

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Multi-touch Table utilizando LEDs Infrarrojos**

**Daniel Alexander Burneo Villavicencio**

**Omar Aguirre, Msc.: Director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención

del título de Ingeniero Eléctrico Electrónico

Quito, Diciembre 2012

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO  
COLEGIO DE CIENCIA E INGENIERÍA – EL POLITÉCNICO  
INGENIERÍA ELÉCTRICA – ELECTRÓNICA

HOJA DE APROBACIÓN

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

MULTI-TOUCH TABLE UTILIZANDO LEDS INFRARROJOS

DANIEL BURNEO VILLAVICENCIO

**Omar Aguirre, MSc.**

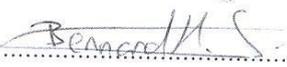
Director de Tesis

Director Ingeniería Eléctrica Electrónica.....



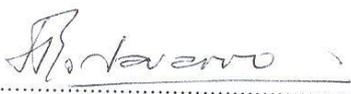
**Bernard Herrera, Ing.**

Miembro del comité de Tesis.....



**Santiago Navarro, PhD.**

Miembro del comité de Tesis.....



**Santiago Gangotena, PhD.**

Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería.....



Quito, Diciembre 2012

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: Daniel Alexander Burneo Villavicencio

C. I.: 1104197528

Fecha: 20 de Diciembre de 2012

## **Agradecimientos**

A mis padres, Miguel y Cecilia, a mis hermanos, Miguel Andrés y Andrea, a mi esposa Silvia y a mis abuelos, Olguita, Amanda y Eduardo, por el apoyo incondicional, la ayuda y la confianza depositada en mí, para conseguir este logro académico.

A Paulo Guerra y Omar Aguirre por su total ayuda y colaboración prestada, para la elaboración de este trabajo de graduación.

Daniel Burneo Villavicencio

## Resumen

*En la actualidad, los sistemas touchscreen tales como el IPod, IPad y teléfonos celulares han revolucionado la forma de interacción humano-máquina, tanto así que se han desarrollado dispositivos multi-touch los cuales son considerados el futuro de la computación y la comunicación principalmente debido a la facilidad y comodidad que nos brindan al utilizarlos.*

*Sin embargo, estos dispositivos multi-touch como la Microsoft Surface tienen costos demasiado elevados, por lo cual, se están desarrollando métodos para diseñar y construir prototipos más económicos y accesibles para la gente.*

*En este proyecto, una Multi-touch Table utilizando Leds infrarrojos, se informa acerca del diseño y construcción de un sistema multi-touch a más bajo costo, utilizando una de las cinco metodologías investigadas: la FTIR, así como la creación de una aplicación multi-touch para mostrar la forma de interacción con el usuario.*

*El prototipo se lo realizará a una escala normal, es decir, va a tener el tamaño y dimensiones reales de acuerdo a las especificaciones de una mesa de uso común. Utilizando materiales fáciles de conseguir y aprovechando efectos físicos de la luz en materiales, se pretende construir una multi-touch table a más bajo costo y con los mismos beneficios que los sistemas comercializados en la actualidad. Además utilizando el MT4J se creará una simple pero útil aplicación llamada USFQ para mostrar la interacción directa que se puede lograr con el usuario.*

*Se puede concluir que es posible construir una multi-touch table a más bajo costo utilizando materiales no tan avanzados y sencillos. Además se pretende que con este proyecto se incentive a investigaciones futuras sobre este tipo de tecnologías.*

## **Abstract**

*Nowadays touchscreen systems such as IPod, IPad and cell phones have revolutionized the way of human-machine interaction; for this reason multi-touch devices have been developed, since they are considered to be the future of computing and communication mainly due to the ease and comfort that they offer us when we use them.*

*However these multi-touch devices such as the Microsoft Surface are too expensive, therefore, methods are being developed to design and build prototypes more economical and accessible to the people.*

*In this project, a Multi-touch Table using infrared leds, we inform about the design and construction of a multi-touch system at lower cost, using one of the five investigated methodologies: the FTIR, as well as the creation of a multi-touch application to demonstrate the way of interaction with the user.*

*The prototype will be made out on a normal scale, it means, that it will have the actual size and dimensions according to the specifications of a commonly used table. Using materials that are easy to obtain and taking advantage of physical effects of light in materials, it is intended to build a multi-touch table more cheaply and with the same benefits as the today's marketed systems. In addition using the MT4J we will create a simple but useful application called USFQ to show the direct interaction that can be achieved with the user.*

*It can be concluded that it is possible to build a multi-touch table at lower cost using not so advanced and simple materials. In addition, it is intended with this project to encourage future research on this type of technologies.*

## CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS Y TABLAS. ....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN: .....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS:.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
1.1-LA MULTITOUCH TABLE: .....	15
I.    ELEMENTOS ELÉCTRICOS: .....	16
1) <i>LEDs Infrarrojos</i> .....	16
2) <i>Cámara PS3 EYE:</i> .....	17
3) <i>Fuente de Alimentación:</i> .....	18
II.   ELEMENTOS MECÁNICOS .....	19
1) <i>Plancha de Acrílico</i> .....	19
2) <i>Cajón de soporte</i> .....	21
3) <i>Superficie Compatible</i> .....	22
4) <i>Proyector</i> .....	23
III.  TEORÍA DE FUNCIONAMIENTO .....	24
1) <i>Efecto FTIR y de LEDs Infrarrojos</i> .....	24
2) <i>Proyección hacia la pantalla</i> .....	26
IV.  CONFIGURACIÓN DE LA COMUNICACIÓN USB DE LA PS3 EYE .....	27
<b>CAPITULO 2: DISEÑO Y SOLUCIÓN.....</b>	<b>29</b>
I.    DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO .....	29
II.   DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO .....	39
III.  PROGRAMACIÓN .....	41
1) <i>Explicación Programación del MT4J</i> .....	41
IV.  COMUNICACIÓN FÍSICA .....	46

<b>CAPITULO 3: FUNCIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES (MANUAL DE USUARIO)</b>	<b>47</b>
I.    UTILIZANDO COMMUNITY CORE VISION .....	47
II.   UTILIZANDO MULTI-TOUCH FOR JAVA .....	53
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>58</b>
I.    CONCLUSIONES .....	58
II.   RECOMENDACIONES .....	59
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>63</b>
I.    PROGRAMACIÓN MT4J.....	63
II.   DATASHEET LED INFRARROJO OSRAM 850NM .....	63
III.  USER MANUAL PS3 EYE .....	63
IV.  INSTALADOR CL-EYE DRIVER.....	63
V.   INSTALADOR ECLIPSE IDE FOR JAVA™ DEVELOPERS .....	63
VI.  PRESUPUESTO.....	63

## LISTA DE GRÁFICOS Y TABLAS

Figura 1: Diodo LED Infrarrojo.....	16
Figura 2: Cámara PS3 EYE.....	17
Figura 3: Fuente de Alimentación de 12[V].....	18
Figura 4: Lámina de Acrílico de 9mm.....	19
Figura 5: Cajón de Soporte.....	21
Figura 6: Superficie Compatible.....	22
Figura 7: Proyector.....	23
Figura 8: Reflexión Interna Total.....	25
Figura 9: Esquema del mínimo de piezas necesarias para una configuración FTIR.....	26
Figura 10: Proyección hacia la pantalla.....	27
Figura 11: Dispositivo conectado con la computadora.....	28
Figura 12: Prueba de funcionamiento de la cámara.....	28
Figura 13: Cajón de soporte de elementos.....	30
Figura 14: Parte superior del cajón de soporte.....	31
Figura 15: Imagen real de parte superior de cajón soporte.....	31
Figura 16: Lámina de acrílico con bordes lijados.....	32
Figura 17: LED Infrarrojo OSRAM 850nm.....	33
Figura 18: LEDs Infrarrojos ajustados al acrílico.....	33
Figura 19: Papel calco como superficie de proyección.....	34
Figura 20: Creación de Superficie Compatible.....	35
Figura 21: Removiendo los pequeños discos.....	36
Figura 22: Separación de la cámara.....	36
Figura 23: Filtro Infrarrojo removido del lente.....	37
Figura 24: Adaptación de filtro de luz visible al lente.....	38
Figura 25: Imagen real de prototipo terminado.....	39
Figura 26: Diseño de circuito eléctrico.....	40

Figura 27: Circuito eléctrico de LEDs.....	40
Figura 28: Lógica del programa MT4J.....	42
Figura 29: Código para crear una MTApplication.....	44
Figura 30: Código para crear fondo de texto.....	45
Figura 31: Código para crear campo de texto.....	45
Figura 32: Código para mostrar texto.....	45
Figura 33: Conexión física de fuente de poder.....	46
Figura 34: Plataforma del CCV.....	48
Figura 35: Fuente de imagen en CCV.....	49
Figura 36: Ajuste de filtros en CCV.....	50
Figura 37: Ajuste del Threshold y TUIO en CCV.....	50
Figura 38: Pantalla de calibración de CCV.....	51
Figura 39: Red de puntos de calibración del CCV.....	52
Figura 40: Calibrando el CCV.....	53
Figura 41: Importando el MT4J.....	54
Figura 42: MT4J listo para su uso.....	55
Figura 43: Aplicaciones multi-touch en el MT4J.....	56
Figura 44: Ejecutando aplicación multi-touch “USFQ”.....	57

## **INTRODUCCIÓN:**

Multi-touch se refiere a la capacidad de un sistema táctil de detectar simultáneamente y resolver un mínimo de tres o más puntos de toque. La superficie multi-touch es considerada por muchos a convertirse en la interfaz de usuario que más será utilizada por todos debido principalmente a los beneficios que nos brinda, tales como su velocidad, eficiencia, intuición a la tecnología y porque hace más rica y variada la interacción del usuario, lo cual ha redefinido la forma en que la gente interactúa con máquinas.

Los pioneros en este tipo de dispositivos como el iPod y el iPad han dado cabida a las multi-touch tables o superficies multi-touch, en las cuales empresas como Microsoft han implementado para el uso de las personas pero a un elevadísimo costo.

Por esta razón la investigación de esta tecnología innovadora es de suma importancia, ya que como se conoce, es considerada el futuro de la computación y porque no se le ha puesto mucho énfasis a este tipo de tecnologías en el país; muchas investigaciones se han realizado para desarrollar multi-touch tables más accesibles al público y a un menor costo lo cual es muy beneficioso para la gente.

El siguiente trabajo va dirigido a personas jóvenes como estudiantes y profesionales para que se adentren en este tipo de tecnologías para así incentivar investigaciones y aportes.

En este proyecto reunimos información sobre las investigaciones realizadas en multi-touch tables, la forma de construir una a menores costos y utilizando materiales básicos para el diseño. Además de cómo programar una aplicación propia para poder usar en la multi-touch table.

Para este propósito se utilizó el efecto (FTIR) o Reflexión Interna Total Reflejada en español, para la construcción de nuestra multi-touch table. Esta es una metodología óptica utilizada para explicar el funcionamiento de una multi-touch table, la cual describe lo que le sucede a la luz atrapada en un material cuando ésta es interferida.

En el informe, en primer lugar vamos a describir brevemente los parámetros importantes, incluyendo los materiales necesarios para la construcción y la teoría de funcionamiento de una multi-touch table utilizando LEDs Infrarrojos. Los LEDs son los que crean el efecto FTIR. Después haremos una descripción detallada de cómo se diseñó y construyó nuestra multi-touch table, así como las modificaciones previas necesarias en algunos elementos para la construcción tales como la cámara del PlayStation 3. Después se describe la programación realizada en el Multi-touch for Java para la creación de nuestra propia aplicación para utilizar en la superficie multi-touch la cual se la llamó “USFQ”. Al final lo que se realiza es la descripción de la configuración y calibración del Community Core Vision el cual es un software libre especializado para hacer funcionar nuestra multi-touch table y de cómo poder hacer funcionar nuestra aplicación en el MT4J creada exclusivamente para el proyecto.

