

Superficies de Interacción Multitáctil para la Enseñanza de las Matemáticas de Nivel Básico

Fernando Olivera Domingo, Luis Miguel Zapata Alvarado, Samuel Jesús Flores González y Alicia del Rocío Rosales Zapata
Carrera de Tecnologías de la Información y la Comunicación,
Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas, Zacatecas
correo-e: folivera@utzac.edu.mx, lzapata@utzac.edu.mx, sflores@utzac.edu.mx,
arosales@utzac.edu.mx

Resumen — Este trabajo tiene como objetivo presentar una revisión de las tecnologías multitáctiles, centrándose en aquellas de bajo costo que pueden ser desarrolladas con facilidad en universidades y centros de investigación, así como repasar los estudios que se han realizado sobre su uso en el área de la educación. Se muestran también los primeros avances de un proyecto en desarrollo, cuyo objetivo es estudiar cómo se produce el aprendizaje de las matemáticas a nivel de primaria cuando varios alumnos trabajan de forma colaborativa sobre mesas multitáctiles (superficies de interacción multitáctil del tamaño de una mesa). Para ello se está desarrollando una superficie de interacción multitáctil y software específico que tenga en cuenta los procesos de aprendizaje colaborativo, así como el aprendizaje basado en experiencias contextuales.

Abstract — This work aims to present a review of multitouch technologies, focusing on the low cost ones that can be easily developed in universities and research centers, as well as a review of the studies that have been conducted on its use in the area of education. Also shown are the first steps of an ongoing project, which aims to study how learning mathematics occurs at the elementary level when several students work collaboratively on multitouch tables (multitouch interaction surfaces the size of a table). To do this we are developing a multitouch surface interaction and specific software that takes into account the processes of collaborative learning and learning based on contextual experiences.

Palabras clave — *Tecnologías multitáctiles, software educativo, aprendizaje colaborativo y situado.*

I. INTRODUCCIÓN

HOY en día asistimos al comienzo de un cambio en la forma en que las personas interactuamos con las computadoras, un primer paso hacia una computación más natural, una interacción que casi no requiera de instrucciones para su manejo. Actualmente podemos encontrar en el mercado celulares o tabletas con capacidades de interacción multitáctil, es decir, que permiten la

interacción no sólo de forma táctil sino utilizando varios dedos, de modo que al realizar ciertos gestos con los dedos el dispositivo realiza acciones concretas. Estos gestos suelen estar definidos mediante metáforas, imitan acciones que realizamos en la interacción con el mundo real, de modo que nuestro conocimiento del mundo real sea suficiente para poder deducir o aprender con facilidad el funcionamiento de los dispositivos.

Asistimos a una revolución en celulares y tabletas que antes o después habrá de llegar a nuestros escritorios. Desde el desarrollo de las Interfaces Gráficas de Usuario y el inicio del uso de la metáfora de escritorio (tratar al monitor como si se tratara del escritorio físico del usuario) hemos trabajado utilizando monitor, teclado y ratón. Sin embargo estos periféricos nos proporcionan una forma de trabajar muy distinta a la utilizada sobre un escritorio normal con papel real. Esto se hace patente al observar trabajar de forma colaborativa a dos personas sobre un escritorio real y compararlo con las escasas posibilidades de trabajo colaborativo que nos proporciona una computadora de sobremesa convencional. Existe un gran potencial en el uso de las tecnologías multitáctiles para mejorar nuestras computadoras de escritorio, y que mejor idea que nuestro propio escritorio se transforme en nuestra computadora.

Para ello proponemos empezar a trabajar en los aspectos colaborativos que presentan las grandes superficies de interacción multitáctil. La tecnología ya está disponible, existiendo diversos modelos comerciales con muy diversas características, sin embargo los desarrollos comerciales aún resultan muy costosos. Hemos centrado la atención en aquellas tecnologías de bajo costo que

nos permitan diseñar y desarrollar una mesa multitáctil experimental hecha a medida. De este modo se puede ahorrar en costos y al mismo tiempo no estar atado a una tecnología y unas herramientas concretas, ya que en caso de los productos comerciales no se puede modificar el diseño y hardware utilizado, de modo que tenemos que adaptar el uso que se va a dar a la superficie a las características técnicas en vez de establecer unos requisitos técnicos en base a nuestra aplicación. Además en muchos casos quedamos ligados a sus kits de desarrollo de software (SDK), que también hay que adquirir, lo cual no es necesario si tenemos en cuenta que actualmente existe abundante software libre para el desarrollo de aplicaciones multitáctiles que puede ser utilizado sobre una superficie desarrollada desde cero.

