

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



***Ambiente de Aprendizaje Colaborativo basado en
mesas Multi-Touch***

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA

ROSENDO RAFAEL SOSA CANALES

DIRECTOR DE TESIS:

DR. RENE CRUZ FLORES

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. GABRIEL LOPEZ MORTEO

MEXICALI, B. C.

OCTUBRE DE 2013

Dedicatoria

A mis padres Ana y Rosendo, que siempre me han apoyado y me han devuelto la fe hasta en los momentos donde la creía inexistente; los amo.

A mi hermana Roxana, quien me ha enseñado que los obstáculos son esas cosas que ven las personas cuando dejan de mirar sus metas.

Al amor de mi vida Verónica, gracias por acompañarme en un capítulo más de mi vida y bríndame tu amistad, paciencia y comprensión.

A toda mi familiares Canales y Sosa, por cree en mi y siempre alentarme en seguir adelante.

A todos mis amigos que creyeron en mi y me apoyaron con sus consejos, experiencia y su tiempo.

Gracias a todos.

Agradecimientos

A mi asesor, Dr. Rene Cruz Flores, por compartir tus conocimientos, experiencias y consejos, que sin ellos este trabajo no seria posible, pero principalmente por su paciencia, confianza y amistad.

A mi coasesor, Dr. Gabriel López Morteo, por compartir sus conocimientos, experiencias, consejos, que ayudaron a concluir este trabajo, pero principalmente su invaluable apoyo, paciencia y amistad.

A los miembros de mi comité de tesis, M.E.M. Mónica Livier Mendiola y Dr. Felix Fernando Gonzales, sus comentarios y sugerencias que ayudaron a enriquecer este trabajo.

En especial agradecer a la M.E.M. Mónica Liver Mendiola, por todo el apoyo para concluir de manera satisfactoria esta meta.

A mis amigos y compañeros de la maestría: Emmanuelle, Lorena, Cuauhtémoc, Inés, Rafael, Noé, Ivone, Cesar, Sergio, Eddie, Joaquín, Daniel, Johanna, Jucai, Antonio, Daniel (Flan-Man), Miguel, Cristopher y a todos los demás que por ser tantos no los menciono, pero saben que comparto con ustedes este logro.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico que hizo posible mis estudios de maestría con el número de beca 257856.

RESUMEN de la Tesis de Rosendo Rafael Sosa Canales presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN. Mexicali, Baja California, México. Octubre de 2013. AMBIENTE DE APRENDIZAJE COLABORATIVO BASADO EN MESAS-MULTI-TOUCH

El presente trabajo de tesis presenta diseño y desarrollo de un ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch. Así mismo el ambiente de aprendizaje cuenta con un conjunto de librerías de software (API) para desarrollar aplicaciones de tipo colaborativo que se requieran para apoyar la realización de actividades educativas.

Así mismo este ambiente de aprendizaje cuenta con un modelo de procesos para el desarrollo de actividades colaborativas, basado en seis etapas, incluyendo la especificación de los roles involucrados en el proceso de creación, así como sus responsabilidades durante el proceso.

También presenta la Infraestructura de software que incluye un software para apoyar al instructor a ejecutar y controlar una aplicación en la mesas multi-touch durante una actividad y un sistema operativo para que la mesa multi-touch sea capaz de ejecutar las aplicaciones desarrollada con la API.

Se evaluó la infraestructura de software bajo aspecto de funcionalidad, completitud y robustez. Así mismo durante tres etapas de construcción de mesa multi-touch se evaluó su funcionamiento, su tiempo de respuesta y precisión de detección de puntos en la superficie.

Finalmente, los resultados de estas evaluaciones muestran que el proceso de creación y ejecución de una aplicación para una actividad colaborativa en el ambiente de aprendizaje es completo, funcional y robusto.

Palabras clave: *Mesas Multi-Touch, Aprendizaje Colaborativo, API, Modelo de proceso, Ambiente de aprendizaje.*

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Definición del problema	10
1.2. Justificación	10
1.3. Objetivo	11
1.3.1. Objetivos específicos	12
1.4. Metodología	12
2. Marco teórico	15
2.1. Ambientes de aprendizaje colaborativo basados en mesas multi-touch	15
3. Arquitectura del ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch	20
3.1. Arquitectura	21
4. Infraestructura de hardware y software	25
4.1. Construcción de Mesa Multi-Touch	25
4.2. Consideraciones para la construcción de la mesa multi-touch	25
4.3. Construcción de la mesa multi-touch	26
4.3.1. Primera versión: Marco de LEDs Infrarrojos	31
4.3.2. Segunda versión: Lámpara y tiras de LEDs Infrarrojos	34
4.3.3. Tercera versión: Lámparas de LEDs Infrarrojos	36
4.4. Desarrollo de Infraestructura de software	38
4.4.1. API para interacción con el ambiente	38
4.4.2. Aplicación del moderador	39
4.4.3. Plataforma de la mesa multi-touch	40

5. Descripción la actividad colaborativa en el ambiente de aprendizaje	42
5.1. Actividad Colaborativa basada en Mesas Multi-Touch	42
5.2. Roles	42
5.3. Referencia documental	43
5.4. Caracterización	46
5.5. Proceso de desarrollo de aplicación para actividad colaborativa para el ambiente.	47
5.6. Proceso de ejecución de una actividad en el ambiente.	49
6. Evaluación de funcionalidad del ambiente	65
6.1. Método	65
6.2. Desarrollo	67
6.3. Interpretación de resultados	72
7. Conclusiones	74
7.1. Contribuciones	74
7.2. Trabajo futuro	75
Bibliografía	76

Índice de tablas

5.1. Descripción de Roles	43
6.1. Contenido de curso del uso de la API y el software del ambiente	66
6.2. Tiempo de duración por participante en cada prueba	72
6.3. Respuestas de los participantes al cuestionario aplicado	73

Índice de figuras

1.0.1.Diagrama de Schopieray sobre puntos de convergencia entre colaboración y cooperación.	4
1.0.2.Descripción de CSCW en tiempo y espacio	5
1.0.3.Gestos táctiles [Mirko, 2011]	7
1.0.4.Mesa multi-touch (izquierda) y Pizarrón Interactivo (Derecha)	7
1.0.5.Diagrama descriptivo de FTIR [NUIGroupAuthors, 2009]	8
1.0.6.Diagrama descriptivo de DI. [NUIGroupAuthors, 2009]	8
1.0.7.Diagrama descriptivo de LLP [NUIGroupAuthors, 2009]	9
1.0.8.Diagrama descriptivo de DSI [NUIGroupAuthors, 2009]	9
2.1.1.Tablero de juego (izquierda) y adolescentes interactuando (derecho). [Piper et al., 2006]	16
2.1.2.Distribución de pantalla (izquierda) y niños interactuando (derecha). [Sluis et al., 2004]	16
2.1.3.TICLE en Goudreau Museo de matemáticas en arte y ciencia de San Antonio. [Scarlatos et al., 1999b]	17
2.1.4.Etiquetado de objetos físicos (izquierda) y ejemplo de aplicación en TICLE (derecha)	17
2.1.5.Interacción con TablePortal (a) Mover, girar y escalar con gestos en barra superior, (b) Interactuar con el contenido remoto (c) Navegar, acercamiento. (d) Transferencia de contenido.	18
2.1.6.(a) Mesa multi-touch del profesor. (b) Mesa multi-touch de los Alumnos. (c) Pantalla vertical	18
2.1.7.Experimento SynergyNet	19

3.0.1.Panorama de la arquitectura del ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch	21
3.1.1.Arquitectura del ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch	22
3.1.2.Canales de comunicación	22
3.1.3.Organización de los archivos que componen una aplicación en el repositorio . . .	24
4.3.1.Superficie táctil: acrílico transparente (a) y film de proyección frontal (b)	27
4.3.2.Estructura de Mesa Multi-Touch	27
4.3.3.Diferencia en entre proyector tiro corto y común	28
4.3.4.Función de los espejos	28
4.3.5.LEDs vistos con cámara con filtro pasa banda (izquierda) y LED infrarrojo de 850nm de longitud de onda (derecha)	29
4.3.6.cámara Playstation Eye (Izquierda) y Modificando cámara ()derecha	30
4.3.7.Computadora usada para la mesa multi-touch	30
4.3.8.Prueba de proyección sobre papel vitela	32
4.3.9.Software CCV	32
4.3.10Alumnos interactuando con Mesa Multi-Touch	33
4.3.11Estructura inicial (izquierda) y final (derecha)	34
4.3.12Alumnos utilizando Mesa Multi-Touch	35
4.3.13Detección de puntos Mesa Multi-Touch segunda versión	36
4.3.14Lampara Infrarroja para cámara CCTV	37
4.3.15Estudiantes utilizando la Mesa Multi-Touch	37
4.3.16Version final de la mesa multi-touch	38
4.4.1.Ciclo de vida de una aplicación para las Mesas Multi-Touch	39
4.4.2.Pantallas de la aplicación del moderador	40
4.4.3.Plataforma de la mesa multi-touch	41
4.4.4.Cargar aplicación en “Modo libre” de la plataforma de la mesa multi-touch. . . .	41
5.2.1.Roles	43
5.3.1.Referencia documental	44
5.5.1.Modelo de procesos para el desarrollo de actividades colaborativas empleando la mesa multi-touch	47
5.6.1.Escenario de proceso de ejecución de actividad Profesor y Aplicación gestor . . .	50

5.6.2.Escenario de proceso de ejecución de actividad Alumnos y Aplicación de Mesa
Multi-Touch 59

Capítulo 1

Introducción

Hoy en día se puede observar como los dispositivos móviles y computadoras han adoptado el uso de superficies multi-touch por que proporcionan una interfaz más natural e intuitiva que usar un teclado y mouse. Estas superficies son manipuladas con gestos táctiles que facilitan su uso debido a que los gestos toman un papel muy importante en las comunicaciones humanas. La variedad y la naturaleza de los gestos de la mano ofrecen una oportunidad única de nuevas formas de interacción humano computadora (HCI) que rompe con el paradigma tradicional del uso del teclado y ratón al usar sólo el tacto.

En términos de rendimiento humano, los dispositivos de entrada de una computadora de escritorio son ineficaces por varias razones [Westerman et al., 2001]:

- La operación de el teclado y mouse como dispositivos de entrada, requiere movimientos no productivos al cambiar de mano durante la actividad de escribir y señalar.
- El uso de estos dispositivos requieren diferentes habilidades: movimientos para escribir en el teclado y movimiento click en click para las operaciones con el mouse.
- A excepción del teclado, la mayoría de los dispositivos como un mouse, trackball, trackpoint o digital pen, son utilizados con una mano dejando la otra inactiva.
- El acomodo físico de los dispositivos puede ser un factor de riesgo en el desarrollo de trastornos músculo-esqueléticos.
- El área física requerida de un teclado y ratón, es un uso ineficiente del espacio de trabajo.

Tomando en consideración las razones anteriores se puede observar como ejemplo el trabajo de investigación de Basher et al. [2013], donde se comparan una actividad de diseño de diagramas

UML con un par de estudiantes utilizando una computadora de escritorio y una mesa multi-touch, concluyendo que existen ciertas actividades de organización y manipulación de la interfaz gráfica que se dificultan al utilizar una computadora de escritorio, ya que sólo uno tiene el control del teclado y mouse. Por otro lado los estudiantes al utilizar la mesa multi-touch tuvieron una interacción constante sobre el diseño, lo que los animó a tener conversaciones creativas durante toda la actividad y mantuvieron un plan en el cual se comprometieron en cada paso para la elaboración del diseño.

Esto motivó el interés del presente trabajo en mesas multi-touch, ya que a diferencia de un pizarrón interactivo (superficie vertical) se limita el número de usuarios que interactúan en cuanto a su dimensión horizontal. La interacción sobre una mesa multi-touch presenta tres características muy importantes que se ven reflejadas en el trabajo de investigación mencionado anteriormente de Basher et al. [2013], estas características son las siguientes:

- Interacción cara a cara que anima a los participantes a entablar una conversación.
- Interacción en la superficie de más de dos participantes a la vez, lo que permite crear roles en los cuales cada uno desempeña una actividad diferente para cumplir el objetivo.
- Medio atractivo para los participantes, el cual presenta una manera diferente de interactuar con las interfaces gráficas.

Las mesas multi-touch pueden ser utilizadas para crear espacios de trabajo colaborativo, ya que puede motivar a que los participantes fortalezcan sus habilidades para que la colaboración sea efectiva. El objetivo de este trabajo es crear un ambiente de aprendizaje colaborativo que utilice estas mesas multi-touch para el apoyo de la realización de actividades educativas que fomenten el trabajo en equipo, la cooperación y participación grupal, utilizando interfaces intuitivas que incluyan gestos táctiles y el manejo de recursos ricos en contenidos multimedia e hipertexto.

Fundamentos Teóricos

Aprendizaje Colaborativo

El aprendizaje colaborativo tiene como objetivo que cada estudiante desarrolle nuevas ideas en conjunto con sus compañeros, llamados también pares de trabajo, este modelo busca que cada alumno haga aportes para un fin común. En el aprendizaje colaborativo, el profesor propone la actividad y se transforma en un guía, es decir, acompaña a los alumnos en su trabajo, pero son ellos mismos los responsables de su resultado.

Millis [1996] afirma que el aprendizaje colaborativo posee beneficios que fueron observados en dinámicas de grupo, entre ellos están: aumentar el aprendizaje, la motivación por el trabajo, la cercanía y la apertura, por lo que se mejoran las relaciones interpersonales, la aceptación de estudiantes con necesidades especiales, la satisfacción por su propio trabajo y se genera un lenguaje común.

La idea de un entorno de aprendizaje colaborativo es sencilla, los alumnos forman pequeños grupos después de que el profesor les ha indicado las instrucciones, y luego dentro de cada grupo se intercambia información y trabajan en una tarea hasta que es entendida por todos sus compañeros. De igual manera el trabajo cooperativo se realiza en grupos, pero este busca la generación de nuevas ideas con la contribución de cada integrante sin buscar la mejora o el entendimiento total de todos los integrantes.

Algunas habilidades que se desarrollan en entornos de aprendizaje colaborativo:

- **Cooperación.** Los estudiantes se apoyan mutuamente para cumplir con un doble objetivo: ser expertos en el conocimiento obtenido y desarrollar habilidades de trabajo en equipo. Los estudiantes comparten metas, recursos, logros y entendimiento del rol de cada uno, los estudiantes no tienen éxito a menos que todos los integrantes del equipo tengan éxito.
- **Trabajo en equipo:** Los estudiantes aprenden a resolver juntos los problemas, desarrollando las habilidades de liderazgo, comunicación, confianza, toma de decisiones y solución de conflictos.
- **Comunicación:** Los miembros del equipo intercambian información importante y materiales, se ayudan mutuamente de forma eficiente y efectiva, ofrecen retroalimentación para mejorar su desempeño en el futuro y analizan las conclusiones y reflexiones de cada uno para lograr pensamientos y resultados de mayor calidad.
- **Responsabilidad:** Los estudiantes son responsables de manera individual del rol o la tarea que les corresponde. Al mismo tiempo, todos en el equipo deben comprender todas las tareas que les corresponden a los compañeros.
- **Autoevaluación:** Los equipos deben evaluar cuáles acciones han sido útiles y a cuáles no. Los miembros de los equipos establecen las metas, evalúan periódicamente sus actividades e identifican los cambios que deben realizarse para mejorar su trabajo en el futuro.

Schopieray [2003], muestra en la figura 1.0.1 que la cooperación se enfoca en el producto y no

busca obtener el conocimiento durante el proceso, mientras que la colaboración busca obtener el conocimiento durante el proceso y además crea interdependencia del instructor.

Los puntos de convergencia entre estos dos enfoques se muestran en la figura 1.0.1:

- **Constructivismo.** Las dos actividades buscan que alumno con las herramientas con las que cuenta pueda crear sus propios procedimientos para cumplir un objetivo o resolver un problema, donde sus conocimientos previos son fundamentales para la creación de nuevo conocimiento
- **Construccionistas.** Mientras los alumnos están activos desarrollando una actividad van creando estructuras de conocimiento en paralelo con la construcción del producto.

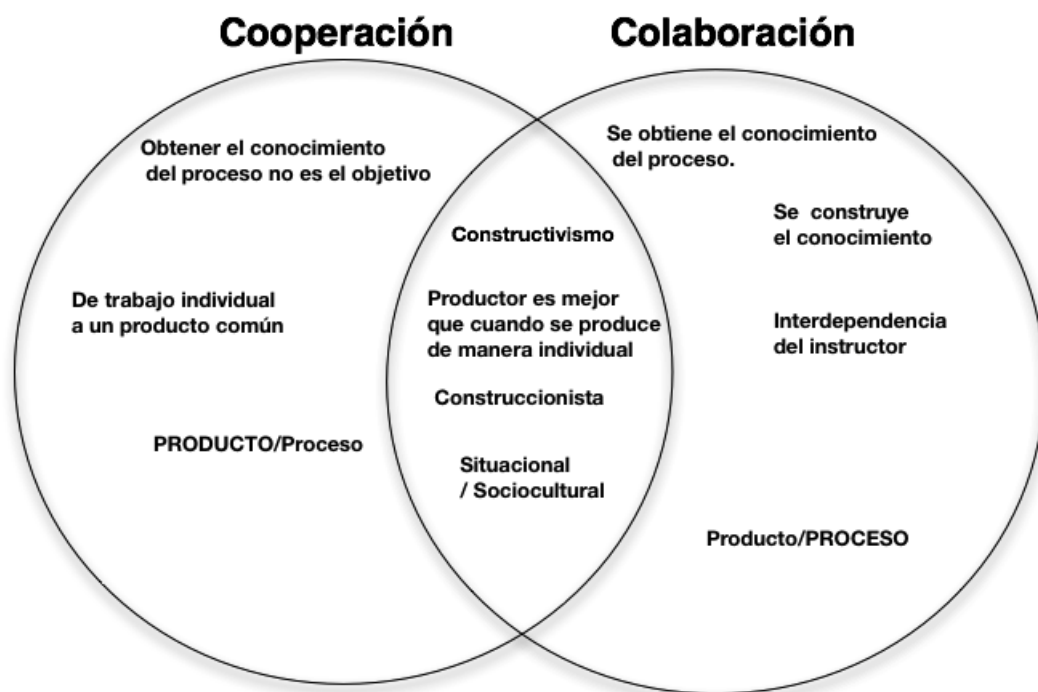


Figura 1.0.1: Diagrama de Schopieray sobre puntos de convergencia entre colaboración y cooperación.

Ambientes de aprendizaje colaborativo

Para fines de este trabajo, se considera un ambiente de aprendizaje como todos aquellos elementos físicos o digitales, que caracterizan un espacio donde el estudiante realiza su proceso de aprendizaje de modo que este se desarrolle con un mínimo de presión y un máximo de eficacia, adoptando tecnologías cuyo objetivo primordial es facilitar los procesos de interacción y colaboración en el trabajo cooperativo.

En el ambiente de aprendizaje colaborativo de este trabajo aparecen al menos seis componentes principales que lo conforman: el espacio, el aprendiz, el asesor, los contenidos educativos, mesas multi-touch y los medios de información y comunicación.

CSCW y CSCL

El trabajo cooperativo asistido por computadora (CSCW) usa las computadoras en grupos cooperativos y coordinados de trabajo colaborativo, enfocado principalmente a grupos de individuos en diversas condiciones de trabajo, tiempo y espacio. Esta enfocado en grupos de trabajos que tengan un objetivo en común y en las técnicas de comunicación utilizadas. Las cuales se describirán más adelante.

Un Groupware es un software colaborativo que apoya al trabajo multiusuario en un misma plataforma, permiten un flujo de trabajo centralizado donde se puede tener acceso a la información de la tarea por todos los actores y también pueden acceder y modificar un sistema de información.

El contexto de CSCW es descrito en términos de tiempo y espacio en el que produce la actividad de colaboración, como se muestra en la figura 1.0.2 la colaboración puede ser entre personas en el mismo lugar (co-localizada) o en lugares diferentes (a distancia). La colaboración puede ser al mismo tiempo (sincrónico) o remoto (asíncrona).

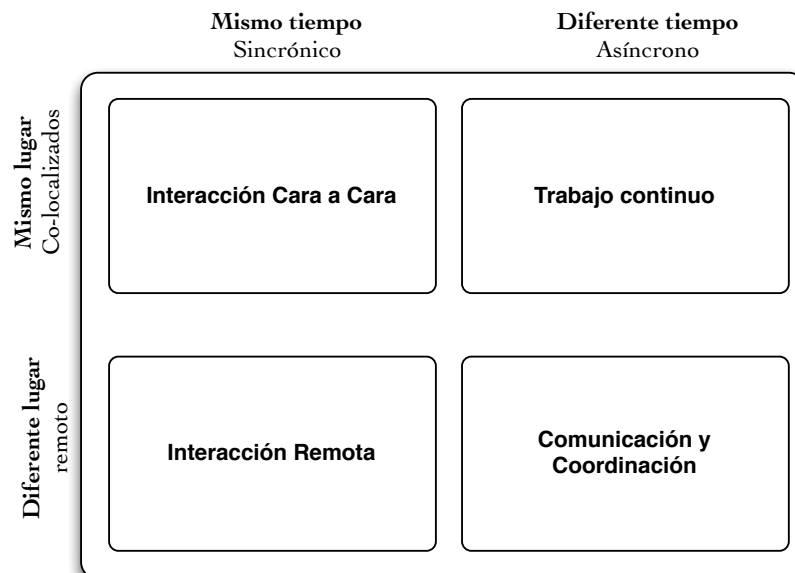


Figura 1.0.2: Descripción de CSCW en tiempo y espacio

El aprendizaje colaborativo asistido por computadora (CSCL), es un área emergente de las

ciencias del aprendizaje referente a estudiar como las personas pueden aprender de manera conjunta con la ayuda de los computadores. Se enfoca en que es lo que se está comunicando, busca facilitar la capacidad del estudiante para construir el conocimiento previo y asimilar nueva información, así como dar soporte a la afectividad del proceso de aprendizaje del alumno.

Superficies Multi-Touch

Una superficie multi-touch es aquella que puede detectar dos o más puntos de contacto sobre ella, actualmente estos puntos se detectan en la superficie por medio de sensores como lasers, LEDs infrarrojos o pantallas capacitivas.

Las superficies multi-touch por lo general están acompañadas de gestos táctiles, con el objetivo de hacer más fluida, natural e intuitiva la interacción, en la figura 1.0.3 se muestran los gestos más utilizados en las superficies actuales, se puede observar que algunos gestos son de navegación, manipulación como girar y redimensionar, otros desencadenan algún proceso específico. Estos gestos y otros más están entre las patentes de Apple.

La mesa multi-touch es una superficie horizontal donde los que están a su alrededor pueden interactuar en ella, por otro lado un pizarrón interactivo es una superficie vertical y sólo los que se encuentran frente a ella pueden interactuar con la superficie. Por lo tanto la interacción en una superficie vertical como un pizarrón electrónico sólo se da por un número menor de personas que una mesa multi-touch, esto es por que las superficies verticales se limitan en su dimensión horizontal como se observa en la figura 1.0.4 de lado derecho, donde las personas se encuentran interactuando frente a la superficie provocando que el número de personas sea menor. Como se puede observar en la figura 1.0.4 de lado izquierdo, los participantes que se encuentran interactuando están alrededor de la superficie donde el número de personas que interactúan es mayor.

