades multitáctiles, pudiendo así reconocer gestos o pulsaciones que se realizan al mismo tiempo, permitiendo una mayor interacción por parte del usuario. Estas pantallas son capaces de reconocer gestos, sin que se ejerza una presión sobre la superficie, solo se necesita deslizar los dedos sobre esta, para poder interactuar con el dispositivo.

Con este tipo de pantallas, la experiencia que tiene el usuario es más natural, permitiéndole realizar acciones de una forma más rápida y eficaz.

Actualmente la mayoría de empresas móviles opta por este tipo de pantallas para sus dispositivos, siendo esta tecnología la más desarrollada actualmente.

Al tener contacto con la pantalla (sensor), el campo electroestático causado por la pulsación es detectado, ya que se tiene un sensor que contantemente está en la búsqueda de señales capacitivas, todo esta es analizado por un controlador, el cual resuelve los cambios en la pantalla. De

esta forma se obtiene la posición en la cual se realizó el gesto o se tuvo contacto con la pantalla.



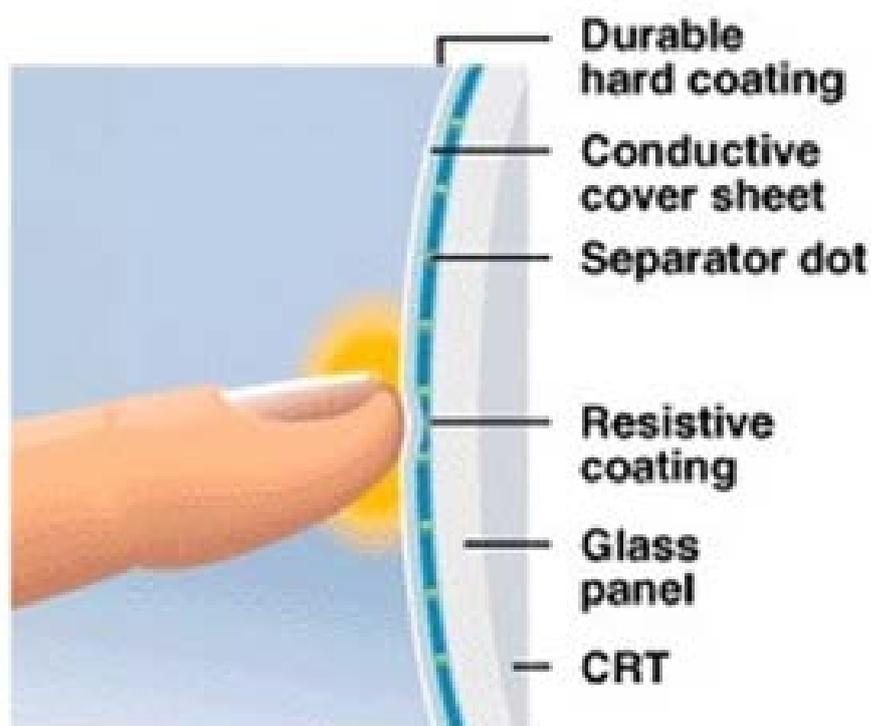
**Figura 1.1 Pantallas Capacitivas**

### **Pantallas resistivas**

Estas pantallas están diseñadas a partir de diferentes capas, de esta forma para identificar una pulsación sobre la pantalla, al presionar sobre esta, existen dos capas que entran en contacto, esto produce un cambio en la corriente lo cual permite detectar la pulsación.

Dentro de las ventajas sobre las pantallas resistivas, se encuentran: el costo de esta tecnología es menor, tienen una mejor resistencia al polvo o al agua. Uno de sus limitantes de da al tener varias capas, el brillo de la pantalla se reduce en un 25 por ciento aproximadamente.

La experiencia de usuario con este tipo de pantallas es diferente, ya que al tener que presionar con mayor fuerza o usar un objeto por intermedio el uso se hace menos intuitivo para la persona que usa la pantalla.



**Figura 1.2 Pantalla Resistiva**

Aparte de las pantallas capacitivas y resistivas, existen otros tipos de pantallas táctiles, las cuales han tenido un impacto menor, y no han llegado a comercializarse y popularizarse entre los dispositivos con capacidades táctiles, también se encuentran nuevas tecnologías que están empezando a ser desarrolladas. Dentro de ese grupo podemos encontrar Pantallas dispersivas, cuadrículas IR, sistemas ópticos, y sistemas acústicos.

### **Pantallas Dispersivas**

Están basadas en la piezoelectricidad que se genera al tocar la pantalla. Cuando dos objetos entran en contacto, el golpe genera electricidad, esto es

usado para detectar el lugar en el cual se generó esa onda eléctrica, de esta forma, al generar un golpe en una superficie (pantalla) se puede detectar el lugar de la interacción.

Una de las ventajas que tiene esta tecnología frente a las tecnologías capacitivas y resistivas, es que no es necesario contar con capas sobre la pantalla para detectar las interacciones del usuario, por lo cual la imagen que se presenta en la pantalla tiene una menor distorsión en la calidad de la imagen.

### **Pantallas con cuadrícula IR**

Esta fue una de las primeras tecnologías táctiles desarrolladas. Usa una matriz de LEDs infrarrojos que se encuentran en un marco extremo, constan de receptores y transmisores infrarrojos. Cuando un objeto obstruye la luz infrarroja en dirección del receptor, se toma como un evento táctil. La desventaja que tiene este tipo de tecnología es que su poca sensibilidad y la frecuencia con la que eventos externos afectan su desempeño.

### **Pantallas con sistemas ópticos**

En la actualidad existen pocas implementaciones comerciales de esta tecnología, aunque por su bajo costo y versatilidad está creciendo en popularidad. Esta tecnología usa cámaras infrarrojas para detectar la ubicación de los objetos.

### **Pantallas con sistemas acústicos**

La base de esta tecnología es muy similar al de las pantallas dispersivas, la diferencia es que esta tecnología al generarse un golpe entre dos objetos toma como referencia el sonido que se produce en la superficie por el impacto. Uno de los mayores inconvenientes con esta tecnología es el problema para diferenciar los diferentes sonidos generados por los objetos, además que el polvo u otros eventos externos pueden modificar su funcionamiento.

### **1.4.2. Accesibilidad**

La accesibilidad es el grado en el cual todas las personas, sin importar sus capacidades físicas, técnicas, cognitivas o físicas, pueden acceder a un servicio, usar un objeto o acceder a un lugar. Es una condición necesaria, de esta manera todas las personas, sin importar sus posibles limitaciones puedan participar por igual.

Se han definido varias normativas que aseguran el acceso igualitario a todas las personas. La convención sobre los derechos de las personas con discapacidad pretende: “Promover, proteger y asegurar el goce pleno y en condición de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales por todas las personas con discapacidad, y promover el respeto de su dignidad inherente.”

Las personas con discapacidad engloba a todas las personas que tengan alguna deficiencia: física, mental, intelectual o sensorial a largo plazo, que al presentarse alguna barrera, esta impida su participación plena y efectiva en la sociedad.

Los principios de la convención son:

- El respeto de la dignidad inherente, la autonomía individual, incluida la libertad de tomar las propias decisiones, y la independencia de las personas.
- La no discriminación.
- La participación e inclusión plenas y efectivas en la sociedad.
- El respeto por la diferencia y la aceptación de las personas con discapacidad como parte de la diversidad y la condición humanas.
- La igualdad de oportunidades.
- La accesibilidad.
- La igualdad entre el hombre y la mujer.
- El respeto a la evolución de las facultades de los niños y las niñas con discapacidad y de su derecho a preservar su identidad.

De forma que las personas con discapacidad puedan participar plenamente en todos los aspectos de la vida, la Convención ha definido varias medidas pertinentes que aseguran el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con los demás, al entorno físico, transporte, información y comunicaciones, incluyéndose los sistemas y tecnologías de la información y las comunicaciones, y a servicios e instalaciones abiertas al público.

Los Estados también deben adoptar medidas para:

- Desarrollar, promulgar y supervisar la aplicación de normas mínimas y directrices sobre la accesibilidad de las instalaciones y los servicios abiertos al público o de uso público.
- Asegurar que las entidades privadas que proporcionan instalaciones y servicios abiertos al público o de uso público tengan en cuenta todos los aspectos de su accesibilidad para las personas con discapacidad.
- Ofrecer formación a todas las personas involucradas en los problemas de accesibilidad a que se enfrentan las personas con discapacidad.
- Dotar a los edificios y otras instalaciones abiertas al público de señalización en Braille y en formatos de fácil lectura y comprensión
- Ofrecer formas de asistencia humana o animal e intermediarios, incluidos guías, lectores e intérpretes profesionales de la lengua de señas, para facilitar el acceso a edificios y otras instalaciones abiertas al público.
- Promover otras formas adecuadas de asistencia y apoyo a las personas con discapacidad para asegurar su acceso a la información.
- Promover el acceso de las personas con discapacidad a los nuevos sistemas y tecnologías de la información y las comunicaciones, incluida Internet.
- Promover el diseño, el desarrollo, la producción y la distribución de sistemas y tecnologías de la información y las comunicaciones

accesibles en una etapa temprana, a fin de que estos sistemas y tecnologías sean accesibles al menor costo.

Dentro de la accesibilidad para personas con discapacidad, vamos a centrarnos en la accesibilidad a los nuevos sistemas y tecnologías de la información y las comunicaciones.

La tecnología de la información (TI) se considera a: "aquellas herramientas y métodos empleados para recabar, retener, manipular o distribuir información. La tecnología de la información se encuentra generalmente asociada con las computadoras y las tecnologías afines aplicadas a la toma de decisiones." (Bologna y Walsh, 1997: 1)

Los productos relacionados con TI, tienen características que permiten a las personas con discapacidad poder interactuar con estos sistemas, sin importar que tengan limitantes. Cuentan con características que adaptan su interfaz para las necesidades de todas las personas, estas pueden ser, ayudas auditivas, periféricos más grandes o especiales, la capacidad de interactuar con estos dispositivos por medio de comandos de voz, etc.

Con estas características, se trata de diseñar aplicaciones y sistemas con un diseño universal, que permita que todas las personas interactúen con él.

### **1.4.3. Personas con Síndrome de Down**

El síndrome de Down, es una alteración genética, que se produce cuando existe la presencia de un cromosoma 21 extra, esto causa que estas personas tengan 47 cromosomas en cada célula, teniendo 3 cromosomas 21. (trisomía 21)

En 1866 el médico británico John Langdon Haydon Down, fue el primero en describir las características que compartían un grupo de personas, si determinar su causa. Síndrome de Down lleva el apellido de este médico.

Jérôme Lejeune, un genetista francés en 1958 descubre una alteración cromosómica del par 21 la cual es la causa de este síndrome. Esto dio a la

trisomía 21 cómo la primera alteración cromosómica que se encontró en el hombre.

La incidencia estimada de síndrome de Down es 1 de cada 1,100 nacimientos vivos en todo el mundo, cada año de 3,000 a 5,000 niños nacen con ese trastorno cromosómico. Siendo este síndrome, la principal causa de discapacidad intelectual y alteración genética humana más común.

### **Alteraciones cromosómicas en el Síndrome de Dow**

Distribuidos en 23 pares el cuerpo humano tiene 46 cromosomas. Dentro de estos, un par es el que determina el sexo de la persona y los 22 restantes son llamados autosomas.

Mediante el proceso de mitosis, las células se reproducen duplicándose cada una a sí misma, cada célula idéntica está compuesta de los 46 cromosomas distribuidos en 23 pares.

Existe también el proceso de meiosis, el cual tiene como resultado un gameto, que es un óvulo o un espermatozoide.

Cada óvulo y espermatozoide tiene 23 cromosomas (uno de cada pareja de cromosomas), al unirse forman una nueva célula con la misma carga genética que otra célula humana.

Durante este proceso meiótico la mayoría de las alteraciones ocurren, esto da lugar al síndrome de Down.

Existen tres alteraciones que dan como resultado el síndrome de Down:

#### **Trisomía 21**

Este es tipo de síndrome de Down más común, el par cromosómico 21 del óvulo o del espermatozoide no se separa correctamente y uno de los dos gametos contiene 24 cromosomas en lugar de 23.

Cuando uno de estos gametos con 24 cromosomas se combina con otro del sexo opuesto, se da como resultado una célula con 47 cromosomas.

Esta célula (cigoto) al duplicarse por mitosis forma otra célula de 47 cromosomas, produciéndose así el nacimiento de un niño con síndrome de Down.

### **Translocación cromosómica**

Durante el proceso de meiosis, un fragmento de un cromosoma 21 roto, se une de manera anormal a otra pareja cromosómica, por lo general se da con el cromosoma 14. Con esto, aparte del par cromosómico 21, el par 14 tiene una carga extra.

Estos cromosomas reordenados se llaman cromosomas de translocación. Estas personas presentarán características típicas de la trisomía 21, pero dependerán del fragmento genético translocado.

### **Mosaicismo o trisomía en mosaico**

Luego que se ha formado el cigoto, inicia el proceso de mitótico de división celular. Si durante este proceso el material genético no se separa correctamente, se puede dar que una de las células hijas tenga en el par 21 tres cromosomas y el otro solo uno. En este caso un porcentaje de células serán trisómicas y el resto tendrá la carga genética normal.

Los rasgos físicos de las personas que tienen mosaicismo y el potencial de desarrollo dependerán del porcentaje de células trisómicas que estén presentes en el organismo, si este porcentaje no es muy alto, el grado de discapacidad intelectual será menor. (Down España, 2008)

#### **1.4.4. Capacidades cognitivas de personas con síndrome de Down**

Hay que considerar el estado de salud y la funcionalidad de los órganos de los sentidos, de las personas con síndrome de Down, en especial la visión y la audición. El déficit en estos sentidos afecta negativamente en los procesos de recibir y procesar la información.

Las siguientes características suelen apreciarse en los preescolares con síndrome de Down:

- Ausencia de un patrón estable o sincronizado en algunos puntos.
- Retraso en la adquisición de las diversas etapas.
- La secuencia de adquisición, en líneas generales, suele ser similar a la de los niños que no tienen síndrome de Down, pero a veces se aprecian algunas diferencias cualitativas.
- Suele haber retraso en la adquisición del concepto de permanencia del objeto; una vez adquirido, puede manifestarse de modo inestable.
- La conducta exploratoria y manipulativa tiene grandes semejanzas con otros niños de su misma edad mental; pero, aun mostrando un interés semejante, su atención dura menos tiempo.
- La sonrisa de placer por la tarea realizada aparece con frecuencia, pero no suele guardar relación con el grado de dificultad que han superado, y parece como si no supieran valorarla.
- El juego simbólico va apareciendo del mismo modo que en otros niños, conforme avanzan en edad mental. Pero el juego es, en general, más restringido, repetitivo y propenso a ejecutar estereotipias. Presentan dificultades en las etapas finales del juego simbólico.
- En la resolución de problemas, hacen menos intentos y muestran menos organización.
- En su lenguaje expresivo, manifiestan poco sus demandas concretas aunque tengan ya la capacidad de mantener un cierto nivel de conversación.
- Pueden verse episodios de resistencia creciente al esfuerzo en la realización de una tarea, expresiones que revelan poca motivación en su ejecución, e inconstancia en la ejecución, no por ignorancia sino por negligencia, rechazo, o miedo al fracaso.

Si se realiza una correcta formación educativa, se puede conseguir una mejora significativa en las siguientes cualidades:

- Un buen desarrollo de la percepción y memoria visual.
- Buena orientación espacial.
- Buena comprensión lingüística, en términos relativos, y siempre que se le hable claro y con frases cortas.
- Suele disponer de suficiente vocabulario, aunque pueden existir algunos problemas lingüísticos.
- En general, lo que ha aprendido bien suele retenerlo, aunque es necesario reforzar y consolidar el aprendizaje.

También se pueden presentar las siguientes dificultades:

- Tiene dificultades para trabajar solo, sin una atención directa e individual.
- Tiene problemas de percepción auditiva: no capta bien todos los sonidos, procesa mal la información auditiva, y por tanto responde peor a las órdenes verbales que se le dan. Por otra parte, tiene dificultades para seguir las instrucciones dadas a un grupo; a veces se puede observar que el niño hace los movimientos y cambios de situación que se han ordenado al grupo, pero su conducta es más el resultado de la observación e imitación que de una auténtica comprensión e interiorización de lo propuesto por el profesor.
- Tiene poca memoria auditiva secuencial, lo que le impide grabar y retener varias órdenes seguidas.
- Tiene dificultades para el lenguaje expresivo y para dar respuestas verbales.
- Presenta ciertos problemas de motricidad gruesa (equilibrio, tono, movimientos de músculos antigravitatorios) y fina (manejo del lápiz y las tijeras).
- No acepta los cambios rápidos o bruscos de tareas; no comprende que haya que dejar una tarea si no la ha terminado, o que haya que interrumpirla si se encuentra a gusto con ella.

- La concentración dura poco tiempo. Se nota a veces en la mirada superficial, que se pasea sin fijarse. El problema no es siempre de pérdida de concentración sino de cansancio.
- En los juegos con los compañeros es frecuente que el niño esté solo porque así lo elige, o porque no puede seguir tanto estímulo y con tanta rapidez, o porque los demás se van cansando de animarle a participar y de tener que seguir su propio ritmo.
- Presenta dificultades en los procesos de activación, conceptualización y generalización.
- Le cuesta comprender las instrucciones, planificar las estrategias, resolver problemas y atender a diversas variables a la vez.
- Su edad social es más alta que la mental, y ésta más alta que la edad lingüística; por ello puede tener dificultad para expresarse oralmente en demanda de ayuda.

**Tabla 1 Características del niño con síndrome de Down**

<b>Problemas</b>	<b>Soluciones</b>
<b>1</b> Su aprendizaje se realiza a ritmo lento	Brindarle mayor número de experiencias y muy variadas, para que aprenda lo que se le enseña
<b>2</b> Se fatiga rápidamente y su atención no se mantiene por un tiempo prolongado	Trabajar inicialmente con él durante periodos cortos y prolongarlos poco a poco
<b>3</b> Su interés por la actividad a veces está ausente o se sostiene por poco tiempo	Motivarlo con alegría y con objetos llamativos y variados para que se interese en la actividad
<b>4</b> Muchas veces no puede realizar la actividad solo	Ayudarle y guiarle a realizar la actividad, hasta que la pueda hacer solo
<b>5</b> La curiosidad por conocer y explorar lo que lo rodea está limitada	Despertar en él interés por los objetos y personas que lo rodean, acercándose a él y mostrándole las cosas agradables y llamativas

**CONTINÚA** 

6	Le cuesta trabajo recordar lo que ha hecho y conocido	Repetir muchas veces las tareas ya realizadas, para que recuerde cómo se hacen y para qué sirven.
7	No se organiza para aprender de los acontecimientos de la vida diaria	Ayudarle siempre a aprovechar todos los hechos que ocurren a su alrededor y su utilidad, relacionando los conceptos con lo aprendido en "clase"
8	Es lento en responder a las órdenes que se le dan	Esperar con paciencia y ayudarle, estimulándole al mismo tiempo a dar una respuesta cada vez más rápida
9	No se le ocurre inventar o buscar situaciones nuevas	Conducirle a explorar situaciones nuevas y a tener iniciativas
10	Tiene dificultad en solucionar problemas nuevos, aunque éstos sean parecidos a otros vividos anteriormente	Trabajar permanentemente dándole oportunidades de resolver situaciones de la vida diaria, no anticipándose a él, ni respondiendo en su lugar.
11	Puede aprender mejor cuando ha obtenido éxito en las actividades anteriores	Conocer en qué orden se le debe enseñar, ofrecerle muchas oportunidades de éxito y secuenciar bien las dificultades
12	Cuando conoce de inmediato los resultados positivos de su actividad, se interesa más en seguir colaborando	Decirle siempre lo bien que lo ha hecho y animarle por el éxito que ha logrado. Así se obtiene mayor interés y tolera más tiempo de trabajo
13	Cuando participa activamente en la tarea, la aprende mejor y la olvida menos	Planear actividades en las cuales él sea quien intervenga o actúe como persona principal
14	Cuando se le pide que realice muchas tareas en corto tiempo, se confunde y rechaza la situación	Seleccionar las tareas y repartirlas en el tiempo, de forma tal que no le agobien ni le cansen

Fuente (Troncoso & Del Cerro, 2009)

#### **1.4.5. Necesidades de accesibilidad de las personas con síndrome de Down**

La Federación Española de Síndrome de Down (FEISD), desarrolló en “Plan de Acción para las Personas con Síndrome de Down de España”, para realizar este estudio se recabaron experiencias y vivencias de personas con Síndrome de Down, de sus familiares, expertos, en busca de definir las necesidades y la forma en que se debe actuar frente al Síndrome de Down.