Con el diseño y desarrollo de esta superficie multitáctil se pretende no sólo estudiar y avanzar en el desarrollo de las diversas tecnologías involucradas, sino especialmente estudiar las posibilidades de estos dispositivos para el trabajo colaborativo, especialmente en el campo de la educación. Contando con un dispositivo experimental de estas características se puede comenzar a estudiar cómo afectan las actividades colaborativas en las computadoras al desarrollo educativo del alumnado, cómo ha de ser el software a desarrollar y cómo este tipo de tecnologías podrían ser aprovechadas en un futuro en nuestras aulas.

Este documento expone primero un Estado del Arte que permite hacerse a la idea de cuál ha sido el desarrollo de estas tecnologías hasta el momento, poniendo especial atención a las tecnologías de bajo costo. A continuación se presentan los primeros avances en el desarrollo de una superficie de interacción multitáctil, así como de software específico para la enseñanza colaborativa y de las matemáticas.

II. ESTADO DEL ARTE

En el campo de la Interacción Humano-Computadora habitualmente la interacción se realiza con un ratón y un teclado, y recibimos una respuesta visual en un monitor. Aunque gran parte de la población se ha acostumbrado a su uso, se puede probar que, por ejemplo, el uso del ratón

no es para nada intuitivo (sólo es necesario observar a una persona mayor utilizándolo por primera vez para darse cuenta de esto). El objetivo es estudiar otras posibilidades de interacción para desarrollar dispositivos que se manejen de una forma más natural, más intuitiva para el usuario. Como alternativa proponemos las superficies multitáctiles.

Las superficies multitáctiles actúan como monitores que permiten detectar varios puntos de interacción en su superficie simultáneamente, de modo que actúan como un dispositivo de entrada y salida. El usuario puede interactuar simplemente con la única ayuda de sus manos, siendo esta forma una interacción más parecida a la que realizamos por ejemplo en un escritorio tradicional lleno de papeles. Es evidente que nadie podría trabajar en un escritorio del tamaño de una pantalla y sin embargo actualmente eso es lo que hacemos en nuestras computadoras. Por ello las superficies multitáctiles pueden facilitar el desarrollo de grandes superficies de interacción.

La tecnología multitáctil o multicontacto no es en absoluto una tecnología novedosa, existiendo patentes desde los años 70 [1]. Buxton [2] resulta de especial importancia para comprender la evolución de esta tecnología desde su origen hasta los últimos años, en los que ha habido un gran desarrollo, que ahora ya sí ha estado acompañado de la aplicación de estas tecnologías en productos comerciales.

Existen numerosas tecnologías que pueden ser aplicadas para el desarrollo de superficies de interacción multitáctil, presentándose a continuación algunas de ellas. También se muestran algunas

A. Tecnologías Resistivas

Aunque con esta tecnología no se desarrollan pantallas multitáctiles, si es la responsable de la popularización de las pantallas táctiles. Este tipo de pantallas sólo permite un punto de contacto y hoy en día son muy utilizadas en pantallas, celulares y tabletas que presentan capacidades táctiles, pero no multitáctiles. Downs [3] proporciona especificaciones concretas del funcionamiento de esta tecnología. Resultan poco adecuadas para grandes

superficies de interacción por su capacidad táctil limitada.

B. Tecnologías Capacitivas

Son tecnologías que inicialmente fueron desarrolladas para un sólo punto de contacto muy utilizadas en touchpads (superficies táctiles que incorporan actualmente todas las laptops) o touch-tablets (tabletas táctiles usadas comúnmente en diseño), pero que con el desarrollo de la electrónica asociada y un adecuado procesamiento de señales han adquirido capacidades multitáctiles. Esta tecnología ha sido popularizada por nuevas generaciones de celulares y tabletas entre los que destacan como pioneros iPhone y iPad de Apple. En estos dispositivos las pantallas incorporan una capa uniforme de material conductor transparente (Óxido Indio-Estaño) y electrodos en los bordes de la pantalla que crean un campo eléctrico estable en la superficie. Al ser tocada la superficie por un conductor (por un dedo generalmente) se altera el campo eléctrico, de modo que se puede calcular la posición de contacto midiendo la corriente. Son tecnologías con un costo muy alto en las que a medida que se incrementa el número de puntos de contacto (dedos presionando la pantalla) se incrementa la dificultad de su interpretación, lo que imposibilita su aplicación para grandes superficies de interacción.

Las superficies de capacidad proyectada están basadas en una tecnología relacionada con la que encontramos en celulares y tabletas capacitivas. Esta tecnología presenta el mayor costo de todas las presentadas aquí y sin embargo ha permitido avanzar de forma considerable en el desarrollo de grandes superficies de interacción colaborativa. Como ejemplos de esa tecnología destacan dos:

- Diamond Touch [4] está constituida por una serie de antenas integradas aisladas entre sí, detectando los puntos de contacto al tocar la superficie con los dedos, este dispositivo incluye algo que no está presente en ningún otro, que es la posibilidad de identificar a los distintos usuarios que interactúan con la mesa, pues las sillas están conectadas a un receptor, existiendo acoplamientos capacitivos entre el usuario y la mesa y el usuario y

la silla.