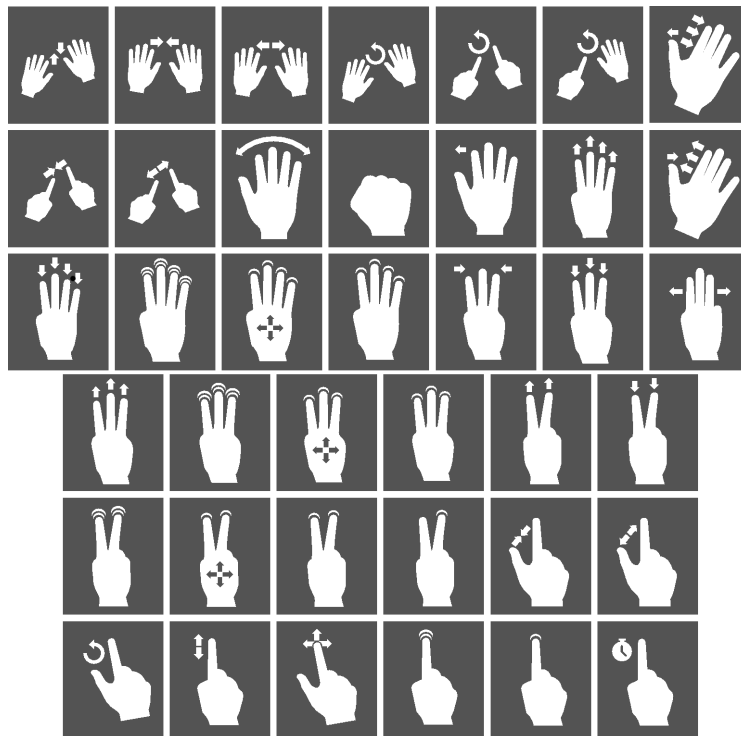


Figura 1.0.3: Gestos táctiles [Mirko, 2011]

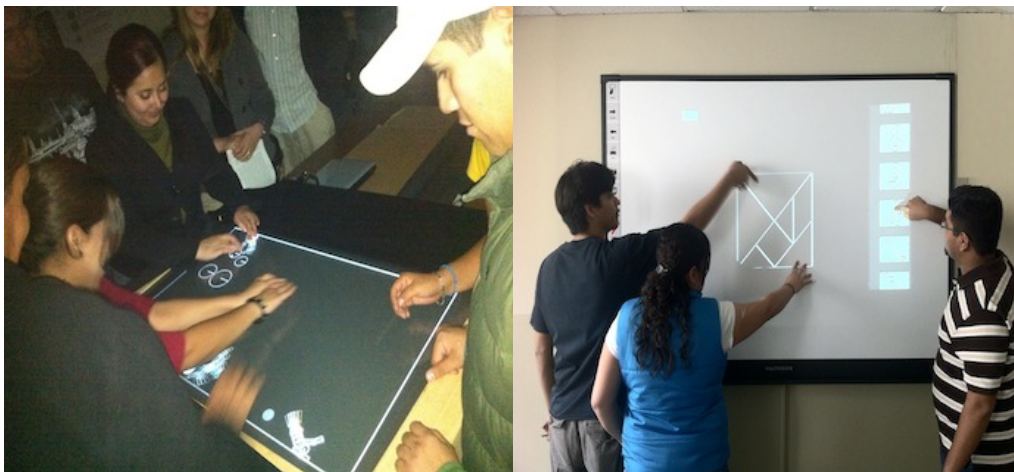


Figura 1.0.4: Mesa multi-touch (izquierda) y Pizarrón Interactivo (Derecha)

A continuación se muestran las técnicas utilizadas en este trabajo para la detección de puntos en superficies:

- Reflexión Interna Total Frustrada (FTIR):

Se utiliza una superficie de acrílico, con material de proyección frontal y LEDs infrarrojos en todo sus lados. La cámara se coloca debajo del acrílico para que capte los puntos que se crean al tocar la superficie como se ve en la figura 1.0.5.

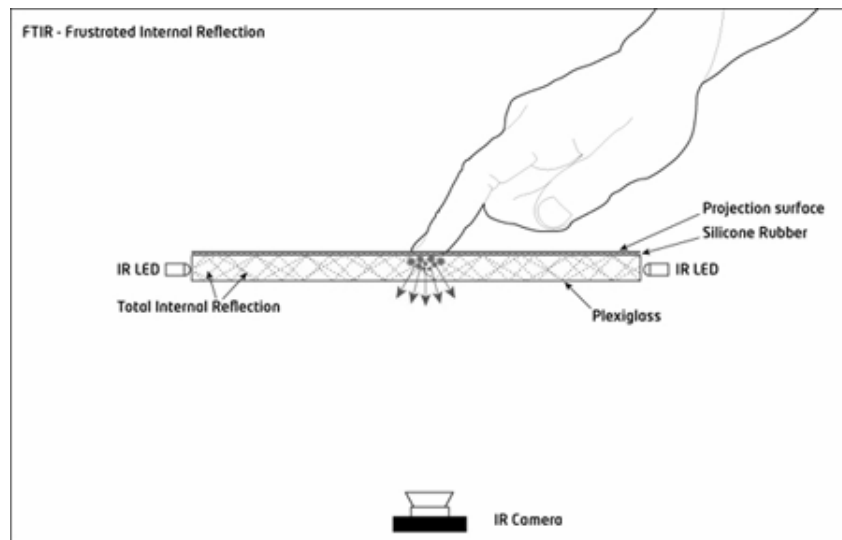


Figura 1.0.5: Diagrama descriptivo de FTIR [NUIGroupAuthors, 2009]

- Iluminación Difusa (DI):

Esta técnica utiliza un acrílico con un material difusor de luz y se utilizan lámparas de luz infrarroja apuntado por debajo del acrílico. La cámara se coloca debajo del acrílico para que capte los puntos que se crean al tocar la superficie como se ve en la figura 1.0.6

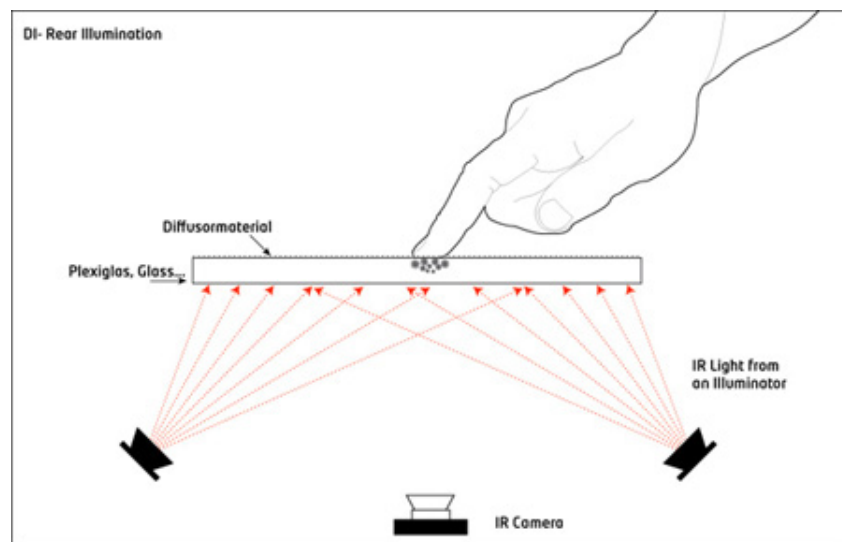


Figura 1.0.6: Diagrama descriptivo de DI. [NUIGroupAuthors, 2009]

- Plano de luz láser (LLP)

Se pueden utilizar de dos a cuatro láseres sobre la superficie, estos láseres al ser acomodados en cada esquina del acrílico crean un plano que al ser tocado crea un punto, como se observa en la figura 1.0.7, donde la cámara se encuentra debajo del acrílico.

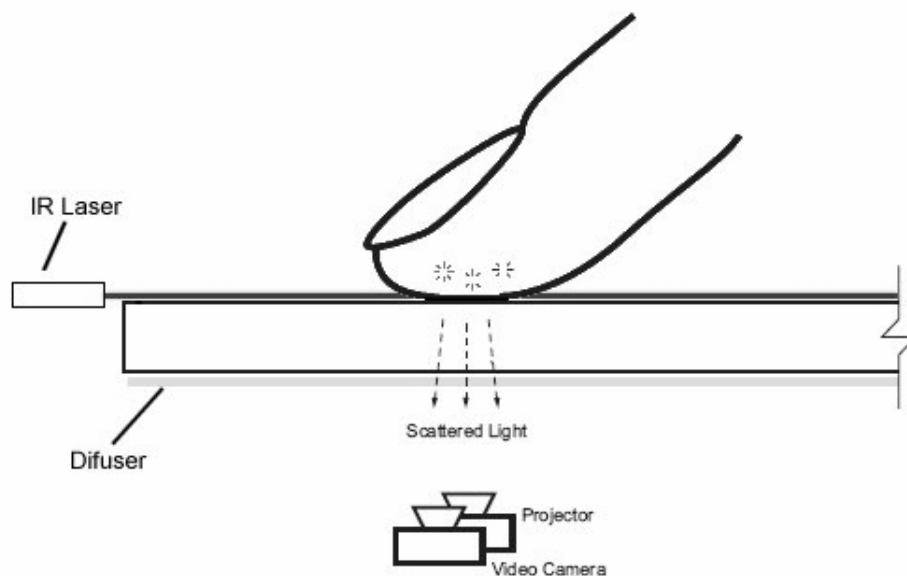


Figura 1.0.7: Diagrama descriptivo de LLP [NUIGroupAuthors, 2009]

- Iluminación de superficie difusa (DSI).

Se utiliza un acrílico especial para distribuir la luz infrarroja de forma homogénea en la superficie. Básicamente utiliza una configuración estándar de FTIR con un marco de LEDs, pero utilizando este acrílico especial, como se observa en la figura 1.0.8.

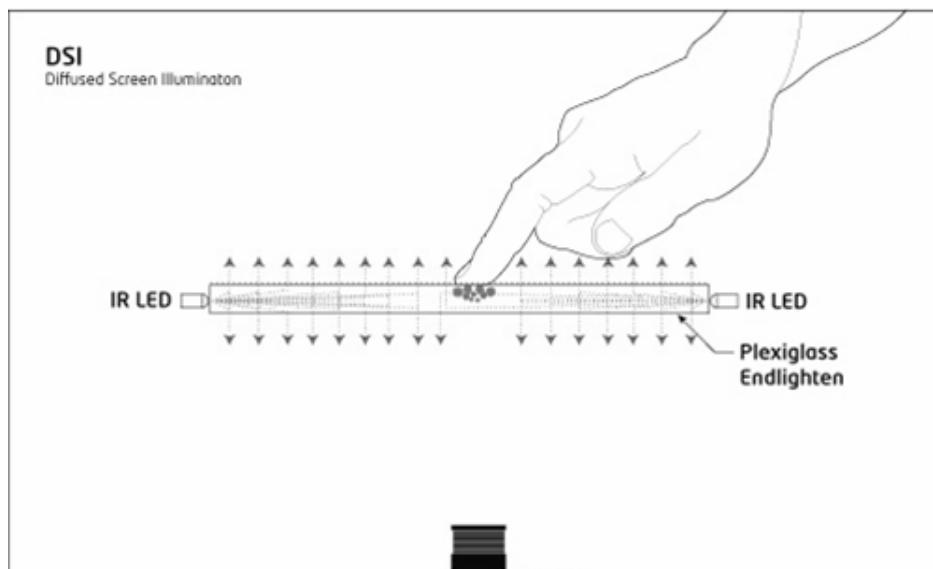


Figura 1.0.8: Diagrama descriptivo de DSI [NUIGroupAuthors, 2009]

Las técnicas de detección de puntos que se presentaron, son las más comunes con sus ventajas y desventajas documentadas. Dependiendo de la técnica que se vaya a utilizar cambiará el diseño

y dimensiones de la carcasa. La construcción de estas mesas requiere una serie de conocimientos en un grado medio técnico sobre hardware, uso de herramientas de corte de metales, carpintería, maquina de soldar y electrónica. Pero también hay otras opciones comerciales de mesas multi-touch que pueden ser adquiridas en el mercado por empresas como GestureTek, Microsoft-Samsung y Mitsubishi, otras mesas multi-touch por ejemplo la SMART Table ¹, las cuales están orientadas a aplicaciones educativas para niños de preescolar, por lo que se concluye que las mesas multi-touch pueden ser construidas o adquiridas en el mercado, pero también se pueden encontrar mesas que satisfacen una necesidad en específico, como es el ejemplo de SMART Table.

Las mesas multi-touch se han utilizado en museos, galerías de arte y exposiciones de productos, como ejemplo el museo Sol del Niño² de Mexicali, Baja California, el cual utiliza en sus exhibiciones una mesa multi-touch y una pared multi-touch donde muestran información del estado de Baja California de forma interactiva.

1.1. Definición del problema

Actualmente muchos proyectos sobre superficies multi-touch se enfocan en la percepción de los usuarios al usar aplicaciones con gestos, multi-punteros y la forma en la que se deben de mostrar los contenidos, dejando de lado que las características principales como la interacción cara a cara y su atractivo al mostrar una manera diferente de manipular las interfaces gráficas, lo que las convierte en herramientas tecnológicas para fomentar y motivar el aprendizaje colaborativo. Otros problemas identificados son los precios altos de las mesas multi-touch comerciales y la falta de una metodología que incluya el diseño y desarrollo de estas actividades colaborativas. Una metodología que esté apoyada por APIs y librerías especializadas para el desarrollo de aplicaciones para actividades colaborativas. La falta de éste tipo de ayudas provoca que los nuevos desarrollos se vuelvan lentos, complejos y costosos, al no tener elementos reutilizables y empezar desde cero cada nuevo desarrollo.

1.2. Justificación

El interés en las superficies multi-touch es en gran medida por el potencial que permite que un grupo de personas puedan simultáneamente tocar y manipular una interfaz compartida, proporcionando nuevas posibilidades para el aprendizaje colaborativo [AlAgha et al., 2010].

¹<http://smarttech.com/table>

²<http://www.sol.org.mx>

El tacto es uno de los medios naturales de los humanos para interactuar con el entorno, lo que agrega a las mesas multi-touch un atractivo que se puede aprovechar para apoyar las actividades colaborativas.

La mesa multi-touch cuenta con las características para impulsar las actividades colaborativas presenciales, que se agrupan en tres secciones:

1. Actividades colaborativas con características deseables:

- Interacción cara a cara (inherente a la disposición física de los participantes) lleva a los estudiantes a crear situaciones sociales que permiten que se desenvuelvan.
- Incluye a los estudiantes dentro de la actividad como los actores principales donde su interacción los deja explorar y crear nuevos conceptos.

2. Arquitectura extensible:

- Capacidades de conectividad con otros dispositivos.
- Servicios de software que se pueden incluir en las mesas multi-touch, la transforman en una herramienta que ayuda a fomentar estas actividades, agregándoles características más atractivas, como incluir redes sociales, servicios de fotografías, vídeos cortos, servicios de gestión de marcadores y servicios web.

3. Experiencia de construcción:

- Un punto importante de este trabajo es poder crear una mesa multi-touch, por que al construirla se puede obtener experiencia y entendimiento de como funcionan en su totalidad en términos técnicos, de ésta manera se pueden agregar o quitar elementos que se requieran y sean útiles buscando la innovación en estos ambientes de aprendizaje.

1.3. Objetivo

Construir la infraestructura de hardware y software que apoyen las interacciones colaborativas y grupales desarrolladas en un ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch.

1.3.1. Objetivos específicos

- **Construcción de la infraestructura de hardware:**
 - Diseño y construcción de mesa multi-touch.

- **Desarrollo de la infraestructura de software:**
 - API para crear aplicaciones que interactuen con las características del ambiente.
 - Aplicación de gestión de aplicaciones y control de las sesiones colaborativas.
 - Plataforma de la mesa multi-touch, capaz de ejecutar aplicaciones desarrolladas con la API.
 - Evaluación funcional de la infraestructura de software.

1.4. Metodología

- **Investigación documental:**

Se obtuvieron conocimientos y fundamentos, mediante la realización de una recopilación de datos e información que hizo posible conocer el estado actual de los ambientes de aprendizaje apoyados por mesas multi-touch.

Al finalizar la investigación se tomaron como referencia algunos trabajos que sustentan la utilización de mesas multi-touch como apoyo para actividades de aprendizaje colaborativo, al igual que el proceso de desarrollo de actividades colaborativas para dispositivos móviles propuesto por Cruz Flores [2010], que se adaptó para el proceso de desarrollo de actividades colaborativas apoyadas por mesas multi-touch.

- **Construcción de mesa multi-touch:**

Para la construcción física de la mesa multi-touch, se usó como referencia la guía creada por el grupo NUI (Natural User Interface) [NUIGroupAuthors, 2009], de la cual se tomaron a consideración las experiencias, las desventajas y las ventajas de los diseños, así como tres métodos de detección de puntos para las mesas multi-touch. Se llevó a cabo un proceso de diseño y construcción iterativo en el cual se comparó en cada iteración las características deseadas contra las obtenidas .

- **Caracterizar ambiente de aprendizaje:**

Se determinaron los atributos con los que cuenta el ambiente de aprendizaje apoyado por mesas multi-touch, esto se realizó con la finalidad de poder definir el tipo de software de apoyo que se desarrollaría. Al finalizar la caracterización se compararon estos atributos con los de otros trabajos de investigación buscando que se diferencia de este trabajo.

- **Definir arquitectura de soporte del ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch:**

Tomando en cuenta las necesidades expuestas anteriormente se analizaron los elementos que aparecen en el ambiente de aprendizaje. Una vez identificados se listaron las características con las que deberían de contar para cubrir estas necesidades. Estos elementos se agruparon en dos categorías: Infraestructura de Software e Infraestructura de Hardware. Esta agrupación permitió separar los elementos físicos como la mesa multi-touch y el servidor, de los componentes de software que permitirían posteriormente el desarrollo de la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) . Se inicio una búsqueda para seleccionar el hardware y software que pudiera cubrir las características deseadas.

- **Desarrollo del software que permite la interacción con el ambiente de aprendizaje:**

Una vez que se definió el diseño de la arquitectura se encontró que una parte de los elementos de la infraestructura de software era necesario proveer algún mecanismo, guía o ayuda para crear aplicaciones que interactuarán con las características del ambiente de aprendizaje. Por lo que se analizaron lenguajes de programación para seleccionar con el que eventualmente se desarrollarían los componentes del ambiente de aprendizaje, las características con la que debía de contar el lenguaje para ser seleccionado eran las siguientes: multi-plataforma, facilitar el dibujado en OpenGL y contara con soporte como cliente para servicios Jabber, Web y Rest.

- **Desarrollo de evaluación de la funcionalidad del ambiente de aprendizaje:**

Se desarrolló una evaluación de la funcionalidad para determinar si proporciona los resultados correctos o efectos acordados para el proceso de creación de aplicaciones, empaquetado, distribución y ejecución en el ambiente. Para la elaboración de estas pruebas se crearon los siguiente roles:

- Programador de la API , este rol asiste al programador tester con instrucciones, documentación y atiende sus peticiones en caso de encontrar una inconsistencia en la API.
- Programador-Tester, elabora cada una de las pruebas indicadas por el programador de la API y mantienen una comunicación sobre posibles inconsistencia o dudas.

Al finalizar las pruebas se aplicó un cuestionario con preguntas específicas sobre la experiencia al trabajar con el ambiente y de esta manera analizar si este proporciona los resultados esperados.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Ambientes de aprendizaje colaborativo basados en mesas multi-touch

Algunos autores han desarrollado proyectos para comparar la manipulación intuitiva en medios físicos con medios digitales en superficies multi-touch interactiva, por ejemplo, el trabajo de Terrenghi et al. [2007], muestra mediante varios experimentos con medios físicos y su replica digital, que dependiendo el tipo de contenido y la tarea, estas se facilitan al usar una mesa multi-touch, como por ejemplo tareas de ordenación y manipulación de material digital se facilitan usando la mesa multi-touch, porque permite el uso de ambas manos y realizar tareas como acercamientos permanentes, la imagen se manipula haciendo un acercamiento y esta se queda en ese tamaño mientras se puede seguir trabajando en la mesa, normalmente con material físico es necesario mantener la imagen en una mano y mantener la vista fija en la imagen.

Basado en el proyecto anterior se encuentra el proyecto de Piper and Hollan [2009], donde se compara material físico con los materiales digitales en grupos de estudio, con el fin de comparar el modo tradicional de estudio con material digital en una mesa multi-touch, obteniendo buenos resultados al facilitar y agilizar el grupo de estudio.

El proyecto SIDES [Piper et al., 2006], muestra una mesa que cuenta con un juego para desarrollar habilidades sociales. En la figura 2.1.1 de la imagen de la izquierda se puede observar el tablero de juego y en la imagen de la derecha se puede observar a los adolescentes interactuar en la actividad. El objetivo principal de ese proyecto es ayudar a adolescentes con el síndrome de Asperger¹, el proyecto SIDE maneja la parte colaborativa y las actividades se desarrollan con

¹Es un profundo desorden del desarrollo caracterizado por deficiencias en la interacción social y coordinación

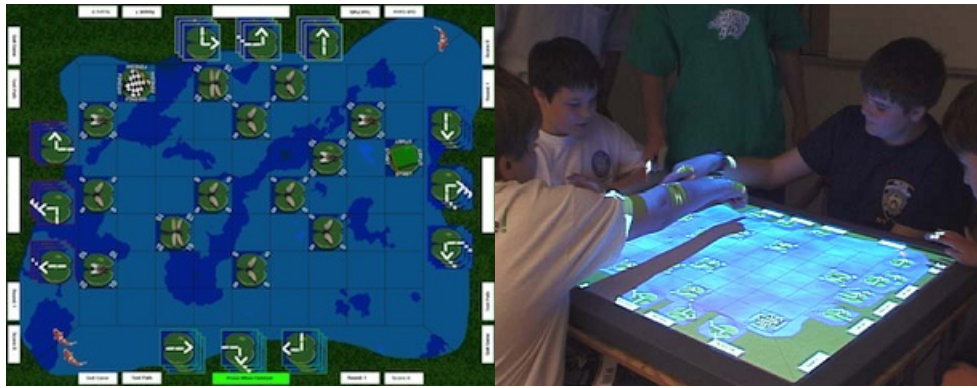


Figura 2.1.1: Tablero de juego (izquierda) y adolescentes interactuando (derecho). [Piper et al., 2006]

cuatro adolescentes interactuando colaborativamente con la mesa, donde llevaron con éxito la creación de situaciones sociales al realizar trabajo en equipo.

El proyecto llamado Read-It [Sluis et al., 2004] es un ambiente de trabajo colaborativo orientando a niños de 5 a 7 años para aprender a leer, utilizando tarjetas y bloques con identificadores para completar palabras sobre una mesa multi-touch, en la figura 2.1.2 se muestra la imagen del lado izquierdo la distribución de la pantalla donde se puede observar que cuentan con un espacio personal donde van completando la palabra y tienen la imagen de referencia, así como un espacio común donde están las tarjetas virtuales que interactúan con los bloques y tarjetas físicas. En la figura 2.1.2 de lado derecho se muestra a dos niños utilizando Read-It y se puede observar las tarjetas físicas con las que interactúan con la mesa.

