PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE

ESCUELA DE INGENIERIA

ESTUDIO COMPARATIVO DE USABILIDAD DE UNA APLICACIÓN CSCL EN DIFERENTES PLATAFORMAS DE HARDWARE

JUAN FELIPE CALDERÓN

Tesis presentada para completar las exigencias del grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería.

Profesor supervisor:

MIGUEL NUSSBAUM

Santiago de Chile, Enero 2010

© 2010, Juan Felipe Calderón

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

ESTUDIO COMPARATIVO DE USABILIDAD DE UNA APLICACIÓN CSCL EN DIFERENTES PLATAFORMAS DE HARDWARE

JUAN FELIPE CALDERÓN

Miembros de la comisión:

MIGUEL NUSSBAUM

HUGO ANDRES NEYEM

SERGIO OCHOA

PABLO IRARRÁZAVAL

Tesis presentada para completar las exigencias del grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería.

Santiago de Chile, Enero, 2010

A mis padres y mi esposa Lorena.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que me ayudaron a realizar este trabajo. Primero quiero agradecer a Alejandro Echeverría, por sus aportes con su trabajo previo en actividades colaborativas utilizando teléfonos móviles y sus correcciones a este trabajo, y a Andrea Vásquez por su colaboración en el desarrollo de parte del software utilizado junto su prueba correspondiente en la sala de clases. También agradezco a todo el equipo que me colaboró durante el segundo semestre de 2009 en las observaciones en la sala de clases y análisis de los datos: Claudio Bravo, Tomás Arriagada, Luis Cruz y Pablo Lluch. También agradezco a mi profesor supervisor, Miguel Nussbaum, que con su visión de una educación diferente apoyada con tecnología ha desarrollado una exitosa línea de investigación, dentro de la cual se enmarca mi tesis y del cual recibí su apoyo paciente y dedicado.

Agradezco a Eduinnova por todo el apoyo en el soporte técnico y entrega de dispositivos para las pruebas en el colegio. Agradezco también al Colegio San Luis Beltrán y todo el equipo con el que tomé contacto y me apoyó en el trabajo experimental dentro de la sala de clases. Por supuesto agradezco a los estudiantes que participaron de la experiencia, ya que sin ellos este trabajo no hubiese sido posible.

Finalmente agradezco a mis padres, esposa y amigos, que me han acompañado durante mi vida. Sin su apoyo y empuje no hubiese desarrollado mi carrera de ingeniero, y menos este trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

Dedicatoria ii

Agradecimientos iii

Lista de tablas vi

Lista de figuras vii

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

1. INTRODUCCION 1
   - 1.1 Motivación 1
     - 1.1.1 Plataformas móviles como soporte de actividades pedagógicas. 1
     - 1.1.2 Plataformas móviles como soporte de Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) 4
     - 1.1.3 Single-display groupware como alternativa de menor costo para el desarrollo de trabajo colaborativo 6
   - 1.2 Hipótesis 7
   - 1.3 Objetivos 7
   - 1.4 Metodología 8
   - 1.5 Resultados 11
   - 1.6 Análisis de usabilidad y trabajo colaborativo en teléfonos móviles Smartphone 12
     - 1.6.1 Descripción de los teléfonos utilizados 12
     - 1.6.2 Arquitectura del sistema 13
     - 1.6.3 Diseño del despliegue de la actividad 18
     - 1.6.4 Resultados obtenidos 21
     - 1.6.5 Análisis de los datos y discusión 22
   - 1.7 Trabajo futuro 24
   - 1.8 Conclusiones 24

2. ESTUDIO COMPARATIVO DE USABILIDAD DE UNA APLICACIÓN CSCL EN DIFERENTES PLATAFORMAS DE HARDWARE 27
2.1 Introducción 27
2.2 Diseño experimental..... 30
2.2.1 Actividad a realizar 30
2.2.2 Caracterización de las plataformas 32
2.2.3 Caracterización de la muestra 34
2.2.4 Diseño de la muestra 34
2.2.5 Información recolectada 35
2.3 Resultados 37
2.3.1 Metodología de análisis estadístico 37
2.3.2 Análisis de los resultados de usabilidad objetivos 38
2.3.3 Análisis de los resultados de trabajo colaborativo 38
2.4 Discusión..... 42
2.5 Conclusiones 43