Se han tomado en cuenta las necesidades básicas que necesitan en la Escuela, en la vida social y adulta y en otros aspectos de su vida.

Se ha encontrado en general una sensación de funcionamiento “torpe” de la integración escolar aunque no se reniega de ella. En el caso concreto de las familias, se deja entrever una dura frustración debido a que, en la mayoría de las ocasiones, las cuestiones que afectan negativamente a sus hijos son relativamente sencillas de solucionar, y dependen exclusivamente de ciertas mejoras materiales, humanas u organizativas, y no de una simple decisión de los correspondientes gestores.

Dentro de la Calidad de Vida de las personas con síndrome de Down, uno de los principales debates se da con los Centros Específico de educación. Familiares y profesionales están de acuerdo en que en los primeros años de la vida, no se justifica la una educación especializada de las personas con síndrome de Down. Se acepta, en cambio, la formación en Centros Específicos, dependiendo el caso, a partir de los primeros años de la adolescencia.

En muchas ocasiones existe una situación de discrepancia entre los profesionales y las familiares de las personas con Síndrome de Down, lo que genera un conflicto. Esto se debe tratar de sobrellevar para poder trabajar en beneficio de las personas con Síndrome de Down.

Tanto familias, como profesionales, como las propias personas con síndrome de Down asumen y están cómodos en una especie de construcción de la realidad en la que el futuro está por edificar, y en el que

caben las expectativas y planes de futuro propios de quien no es aún persona adulta.

Familias como profesionales están de acuerdo en una visión optimista y con confianza en la mejora de la calidad de vida de las personas con síndrome de Down hacia futuro, añadiendo además el reconocimiento de la mejora se ha experimentado a todos los niveles en los últimos años. (FEISD (Federación Española del Síndrome de Down), 2002)

#### **1.4.6. Necesidades educativas de las personas con síndrome de Down**

Lo más importante de la Atención Temprana a niños con síndrome de Down es proporcionar los medios y recursos necesarios para que logren un desarrollo adecuado, fomentando al mismo tiempo la integración familiar y social, buscando que alcancen el grado máximo de autonomía e independencia: que lleven una vida lo más normalizada posible.

Para que las personas con síndrome de Down desarrollen una vida normalizada e integrada es muy necesario el aprendizaje de la lectura y escritura las cuales deben ser trabajadas a ritmo distinto porque los niños con síndrome de Down pueden aprender a leer antes que a escribir, ya que las habilidades grafos motrices se desarrollan más tarde. Los niños con síndrome de Down aprenden bien a través de métodos visuales y esto les ayuda a aprender a leer.

Dificultades de aprendizaje y necesidades educativas especiales:

- Necesitan estrategias didácticas individualizadas.
- Necesitan que se les enseñen cosas que otros aprenden espontáneamente.
- Necesitan más tiempo de escolaridad: aprenden más despacio y de modo diferente.
- Precisan mayor número de ejemplos, ejercicios, actividades: más práctica y repeticiones para alcanzar los mismos resultados.

- Requieren una mayor descomposición en pasos intermedios, una secuenciación más detallada de objetivos y contenidos.
- Tienen dificultades de abstracción, de transferencia y de generalización de los aprendizajes.
- Necesitan, en la mayor parte de los casos, Adaptaciones Curriculares Individuales.
- Necesitan apoyos personales de profesionales especializados en materia de Pedagogía Terapéutica, Logopedia, Psicoterapia y Fisioterapia.
- Necesitan entrenar de forma específica los procesos de atención y los mecanismos de memoria a corto y largo plazo.
- El aprendizaje de las operaciones matemáticas básicas es costoso para ellos; también les cuesta la comprensión y resolución de problemas matemáticos y el cálculo.
- Necesitan apoyo logopédico individualizado. El lenguaje es un campo en el que la mayor parte de los alumnos con síndrome de Down tiene dificultades y que requiere un trabajo específico.
- Casi todos pueden llegar a leer, siendo recomendable el inicio temprano de este aprendizaje (4-5 años).
- Necesitan que se les evalúe en función de sus capacidades reales y de sus niveles de aprendizaje individuales.
- El interés por la actividad a veces está ausente o se sostiene por poco tiempo.
- Tienen limitada la capacidad de explorar el mundo que les rodea y la curiosidad.
- Son lentos respondiendo a las órdenes que le damos.
- Tiene dificultad en solucionar problemas nuevos, aunque éstos sean parecidos a otros vividos anteriormente.
- Puede aprender mejor cuando ha obtenido éxito en las actividades anteriores.
- El *feed-back* positivo tras la realización de las tareas aumenta su interés por las mismas.

- Si participa activamente en la tarea, la aprende mejor y la olvida menos.

El ordenador es motivador, novedoso y atractivo para todos los niños; puede ayudar a mejorar el lenguaje escrito de las personas con síndrome de Down si se trabajan los ejercicios adecuados y enfocados a dicho fin. Tales como:

### **Comprensión Lectora**

Esto se realiza trabajando textos escritos. Esto resultará más efectivo si los textos elegidos "conectan" con el alumno con síndrome de Down respecto al tema y vocabulario. Además, es recomendable que las frases y los párrafos no sean muy extensos. Facilitaremos todavía más la comprensión de los textos si presentamos la información con un tamaño y tipo de letra adecuado y atractivo para los alumnos con síndrome de Down.

### **La suma y la resta**

Son medios para resolver problemas de la vida diaria. Tienen la misma importancia que leer, hablar y expresarse con propiedad de cara a su respectiva autonomía dentro y fuera del ámbito familiar. Un niño con síndrome de Down tiene capacidad para contar, sumar y restar de la misma manera que la tiene para leer y hablar, aunque este proceso tenga su propio ritmo en el tiempo.

Contar parece algo sencillo pero necesita la integración de una serie de técnicas. El aprendizaje de estas técnicas es lento: necesita mucha práctica para que el niño o joven con síndrome de Down lo interiorice. Suele ser provechoso trabajar por separado la comprensión y la mecánica.

La suma es la unión. Hay que ejemplificándola con acciones concretas y objetos reales, pero también hay que trabajar la mecánica para automatizarla.

La resta es poco asequible para las personas con síndrome de Down. La técnica más funcional es restar añadiendo.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. Diseño de Pantalla Multitáctil**

Para el diseño de la Pantalla Multitáctil, se tomarán en cuenta las diferentes tecnologías para pantallas de bajo costo. Se realizará un estudio comparativo de estas, para definir la mejor opción para el proyecto a realizarse.

Actualmente se puede implementar una pantalla multitáctil tomando en cuenta dos principios: Captura de luz o usando un dispositivo electrónico. La captura de luz se realiza cuando el usuario entra en contacto con una superficie, causando un cambio de iluminación en esta, de esta forma se puede capturar la posición del contacto. Se pueden usar dispositivos electrónicos para detectar cambios tanto en resistencia dentro de la superficie o cambios en su capacitancia debido al contacto del usuario en la superficie.

Tomando en cuenta los tipos de tecnologías estudiadas en el capítulo anterior, nos vamos a centrar en las pantallas con sistemas ópticos. Este tipo de tecnología puede ser implementada usando materiales de bajo costo y pueden cumplir los objetivos buscados en el proyecto.

Las tecnologías ópticas están basadas principalmente en el análisis de imágenes captadas por una cámara, se trabaja típicamente con luz no visible para el ojo humano, uno de los tipos de luz más usada es la infrarroja.

La radiación infrarroja (IR) es una radiación electromagnética y térmica, tiene una longitud de un mayor a la luz visible, y menor a la de las microondas. Por esta razón, la frecuencia es menor que la luz visible y mayor a las microondas. El rango de longitudes de onda va desde 0.7 a 1000 micrómetros. Cualquier cuerpo con una temperatura mayor que -273.15 grados Celsius emite radiación infrarroja. (Liew, 2001)

Dentro de las tecnologías ópticas, tenemos varias metodologías empleadas para crear la superficie multitáctil, las más importantes son:

### **FTIR (Frustrated Total Internal Reflection)**

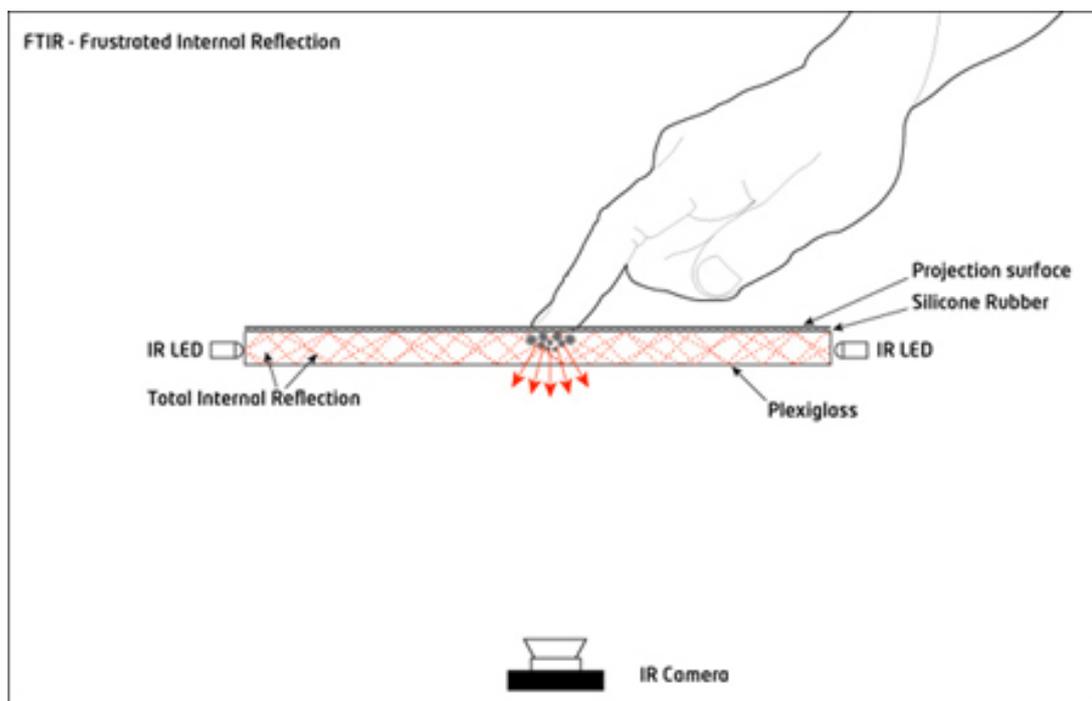
Este es el nombre de la metodología multitáctil desarrollada por Jeff Han (Han, 2005). La frase se refiere a los fenómenos físicos del método subyacente de Han. La reflexión total interna describe la condición presente en algunos materiales cuando la luz entra dentro del material formando un nuevo material con un índice de refracción mayor, en un ángulo de incidencia mayor que el ángulo específico (Gettys, Keller, & Skove, 1989). El ángulo específico en el cual ocurre este fenómeno depende de los índices de refracción de ambos materiales, a eso se lo conoce como ángulo crítico, el cual puede ser calculado matemáticamente usando la ley de Snell.

Usando la ley del Snell, se va a calcular el ángulo crítico para el acrílico, teniendo en cuenta que el índice de refracción del acrílico es de aproximadamente 1.5 ( $\eta_1$ ) y la segunda superficie en este caso es el aire, el cual tiene un índice e refracción de aproximadamente 1.0 ( $\eta_2$ ), con estos valores de refracción vamos a calcular de la siguiente forma:

$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{\eta_2}{\eta_1} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{1.0}{1.5} \right) \approx 41.8^\circ$$

Cuando esto sucede, no ocurre refracción en el material y el haz de luz se refleja totalmente. El método de Han usa esto para conseguir un gran efecto, al llenar el interior de una pieza de acrílico con luz infrarroja los rayos de luz dentro del acrílico quedan atrapados, esto se da por el principio de reflexión total interna. Cuando el usuario entra en contacto con la superficie,

la luz del rayo es frustrada, ya que ahora puede pasar por la zona de contacto (usualmente la zona de contacto es con los dedos del usuario), y la reflexión deja de ser total en este punto. Este efecto puede ser visualizado en la imagen 3.



**Figura 2.1 FTIR**

Este principio es muy usado para construir pantallas multitáctiles, ya que desde el momento en que la luz es frustrada por el usuario, el área de contacto es bien definida y es claramente visible para la cámara que captura los cambios en la superficie (Cámara infrarroja). Un punto a tomar en cuenta es la capacidad de seguir las marcas creadas por el usuario, va a depender directamente de la cámara usada, específicamente de la velocidad de cuadros por segundo (FPS) (Cerupcat, 2011)

En la figura 2.2 se puede ver un ejemplo de la imagen capturada por una cámara infrarroja, la luz que es frustrada al entrar en contacto los dedos del usuario con una superficie de acrílico.

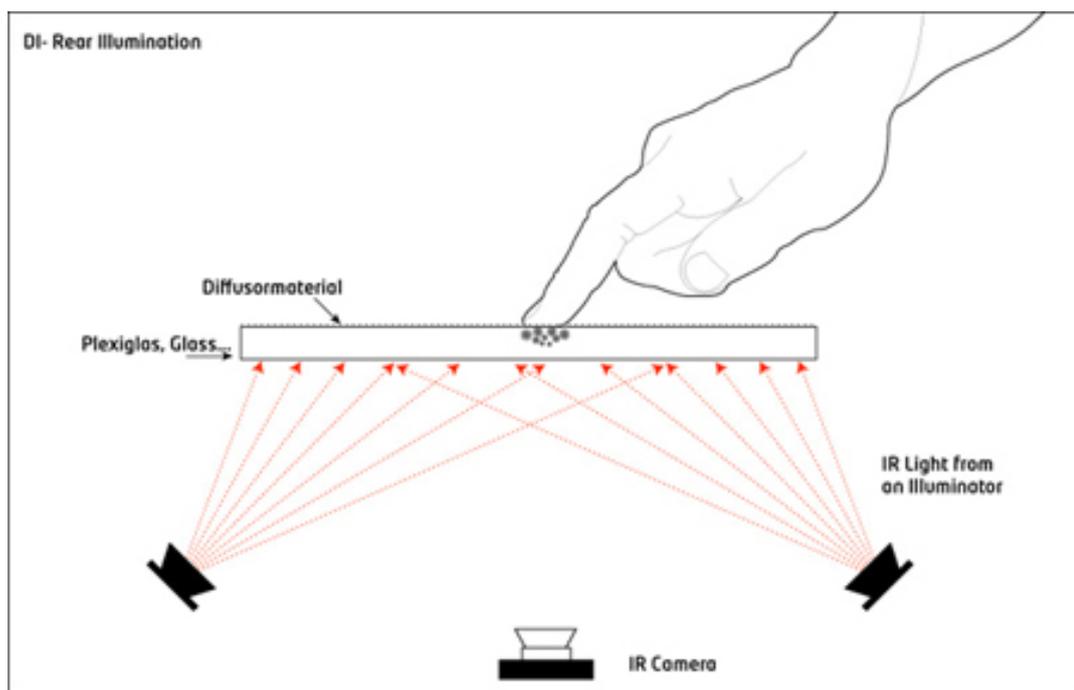


**Figura 2.2 Luz frustrada por usuario**

### **DI (Diffused Illumination)**

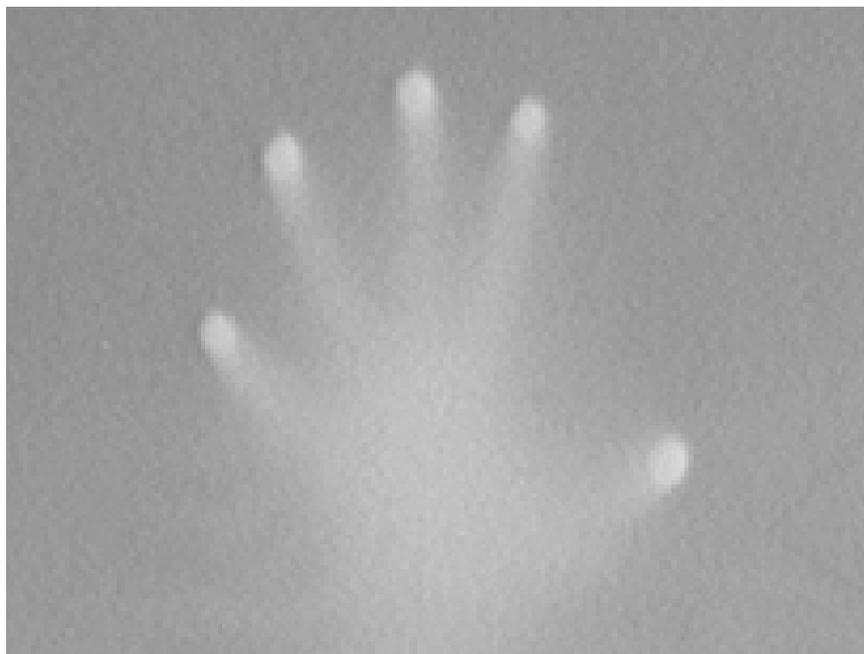
Esta tecnología tiene dos formas básicas, Iluminación difusa frontal, e iluminación difusa posterior, ambas formas utilizan el mismo principio básico.

DI posterior: Luz infrarroja es iluminada desde la parte posterior de la superficie táctil, un difusor es colocado en la parte superior o inferior de la superficie táctil. Cuando un objeto entra en contacto con la superficie, esta refleja mayor cantidad de luz que el difusor o los objetos de fondo, este cambio en la iluminación es censado por la cámara infrarroja. Dependiendo el tipo de difusor, este método permite detectar incluso objetos que se colocan sobre la superficie. La distribución de la iluminación y la cámara infrarroja puede observarse en la Figura 2.3.



**Figura 2.3 DID**

En la figura 2.4 se puede ver un ejemplo de la imagen capturada por una cámara infrarroja, la luz que es frustrada al entrar en contacto los dedos del usuario con una superficie de acrílico.



**Figura 2.4 Cambio de Iluminación por Difusión Posterior**

DI Frontal: La luz infrarroja (usualmente se utiliza la luz ambiental) se ilumina sobre toda la superficie táctil de la pantalla. Un difusor es colocado en la parte superior o inferior de la superficie táctil. Cuando un objeto entra en contacto con la superficie, se crea una sombra sobre la posición del objeto, la cámara censa esta sombra para obtener la posición en la cual el usuario entró en contacto con la pantalla (NUI Group Authors, 2009).