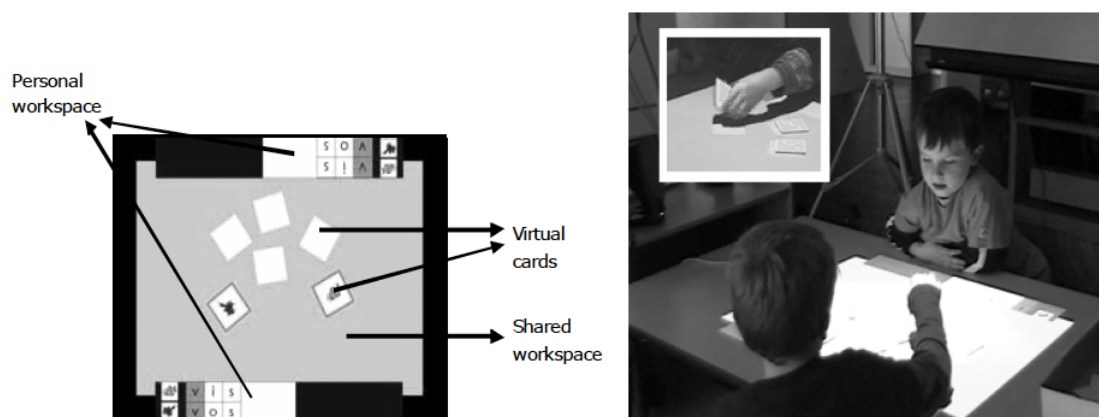


Figura 2.1.2: Distribución de pantalla (izquierda) y niños interactuando (derecha). [Sluis et al., 2004]

motora, así como inusuales y restrictivos patrones de interés y conducta. Actualmente se considera como “Autismo de alto rendimiento”.

TICLE [Scarlatos et al., 1999a], es una interfaz para ambientes de aprendizaje colaborativo. Este proyecto buscaba observar a los estudiantes resolviendo un rompecabezas de manera colaborativa en una mesa multi-touch, usando la mesa como una guía de la actividad que interpretara las acciones del usuario.

En la figura 2.1.3 se puede observar a TICLE en Goudreau Museo de matemáticas en arte y ciencia de San Antonio. Esta mesa es peculiar ya que la superficie multi-touch esta separada de la pantalla donde muestra la aplicación. En la figura 2.1.4 de lado izquierdo se muestra que los objetos físicos que se utilizan sobre la superficie están etiquetados para ejecutar alguna acción en la aplicación, la imagen de lado derecho muestra un ejemplo de una aplicación de TICLE.



Figura 2.1.3: TICLE en Goudreau Museo de matemáticas en arte y ciencia de San Antonio. [Scarlatos et al., 1999b]

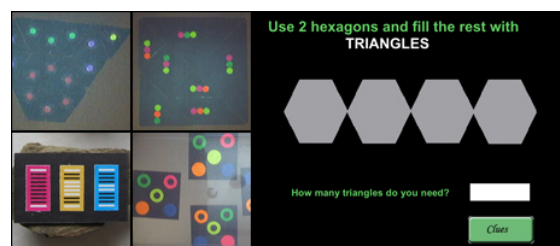


Figura 2.1.4: Etiquetado de objetos físicos (izquierda) y ejemplo de aplicación en TICLE (derecha)

El proyecto TablePortal [AlAgha et al., 2010], se centra en el docente y los alumnos en mesas multi-touch, crea una red entre las mesas y concentra la información de los eventos en la mesa principal que observa el docente y la transferencia de artefactos entre mesas, en la figura 2.1.5 se

puede observar ejemplos de interacción como mover, rotar, navegar, redimensionar y transferir contenido.

TablePortal a diferencia de los proyectos descritos anteriormente cuenta un diseño o transformación del aula común a una aula interactiva, como se muestra en la figura 2.1.6 , donde se puede observar que el espacio cuenta con mesas multi-touch para los alumnos y el profesor así como una pantalla vertical.

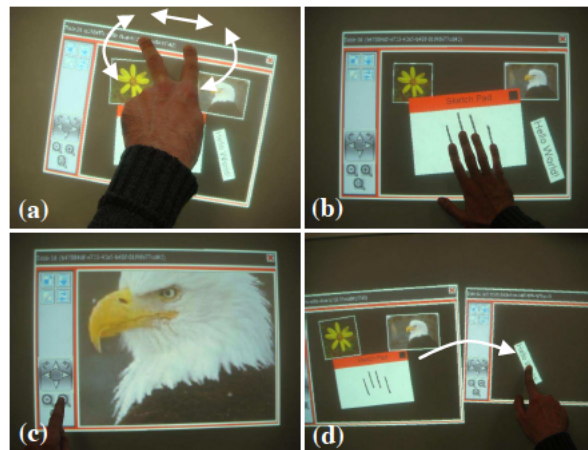


Figura 2.1.5: Interacción con TablePortal (a) Mover, girar y escalar con gestos en barra superior, (b) Interactuar con el contenido remoto (c) Navegar, acercamiento. (d) Transferencia de contenido.

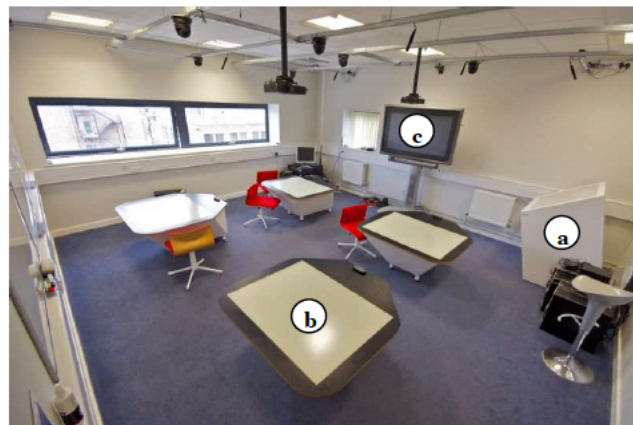


Figura 2.1.6: (a) Mesa multi-touch del profesor. (b) Mesa multi-touch de los Alumnos. (c) Pantalla vertical

El proyecto SynergyNet [Higgins et al., 2012] ha desarrollado un plataforma distribuida que permite la integración de mesas multi-touch en la educación. Desde el 2006 ha tenido mucha actividad desarrollar varios trabajos de investigación sobre HCI (Interacción Humano Computadora) y UXD (Diseño de Experiencia del Usuario). La plataforma de SynergyNet cuenta con

software web que permite controlar y monitorear la sesiones en las mesas multi-touch, en la figura 2.1.7 se muestra un ejemplo de sus experimentos utilizando su plataforma SynergyNet. En ese experimento buscan las diferencias al realizar la misma tarea en una mesa multi-touch y de manera tradicional.



Figura 2.1.7: Experimento SynergyNet

Estos proyectos mencionados tienen enfoques diferentes pero tienen en común la búsqueda para crear ambientes de aprendizaje colaborativo y se deja claro que la efectividad de trabajar en mesas multi-touch depende de la actividad y el objetivo que se quiere lograr. Por lo que este trabajo busca crear un ambiente de aprendizaje que integre mesas multi-touch que utilicen una arquitectura y un modelo de procesos que favorezca las condiciones de aprendizaje dentro de un salón de clases, que fomente el trabajo colaborativo y la participación.

Capítulo 3

Arquitectura del ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch

En este capítulo se describe la arquitectura del ambiente de aprendizaje, ésta se diseñó con el objetivo de que fuera un ambiente de aprendizaje colaborativo distribuido en una Red de Area Local (LAN). También se identificó la necesidad de contar con un servicio de sincronización de archivos que funcionará como repositorio y un servicio de comunicación entre aplicaciones. Después de realizar una investigación de servicios que cubrieran esa necesidad, se seleccionó el servicio de sincronización de archivos llamado SparkleShare y el servicio de envío de mensajes extensibles XMPP. El servicio SparkleShare se eligió por que no es dependiente de la disponibilidad de internet, el servicio se configura en un servidor local y este funcionará en todos los equipos conectados a la LAN.

Como se puede apreciar en la figura 3.0.1, la arquitectura del ambiente está distribuida en un proceso para el desarrollo de actividades colaborativas que cuenta con referencia documental, este proceso de desarrollo de actividades es llevado a cabo por el profesor, el diseñador instruccional y el programador, además el proceso en su etapa de desarrollo del software utiliza la infraestructura de hardware y software para validar el producto final con la referencia documental. Mientras que los participantes interactúan con la mesa multi-touch y siguen las indicaciones del profesor. Por otro lado el profesor utiliza la aplicación del moderador para ejecutar la aplicación y controlar los estados al iniciar la actividad colaborativa en la plataforma de la mesa multi-touch, dirigido

por un guión didáctico y casos de uso, que le indican las condiciones para iniciar y finalizar la actividad colaborativa.

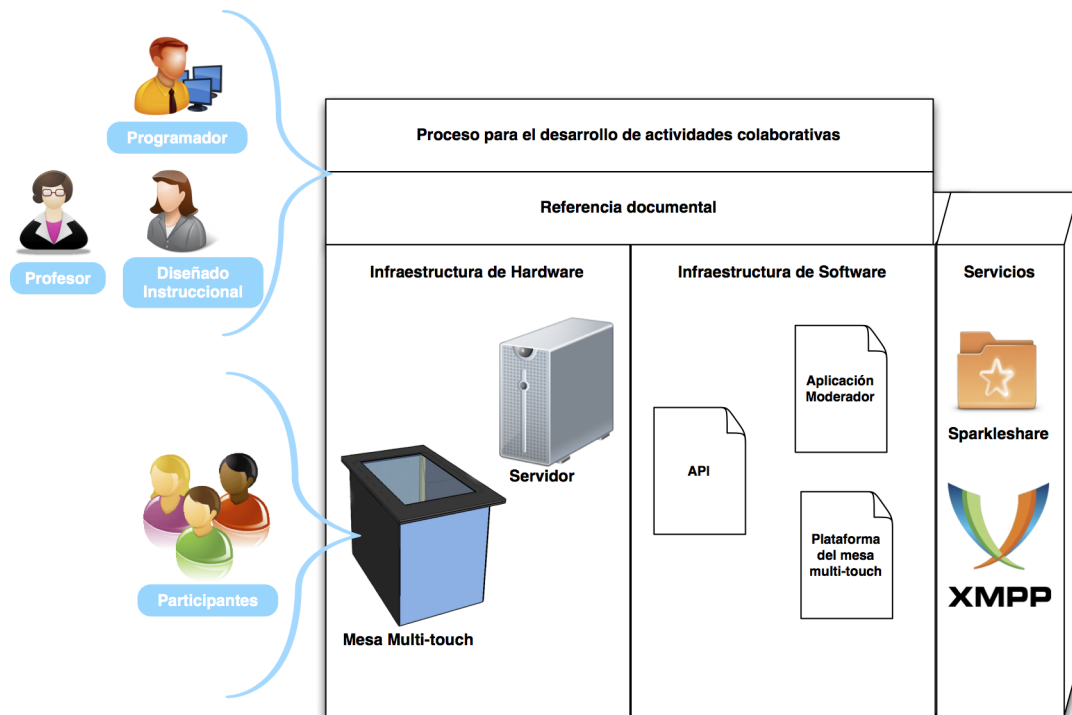


Figura 3.0.1: Panorama de la arquitectura del ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch

3.1. Arquitectura

En esta parte del trabajo, se exponen dos servicios en el ambiente de aprendizaje como se muestra en la figura 3.1.1, con el fin de apoyar la parte de comunicaciones y la sincronización de archivos.

Servicios que están disponibles en este ambiente de aprendizaje:

- **XMPP:** Protocolo extensible de mensajería y comunicación de presencia (XMPP), es un protocolo de mensajería abierto y extensible basado en XML, establece un envío y recepción de datos en tiempo real. Este servicio permite extender la comunicación de la mesa a cualquier dispositivo u otro servicio que tenga soporte XMPP. En la figura 3.1.2 se puede observar los canales de comunicación del ambiente representado por líneas que conectan a los actores, donde el profesor es un usuario administrador que puede manejar las sesiones activas, las mesas son usuarios tipo miembro que contienen alumnos, las mesas se encuentran comunicadas entre sí y los alumnos son usuarios tipo miembro al igual que las mesas, pero ellos no están comunicados entre

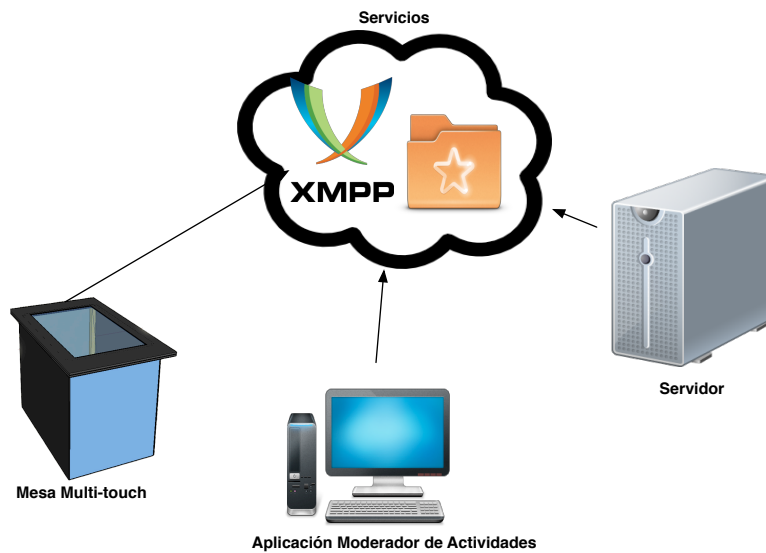


Figura 3.1.1: Arquitectura del ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch sí. Las mesas se encuentran comunicadas con el profesor para el envío de información referente a los estados de la actividad.

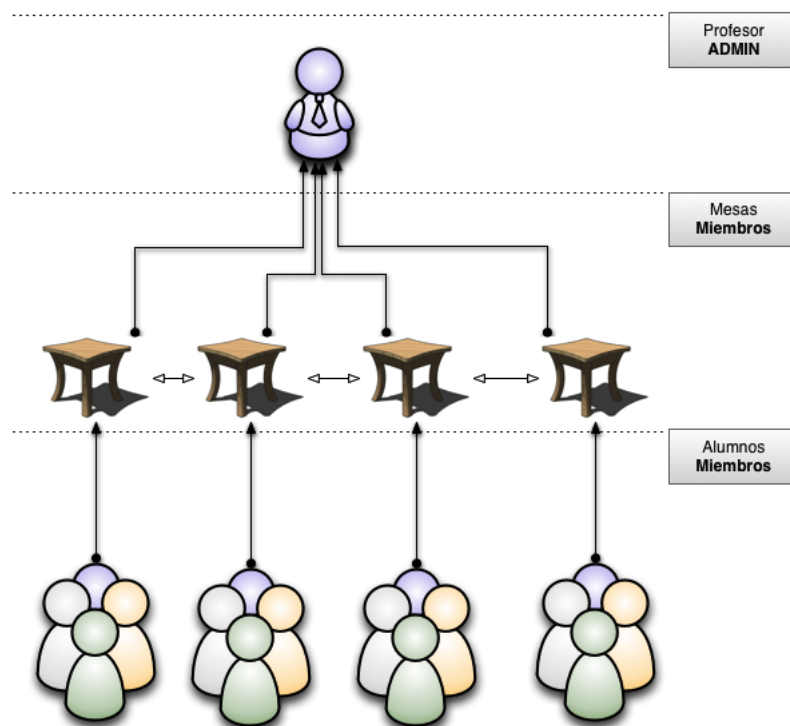


Figura 3.1.2: Canales de comunicación

- **SparkleShare:** Es una solución de almacenamiento sencilla y segura que permite realizar copias de seguridad, acceder y gestionar su información personal los archivos desde cualquier

lugar, en cualquier momento. SplakerShare permite crear repositorio de archivos donde se almacenan los datos de las sesiones y el catálogo de aplicación, en la figura 3.1.3 se muestra la organización de las aplicaciones en el repositorio. La organización se describe como:

- **Carpeta de actividades “activities”:**
 - Carpeta con la referencia documental sobre la actividades que utilizan la aplicación.
- **Archivo LEEME.TXT:**
 - Descripción de la aplicación elaborada por el desarrollador .
- **Carpeta de librerías “lib”:**
 - Esta carpeta contiene las librerías extras que necesita la aplicación.
- **Imágenes “logo_large” y “logo_small”:**
 - Iconos de logotipo de la aplicación en formato “PNG”, con medidas de 16x16 pixeles y 32x32 pixeles.
- **Archivo ejecutable “[NOMBRE _ APLICACIÓN].jar”:**
 - Archivo con extensión ".jar" que contiene la aplicación.
- **Archivo “[NOMBRE _ APLICACIÓN].json”:**
 - Archivo descriptor que contiene los metadatos de la aplicación.
- **Carpeta de recursos “resources”:**
 - Contiene recursos como imágenes (PNG,JPG,GIF), PDFs y SVGs.

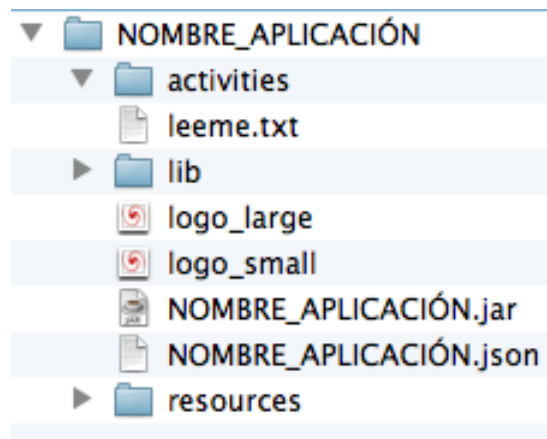


Figura 3.1.3: Organización de los archivos que componen una aplicación en el repositorio

Capítulo 4

Infraestructura de hardware y software

En éste capítulo se describe la construcción de la infraestructura de hardware y software. La infraestructura de hardware la compone la mesa multi-touch, que en este capítulo se describe cada una de las versiones construídas, materiales usados, así como ventajas y desventajas de cada versión. La infraestructura de software se compone del API del ambiente, la aplicación moderador y la plataforma de la mesa multi-touch.

4.1. Construcción de Mesa Multi-Touch

La construcción de la mesa multi-touch dió la oportunidad de conocer el funcionamiento de cada componente que la integran. Este conocimiento ayudó a poder construirla con las características específicas que se buscaban, también experimentar con una diversidad de software, a manipular y agregar hardware libremente.

4.2. Consideraciones para la construcción de la mesa multi-touch

Antes de llevar acabo el diseño y la construcción de la mesa multi-touch se tuvieron las siguientes consideraciones:

- **Debe de trabajar en ambientes con luz artificial y soportar cambios de luminosidad:**
 - Evitar que los cambios de luz artificial afecten el funcionamiento de la superficie multi-touch.
- **Transportable:**

- Agregar ruedas para pueda ser transportada más fácilmente.
- **Capacidad de mantenimiento:**
 - El diseño debe contemplar el mantenimiento de hardware y limpieza.
- **Software multi-plataforma:**
 - Utilizar software que sea compatible con al menos dos plataformas como Linux, MacOS y Windows, de esta manera no depender de un solo sistema operativo.

4.3. Construcción de la mesa multi-touch

El diseño de la mesa-multi touch está basado en diseños presentados en el libro de NUIGroupAuthors [2009], los componentes principales de la mesa son: Superficie, Estructura, Espejos, Proyector, cámara y una Computadora.

1. Como se muestra en la figura 4.3.1 la superficie se divide en los siguientes componentes:
 - a) Acrílico transparente: Superficie con un grosor de 1/2 pulgada para que sea resistente y evitar la flexión.
 - b) Film de proyección frontal: Este film se adhiere a la superficie de acrílico como difusor de luz, permite que la proyección se vea nítida y evita que la luz dañe la vista del usuario. Otra función de este film es que al alumbrarlo con la luz infrarroja la luz se distribuye uniformemente a través del film lo que permite capturar mejor los puntos en la superficie.

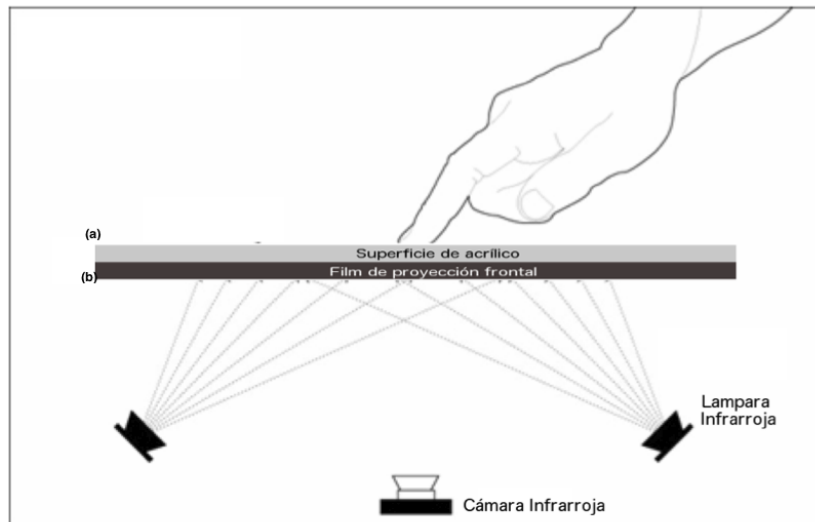


Figura 4.3.1: Superficie táctil: acrílico transparente (a) y film de proyección frontal (b)

2. Estructura:

- En la figura 4.3.2 se muestra la estructura rectangular de 36x41 pulgadas, donde se instalarán todos los componentes.

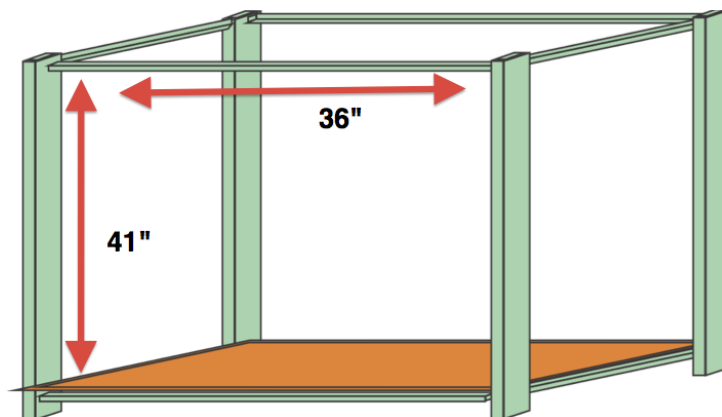


Figura 4.3.2: Estructura de Mesa Multi-Touch

3. Proyector tiro corto (Short throw):

- Los proyectores de tiro corto permiten que la estructura de la Mesa Multi-Touch sea más pequeña, ya que estos proyectores pueden estar a distancias cortas y aun así proyectar imágenes de gran tamaño como se muestra en la figura 4.3.3.