Bibliografía 45

APENDICES..... 47

Apendice A: Paper en inglés 48

Apendice B: Carta de aceptación del paper 65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1: Descripción componenentes de la nueva capa de soporte (support – layer) ..16
Tabla 1-2: Descripción componentes capa de actividad para Exchange. 16
Tabla 1-3: Características implementaciones actual y previa. 17
Tabla 1-4: Detalles de los cambios a nivel de módulos y capas entre AF y la nueva arquitectura.....18
Tabla 1-5: Formas de uso en las distintas plataformas para el trabajo con Exchange. 20
Tabla 1-6: Resultados de usabilidad objetivos en teléfonos. 21
Tabla 1-7: Tabla de resultados observacionales de trabajo colaborativo para los teléfonos. 22
Tabla 2-1: Secuencia seguida por cada macrogrupo. 35
Tabla 2-2: Atributos de trabajo colaborativo presentes en aplicaciones de trabajo colaborativo presencial.....36
Tabla 2-3: Resultados de la actividad.. 38
Tabla 2-4: Resultados de trabajo colaborativo. 39
Tabla 2-5: Revisión de los coeficientes y valores-p para la variable "plataforma utilizada en la observación". 41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Plataformas de hardware utilizadas con fines educativos. 3
Figura 1-2: Vista frontal del teléfono Imate SP5 13
Figura 1-3: Diagrama de componentes de la arquitectura de Activity Framework (AF) (Echeverría et. al, 2009). 14
Figura 1-4: Screenshot de una pantalla donde el estudiante tiene la posibilidad de recibir las respuestas que le enviaron sus compañeros de equipo. 20
Figura 2-1: Esquema de la resolución de una tarea con Exchange. 31
Figura 2-2: Uso de Exchange en SDG 32

RESUMEN

La correcta utilización de tecnología en la sala de clases ha probado ser un aporte a las prácticas pedagógicas existentes, y en particular al trabajo colaborativo. Con este fin, se han ocupado una gran variedad de plataformas (netbooks, PDAs, teléfonos móviles, computadores de escritorio), pero no se ha analizado en profundidad qué diferencias existen entre estas a nivel de su usabilidad y de su capacidad de generar colaboración. El presente trabajo busca aportar en esta dirección, realizando un estudio comparativo del uso de una misma actividad colaborativa cara a cara en cuatro plataformas distintas: teléfonos móviles, netbooks, tablets y computadores de escritorio con Multiple Mice.

Los resultados obtenidos indican que a nivel de usabilidad los teléfonos presentaron una menor efectividad y eficiencia que el resto de las plataformas. En tanto, a nivel de colaboración hubo diferencias significativas en los siguientes aspectos: netbooks y Multiple Mice favorecieron el foco y la motivación en la actividad; tablets y Multiple Mice fomentaron mayormente la discusión persona grupo; netbooks tradicionales, tablets y teléfonos fomentaron mayormente la discusión persona a persona. Lo encontrado muestra que cada plataforma presenta ventajas y desventajas respecto a distintos aspectos del trabajo colaborativo, las cuales no sólo están asociadas a las características propias de los dispositivos, sino también a las experiencias previas de los alumnos utilizándolos. Estas diferencias deben ser consideradas al momento de definir qué plataforma se utilizará para desarrollar una actividad colaborativa específica, de manera de poder elegir la que se adecúe de mejor forma a los objetivos buscados por dicha actividad.

Este trabajo fue parcialmente financiado por FONDECYT-CONICYT 1080100 e Intel.

Palabras clave: 1:1, colaboración, face-to-face Computer Supported Collaborative Learning, netbooks, tablets, Multiple Mice, estudio comparativo.

ABSTRACT

The correct use of technology in the classroom has proved a contribution to current pedagogical practices, such as collaborative work. With this purpose, several hardware platforms have been used (netbooks, PDAs, mobile phones, desktop computers), but usability and collaboration-capabilities differences between platforms have not been analyzed. This work contributes in this direction, carrying out a comparative study of a face-to-face collaborative activity in four distinct platforms: mobile phones, netbooks, tablets and Multiple Mouse desktop computer.