**OBJETIVOS:**

1. Construir una Multi-touch Table a más bajo costo.
2. Investigar la metodología óptica de Reflexión Interna Total Frustrada o FTIR para la construcción de la multi-touch table.
3. Utilizar LEDs Infrarrojos para crear el efecto FTIR.
4. Realizar la comunicación de la PS3 Eye con la computadora mediante USB.
5. Comunicar la multi-touch table con la computadora utilizando el Community Core Vision.
6. Programar una aplicación multi-touch tal que:
  - a. Interactúe directamente con el usuario.
  - b. Tenga el nombre “USFQ”.
  - c. Utilice el Multi-touch For Java como compilador.
7. Utilizar el Multi-touch For Java para mostrar más aplicaciones con las que se pueda utilizar la multi-touch table.

## **CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO**

### **1.1-LA MULTI-TOUCH TABLE:**

Una multi-touch table se denomina al conjunto de técnicas de interacción que permiten a los usuarios de computadoras controlar aplicaciones gráficas con el uso de los dedos. Los dispositivos multi-touch consisten en una pantalla táctil (ej. Pantalla del ordenador, mesa, pared) o touchpad, así como de un software que permita reconocer múltiples puntos de contacto simultáneamente, contrario a la pantalla táctil estándar (ej. Touchpad de la computadora, ATM), la cual reconoce solo un punto de contacto.

La interfaz natural de usuario y su influencia en el diseño de interfaces gestuales multi-touch han traído cambios fundamentales en el desarrollo de hardware en computación, especialmente en la creación de “verdaderos” sistemas de hardware multi-touch es decir, de más de dos entradas.<sup>1</sup>

En la actualidad existen muchas compañías que han desarrollado la tecnología multi-touch, aplicándolas a dispositivos ya conocidos como son el Ipad, Ipod; y otras como la Microsoft Surface<sup>2</sup>, la cuales tienen un costo muy elevado. Por esta razón se han realizado investigaciones relacionadas de cómo desarrollar y construir multi-touch tables a más bajo costo y utilizando materiales más simples dando lugar a prototipos de igual funcionalidad e interacción con el usuario.

Dentro del mundo de las multi-touch tables se han realizado investigaciones tanto de cómo realizar mejoras en los sistemas multi-touch ya existentes así como la creación de nuevas técnicas que permitan el desarrollo de no solo sistemas de hardware multi-touch sino también de dispositivos multi-modal a más bajo costo como se lo mencionó anteriormente.

---

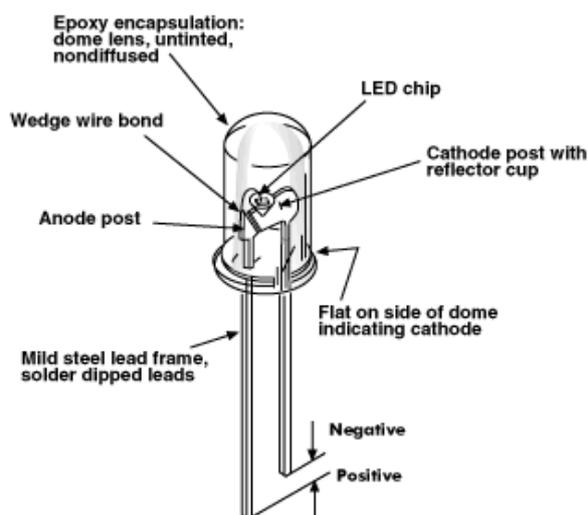
<sup>1</sup> [1]

<sup>2</sup> [2]

Al momento existen cinco técnicas principales las cuales han sido utilizadas para crear sistemas multi-touch estables a más bajo costo las cuales son: “Frustrated Total Internal Reflection” (FTIR), “Rear Diffused Illumination” (Rear DI) tal como es la Microsoft Surface, “Laser Light Plan” (LLP), “LED-Light Plane” (LED-LP) y finalmente “Diffused Surface Illumination” (DSI).<sup>3</sup> En nuestro proyecto usaremos la técnica FTIR ya que es una de las más accesibles y fáciles de implementar.

## I. ELEMENTOS ELÉCTRICOS

### 1) LED Infrarrojo



4

Figura 1: Diodo LED Infrarrojo

Un diodo emisor de luz infrarroja (IRLED) es un dispositivo electrónico que emite luz infrarroja la cual no es visible al ojo humano. Un LED infrarrojo opera como un LED regular, pero puede usar diferentes materiales para producir luz infrarroja. Esta luz infrarroja puede ser usada en controles remotos, para transferir datos entre dispositivos, para proporcionar iluminación a equipos de visión nocturna, o para una variedad

<sup>3</sup> [1]

<sup>4</sup> [28]

de otros propósitos. Un LED Infrarrojo es igual a todos los LEDs, un tipo de diodo, o un simple semiconductor.<sup>5</sup> En nuestro caso se van a utilizar los LEDs Infrarrojos para construir la pantalla y crear el efecto (FTIR) de la multi-touch table, el cual es importantísimo para hacer funcionar nuestro dispositivo.

## 2) Cámara PS3 EYE



Figura 2: Cámara PS3 EYE

La PlayStation Eye es un dispositivo de cámara digital fabricada por la compañía Sony, similar a una webcam, para el PlayStation 3. Esta tecnología usa visión de computadora y reconocimiento de gestos para procesar imágenes tomadas por la cámara. Esto permite a los usuarios interactuar con juegos usando detección de movimiento y color, así como de sonido a través de su sistema integrado de micrófonos.

La PlayStation Eye es capaz de capturar video estándar con velocidades de cuadro de 60 Hz a 640 x 480 píxeles de resolución, y de 120 Hz a 320 x 240 píxeles de resolución.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> [3]

<sup>6</sup> [4]

En nuestro caso vamos a utilizar la cámara PS3 EYE para que ésta reconozca los rayos infrarrojos emitidos por los LEDs colocados en la pantalla y puedan ser transmitidos al software especializado en reconocimiento. Para esto se necesita una cámara que detecte solo luz infrarroja, y no luz visible. Resulta que la mayoría de las cámaras son capaces de detectar luz infrarroja, sin embargo por el bien de preservar un balance de color más preciso, la mayoría de las cámaras tienen instalado un filtro infrarrojo, el cual causa que la cámara detecte solo la luz que es visible. Resulta que la cámara PS3 EYE, es una cámara fácil de abrir, por lo que se le realizó una pequeña modificación en la cual se remueve el filtro de infrarrojos que está ubicado en el lente y luego de eso se le adapta un filtro de luz visible, convirtiendo la cámara PS3 EYE en una cámara infrarroja.

### 3) Fuente de Alimentación



Figura 3: Fuente de Alimentación de 12[V]

Una fuente de alimentación o fuente de poder es un dispositivo electrónico que provee electricidad con la que se alimenta una computadora. Es una fuente eléctrica, que puede proporcionar corriente eléctrica gracias a la generación de una diferencia de potencial entre sus bornes.

Se encarga de convertir la tensión alterna de la red industrial en una tensión casi continua. Para esto consta de un rectificador, fusibles y otros componentes que le permiten recibir la electricidad, regularla, filtrarla y adaptarla a las necesidades de la computadora.<sup>7</sup>

En nuestro proyecto, vamos a utilizar la fuente de poder de una computadora para encender todas las cadenas de los LEDs infrarrojos conectadas en paralelo alrededor de una lámina de acrílico.

## II. ELEMENTOS MECÁNICOS

### 1) Plancha de Acrílico



Figura 4: Lámina de Acrílico de 9mm

El acrílico, es una de las tantas variantes del plástico. Se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se lo encuentra en la industria del plástico es en láminas.

---

<sup>7</sup> [33]

Compite en cuanto a aplicaciones con otros plásticos como el policarbonato (PC) o el poliestireno (PS), pero el acrílico se destaca frente a otros plásticos transparentes en cuanto a resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado.<sup>8</sup> Dentro de las propiedades del acrílico encontramos tales como:

- Resistencia a la intemperie
- Brillantez y claridad
- Ligereza y transmisión de luz
- Resistencia al impacto
- Resistencia a esfuerzos mecánicos considerables
- Resistencia química
- Propiedades eléctricas
- Material termoplástico

En nuestro proyecto la lámina de acrílico es la base de la pantalla de la multi-touch table, la cual sirve como medio para la luz infrarroja. El acrílico tiene algunas propiedades el cual lo hacen apropiado para el uso de este proyecto. Primero éste tiene las propiedades ópticas adecuadas, lo que permite un buen efecto FTIR. Adicionalmente como se mencionó es ligero, fuerte y muy claro (más que el vidrio). Se necesita un acrílico de 9mm de espesor para prevenir algún doblamiento cuando se esté tocando la pantalla.

---

<sup>8</sup> [6]

## 2) Cajón de soporte



Figura 5: Cajón de Soporte

El cajón de soporte como se observa en la Figura 5, es simplemente la estructura que sostiene todo junto. Éste realmente necesita cumplir con una función: soportar la pantalla (incluyendo el acrílico, los LEDs Infrarrojos y la superficie compatible) y además una locación la cual sea accesible para colocar el proyector, la cámara y el espejo.

Este cajón es esencialmente un cubo de madera con un agujero cuadrado en la parte de arriba y un panel frontal removible. La pantalla se sitúa encima del cajón.

### 3) Superficie Compatible



Figura 6: Superficie Compatible

La superficie compatible es una capa sobrepuesta sobre el acrílico en un sistema multi-touch basado en FTIR. Esta superficie necesita ser hecha de un material que tenga un índice más alto de reflexión que el acrílico, que se “empareje” con la superficie del acrílico bajo presión para que haga efecto el FTIR y luego se “despareje” cuando la presión es retirada.<sup>9</sup>

Básicamente la superficie compatible es una capa adicional entre la superficie de proyección y el acrílico. Esto mejora el contacto con los dedos y da más “manchas” sólidas para que sean detectadas por la cámara, particularmente cuando se arrastra los dedos ya que habrá menos adherencia a la superficie.

Además de eso, la superficie compatible cuenta con otras ventajas en los sistemas multi-touch tales como:

- Proteger el acrílico de posibles rayas.
- Bloquear mucha contaminación a la luz.
- Sensibilidad a la presión.

---

<sup>9</sup> [7]

- Cero disparidad visual entre la superficie de toque y la superficie de proyección.
- Reacciona mejor a movimientos de arrastre de los dedos

#### 4) Proyector.



Figura 7: Proyector

Un proyector de vídeo es un aparato que recibe una señal de vídeo y proyecta la imagen correspondiente en una pantalla de proyección usando un sistema de lentes, permitiendo así visualizar imágenes fijas o en movimiento.<sup>10</sup>

En las multi-touch tables de bajo costo, el proyector es el método más utilizado para mostrar la información visual sobre la mesa. Se lo usa de algunas maneras dependiendo de la clase de proyector, ya sea proyectando directamente a la pantalla por lo cual se necesita un proyectos de enfoque corto o utilizando espejos para conseguir la proyección de la imagen adecuada para la mesa cuando el proyector usado es de enfoque largo.

---

<sup>10</sup> [10]

### III. TEORÍA DE FUNCIONAMIENTO

#### 1) Efecto FTIR y de LEDs Infrarrojos

Antes de empezar con la construcción de la multi-touch table es importante conocer como ésta funciona. Como se lo mencionó anteriormente, existen diferentes maneras de construir una multi-touch table, pero en este proyecto nos enfocaremos en la que emplearemos: la pantalla FTIR. Una configuración FTIR se compone de tres componentes vitales: una lámina de acrílico transparente, una cadena de LEDs Infrarrojos y una cámara con un filtro de luz visible. (Ver Figura 9) Los LEDs son colocados alrededor de la lámina de acrílico para que estos se reflejen directamente en las superficies laterales del acrílico.