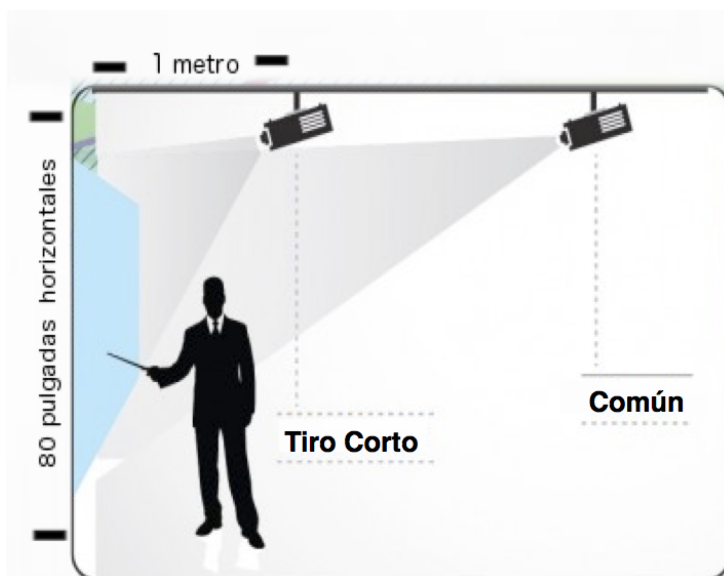


Figura 4.3.3: Diferencia en entre proyector tiro corto y común

4. Espejos:

- La función de los espejos es ajustar el tamaño de la proyección al de la superficie . Se proyecta sobre el primer espejo que deforma la imagen y aumenta su tamaño, al llegar la proyección al segundo espejo recupera su forma original y aumenta su tamaño de nuevo, como se observa en la figura 4.3.4.

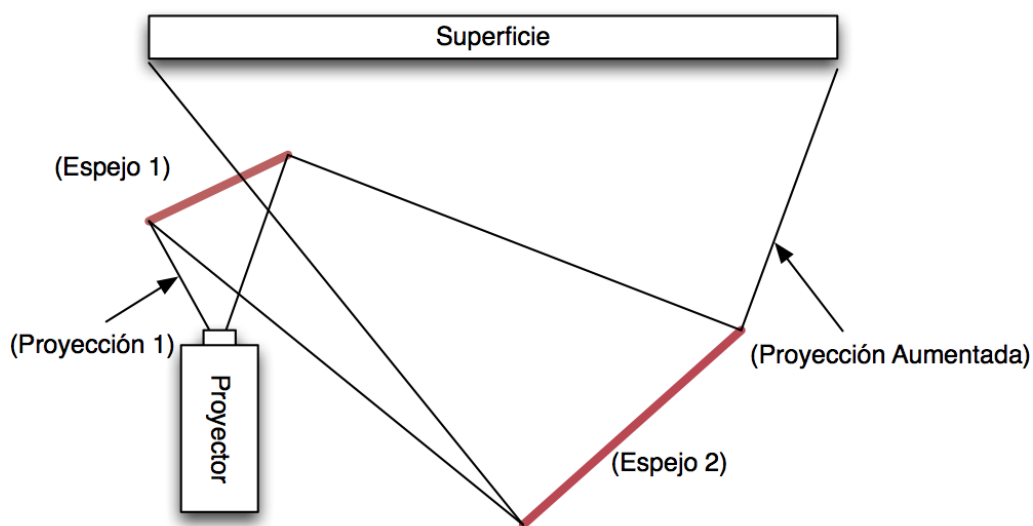


Figura 4.3.4: Función de los espejos

5. Lámparas de LEDs infrarrojos:

- Los LEDs infrarrojos de 850nm de longitud de onda son de alto rendimiento, emiten luz infrarroja brillante que permite que las cámaras obtengan mejores imágenes del haz de luz, estas alumbran el film de proyección frontal, lo que permite que al hacer contacto sobre la superficie se observe un halo indicando que hay un objeto en esa posición.



Figura 4.3.5: LEDs vistos con cámara con filtro pasa banda (izquierda) y LED infrarrojo de 850nm de longitud de onda (derecha)

6. Cámara con filtro infrarrojo:

- Simples webcams configuradas y modificadas para que no filtren las luces infrarrojas, las cámaras tienen que contar con las siguientes características: resolución mínimo de 320 x 240 píxeles, mínimo 30 frames por segundo, interfaz USB o IEEE 1394, adaptador para lentes M12 comerciales y filtro pasa banda infrarrojo. En la figura de lado izquierdo se muestra la cámara Playstation que se usó en dos versiones de mesa multi-touch y del lado derecho se puede observar, la cámara modificada sin filtro infrarrojo.



Figura 4.3.6: cámara Playstation Eye (Izquierda) y Modificando cámara ()derecha

7. Computadora:

- La computadora contiene el sistema operativo Windows 7, que se utilizará en la Mesa Multi-Touch y las aplicaciones para configurar la captura de puntos en la superficie. En la figura se muestra la computadora que se usó en las versiones de la mesa multi-touch, es un equipo de gama media-alta, con la siguientes especificaciones:
 - Intel® Core™ i7 2600S / 2.80GHz, 8M
 - 8GB1 DDR3, 1333MHz, (2 DIMM)
 - 320GB1 SATA 7200 RPM HDD
 - Intel HD Graphics 2000 Dynamic Video Memory Technology 5.0
 - USB 2.0, USB 3.0 y 1394 Controller



Figura 4.3.7: Computadora usada para la mesa multi-touch

4.3.1. Primera versión: Marco de LEDs Infrarrojos

- **Método de detección de puntos:** Reflexión Interna Total Frustrada (FTIR, figura 1.0.5)
- **Proyector:** Lente común, brillo alto y resolución máxima 1024x768.
- **Cámara:** PlayStation Eye Modificada (filtro infrarrojo)
- **Desarrollo:**
 - En ésta versión se construyó la estructura, la cual sufrió varios cambios en las dimensiones debido al espacio que necesita el proyector para crear una imagen que cubriera la superficie y se construyó también un marco con ranuras para colocar las tiras de LEDs. Antes de utilizar el film se utilizó el papel vitela como capa difusora, al no tener éxito con el papel se adhirió el film a la placa de acrílico transparente y se realizaron pruebas de proyección sobre los espejos para evitar que se deformara la imagen. Posteriormente se realizaron pruebas a la cámara respecto a la sensibilidad con la luz emitida por los LEDs infrarrojos, al finalizar las pruebas del hardware se ajustaron todos los componentes en la estructura, y se realizaron pruebas de detección de puntos, se utilizó el software Community Core Visión (CCV) para configurar la cámara. Para finalizar la pruebas de la primera versión de la mesa multi-touch, se invitó a alumnos de posgrado en Ciencias de la Educación de la UABC a que utilizarán la mesa con aplicaciones de demostración para manipular imágenes y pintar gráficos.
- **Resultados del la primera versión:**
 - El papel vitela sirve como difusor para la superficie, pero al trabajar sobre ella cierto tiempo daña la vista por que se filtra la luz de proyección por lo poroso del material, en la figura 4.3.8 se puede observar la prueba de proyección sobre este material.



Figura 4.3.8: Prueba de proyección sobre papel vitela

- Se encontró que el construir el marco con ranuras para los LEDs no debía de ser recto si no con un ligero ángulo de inclinación para generar un haz de luz más potente.
- Se tomó como aplicación de configuración el software CCV, en la figura 4.3.9 se observa la interfaz gráfica ejecutándose sobre el sistema operativo MacOS detectando puntos sobre la superficie.

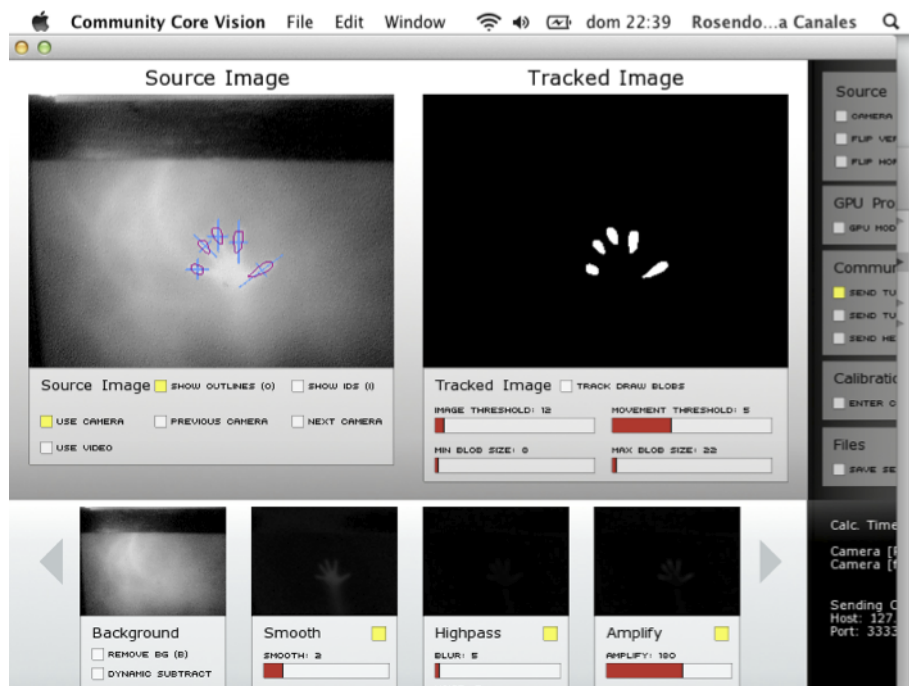


Figura 4.3.9: Software CCV

- La técnica de detección de puntos “Iluminación de superficie difusa” (DSI, figura1.0.8) trabaja correctamente sobre ambientes oscuros y sin cambios de luminosidad, al presentarse cambios luminosos hay que volver a configurar los parámetros del Software

CCV.

- El proyector común necesita bastante espacio para proyectar una imagen de gran tamaño por lo que se vió en la necesidad de utilizar un proyector de tiro corto.
- Los alumnos que utilizaron la mesa multi-touch comentaron que se tenía que presionar con fuerza la pantalla para que detectara el punto, en la figura 4.3.10 se puede observar a los alumnos interactuando con la mesa multi-touch.



Figura 4.3.10: Alumnos interactuando con Mesa Multi-Touch

- Se utilizó como filtro pasa banda para la cámara, una cinta magnética de disco Floppy pero era muy oscura y realmente no filtraba correctamente, por lo que se utilizaron capas de film de cámara fotográfica revelado, dependiendo de las capas de film es el nivel de filtro pasa banda.
- La estructura como se muestra en la figura 4.3.11 se tuvo que ampliar un poco para ajustar correctamente el hardware.



Figura 4.3.11: Estructura inicial (izquierda) y final (derecha)

4.3.2. Segunda versión: Lámpara y tiras de LEDs Infrarrojos

- **Método de detección de puntos:** Iluminación Difusa (DI, figura 1.0.6) y Reflexión Interna Total Frustrada (FTIR, figura 1.0.5)
- **Proyector:** Lente tiro corto, brillo alto y resolución máxima 1200x800.
- **Cámara:** PlayStation Eye Modificada (filtro infrarrojo, lente 20mm)
- **Desarrollo:**
 - Como parte de las consideraciones para construcción de la mesa multi-touch es que soporte cambios de luminosidad. Se buscaron otros métodos para la detección de puntos y en esta versión se combinó lamparas y tiras de LEDs y se construyó un marco más resistente para la superficie. Posteriormente se cambio la lente original de cámara por una lente de 20mm con distorsión media, esto permite tener más cerca la cámara de la superficie y tener un rango mayor de visión, en esta versión se utiliza un proyector de tiro corto por lo que se tuvo que reacomodar los espejos. Al igual que la versión anterior se hicieron pruebas de detección de puntos y de tolerancia a cambios de luminosidad, se invitó a alumnos de preparatoria a participar en la exposición de proyectos científicos en el Laboratorio de Tecnología Educativa y Aprendizaje Móvil,

por lo que pasaron de cuatro en cuatro alumnos a utilizar la mesa multi-touch como se observa en la figura 4.3.12.



Figura 4.3.12: Alumnos utilizando Mesa Multi-Touch

■ **Resultados de segunda versión:**

- La tolerancia a cambios luminosos aumentó un poco pero no al grado deseado.
- Faltó ajuste en el hardware dentro de la superficie, al trabajar en la mesa se mueve la proyección y pierde configuración.
- La detección de puntos trabajó correctamente, como se muestra en la figura 4.3.13 los puntos son más nítidos y no se muestran puntos fantasma por los cambios luminosos.

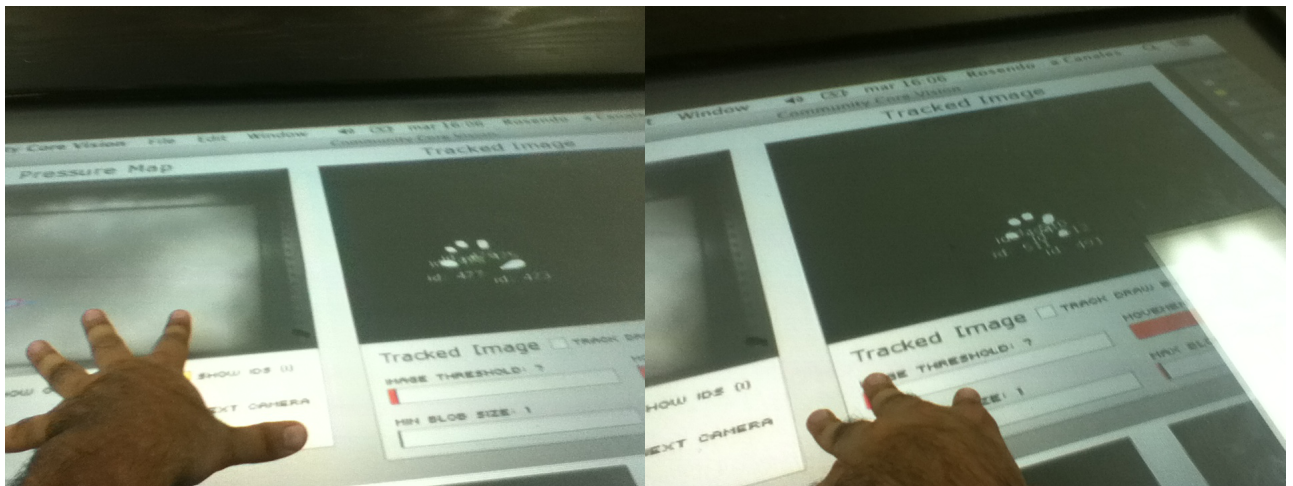


Figura 4.3.13: Detección de puntos Mesa Multi-Touch segunda versión

- Falta de ventilación del equipo dentro de la estructura.
- El proyector de tiro corto permitió una configuración que liberó espacio dentro de la estructura y redujo el tamaño de los espejos.

4.3.3. Tercera versión: Lámparas de LEDs Infrarrojos

- **Método de detección de puntos:** Iluminación Difusa (DI, figura 1.0.6)
- **Proyector:** Lente tiro corto, brillo alto y resolución máxima 1200x800.
- **Cámara:** CCTV Camera Modificada (filtro infrarrojo, lente 20mm, zoom digital)
- **Desarrollo:**
 - En versiones anteriores se utilizaron lámparas y tiras de LEDs infrarrojas construídas en el laboratorio, en esta versión se utilizaron lámparas profesionales de iluminación infrarroja para cámaras de seguridad que se muestran en la figura 4.3.14 , la ventaja es que son más potentes que las construídas en el laboratorio. También se cambió la cámara por una CCTV que se modificó agregando un filtro pasa banda y la lente de 20mm, esta cámara es más nítida y tiene una resolución más alta que la Playstation Eye. Se colocaron cuatro lamparas infrarrojas en cada esquina de la estructura a una altura de 20 pulgadas del piso. Al igual que los otras versiones, se tuvo la oportunidad de probar su funcionamiento con estudiantes, esta vez se invitó a alumnos de una primaria a participar en la exposición de proyectos científicos en el Laboratorio de

Tecnología Educativa y Aprendizaje Móvil, pasaron en grupos de seis alumnos, como se observa en la figura 4.3.12 y también se puede apreciar a los alumnos utilizando la mesa.



Figura 4.3.14: Lámpara Infrarroja para cámara CCTV



Figura 4.3.15: Estudiantes utilizando la Mesa Multi-Touch

■ **Resultados de tercera versión:**

- Tolerancia total a cambios de luminosos utilizando las lámparas infrarrojas profesionales.
- El nuevo diseño con éstas lámparas redujo aún más el espacio disponible dentro de la estructura, por lo que en un diseño futuro sería más compacta la mesa multi-touch.

En la figura 4.3.16 se puede observar la versión final de la mesa.



Figura 4.3.16: Version final de la mesa multi-touch

4.4. Desarrollo de Infraestructura de software

4.4.1. API para interacción con el ambiente

Definiendo una *Interfaz de programación de aplicaciones* (API) como el conjunto de funciones y procedimientos que permiten crear aplicaciones que acceden a los datos y características de un sistema operativo, servicio u otra aplicación, en base a esta definición se describe la API de interacción con el ambiente que se presenta en este trabajo, la cual permite la creación de aplicaciones que se ejecutan en la mesa multi-touch, así mismo estas aplicaciones tienen acceso a datos y características que ofrece el ambiente.

La API para interacción con el ambiente tiene las siguientes características:

- Facilita la creación de Listeners de puntos sobre la superficie multi-touch e identificar gestos básicos como : toque instantáneo (tap), toque largo (long tap) y arrastre (drag) con uno, dos o tres dedo sobre la superficie.
- Facilita la carga de recursos como imágenes y documentos PDF en tiempo de ejecución.
- Cuenta con la clase ApplicationMT que permite crear aplicación que se despliega en el sistema de la mesa multi-touch. En la figura 4.4.1 se muestra su ciclo de vida.

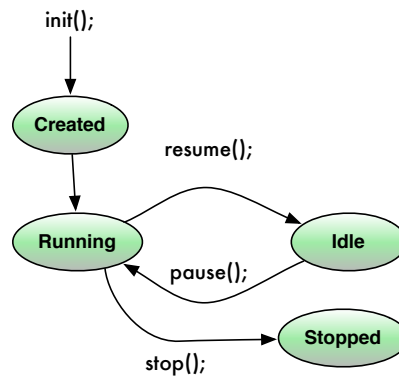


Figura 4.4.1: Ciclo de vida de una aplicación para las Mesas Multi-Touch

- Mecanismos de validación de aplicaciones para asegurarse que los paquetes estén correctamente hechos y evitar colapsos del sistema.
- Acceso a las sesiones Jabber de usuarios para poder representarlos en la mesa multi-touch.
- Multi-plataforma: MacOS, Windows y Linux.

Con este API fueron desarrolladas la aplicaciones de apoyo de este ambiente, donde se utiliza los mecanismos de validación, despliegue de aplicaciones, el acceso a sesiones Jabber, listener multi-touch y dibujado en OpenGL.

4.4.2. Aplicación del moderador

Como se observa en la figura 4.4.2, la aplicación del moderador tiene opciones para que el profesor pueda gestionar el repositorio de aplicaciones y además tenga el control de piso de una sesión aprendizaje colaborativa que ejecuta una aplicación en la mesa multi-touch. Las características principales de esta aplicación son las siguientes:

- **Mecanismo de identificación de usuario en ambiente.**
- **Gestión del repositorio:**
 - *Agregar aplicación:* Agrega una aplicación en formato comprimido (ZIP), que será validada por los mecanismos que ofrece la API.
 - *Remover:* Elimina aplicaciones del repositorio.
 - *Seleccionar Aplicación para ejecutar:* Se visualizan las aplicaciones existentes y se ven sus descriptores, también se seleccionan las aplicaciones que se van a enviar para ejecutarlas en la mesa multi-touch.

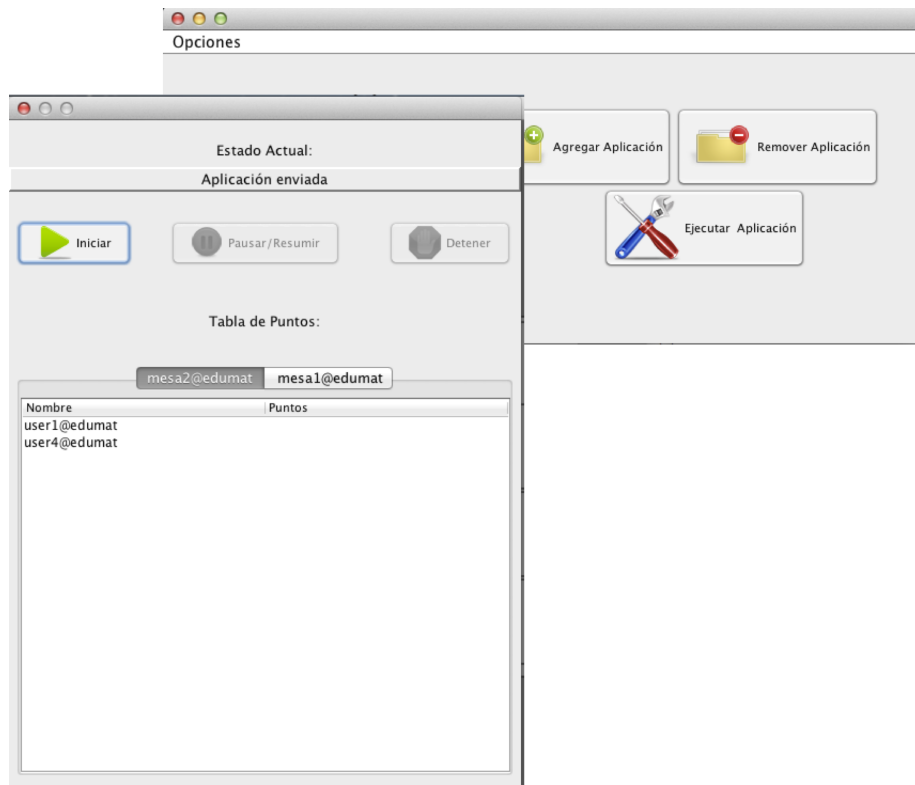


Figura 4.4.2: Pantallas de la aplicación del moderador

▪ **Configuración y ejecución de aplicación:**

- *Configurar sesión de participantes y asignación a Mesa Multi-Touch:* Se seleccionan los participantes activos y se asignan a una mesa multi-touch.
- *Centro de retroalimentación de la aplicación:* La aplicación envía datos que pueden ser puntajes, historial de acciones, respuestas a preguntas, ésta parte queda libre para el desarrollador en personalice esta ventana.

4.4.3. Plataforma de la mesa multi-touch

La plataforma de la mesa multi-touch que se muestra en la figura 4.4.3, es capaz de ejecutar aplicaciones desarrolladas con la API. Cuenta con los mecanismo para funcionar independiente o trabajar en modo de actividad en conjunto con la aplicación del moderador. Sus características principales son:

▪ Cuenta con dos modos:

- “*Modo Libre*” que permite buscar en el repositorio aplicaciones y ejecutarlas desde la

mesa multi-touch (figura 4.4.4).

- “*Modo Actividad*” que habilita los mecanismos para ejecutar aplicación enviada por la aplicación del moderador.
- Utiliza los mecanismos que ofrece la API para cargar el contenido en tiempo de ejecución y pintado en OpenGL.
- Acceso de sesiones Jabber.
- Mecanismos de detección de puntos mediante TUIO server.



Figura 4.4.3: Plataforma de la mesa multi-touch

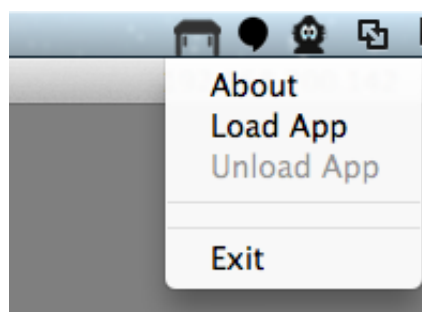


Figura 4.4.4: Cargar aplicación en “Modo libre” de la plataforma de la mesa multi-touch.