The obtained results show, in usability aspects, that mobile phones present lowest effectiveness and efficiency than other platforms. In collaboration aspects, there are significant differences in: netbooks and Multiple Mice favoring activity focus and motivation; tablets and Multiple Mice promoting person-group discussion; traditional netbooks, tablets and phones, promoting person-to-person discussion. The obtained result show that each platform presents advantages and disadvantages respect several collaborative work aspects, which are not associated to platforms characteristics, but as to the students previous experience with the corresponding platform. These differences must be considered when choosing a platform for a specific collaborative activity.

This work was partially funded by FONDECYT-CONICYT grant No. 1080100 and Intel.

Keywords: 1:1, collaboration, face-to-face Computer Supported Collaborative Learning, netbooks, tablets, Multiple Mice, comparative study.

1. INTRODUCCION

1.1 Motivación

Las tecnologías de información y comunicación (TICs) han impactado fuertemente en el trabajo escolar de aula y sus prácticas. En el último tiempo, nuevas plataformas de hardware han aportado en esta tarea, que se suman al uso de los computadores personales tradicionales de escritorio, aportando nuevas formas de interacción con ellas, y mayores capacidades de procesamiento, movilidad e interconexión. Estas características podrían afectar de forma positiva o negativa el desarrollo de las actividades pedagógicas al interior de la sala de clases. Si bien se ha evaluado su uso como aporte al aprendizaje de los estudiantes, es de interés revisar las diferencias existentes entre las distintas plataformas en su aporte al desarrollo de distintas actividades pedagógicas, para así seleccionar la más adecuada para un contexto determinado. Otro factor importante es el costo económico que conlleva el uso de una determinada tecnología. El adecuado análisis de los factores anteriores es uno de los elementos determinantes cuando el uso de TICs en la enseñanza se ha convertido en política pública y se pretende lograr el máximo impacto en el desarrollo de aprendizajes de los estudiantes.

1.1.1 Plataformas móviles como soporte de actividades pedagógicas.

Una de las características de las nuevas plataformas de hardware que ha aportado al desarrollo de nuevas prácticas en el aula es su capacidad de movilidad. Tal característica, elemento distintivo de las PDAs, teléfonos móviles y laptops, permite que los estudiantes puedan trabajar con los dispositivos dentro de la misma sala de clase (Cortez et al. 2005; Chan et al. 2006).

Una de las plataformas móviles que mayor expansión ha tenido durante la segunda mitad de la década es de laptops de pequeño tamaño, también denominados netbooks. Diversas iniciativas se han implementado a nivel mundial, con fuerte presencia en los medios de comunicación, donde se usa este tipo de dispositivos. Tal es el caso de los proyectos One Laptop Per Child y Classmate (de Intel) donde utilizan netbooks de bajo costo en ambientes educativos. Últimamente también se han agregado nuevas capacidades a estos dispositivos, como el contar con una pantalla sensible al tacto (Touchscreen), donde los usuarios pueden interactuar con un lápiz o Stylus, sin necesidad de teclado.

En la Figura 1-1 se pueden revisar algunas de las plataformas anteriormente mencionadas que son utilizadas como soporte de actividades pedagógicas. Las filas representan la portabilidad, donde los dispositivos pueden ser ultra portables o bien netbooks. Las columnas representan la forma de interacción básica que tiene el usuario con las respectivas plataformas: teclado o bien Touchscreen más Stylus. Los dispositivos mostrados son teléfonos móviles y PDAs (primera fila) y Clasmate y Convertible Classmate (segunda fila). Estos últimos corresponden a plataformas diseñadas por Intel con fines educacionales.