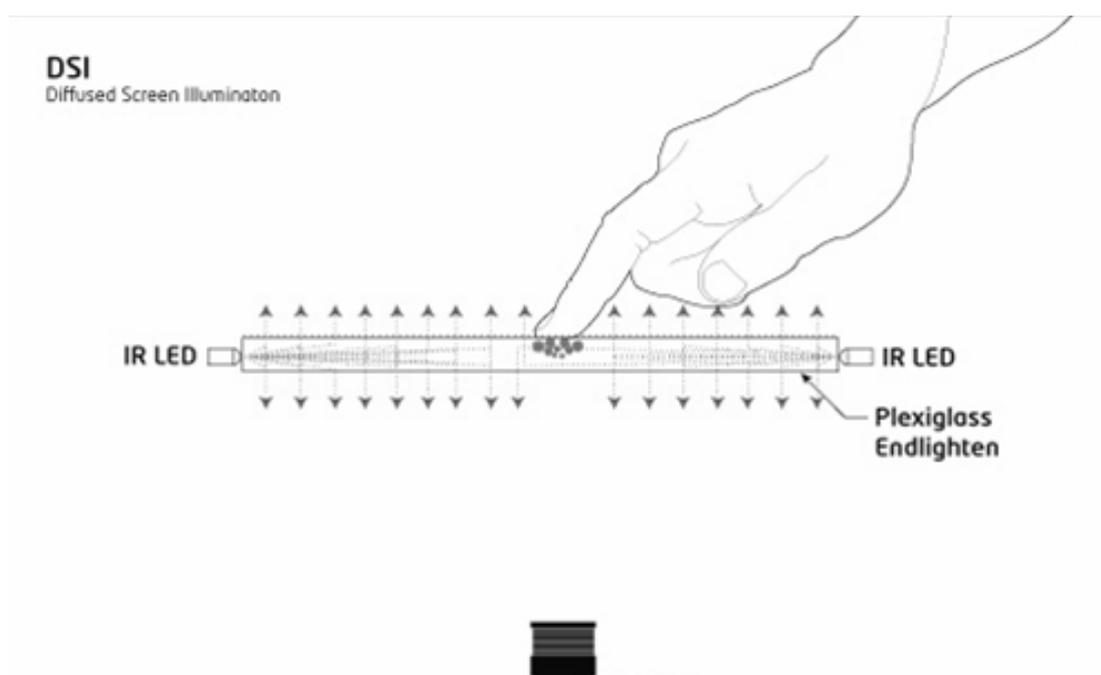


**Figura 2.5 Cambio de Iluminación por Difusión Frontal**

### **DSI (Diffused Surface Illumination)**

Esta tecnología utiliza un acrílico especial para distribuir la luz infrarroja alrededor de toda la superficie. Utiliza la misma distribución que FTIR con un marco de led, pero con el cambio de acrílico. Este acrílico utiliza pequeñas partes que están dentro del material, que actúan como millones de espejos en el interior. Cuando la luz infrarroja ilumina el borde del material, la luz es redirigida y esparcida a la superficie del acrílico. El efecto es similar al de DI,

pero con una iluminación uniforme, sin hotspots y con el mismo proceso de configuración que FTIR. En la Figura 8 se puede observar el comportamiento de la luz infrarroja dentro de la superficie.



**Figura 2.6 DSI**

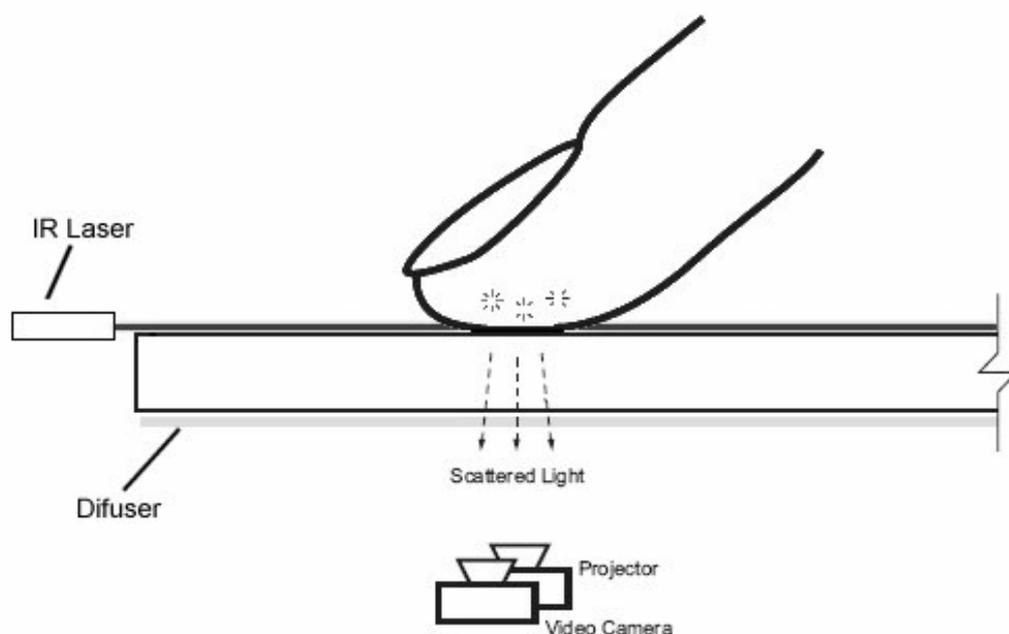
### **LLP (Laser Light Plane)**

La luz infrarroja del láser es iluminada justo sobre la superficie. La luz que se emite por el láser crea una superficie de 1mm que cubre toda la parte superior de la pantalla, cuando el usuario entra en contacto con la superficie, se iluminará esta zona y esto será captado por la cámara infrarroja.

Los láseres infrarrojos son una forma usual y económica de crear una superficie multitáctil con el método LLP. La mayoría de configuraciones cuentan de 2 a 4 láseres, posicionados en las esquinas de la superficie táctil. La potencia del láser está relacionada con el brillo de este, mientras más potencia tenga el láser, el brillo en la pantalla será mayor.

La longitud de onda usada es de 780nm y 940nm. Los módulos láser necesitan tener un lente de línea para crear una iluminación plana. El lente que se usa con mayor frecuencia tiene un ángulo de línea de 120 grados, esto ayuda a reducir el número de láseres necesarios para iluminar completamente la superficie táctil.

En la figura 9 se puede observar cómo trabaja una distribución LLP.



**Figura 2.7 LLP**

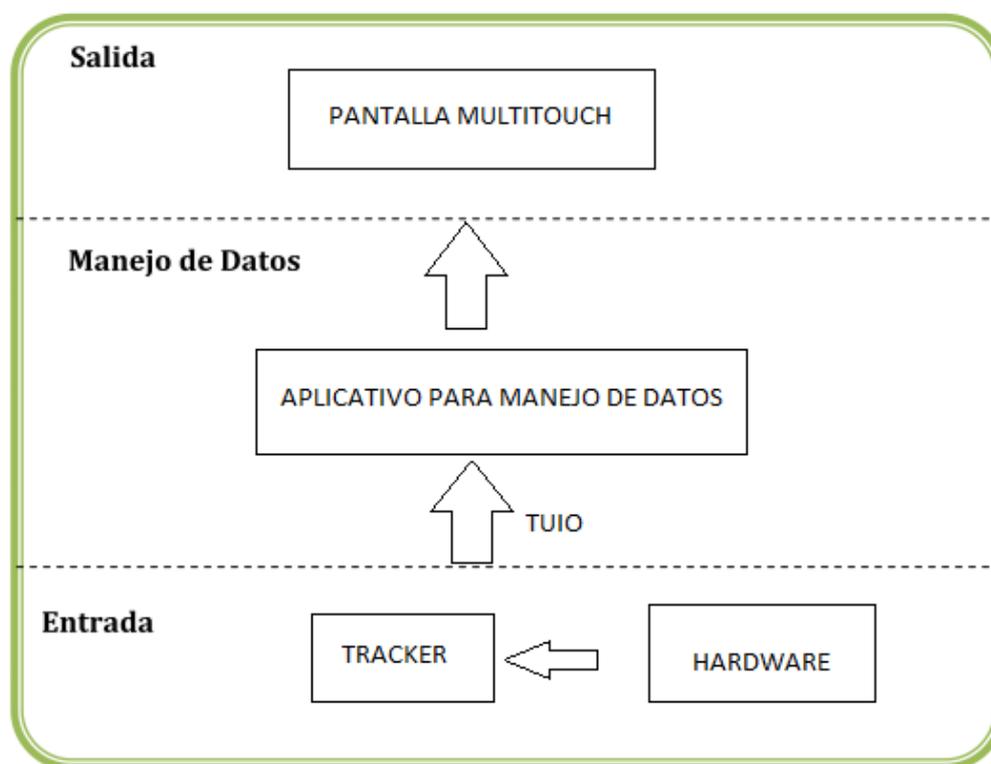
**Seguridad con Láser:** Láseres infrarrojos son usados para la tecnología LLP, pero estos traen consigo algunos riesgos. La mala manipulación de láseres puede causar daño en la vista y en los ojos. Para minimizar los riesgos, se pueden tomar las siguientes medidas:

- Usar un lente de línea, ayuda a expandir la luz del láser en un plano. Esto reduce la intensidad del láser pero el riesgo sigue presente.
- Es primordial usar gafas de seguridad que vayan de acuerdo a la longitud de onda del láser durante la configuración de la tecnología LLP.

- No se debe tener cerca objetos que reflejen la luz.

## 2.2. Software de Desarrollo

Como se puede observar en la figura, se pueden observar los bloques del proyecto. En donde cada bloque a través de del software lleva a cabo su propósito.



**Figura 2.8 Bloques**

**Entrada:** La capa de entrada es la encargada de realizar a través del hardware y el tracker enviar la información de cuando se ha producido un toque sobre la superficie para este proyecto hemos decidido trabajar con el protocolo TUIO ya que es un estándar muy conocido y existe información como frameworks que trabajan con este protocolo además de este existen otros como XML y BINARY.

TUIO (Tangible User Interface Protocol) es un framework de código abierto el cual define un protocolo estándar para crear aplicaciones multitáctiles, TUIO se puede utilizar en diferentes sistemas operativos y tiene soporte para diferentes lenguajes de programación.

TUIO se comunica a través de la red por medio de mensajes OSC (Open Sound Control). Estos mensajes utilizan el protocolo UDP con el fin de proveer un servicio con baja latencia.

TUIO hoy en día es el framework estándar para el desarrollo de aplicaciones multitáctiles ya que es el más utilizado para la creación de aplicaciones sobre grandes superficies táctiles.

### **TUIO TRACKERS**

Son programas que detectan la posición de los dedos sobre la superficie así como su movimiento, utilizando la cámara y una serie de filtros y envía la información de cada uno de blobs generados a un cliente por medio de un puerto en formato TUIO. Para esta implementación se utilizará un tracker open Sourcen, por lo que nombraremos algunos de ellos cada uno tiene sus propias características que identifican a cada uno de ellos.

### **Reactivision**



**Figura 2.9 Reactivision**

Es un framework multiplataforma de visión por computadora para el seguimiento rápido y robusto de los marcadores de referencia adjuntos a los objetos físicos, así como para el seguimiento de dedo multitáctil. It was mainly designed as a toolkit for the rapid development of table-based tangible user interfaces (TUI) and multi-touch interactive surfaces. Fue diseñado principalmente como un conjunto de herramientas para el desarrollo rápido de interfaces basadas en tablas tangibles de usuario (TUI) y superficies interactivas multitáctiles. ReactIVision es una aplicación independiente, que envía TUIO mensajes a través del puerto UDP 3333 para cualquier aplicación cliente activado TUIO. The As an alternative to TUIO, the application is also capable of sending MIDI messages for the direct use with MIDI sequencers. Como alternativa a TUIO, la aplicación también es capaz de enviar mensajes MIDI para el uso directo con secuenciadores MIDI.

## TOUCHLIB

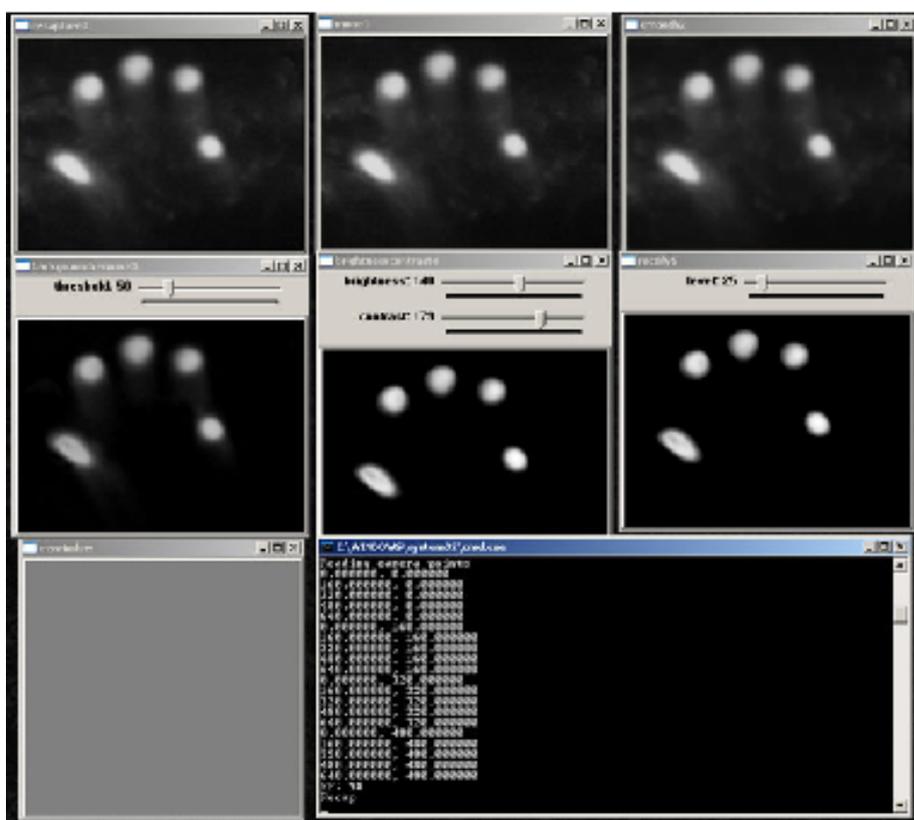


Figura 2.10 Touchlib

**Touchlib** es una librería para crear superficies de interacción multi-touch. It handles tracking blobs of infrared light, and sends your programs these multi-touch events, such as 'finger down', 'finger moved', and 'finger released'. Maneja gotas de seguimiento de luz infrarroja, y envía sus programas de estos eventos multi-touch, como "dedo", "dedo se movió" y "dedo liberado. It includes a configuration app and a few demos to get you started, and will interace with most types of webcams and video capture devices. Incluye una aplicación de configuración y unos demos para empezar, y tendrá interface con la mayoría de tipos de cámaras web y dispositivos de captura de vídeo. It currently works only under Windows but efforts are being made to port it to other platforms. En la actualidad sólo funciona bajo Windows, pero se están haciendo esfuerzos para portarlo a otras plataformas.

## CVV

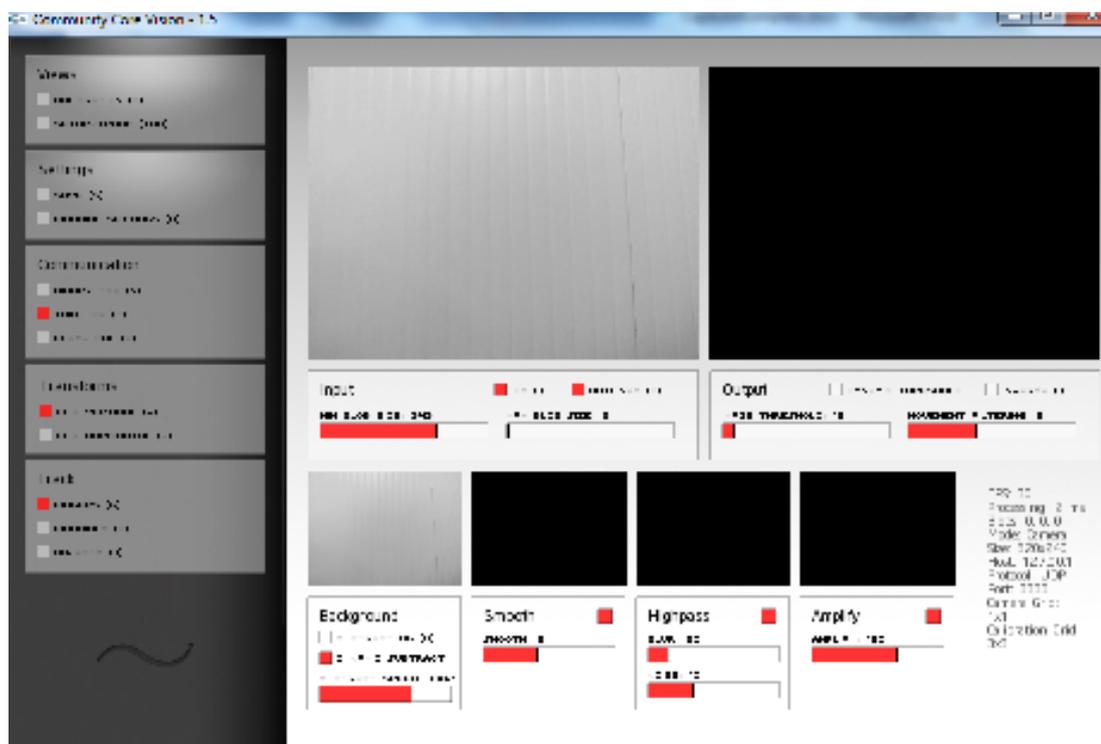


Figura 2.11 Pantalla de configuración CCV

Comunidad Core Vision, es una solución de código abierto / multi-plataforma para el seguimiento de burbuja con la visión por computador. Se necesita un conjunto de datos de seguimiento de flujo de entrada de vídeo y salidas (por ejemplo, coordenadas y tamaño blob) y eventos (por ejemplo, el dedo hacia abajo, se trasladó y se suelta) que se utilizan en la construcción de aplicaciones multitáctiles. CCV puede interactuar con varias cámaras web y dispositivos de vídeo, así como conectarse a varios / OSC / XML aplicaciones habilitadas TUIO y apoya muchas técnicas de iluminación multitáctil, incluyendo: FTIR, DI, DSI, y LLP con la expansión prevista para las futuras aplicaciones de visión (módulos personalizados / filtros).

Se decidió trabajar con CCV ya que es muy fácil de usar, maneja el protocolo UIO, es de licencia libre y muchas de sus opciones permiten un óptimo desempeño para lograr que los blobs sean identificados.

### **2.2.1. Estudio de Software *Open Source* para desarrollo de aplicaciones en interfaces multitáctiles**

Existen muchas maneras de desarrollar aplicaciones multitáctiles. Podemos encontrar varias plataformas y protocolos sobre los cuales se pueden crear estas aplicaciones. Es importante mencionar que cada protocolo o plataforma de desarrollo trabaja de manera diferente, por lo que no siempre es posible que las aplicaciones multitáctiles se ejecuten en cualquier hardware multitáctil, ni en cualquier sistema operativo.

Existen muchas empresas que ofrecen plataformas tecnológicas para el desarrollo de aplicaciones multitáctiles en diferentes dispositivos electrónicos. Ejemplos de estas plataformas son Windows Touch SDK y Surface SDK de Microsoft que se utilizan para el desarrollo de aplicaciones multitáctiles en Windows y la plataforma Cocoa Multi-Touch Framework para crear aplicaciones en Mac Os X. El problema que existe con estas plataformas es que no tienen soporte multi-plataformas, sin embargo, existen framework de código abierto y multiplataforma como TUIO.

La Capa de Manejo de Datos, es la encargada de utilizar los datos enviados por el tracker y los procesa y carga la información en la aplicación. Dentro de esta capa se encuentra un programa dentro el cual fue desarrollado en java que recibe los mensajes TUIO.