Capítulo 5

Descripción la actividad colaborativa en el ambiente de aprendizaje

5.1. Actividad Colaborativa basada en Mesas Multi-Touch

Se define una actividad colaborativa como las acciones que se llevan a cabo para ejecutar correctamente un trabajo en grupo de manera colaborativa y obtener los resultados esperados, utilizando software diseñado para la actividad que se ejecuta en mesas multi-touch como apoyo para el cumplimiento de los objetivos específicos. Al llevar a cabo varios procesos como el desarrollo de una aplicación y crear el conjunto de tareas que se llevarán a cabo, fue necesario definir roles y etapas para todo el proceso de creación de una actividad colaborativa en este ambiente, por lo que se tomó como referencia los roles de la metodología de CA-Mobile Framework de Cruz Flores [2010]. Además esta metodología provee un modelo de procesos para desarrollar actividades colaborativas y una referencia documental para el diseño instruccional, adaptación del guión y análisis.

5.2. Roles

Ante la necesidad de identificar los roles en el proceso de la creación de una actividad colaborativa se encontraron cuatro roles como se muestra en la siguiente figura 5.2.1 y se describen en la tabla 5.1.

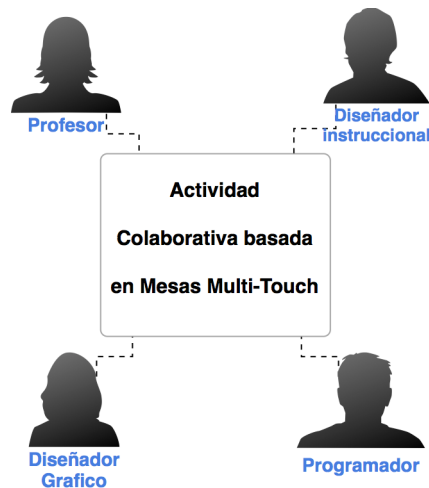


Figura 5.2.1: Roles

Tabla 5.1: Descripción de Roles

Rol	Descripción
Profesor	El profesor define los objetivos educativos que se deben de cumplir en la actividad.
Diseñador Instruccional	Se encarga de los requerimientos pedagógicos que deberán cubrir la aplicación en términos funcionales y de coordinación entre participantes.
Diseñador Gráfico (Opcional)	Este rol se indica que es opcional, su función principal es ayudar a diseñar el contenido y de qué manera se mostrará.
Programador	Traducirá los requerimientos del diseñador instruccional y los implementará tomando en cuenta las características que ofrece el ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch.

5.3. Referencia documental

En la figura 5.3.1 se muestra los tres módulos de la referencia documental, se explican a continuación:

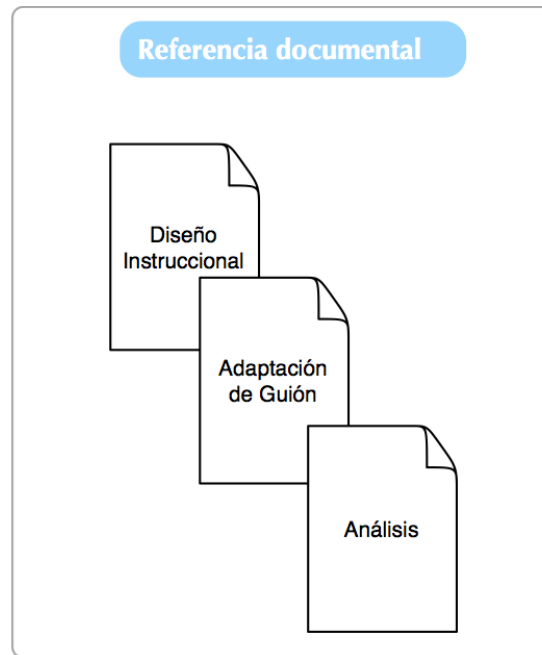


Figura 5.3.1: Referencia documental

- **Diseño instruccional:** Contiene componentes que auxilian al diseñador instruccional y al profesor a describir de manera general a la actividad educativa, los componentes se dividen en:

 - *Descripción de la actividad:* Sirve como base para el inicio del proceso de desarrollo de la creación de la actividad, en el se encuentra una estructura que permite describir la actividad educativa de forma general.
 - *Determinación de acciones externas asociadas a la actividad:* En el se describen procesos adicionales que son necesarios para llevar acabo la actividad, como ejecutar las aplicaciones en la mesa multi-touch, inicio de interacción con la aplicación y uso de otros dispositivos.

- **Adaptación del guión:** Permite especificar las consideraciones y condiciones previas a la realización de la actividad, así como identificar y definir los roles que están involucrados. En este módulo se ven los siguientes componentes:

 - *Adaptación de guiones didácticos:* En él se adapta y modifica el guión original de ejecución de la actividad definida por el profesor y el diseñador instruccional para que se incluya el uso de las características del ambiente de aprendizaje.

- *Especificación de consideraciones humanas, técnicas y de organización:* Este componente especifica las tareas y procesos que se deben de cumplir antes de que se lleve a cabo la actividad.
 - *Guía de utilización de artefactos:* Proporciona documentos y plantillas que son empleados por los elementos de la referencia documental.
 - *Especificación de los roles asociados al proceso de desarrollo de la actividad:* Determina las acciones y responsabilidad de los involucrados en la ejecución de la actividad, los cuales son el estudiante, el profesor y el software.
- **Análisis de requerimientos:** En este proceso se provee un mecanismo por el cual todos los requerimientos funcionales y no funcionales de la actividad serán descritos a partir del uso de casos de uso.
- *División de las partes de la actividad empleando casos de uso:* Se emplean casos de uso para describir a detalles las acciones que ejecuta cada rol en cada etapa.
 - *Especificación de requerimientos funcionales:* A través de casos de uso se especifica cuáles requerimientos deberán de ser cubiertos por el ambiente de aprendizaje.
 - *Asociación de requerimientos vs. características del ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch:* Relaciona cada requerimiento funcional que el ambiente debe cubrir.

Los componentes que integran los diferentes formatos que provee la referencia documental, son los siguientes:

- *Formato de Descripción de la actividad:* Este formato describe de manera general la actividad en términos educativos proporcionando información relacionada con el nombre de la actividad, el objetivo educativo, así como las habilidades fomentadas dentro de la actividad.
- *Formato de Caso de uso para actividad educativa:* Este documento se encuentra en formato del ámbito del diseño y análisis de sistemas de información, ya que al final se desarrolla software. Con la finalidad de que éste formato pudiera ser llenado por los profesores y los diseñadores instruccionales con ayuda de los programadores.
- *Formato de Especificación de requerimientos y componentes (Asociación de características):* Este documento tiene el objetivo de dar una asociación preliminar de cuales elementos

del API serían recomendable usar para cubrir satisfactoriamente las necesidades de la actividad.

- *Formato de Guión didáctico:* Son una síntesis de los flujos básicos de éxito de los casos de uso más importantes para el profesor y opcionalmente para el estudiante a la hora de ejecutar la actividad.
- *Formato de Evaluación de la actividad:* Este formato funciona como un mecanismo simple de verificación del cumplimiento de los requerimientos funcionales en el software.

5.4. Caracterización

Se determinaron los atributos con los que cuenta el ambiente de aprendizaje apoyado por mesas multi-touch. Esto se realizó con la finalidad de poder definir el tipo de software de apoyo que se desarrolló. Al finalizar la caracterización se compararon los atributos con los de otros trabajos de investigación y se encontraron tres atributos que marcaron una diferencia. Estos atributos fueron identificados al observar las herramientas de apoyo que ofrece para las actividades de aprendizaje colaborativo en mesas multi-touch. Estas herramientas apoyan a profesores, alumnos y a terceros que participen en el desarrollo de actividades para éste ambiente.

Al tener información de referencia sobre los ambientes de aprendizaje basados en mesas multi-touch, se realizó una caracterización de los aspectos más relevantes de este ambiente:

- **Ambiente colaborativo orientado a múltiples actores:**
 - Es intencionalmente orientado al apoyo del proceso de aprendizaje de los estudiantes. Ayuda al profesor a coordinar las sesiones de aprendizaje colaborativo, permite la obtención de datos durante la ejecución de la actividad colaborativa.
- **Mesas multi-touch con capacidad de extensión:**
 - El sistema que controla la mesa provee una librería para crear aplicaciones y extender la conectividad con otros servicios.
- **Capacidad de integración con dispositivos:**
 - Este ambiente de aprendizaje integra dispositivos móviles, computadoras de escritorio y otros dispositivos que soporten conexiones a servidores XMPP.

5.5. Proceso de desarrollo de aplicación para actividad colaborativa para el ambiente.

El proceso de desarrollo de aplicación de software para una actividad colaborativa que se utilizo en éstre es una adaptación del modelo procesos del CA-Mobile Framework descrito en la tesis doctoral de Cruz Flores [2010], que es un modelo que describe los roles involucrados en el proceso de desarrollo y los artefactos (documentos y herramientas) empleadas tanto como entradas de los procesos como resultados en cada etapa.

Los roles que fueron explicados en el capítulo 3 en la Sección 3.2 participan el proceso de desarrollo que se muestra en figura 5.5.1 , donde en diferentes etapas del modelo se requiere su intervención. Las seis etapas del modelo de procesos se describen a continuación.

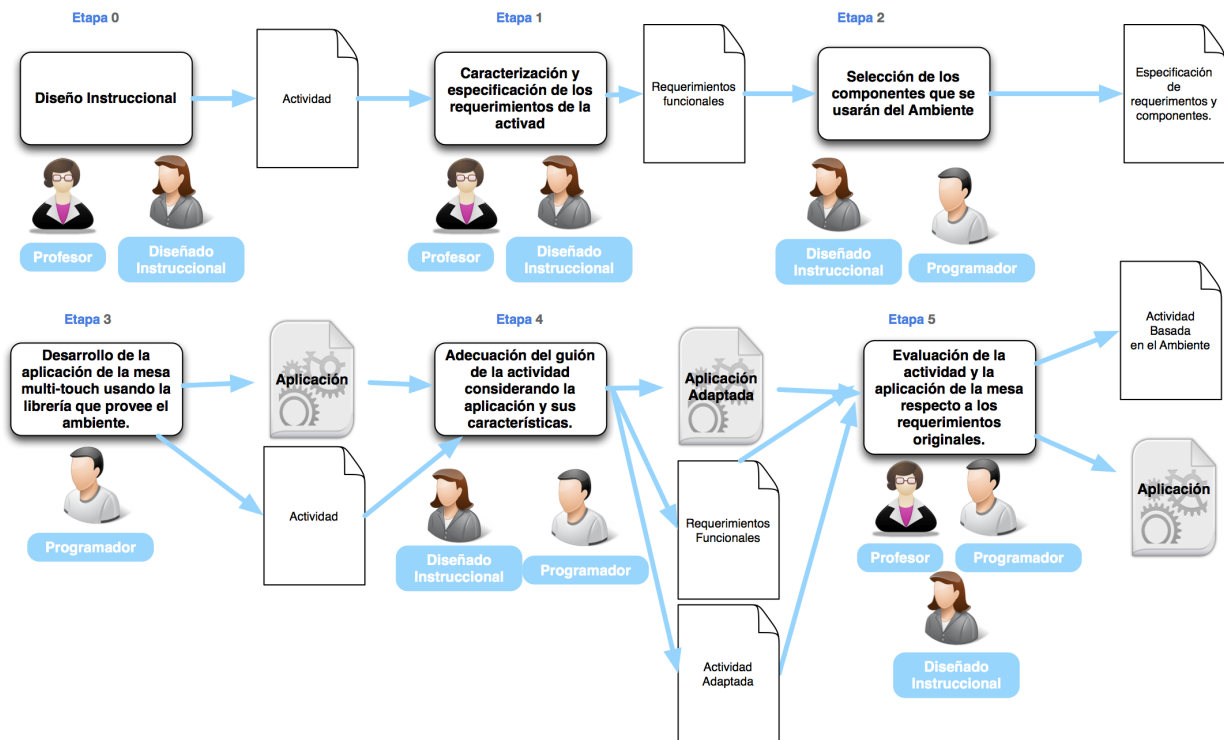


Figura 5.5.1: Modelo de procesos para el desarrollo de actividades colaborativas empleando la mesa multi-touch

Etapa 0: Diseño Instruccional. Esta etapa se describe de manera general, la actividad en términos didácticos que incluye objetivos, habilidades fomentado, los requisitos de organización, tiempo estimado y guión preliminar de la actividad. El resultado de esta etapa es un formato, donde se especifica los datos típicos de una actividad (nombre, tiempo, público) y un guión preliminar de didáctica, especificando la mesa multi-touch dentro de la actividad.

Etapa 1: Caracterización y especificación de los requerimientos de la actividad. Al comienzo de esta etapa, existe una especificación preliminar de los requisitos de la actividad basada en el guión de la descripción general de la actividad, asociando los conceptos del ámbito instruccional a las funcionalidades que se llevará a cabo, tanto por los participantes de la actividad como por la tecnología móvil. Al final de esta etapa, se crea un documento en el que se especifican todos los requisitos de organización de tareas en términos de coordinación, así como características que serán realizadas en computadoras de escritorio, mesa multi-touch u otro dispositivo. Todas las tareas definidas en la etapa de diseño de instrucción se describen mediante un formato de casos de uso especial, que forma parte de éste modelo.

Etapa 2: Selección de los componentes que ofrece el ambiente de aprendizaje que se utilizarán. Una vez que se definieron todas las tareas de la actividad, se extraen los requisitos funcionales de los formatos de caso de uso, considerando sólo aquellos donde intervienen el uso de las mesas multi-touch o computadoras. Con esto, se realiza una selección de los componentes de la API de interacción del ambiente que se utilizarán para construir la aplicación para la mesa multi-touch, que cubrirá estas necesidades funcionales de la actividad. Se utiliza el documento de especificación de componentes.

Etapa 3: Desarrollo de la aplicación para la mesa multi-touch usando componentes API de interacción. La aplicación para la mesa multi-touch para apoyar la actividad se desarrolla en esta etapa, tratando de cubrir todos los requisitos funcionales con los componentes pre-seleccionados de la API que previamente fueron seleccionados en el documento de especificaciones componentes. El resultado de esta etapa es un prototipo funcional del software.

Etapa 4: Adecuación del guión de la actividad considerando el software y sus características. En esta etapa se lleva a cabo una adaptación del guión didáctico, teniendo en cuenta los guiones extraídos de los formatos de casos de uso llenados en la caracterización y especificación de requisitos de la actividad. Esta adaptación debe incluir el uso de la mesa multi-touch como parte de las tareas que lo requieren y define los requisitos externos asociados en las mesas multi-touch. Una vez finalizada ésta etapa, los guiones didácticos son modificados y adaptados a fin de que todas las tareas de cada actividad incluyan detalles sobre el uso del software y los tiempos aproximados para cada tarea en la actividad.

Etapa 5: Evaluación de la actividad y la aplicación para la mesa multi-touch respecto a los re-

querimientos originales. Al final de esta etapa y del proceso completo, los guiones didácticos y los programas de software son evaluados en términos del cumplimiento de los requisitos funcionales especificados previamente. Los cambios necesarios se realizan tanto en el guión didáctico como en el software, manteniendo la coherencia de la relación entre las diferentes partes de la actividad (preparación, inicio, desarrollo y conclusión). La evaluación tanto el guión didáctico y el software puede incluir un pilotaje de la actividad completa, incluyendo la realización de todas las acciones necesarias de control de recursos y la coordinación de los participantes. Los productos que generan pueden servir para diseñar una nueva actividad o ampliar la actividad original.

5.6. Proceso de ejecución de una actividad en el ambiente.

En este segmento se presenta un escenario del proceso de ejecución de una actividad en el ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch a través de dos diagramas de actividades que se muestran en la figura 5.6.1 y figura 5.6.2. Posteriormente se presenta una descripción detallada de la implementación de cada tarea en un formato que permite condensar la información para una consulta rápida. El formato de presentación de tareas se divide en los segmentos siguientes:

- **Etapas:** Indica el orden de las tareas en base a tres campos: anterior, siguiente y actual.
- **Corresponde:** Indica una etapa del diagrama de actividades.
- **Actor:** Indica al responsable de desempeñar una tarea.
- **Tarea a desempeñar:** Describe en palabras la acción o acciones relacionadas a dicha tarea.
- **Descripción del diagrama:** Expone la idea general de la imagen.
- **Estado tras su ejecución:** Indica la situación en la que se encontrará la actividad tras la ejecución de ésta tarea.
- **Explicación:** Describe a detalle los eventos y/o acciones realizadas en cada etapa.

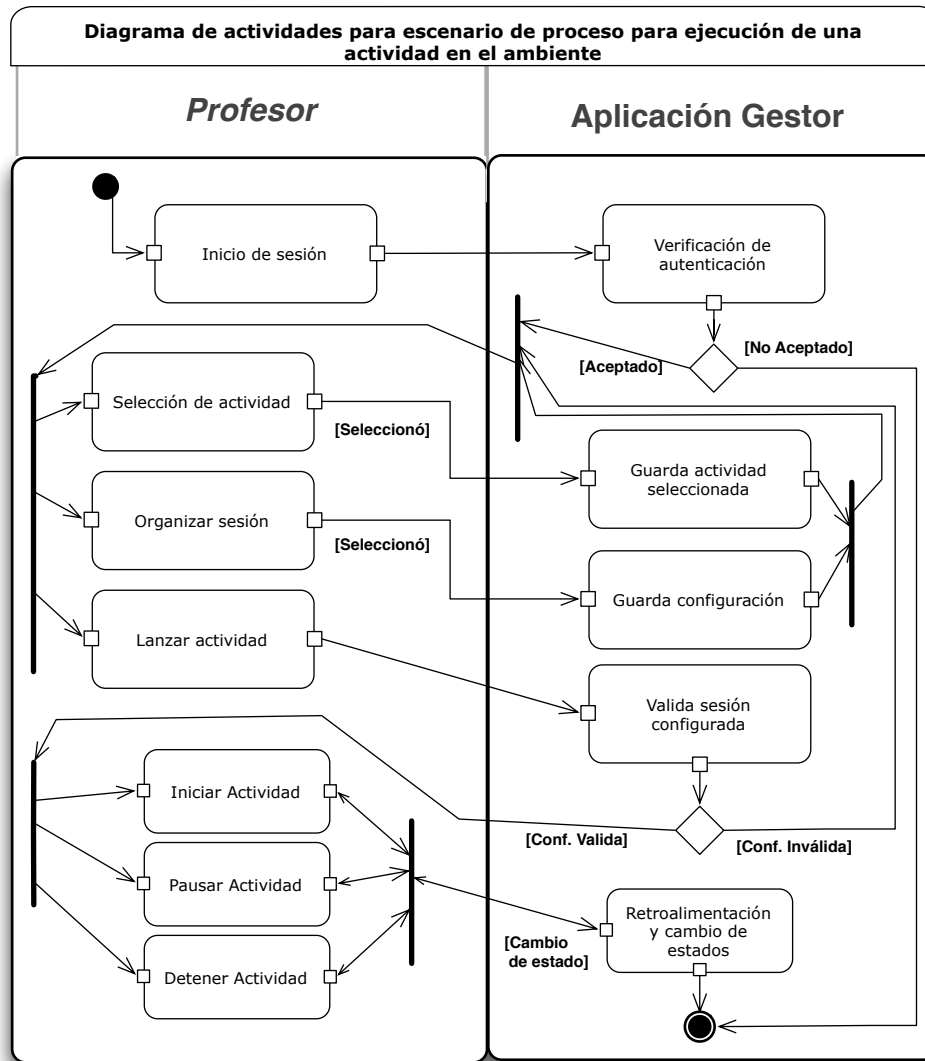
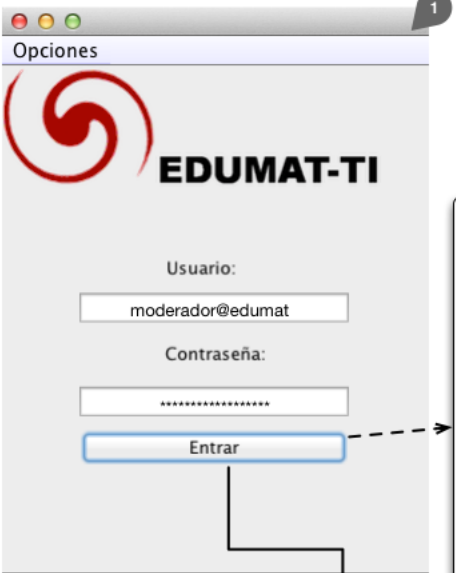
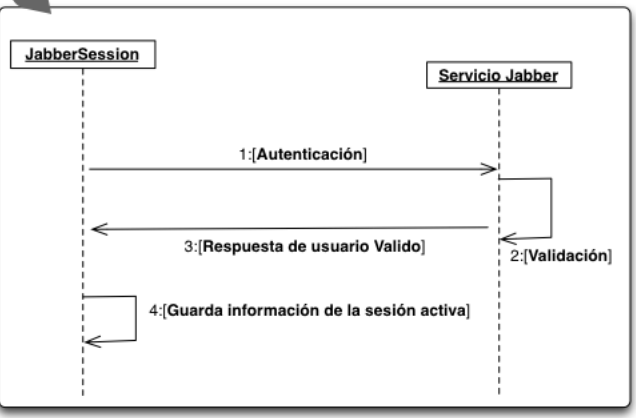
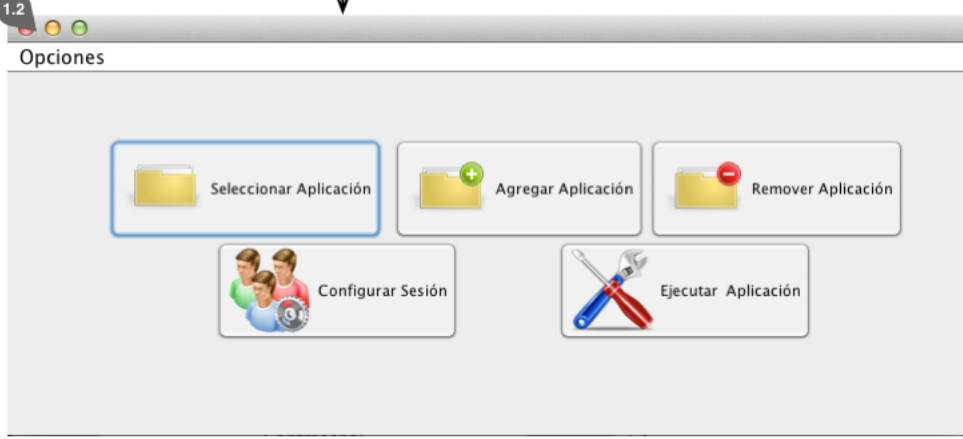
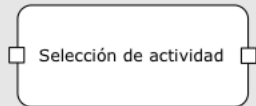
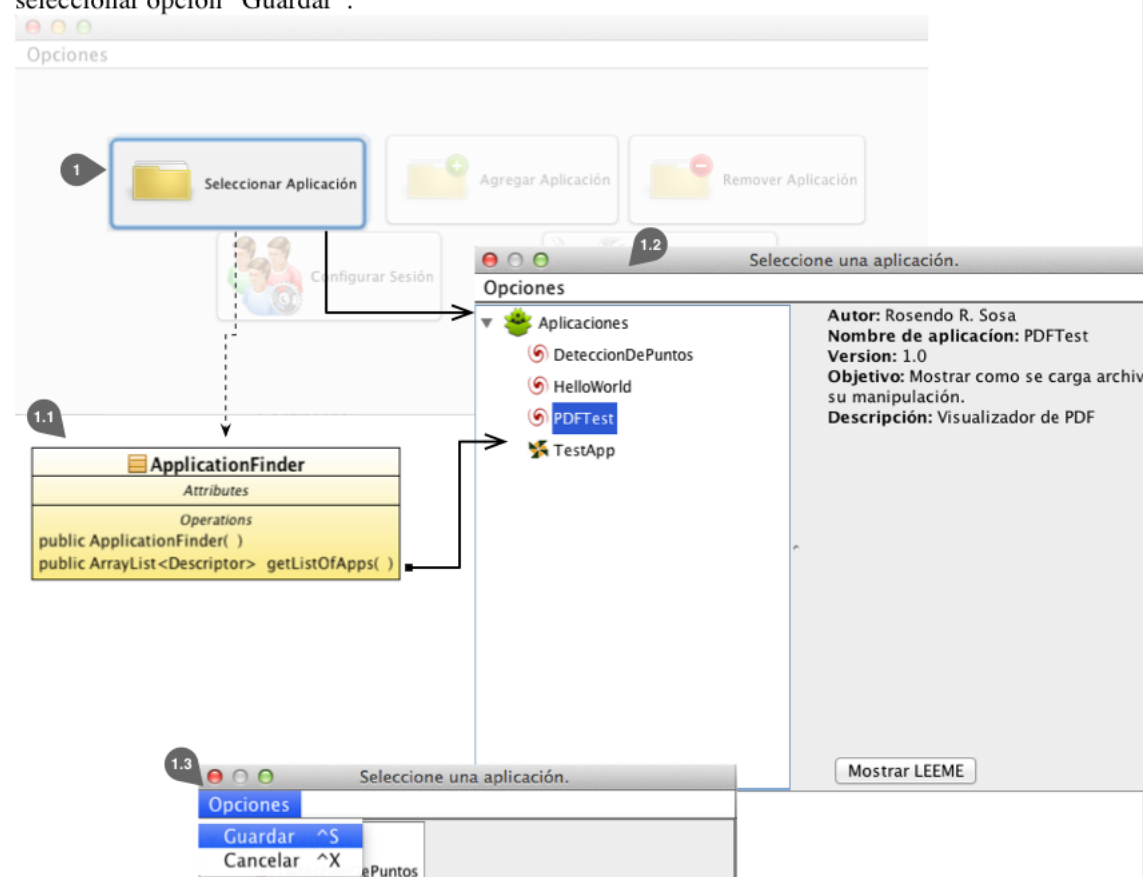
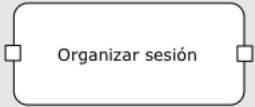
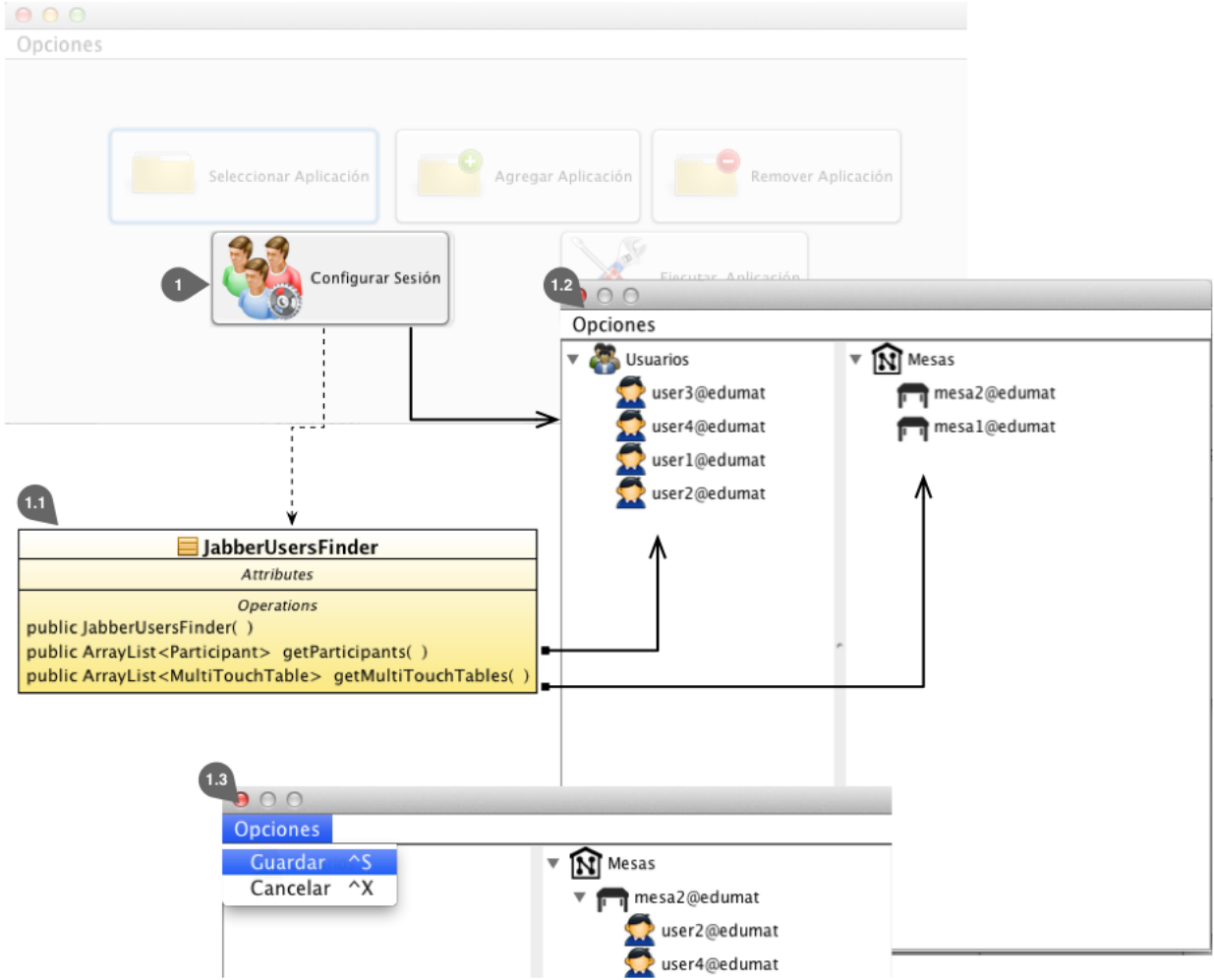