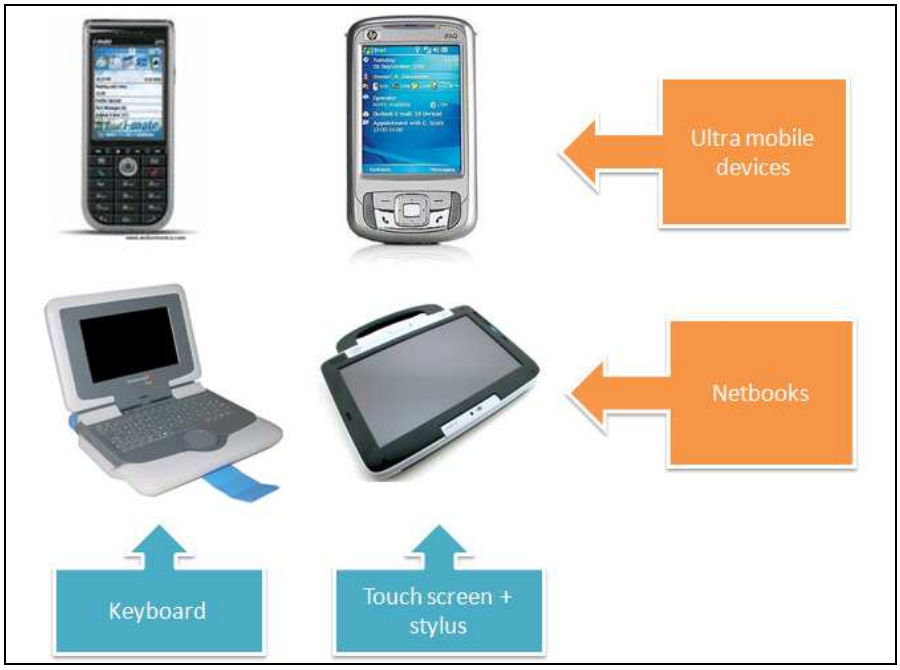

Figura 1-1: Plataformas de hardware utilizadas con fines educativos.

Otra característica distintiva de las plataformas móviles y portables es su capacidad de interconexión inalámbrica. En particular, su capacidad de conexión WiFi ha permitido la conexión de los distintos dispositivos a internet de forma independiente, accediendo a múltiples contenidos disponibles en web, además de otros servicios (e-mail, chat, etc.) dentro del contexto de una clase tradicional. Sin embargo, el contar con la posibilidad de conexión inalámbrica dentro de la sala de clases permite que los estudiantes estén interconectados, para el desarrollo de otro tipo de actividades, donde los estudiantes deban trabajar en equipo de forma colaborativa (Zurita & Nussbaum, 2004a).

1.1.2 Plataformas móviles como soporte de Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)

El trabajo colaborativo en la sala de clases se sustenta en el modelo pedagógico de Trabajo Colaborativo (Collaborative Learning, CL) (Dillenbourg, 1999) donde se promueve la interacción grupal en pos del logro de una meta de aprendizaje. Con él se buscan favorecer habilidades necesarias para desenvolverse en la sociedad actual y que deben trabajarse a lo largo de la vida escolar de los estudiantes (Zurita & Nussbaum, 2004a), tales como:

- Trabajar en equipo para resolver problemas.
- Comunicar conocimiento a los demás.
- Compartir distintos putos de vista, para llegar a la mejor solución.

Para que el trabajo colaborativo sea efectivo, deben cumplirse una serie de factores (Zurita & Nussbaum, 2004a-b), los que se describen a continuación:

- Responsabilidad individual: cada individuo debe ser responsable de su propio trabajo y esfuerzo por aprender.

- Soporte mutuo: cada individuo debe colaborar en el aprendizaje de los otros membros del grupo.

- Interdependencia positiva: la colaboración es exitosa cuando cada miembro del grupo ha interactuado con los otros y ha logrado sus propias metas dentro del actividad, haciéndose responsable de su propio aprendizaje y el de los demás miembros.

- Interacción cara a cara: el proceso de discusión debe incluir discusiones entre todos los colaboradores. La productividad es influenciada por la capacidad del grupo de realizar eficientemente intercambio de opiniones, negociación y la generación de una respuesta conjunta.

- Formación de pequeños grupos: la comunicación, discusión y logro de consensos sólo puede ser realizada en pequeños grupos, donde cada individuo se encuentra físicamente cerca de los otros miembros del grupo.

El trabajo colaborativo puede estar apoyado por tecnología, denominándose en este caso Aprendizaje Colaborativo mediado por Computadores o CSCL (Computer Supported Collaborative Learning). El aporte de la tecnología es relevante para el desarrollo de la actividad, pues ésta regula la interacción entre los participantes de la misma. En ese sentido, el aporte puede ir en dos áreas, como lo son fortalecimiento del trabajo grupal y administración del flujo de la actividad (Zurita & Nussbaum, 2004a), donde con un adecuado diseño de la actividad se puede lograr un trabajo colaborativo efectivo.