- Smartskin [5] utiliza una malla de electrodos que funcionan como receptores y transmisores siendo las señales alteradas al acercarse un dedo. Ambos dispositivos cuentan con la desventaja de que sus superficies de interacción no dejan pasar la luz, de modo que para superponer la superficie de interacción con la de visualización se proyecta la imagen con un cañón por encima de la superficie. Esto da lugar a que cualquier objeto que se interponga entre el proyector (como las manos de usuario) cause una sombra sobre la superficie.

C. Tecnologías Ópticas

Existen diversas tecnologías ópticas, con resultados similares a las capacitivas. Sin embargo estos métodos ópticos han permitido realizar aplicaciones eficientes de bajo costo al alcance de cualquier institución educativa o centro de investigación. Las técnicas tratadas aquí tienen en común el uso de cámaras, proyectores e iluminación infrarroja, de modo que se utiliza un cañón para retroproyectar (proyectar desde abajo de la superficie) una imagen sobre una superficie de proyección, que es a su vez superficie de interacción, para lo cual se ilumina dicha superficie con luz infrarroja (de forma diferente según la técnica) de modo que una cámara pueda captar el reflejo de dicha luz en los dedos que el usuario coloque sobre la superficie. Con el procesamiento adecuado las señales captadas se interpretan como puntos de contacto de forma que al estar superpuestas las superficies de interacción y visualización el usuario percibe que está interactuando directamente con los objetos representados en la pantalla. A continuación se presentan las técnicas más utilizadas.

C.1 Iluminación Difusa (DI)

Esta técnica es conocida con el nombre de Iluminación Difusa (DI en sus siglas en inglés), es una técnica sencilla de implementar, que ha sido utilizada en dispositivos comerciales como Microsoft Surface. Consiste en iluminar con luz infrarroja por debajo de una superficie de acrílico de forma adecuada para conseguir una iluminación infrarroja uniformemente distribuida. Por encima de

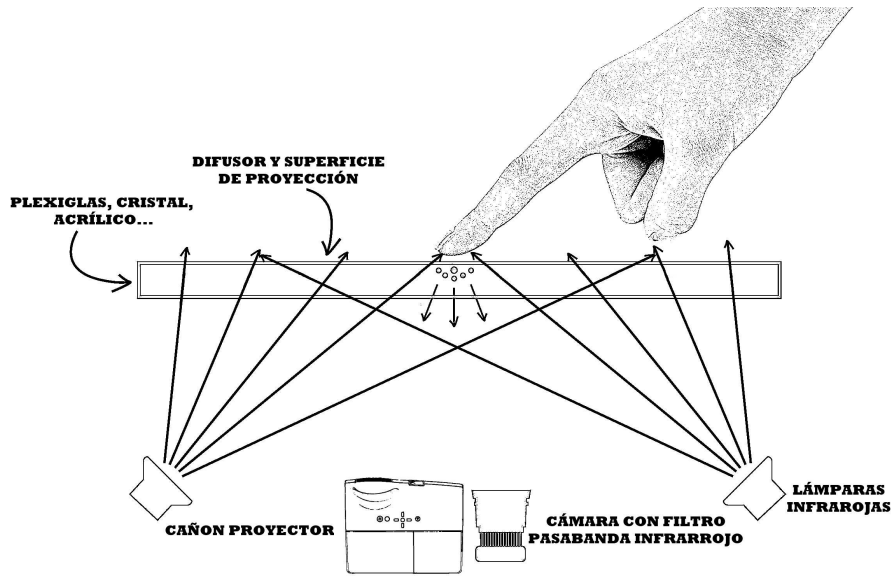


Figura 1. Funcionamiento de DI, esquema basado en [9].

dicha superficie se coloca algún tipo de material difusor (desde papel cebolla a difusores especializados) que servirá también como superficie de proyección, de modo que una cámara con un filtro infrarrojo situada por debajo de la superficie pueda captar la luz que reflejan los objetos por encima de la superficie (ver figura 1). De modo que con el software adecuado se pueden ubicar los puntos de luz, conociendo así los puntos de contacto donde el usuario interactúa con la superficie.