Figura 5.6.1: Escenario de proceso de ejecución de actividad Profesor y Aplicación gestor

Etapas	Anterior	-	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Inicio de sesión</div>
Actual	1	Siguiente	
Actor			Instructor/Profesor/Moderador de sesión
Tarea a desempeñar			Iniciar sesión en la aplicación moderador
Descripción del diagrama			
Diagrama			
<p>1- Se ingresa en los campos de texto el nombre de usuario y contraseña, después seleccionar el botón “Entrar”</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>			
Estado tras la ejecución		Se muestra la pantalla con la opciones de repositorio y configuración de sesiones.	
Explicación			
<p>Para ingresar a la aplicación moderador es necesario tener una cuenta con permisos en el servicio Jabber, como se muestra en el diagrama sección 1.1. Internamente la aplicación a través de una clase llamada <i>JabberSession</i> que se encuentra en la API del ambiente, se envía una petición de autenticación al servicio Jabber, al autenticar la cuenta, si ésta es válida se guarda una configuración para indicar que está activa y después muestra una ventana (sección 1.2) con las opciones de gestión del repositorio y configuración de las sesiones colaborativas.</p>			

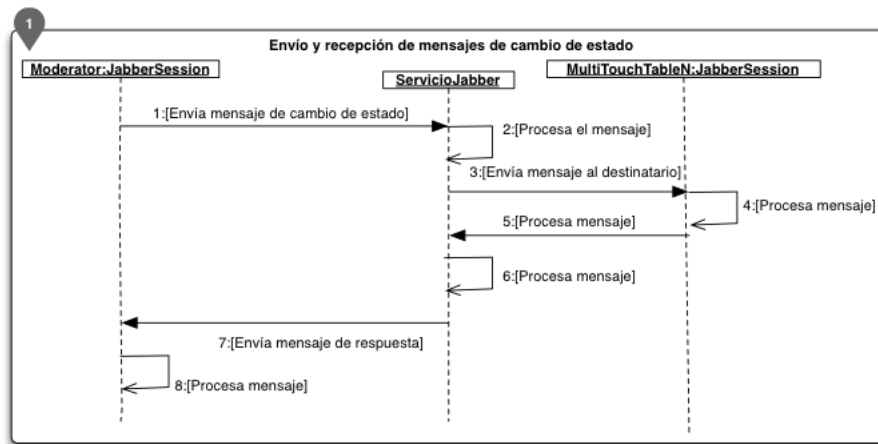
Etapas		Anterior	1	
Actual	2	Siguiente	3	
			Actor	Instructor/Profesor/Moderador de sesión
Tarea a desempeñar			Selección de aplicación a ejecutar	
Descripción del diagrama			Muestra el proceso de selección de una aplicación	
Diagrama				
<p>1- Selecciona opción “Seleccionar Aplicación” (sección 1). 2- Del listado en la sección 1.2, elije una aplicación. 3- Seleccionar el menú de opciones en la parte superior izquierda, como se muestra en la sección 1.3 y seleccionar opción “Guardar”.</p> 				
Estado tras la ejecución		Se guarda como parte de la configuración de la sesión la actividad seleccionada.		
Explicación				
<p>Como se muestra en el diagrama en la sección 1, al seleccionar la opción “Seleccionar Aplicación”, la clase <i>ApplicationFinder</i> que se encuentra en la API del ambiente, realiza una búsqueda de las aplicaciones disponibles y las envía a la pantalla de selección en la sección 1.1. Al seleccionar la aplicación que se ejecutará, es necesario presionar el conjunto de teclas “Ctrl/Cmd +S” o ir al menú de opciones y seleccionar la opción guardar para que la aplicación guarde la configuración.</p>				

Etapas		Anterior	2	
Actual	3	Siguiente	4	
Actor				Instructor/Profesor/Moderador de sesión
Tarea a desempeñar				Organización de sesión
Descripción del diagrama				Muestra como organizar una sesión colaborativa en la mesa multi-touch.
Diagrama				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar opción “Configurar Sesión” (sección 1). 2. En la ventana de selección que se muestra en la sección 1.2, arrastrar con el puntero del mouse, los iconos de cada usuario hacia el icono de mesa que se desee colocar. 3. Al terminar de distribuir los usuarios en la mesa, seleccionar el menú de opciones y guardar configuración, como se muestra en la sección 1.3. 				
				
Estado tras la ejecución		Guarda configuración de organización de los usuarios que estarán en la mesa multi-touch.		
Explicación				
<p>En la sección 1 del diagrama, al seleccionar la opción de “Configuración de sesión”, la clase llamada <i>JabberUsersFinder</i> que se encuentra en la API del ambiente, busca en el servicio Jabber los usuarios disponibles, estos usuarios se agrupan en dos categorías, la primera es “Participantes” que son los usuarios que trabajarán en la mesa multi-touch y la otra categoría son las mesas multi-touch disponibles para trabajar. La clase <i>JabberUsersFinder</i> envía los listados que proporcionan los métodos <i>getParticipants()</i> y <i>getMultiTouchTable()</i>, a la pantalla de configuración como se puede apreciar en la sección 1.2. Para configurar la sesión es necesario arrastrar los iconos de usuarios hacia la mesa en la que desea que trabaje, ya que al ejecutarse la aplicación en la mesa multi-touch, en ésta se muestra una representación del usuario mediante una avatar.</p>				

Etapas	Anterior	3	
Actual	4	Siguiente	
Actor			Instructor/Profesor/Moderador de sesión
Tarea a desempeñar			Lanzar actividad
Descripción del diagrama			Muestra como enviar la aplicación e iniciar la actividad colaborativa.

Diagrama

1. En la sección 1, se muestra el envío y recepción de mensajes de cambio de estado entre el Moderador y Mesa multi-touch.
2. Se selecciona la opción “Ejecutar aplicación” (sección 2).
3. Aparecerá una ventana con las opciones de control de la sesión que muestra en la sección 2.2.
4. Una vez que este listo para iniciar la actividad se selecciona la opción “Iniciar” como se puede observar en la Etapa 5.


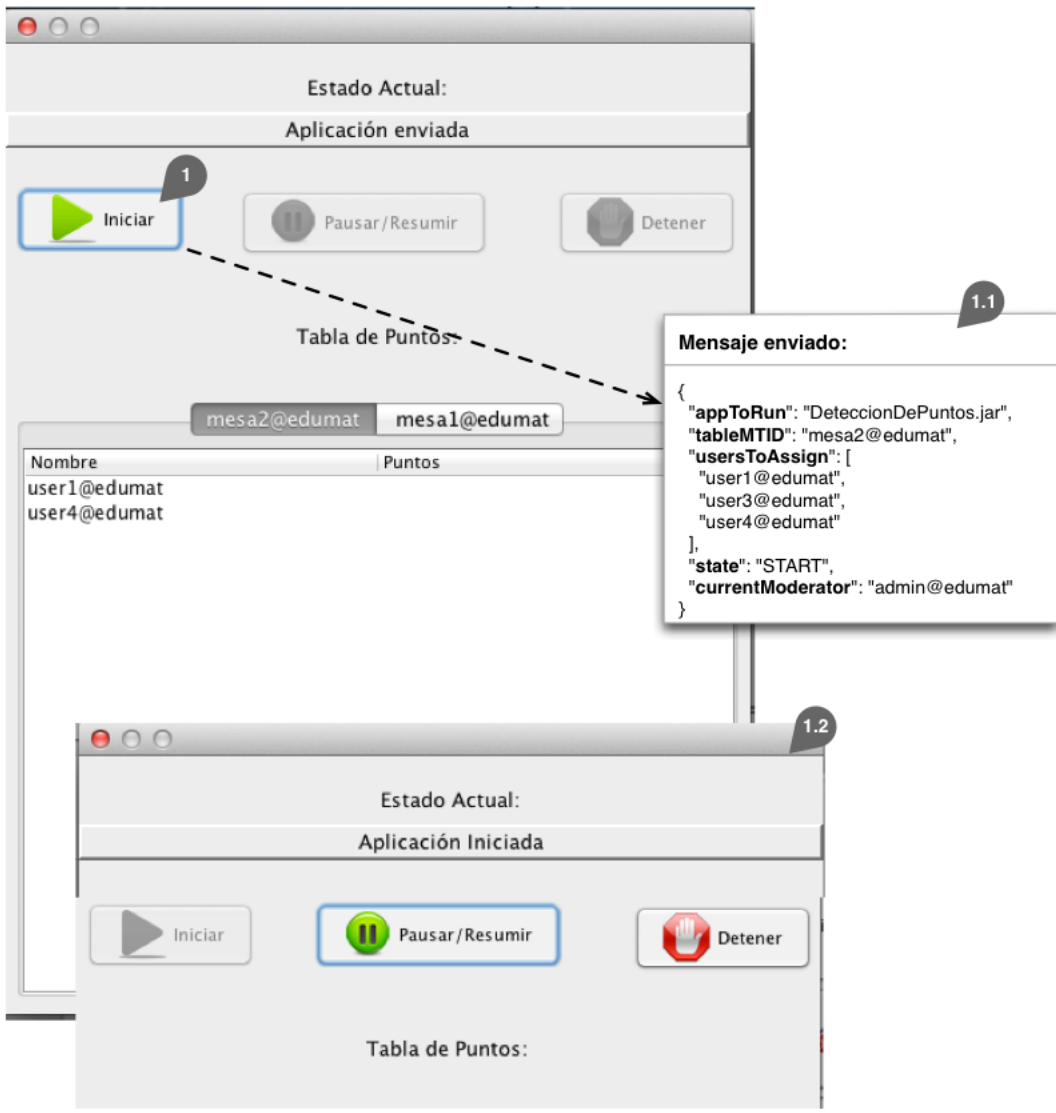



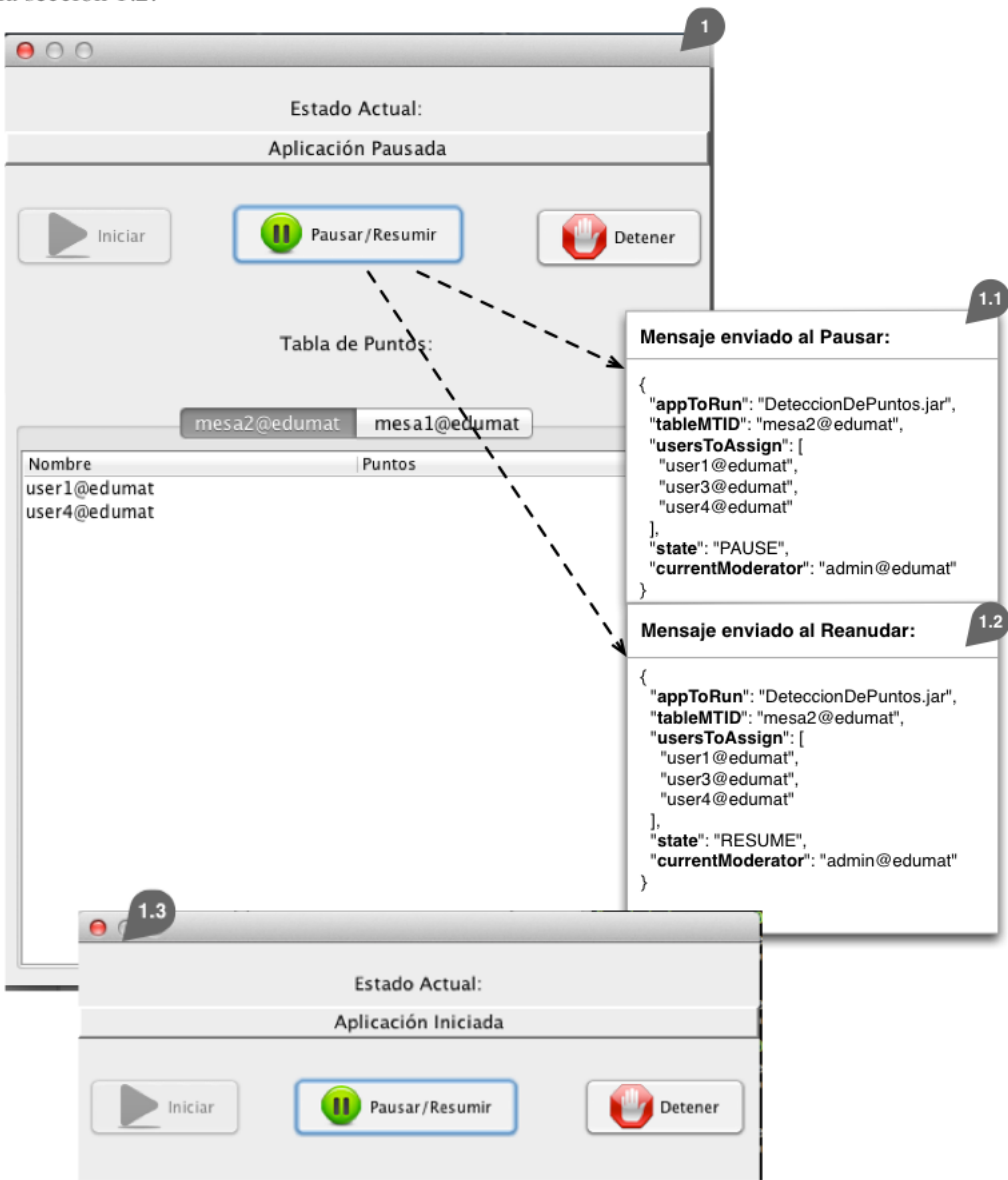
Mensaje enviado:


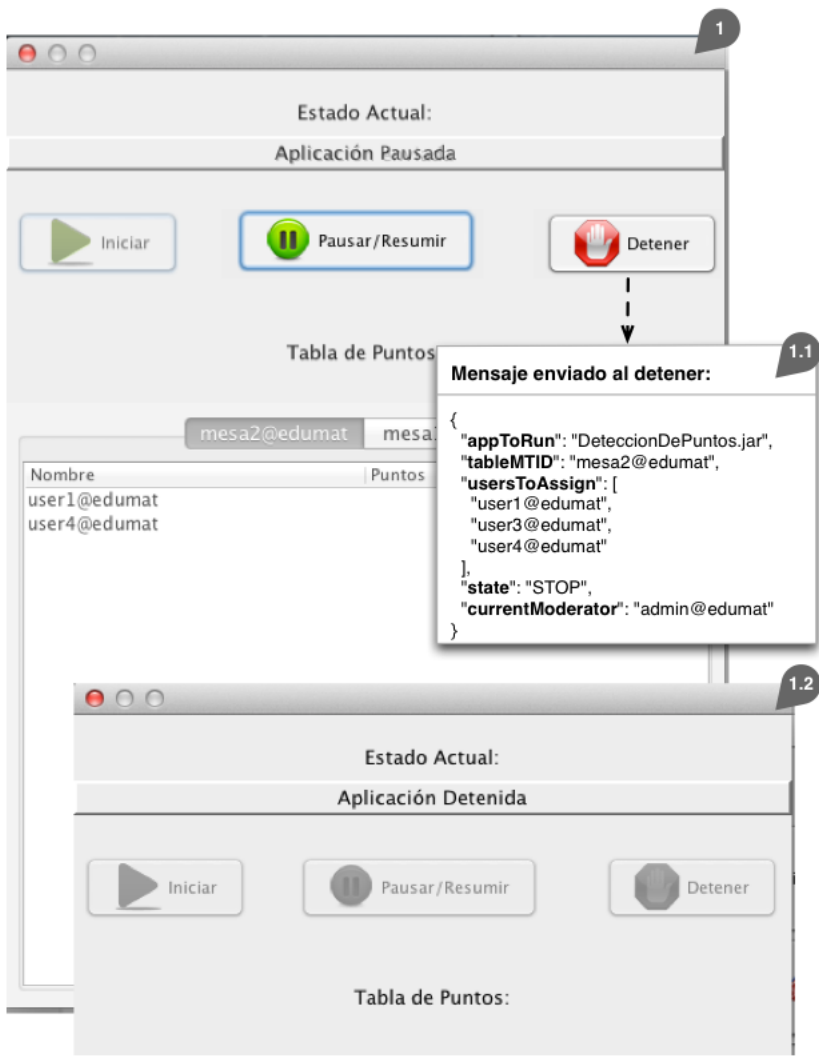
```

{
  "appToRun": "DeteccionDePuntos.jar",
  "tableMTID": "mesa2@edumat",
  "usersToAssign": [
    "user1@edumat",
    "user3@edumat",
    "user4@edumat"
  ],
  "state": "LAUNCH",
  "currentModerator": "admin@edumat"
}
    
```

Estado tras la ejecución	Aplicación enviada a la mesa multi-touch
Explicación	
<p>En la sección 2 del diagrama, al seleccionar la opción “Ejecutar aplicación”, se envía a la(s) mesa(s) multi-touch el mensaje en notación JSON que se muestra en la sección 2.1. En el contenido, mensaje que se encuentra en la sección 2.1, se interpreta de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación a ejecutar: “DetecciónDePuntos.jar” • En Mesa Multi-Touch: “mesa2@edumat”, • Usuarios asignados: user1@edumat, user2@edumat, user3@edumat, user4@edumat • Estado actual: “Lanzada” • Moderador: “admin@edumat” <p>La comunicación entre la aplicación moderador y la mesa multi-touch que se muestra en la sección 1, es tipo eco, la mesa multi-touch envía exactamente el mismo mensaje que le fue enviado por la aplicación moderador, a excepción de exista algún error, cambia el estado a “Error”. Al recibir el mensaje de repuesta, habilita la opción de “Iniciar” que se observa en la sección 2.2, también cambia los mensajes de control de “Esperando...” a “ Aplicación Enviada”.</p>	

Etapas	Anterior	4	
Actual	5	Siguiente	
Actor			Instructor/Profesor/Moderador de sesión
Tarea a desempeñar			Iniciar actividad
Descripción del diagrama			Muestra como iniciar la aplicación
Diagrama			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar opción “Iniciar” (sección 1). 2. Cambia el mensaje de estado actual a “Aplicación iniciada” y se habilitan opciones “Pausar/Reanudar” y “Detener”, como se aprecia en la sección 1.2. 			
			