La Reflexión Interna Total Frustrada o FTIR (Frustrated Total Internal Reflection) como en sus siglas en inglés, es el nombre usado por investigaciones del grupo NUI<sup>11</sup> (Natural User Interfase) para describir una metodología óptica de los sistemas multi-touch. Este es un fenómeno físico natural que describe lo que le sucede a la luz atrapada en un material cuando un punto de interferencia es introducido en la superficie del cuerpo que la tiene atrapada. Este fenómeno tiene que ver mucho con el fenómeno óptico llamado Reflexión Interna Total, el cual describe una condición presente en ciertos materiales cuando la luz entra en un material desde otro material que tiene un índice de refracción más alto, con un ángulo de incidencia mayor al de un ángulo específico.<sup>12</sup> El ángulo específico en el cual esto ocurre depende de los índices refractivos de ambos materiales y es conocido como el ángulo crítico.

---

<sup>11</sup> [12]

<sup>12</sup> [14]

Cuando esto ocurre, no se produce refracción en el material, y el rayo de luz es totalmente reflejado.

Este es el fenómeno que se aprovecha en la multi-touch table. Cuando se coloca la luz infrarroja que emiten los LEDs en el interior de la plancha de acrílico, los rayos infrarrojos golpean los bordes superior e inferior del acrílico el cual es sujeto al efecto llamado Reflexión Interna Total. Esto además causa que los rayos sean totalmente mantenidos o atrapados en el acrílico. Ver Figura 8.

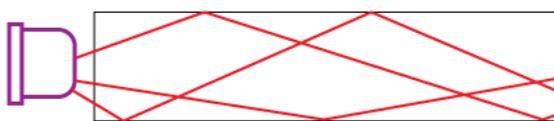


Figura 8: Reflexión Interna Total

Luego cuando los dedos del usuario entran en contacto con la superficie de la pantalla, los rayos de luz infrarrojos se dice que son frustrados, ya que estos ahora pueden pasar a través del material de contacto (usualmente la piel), ocasionando que la reflexión ya no sea total en ese punto. (Ver Figura 9) Esto causa que la luz sea dispersada o reflejada hacia abajo, a través del acrílico y dentro del cajón de soporte, donde es detectada por una cámara infrarroja capaz de captar estas “manchas” creadas por los dedos y transmitir las a un software de seguimiento.

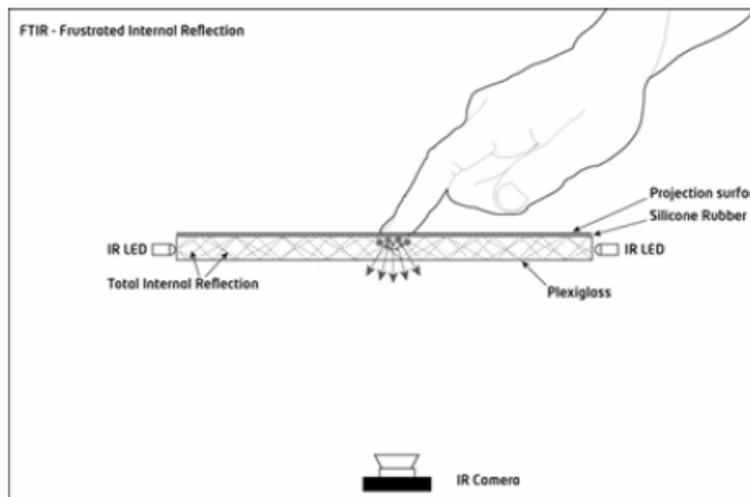


Figura 9: Esquema del mínimo de piezas necesarias para una configuración

FTIR

## 2) Proyección hacia la pantalla

Como se mencionó anteriormente el proyector es el dispositivo más usado para mostrar la información visual en una mesa multi-touch. Esto se realiza utilizando un proyector casero y un espejo para proyectar hacia la lámina de acrílico, ya que como nuestro proyector es de enfoque largo se necesita el espejo.

Primeramente se realizaron pruebas previas con una mesa normal de vidrio, el espejo y el proyector. Como se observa en la Figura 10, se utilizó un espejo normal de 30 x 25 colocado frente al proyector con un ángulo de proyección de más o menos 45 grados y una distancia 60cm hacia el espejo, lo que nos resultó en una proyección de 40[cm] de largo por 50[cm] de ancho, lo cual será el tamaño de la pantalla de nuestra multi-touch table.



Figura 10: Proyección hacia la pantalla

#### **IV. Configuración de la Comunicación USB de la PS3 EYE**

La comunicación USB (Universal Serial Bus) entre la cámara PS3 EYE y la computadora es un proceso muy importante de realizar para la construcción de una multi-touch table. Como se mencionó anteriormente, la cámara PS3 EYE es excelente para este proyecto debido a su alta resolución, su impresionante velocidad de cuadro y la facilidad de modificación. Sin embargo ésta tiene un problema: está diseñada para funcionar únicamente con la consola PlayStation 3 y no con la computadora.

Afortunadamente existen personas que han hecho investigaciones referentes a los sistemas multi-touch, por lo que se ha desarrollado un driver creado por Alex Popovich el cual le permite a la PS3 EYE ser usada por la computadora.<sup>13</sup>

Este driver se lo descarga y se lo instala asegurándose que la cámara no esté conectada al computador. Luego de haber instalado el driver se conecta la cámara al USB de la computadora y se espera a que ésta sea reconocida y se

---

<sup>13</sup> [15]

encuentre lista para usarse por el sistema tal como se lo observa en la Figura 11.

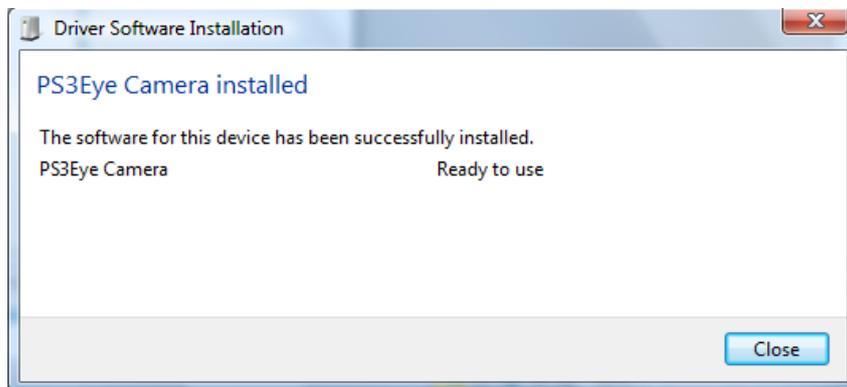


Figura 11: Dispositivo conectado con la computadora

Luego de esto, para asegurarse de que los drivers de la cámara están trabajando apropiadamente, se corre la aplicación CL-Eye Test, la cual viene junto con el driver instalado. Hecho esto una pantalla aparecerá en la computadora con la cual se debe poder ver las imágenes siendo capturadas por la cámara del PlayStation 3. Ver Figura 12

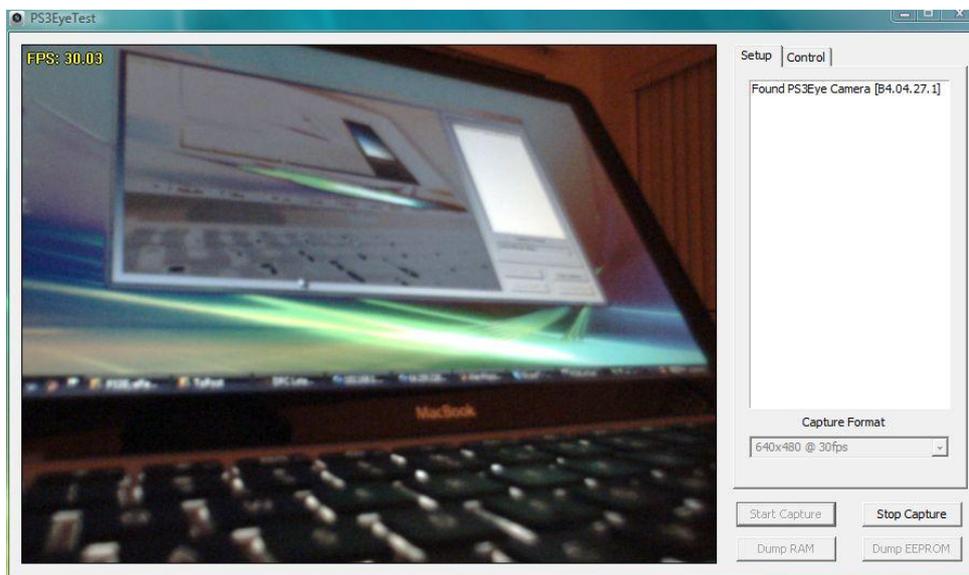


Figura 12: Prueba de funcionamiento de la cámara

## **CAPÍTULO 2: DISEÑO Y SOLUCIÓN**

### **I. Diseño y Construcción del prototipo**

La construcción de prototipo, debe ser de tamaño real, es decir, un tamaño apropiado para facilitar la interacción del usuario con la pantalla. Más o menos como el de una mesa de escritorio.

Dentro del diseño primeramente se ha pensado en un cajón de soporte, de esta forma se puede poner en el interior el proyector, el espejo y la fuente de alimentación, además de los cables de conexión, protegiendo así de los elementos de la humedad y temperatura. Como se observa en la Figura 13, el cajón de soporte tiene 70 [cm] de largo, por 60 [cm] de ancho y 75 [cm] de alto. De esta forma tenemos altura suficiente para que entre el proyector con los demás elementos y además para que la proyección hacia la pantalla en la superficie sea la adecuada. Cabe recalcar que dependiendo del tamaño de la pantalla que se requiera, la altura del cajón obviamente variará. En nuestro caso se realizaron pruebas previas con el proyector y el espejo, reflejando una imagen hacia el vidrio de una mesa. Ya ajustada la proyección se procedió a tomar medidas del espacio necesario para construir el cajón y el tamaño de la pantalla deseado.

En la parte de arriba del cajón hay un agujero cuadrado de 40[cm] de largo por 50[cm] de ancho, en donde se asentará la plancha de acrílico usada para la pantalla.

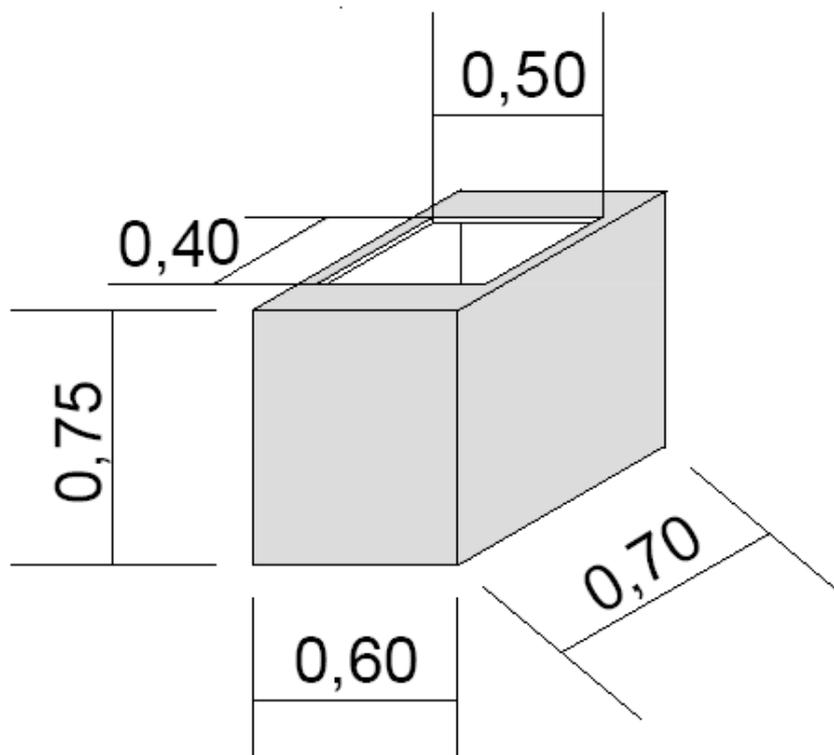


Figura 13: Cajón de soporte de elementos

La lámina de acrílico, como se lo mencionó antes, es la clave de la pantalla de la multi-touch table. Se construyó la pantalla de una lámina de acrílico de 41 [cm] de largo por 51 [cm] de ancho y 9 [mm] de espesor. (Ver Figura 14 y 15) Suficiente espesor para prevenir algún doblamiento notable en la lámina, incluso cuando la presión es aplicada en el medio de la pantalla. Una pantalla más grande necesitará un espesor más grande.