Un aspecto que puede llevar a problemas para el logro de efectividad en el trabajo colaborativo, es la elección inadecuada plataformas para el desarrollo de la actividad, y que ésta no aporte en todos los factores clave de la colaboración. Un ejemplo de esto es lo que ocurre con los computadores de escritorio tradicionales (plataforma donde inicialmente se comenzaron a implementar actividades CSCL), donde la interacción cara a cara no es evidente sin un adecuado diseño de la actividad (Zurita & Nussbaum, 2004a). Por otro lado, las plataformas móviles han permitido el desarrollo de aplicaciones Mobile Computer-Supported Collaborative Learning (MCSCL) (Zurita & Nussbaum, 2004b), donde se aprovechan las características de los distintos dispositivos para el trabajo colaborativo, supliéndose

las deficiencias observadas en plataformas tradicionales. Los beneficios de MCSCL (Nussbaum et al 2010), se pueden resumir en los siguientes:

- Portabilidad de los dispositivos utilizados por los estudiantes: cada estudiante dispone de su propio dispositivo, y lo puede transportar libremente durante el desarrollo de la actividad.

- Interacción cara a cara entre integrantes del grupo: el formato de las plataformas móviles permite que los participantes de la actividad interactúen entre sí mediante diálogos cara a cara, tanto persona a persona (sólo entre 2 integrantes del grupo) como entre una persona y el resto del grupo (Alvarez et al. 2009).

- Facilidad en la organización de los materiales a utilizar: la tecnología hace transparente la organización de las tareas administrativas de soporte a la actividad, como puede ser la formación de grupos y el monitoreo en tiempo real de la misma.

1.1.3 Single-display groupware como alternativa de menor costo para el desarrollo de trabajo colaborativo

Si bien MCSCL ha demostrado ser un modelo para el desarrollo de trabajo colaborativo efectivo, los costos en su implementación pueden ser altos, dado que cada estudiante necesita contar con su propio dispositivo móvil. Una alternativa es no usar plataformas móviles inalámbricas, y aprovechar tecnología ya incorporada en los ambientes educativos.

Una opción es utilizar el modelo Single-Display Groupware (SDG) (Infante et al. 2009), que consiste en que varios estudiantes interactúan juntos frente a una sola pantalla. Ante esa pantalla, que puede ser un monitor de computador o una proyección, los usuarios poseen un dispositivo de entrada (como puede ser un mouse o un clicker), permitiendo que cada uno de ellos interactúe con el sistema, compartiendo visualmente los objetos que componen la actividad.

Sobre su uso con fines educativos en ambientes contextos escolares, se ha mostrado que este modelo puede resultar atractivo para los estudiantes en su proceso de aprendizaje, ya que se muestran menos aburridos y están más enfocados en la actividad, que con herramientas tradicionales (Scott et al, 2003). Un análisis más fino, desde el punto de vista del trabajo colaborativo efectivo se puede realizar buscando la aparición de sus factores clave. Se ha observado para esta modalidad la ocurrencia de responsabilidad individual, soporte mutuo y interdependencia positiva dentro del desarrollo de una actividad de tipo SDG (Infante et al. 2009).

1.2 Hipótesis

La hipótesis de este trabajo es que las distintas plataformas de hardware favorecen de forma distinta las componentes básicas del trabajo colaborativo, y por lo tanto existen algunas que aportan significativamente más que otras para el desarrollo de aplicaciones y actividades colaborativas.

1.3 Objetivos

El objetivo general de esta tesis consiste en diseñar y realizar un estudio comparativo de varias plataformas de hardware en distintas aplicaciones de trabajo

colaborativo en la sala de clases, en aspectos de usabilidad del sistema y trabajo colaborativo en sí.
Los objetivos específicos corresponden a:

- Crear o adaptar pautas para el análisis del trabajo colaborativo en la sala de clases. Analizar con la pautas de observación las distintas sesiones de trabajo con las respectivas aplicaciones y plataformas.

- Portar una aplicación de trabajo colaborativo a teléfonos móviles Smartphones, para ser considerada dentro del estudio.