### 2.2.2. Comparación y Definición del Software

**PyMT.-** Es un framework especializado para la creación de aplicaciones multitáctiles, cuenta con componentes como botones, ventanas, formularios, entre otros. Es open source y multiplataforma. Soporta gran cantidad de dispositivos multitáctiles de entrada entre los cuales tenemos al protocolo TUIO.

**MT4J.-** Un framework multiplataforma de código abierto de Java, creado para el desarrollo rápido y fácil de gran riqueza visual aplicaciones 2D o 3D, y está diseñado para soportar diferentes tipos de dispositivos de entrada con un enfoque especial en el soporte multitáctil.

El sistema de entrada es muy flexible y también es compatible con el API nativo Touch de Windows 7, así como los estándares abiertos como el protocolo TUIO y por supuesto la entrada de ratón normal. Muchos estándares de gestos multitáctiles ya están construidos y se pueden utilizar con cualquier componente de MT4j.

**Kivy.-** Es una biblioteca de Python de código abierto para desarrollar software de aplicación multitáctil con una interfaz de usuario natural (NUI). Se puede ejecutar en Android , iOS , Linux , OS X , y de Windows Kivy es libre y software de código abierto. Amplio soporte de entrada para ratón, teclado, TUIO eventos multitáctiles específicos del sistema operativo, y OPENGL.

**QT 4.6.-** Es propiedad de Nokia después de la adquisición que el fabricante finlandés hizo de Trolltech en 2008. Las librerías QT 4.6 trae soporte multitouch para el nuevo kde 4.4 (KDE es un proyecto de software

libre para la creación de un entorno de escritorio e infraestructura de desarrollo para diversos sistemas operativos como GNU/Linux, Mac OS X, Windows, entre otros).

En la última década, Qt ha pasado de ser un producto usado por unos pocos desarrolladores especializados, a un producto usado por miles de desarrolladores open source en todo el mundo, por lo que dice que el futuro de esta tecnología es muy prometedor. Hoy en día muchas aplicaciones open source han apostado por Qt a la hora de desarrollar sus GUIs. Sin embargo, muchas compañías privadas también han decidido adoptar Qt en productos comerciales, especialmente por su actual licencia GPL, por ejemplo, Google Earth, VLC, Teléfonos Skype, Volvo, entre otros. QT es de código abierto y liberado bajo la licencia GPL, siendo ésta gratuita para el desarrollo de software libre y software privativo. Sistemas Operativos compatibles:Qt 4.6 incluye soporte para Embedded Linux, Symbian, Windows 7, Windows CE/Mobile, Mac OS 1.6 (Snow Leopard) y Maemo.

### **2.3.3 Justificación**

Se optó por utilizar el Framework MT4j y JAVA ya que se pudo obtener suficiente información (gestos, arquitectura, no licenciado, entre otros) para saber que la misma es la mejor opción dentro de las obtenidas y la que más se adapta a nuestro sistema, ya que permite el desarrollo más fácil y rápido de aplicaciones multitáctiles en java y provee una amplia variedad de gestos multitáctiles. Asimismo, se puede utilizar para aplicaciones 2D y 3D.

### **2.3. Hardware**

En esta sección se describe el tipo de cámaras infrarrojas que existen, así mismo se realizará una comparación y se explicará el tipo de cámara usada en este proyecto.

### **2.3.1. Estudio de Cámaras infrarrojas**

Originalmente creadas para uso militar, el uso de esta tecnología ha ido creciendo paulatinamente a tal grado de ser usadas en campos como la medicina, arqueología y en desarrollo de software para mejorar la interacción entre los seres humanos y más máquina, como es el caso de la consola Wii, donde investigadores han desarrollado aplicaciones para el control de la consola Wii que contiene una cámara infrarroja.

Una cámara infrarroja es un dispositivo que no hace contacto y que detecta la energía infrarroja (el calor) y la convierte en una señal electrónica, la cual se procesa para proyectar una imagen en un video-monitor.

#### **Tipos de cámaras infrarrojas:**

##### **Cámaras infrarrojas con detectores criogenizados**

Los detectores están contenidos en un recipiente sellado al vacío y enfriados a muchos grados bajo cero, esto gracias a un costoso equipo criogénico.

##### **Cámaras infrarrojas con detectores al ambiente**

Éstos operan a la temperatura ambiental. Los más modernos usan sensores que funcionan cambiando las propiedades eléctricas del material del cuerpo emisor. Estos cambios (de corriente, voltaje o resistencia) son medidos y comparados a los valores de temperatura de operación del sensor.

##### **Cámaras infrarrojas activas**

Emiten radiación infrarroja con un reflector integrado a la cámara o ubicado en otro sitio. El haz infrarrojo alumbra el cuerpo detectado, y el alumbramiento es emitido por el cuerpo para ser percibido por la cámara e interpretado en una imagen monocromática.

El reflector tiene un filtro para prevenir que la cámara sea interferida por la observación de la luz visible. Si el reflector tiene mayor alcance, mayor será el tamaño y el peso de su filtro y mayor será el tamaño de la batería, porque aumenta su consumo de energía.

## Cámaras infrarrojas pasivas

También se llaman cámaras termográficas. Carecen de reflectores, y perciben la radiación infrarroja tal cual es emitida por un cuerpo. Son las más comunes.

### 2.3.2. Comparación y Definición de cámara infrarroja

- **Cámaras infrarrojas con detectores criogenizados**

**Tabla 2 Ventajas y Desventajas Cámaras infrarrojas con detectores criogenizados**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta sensibilidad (pueden detectar temperaturas de 0,01 °C)</li> <li>• Permiten acoplar ópticas potentes para observar objetos lejanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su consumo de energía para enfriar el detector (~ 10 vatios)</li> <li>• El alto coste para fabricar los semiconductores especiales, sellar al vacío los recipientes y fabricar el refrigerador criogénico</li> <li>• Tiempo de enfriamiento del sensor del detector a la temperatura óptima de operación (~ 7 minutos).</li> </ul>

- **Cámaras infrarrojas con detectores al ambiente**

**Tabla 3 Ventajas y Desventajas de Cámaras Infrarrojas con Detectores al Ambiente**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su menor costo con respecto a los criogenizados.</li> <li>• Menor tamaño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mucha menos sensibilidad resolución que los criogenizados.</li> <li>• Necesidad de ópticas con gran apertura, lo que limita su uso a objetos cercanos.</li> </ul>

### 2.3.3. Cámaras infrarrojas activas

**Tabla 4 Ventajas y Desventajas de Cámaras Infrarrojas Activas**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo no muy elevado</li> <li>• Se puede fabricar con materiales caseros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depende de intensidad del reflector</li> <li>• Consumo eléctrico para iluminar reflector</li> </ul>

### 2.3.4. Cámaras infrarrojas pasivas

**Tabla 5 Ventajas y Desventajas de Cámaras Infrarrojas Pasivas**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No necesita reflector</li> <li>• Su funcionamiento se basa en que objetos con una temperatura entre 0 y 40 grados Celsius</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependen del calor del objeto o ser vivo</li> <li>• Las superficies calientes parecen lugares iluminados y las frías oscuros</li> </ul>

En este proyecto hemos decidido utilizar la cámara infrarroja activa, en la siguiente sección se explicará él porque de la decisión tomada

### 2.3.5. Justificación

Gracias a la tecnología FTIR y las cámaras infrarrojas activas podremos desarrollar el proyecto a un menor costo. Ya que la cámara la fabricaremos nosotros con materiales comunes fáciles de conseguir en el mercado.

Construcción cámara infrarroja:

- Conseguir una cámara web normal. La cámara que utilizamos la podemos observar en la Figura 2.12



**Figura 2.12** Cámara Web sin modificación

- Quitar el lente que se encuentra pegado a la tarjeta informática como podemos observar en la Figura 2.13



**Figura 2.13** Filtro infrarrojo

- Reemplazar el cristal de la cámara por un filtro que deje pasar solo luz infrarroja o a su vez se puede utilizar pedazos de negativos fotográficos completamente negros, del mismo tamaño de la pieza de cristal como podemos observar en la Figura 2.14, también se puede reemplazar con el material de los antiguos Disquetes.



**Figura 2.14 Extracción del filtro**

- Armar nuevamente el lente

## **2.4. Metodología Empleada**

Se tomó información de varios sitios donde se realizaban el truncamiento de la cámara web, así mismo vimos que podemos usar negativo fotográficos o podemos tener un material parecido de los antiguos Disquetes. Con respecto al reflector en Ecuador en la mayoría de locales solamente tiene disponible una clase de Leds infrarrojos, por lo que no hay diversidad para

escoger el tipo de potencia, ángulos de reflexión y rango longitud de onda de los leds.

Con respecto al software existe aplicaciones básicas ya desarrolladas con las cuáles se pueden realizar pruebas para comprobar que la reflexión de la superficie iluminada y la yema de los dedos sea suficiente para que sean detectados por la cámara.

## CAPÍTULO 3

### 3. CONSTRUCCIÓN PANTALLA MULTITÁCTIL

La tecnología que se ha definido para la construcción de la pantalla multitáctil, es la FTIR. Esta tecnología nos permite obtener el mejor desempeño al construir una pantalla multitáctil de bajo costo.

En la imagen que se muestra a continuación se observa la forma en la que trabaja esta tecnología. Por lo que es necesario para su correcto funcionamiento el iluminar totalmente la superficie de acrílico de luz infrarroja.

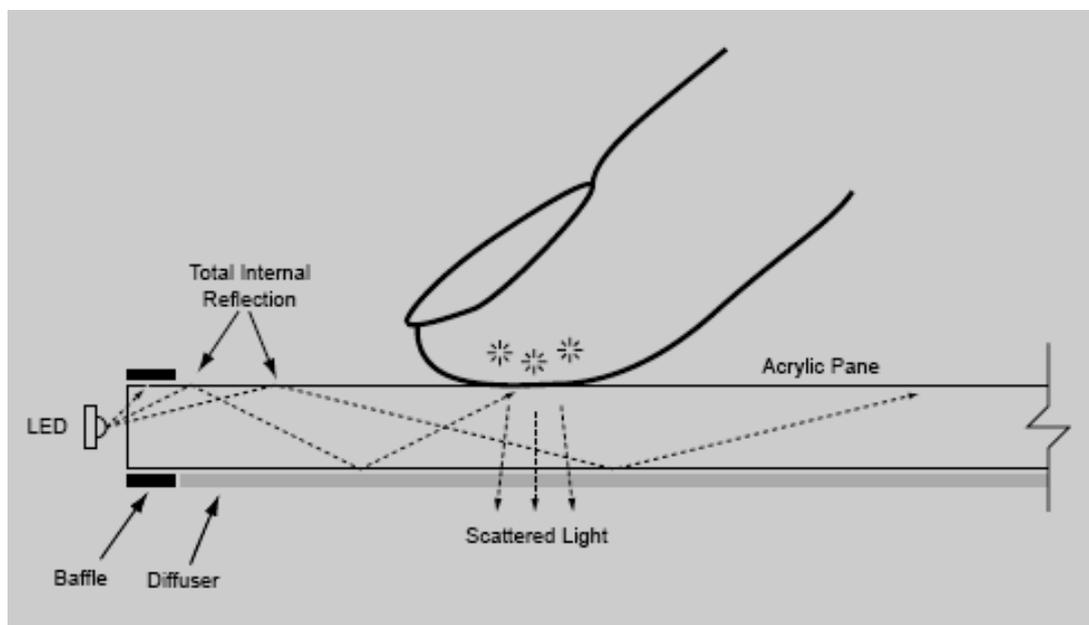
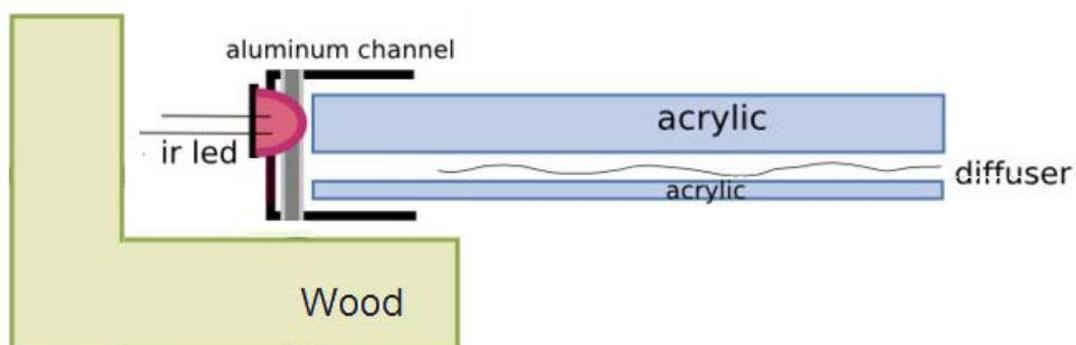


Figura 3.1 FTIR

Al usar esta tecnología para el desarrollo de la mesa, es necesario el uso de una superficie difusora, en la cual será proyectada la imagen que se

mostrará en la pantalla. Para que esta superficie difusora funcione de la mejor forma, se va a usar un segundoacrílico, para darle soporte a la superficie.

El arreglo de Leds infrarrojos que se va a usar para iluminar la pantalla, será colocado en un canal de aluminio, el cual servirá de soporte para los leds y mantendrá juntos alacrílico y la superficie difusora.



**Figura 3.2 Distribución de panel táctil**

La pantalla será colocada en una superficie de madera, la cual será el soporte de la pantalla en la mesa.

Para colocar de una forma ordenada e iluminar de forma completa alacrílico, se van a realizar perforaciones en el canal de aluminio cada 2cm, se puede observar en la imagen inferior la forma en la que se realizan las perforaciones en el aluminio donde se colocarán posteriormente los Leds infrarrojos.



**Figura 3.3 Preparación de Marco de aluminio**

Al realizar todas las perforaciones en los canales de aluminio, se tendrá un lugar idóneo para que los Leds infrarrojos sean colocados, en la imagen inferior se puede observar el canal de aluminio terminado, con todas las perforaciones necesarias.



**Figura 3.4 Marco de aluminio finalizado**

Al tener listas los canales de aluminio, se procederá a colocar los leds infrarrojos en las perforaciones, tomando en cuenta la polaridad del led para posteriormente ser soldados en un arreglo de leds, en la imagen inferior se

puede observar a los Leds colocados en el canal de aluminio antes de ser soldados en el arreglo.



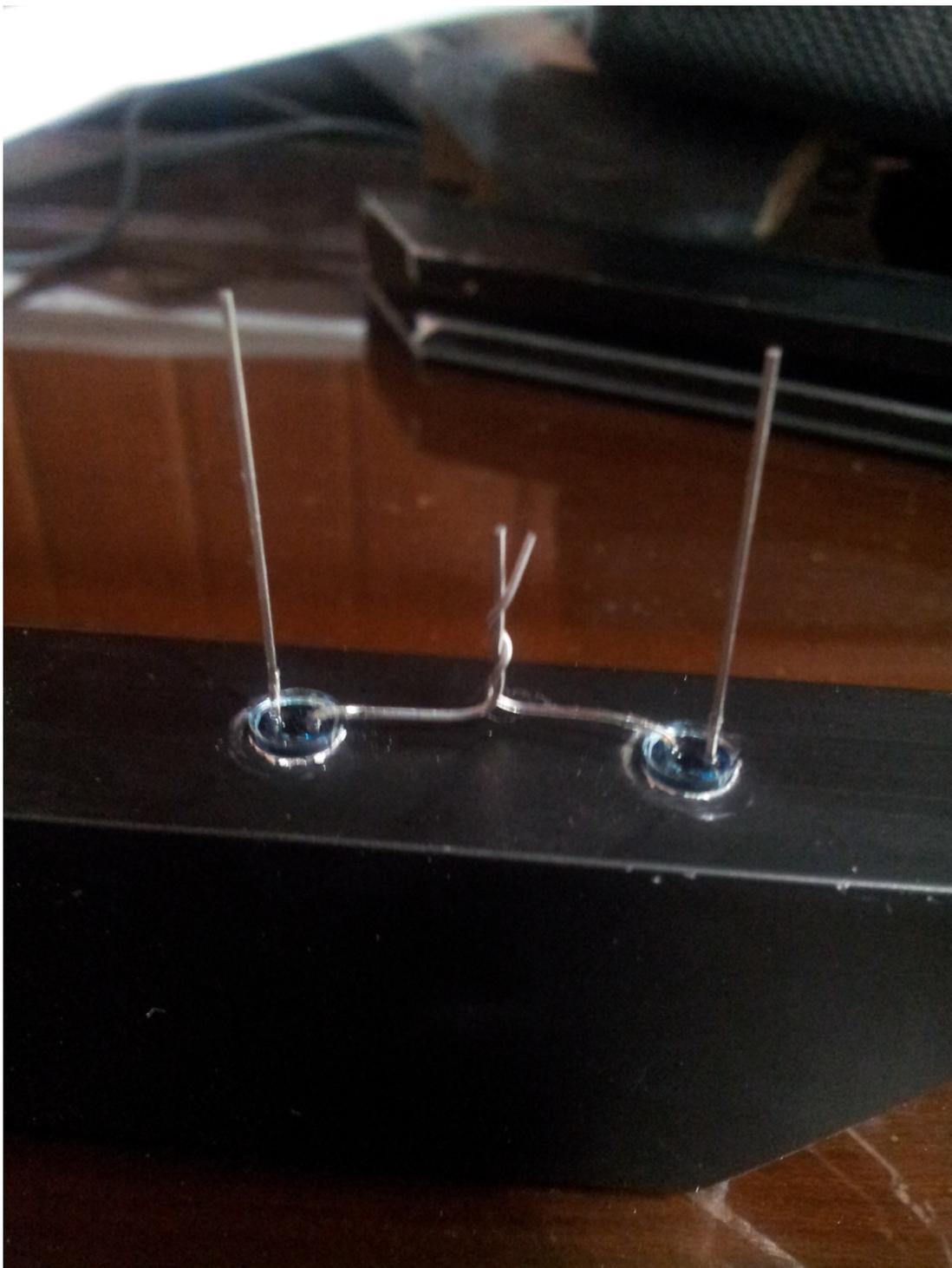
**Figura 3.5 Marco de Aluminio con Leds infrarrojos**

En la imagen inferior se puede observar a los Leds infrarrojos dentro del canal de aluminio, estos serán los que iluminen a toda la pantalla.