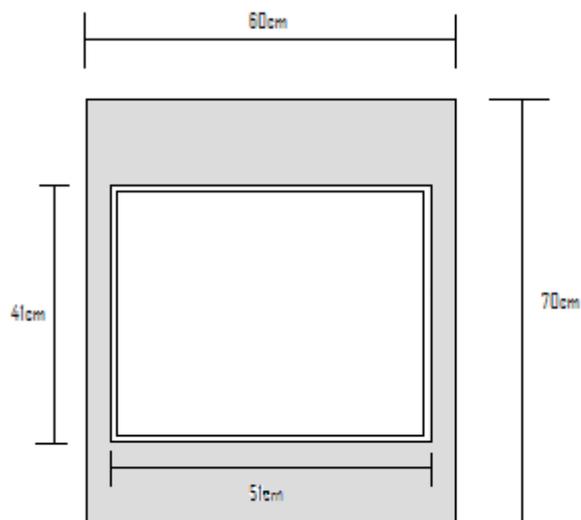


Figura 14: Parte superior del cajón de soporte

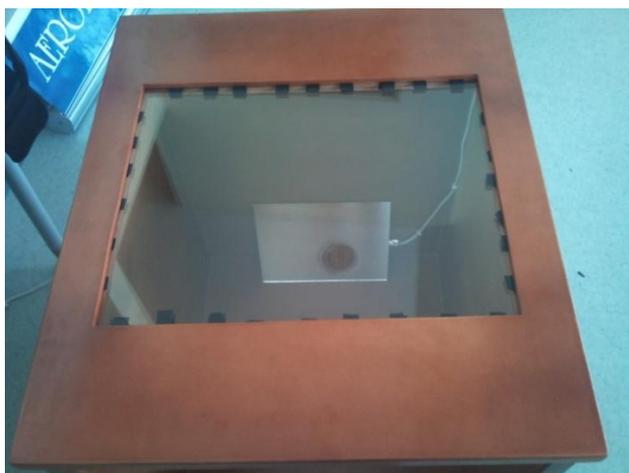


Figura 15: Imagen real de parte superior de cajón soporte

Cuando el acrílico se lo corta este siempre viene con los bordes muy ásperos y por lo tanto muy opacos. Como necesitamos que la luz infrarroja pase a través del acrílico se necesitó lijar los bordes hasta obtener unos filos casi transparentes. Para esto se utilizó y lo recomendable fue primero lijar los bordes de la lámina con un papel de lija de grano 280, luego con uno de 320, 500 hasta

llegar a 1500 el cual nos dio un resultado muy bueno como se observa en la Figura 16.



Figura 16: Lámina de acrílico con bordes lijados

El paso siguiente en la construcción de la pantalla de la multi-touch table son los LEDs Infrarrojos. Como se mencionó antes los LEDs Infrarrojos son la parte esencial de la pantalla ya que gracias a su luz infrarroja emitida se crea el efecto FTIR.

Lo que se realizó fue obtener 120 LEDs emisores Infrarrojos marca OSRAM de 850nm de longitud de onda (Ver Figura 17); este intervalo de longitud de onda es el más apropiado para que la cámara del PlayStation 3 detecte más fácilmente los rayos infrarrojos emitidos a través del acrílico. Los LEDs Infrarrojos van colocados en los cuatro lados de la lámina de acrílico, con una separación de 2[mm] cada uno. La forma más fácil de colocarlos fue ajustándolos con cinta aislante para que así queden “pegados” junto a la lámina de acrílico. Ver figura 18.



Figura 17: LED emisor Infrarrojo OSRAM 850nm

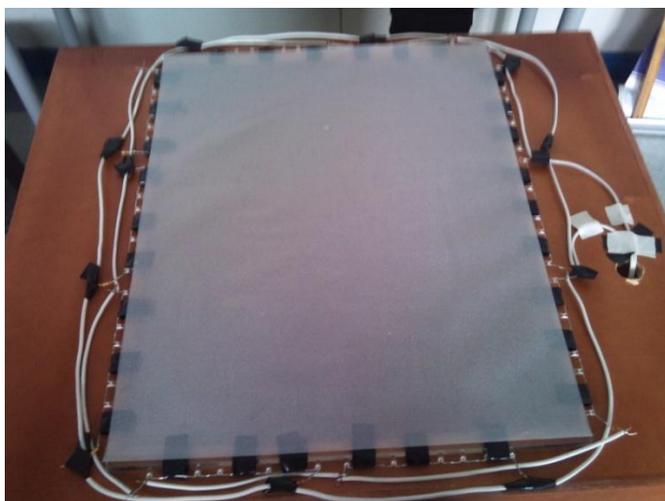


Figura 18: LEDs Infrarrojos ajustados al acrílico

Ahora que se tiene la lámina de acrílico y los LEDs Infrarrojos colocados en los cuatro bordes del acrílico, la pantalla no puede todavía ser utilizada debido a dos inconvenientes.

Primeramente, la lámina de acrílico de demasiada clara, casi más que el cristal; y como se tiene que proyectar una imagen al acrílico, esta simplemente pasaría a través del mismo. Para resolver este problema se utilizó una lámina de papel calco, el cual es esencialmente un papel de dibujo de alta calidad. El papel calco actuará como la superficie de proyección de la pantalla. Ver Figura 19.



Figura 19: Papel calco como superficie de proyección

El otro inconveniente se hace notable cuando se apagan las luces, y la cámara captura lo que pasa cuando se está tocando la superficie. En el acrílico con el papel calco, cuando se presionan los dedos es lo que causa el efecto FTIR, reflejando la luz hacia la cámara. Sin embargo cuando se arrastran los dedos sobre la superficie el efecto se vuelve más débil, o a veces desaparece completamente. Para resolver este problema se necesitó crear lo que describimos como una superficie compatible.

La superficie compatible se la creó esparciendo silicón alrededor de todo el papel calco. Cuando se realiza este proceso, el silicón crea una capa muy delgada de “micro manchas”, con una textura un tanto gomosa y resistente. Esto es ideal ya que permite al papel calco ser colocado encima del acrílico con la parte del silicón hacia abajo y con esto más fácil crear el efecto FTIR, ya que como se explicó anteriormente, cuando se hace presión en el papel calco, el silicón se aplasta en el acrílico, acoplándose por un momento con la superficie, la cual altera la forma en que la luz rebota alrededor y adentro de la pantalla lo cual permite que más luz escape por debajo hacia la cámara.

Para crear la superficie compatible, primeramente se pegó el papel calco sobre una superficie plana, y se aplicó el silicón tres veces sobre todo el papel con un rodillo y dejando esperar más o menos una hora entre cada capa de silicón. La aplicación de las tres capas mejoró mucho el efecto FTIR requerido Ver Figura 20.

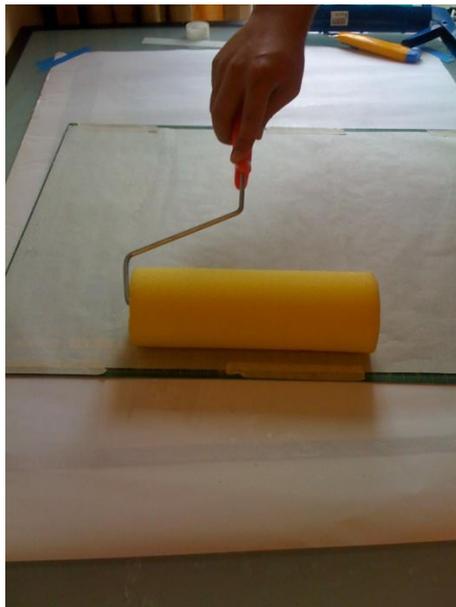


Figura 20: Creación de Superficie Compatible

Siguiendo con la construcción de la multi-touch table, el siguiente paso es la modificación de la cámara del PlayStation 3. Como se lo mencionó anteriormente la cámara tendrá que reconocer solo luz infrarroja y no luz visible por lo que una modificación es necesaria.

Lo primero que se realizó fue remover los cuatro pequeños discos negros pegados sobre los tornillos. Como se observa en la Figura 21, lo más recomendable es usar una navaja de corte rectangular.



Figura 21: Removiendo los pequeños discos

Una vez que la cobertura negra es removida, los tornillos pueden ser removidos y las dos mitades de la cámara separadas. Ya que estas dos mitades son pegadas la forma más simple de abrir es usando un destornillador plano hasta que las dos mitades puedan ser separadas. Ver figura 22



Figura 22: Separación de la cámara

Con la mitad negra de la cámara removida, la placa de los circuitos se ve expuesta. Lo siguiente es remover todos los tornillos que se encuentran en la placa hasta llegar a los más pequeños que se encuentran debajo de la base de la cámara lo que libera el lente de la cámara en donde se encuentra un pequeño

filtro de luz infrarroja el cual es necesario que sea removido. El filtro infrarrojo es un pequeño pedazo de cristal medio rojizo colocado en la parte más sobresaliente del lente de la cámara.

Para remover este pequeño filtro fue necesario usar una navaja de corte rectangular con la cual cortando en círculos y haciendo presión alrededor del mismo, pueda salir fácilmente. Ver figura 23



Figura 23: Filtro Infrarrojo removido del lente

Ahora que el filtro de infrarrojos fue removido del lente, éste necesita ser remplazado con un filtro de luz visible. Es posible hacer un filtro de luz visible usando un pedacito de la lámina magnética del interior de un diskette, o también de un pedazo de negativo de fotografía los cuales dan un resultado aceptable. Este tiene que ser colocado en el espacio cuadrado ubicado entre el lente y el sensor de imagen. Ver figura 24



Figura 24: Adaptación de filtro de luz visible al lente

Luego de este proceso se ensambla todo de nuevo, lo cual convierte la cámara del PlayStation 3 solamente en una cámara infrarroja. Cabe recalcar que cuando se remueve el filtro infrarrojo de la cámara el ángulo de foco se des-configura un poco pero ajustando el lente se logra un ángulo aceptable.

Ya realizados estos pasos, el prototipo de la multi-touch table estaría casi terminado, lo siguiente y último es colocar el proyector conectado a la computadora en el piso del cajón de soporte junto con un espejo para así poder reflejar la imagen hacia la pantalla y con un software especializado poder utilizar la multi-touch table. Ver figura 25



Figura 25: Imagen real de prototipo terminado

## II. Diseño del circuito eléctrico

El diseño del circuito eléctrico es la parte fundamental en el desarrollo de la multi-touch table ya que éste es el que crea el efecto FTIR lo cual hace funcionar la multi-touch.