El principal problema de esta técnica es la dificultad de conseguir una iluminación difusa adecuada, además de que la luz ambiental (que tiene su componente infrarroja) puede ocasionar problemas para reconocer donde está interactuando el usuario. Sin embargo tiene la ventaja de que la cámara puede ver ligeramente por encima de la superficie, de modo que la cámara puede captar información adicional, como cuales dedos están sobre la superficie de interacción y si son o no de la misma mano, posibilitando implementar un reconocimiento de gestos más complejos. También puede reconocer marcas fiduciales (marcas con patrones fácilmente reconocibles mediante visión por computadora), lo que posibilita realizar interacciones con objetos físicos que porten estas marcas. En el caso de reacTable [6] se utilizan dichas marcas para interactuar sobre una superficie

que funciona como instrumento musical electrónico.

C.2 Reflexión Interna Total Frustrada (FTIR)

Han [7] fue el primero en aprovechar la Reflexión Interna Total Frustrada (FTIR en sus siglas en inglés) para desarrollar superficies de interacción multitáctil. Esta técnica utiliza un cristal rodeado por un marco de LED infrarrojos que inyectan luz en el acrílico. El principio de reflexión interna total establece que la luz transmitida por el interior de un material es completamente reflejada si el material tiene un índice de refracción superior a los materiales situados en su frontera y el ángulo de incidencia es superior a un cierto ángulo crítico [8]. Este fenómeno se produce en el acrílico con el aire que le rodea, sin embargo otro material situado en la frontera puede frustrar esta reflexión interna, dejando escapar la luz. Esto es lo que ocurre cuando se pone un dedo sobre la superficie del acrílico o cuando se presiona una capa de silicona sobre el mismo (se utiliza esta capa de silicona para poder colocar una superficie de proyección por encima del acrílico, ya que esta última no tiene el índice de refracción adecuado para frustrar la reflexión interna cuando se yuxtapone con el acrílico). De modo que cuando el usuario toca la superficie, la luz es reflejada en el punto de contacto del dedo y una cámara

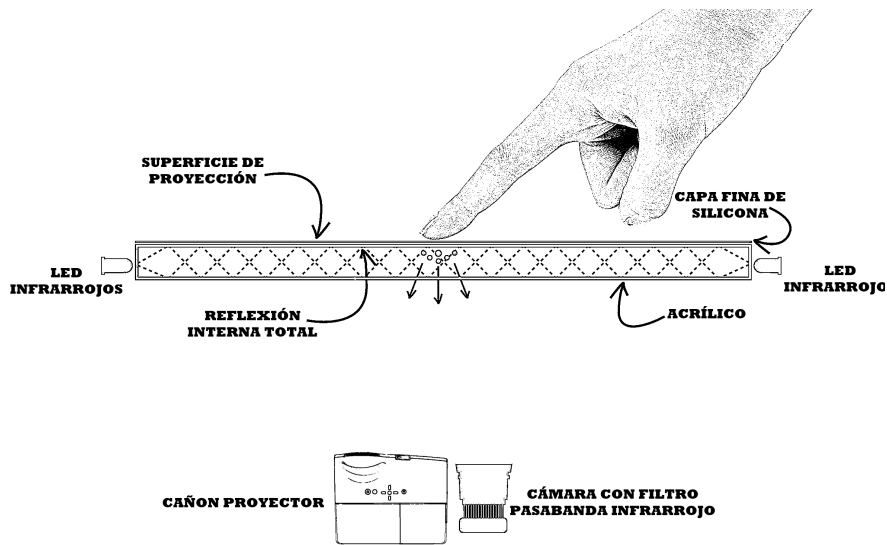


Figura 2. Funcionamiento de FTIR, esquema basado en [9].

sensible al espectro infrarrojo situada en la parte inferior del panel de acrílico puede detectar estas refracciones (ver figura 2).

El montaje de una superficie multitáctil con esta técnica es sencillo y cuenta con bastante tolerancia a las interferencias de la luz ambiental, sin embargo no puede detectar más que puntos sobre los que se ejerce presión, siendo imposible detectar manos u objetos por encima de la superficie.

C.3 Superficie de Iluminación Difusa (DSI)

La técnica de Superficie de Iluminación Difusa (DSI en sus siglas en inglés) fue desarrollada por Tim Roth [9]. Esta técnica hace uso de una disposición muy similar a FTIR pero con la particularidad de utilizar un acrílico especial (Plexiglas Endlighten), usado para reducir el grosor de los carteles de publicidad luminosa al iluminar los anuncios por los laterales. Este acrílico incorpora pequeñas partículas que actúan como espejo reflejando la luz que atraviesa el acrílico hacia el exterior del mismo de forma uniforme. De modo que con una disposición similar a FTIR, rodeando el acrílico con LED infrarrojos, obtenemos una iluminación difusa justo por encima del cristal (ver figura 3).

En este caso se obtiene menos contraste que en la técnica FTIR ya que parte de la luz infrarroja también es dirigida siempre hacia la cámara, pero

conserva las ventajas de la técnica DI, pudiendo detectar objetos (con marcas fiduciales) o manos justo por encima de la superficie de interacción.