**Figura 3.6 Vista interior de marco de aluminio con leds**

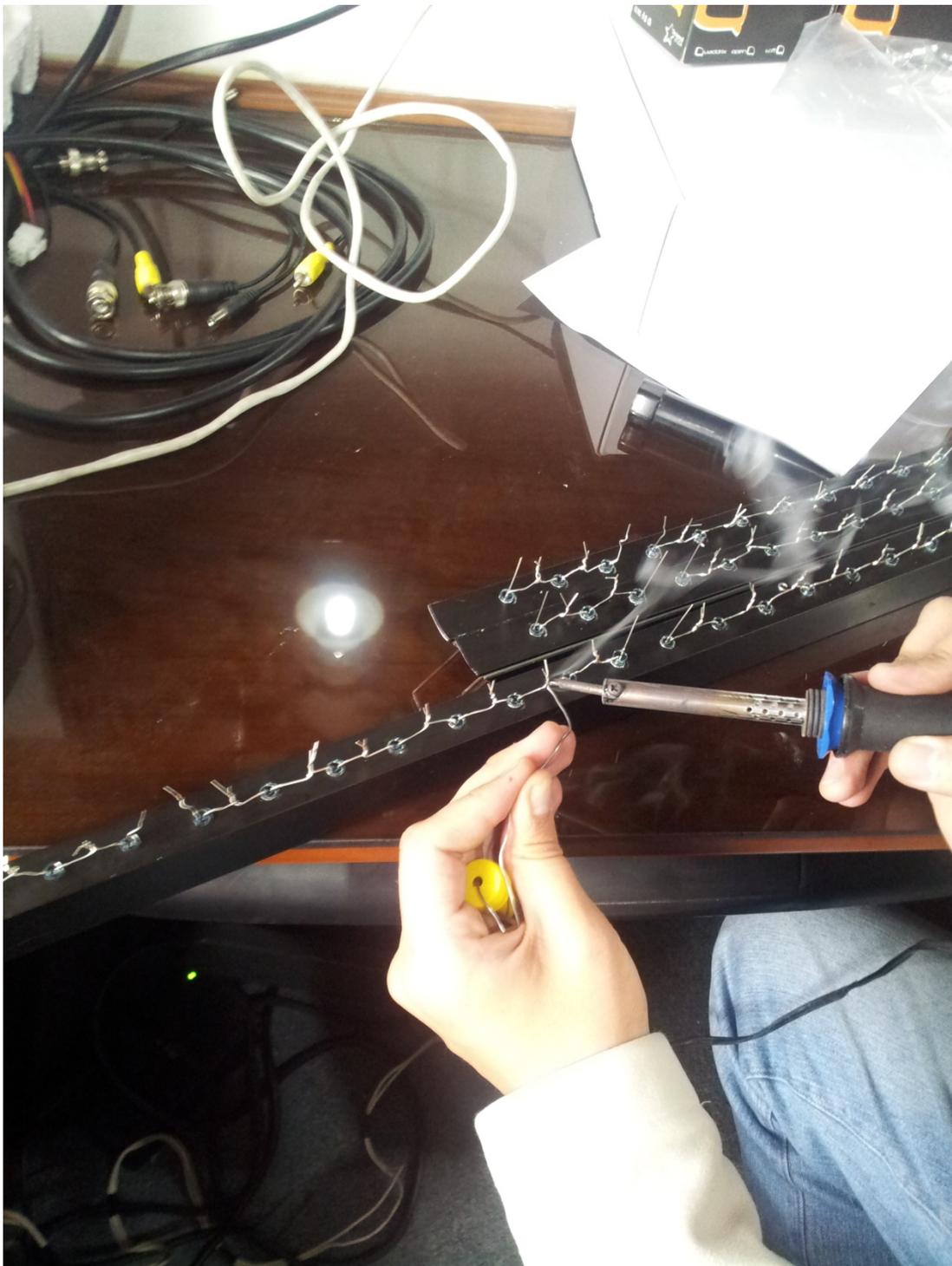
Con los leds colocados en su posición, se procederá a unir los extremos de estos para formar arreglos de 8 Leds infrarrojos en serie, posteriormente todos estos arreglos se colocaran en paralelo para ser conectados a la fuente de alimentación.



**Figura 3.7 Conexión de Leds infrarrojos**

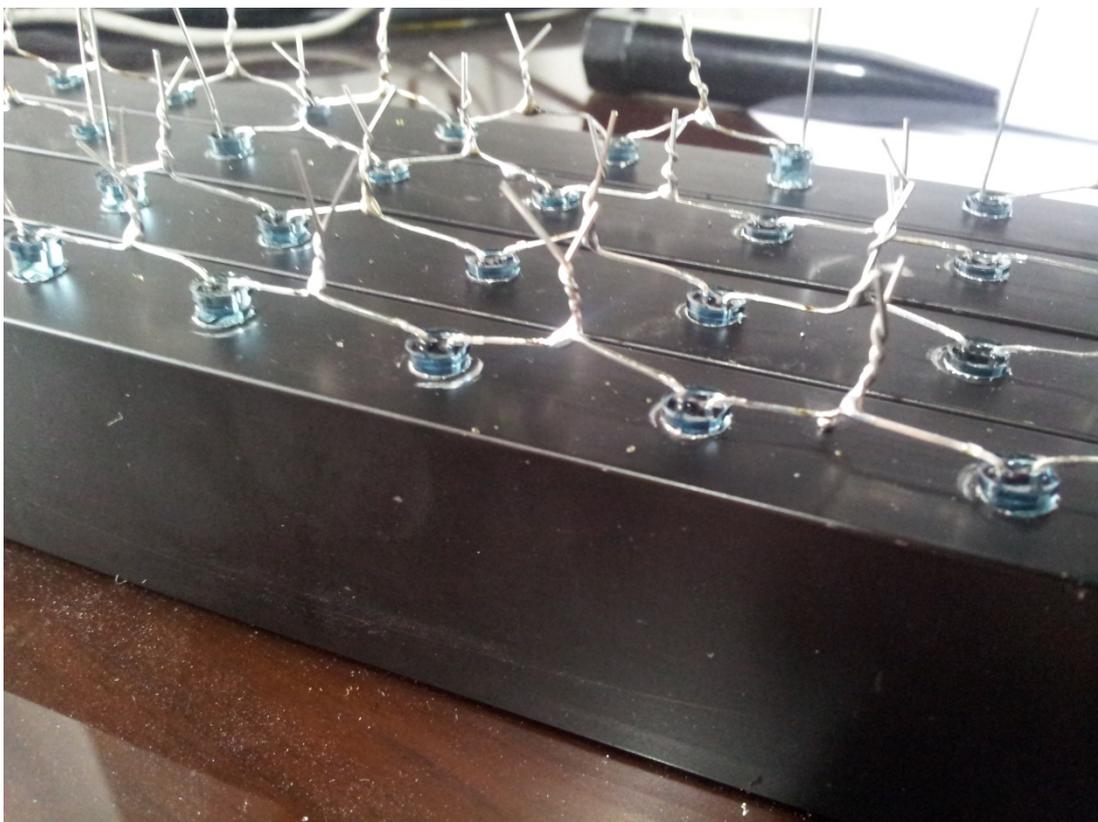
Cuando los arreglos de leds estén conectados entre sí, se procederá a soldar las conexiones de esta forma asegurando que todo trabaje de una

forma correcta, en la imagen inferior se puede observar la forma en la que se realiza la soldadura de conexiones.



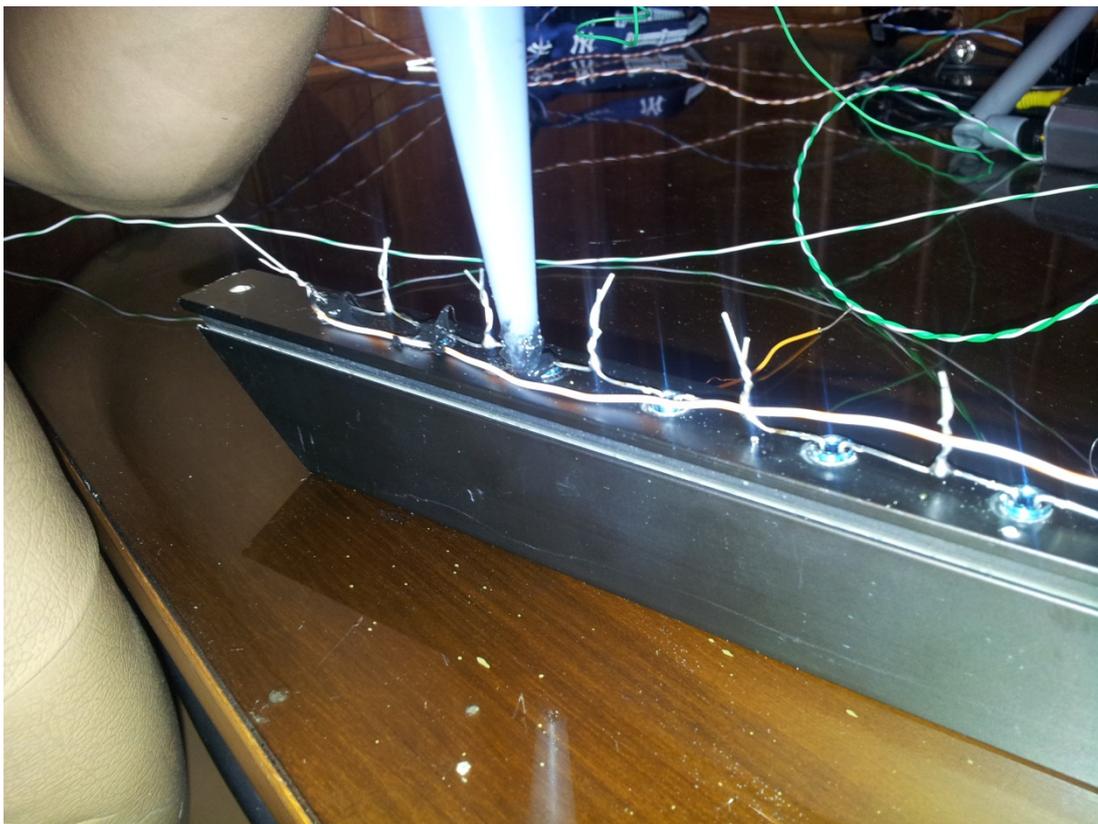
**Figura 3.8 Conexión Leds Infrarrojos con estaño**

En la imagen inferior se puede observar el resultado final al soldar todos los arreglos.



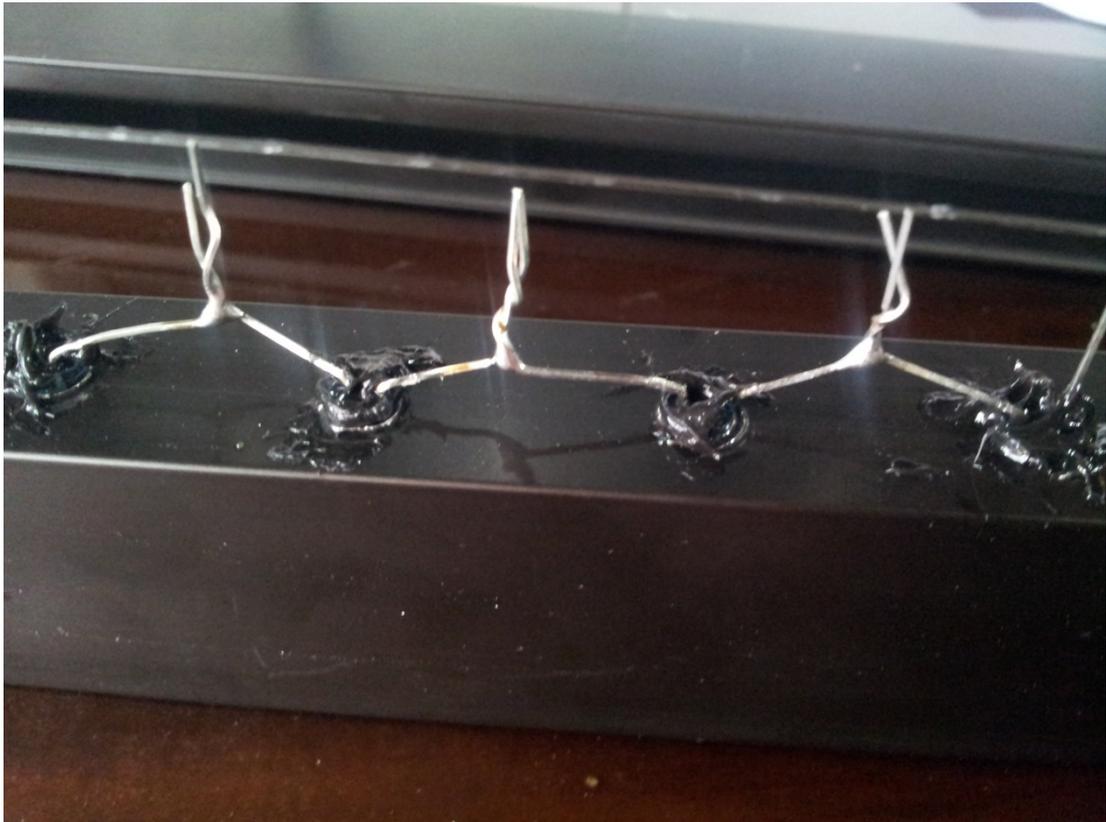
**Figura 3.9 Marco terminado con Leds infrarrojos soldados**

Para asegurar que la luz infrarroja emitida por los Leds no se filtre hacia la parte posterior de estos, se procederá a colocar una capa de silicona negra, la cual actuará como aislante de luz y dará soporte a los leds para asegurarlos al canal de aluminio, se puede observar en la siguiente imagen la forma en la que se coloca silicona en las perforaciones junto con los leds.



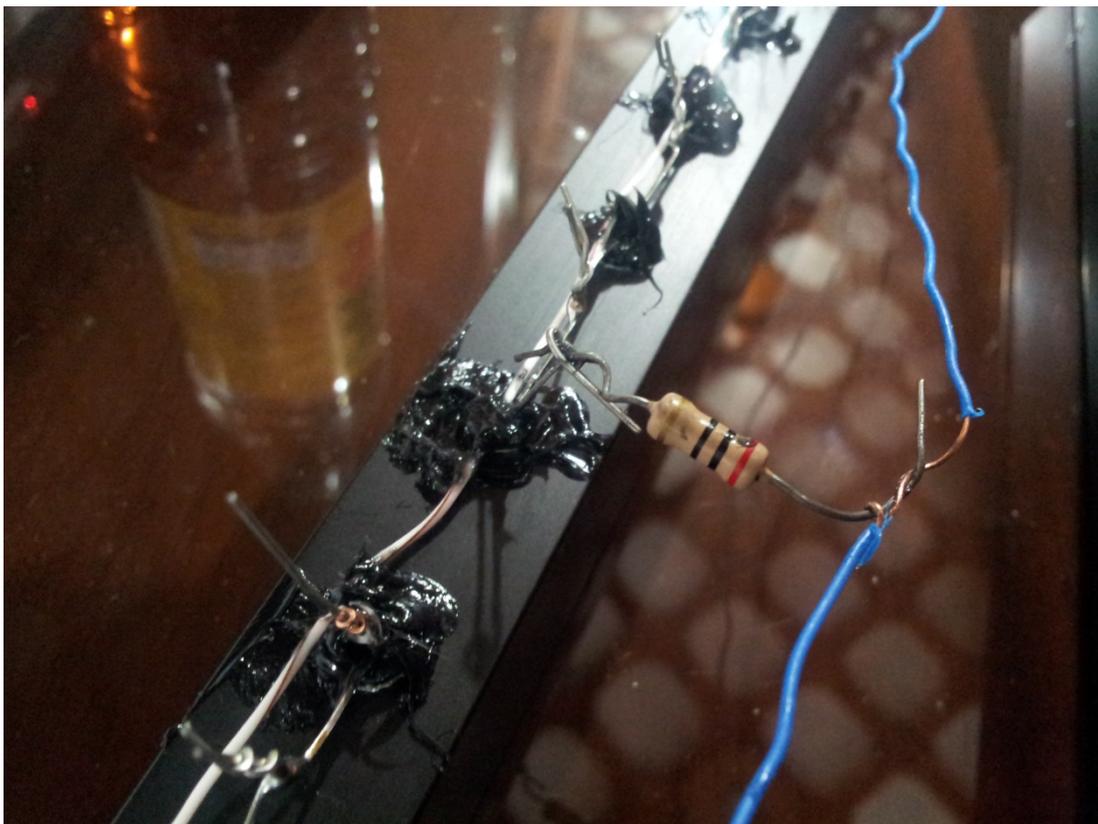
**Figura 3.10 Sellado con Silicona**

En la imagen inferior se puede ver el resultado de esta acción.



**Figura 3.11 Sellado con Silicona terminado**

Para poder conectar los arreglos de leds a una fuente de alimentación de 12V de forma segura, y evitar cualquier daño en estos, se va a colocar una resistencia de XX ohmios, la cual estará entre el los arreglos de 8 Leds en serie y el arreglo en paralelo de todos los Leds. En la imagen inferior se puede observar la conexión de la resistencia entre los arreglos de Leds.



**Figura 3.12 Conexión de arreglo de Leds a fuente DC**

Con el marco de aluminio completo, se procederá a colocar dos capas de Acrílico con un difusor en el interior en el cual se proyectarán las imágenes para la pantalla.

El acrílico se colocará dentro de la ranura que tiene el aluminio para que se pueda sujetar correctamente y se mantenga en su lugar.

Cómo difusor se usará papel pergamino, el cual permite que se proyecte la imagen para la pantalla, y también permite el paso de la luz infrarroja a través de este, y de esa forma se podrá capturar posteriormente la luz para ser procesada y analizada para tomar la posición en la cual se está realizando un contacto con la pantalla.

En la imagen inferior se puede observar el marco de aluminio con el acrílico y el difusor, de esta forma tendremos nuestra pantalla con la cual se desarrollará el proyecto.



**Figura 3.13 Pantalla terminada**

Pueden existir pequeñas filtraciones de luz a través del marco, cómo las que se observan en la figura inferior, estas filtraciones se eliminarán al colocarlas en un marco de madera y posteriormente con silicona para sellar totalmente la pantalla, de esta forma no tener alteraciones exteriores que puedan afectar el desempeño de la pantalla.



**Figura 3.14 Posibles filtraciones de luz en el marco**

Para poder mantener la pantalla fija en la mesa, se va a colocar el marco de aluminio con el acrílico en un marco de madera, el cual estará sobre la mesa, brindando de esta forma estabilidad a la pantalla, para que pueda existir una mejor interacción con el usuario. En la imagen inferior se puede observar la pantalla dentro del marco de madera.



**Figura 3.15 Pantalla en marco de madera**

Para poder sellar la pantalla de cualquier perturbación exterior de luz, se coloca silicona por todo el contorno y la unión entre la pantalla y el marco de madera, en la imagen inferior se puede observar la forma en la que va quedando la pantalla con el sello de silicona.



**Figura 3.16 Sellado con silicona**

El sellado se lo realiza por todo el contorno de la pantalla, tomando en cuenta también las esquinas de esta, para tener un mejor sellado, esto se puede observar en la imagen inferior.



**Figura 3.17 Sellado completo del marco**

Se ha diseñado también una mesa con marco de metal y paredes de madera, que va a ser el soporte para el marco de madera con la pantalla, la mesa construida tiene características de tamaño similares a una mesa común, con pequeñas variaciones para que pueda ser usada de una mejor forma por el usuario. En la imagen inferior se puede ver a la mesa completa, la cual va a tener en su interior todo el sistema para que pueda ser usada como una pantalla multitáctil, es un sistema “stand alone”, que puede ser instalado en diferentes lugares, siendo necesaria solamente una conexión a 110v.



**Figura 3.18 Mesa completa**

Dentro de la mesa se colocarán todos los elementos necesarios para que pueda funcionar de forma correcta la mesa, estos son el proyector, un espejo, y la cámara web.

En la parte posterior de la mesa se colocará el proyector, aprovechando el espacio que se tiene con la inclinación que se dio a la mesa. Se le dio un pequeño ángulo de inclinación a la mesa para que pueda ser usada de una forma más fácil por el usuario y también para poder tener un espacio extra para colocar el proyector y que se pueda proyectar en la pantalla completando las 32 pulgadas que tiene esta.