La forma más simple de diseñar el circuito eléctrico es utilizando una aplicación obtenida en internet, la cual calcula directamente y realiza el circuito eléctrico de los LEDs Infrarrojos. Como se observa en la Figura 26 la aplicación cuenta con cuatro casilleros para llenar los datos específicos de los LEDs, los cuales se pueden encontrar en el Datasheet del mismo.

Lo primero que se requiere es indicar la fuente de voltaje que se va a usar para todo el circuito lo cual en nuestro caso es una fuente de computadora de 12[V]. Lo siguiente es escribir el voltaje con el que funcionan los LEDs el cual es de 1.5 [V]. Luego se necesita escribir la corriente requerida por los LEDs para

funcionar la cual es 100 [mA] y por último lo que se requiere escribir es el número de LEDs que se quiere en el circuito lo cual fue de 8 con lo que se diseñaría el circuito.

Power supply voltage (V):	<input type="text" value="12"/>	?
LED voltage drop (V):	<input type="text" value="1.5"/>	?
LED current rating (mA):	<input type="text" value="100"/>	?
Number of LEDs:	<input type="text" value="8"/>	?
Output:	<input checked="" type="radio"/> Wiring Diagram <input type="radio"/> Schematic	
	<input type="button" value="Design Circuit"/>	

14

Figura 26: Diseño de circuito eléctrico

Debido a que el voltaje que cruza a través de cada LED es 1.5 [V], y estamos usando una fuente de computadora que funciona a 12 [V], se soldaron los LEDs Infrarrojos en cadenas de ocho para dar en total 12 [V] que pasen por cada uno de estos y junto con una resistencia de 1 ohm para protección (ver Figura 27) y luego se cablearon 10 cadenas de LEDs en paralelo para que vayan colocados alrededor de todo el acrílico. La forma más fácil de soldarlos y lo recomendado es usar un pedazo de cartón o tabla delgada en donde se perfora ocho huecos suficientemente grandes para meter los LEDs, se mide el espacio requerido entre cada uno y luego se suelda cada uno.



Figura 27: Circuito eléctrico de LEDs

### **III. Programación**

#### **1. Explicación Programación del MT4J**

Ya después de haber construido el hardware de la multi-touch table, lo siguiente es utilizar un software especializado para poder utilizar el dispositivo. Para esto se utilizó el CCV (Community Core Vision), el cual es un software utilizado para el seguimiento de datos y eventos en la pantalla, y además el MT4J.

El MT4J (Multi-touch for Java), es un software libre creado por Java para el desarrollo rápido de aplicaciones que necesitan de gran riqueza visual. MT4J está diseñado para soportar diferentes tipos de dispositivos de entrada con un enfoque especial en soporte multi-touch.<sup>15</sup> Además este programa cuenta con una variedad de ejemplos de aplicaciones para poder utilizar con nuestro proyecto.

---

<sup>15</sup> [18]

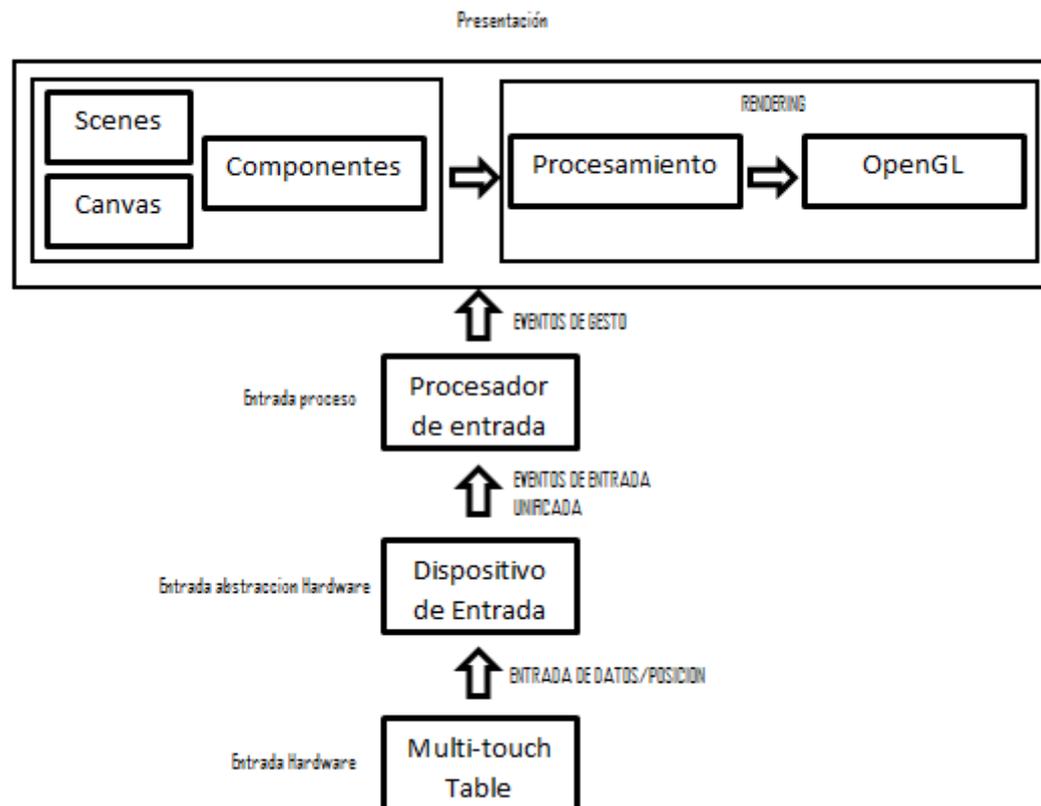


Figura 28: Lógica del programa MT4J

En la Figura 28, podemos observar la lógica que utiliza el programa MT4J para poder hacer funcionar y desarrollar aplicaciones para dispositivos multi-touch. La entrada del hardware, en este caso sería la multi-touch table, donde se envía la información y la posición al dispositivo de entrada de la multi-touch. En este paso los datos de entrada son convertidos a eventos de entrada unificada, lo cual crea la funcionalidad específica para el tipo de entrada. Luego de esto, los eventos pasan a la entrada del proceso, aquí los gestos de escala y rotación son encontrados, es decir todos los movimientos hechos por el usuario sobre la pantalla de la multi-touch table son reconocidos. Después sigue la presentación en donde se divide en dos áreas las cuales son la parte de programación y de procesamiento. En la parte de programación existen las “scenes”, las “canvas” y los “componentes” los cuales son simplemente códigos usados por el programa

para crear programación gráfica para el desarrollo de aplicaciones multi-touch. Lo siguiente es el procesamiento en donde se realiza el “rendering” lo cual simplemente es cuando se usa la aplicación gráfica por completo.

En nuestro proyecto se realizó un programa sencillo para aplicarlo en la multi-touch table, el cual se lo llamó “USFQ”. El programa lo que nos permitirá realizar es, con el uso de los dedos de las manos, mover el texto USFQ en la pantalla en cualquier dirección y cambiar el tamaño de la letra de fondo haciendo movimientos de rotación, traslación, y movimientos de expansión y contracción respectivamente. La programación se la realizó utilizando el MT4J, que como se mencionó anteriormente es un programa de licencia libre que utiliza lenguaje Java. Cabe recalcar que para poder utilizar el MT4J es necesario previamente instalar Eclipse IDE for Java Developers ya que este programa tiene las configuraciones necesarias para utilizar el lenguaje Java.

Para crear un programa multi-touch, lo primero que se necesita hacer es crear una aplicación multi-touch, y para esto se usa la clase `MTApplication`. Todos los componentes multi-touch en el MT4J empiezan con MT seguido del nombre del widget o “aplicación” deseada. No se debe crear una instancia de la `MTApplication`, en vez de eso, se debe extender la clase `MTApplication` y llamar al método `initialize()`; este método inicia la aplicación y hace que todo esté listo para usar, todo lo que se necesita hacer es adherir una “scene” o escena a la `MTApplication`. `MTApplication` tiene un método que hay que reemplazar, este método es `startUp()`. Es en este método en donde se adherirá una “scene” a la `MTApplication`. Ver Figura 29

```

import org.mt4j.MTApplication;

public class StartUSFQ extends MTApplication {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    public static void main(String[] args) {
        initialize();
    }
    @Override
    public void startUp() {
        addScene(new USFQScene(this, "USFQ Scene"));
    }
}

```

Figura 29: Código para crear una MTApplication

Antes de hacer correr el código lo que se necesita es crear una “scene” o escena. La función de la “scene” es mostrar la interfaz de usuario. En este programa se creó un campo de texto el cual muestra el mensaje “USFQ” en la pantalla. Para crear una “scene”, se necesita extender la clase AbstractScene. Hay dos comandos que necesitan ser reemplazados en la clase AbstractScene, estos son `init()` y `shutDown()`. Estos comandos no serán llamados directamente, sino cuando la escena cambie. El comando `init()` es llamado justo antes de que la escena es mostrada en la pantalla, mientras que el comando `shutDown()` es llamado justo cuando la escena está siendo cerrada.

El MT4J cuenta con algunos widgets previamente hechos, en nuestro caso usamos el `MTTextField` para el proyecto, el cual es un campo de texto para multi-touch. Para crear el `MTTextField` lo primero que se necesita hacer es crear el fondo o letra que el campo de texto usará, el cual es hecho por la clase `Ifont`. Como se observa en la Figura 30 se creó un fondo de texto de tamaño 50, de tipo de letra “arial” y el color de fondo y color de línea de fondo blanco.

```

        IFont fontArial =
FontManager.getInstance().createFont(mtApplication, "arial.ttf",
        50,
        white,
        white);

```

Figura 30: Código para crear fondo de texto

Lo siguiente que se necesita hacer es crear el campo de texto. Como se observa en la Figura 31, aquí se indica donde el texto va posicionado, la anchura y altura del campo; luego que fondo va a hacer usado y lo pasamos a la referencia de aplicación multi-touch.

```

MTTextArea textField = new MTTextArea(mtApplication, fontArial);
textField.setPositionGlobal(new Vector3D(mtApplication.width/2f,
mtApplication.height/2f));

```

Figura 31: Código para crear campo de texto

Lo último es escribir en el campo de texto qué mensaje este va a mostrar y adherir el campo de texto a la escena. (Ver Figura 32) La clase AbstractScene tiene un MTCanvas; este “canvas” es donde todos los widgets son colocados. Los MTCanvas pueden contener diferentes widgets, todos los widgets extienden la clase MTComponet.

```

textField.setText("USFQ");
this.getCanvas().addChild(textField);

```

Figura 32: Código para mostrar texto

Ya realizada esta programación se guardan todos los archivos y nuestra aplicación estaría terminada y lista para utilizar.

## 2. Comunicación Física

Como parte importante del proyecto, está la comunicación física entre la Fuente de Computadora de 12[V] y los LEDs Infrarrojos.

Luego de haber conectado todos los LEDs Infrarrojos alrededor de la lámina de acrílico, primero todos en serie formando cadenas de ocho LEDs y luego esas cadenas conectadas en paralelo, lo siguiente es que estas vayan conectadas con la fuente de poder de 12 [V]. Para esto en las especificaciones de la fuente se observa que el cable amarillo con el negro son los necesarios para enviar 12[V], y para encender la fuente basta hacer un puente con el cable verde y negro.

Simplemente conectamos todos los polos positivos de las cadenas de LEDs juntos e igual las negativas para luego conectarlas directamente con el cable amarillo de 12V y negro que es tierra.



Figura 33: Conexión física de fuente de poder

## **CAPITULO 3: FUNCIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES**

### **(MANUAL DE USUARIO)**

En este capítulo vamos a indicar como es el funcionamiento tanto del Community Core Vision como del MT4J (Multi-touch for Java). De igual manera se explicará la configuración, calibración necesaria y pasos a seguir para lograr un funcionamiento correcto de la multi-touch table.