- Analizar el aporte de cada una de las plataformas a las respectivas aplicaciones colaborativas, con el fin de determinar cuál o cuáles de ellas de ellas aportan significativamente más al desarrollo del trabajo colaborativo y en qué aspectos del mismo.

1.4 Metodología

Para la concretización de los objetivos se plantearon las siguientes etapas previas al estudio:

- Selección de la aplicación CSCL.
- Selección de las plataformas utilizadas e implementación del software correspondiente.
- Selección de los estudiantes participantes del estudio y los contenidos a trabajar.
- Diseño y/o adaptación de las pautas de observación.
- Diseño de la metodología de captura de datos.

La aplicación seleccionada para revisar con el estudio es Exchange, aplicación de trabajo colaborativo que cuenta con implementaciones para distintas plataformas móviles, junto con una variante SDG, denominada Multiple Mice (Infante et al. 2009). Los detalles de la implementación de Exchange y su forma de trabajo se encuentran en detalle en la sección 2.1.

Las plataformas seleccionadas son tanto móviles como del tipo SDG. En las plataformas móviles están dos modelos de netbooks diseñados con fines educacionales: Classmate (CMPC) y Convertible Classmate (C-CMPC o tablet). En esta categoría se encuentra también el uso de teléfonos móviles Smartphone, con capacidades de interconexión WiFi. Junto a ellas está la implementación de Exchange en su modalidad Multiple Mice en computadores de escritorio tradicionales. Si bien Exchange ya se encuentra implementado para netbooks y Multiple Mice, en el caso de los Smartphones se portó la aplicación existente en las otras plataformas. Esto se enmarca dentro de las propuestas de trabajo futuro del trabajo realizado en (Echeverría et al. 2009), en donde investigó la factibilidad del desarrollo de aplicaciones para el trabajo colaborativo en teléfonos móviles. Las especificaciones de los netbooks utilizados y Multiple Mice se encuentran en la sección 2.1, en tanto la de los teléfonos móviles se encuentra en la sección 1.5.1, en donde también se especifican los detalles de la portación de la aplicación, y el aporte de la misma respecto a trabajos anteriores realizados en estos dispositivos (Echeverría et al. 2009).

Los estudiantes seleccionados para el estudio, son alumnos de un colegio con subsidio estatal de estrato socioeconómico bajo. El curso analizado es un 3° básico, y el subsector/asignatura revisado fue matemática. Los contenidos evaluados por las actividades son temáticas: Variación del valor de un dígito, Antecesor y

Sucesor, Adición y sustracción, y Formación de figuras planas con yuxtaposición. Con ellos se construyeron actividades de entre 13 a 14 preguntas por sesión.

Los criterios a observar durante las sesiones del estudio se enfocaron en dos aspectos esenciales:

- Resultados de usabilidad objetivos: apuntan a explorar de manera objetiva ciertos criterios de usabilidad en sistemas (Nielsen, 1993), que se obtienen a partir de los datos que entrega la actividad sobre el desempeño de los distintos grupos de estudiantes: número de respuestas correctas y erradas, tiempos de respuesta. Esto se enmarca en la evaluación del criterio de usabilidad de eficiencia, que ya fue explorado en (Echeverría et al. 2009) y corresponde a un aspecto relevante dentro de la investigación. Sus detalles y justificación de aplicación dentro del estudio, se pueden revisar en la sección 2.2.5.

- Resultados observacionales de trabajo colaborativo: con ellos se busca explorar los factores claves que posibilitan un trabajo colaborativo efectivo. Ellos fueron analizados en 5 categorías (Infante et al. 2009):

    - Comunicación: Intercambio de información y solicitud de ayuda al interior del grupo.
    - Negociación: resolución de conflictos al interior del grupo.
    - Interactividad: influencia en el proceso cognitivo de los integrantes del grupo.
    - Coordinación: generación de acuerdos para el logro de los objetivos
    - Apropiación del sistema: uso efectivo de la plataforma y la actividad.

Cada una de las categorías anteriores fue analizada en varios atributos (detallados en la tabla 2-2), los que fueron medidos bajo los siguientes criterios:

- Individual: trabajo realizado individualmente por cada estudiante
- Colectivo: desempeño del grupo como un todo
- Cuantitativo: número de ocurrencias observadas en el atributo.
- Cualitativo: calificación con una escala discreta de 1 a 3 (1 menos observado, 3 más observado) del atributo correspondiente.