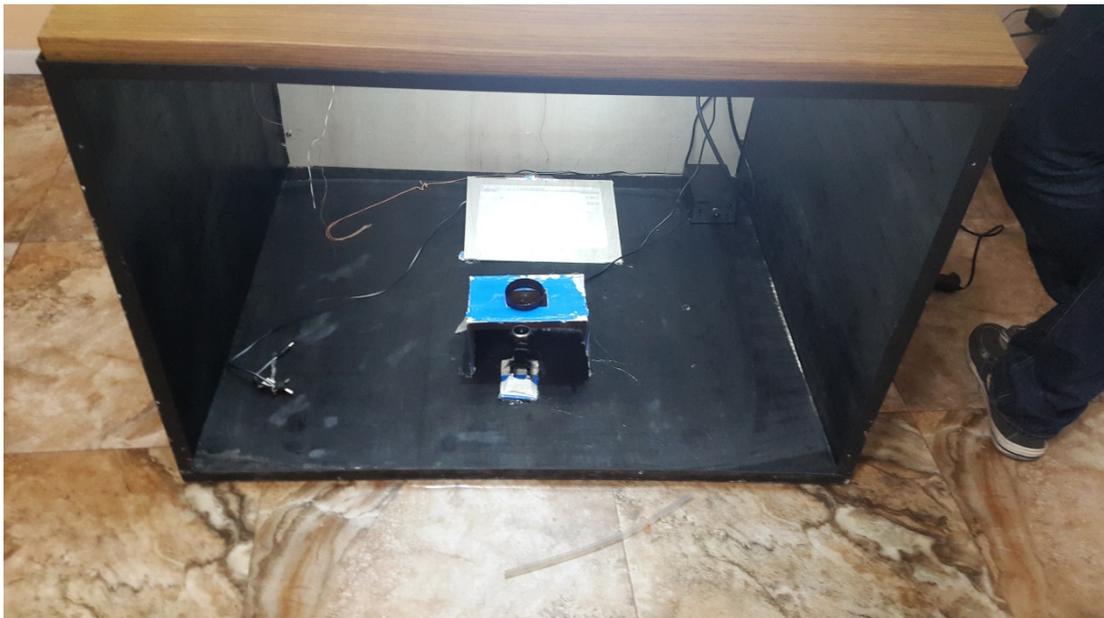


**Figura 3.19 Posición del proyector**

En la parte inferior de la mesa, se colocará el espejo, el cual reflejará la imagen que se proyecta desde el computador hacia la pantalla.

Se debe realizar varios ajustes en el espejo, para poder tener proyectar de una forma correcta en la pantalla, estos ajustes se los realiza de forme manual, hasta conseguir la mejor posición de la imagen en la pantalla.

En la imagen inferior se puede ver la posición del espejo en la mesa.



**Figura 3.20 Posición de espejo y cámara web**

En la imagen 3.20 también se puede observar la posición que tiene la cámara web, dentro de la mesa, en la posición en la que se encuentra se puede tener una visión completa de la pantalla de esta manera se puede capturar la posición de contacto en toda la superficie de la pantalla, obteniendo así una completa interacción por parte del usuario con la pantalla.

También se puede observar en la imagen 3.20 en la parte inferior la posición de la fuente para los Leds.

Para que la mesa tenga una apariencia más agradable para el usuario se colocará sobre la madera un forro de papel que cubrirá completamente esta. En la imagen inferior se puede ver la forma en la que se coloca el forro de papel.



**Figura 3.21 Forro de papel sobre madera**

De esta forma, cada una de las partes de la mesa tendrá una apariencia más agradable y no se tendrá madera vista en ninguna parte. En la imagen inferior se puede ver cuando se colocan los paneles forrados de papel en la mesa.



### **Figura 3.22 Panel forrado con papel**

También se colocará papel para forrar el marco de madera de la mesa, de esta forma se cubrirán los bordes del marco que están en contacto con el aluminio, mejorando la apariencia de la mesa. En la imagen inferior se puede ver el marco de madera forrado.



### **Figura 3.23 Marco de madera forrado**

En la imagen inferior se puede ver la mesa terminada con todos sus paneles forrados.



**Figura 3.24 Mesa totalmente forrada**

Con la mesa terminada en la parte física, se procederán a realizar pruebas durante el desarrollo de las aplicaciones y de la interfaz gráfica, verificando de esa forma que el funcionamiento de la mesa sea el correcto.

### 3.1. Desarrollo Interfaz Gráfica

#### 3.1.1. Desarrollo Interfaz

El desarrollo de la interfaz se la hará utilizando un Applet de java, el cual tendrá las opciones de:

- Aplicación de vocales
- Aplicación de dibujo
- Acceso al Mouse del Sistema Operativo

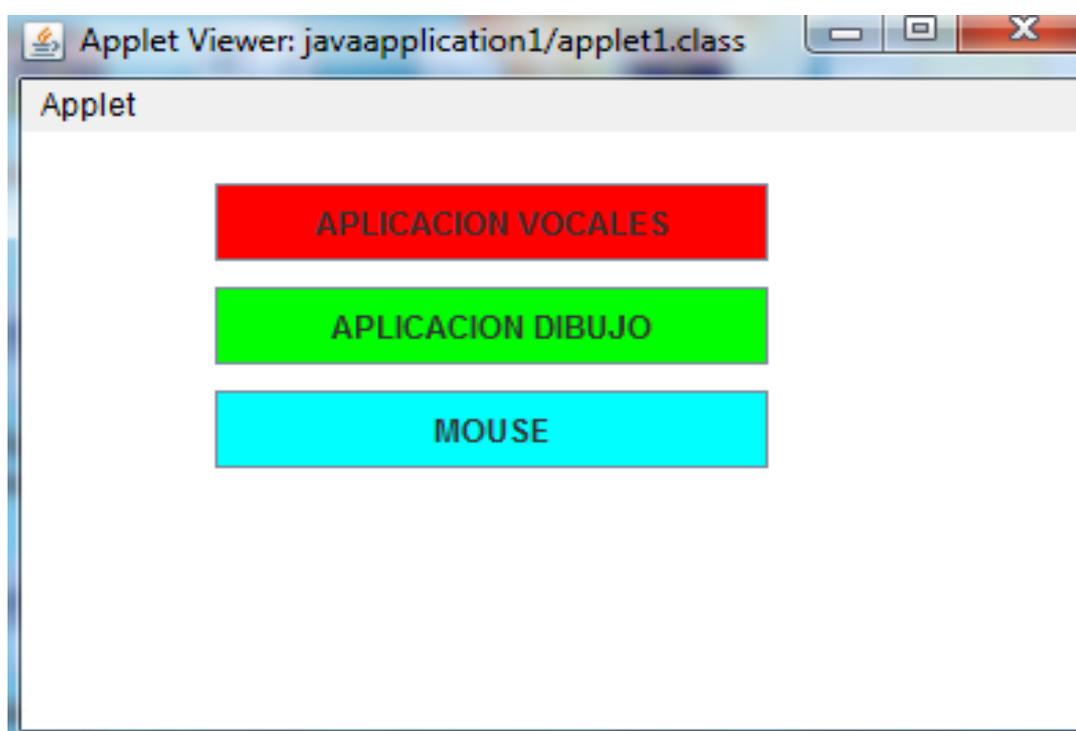


Figura 3.25 Applet Viewer de java

#### 3.1.2. Análisis de Funcionamiento

Como consideraciones del funcionamiento del sistema se consideró lo siguiente:

**Precisión:** Detección y Precisión de los dedos

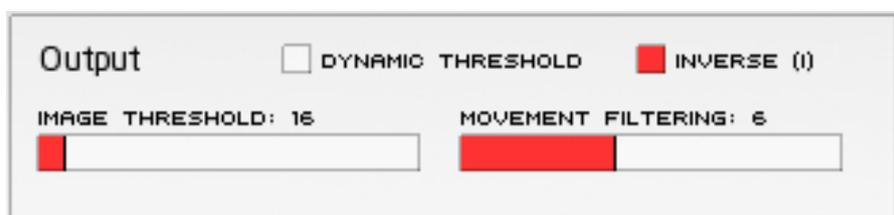
**Rendimiento:** No debe existir latencia de forma que el usuario perciba que el toque en la pantalla sea de lo más natural

**Apariencia:** la interfaz debe ser de uso intuitivo y sencillo

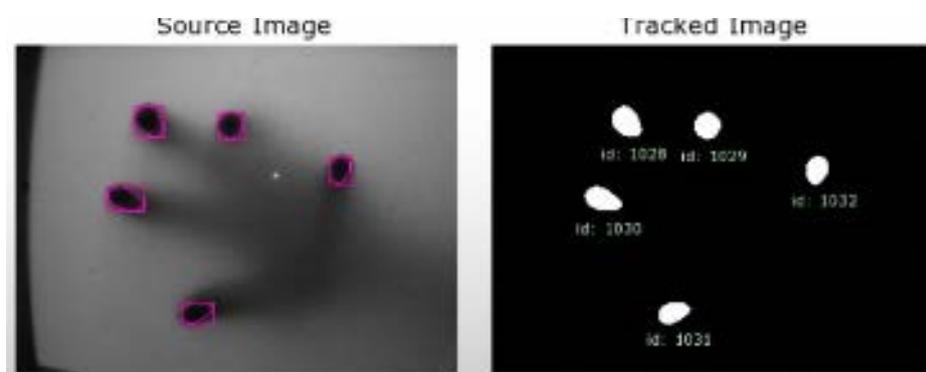
### 3.1.3. Pruebas con Pantalla Multitáctil construida

Se realizaron pruebas en diferentes lugares y a diferentes horas del día, con el fin de determinar la eficiencia de la mesa en los diferentes ambientes.

**Con Sol:** Es imposible visualizar el reflejo de la luz generada por los leds infrarrojos, la luz del ambiente es mayor que la de los leds e ilumina todo el tablero, por lo que se recomienda para este tipo utilizar la opción inverse del CCV para el seguimiento de puntos negros y seguir las sombras que generan los dedos mas no el efecto del FTIR. El problema en trabajar con este modo es que requiere de luz ambiental y genera muchas interferencias y reconocimientos falsos y no requiere de un contacto total con la superficie muchas veces se dio que tan solo al acercar el dedo ya reconocía como toque.

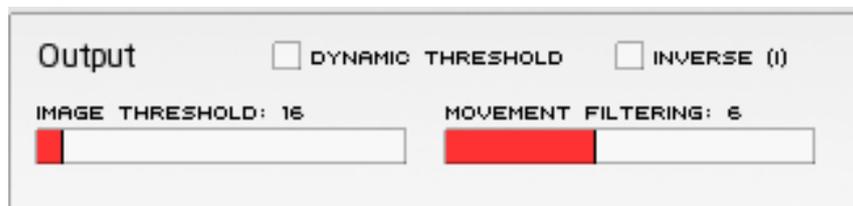


**Figura 3.26 Configuración CCV**



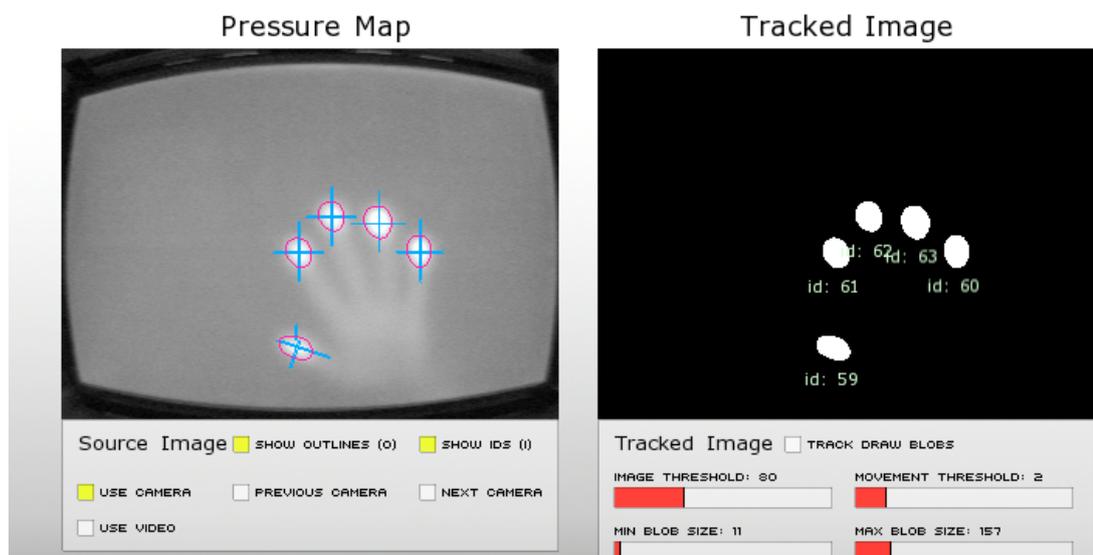
**Figura 3.27 Imagen mostrada en CCV**

**Nublado:** Sin presencia del Sol, los led infrarrojos iluminaban lo suficiente como para que se generen blobs y se reconozca el toque. En este ambiente se debe tener desactivado la opción *inverse*.



**Figura 3.28 Configuración CCV**

**En la noche:** la iluminación del tablero mejora notablemente se ven los blobs claramente y no tiene interferencia, funciona eficientemente.

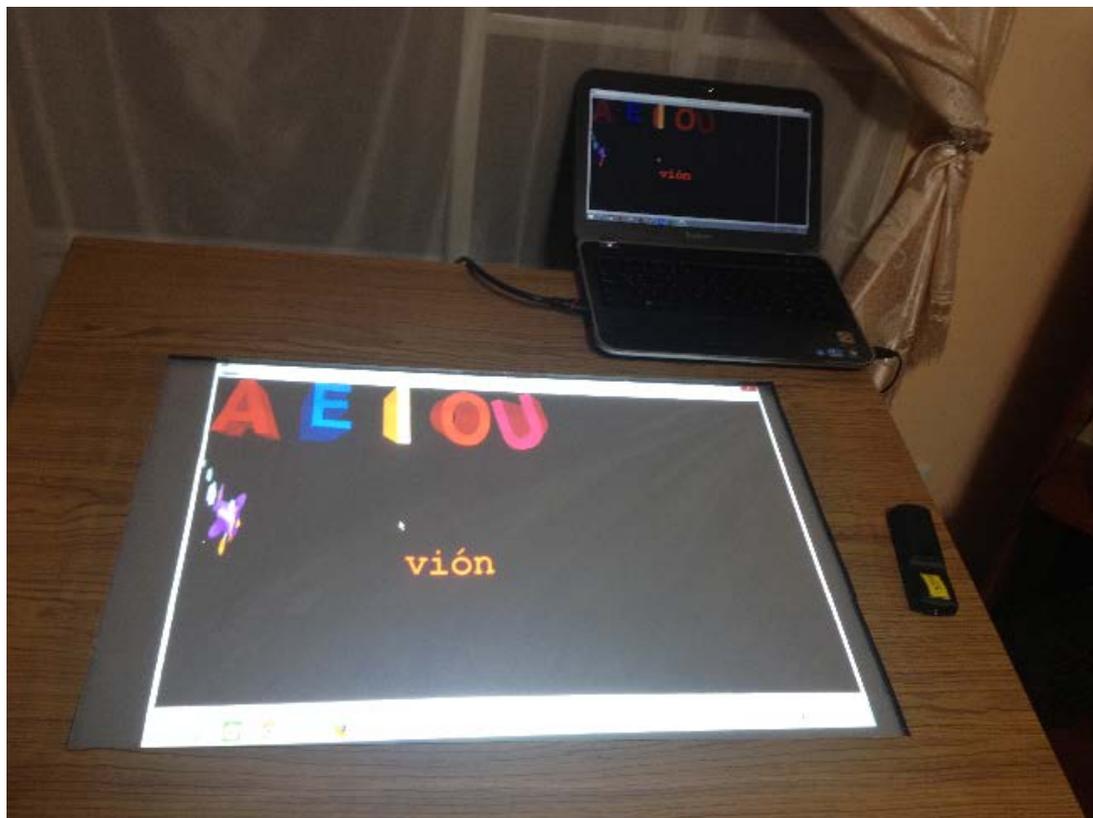


**Figura 3.29 Imagen mostrada en CCV**

### 3.2. Desarrollo Aplicaciones

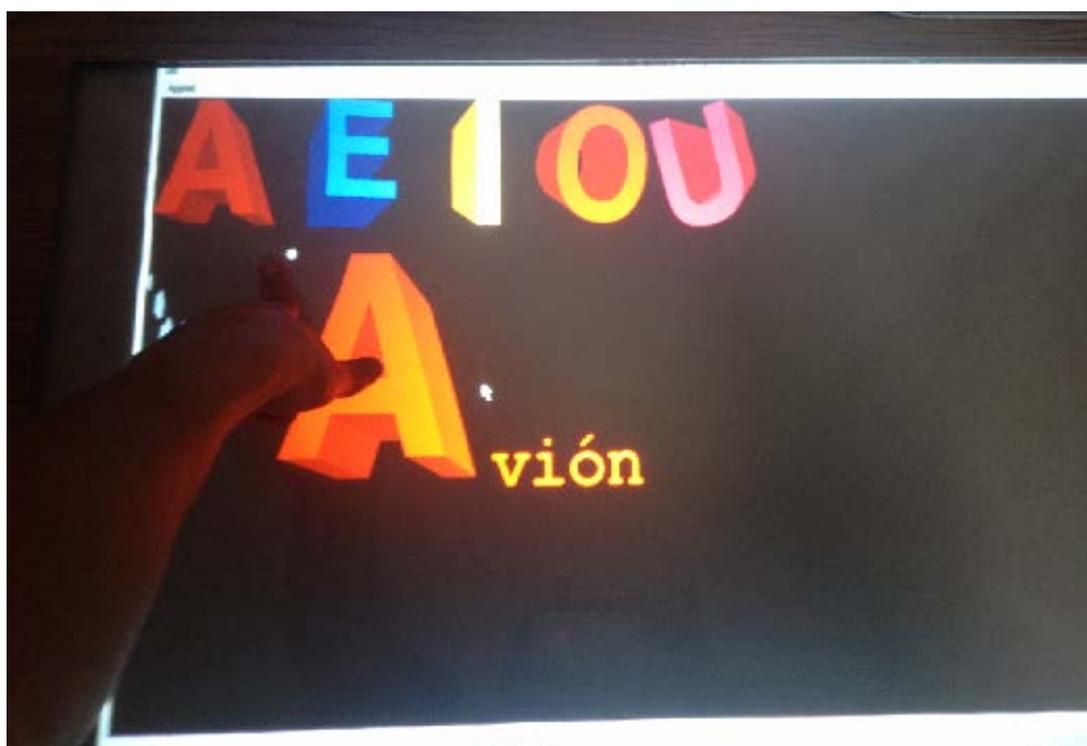
**En la capa de Aplicación:** Se desarrollara una aplicación utilizando JAVA para el aprendizaje de las vocales, así mismo se probara con la integración del movimiento de los dedos con la del mouse del computador para abarcar las diferentes aplicaciones desarrolladas en internet.

Como podemos observar en la gráfica, está corriendo la aplicación desarrollada la cual consiste en arrastrar la vocal correcta para completar la palabra de la figura.



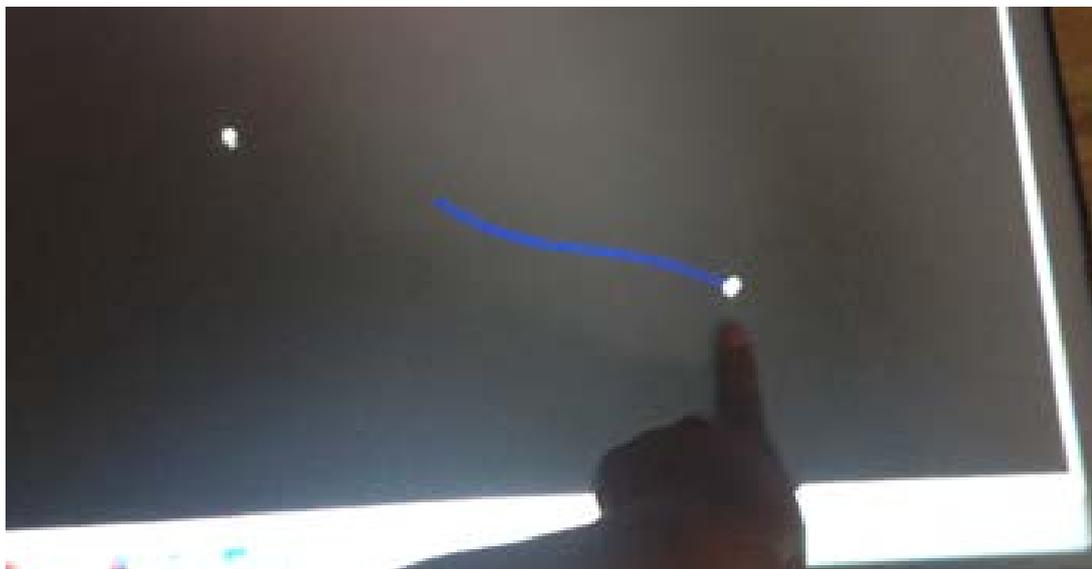
**Figura 3.30 Aplicación Desarrollada**

Aquí podemos observar el arrastre de una letra para completar la palabra, cuando se completa la palabra se reproduce por medio de los parlantes del proyector la palabra, al seleccionar otra letra cambia la figura y se repite el procedimiento.