#### **I. Utilizando Community Core Vision**

El Community Core Vision o CCV, es un software libre para visión y detección de computadoras. Éste toma una fuente de entrada de video y la envía como seguimiento de datos (coordenadas y tamaños de las “manchas” creadas por los dedos) y de eventos (movimiento de dedos) que son usados en la construcción de aplicaciones multi-touch.<sup>16</sup>

En la Figura 34 se observa la plataforma del programa en sí y sus comandos. Básicamente lo que realiza el programa es hacer el seguimiento o tracking de los dedos de las manos o de las “manchas” como se mencionó anteriormente para que así funcionen las aplicaciones creadas para la multi-touch table.

---

<sup>16</sup> [25]

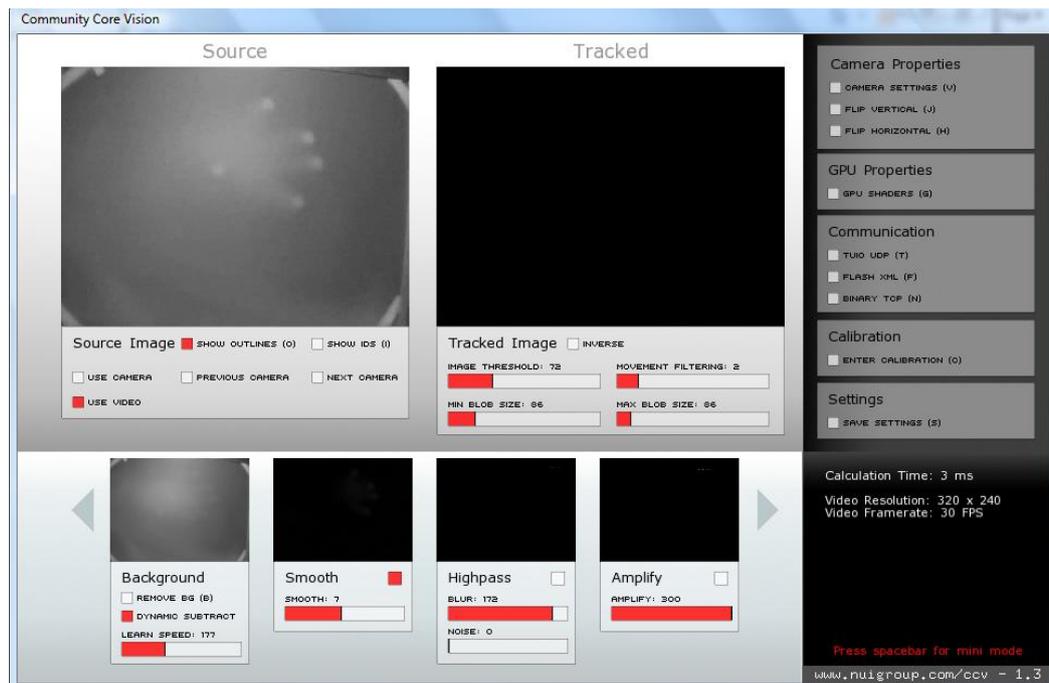


Figura 34: Plataforma del CCV

Para poder rastrear o hacer tracking de objetos, primeramente el CCV necesita ser configurado y calibrado. El objetivo es tener una imagen final rastreada, que tenga “manchas” blancas viniendo de los dedos de las manos u objetos colocados en la superficie multi-touch sin ningún ruido de fondo o “manchas” visibles falsas. Para conseguir este objetivo, varios filtros de imagen deben ser ajustados. Mediante los siguientes pasos de configuración podremos obtener una imagen clara y “manchas” distintivas como en la figura anterior. La configuración que se dará es buena para empezar aunque dependiendo de las condiciones de la multi-touch, estas pueden variar por lo que es recomendable jugar un poco con estas.

Luego de haber instalado y extraído los archivos del programa, la aplicación se iniciará y la imagen de una cámara o video debe ser mostrada en la ventana que señala fuente o source.

Si la cámara equivocada es mostrada, presionar “Next Camera” para cambiar a la siguiente cámara conectada, que en nuestro caso es la PS3 Eye. Mientras no haya dedos presentes, presionar “Remove Background” para capturar el fondo. Si un ambiente que tiene luz cambia muy seguido, presionar “Dynamic Substract”. Ver Figura 35

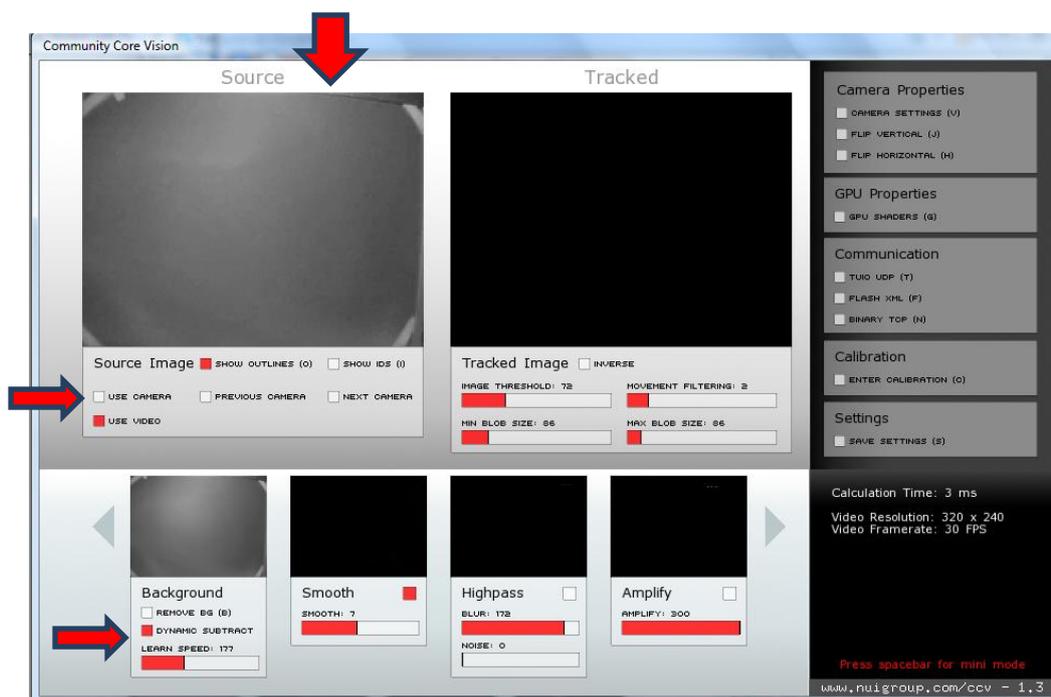


Figura 35: Fuente de imagen en CCV

Como se construyó una Multi-touch table FTIR, lo que se necesita hacer es apagar el filtro “Highpass” y el filtro “Amplify”. Luego encender el filtro “Smooth” y ajustarlo para remover el sonido. Si las “manchas” son débiles encender el filtro “Amplify” para darle más brillo a las mismas. Ver Figura 36



Figura 36: Ajuste de filtros en CCV

Finalmente se necesita ajustar el “Threshold” en la ventana “Tracked” hasta que solo los dedos de la mano sean rastreados y no haya “manchas” falsas presentes. Además cabe recalcar que en el lado de comunicación se tiene que presionar “Send TUIO” ya que este es el encargado de que haya el rastreo o tracking cuando se está utilizando el programa. Ver Figura 37

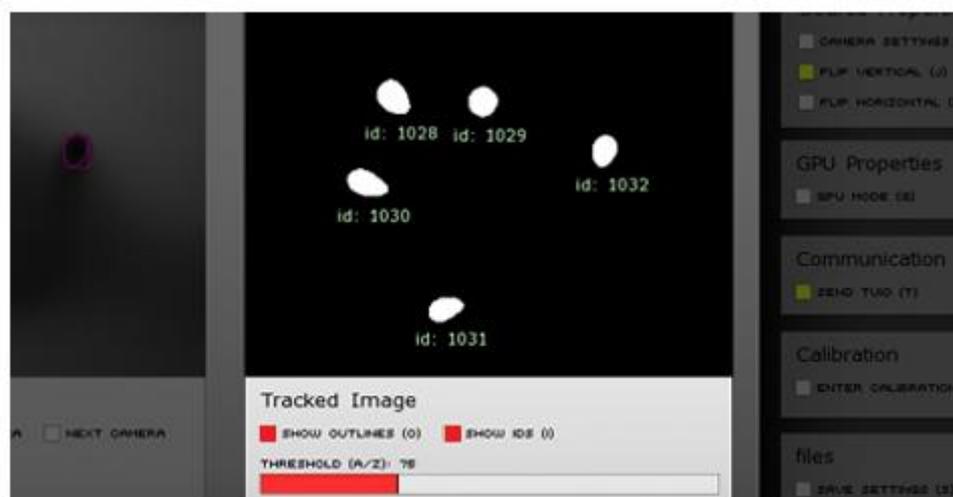


Figura 37: Ajuste del Threshold y TUIO en CCV

Ahora para calibrar el Community Core Vision para la cámara y el proyector, lo que se necesita hacer es arrancar el proceso de calibración. La calibración permite que los puntos de toque se alineen con los elementos en la pantalla. De esta manera cuando se toca algo que está presente en la pantalla, el toque es registrado en el lugar correcto. Para hacer esto, el CCV tiene que traducir el

espacio de la cámara en el espacio de la pantalla; esto se realiza al tocar los puntos de calibración individuales.

Cuando ya se tiene la imagen del CCV siendo proyectada hacia la pantalla y ya configurado el programa para que reconozca las “manchas” de los dedos, lo siguiente es la calibración. Primeramente se presiona el botón de calibración o la letra “c” para entrar a la pantalla de calibración. Aquí una serie de opciones aparecerán para empezar con la calibración. Ver Figura 38

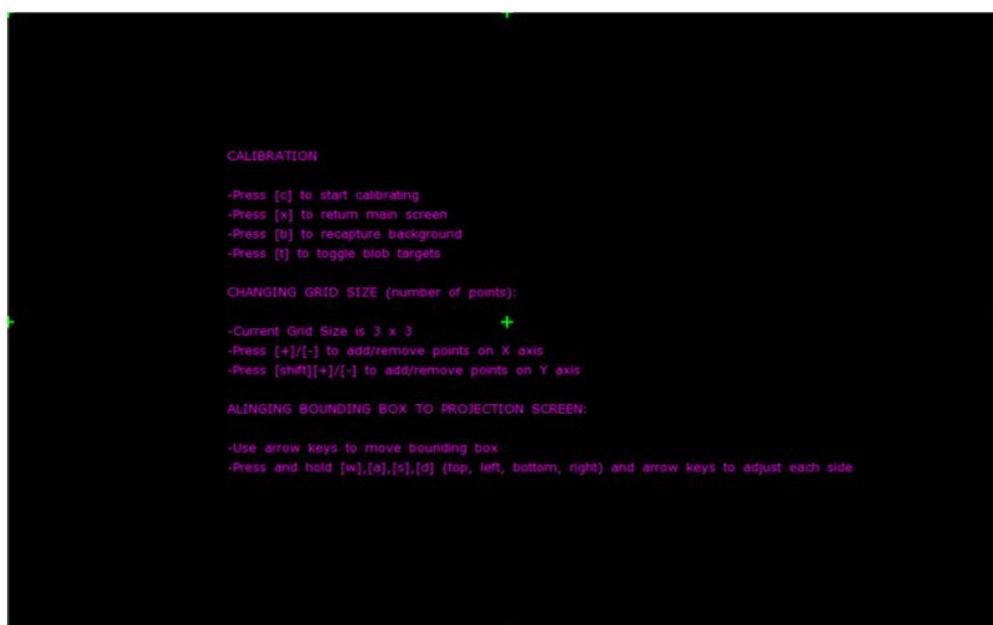


Figura 38: Pantalla de calibración de CCV

Como se observa en la Figura 39, una red de puntos de cruz verdes aparecerá. Estas cruces son los puntos de calibración que se tocan una vez iniciada la calibración. En la pantalla aparecerá un cuadro delimitador blanco que rodea a los puntos de calibración, pero si este cuadro blanco no es claramente visible y no se encuentra alineado con la superficie de toque proyectada, se necesita usar la opción “Aligning Bounding Box to Projection Screen” el cual se encuentra

en la pantalla del CCV, que sirve para alinear el cuadro delimitador y los puntos de calibración para que así estos se ajusten a la superficie de toque.