C.4 Otras técnicas ópticas

Existen algunas otras técnicas y modificaciones de las anteriores [10]. En las técnicas LLP (Plano de Luz Láser) y LED-LP (Plano de Luz LED), se ilumina con luz infrarroja un plano justo por encima de la superficie de interacción, de modo que al acercar un dedo a la misma ésta sea reflejada hacia la cámara que se encuentra bajo la superficie. Tiene como desventaja que el dedo del usuario es detectado antes de hacer contacto con la superficie, pero son técnicas de montaje muy sencillas. La técnica láser es más precisa, pero no hay que olvidar que la luz del láser en este método es infrarroja y por lo tanto al incidir sobre el ojo humano no ocasiona un parpadeo automático como la luz visible, pudiendo dañar la retina si no se siguen normas de seguridad adecuadas.

Existen variaciones de las técnicas anteriores [11] en las que con el objetivo de reducir la altura de la superficie multitáctil se utilizan monitores LCD en vez de proyectores. Los monitores LCD pueden ser combinados con técnicas ópticas debido a que los filtros polarizadores de los LCD no polarizan la luz en el espectro infrarrojo, de modo que la luz infrarroja puede transmitirse sin

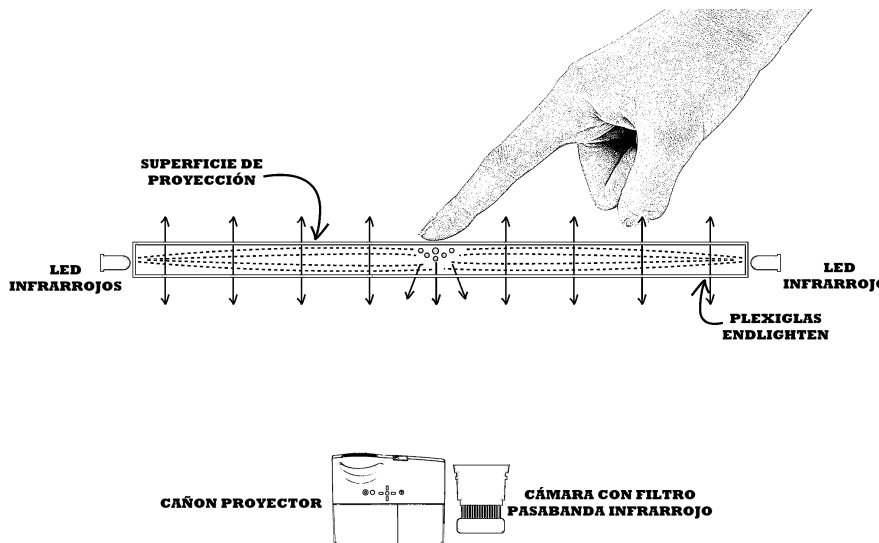


Figura 3. Funcionamiento de DSI, esquema basado en [9].

ser perturbada. Para esto sólo es necesario quitar alguno de los filtros que sí perturban la luz infrarroja y que incorporan los fabricantes para mejorar la calidad de la imagen. El montaje con estas técnicas resulta más complicado pues es necesario desmontar un monitor LCD.

D. Uso de las tecnologías multitáctiles para el aprendizaje colaborativo

El Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora es un enfoque pedagógico en el que el aprendizaje se produce por interacción social a través de las nuevas tecnologías: computadoras, Internet.... Esta disciplina está basada en varias teorías como son el Conflicto Socio-Cognitivo [12] y la Zona Próxima de Desarrollo [13]. Existen estudios que sugieren que el uso de tecnologías multitáctiles facilita la interacción colaborativa en el aula [14] y ya se han desarrollado aplicaciones que tratan de estudiar el aprendizaje colaborativo en superficies multitáctiles mediante juegos [15] o para el aprendizaje de las matemáticas [16].

Sin embargo pensamos que este es un campo reciente de investigación con muchas posibilidades, por lo cual hemos iniciado un proyecto que nos llevará a estudiar este área, algo totalmente novedoso en el Estado de Zacatecas. Nuestro enfoque se basa en el aprendizaje basado en experiencias

contextuales ya que una parte fundamental de la resolución de un problema lo constituye el contexto en el cual se realiza éste [17]. Pues el mismo problema podría tener distintas soluciones o interpretaciones dependiendo del entorno en el cual se haya presentado. La tecnología de desarrollo de software para dispositivos multitáctiles ofrece una gran versatilidad en cuanto a la generación de diferentes ambientes de interacción en contextos en el cual se aprende relacionando los conceptos que se desean enseñar en una atmósfera creada a propósito. A continuación presentamos nuestros avances.