**Figura 3.31 Movimientos en la aplicación**

Aplicación para dibujo como si se estuviera usando el lápiz de Paint.



**Figura 3.32 Rastrero en la aplicación**

La interacción con el mouse y el computador, que se realizó mediante la clase robot de java.

```
public TuioMouse() {  
    try { robot = new Robot(); }  
    catch (Exception e) {  
        System.out.println("");  
        System.exit(0);  
    }  
  
    width = (int)Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getWidth();  
    height = (int)Toolkit.getDefaultToolkit().getScreenSize().getHeight();  
}
```

**Figura 3.33 Procesamiento de datos en Java**

### **3.2.1. Desarrollo Aplicaciones enfocadas en personas con síndrome de Down.**

"No podemos pretender que en una era digital, los chicos con discapacidad sigan aprendiendo con papel y lápiz", asegura Marcelo Varela, secretario general de la Asociación Síndrome de Down de Argentina (ASDRA). Esta fue una de las principales conclusiones del III Congreso Iberoamericano sobre Síndrome de Down que se celebró el año pasado en México, y que contó con la participación de especialistas de varios países, incluido España. Fue precisamente allí donde se dio a conocer el programa Apps Educativas, un proyecto nacido en Argentina que pretende desarrollar aplicaciones diseñadas para niños con Síndrome de Down, con el objetivo de facilitar su posterior integración laboral.

En la actualidad existen muchas aplicaciones a las cuales se puede acceder mediante el internet, razón por la cual nos vimos obligados a manipular el mouse del Servidor con esto no solo nos limitaremos al que uso de la aplicación desarrollamos, sino que se podrán usar muchas otras.

### 3.2.2. Pruebas de aplicaciones

Para mejorar la experiencia de los usuarios, y ya que todo el software está desarrollado para el sistema Operativo Windows se vio la necesidad de recurrir las herramientas de Accesibilidad que posee Windows 8.

Windows ofrece varios programas y configuraciones que pueden facilitar el uso del equipo y hacerlo más cómodo. Es posible agregar al equipo productos de tecnología de ayuda adicionales.

El Centro de accesibilidad es una ubicación central que puede usar para establecer la configuración de accesibilidad y los programas disponibles en Windows. En el Centro de accesibilidad, tendrá acceso rápido para establecer la configuración de accesibilidad y los programas incluidos en Windows. También encontrará un vínculo a un cuestionario que Windows puede usar para ayudar a sugerir configuraciones que puede encontrar útiles.

**Usar el equipo sin una pantalla.** Windows incluye un lector de pantalla básico denominado Narrador, que leerá en voz alta el texto que aparece en pantalla. Windows también tiene configuraciones para proporcionar descripciones de audio para vídeos y para controlar la manera en la que aparecen los cuadros de diálogo.

Además, muchos otros programas y hardware son compatibles con Windows y están disponibles para ayudar a invidentes, incluidos lectores de pantalla, dispositivos de salida braille y otros productos útiles.

**Facilitar la visualización en el equipo.** Hay varias configuraciones disponibles para facilitar la visualización de la información en la pantalla. Por ejemplo, la pantalla se puede ampliar, los colores de la pantalla se pueden

ajustar para que la pantalla sea más fácil de ver y de leer, y se pueden quitar las imágenes del fondo y las animaciones innecesarias.

**Usar el equipo sin un mouse o teclado.** Windows incluye un teclado en pantalla que puede usar para escribir. Además, puede usar el reconocimiento de voz para controlar el equipo con comandos de voz y para dictar texto en los programas.

**Facilitar el uso del mouse.** Puede cambiar el tamaño y el color del puntero del mouse, y usar el teclado para controlar el mouse. Para obtener más información, consulte [Facilitar el uso del mouse](#).

**Facilitar el uso del teclado.** Puede ajustar el modo en que Windows responde a una entrada del mouse o del teclado de forma que las combinaciones de teclas sean más sencillas de presionar, la escritura sea más fácil o no se tengan en cuenta las teclas presionadas de manera inadvertida. Para obtener más información, consulte [Facilitar el uso del teclado](#).

**Usar alternativas visuales y de texto para sonidos.** Windows puede reemplazar dos tipos de información de audio por equivalentes visuales. Puede reemplazar los sonidos del sistema por alertas visuales y puede ver subtítulos de texto para diálogos hablados en programas multimedia. Para obtener más información, consulte [Usar texto o alternativas visuales para los sonidos](#).

**Facilitar la concentración en las tareas de lectura y escritura.** Hay varias configuraciones que pueden facilitar la concentración en las tareas de lectura y escritura. Puede hacer que Narrador lea la información de la pantalla, ajustar el modo en que el teclado responde a ciertas pulsaciones de tecla y controlar si se muestran determinados elementos visuales.

Además del Centro de accesibilidad, Windows incluye tres programas que pueden facilitar el modo de interactuar con el equipo.

- **Lupa.** La Lupa es un programa que amplía una parte de la pantalla del equipo para facilitar la lectura. Para obtener más información acerca del uso de la Lupa, consulte Ampliar los elementos mostrados en pantalla (Lupa).
- **Narrador.** El Narrador es un programa que lee el texto de la pantalla en voz alta. Para obtener más información acerca del uso del Narrador, consulte Escuchar texto leído en voz alta con el Narrador.
- **Teclado en pantalla.** El Teclado en pantalla es un programa que permite usar el mouse u otro dispositivo para interactuar con un teclado en la pantalla. Para obtener más información acerca del uso del Teclado en pantalla, consulte Escribir sin teclado (Teclado en pantalla).



**Figura 3.34 Teclado en pantalla**

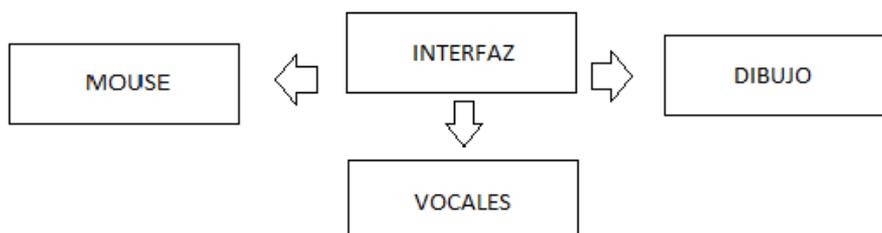
**Interacción a través de gestos para el mouse:** la forma de interactuar por medio de uno o más movimientos. Una de las premisas principales en una aplicación multitáctil es el buen uso de gestos sobre la pantalla como forma de interacción. En los siguientes gráficos se presenta en detalle los comúnmente usados

Nombre	Procedimiento	Función
Pulsar 	Pulsa una vez en el elemento.	Abre, selecciona o activa el elemento pulsado. Similar a hacer clic con el mouse.
Presionar y mantener presionado 	Presiona el dedo hacia abajo y mantenlo en esa posición un segundo.	Muestra información acerca de un elemento o abre un menú específico de la acción que estás realizando. Por ejemplo, mantén presionado un icono en la pantalla Inicio para cambiar su posición, cambiar su tamaño o anclarlo. Solo funciona con algunos elementos. Similar a hacer clic con el botón secundario del mouse.
Pellizcar o estirar para acercar 	Toca la pantalla o un elemento con dos o más dedos, luego acércalos entre sí (pellizco) o aléjalos entre sí (estiramiento).	Acercar o alejar visualmente, como con imágenes o mapas. La pantalla Inicio le ofrece un buen lugar para explorarla.
Deslizar para desplazar 	Arrastra los dedos por la pantalla.	Se mueve por el contenido de la pantalla. Similar a desplazarse con el mouse.
Dos dedos 	Presionar con dos dedos	Click Derecho

**Figura 3.35 Gestos en pantalla**

### 3.2.3. Integración con Interfaz gráfica

La interfaz gráfica fue desarrollada sobre un applet el cual al momento de la selección hace el llamado a otro Applet de acuerdo a la selección del menú.



**Figura 3.36 Integración con Interfaz gráfica**

### 3.2.4. Pruebas finales en Pantalla Multitáctil

**Aplicación Vocales:** El audio y desempeño de la aplicación fue exitoso, el mayor problema de esta aplicación fue al arrastrar las vocales para completar la palabra ya que la pantalla no tiene una capa de adaptación por lo que el movimiento de los dedos no deslizan suavemente lo que hace que en ocasiones se pierda la continuidad del movimiento.

**Aplicación Dibujo:** el mismo problema que la aplicación de las vocales el desplazamiento de los dedos en la superficie directa del acrílico hace q sea difícil de mantener la continuidad de toque.

**Aplicación Mouse:** Se observaron problemas en la simulación del doble click, por la latencia que existe hace difícil el reconocimiento del doble click como por ejemplo para abrir carpetas, el modo para hacer esto fue hacer click derecho y seleccionar la opción abrir.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis de funcionalidad de Pantalla Multitáctil diseñada**

Para realizar un análisis de funcionalidad de la pantalla multitáctil, se lo va hacer a través del desempeño de las aplicaciones, esto se va hacer con un análisis completo del funcionamiento de estas, con la ayuda de la respuesta del usuario ante el uso de la pantalla.

Para poder tener un análisis más claro, se van a plantear diferentes pruebas para los usuarios, así como diferentes análisis lo cual permitirá tener una visión clara del funcionamiento de la pantalla, y de las posibles correcciones que pueda tener, o las mejoras en las cuales se puede seguir trabajando.

#### **4.2. Análisis de Interfaz Desarrollada**

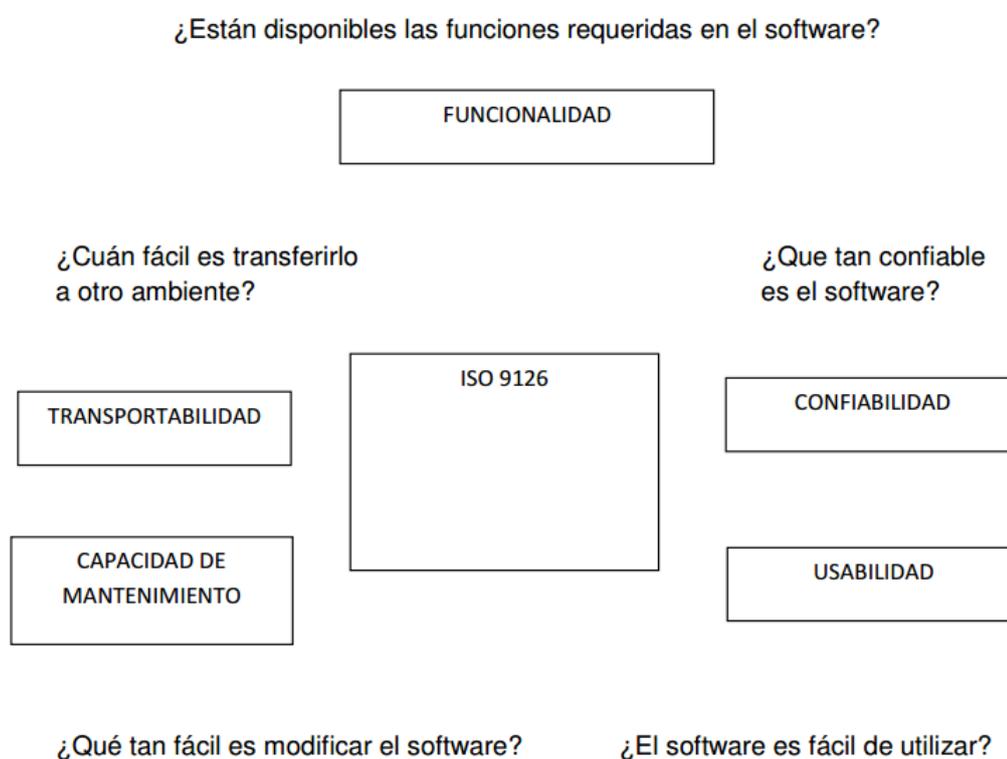
Para el análisis de funcionalidad de la pantalla multitáctil diseñada se usará el modelo ISO 9126, el cual nos permitirá realizar un análisis completo de la funcionalidad de la pantalla y de las aplicaciones desarrolladas.

El modelo ISO 9126 “Software Product Evaluation: Quality Characteristics and Guidline for Their Use” está basado en el Modelo de McCall, este estándar internacional es usado para la medición de calidad en el software. La norma ISO

Esta norma tiene una clasificación de la calidad del software en un conjunto estructurado de características y subcategorías las cuales están

divididas en atributos. El atributo puede ser verificado o medido en el producto de software. Los atributos son propios de cada producto de software, y estos no están definidos en un estándar.

El producto original definió seis características del producto estas seis características son divididas en un numero de sub -características. Se puede observar las características en la imagen inferior. (IEEE, 2012)



**Figura 4.1 ISO 9126**

Tabla 6 ISO 9126

<b>Factor de calidad</b>	<b>Sub Característica</b>
<b>Funcionabilidad</b>	Idoneidad
	Exactitud
	Interoperabilidad
	Seguridad
	Cumplimiento de normas
<b>Fiabilidad</b>	Madurez
	Recuperabilidad
	Tolerancia a fallos
<b>Usabilidad</b>	Aprendizaje
	Comprensión
	Operatividad
	Atractividad
<b>Eficiencia</b>	Comportamiento en el tiempo
	Comportamiento de recursos
<b>Mantenibilidad</b>	Estabilidad
	Facilidad de análisis
	Facilidad de cambio
	Facilidad de pruebas
<b>Portabilidad</b>	Capacidad de instalación
	Capacidad de reemplazamiento
	Adaptabilidad
	Co-Existencia



**Tabla 8 Test Interfaz, puntos a mejorar**

1	Hay casos en los que se dan errores al seleccionar las opciones
2	Es un software en desarrollo, por lo que puede ser mejorado para aumentar sus capacidades
3	En muchos de los casos después de una falla el sistema puede recuperarse automáticamente, pero al seguir estando en desarrollo pueden darse problemas siendo necesario un reinicio de la aplicación.
4	Se puede mejorar la estabilidad de la pantalla realizando cambios de hardware
5	Se debe calibrar si se usa en una Interfaz multitáctil diferente

Con el resultado obtenido usando el modelo ISO 9126, podemos tener un análisis completo de la funcionalidad del software desarrollado:

**Idoneidad:** La interfaz puede desempeñar correctamente con las tareas requeridas, que se habían propuesto para el proyecto.

**Exactitud:** En algunos casos se pueden dar errores al seleccionar las diferentes opciones de la interfaz, esto puede ser ajustado y mejorado con futuras actualizaciones.

**Interoperabilidad:** La interfaz gráfica puede ajustarse para realizar diferentes tareas, por lo que puede interactuar con otras aplicaciones correctamente.

**Seguridad:** dentro de la interfaz gráfica el usuario no puede realizar acciones que pongan en peligro su seguridad ni sus datos.

**Madurez:** El software puede seguir mejorando más con nuevas actualizaciones que brinden una mayor cantidad de aplicaciones.

**Recuperabilidad:** Si existe algún problema con la interfaz gráfica, el sistema muchas veces puede recuperarse automáticamente, pero pueden darse casos en los que se deba reiniciar la interfaz.

**Tolerancia a fallos:** Si existe algún fallo con la aplicación, esta no sufrirá daños en su desempeño, podrá seguir trabajando normalmente al recuperarse del fallo.

**Aprendizaje:** Es una aplicación amigable y el usuario fácilmente puede adaptarse a la interfaz y aprender fácilmente a usarla.

**Comprensión:** Se puede comprender fácilmente las opciones que se tienen en la interfaz y forma de usarla.

**Operatividad:** El usuario puede usar el sistema sin complicaciones, cumpliendo correctamente con lo que está buscando.

**Atractividad:** Los gráficos de la interfaz pueden ser mejorados, para mejorar su atractivo hacia los usuarios.

**Estabilidad:** Puede mejorarse la estabilidad de la aplicación si se realizan cambios en la pantalla, de esta forma se podrá mejorar su desempeño.

**Facilidad de análisis:** Se puede de manera fácil realizar un análisis del funcionamiento actual de la aplicación.

**Facilidad de cambio:** Se es necesario realizar algún ajuste en la interfaz, se lo puede hacer con pequeños cambios de software.

**Facilidad de pruebas:** Se pueden realizar pruebas de funcionamiento de manera sencilla ya que la interfaz es de fácil uso y no tiene una estructura complicada.

**Capacidad de instalación:** La interfaz debe ser ajustada y configurada en cada una de las pantallas en las que va a ser instaladas para que pueda funcionar correctamente.

**Capacidad de reemplazamiento:** En el caso que alguna falla en la interfaz, se pueden solucionar los problemas fácilmente.

**Adaptabilidad:** La interfaz puede adaptarse para funcionar con diferentes aplicaciones, solamente hay que hacer pequeños cambios en software.

**Co-Existencia:** La interfaz puede funcionar correctamente con otras aplicaciones sin afectar con su funcionalidad.

### **4.3. Análisis de Aplicaciones Desarrolladas**

Para el análisis de funcionalidad de las aplicaciones que usan con la pantalla multitáctil se va a seguir usando el modelo ISO que se vio anteriormente.

Con este análisis se pretende obtener un resultado claro de la funcionalidad del software desarrollado, y su impacto para el usuario.

A continuación se muestra los resultados del análisis de funcionamiento de la interfaz gráfica.

**Tabla 9 Resultado test Aplicacion**

	Otras Aplicaciones	Uso cómo Mouse	Aplicación	
Idoneidad	*	*	*	
Exactitud	1	1	1	
Interoperabilidad	*	*	2	
Seguridad	*	3	*	
Madurez	4	4	4	
Recuperabilidad	5	5	5	
Tolerancia a fallos	6	*	*	
Aprendizaje	*	*	*	
Comprensión	*	*	*	
Operatividad	*	*	*	
Atractividad	*	*	7	
Estabilidad	8	8	8	
Facilidad de análisis	*	*	*	
Facilidad de cambio	*	*	*	
Facilidad de pruebas	*	*	*	
Capacidad de instalación	*	*	9	
Capacidad de reemplazamiento	*	*	*	
Adaptabilidad	*	*	*	
Co-Existencia	*	*	*	

**Tabla 10 Test Aplicación, Puntos a mejorar**

1	Hay casos en los que se dan errores al seleccionar las opciones
2	Las aplicaciones están diseñadas para ser usadas solamente con la interfaz desarrollada, hay que adaptarlas para cualquier interfaz
3	Al usar la funcionalidad del mouse, no se puede garantizar el uso que en aplicaciones, ya que el acceso queda abierto al usuario
4	Es un software en desarrollo, por lo que puede ser mejorado para aumentar sus capacidades
5	En muchos de los casos después de una falla el sistema puede recuperarse automáticamente, pero al seguir estando en desarrollo pueden darse problemas siendo necesario un reinicio de la aplicación.
6	Al usar con aplicaciones de terceros no se puede garantizar la tolerancia a fallos
7	Se pueden mejorar las gráficas de la aplicación para que sea más atractivo para el usuario
8	Se puede mejorar la estabilidad de la pantalla realizando cambios de hardware
9	Se debe calibrar si se usa en una Interfaz multitáctil diferente

Con el resultado obtenido usando el modelo ISO 9126, podemos tener un análisis completo de la funcionalidad del software desarrollado:

**Idoneidad:** La aplicación puede desempeñar correctamente con las tareas requeridas, que se habían propuesto para el proyecto.