Se mantiene presionado haciendo mover con las flechas del teclado la letra “w” para mover el cuadro hacia la parte superior, “a” para mover a la parte izquierda, “s” para mover a la parte inferior o “d” para mover a la parte derecha.

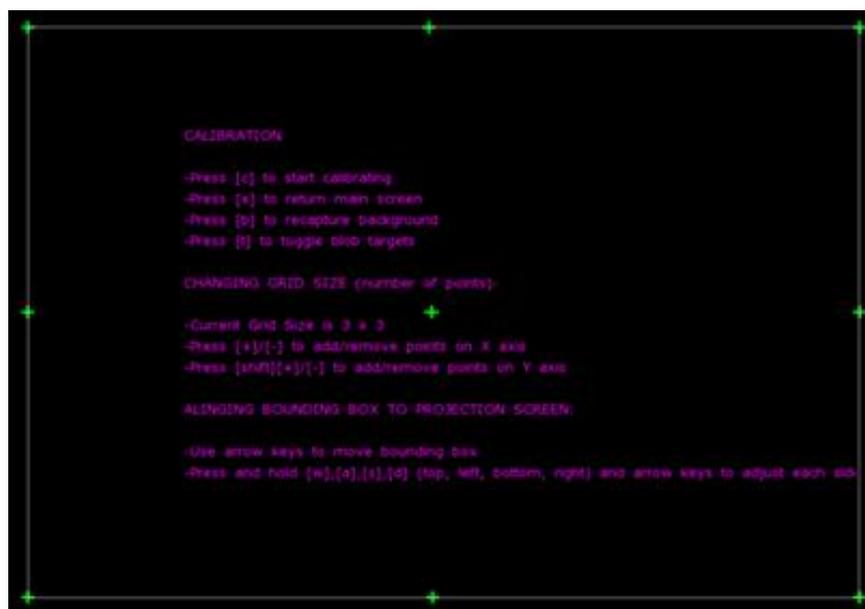


Figura 39: Red de puntos de calibración del CCV

Si se está utilizando una cámara de enfoque ancho o si se desea una mejor precisión en el toque, más puntos de calibración pueden ser adheridos en la pantalla. Para esto se utiliza la opción “Changing Grid Size”. Para hacer esto se presiona la tecla “+” para adherir más puntos o “-” para remover los puntos alrededor del eje x, y teniendo presionado “shift” junto con las teclas “+” y “-” respectivamente se adhiere o remueven los puntos en el eje y. Ver Figura 40

Ahora hecho esto se puede empezar con la calibración presionando “c” de nuevo. Un círculo rojo aparecerá en el punto de toque de calibración actual; se necesita tocar cada uno de los puntos hasta que todos sean presionados. Si un

error es cometido, presionar “r” para regresar al último punto tocado y si existen falsas “machas” de los dedos, se presiona “b” para recapturar el fondo.

Ver Figura 40

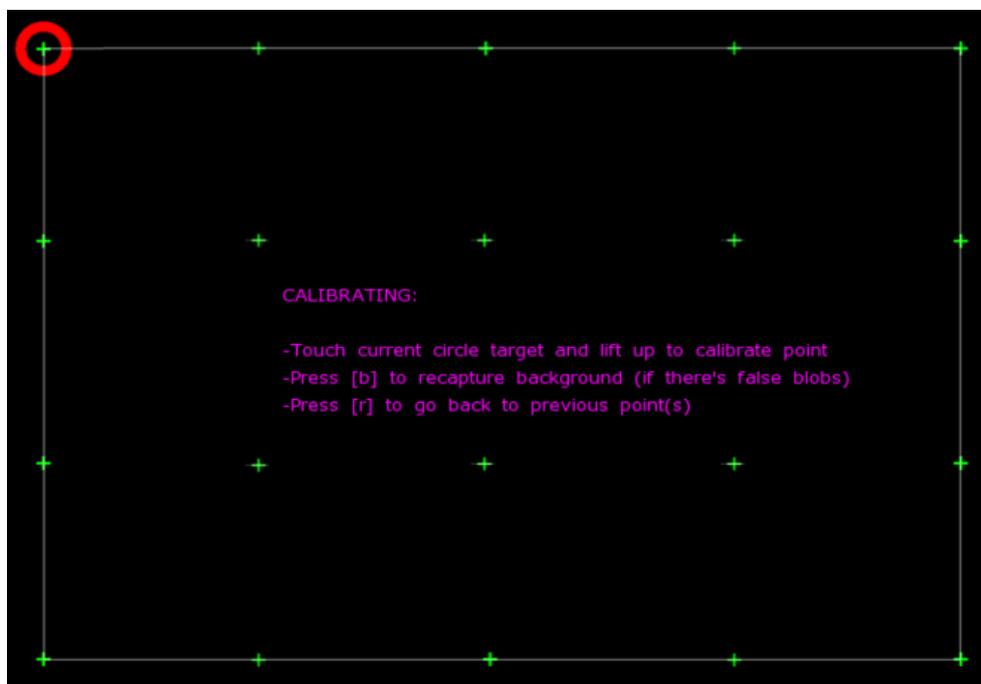


Figura 40: Calibrando el CCV

Luego de haber completado la calibración, la pantalla regresara al inicio y la exactitud puede ser comprobada presionando en el área de toque. Si la calibración no es exacta, se puede calibrar de nuevo o regresar a la configuración principal presionando la tecla “x” para ajustar mejor los filtros.

## II. Utilizando Multi-touch for Java (MT4J)

El Multi-touch for Java o MT4J, como se mencionó antes, es un software que sirve para la programación de aplicaciones multi-touch y además para la compilación de las mismas; y también éste cuenta con una variedad de ejemplos de aplicaciones para poder utilizarlas en nuestro proyecto.

Para poder empezar a utilizar el MT4J es necesario instalar previamente el Eclipse IDE for Java Developers. El Eclipse es un software libre multiplataforma compuesto por un conjunto de herramientas de programación necesarias para construir aplicaciones Java utilizando MT4J, ya sean compiladores, editores de código y demás configuraciones.

Una vez instalados y extraídos los archivos de Eclipse, se necesita primeramente importar el MT4J hacia Eclipse. Para esto se selecciona “Import Existing Projects into Workspace” (Figura 41), se busca la carpeta donde fue bajado el programa hasta que salga que el MT4J ha sido aceptado y esté listo para usar. Ver Figura 42

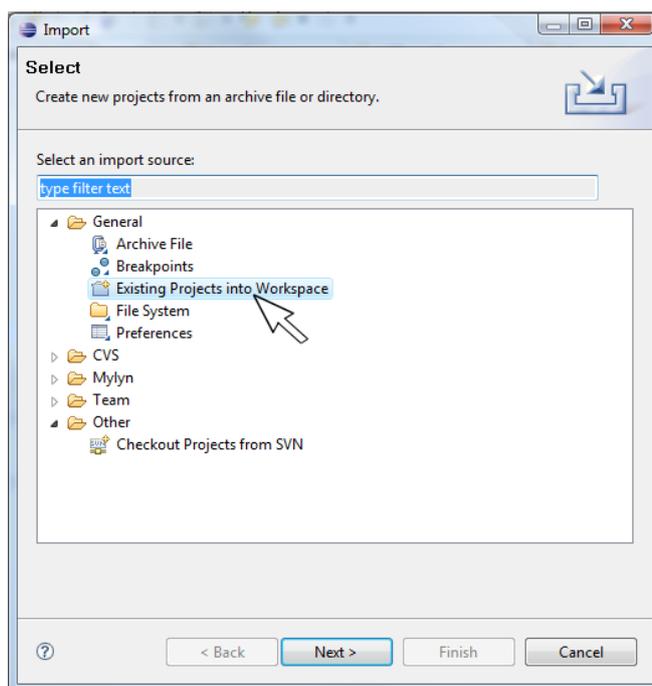


Figura 41: Importando el MT4J

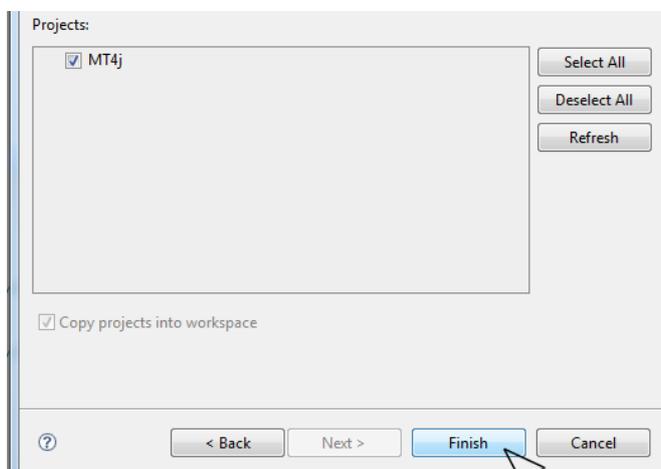


Figura 42: MT4J listo para su uso

Hecho esto, para empezar a utilizar las aplicaciones que vienen en el MT4J junto con nuestra aplicación multi-touch llamada “USFQ”, se necesita abrir Eclipse y seleccionar “Package Explorer” en donde una carpeta llamada “MT4j” debe aparecer. Luego de expandir la carpeta “MT4j”, se selecciona la carpeta “examples” en donde se exhiben la lista de las aplicaciones que vienen previamente con el programa y todos los nuevos proyectos y aplicaciones creadas entre los cuales está la nuestra. Ver Figura 43

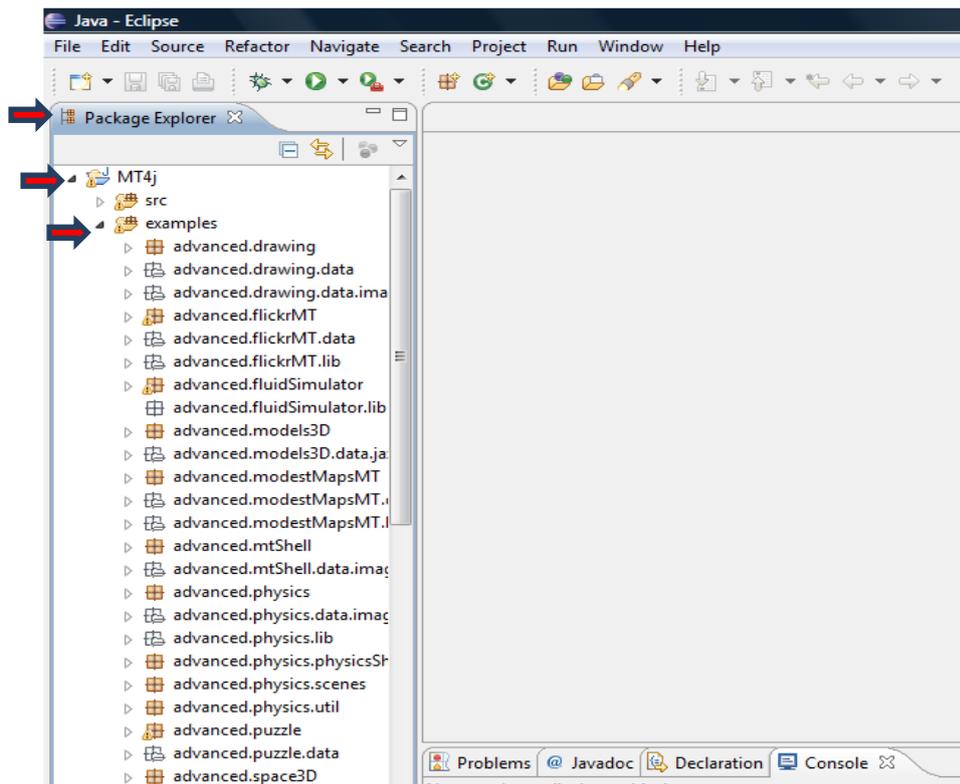


Figura 43: Aplicaciones multi-touch en el MT4J

Para acceder y utilizar nuestra aplicación multi-touch creada, lo primero es buscar en la lista de ejemplos del MT4J nuestro programa el cual como se lo mencionó anteriormente se llama “Usfq”. Al hacer “click” en el programa, este se expandirá y se podrá observar dos archivos Java los cuales son “StartUSFQ” y “USFQScene”.