III. DESARROLLO

A continuación se presenta un breve resumen del desarrollo del proyecto hasta el momento. Por el momento nos encontramos en una fase inicial y aquí se presentan los primeros avances.

A. Desarrollo de la mesa multitáctil

Aun cuando ya hemos abordado la descripción de varias tecnologías para la realización de estos dispositivos, hemos comenzado a probar con la construcción de un prototipo mucho más sencillo y de reducido costo, que aunque no cuenta con todas las funciones inicialmente planteadas, nos permite empezar a estudiar las tecnologías multitáctiles. De modo que nuestro prototipo inicial

carece de proyector, siendo por el momento la interacción multitáctil en el prototipo y la visualización en una pantalla de computadora. De modo que por el momento podemos decidir que hemos desarrollado un touchpad multitáctil. Se ha implementado un prototipo con un acrílico (ver figura 4) cuyas dimensiones son 30 por 15 cm y se ha decidido investigar dos de las tecnologías ópticas de bajo costo: DI y FTIR. Por una parte se han colocado 20 LED infrarrojos con una distancia de 3 cm de separación de uno a otro en los dos lados de 30 cm de la pantalla. Este acrílico con su marco se ha colocado encima de una caja de madera hecha a medida que contiene una cámara web en el fondo para captar la luz infrarroja que se refleje al interactuar con la superficie. La altura a la que se debe de colocar la superficie con respecto a la cámara tiene mucha importancia, ya que con ésta se debe ajustar de tal manera que haya visibilidad en toda la superficie. Por lo que las medidas de la caja vienen determinadas por la altura necesaria para que la cámara web utilizada captara toda la superficie. Con este desarrollo, que corresponde a la técnica de FTIR, se obtuvieron buenos resultados. Se omitió la capa de silicona y la superficie de proyección pues sólo se pretendían detectar puntos de contacto.

Por otro lado también se investigó la tecnología DI colocando los LED infrarrojos por debajo del acrílico y encima del acrílico un difusor, en concreto papel cebolla. Se comprobó que era bastante difícil obtener una iluminación difusa uniforme, teniendo que variar la posición de la iluminación infrarroja mediante prueba y error y presentándose aun así zonas de la pantalla en las que el reconocimiento de los puntos de contacto no era tan bueno.

Una vez que se contaba con el prototipo era necesario un software que interpretará las imágenes captadas por la cámara como puntos de contacto y los transmitiera a un software que fuera capaz de interpretar estos puntos de contacto como gestos multitáctiles, permitiendo desarrollar aplicaciones de software que pudieran aprovechar las capacidades multitáctiles del prototipo. Se ha utilizado el software CCV (Community Core Vision) del NUI Group [10] para analizar las imágenes infrarrojas recibidas por la cámara, así como para

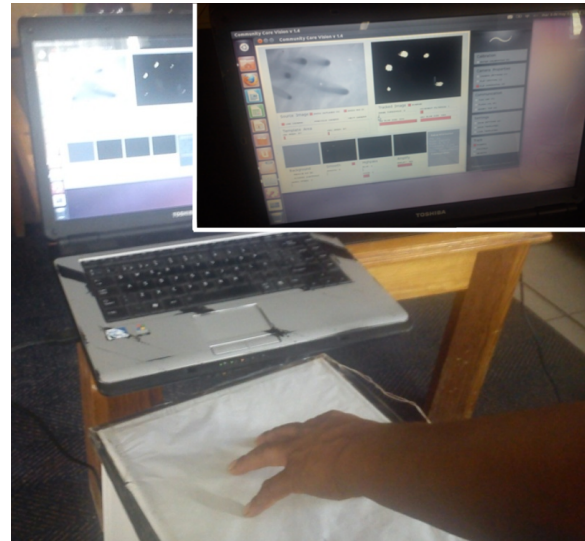


Figura 4. Prototipo desarrollado y su calibración con CCV.

configurar el tratamiento de imágenes que permitiera captar adecuadamente los puntos de contacto (ver figura 4). Este mismo software transforma la información captada en datos codificados según el protocolo TUIO, que se verá a continuación.

B. Desarrollo de Aplicaciones (Software)

Con el objetivo de comprobar el funcionamiento del prototipo de touchpad multitáctil se han desarrollado algunas aplicaciones sencillas de muestra. El software CCV envía datos sobre los puntos de contacto en la superficie multitáctil mediante el protocolo TUIO [18], que es un protocolo común habitual para trabajar con superficies multitáctiles y tangibles. Siendo TUIO un protocolo de código abierto que incluye eventos multitáctiles y del estado de objetos tangibles, que son enviados por un puerto concreto (que puede ser definido) en el momento en que se producen dichos eventos sobre la superficie de interacción.