Estado tras la ejecución		Aplicación iniciada	
Explicación			
<p>Con el apoyo de la referencia documental, utilizando los documentos de diseño instruccional y el guion didáctico se guía al instructor para conocer las condiciones necesarias para ejecutar la aplicación de la mesa multi-touch e iniciar la actividad colaborativa. Al elegir la opción de “Iniciar”, se envía un mensaje de cambio de estado a “START”, como se puede observar en la sección 1.1, este estado indica que debe iniciar la aplicación, es decir al llegar este mensaje a la mesa multi-touch se cargarán los mecanismos de menús, recursos, comunicación y servicios que se hayan programado en la aplicación. Al finalizar el cambio de estado el texto de control cambia de “Aplicación enviada” a “Aplicación iniciada”.</p>			

Etapas	Anterior	5	
Actual	6	Siguiente	
Actor			Instructor/Profesor/Moderador de sesión
Tarea a desempeñar			Pausar/Reanudar actividad
Descripción del diagrama			Muestra como Pausar y Reanudar de aplicación.
Diagrama			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar opción “Pausar/Resumir” (sección 1). 2. Cambia el mensaje de estado actual a “Aplicación Pausada” 3. Seleccionar opción “Pausar/Reanudar” de nuevo para reanudar. 4. Cambiara el mensaje de estado actual de “Aplicación Pausada” a “Aplicación Iniciada”, como se muestra en la sección 1.2. 			
 <p>The diagram illustrates the process of pausing and resuming an application. It shows two screenshots of the application interface. The top screenshot, labeled 'Estado Actual: Aplicación Pausada', shows a 'Pausar/Resumir' button highlighted. A dashed arrow points from this button to a JSON message box labeled 'Mensaje enviado al Pausar:'. The bottom screenshot, labeled 'Estado Actual: Aplicación Iniciada', shows the 'Pausar/Resumir' button highlighted again. A dashed arrow points from this button to a JSON message box labeled 'Mensaje enviado al Reanudar:'. The JSON messages contain details such as 'appToRun', 'tableMTID', 'usersToAssign', 'state', and 'currentModerator'.</p>			
Estado tras la ejecución	Aplicación pausada en la mesa multi-touch		
Explicación			
<p>Al seleccionar la opción “Pausar/Resumir” se envía un mensaje con el cambio de estado a “PAUSE”, esto indica que al llegar a la mesa multi-touch esta activa los mecanismos programados en la aplicación para ese estado. Al seleccionar de nuevo la opción “Pausar/Resumir”, se enviará un mensaje con el cambio de estado a “RESUME”, éste cambio de estado activará los mecanismos programados en la aplicación en su estado de reanudación.</p>			

Etapas		Anterior	6	
Actual	7	Siguiente	-	
			Actor	Instructor/Profesor/Moderador de sesión
			Tarea a desempeñar	Detener actividad
			Descripción del diagrama	Muestra como detener aplicación.
Diagrama				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar opción “Detener” (sección 1). 2. Cambia el mensaje de estado actual a “Aplicación Detenida”. 3. Se deshabilitan las opciones, este cambio de estado finaliza la actividad, como se puede apreciar en la sección 1.2. 				
				
Estado tras la ejecución		Aplicación detenida en la mesa multi-touch		
Explicación				
<p>Al seleccionar la opción “Detener”, la aplicación envía un mensaje de cambio de estado a “STOP”. Este cambio de estado detiene la aplicación en la mesa multi-touch y deshabilita las opciones en la aplicación moderador. La ventana con los puntos generados por la actividad queda visible hasta que sea cerrada por el instructor.</p>				

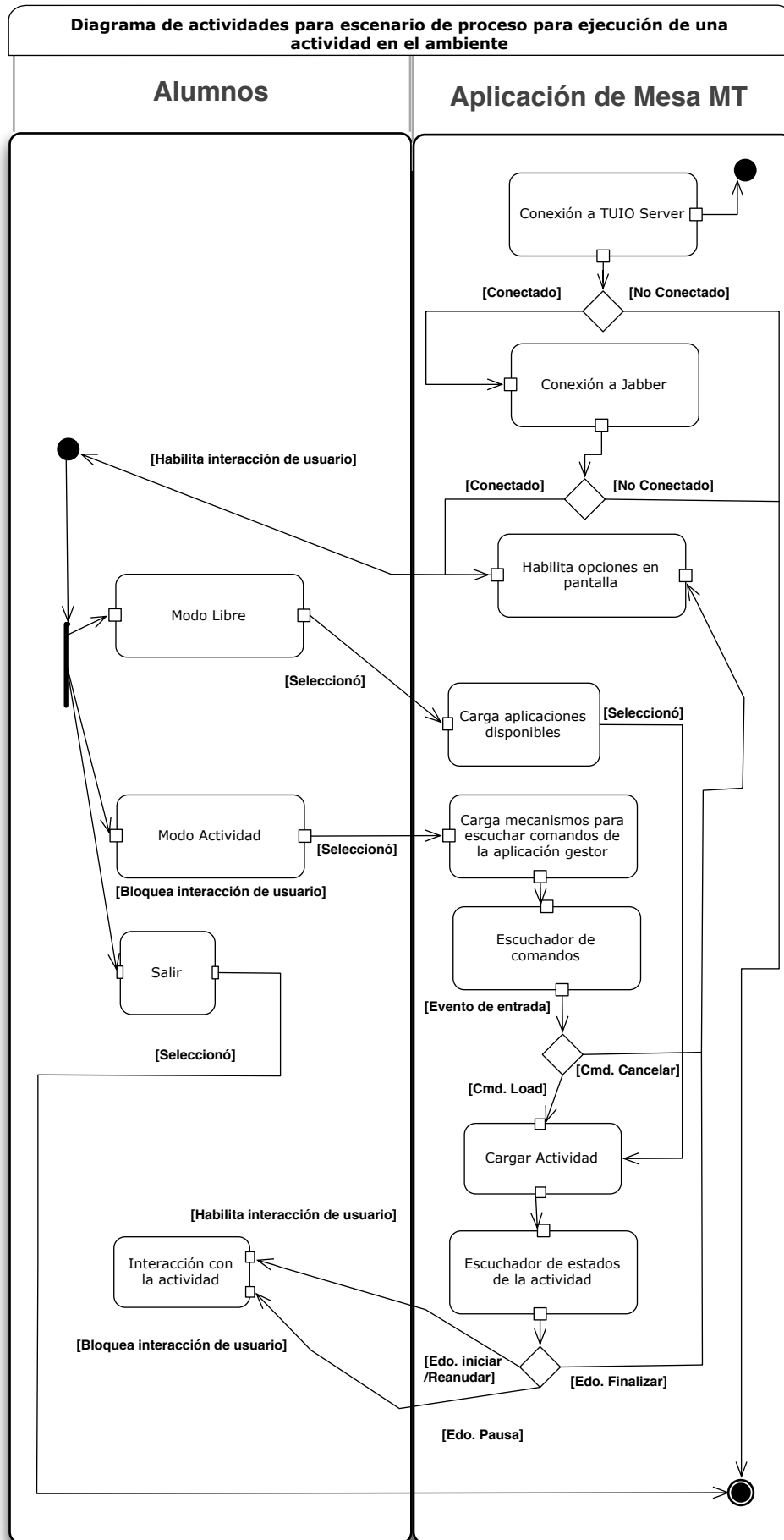

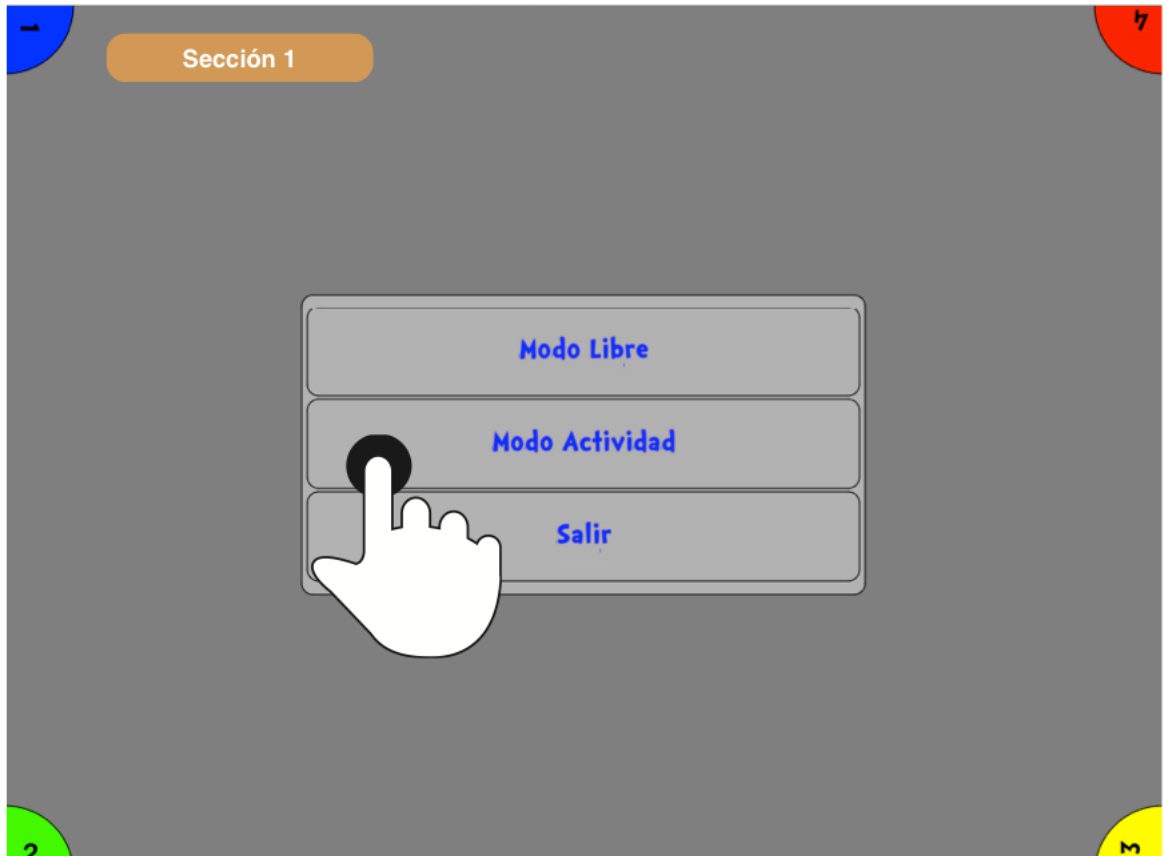


Figura 5.6.2: Escenario de proceso de ejecución de actividad Alumnos y Aplicación de Mesa Multi-Touch

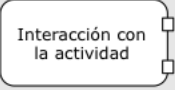
Etapas		Anterior	-	
Actual	1	Siguiente	2	
			Actor	Alumno / Participante
Tarea a desempeñar			Inicio de interacción mesa multi-touch	
Descripción del diagrama			Muestra como iniciar la interacción con la mesa multi-touch y activar el modo actividad	

Diagrama

1. Seleccionar modo actividad como se observa en la sección 1.
2. Aparecerá el mensaje “Modo Actividad” como se aprecia en la sección 2.

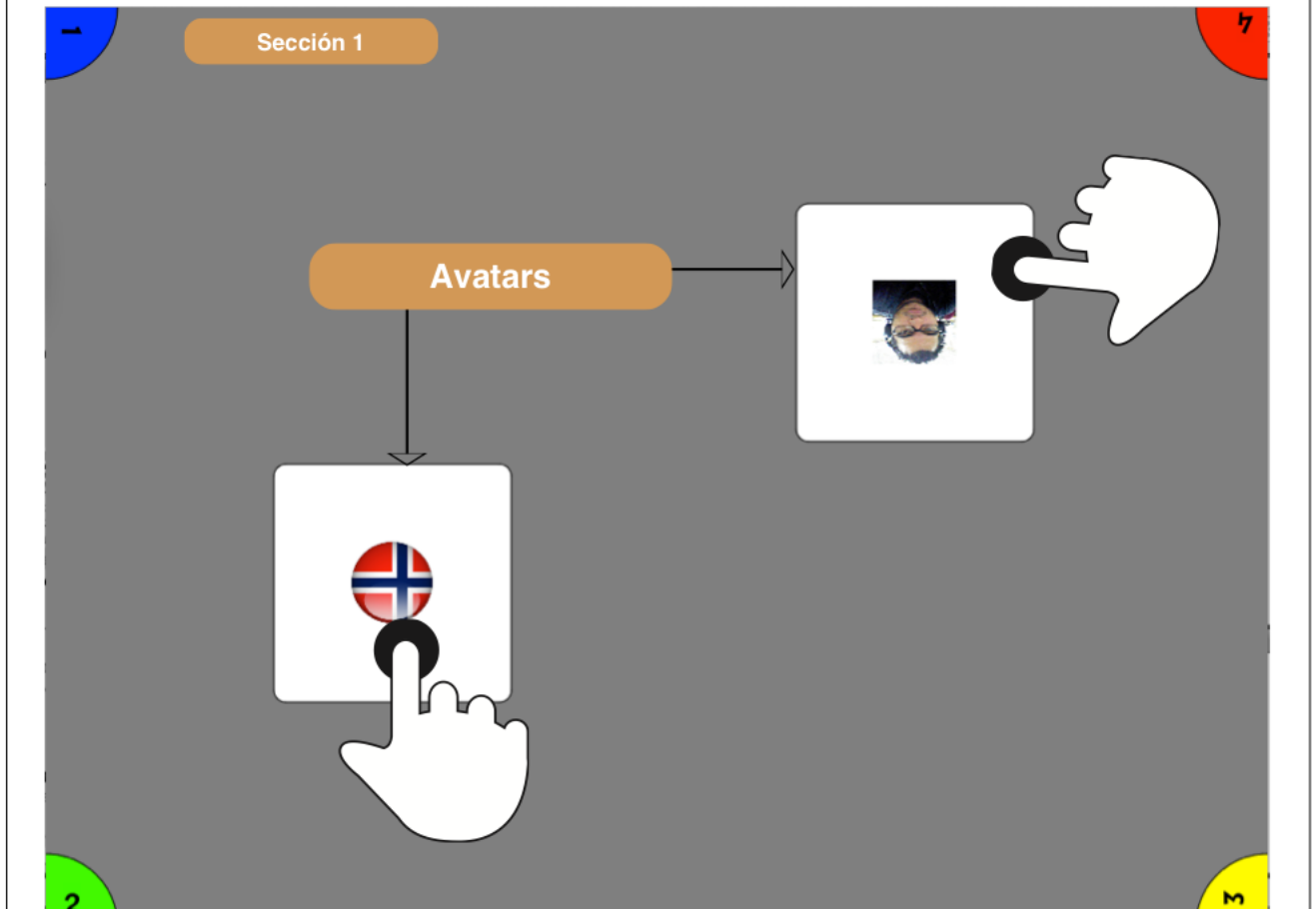


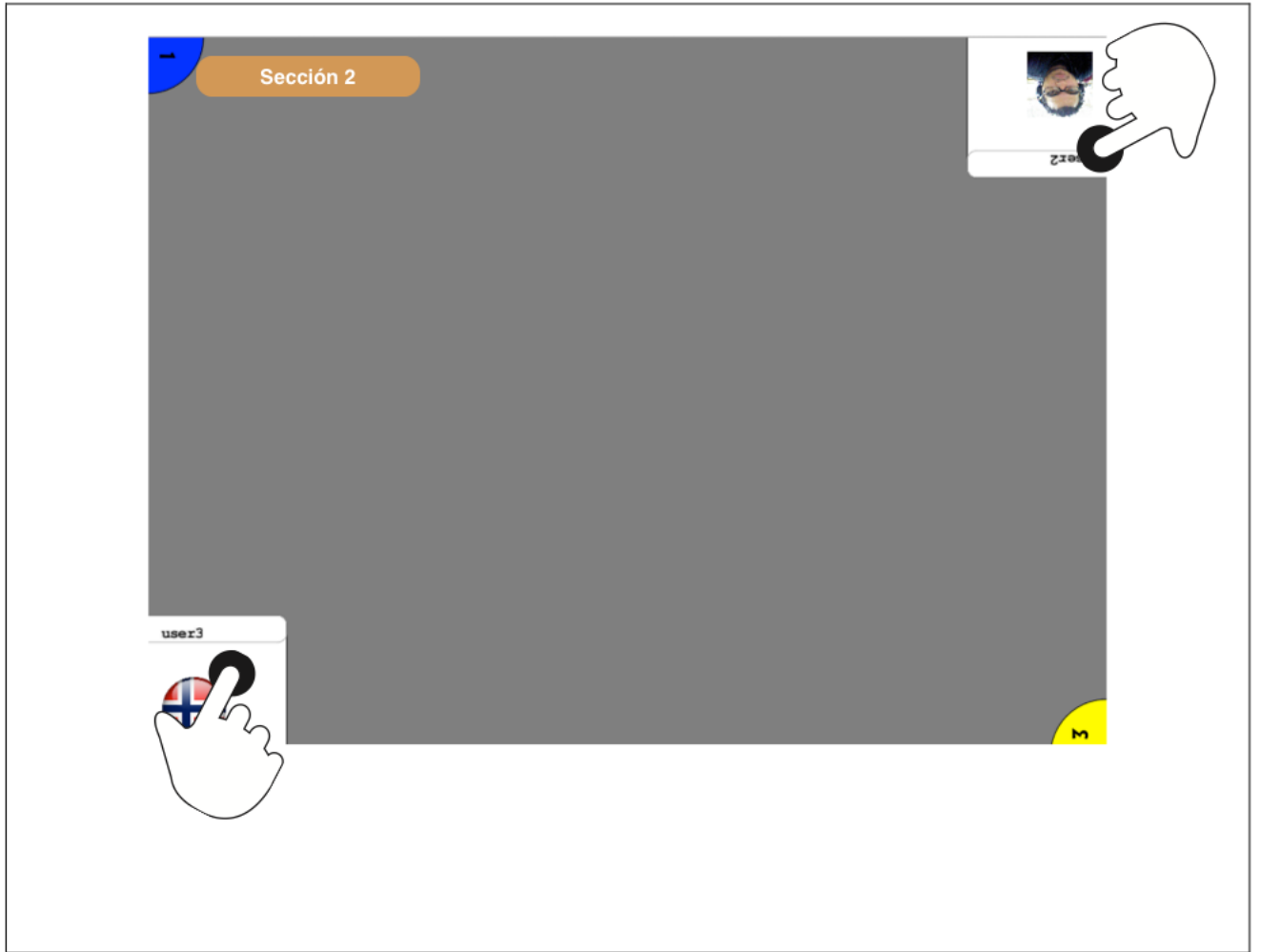
	
Estado tras la ejecución	Plataforma de la mesa multi-touch queda en modo actividad, a espera de mensaje de inicio del moderador.
Explicación	
Uno de los participantes tiene que seleccionar la opción “Modo actividad” para activar los mecanismos necesarios para comunicarse con la aplicación del moderador y recibir los mensajes de cambios de estado.	

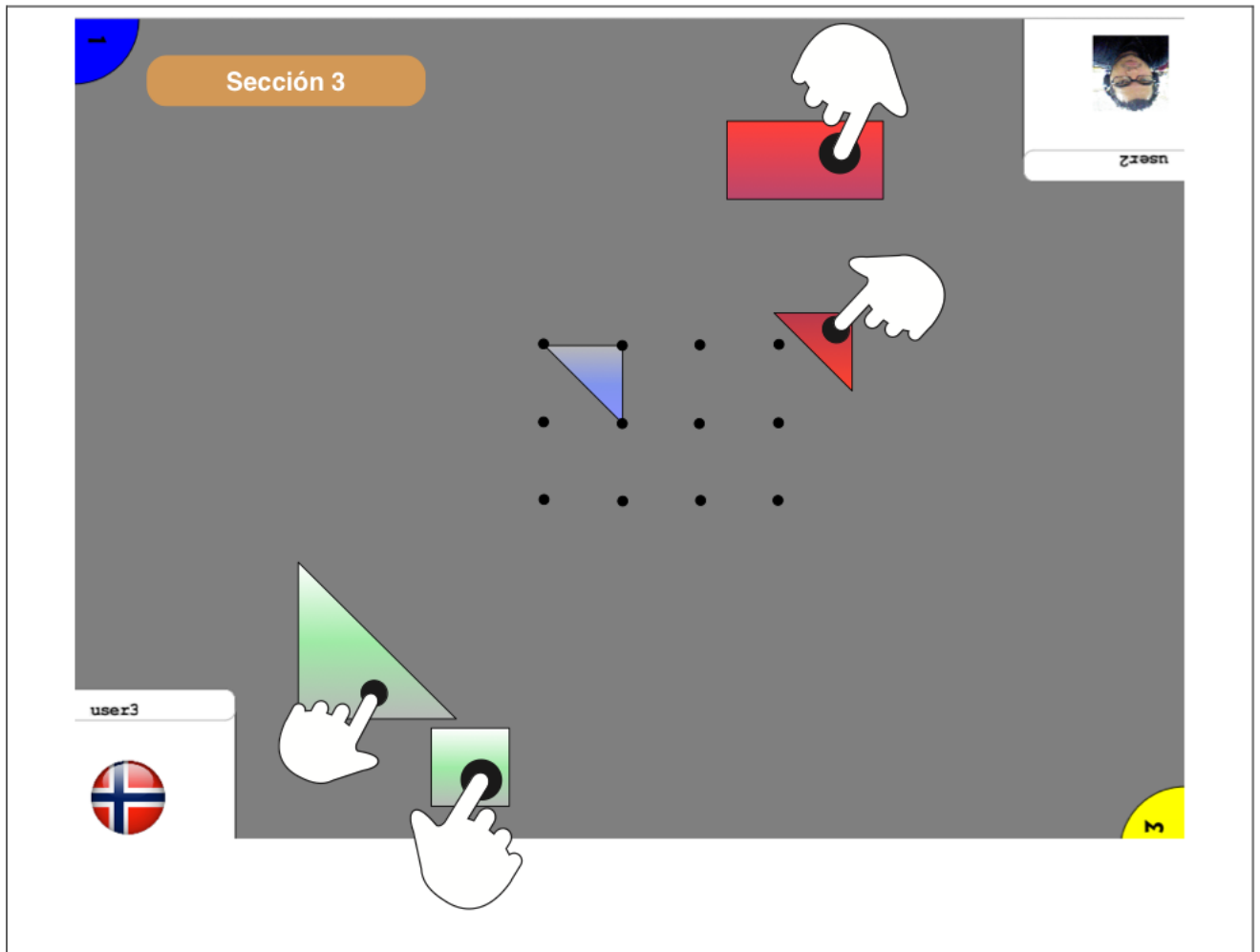
Etapas		Anterior	1	
Actual	2	Siguiente	-	
			Actor	Alumno / Participante
			Tarea a desempeñar	Interacción con la actividad mesa multi-touch.
			Descripción del diagrama	Muestra como interactuar con la actividad una vez iniciada.