Como se observa en la Figura 44 para poder utilizar la aplicación, lo que se hace es dar un “click” derecho en el archivo “StartUSFQ” en donde aparecerá una ventana con varias opciones; lo siguiente es escoger la opción “Run As” la cual nos lleva a otra ventana. Damos un “click” en “Java Application” y con eso nos lleva directamente a la pantalla de nuestra aplicación para usar en nuestro proyecto de multi-touch table.

Para utilizar los demás ejemplos de aplicaciones multi-touch se realiza exactamente el mismo procedimiento.

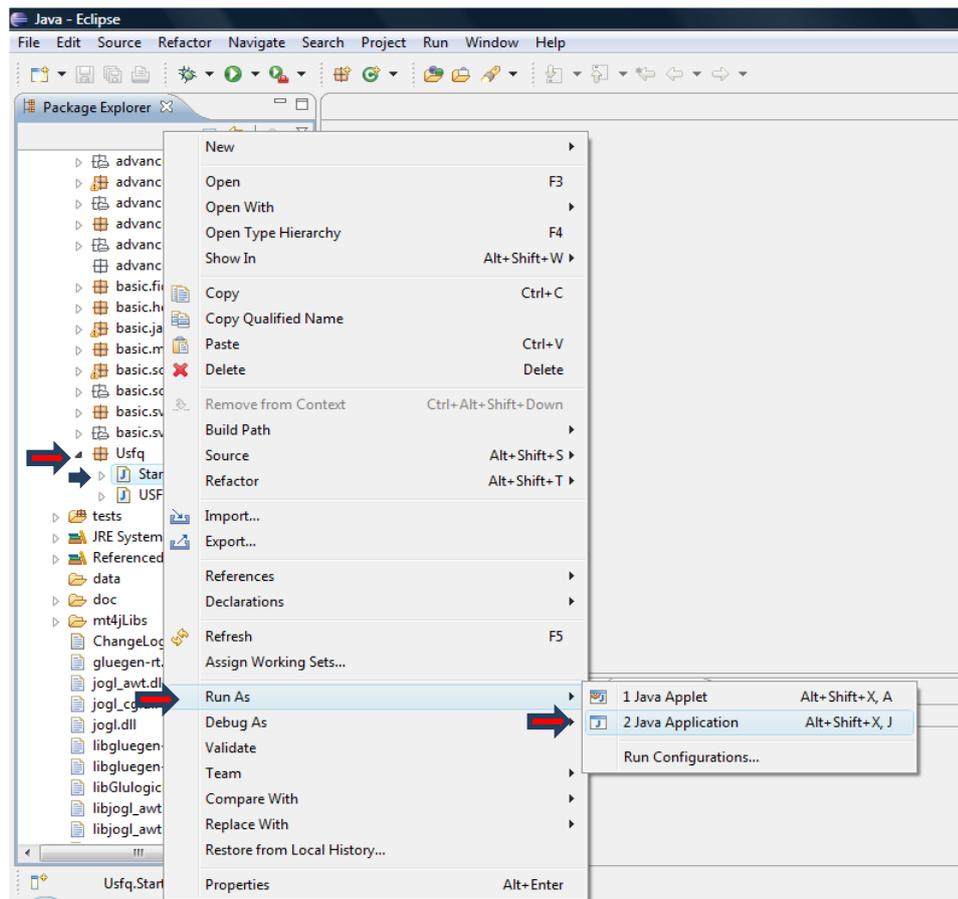


Figura 44: Ejecutando aplicación multi-touch “USFQ”

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### I. Conclusiones

La construcción de una multi-touch table, puede ser realizada a un más bajo costo que las comerciales. Utilizando materiales no tan costosos y fáciles de conseguir, pudimos diseñar y construir una pantalla de contacto múltiple lista para interactuar con el usuario.

Este proyecto utiliza una de las cinco metodologías investigadas para crear multi-touch tables por lo que sería importante realizar más investigaciones por parte de estudiantes o profesionales para así ampliar los conocimientos acerca de las demás metodologías multi-touch existentes ya que esto será el futuro de la computación y de la interacción humano-máquina.

En cuanto a los aspectos delicados de este proyecto, con respecto a los materiales necesarios para construirlo, los LEDs Infrarrojos no fueron fáciles de conseguir debido a que en nuestro país no se cuenta con los LEDs que cumplan con las especificaciones requeridas; únicamente se cuenta con LEDs Infrarrojos de 950nm de longitud de onda y no de otros rangos, lo cual complicó la construcción de nuestro proyecto. La única manera de obtenerlos fue traerlos del exterior lo cual fue un tanto complicado.

La aplicación multi-touch “USFQ”, es una aplicación muy sencilla y su propósito fue mostrar claramente la forma de interactuar directamente con la pantalla de una multi-touch, y los beneficios que nos podría ofrecer en el futuro aplicándolos en aspectos más profesionales.

Finalmente, se puede concluir que todos los objetivos planteados en un inicio, fueron completados con gran éxito, ya que gracias a la investigación previamente realizada, se pudo diseñar y construir una multi-touch table utilizando LEDs Infrarrojos a un costo mucho más bajo, sin el uso de tecnología tan avanzada y crear una aplicación multi-touch propia llamada “USFQ” para poder utilizar con nuestro proyecto.

## **II. Recomendaciones**

Con respecto a las multi-touch tables lo recomendable es construirlas realizando un poco de prueba y error; los sistemas a más bajo costo no siempre resultan como lo planeado, es importante investigar bastante sobre los materiales, metodologías y demás partes que se necesiten y que haya disponibles en el país. En el blog de NUI (Natural User Interface) existen millones de recomendaciones y preguntas acerca de como diseñar su propia multi-touch table y además de ofrecer ayuda gratuita si existiera algún tipo de problemas por lo cual es muy recomendable empezar la investigación por este medio.

La cámara del PlayStation 3 es una forma rápida y económica de crear una cámara infrarroja, con la modificación respectiva, pero es recomendable tener una cámara propia solo de de infrarrojos o simplemente adquirir un mejor filtro IR para obtener mejores resultados.

Los LEDs infrarrojos es necesario que sean de un rango de longitud de onda que vaya desde los 780nm a 940nm, ya que es más fácil para la cámara infrarroja modificada captar la luz emitida. El problema como se mencionó es que en nuestro país no se conoce que tipo de longitud de onda los LEDs tienen y la mayoría son los estándar que tienen 950nm de longitud de onda, por lo que

es recomendable investigar en donde se puede conseguir este tipo de LEDs con las especificaciones requeridas.

Con el Community Core Vision, el cual es el programa clave para crear la multi-touch table, lo recomendable es jugar un poco con los filtros y las opciones de cámara, para así obtener unas buenas “manchas” brillantes de los dedos y fáciles de detectar por la cámara infrarroja.

Con respecto a las aplicaciones, lo recomendable es empezar con algo sencillo para así entender la forma de funcionar de un dispositivo multi-touch, el programa MT4J es un programa sencillo y su programación fácil de comprender.

Siguiendo estas recomendaciones e investigando mucho más sobre el tema y sus metodologías, no se tendrá alguna complicación grave acerca del diseño y construcción de su propia multi-touch table a más bajo costo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Nui Group, Multi-touch Technologies, Nui, Mayo 2009.
- [2] <http://www.microsoft.com/surface/>
- [3] <http://www.wisegeek.com/what-is-an-infrared-led.htm>
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation\\_Eye](http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_Eye)
- [5] <http://us.playstation.com/ps3/accessories/playstation-eye-camera-ps3.html>
- [6] [http://www.pac.com.ve/index.php?option=com\\_content&view=article&catid=64:industria&Itemid=87&id=5603](http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&catid=64:industria&Itemid=87&id=5603)
- [7] [http://wiki.nuigroup.com/What\\_is\\_a\\_compliant\\_surface%3F](http://wiki.nuigroup.com/What_is_a_compliant_surface%3F)
- [8] <http://www.majulhogar.com/index.php?cPath=24>
- [9] <http://www.dbup.com.ar/info.html>
- [10] [http://es.wikipedia.org/wiki/Proyector\\_de\\_v%C3%ADdeo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proyector_de_v%C3%ADdeo)
- [11] <http://wiki.nuigroup.com/Projector>
- [12] <http://nuigroup.com/go/>
- [13] <http://touchscape.org/developer/downloads/tech/FTIR%20Explained.pdf>
- [14] Gettys, Edward W, Frederick J Keller, and Malcolm J Skove. Classical and Modern Physics. New York: McGraw-Hill, 1989.
- [15] <http://codelaboratories.com/>
- [16] <http://alexpopovich.wordpress.com/2008/10/02/sony-ps3eye-cameradirectshow-capture-source-filter/>
- [17] <http://ledcalculator.net/>
- [18] [http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Main\\_Page](http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Main_Page)
- [19] <http://eclipse.org/packages/eclipse-ide-java-developers/heliossr2>
- [20] <http://www.projectorcentral.com/projection-calculator.cfm>
- [21] User Manual- PS3 Eye
- [22] <http://www.tuio.org/>
- [23] <http://sites.google.com/site/gmitresearch/mt4j/mt4j-basics>
- [24] <http://www.mt4j.org/mediawiki/index.php/Architecture>
- [25] <http://ccv.nuigroup.com/>

- [26] [http://wiki.nuigroup.com/Getting\\_Started\\_with\\_CCV](http://wiki.nuigroup.com/Getting_Started_with_CCV)
- [27] <http://www.eclipse.org/downloads/moreinfo/java.php>
- [28] [http://cmcirubide.blogspot.com/2009\\_04\\_01\\_archive.html](http://cmcirubide.blogspot.com/2009_04_01_archive.html)
- [29] Datasheet- SFH4550 (IR LED Emisor OSRAM)
- [30] <http://www.peauproductions.com/blog/?s=techniques>
- [31] <http://www.maximumpc.com/article/features/>
- [32] Trojman Lionel, Guía de Redacción, Sensores e Instrumentación Virtual, 2010
- [33] <http://definicion.de/fuente-de-poder/>

## **ANEXOS**

### **I. Programación MT4J**

Archivo PDF Cd adjunto

### **II. Datasheet LEDs Infrarrojos OSRAM 850nm**

Archivo PDF Cd adjunto

### **III. User Manual PS3 EYE**

Archivo PDF Cd adjunto

### **IV. Instalador CL-Eye Driver**

Archivo EXE Cd adjunto

### **V. Instalador Eclipse IDE for Java™ Developers**

Archivo EXE Cd adjunto

### **VI. Presupuesto**

Archivo Excel Cd adjunto