De este modo es necesario utilizar un framework libre compatible con TUIO para poder desarrollar y utilizar de forma sencilla aplicaciones sobre uno de los sistemas operativos habituales en PC (sin capacidad multitáctiles o con capacidades multitáctiles limitadas). De los diversos frameworks libres para desarrollar aplicaciones multitáctiles, se decidió utilizar MT4J, framework libre basado en Java, por estar los implicados en el proyecto

más habituados a la programación en Java antes que en otros lenguajes soportados por otros frameworks.

MT4J es un framework con una buena comunidad de desarrollo y lo suficientemente documentado en él que se utilizan un conjunto de librerías y funciones para la creación de software y aplicaciones multitáctiles, donde el proyecto de software puede importar componentes de interfaz de usuario creados previamente y puede ser organizado y desarrollado. Es compatible con el Protocolo TUIO, y este Framework está licenciado por la GPL [19]. Se ha utilizado el entorno de desarrollo Eclipse por ser también el entorno de desarrollo en Java que habitualmente utilizan los autores. Java por su parte es un muy conocido lenguaje de programación orientado a objetos que nos permite crear programas que funcionan en cualquier tipo de computadora y sistema operativo, tiene una sintaxis muy rápida de entender, ya que es parecido a otros lenguajes de programación más antiguos.



Figura 5. Aplicación muestra de operaciones básicas con características multitáctiles.

Entre las aplicaciones que se desarrollaron con el framework MT4J para probar el dispositivo multitáctil se encuentra una que nos permite validar el resultado de algunas operaciones aritméticas básicas (ver figura 5), en la cual el usuario tocando la pantalla puede seleccionar el resultado que él crea que es la solución correcta del problema planteado. Otra aplicación que se relaciona con la recolección de manzanas, las cuales hay que bajar de un conjunto de arboles y colocar posteriormente en una serie de cajas donde se están recolectando (y que tienen un límite de capacidad); todas

estas acciones se llevan a cabo con seleccionar, arrastrar y soltar, que son gestos programables con las librerías del entorno de desarrollo, siendo posible que varias personas interactúen al mismo tiempo moviendo distintas manzanas o grupos de manzanas de los árboles a las cajas. Y otra que permite la creación de figuras y realizar distintas acciones con ellas (arrastrarlas, rotarlas, hacerlas más grandes o más pequeñas, etc.). Estas pequeñas aplicaciones aunque creemos tienen el enfoque adecuado, que hemos visto que es difícil de conseguir, están aún lejos de las aplicaciones con las que queremos estudiar el aprendizaje colaborativo con enfoque basado en experiencias contextuales. Pero han sido el camino para poder ir aprendiendo sobre el funcionamiento de los dispositivos multitáctiles y la programación de aplicaciones específicas para dichos dispositivos.

IV. RESULTADOS

Se han realizado distintas pruebas básicas con el prototipo de superficie de interacción desarrollado que han permitido clarificar el funcionamiento de las técnicas ópticas que permiten desarrollar superficies multitáctiles de bajo coste. Con el conocimiento adquirido en este proceso ya estamos listos para realizar un diseño final de una mesa multitáctil, en la que al contrario que en nuestro prototipo inicial coincidan la salida y la entrada.

Por otro lado se ha adquirido un mayor conocimiento sobre el desarrollo de software con capacidades multitáctiles utilizando el framework MT4j, estudiando la utilización de los distintos métodos para dotar a los objetos de capacidades multitáctiles. Se han desarrollado algunas aplicaciones que pretenden servir como demostradores de las posibilidades de la tecnología multitáctil en la educación, tratando de poner en práctica el aprendizaje colaborativo y basado en experiencias contextuales. Se ha constatado que no es sencillo diseñar actividades con estas características porque es necesario un cambio de mentalidad para pasar de un diseño de aplicaciones clásicas de un solo usuario a otro de aplicaciones colaborativas de varios usuarios. Es una barrera que es necesario traspasar, esto en razón de que el contexto en el que se plantea un problema y su solución sean bien abordados en el desarrollo de

la aplicación, la cual debe contener funciones multitáctiles para su operación.

V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado un Estado del Arte sobre las tecnologías multitáctiles, así como señalado algunas investigaciones que se han realizado sobre el uso de estas tecnologías en el área educativa. Se han mostrado los primeros avances del proyecto que se está llevando a cabo en la Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas para el estudio del aprendizaje de las matemáticas de nivel básico sobre superficies de interacción multitáctiles colaborativas. Estos avances incluyen el desarrollo de un prototipo muy básico de superficie de interacción multitáctil sobre el que se han estudiado dos tecnologías para crear superficies multitáctiles de bajo costo: Iluminación Difusa (DI) y Reflexión Interna Total Frustrada (FTIR). Estos estudios en profundidad han permitido realizar un diseño completo de superficie multitáctil que pueda ser desarrollada en la propia Universidad y que funcionará según los principios de FTIR o de Superficie de Iluminación Difusa (DSI), pues la configuración en ambos casos es muy similar y se desea probar también esta última tecnología. Este prototipo final contará con una superficie de dimensiones 90x90 cm alrededor de la cual se podrán sentar hasta cuatro alumnos. Una vez finalizado se podrá empezar a estudiar de qué manera puede darse el aprendizaje colaborativo alrededor de una superficie de este tipo.