Finalmente, respecto al diseño de la metodología de captura de datos, se tomó la decisión de dividir en dos partes el estudio: un análisis de los criterios anteriores utilizando sólo teléfonos móviles, y otro utilizando netbooks y Multiple Mice. Ello se justifica en las diferencias de tamaño de las pantallas de los distintos dispositivos, que en los teléfonos es significativamente menor respecto a netbooks y Multiple Mice (revisar características de las plataformas utilizadas en las secciones 1.6.1 y 2.2.1).

El detalle del trabajo con los teléfonos móviles se revisa en la sección 1.6, y el trabajo con el resto de las plataformas en el capítulo 2.

1.5 Resultados

El resultado principal de esta tesis es el desarrollo de un estudio de usabilidad para una aplicación de trabajo colaborativo, en múltiples plataformas de hardware. En él se analizan diversas características de usabilidad del sistema, junto con atributos presentes en el trabajo colaborativo efectivo. Con ello se dan luces cómo aportan las distintas plataformas al desarrollo de una actividad pedagógica

particular, y la relevancia de la elección de la plataforma como un elemento de éxito de la misma.

Desde un punto de vista más concreto, otro resultado o producto de esta tesis es la portación de una nueva aplicación colaborativa en teléfonos móviles, desarrollando además de un framework liviano para el soporte de actividades colaborativas, enmarcándose dentro del trabajo futuro propuesto por (Echeverría et al, 2009)

1.6 Análisis de usabilidad y trabajo colaborativo en teléfonos móviles Smartphone

En esta sección se muestra el trabajo realizado con los teléfonos móviles. Para ello se definen las características de los dispositivos utilizados, la arquitectura del sistema implementado, los resultados obtenidos a partir de las observaciones y el análisis de la información recolectada.

1.6.1 Descripción de los teléfonos utilizados

En este estudio se utilizaron teléfonos Imate SP5 (ver Figura 1-2), fabricados por HTC. Sus principales características son:

- Sistema operativo Microsoft Windows Mobile 5.0 Smartphone, que permite el desarrollo de aplicaciones basadas en Microsoft .Net Compact Framework.

- Wi-Fi incorporado (802.11b), que permite la comunicación inalámbrica entre los dispositivos, sin tener que incurrir en gastos con alguna compañía de telecomunicaciones.

- Teclado numérico y joystick para el ingreso de información y manejo de las funcionalidades del teléfono. No cuenta con capacidades de touchpad.

- Resolución de pantalla QVGA (240 x 320 píxeles)

Figura 1-2: Vista frontal del teléfono Imate SP5

1.6.2 Arquitectura del sistema

Para la portación de Exchange a teléfonos móviles se decidió utilizar parte de lo realizado en (Echeverría et al, 2009). Allí se hizo una adaptación de un framework genérico para el soporte de actividades colaborativas, denominado Activity Framework (AF), que provee diversas funcionalidades para el desarrollo de actividades colaborativas, entre las que se cuenta la formación de redes inalámbricas entre dispositivos móviles, y la incorporación de nuevas actividades en forma de plugin. Esto último se puede revisar en la Figura 1-3, donde cada nueva actividad debe implementar la interfaz IPlugin para poder funcionar.