**Exactitud:** En algunos casos se pueden dar errores al seleccionar las diferentes opciones de la aplicación, esto puede ser ajustado y mejorado con futuras actualizaciones.

**Interoperabilidad:** La aplicación puede ajustarse para realizar diferentes tareas, por lo que puede interactuar con otras aplicaciones correctamente.

**Seguridad:** dentro de la aplicación el usuario no puede realizar acciones que pongan en peligro su seguridad ni sus datos.

**Madurez:** El software puede seguir mejorando más con nuevas actualizaciones que brinden una mayor cantidad de aplicaciones.

**Recuperabilidad:** Si existe algún problema con la aplicación, el sistema muchas veces puede recuperarse automáticamente, pero pueden darse casos en los que se deba reiniciar la aplicación.

**Tolerancia a fallos:** Si existe algún fallo con la aplicación, esta no sufrirá daños en su desempeño, podrá seguir trabajando normalmente al recuperarse del fallo.

**Aprendizaje:** Es una aplicación amigable y el usuario fácilmente puede adaptarse a la interfaz y aprender fácilmente a usarla.

**Comprensión:** Se puede comprender fácilmente las opciones que se tienen en la aplicación y forma de usarla.

**Operatividad:** El usuario puede usar el sistema sin complicaciones, cumpliendo correctamente con lo que está buscando.

**Atractividad:** Los gráficos de la aplicación pueden ser mejorados, para mejorar su atractivo hacia los usuarios.

**Estabilidad:** Puede mejorarse la estabilidad de la aplicación si se realizan cambios en la pantalla, de esta forma se podrá mejorar su desempeño.

**Facilidad de análisis:** Se puede de manera fácil realizar un análisis del funcionamiento actual de la aplicación.

**Facilidad de cambio:** Se es necesario realizar algún ajuste en la aplicación, se lo puede hacer con pequeños cambios de software.

**Facilidad de pruebas:** Se pueden realizar pruebas de funcionamiento de manera sencilla ya que la aplicación es de fácil uso y no tiene una estructura complicada.

**Capacidad de instalación:** La aplicación debe ser ajustada y configurada en cada una de las pantallas en las que va a ser instaladas para que pueda funcionar correctamente.

**Capacidad de reemplazamiento:** En el caso que alguna falla en la aplicación, se pueden solucionar los problemas fácilmente.

**Adaptabilidad:** Se pueden utilizar diferentes aplicaciones, ya sean de terceros o desarrolladas.

**Co-Existencia:** Se pueden usar diferentes aplicaciones que interactúan correctamente entre sí.

Se realizó una evaluación de funcionamiento con 5 usuarios diferentes, que realizaron diferentes pruebas con la pantalla multitáctil, para determinar el funcionamiento de esta y ver desde el punto de vista del usuario la forma en la que está trabajando la pantalla multitáctil.

Para este caso se tomaron en cuenta 3 test, los cuales pretenden determinar la eficiencia de la pantalla siendo evaluada por un usuario.

El primer test lo que pretende es determinar la precisión de la pantalla al realizar un toque en esta, para poder determinar si es correcto el funcionamiento de esta, de esta forma se podrá ver si hay errores mientras usa el usuario la pantalla, y poder realizar correcciones a futuro que permitan mejorar la interacción mientras se usa la pantalla con las diferentes aplicaciones.

El segundo test pretende determinar la precisión de la pantalla al realizar una interacción con esta, al realizar un movimiento sobre la pantalla, esto permitirá a futuro determinar si se puede escalar la aplicación para tener una mejor interacción multitáctil con las aplicaciones. Y esto podrá ser

desarrollado para futuros trabajos, mejorándose de esta forma el desempeño de la pantalla.

El tercer test evalúa el desempeño de la aplicación para el usuario, si esta es amigable, cumple con las expectativas o necesita ser mejorada, con esto a futuro se mejoraría las aplicaciones realizando actualizaciones de estas que mejoren la interacción con el usuario.

Para evaluar el resultado de los test, se pidió a los usuarios que realicen los tres diferentes test con 3 repeticiones cada uno, evaluándolo con una calificación de 1 – 5, siendo 5 la más alta y uno la peor calificación. Luego de tener las calificaciones de cada una de las repeticiones por cada test, se realizará un promedio de estos, siendo este el resultado de cada prueba.

**Tabla 11 Test 1 Usuario**

<b>Test 1</b>				
	1	2	3	Promedio
<b>1</b>	4	5	4	4.33
<b>2</b>	5	4	4	4.33
<b>3</b>	5	5	4	4.67
<b>4</b>	5	5	5	5.00
<b>5</b>	4	5	4	4.33

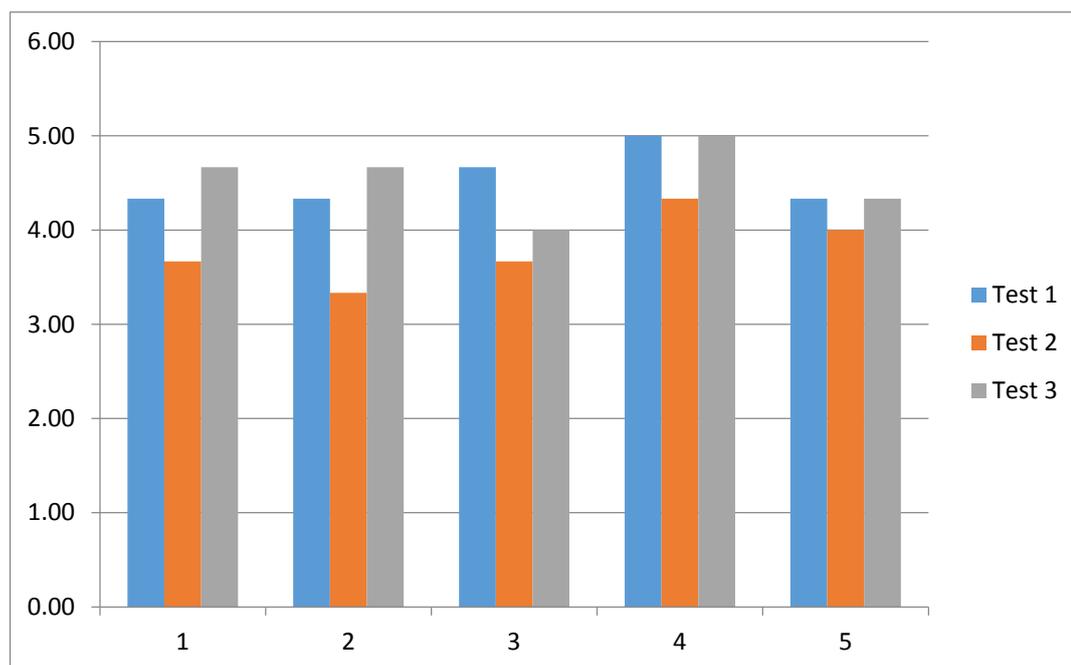
Tabla 12 Test 2 Usuario

Test 2				
	1	2	3	Promedio
1	4	3	4	3.67
2	4	4	2	3.33
3	4	4	3	3.67
4	5	4	4	4.33
5	4	4	4	4.00

Tabla 13 Test 3 Usuario

Test 3				
	1	2	3	Promedio
1	5	4	5	4.67
2	4	5	5	4.67
3	4	4	4	4.00
4	5	5	5	5.00
5	4	5	4	4.33

Con los datos obtenidos se ha realizado un gráfico comparativo con el cual se puede ver de una manera más clara el desempeño de las aplicaciones para los usuarios. El gráfico con los resultados se muestra a continuación.



**Figura 4.2 Gráfica de resultados de Test de Usuario**

Con los resultados obtenidos, se puede ver que existen pequeños problemas en la interacción con la interfaz, ya que esta no es tan precisa, esto se puede corregir realizando ajustes en la pantalla, para de esta forma tener una mejor calibración de la pantalla.

De este mismo punto derivan los resultados del segundo test, en el cual se puede ver que al realizar interacciones con la pantalla como movimientos o gestos, la precisión de la pantalla es menor, por lo que se deben realizar ajustes para mejorar el desempeño.

En cuanto a los resultados del tercer test, se puede ver que los usuarios encontraron a la aplicación amigable, y de fácil uso, cumpliendo con las expectativas que estos tenían de ella. Pero se puede trabajar para mejorar la apariencia de la aplicación, mejorando los gráficos y la manera en la que el usuario interactúa con la aplicación.

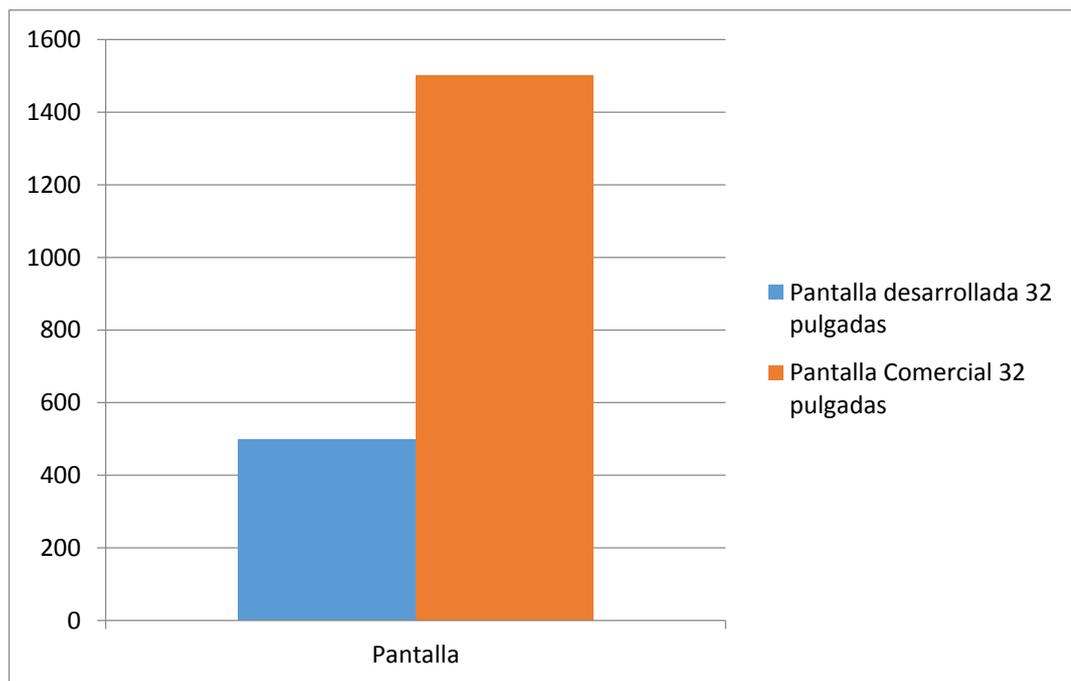
#### **4.4. Comparación del Desempeño de Pantalla Multitáctil construida con Pantallas Multitáctiles presentes en el mercado actual.**

Al realizar una comparación entre las pantallas que existen actualmente en el mercado con la pantalla que se desarrolló, lo que se trata de hacer es verificar si la pantalla que se desarrolló puede cumplir con las mismas características que las pantallas comerciales, y las ventajas o desventajas que esta puede presentar.

El primer análisis que se va a realizar es sobre el costo de las pantallas existentes en el mercado comparado con el costo que tiene una pantalla desarrollada con la tecnología usada.

En el mercado actual existen un sin número de pantallas multitáctiles, con diferentes capacidades y características, también se pueden encontrar pantallas de diferentes tamaños, para el caso actual, vamos a comparar solamente pantallas multitáctiles de 32 pulgadas, que es el tamaño de la pantalla desarrollada.

El costo de las pantallas que existen en el mercado es de más de \$1500, siendo éstas las más básicas y sin mayores prestaciones. La pantalla que se ha desarrollado, tiene un costo menor a \$500.



**Figura 4.3 Gráfica de comparación entre: pantallas comerciales, y desarrollada**

Tomando en cuenta estos valores, se puede observar que claramente la pantalla desarrollada es una pantalla de bajo costo, que puede ser construida y desarrollada para remplazar las pantallas existentes en el mercado actual.

Comparando la resolución de las pantallas, las pantallas que existen en el mercado son pantallas LED de alta resolución, comparando con la pantalla desarrollada, esta no tiene la definición de una pantalla LED, pero sigue teniendo una alta resolución, ya que el proyector que se usó para su desarrollo es de alta calidad.

Al comparar la precisión de las pantallas del mercado con la desarrollada, se puede encontrar que estas tienen una precisión casi perfecta, esto se debe a la tecnología que usan y al tiempo de desarrollo que han tenido éstas, sin embargo, la precisión que cuenta la pantalla desarrollada es aceptable, y esta puede mejorar realizando mejoras en la pantalla y con un mejor ajuste de esta.

En cuanto a las aplicaciones que tiene estas pantallas, mientras mayor prestaciones tengan el costo es mucho mayor, por lo que si se busca una pantalla comercial que tenga varias aplicaciones y una interfaz gráfica propia, los costos van a ser muy altos, comprando con la pantalla desarrollada, esta tiene incluida todo el sistema de aplicaciones e integración con el computador, sin incrementar el costo en el desarrollo de esta.

#### **4.5. Planteamiento de Acciones correctivas y mejoras futuras**

Con los análisis realizados en cuanto al funcionamiento con la pantalla y a la respuesta de esta hacia el usuario, se han podido identificar varios puntos en los cuales se puede seguir trabajando para mejorar la pantalla, corregir errores y mejorar.

Dentro de las acciones que deben ser realizadas a corto plazo son las de mejorar la precisión de la pantalla, esto se lo debe realizar con cambios en el hardware, buscando alternativas que mejoren el desempeño, así como realizando ajustes en la cámara y posición de la mesa para mejorar.

Se puede seguir trabajando en el desarrollo de aplicaciones para ser trabajadas en la pantalla, la pantalla nos da una gran apertura para que se puedan desarrollar más aplicaciones con diferentes enfoques y que puedan ayudar para el desarrollo de las personas.

Se debe mejorar la presentación de la aplicación, mejorando los gráficos y la presentación al usuario, aunque actualmente es agradable y de fácil entendimiento, eso puede ser mejorado logrando un mejor impacto para los usuarios.

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se realizó la implementación de Hardware y Software con herramientas Open Source. Por lo que los objetivos del presente proyecto fueron cumplidos.
- En nuestro proyecto no se implementó la capa de adaptación, es decir no se implementó la capa de silicona que en muchos de los proyectos consultados utilizaron, ya que la dificultad de encontrar variedad de silicona y los disolventes en el mercado del país fue difícil. Lo que provocó que se deba aplicar presión al momento de presionar la pantalla con el dedo para que se produzcan los blobs. De igual manera el arrastre de objetos por ser directo el contacto del dedo y el acrílico hace difícil el seguimiento de un blobs alrededor de la pantalla. Efecto que se reduce si se aplica algún líquido sobre la pantalla como por ejemplo aceite de bebe, con esto el desplazar el dedo alrededor de la pantalla fue sencillo y el blob no se perdió. Pero resulta incómodo ya que los dedos quedan grasosos.
- En el desarrollo de la aplicación de nuestro proyecto se utilizó java, sin la necesidad de un framework, con esto se puede diseñar uno mismo los gestos de la interfaz y no estar sujeto a lo que ya fue creado. Es decir en nuestra aplicación para hacer el arrastre de las vocales se realizó un nuevo código mas no se utilizó alguna función de MT4J

- Los usuarios evaluados mostraron en grande parte no estar acostumbrados al toque con presión de la pantalla, además se observó que de acuerdo a la fisonomía de los dedos de las personas dependía la iluminación de los blobs, gente con dedos pequeños provocaban que los blobs sean débiles y en ambientes con luz no se reconocían estos blobs.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para mejoras futuras, se puede estudiar el proyecto de Multitaction (Híbrido-Tracking ), es decir combinar y aprovechar el funcionamiento de FTIR y Front DI al mismo tiempo con esa información se podría reducir los problemas de interferencia con la luz ambiente o luz externa como linternas , etc.
- Mejorar el material y la adhesión de la superficie proyectada y el acrílico. Colocar rollos de LEDs infrarrojos, para lograr la iluminación uniforme en todo el acrílico ya que hacer agujeros alienados para los leds ovalados es mucho más difícil.
- Utilizar una cámara con lentes variantes, cuando se trate de realizar pantallas grandes ya que por la distancia una cámara normal no tiene el rango suficiente para captar toda la superficie
- Se debe tomar en cuenta cuando se diseña para que la pantalla tenga una inclinación, la posición de la cámara, ya que si la cámara usa un lente de pez o no se encuentra en un ángulo correcto. La calibración de los toques será mucho más difíciles.

## BIBLIOGRAFÍA

- Animal Político. (11 de 4 de 2013). *Animal Político "ONU llama a terminar con estigma hacia personas con Síndrome de Down*. Obtenido de <http://www.animalpolitico.com/2013/03/onu-llama-a-terminar-con-estigma-hacia-personas-con-sindrome-de-down/#axzz2SfjTTBda>
- Bellis, M. (2011). Who Invented Touch Screen Technology? *about.com*.
- Cerupcat, N. (17 de Octubre de 2011). *NUI Group*. Obtenido de <http://wiki.nuigroup.com/FTIR>
- Down España. (2008). El síndrome de Down. *sindromedown*.
- FEISD (Federación Española del Síndrome de Down). (2002). *Plan de Acción para personas con Síndrome de Down*. Madrid: Gráficas EUJOA S.A.
- Gettys, Keller, & Skove. (1989). *Physics*. US: McGraw-Hill Inc.
- Han, J. Y. (2005). Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection. *Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*.
- IEEE. (2012, 09 13). *ISO/IEC 9126-1:2001*. Retrieved from IEEE: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=22749](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=22749)
- Liew, D. S. (2001). *Electromagnetic Waves*. CRISP.
- NUI Group Authors. (2009). *Multi-Touch Technologies*. NUI Group.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2009). *PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR*. QUITO.
- Sminkey, L. (11 de 4 de 2011). *Informe Mundial sobre la Discapacidad*. Obtenido de [http://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/es/index.html](http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/index.html)
- Troncoso, M. V., & Del Cerro, M. M. (2009). *Síndrome de Down: Lectura y escritura*. Cantabria: Fundación Iberoamericana Down21.

30 de enero 2015

En la ciudad de Sangolquí, firman en constancia de la entrega del presente proyecto de Grado titulado denominado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ MULTITÁCTIL PARA EL USO EN APLICACIONES INTERACTIVAS DESARROLLADAS PARA PERSONAS CON CAPACIDADES DIFERENTES**”, en calidad de Autores al Sr. Patricio Joshua Guerrero Tamayo y al Sr. Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica en Redes y Comunicación de Datos, y recibe por parte del Departamento de Eléctrica y Electrónica el Director de Carrera de Redes y Comunicación de Datos, el Señor Dr. Nikolai Espinosa

---

Patricio Joshua Guerrero Tamayo  
172081581-8

---

Fabricio Eduardo Rodríguez Cesén  
171783583-7

---

Dr. Nikolai Espinosa

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN REDES  
Y COMUNICACIÓN DE DATOS