En cuanto al desarrollo de aplicaciones para dispositivos multitáctiles estamos aún en una etapa incipiente en la cual hemos avanzado más lento de lo que nos propusimos en el principio, hay poca experiencia en el desarrollo de este tipo de aplicaciones en la región, pero esperamos poder seguir avanzando en éste área. Creemos que las superficies de interacción multitáctil y las nuevas formas de interacción que conllevan, son un campo de investigación en el que aún queda mucho por explorar.

RECONOCIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a los siguientes alumnos de la Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas su colaboración en el proyecto:

Juan Leonardo Ruíz Ortega, Jorge Cuatle Marín y Juan Crisóstomo Solís Morales.

REFERENCIAS

- [1] Johnson, R.G. y Fryberger, D. Touch Actuable Data Input Panel Assembly. US Patent 3673327, (1972).
- [2] Buxton, B., (2007), consultado el 24 de septiembre de 2012, <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>
- [3] Downs, R. "Using resistive touch screens for human/machine interface". Analog Application Journal, Texas Instruments Incorporated (2005).
- [4] Dietz, P. y Leigh, D. "DiamondTouch: a multi-user touch technology", Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology, ACM, p. 226 (2001).
- [5] Rekimoto, J. "SmartSkin: an infrastructure for freehand manipulation on interactive surfaces", Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Changing our world, changing ourselves, ACM, pp. 113-120 (2002).
- [6] Bencina, R. y Kaltensbrunner, M. "The design and evolution of fiducials for the Reactivision system", Proceedings of the 3rd International Conference on Generative Systems in the Electronic Arts, (2005).
- [7] Han, J. "Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection". Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, ACM, p. 118. (2005).
- [8] Hecht, E. "Óptica". Pearson-Addison Wesley, 3a. Edición, Madrid, España (2006).
- [9] Schöning, J., Brandl, P., Daiber, F., Ehtler, F., Hilliges, O., Hook, J., Löchtefeld, M., Motamedi, N., Muller, L., Olivier, P., Roth, T. y Von Zadow, U. "Multi-Touch Surfaces: A Technical Guide". IEEE Tabletops and Interactive Surfaces. Alemania (2008).
- [10] Teiche, A., Rai, A.K., Yanc, C., Moore, C., Solms, D., Cetin, G., Riggio, J., Ramseyer, N., D' Intino, P., Muller, L. y otros. (2009). Multi-touch technologies. NUI group. Consultado el 20 de mayo de 2012 en <http://nuigroup.com/log/nuigroup.book.1>
- [11] Motamedi, N. "Hd touch: multi-touch and object sensing on a high definition lcd tv". Proceedings of CHI'08 extended abstracts on Human factors in computing systems, ACM, p. 3069-3074 (2008).
- [12] Piaget, J. "El nacimiento de la inteligencia del niño". Ediciones Aguilar, Madrid, España (1976).
- [13] Vygotsky, L.S. "El desarrollo de los procesos psicológicos superiores", Ed. Crítica, Barcelona, España (1979).
- [14] Harris, A., Rick, J., Bonnett, V., Yuill, N., Fleck, R., Marshall, P. y Rogers, Y. "Around the table: Are multiple-touch surfaces better than single-touch for children's collaborative interactions?" Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning, International Society of the Learning Science, p. 335-344 (2009).
- [15] Antle, A.N., Bevans, A., Tanenbaum, J., Seaborn, K. y Wang, S. "Futura: design for collaborative learning and game play on a multi-touch digital tabletop", Proceedings of the 5th international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction, ACM, p.93-100 (2011).
- [16] Tyng, K., Zaman, H. y Ahmad, A. "Visual application in multi-touch tabletop for mathematics learning: a preliminary study". Journal of Visual Informatics: Sustaining Research and Innovations, Springer, p. 319-32 (2011).
- [17] Reigeluth, Ch. "Diseño De la Instrucción Teorías y modelos". Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción Parte I. Compilación con fines Instruccionales. Mc Graw Hill Aula XXI Santillana, Madrid, España (2000).
- [18] Kaltensbrunner, M. TUIO, consultado el 02 de octubre de 2012, <http://www.tuio.org/>
- [19] MT4J, consultado el 12 de septiembre de 2012, http://mt4j.org/mediawiki/index.php/Main_Page