Diagrama

1. Seleccionar el avatar que le corresponde a cada participante y arrastrarlo a una esquina, como se ve en la sección 1.
2. Al llevarlos a la esquina estos quedarán asignados a ese lugar.
3. Como se observa en la sección 2, una vez asignados el instructor puede iniciar la aplicación.
4. Al iniciar la actividad se mostrarán los recursos que podrán ser manipulado, la instrucciones se darán por el instructor.
5. Los estados de la actividad se cambiaran dependiendo el instructor de “Pausar”, “Reanudar” y “Detener”.







Estado tras la ejecución	Plataforma de la mesa multi-touch inicia aplicación
Explicación	
<p>Al iniciar la actividad es necesario colocar la representación del participante en cada esquina, esto asignará el espacio de trabajo personal de cada participante. Una vez terminada la organización de los participantes la plataforma queda lista para iniciar la aplicación. Al recibir los cambios de estado como se muestra en la sección 3, inicia la aplicación y se muestran los elementos manipulables. La interacción de los participantes se seguirá hasta que los estados cambien a “Pausar” o “Detener”.</p>	

Capítulo 6

Evaluación de funcionalidad del ambiente

En este capítulo se presenta una evaluación de la funcionalidad para el ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch.

La evaluación se enfoca en los siguientes elementos:

- Proceso para crear aplicación: Evaluar características de la API como detección de puntos, carga de recursos en tiempo de ejecución y acceso a sesiones Jabber.
- Proceso de empaquetado: Evaluar el proceso de empaquetado de la aplicación
- Proceso de registro de aplicación en repositorio: Evaluar proceso de gestión del repositorio
- Proceso de ejecución de actividad: Evaluar ejecución de actividad utilizando la aplicación gestor y la aplicación de mesa multi-touch.

Estas pruebas de funcionalidad se realizaron para conocer si los elementos anteriores proporcionan las funciones declaradas e implícitas cuando se usa bajo condiciones específicas, si cuenta con el conjunto de funciones para realizar las tareas indicadas y los resultados son los correctos o acordados con el grado de necesario de precisión. También se buscaba conocer la complejidad y si las instrucciones para el uso de la API eran claras.

6.1. Método

Para obtener esta información, se diseñaron nueve pruebas para evaluar la funcionalidad de los elementos de la API y software del ambiente de aprendizaje. Para realizar estas prue-

bas se invitó a dos egresados de la Universidad Autónoma de Baja California, un Ingeniero en computación con experiencia de tres años en desarrollo de software y un Licenciado en Sistemas Computacionales con seis meses de experiencia en el desarrollo de software. Los invitados han utilizado anteriormente APIs, Frameworks y librerías, por lo que en base a su experiencia podrían aportar información no sólo sobre su funcionalidad, si no también sobre complejidad, fiabilidad y usabilidad.

Durante el curso impartido se trabajo el contenido que se puede apreciar en la tabla 6.1, las pruebas se llevaron acabo bajo dos roles, que se explican a continuación:

- Programador de la API, es decir el instructor, provee la información necesaria para que los programadores-tester puedan realizar las pruebas y también atiende cualquier inconsistencia encontrada en la API o software del ambiente.
- Programador-Tester, son los programadores invitados, elaboran cada una de las pruebas indicadas por el programador de la API y mantienen una comunicación sobre posibles inconsistencias o dudas.

Al finalizar las pruebas se aplicó un cuestionario con la finalidad de conocer aspectos de funcionalidad, complejidad, usabilidad y fiabilidad.

Prueba	Descripción
Ciclo de vida de las ApplicationMT	Conocer el ciclo de vida las ApplicationMT.
Detección de puntos	Conocer el uso de las clases para detección de puntos.
Detección de gestos táctiles	Conocer como detectar gestos táctiles.
Carga de recursos en tiempo de ejecución	Conocer como funciona el cargador de recursos.
Intercambio de mensajes simple	Conocer como se envía información a la aplicación moderador .
Intercambio de mensajes avanzado	Conocer el manejo de sesiones activas en la mesa multi-touch.
Empaquetado de aplicación	Conocer la función del empaquetado y por que es necesario llevar esa organización
Aplicación moderador	Conocer la funciones de la aplicación moderador.
Ejecución de aplicación en el ambiente	Conocer el proceso de ejecución de una aplicación.

Tabla 6.1: Contenido de curso del uso de la API y el software del ambiente

6.2. Desarrollo

Los programadores no contaban con un contexto relacionado con la API y el software del ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch, pero sí contaban con alto grado de dominio de programación orientada a objetos. Por lo que se decidió impartir en forma de curso presencial. Por cuestiones de disponibilidad de los participantes tomaron individualmente en diferentes horarios y cada sesión tuvo una duración de 3 horas.

Idealmente la duración del curso sería de cinco sesiones de tres horas, finalmente se realizó un total de seis sesiones con cada participante con duración de 3 a 4 horas. El avance de prueba por día fue diferente por cada participante, en la tabla 6.2 se puede observar el tiempo que le tomó a cada participante realizar cada prueba.

Durante las sesiones el participante 1 encontró en la prueba de detección de puntos e intercambio de mensajes un error que no se estaba documentado, el cual se solucionó inmediatamente para que los participantes pudieran seguir las pruebas. Durante la realización de las pruebas el participante 1, sólo tuvo dudas sobre la forma en que se implementaba la API. Por otro lado el participante 2 durante las primeras sesiones sólo tuvo duda sobre los estados de la aplicación y cómo es el flujo de los mismos.

La manera en que cada participante realizó la prueba de detección de gestos fue diferente. El participante 1 utilizó fórmulas matemáticas como distancia entre dos puntos y pendiente de la recta, mientras que el participante 2 realizó una serie de comparaciones entre valores que al final dio un resultado parecido.

Los dos participante en la prueba de carga de recursos en tiempo de ejecución mencionaron que los PDFs que se carguen deberían de ser diseñados para la mesa, ya que al cargar distintos documentos PDF se presentaron de diferentes tamaños y algunos casi ilegibles, aunque a estos se les haga un acercamiento.

Al finalizar las pruebas se entregó un cuestionario para valorar su opinión respecto a la funcionalidad, usabilidad y completitud del API y el software del ambiente de aprendizaje.

A continuación se muestra el cuestionario aplicado a los participantes:



Preguntas sobre funcionalidad del API y componentes del Ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch.

Nombre de programador:

Fecha:

I. Instalación y configuración:

- 1.1. ¿La información sobre la instalación del entorno de desarrollo de aplicaciones para el ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch fue clara?
- a) Si b) No c) Otro: _____
- 1.2. En escala de 1 al 5 ¿Cuál es la complejidad de instalación del entorno de desarrollo?
- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5
- 1.3. ¿La información las características y la función de los componentes del ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch fue clara?
- a) Si b) No c) Otro: _____
- 1.4. ¿Cuál es el lenguaje de programación se utiliza para crear las aplicaciones para el ambiente de aprendizaje?
- a) C# b) Java c) Objective-C d) Otro: _____
- 1.5. En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de la configuración del ambiente de aprendizaje de las mesas multi-touch?
- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

2. Proceso para crear aplicación :

- 2.1. ¿La información que se proporcionó sobre la detección de puntos utilizando la API, fue clara?
a) Si b) No c) Otro: _____
- 2.2. En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de realizar la prueba de detección de puntos con la API?
a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5
- 2.1. ¿La información que se proporcionó sobre la detección de gestos táctiles con la API, fue clara?
a) Si b) No c) Otro: _____
- 2.2. En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de realizar la prueba de detección de gestos con la API?
a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5
- 2.3. ¿La información que se proporcionó sobre la detección de puntos utilizando la API, fue clara?
a) Si b) No c) Otro: _____
- 2.4. En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de realizar la prueba de detección de puntos con la API?
a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5
- 2.1. ¿Que gesto(s) táctiles se dificultó al realizar su detección?
a) Rotar b) Zoom c) Tap d) Drag e) Otro: _____ f) Ninguno
- 2.2. ¿La información que se proporcionó sobre la carga de recursos en tiempo de ejecución utilizando la API, fue clara?
a) Si b) No c) Otro: _____
- 2.3. ¿Qué recursos soporta la API?
a) PNG, PDF, JPG, SVG b) PNG, PDF, JPG, TIFF c) PNG, PDF, JPG, GIF

2.4. En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de realizar la carga de recursos con la API?

- a)1 b) 2 c)3 d)4 e)5

2.5. ¿La información que se proporcionó para el uso del envío de mensajes utilizando sesiones Jabber con la API, fue clara?

- a)Si b) No c)Otro:_____

2.6. En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de intercambiar mensajes entre usuarios Jabber utilizando la API?

- a)1 b) 2 c)3 d)4 e)5

2.7. ¿Las pruebas realizadas cumplieron las funciones que se indicaron en la información que se proporcionó?

- a)Si b) No c)Otro:_____

3. Proceso de empaquetado:

3.1. ¿La información que se proporcionó sobre el proceso de empaquetado fue clara?

- a)Si b) No c)Otro:_____

3.2. En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de organizar la aplicación con el formato de empaquetado?

- a)1 b) 2 c)3 d)4 e)5

4. Proceso de registro de aplicación en repositorio:

4.1. ¿La información que se proporcionó sobre el proceso de registro de aplicaciones en el repositorio fue clara?

- a)Si b) No c)Otro:_____

4.2. En escala de 1 al 5, ¿Complejidad para agregar aplicaciones en el repositorio?

- a)1 b) 2 c)3 d)4 e)5

4.3. En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad para remover aplicaciones en el repositorio?

- a)1 b) 2 c)3 d)4 e)5

4.4. ¿El proceso de registro de aplicaciones cumplió con las funciones que se indicaron en la información que se proporcionó?

a) Si b) No c) Otro: _____

5. Proceso de ejecución de actividad:

5.1. ¿La información que se proporcionó sobre la aplicación moderador, fue clara?

a) Si b) No c) Otro: _____

5.2. En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad para utilizar la aplicación moderador de las opciones de repositorio?

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

5.3. En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad para utilizar la aplicación moderador de las opciones de ejecución de actividad?

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

5.4. En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad para utilizar la aplicación moderador de las opciones de control de actividad enviada?

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

5.5. ¿El proceso de ejecución cumplió con las funciones que se indicaron en la información que se proporcionó?

a) Si b) No c) Otro: _____

5.6. ¿Usted utilizaría esta API y sus aplicaciones para llevar a cabo una actividad colaborativa?

a) Si b) No c) Otro: _____

Tabla 6.2: Tiempo de duración por participante en cada prueba

Prueba	Participante 1	Participante 2
Ciclo de vida de las ApplicationMT	30 minutos	30 minutos
Detección de puntos	4 horas	5 horas
Detección de gestos	3 horas	3 horas
Carga de recursos en tiempo de ejecución	3 horas	3 horas
Intercambio de mensajes simple	2 horas	3 horas
Intercambio de mensajes avanzado	4 horas	2 horas y 30 minutos
Empaquetado de aplicación	1 hora con 30 minutos	1 hora con 30 minutos
Aplicación moderador	1 hora	1 hora
Ejecución de aplicación en el ambiente	3 horas	4 horas

6.3. Interpretación de resultados

Como se puede observar en la tabla 6.2 el tiempo que les tomo finalizar cada prueba a los participante tiene una variación poco significativa , lo que que da evidencia de que es posible terminar las practicas los tiempos estimados. Por otro lado ante diferentes implementaciones de la API, las aplicaciones seguían funcionando, lo que enriqueció la información sobre la libertad de codificación que permite la API.

Durante las pruebas se presentaron varios escenarios no probados como la carga de varios recursos a la vez en tiempo de ejecución y creación de clases para componentes propios, en los cuales no se encontró ningún problema al ejecutar la aplicación.

De los resultados de los cuestionarios aplicados que se muestran en la tabla 6.3, se concluyó lo siguiente:

- En general las indicaciones fueron claras, pero falta un sitio donde puedan encontrar la documentación y ejemplos de implementación de la API.
- El funcionamiento estuvo de acuerdo a lo indicado en la información brindada a los participantes.
- En general, la complejidad de uso se encuentra media baja para personas con un grado alto de dominio de programación orientada a objetos.
- El empaquetado de la aplicación, proceso de registro en el repositorio y proceso de ejecución de la actividad no fue compleja para los participantes.

Tabla 6.3: Respuestas de los participantes al cuestionario aplicado

Preguntas	Participante 1	Participante 2
¿La información sobre la instalación del entorno de desarrollo de aplicaciones para el ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch fue clara?	Si	Si
En escala de 1 al 5 ¿Cuál es la complejidad de instalación del entorno de desarrollo?	1	2
¿La información las características y la función de los componentes del ambiente de aprendizaje basado en mesas multi-touch fue clara?	Si	Si
¿Cual es el lenguaje de programación se utiliza para crear las aplicaciones para el ambiente de aprendizaje?	Java	Java
En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de la configuración del ambiente de aprendizaje de las mesas multi-touch?	1	2
¿La información que se proporciono sobre la detección de puntos utilizando la API, fue clara?	Si	Si
En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de realizar la prueba de detección de puntos con la API?	1	1
¿La información que se proporciono sobre la detección de gestos con la API, fue clara?	Si	Si
En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de realizar la prueba de detección de gestos con la API?	2	1
¿La información que se proporciono sobre la detección de puntos utilizando la API, fue clara?	Si	Si
En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de realizar la prueba de detección de puntos con la API?	2	2
¿Que gesto(s) se dificulto en realizar su detección?	Zoom	Rotar
¿La información que se proporciono sobre la carga de recursos en tiempo de ejecución utilizando la API, fue clara?	Si	Si
¿Que recursos soporta la API?	PNG, PDF,JPG,SVG	PNG, PDF,JPG,SVG
En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de realizar la carga de recursos con la API?	1	2
¿La información que se proporciono para el uso del envío de mensajes utilizando sesiones Jabber con la API, fue clara?	Si	Si
En escala del 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de intercambiar mensajes entre usuarios Jabber utilizando la API?	1	1
¿Las pruebas realizadas cumplieron la funciones que se indicaron en la información que se proporciono?	Si	Si
¿La información que se proporciono sobre el proceso de empaquetado fue clara?	Si	Si
En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad de organizar la aplicación con el formato de empaquetado?	1	2
¿La información que se proporciono sobre el proceso de registro de aplicaciones en el repositorio fue clara?	Si	Si
En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad para agregar aplicaciones en el repositorio?	1	1
¿El proceso de registro de aplicaciones cumplió con las funciones que se indicaron en la información que se proporciono?	Si	Si
¿La información que se proporciono sobre la aplicación moderador, fue clara?	Si	Si
En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad para utilizar la aplicación moderador las opciones de repositorio?	1	1
En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad para utilizar la aplicación moderador las opciones de ejecución de actividad?	1	2
En escala de 1 al 5, ¿Cuál es la complejidad para utilizar la aplicación moderador las opciones control de actividad enviada?	1	2
¿El proceso de ejecución cumplió con las funciones que se indicaron en la información que se proporciono?	Si	Si
¿Usted utilizaría esta API y sus aplicaciones para llevar a cabo una actividad colaborativa?	Si	Si

Capítulo 7

Conclusiones

En este trabajo de tesis se presento la creación de un ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch, este ambiente de aprendizaje lo componen un sistema operativo para mesas multi-touch el cual cuenta con una API para crear aplicaciones que se ejecutan en la plataforma de las mesas multi-touch y el hardware de la mesa Además se presentó la construcción de una mesa multi-touch para probar la plataforma y la aplicaciones. Los resultados de las pruebas realizadas al ambiente, mostraron que cumple con la funcionalidad propuesta y que es una herramienta de utilidad de aceptable usabilidad y completitud. También se mostró que el ambiente es flexible y funcional sin problemas en escenarios desconocidos, es decir permite integrar funcionalidades de software diferentes según se requiera.

7.1. Contribuciones

Las contribuciones de éste trabajo presentan una arquitectura que incluye una metodología adaptada de la original para el desarrollo de actividades colaborativas con apoyo de referencia documental, lo que permite que profesores, diseñadores instruccionales y programadores, cuenten con los formatos y guías para crear el software para una actividad.

La adaptación de la metodología de CA-Mobile Framework a este ambiente de aprendizaje permite contar con un modelo de procesos que apoya el diseño y desarrollo de actividades colaborativas, cuenta con roles definidos para la elaboración de tareas específicas y provee una referencia documental con sus respectivas guías de uso.

Otra contribución es el desarrolló una API que permite la creación de aplicaciones para superficies multi-touch, que facilita la creación y la representación de roles en la actividad, mecanismos

de intercambios de mensajes entre roles mediante Jabber, dibujado de figuras primitivas manipulables en OpenGL, mecanismos para la detección de gestos básicos como Tap, Long Tap y Double Tap con uno a tres dedos, manejadores de eventos y mensajes, es decir se cuenta con procesador de eventos para la detección de interacciones multi-touch y con un procesador de mensajes del sistema que pueden ser externos o internos, para controlar los estados de las actividades y mensajes de carga de recursos.

El ambiente de aprendizaje provee no sólo la API, si no también un software para apoyar al instructor y una plataforma para ejecutar aplicaciones en la mesa multi-touch. El software llamado *Aplicación del moderador* que apoya al instructor al momento de seleccionar la aplicación de la actividad, organizar la sesión y controlarla, también cuenta con mecanismos utilizando el servicio de mensajería Jabber para la retroalimentación con los estados de la aplicación en la mesa multi-touch.

También se desarrolló una plataforma para la mesa multi-touch en la que se ejecutan las aplicaciones, por lo que implementa todos los mecanismo mencionados de la API. Como parte de la contribución de este trabajo también se encuentra una mesa multi-touch construida en el Laboratorio de Aprendizaje Móvil y Tecnología Educativa, en el Instituto de Ingeniería de la UABC, Mexicali, Baja California, México .

La construcción de ésta mesa multi-touch se encuentra documentada en tres versiones funcionales, en las que cada una describen los resultados obtenidos en cada versión. Durante una estancia de intercambio en la UAEM, Campus Valle de Chalco que se encuentra en Valle de Chalco, Estado de México, se llevó acabo una transferencia de conocimiento sobre la experiencia de construcción de la mesa multi-touch con los integrantes del Laboratorio de Aprendizaje Móvil de dicho campus, que posteriormente construirían su propia versión de mesa multi-touch

7.2. Trabajo futuro

En el presente trabajo se identificaron posibles elementos de investigación que no fueron abordados, pero su exploración proporcionarían datos valiosos para el Ambiente de aprendizaje colaborativo basado en mesas multi-touch.

El trabajo futuro identificado es el siguiente:

- Evaluar una actividad completa en varias sesiones, en términos de costo-beneficio, niveles de aceptación y compararse con otras estrategias de aprendizaje.

- Incluir dispositivos móviles y embebidos a las actividades colaborativas del ambiente, de esta manera extender opciones del tipo de actividades que se pueden desarrollar.
- Crear controles y componentes para las interfaces gráficas en superficies multi-touch, para ofrecer más opciones de diseño de actividades.
- Extender la API a JavaFX, ya que cuenta con una implementación de interacción en superficies multi-touch.
- Agregar herramienta para creación de gestos personalizados y diseño de interfaz de actividad.

Estos trabajos futuros ofrecen la posibilidad extender y mejorar el ambiente de aprendizaje, con la finalidad de cubrir y mejorar aspectos que están fuera de este trabajo de tesis.

Bibliografía

Iyad AlAgha, Andrew Hatch, Linxiao Ma, and Liz Burd. Towards a teacher-centric approach for multi-touch surfaces in classrooms. In *ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, ITS '10, pages 187–196, New York, NY, USA, 2010. ACM. ISBN 978-1-4503-0399-6. doi: <http://doi.acm.org/10.1145/1936652.1936688>. URL <http://doi.acm.org/10.1145/1936652.1936688>.

Mohammed Basher, Malcolm Munro, Liz Burd, and Nilufar Baghaei. Collaborative learning skills in multi-touch tables for uml software design. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 4:60–66, 2013.

Rene Cruz Flores. *Framework para actividades educativas colaborativas basadas en dispositivos móviles*. PhD thesis, Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ingeniería, 2010.

Steve Higgins, Emma Mercier, Liz Burd, and Andrew Joyce-Gibbons. Multi-touch tables and collaborative learning. *British Journal of Educational Technology*, 43(6): 1041–1054, 2012. ISSN 1467-8535. doi: 10.1111/j.1467-8535.2011.01259.x. URL <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01259.x>.

Barbara J. Millis. Materials presented at the university of tennessee at chattanooga instructional excellence retreat. May 1996.

Mirko. Imagen obtenida del artículo sobre punteros multi-touch en el sitio <http://www.docxter.de>, Diciembre 2011. URL <http://www.docxter.de/wp-content/uploads/gesturecons.png>.

NUIGroupAuthors. Multi Touch Technologies, 2009. http://nuicode.com/attachments/download/115/Multi-Touch_Technologies_v1.01.pdf.

A.M. Piper and J.D. Hollan. Tabletop displays for small group study: affordances of pa-

- per and digital materials. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pages 1227–1236. ACM, 2009. ISBN 9781605582467. URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1518885>. CHI '09 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Boston, MA, USA, April 04 -09, 2009.
- A.M. Piper, E. O'Brien, M.R. Morris, and T. Winograd. SIDES: a cooperative tabletop computer game for social skills development. In *Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work*, pages 1–10. ACM, 2006. URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1180877>. CSCW '06 Computer Supported Cooperative Work Banff, Alberta, Canada, November 04 - 08, 2006.
- Lori L. Scarlatos, Yuliya Dushkina, and Shalva Landy. Ticle: a tangible interface for collaborative learning environments. In *CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems*, CHI EA '99, pages 260–261, New York, NY, USA, 1999a. ACM. ISBN 1-58113-158-5. doi: <http://doi.acm.org/10.1145/632716.632876>. URL <http://doi.acm.org/10.1145/632716.632876>. CHI '99 Conference on Human Factors in Computing Systems Pittsburgh, PA, USA May 15 - 20, 1999.
- Lori L. Scarlatos, Yuliya Dushkina, and Shalva Landy. Imágenes obtenidas del sitio <http://ms.cc.sunysb.edu/lscarlatos/ticle/>, 1999b.
- S. Schopieray. Exploring collaboration and cooperation in the author = Schopieray S., online classroom. In *Proceedings of the Midwestern Educational Research Association Annual Meeting. Columbus, OH.*, 2003.
- RJW Sluis, I. Weevers, C. van Schijndel, L. Kolos-Mazuryk, S. Fitrianie, and J. Martens. Read-It Five-to-seven-year-old children learn to read in a tabletop environment. In *Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children: building a community*, pages 73–80. ACM, 2004. URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1017843>. IDC'04 Interaction Design and Children BALTIMORE, MD, USA Ñ June 01 - 03, 2004.
- Lucia Terrenghi, David Kirk, Abigail Sellen, and Shahram Izadi. Affordances for manipulation of physical versus digital media on interactive surfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 1157–1166. ACM, 2007. ISBN 9781595935939. URL <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1240799>. CHI '07 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems San Jose, CA, USA Ñ April 30 - May 03, 2007.

Wayne Westerman, John G Elias, and Alan Hedge. Multi-touch: A new tactile 2-d gesture interface for humancomputer Interaction. *In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting*, Vol. 1:632–636, 2001.