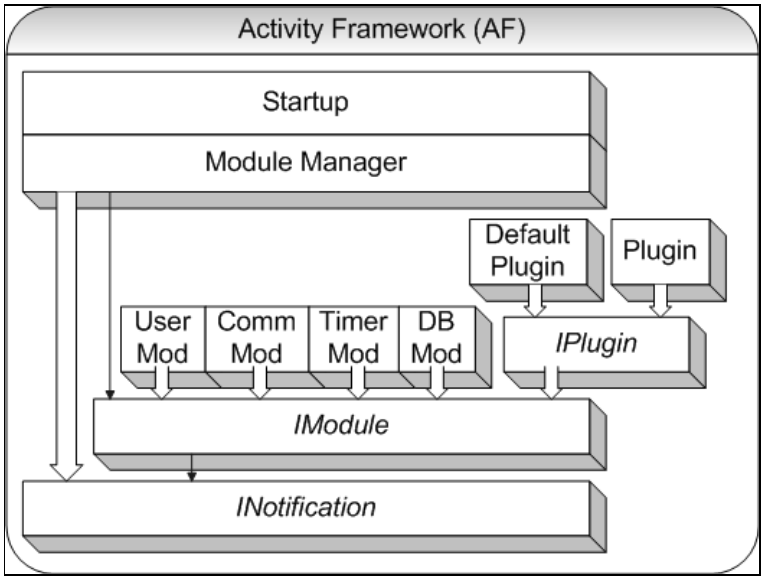

Figura 1-3: Diagrama de componentes de la arquitectura de Activity Framework (AF) (Echeverría et. al, 2009).

En este trabajo se utilizó de AF su módulo de comunicación entre dispositivos, denominado CommModule. Este módulo, desarrollado originalmente sobre Microsoft .Net Compact Framework 2.0, cuenta con las siguientes características:

- Soporte de mensajes unicast seguros (mediante TCP) e inseguros (mediante UDP).
- Soporte de mensajes broadcast (mediante UDP)
- Compresión y envío de archivos por broadcast

El manejo y estado de la actividad se mantiene centralizado en un solo dispositivo, a modo de servidor, el cual es utilizado por el profesor. En (Echeverría et. al, 2009) se utilizó como servidor una máquina Imate Jamin, smartphone que corre Windows Mobile 5, y que cuenta con Touchpad y capacidades superiores de red respecto a los Imate SP5. En este trabajo se tomó la decisión de implementar el servidor en un laptop tradicional, para contar con un mejor respaldo de hardware respecto a la estabilidad de la red. Para ello se realizó una adaptación de

CommModule a la plataforma .Net Framework 3.5 SP1 sobre Windows Vista para su uso en el nuevo servidor, manteniendo las mismas funcionalidades previas. Para los teléfonos móviles se mantuvo la misma versión de CommModule implementada con anterioridad, dado que estaba diseñado específicamente para este tipo de dispositivos. Cada uno de los teléfonos toma el rol de clientes livianos de la aplicación, recibiendo el estado de la actividad y las nuevas tareas a desarrollar desde el servidor, además de enviarle a éste las respuestas de cada participante de la actividad.

Sobre este módulo de red se desarrolló una nueva arquitectura para la implementación de Exchange. Se decidió partir con un nuevo diseño, ya que AF posee una arquitectura muy pesada en sus componentes y funcionalidades que entrega, de las cuales la aplicación a desarrollar en el contexto de este estudio sólo ocupa un subconjunto, en particular su módulo de red. Este nuevo diseño involucra la separación lógica del sistema en 3 capas, que interactúan de forma cerrada:

- Capa de red (o Net-layer): responsable de la comunicación entre los dispositivos. Encapsula el CommModule antes mencionado.

- Capa de soporte (o Support-layer): responsable del manejo de usuarios y formación de los grupos. Viene a reemplazar a AF, contando con una implementación más simple y cohesionada para realizar estas tareas. La responsabilidad de cada uno de sus componentes se puede revisar en la Tabla 1-1.

Componente	**Responsabilidad**
GroupSupporting	Manejo de los distintos usuarios presentes en la actividad y sus grupos respectivos

CommunicationFacade	Envío y recepción de mensajes desde y hacia la capa de red.
ActivityLogger	Mantiene un registro del flujo de mensajes y estado de la actividad.

Tabla 1-1: Descripción componenentes de la nueva capa de soporte (support – layer)

- Capa de actividad (o Activity-layer): responsable de la lógica y despliegue de la actividad particular a desarrollar en los respectivos dispositivos, pudiendo tener una implementación ad-hoc según la aplicación. En el caso de Exchange, se pueden revisar sus componentes principales en la **Tabla 1-2**.

Componente	**Responsabilidad**
StartUp	Gatilla el inicio de la aplicación en el dispositivo, dependiendo si es servidor o cliente estudiante.
ViewModule	Administra el despliegue de las distintas pantallas de la actividad (en los clientes), y del estado de los distintos grupos (en el servidor)
QuestionSupporting	Mantiene el estado de la actividad: la secuencia de tareas y las respuestas de cada uno de los estudiantes y grupos. Presente sólo en servidor.
Matrix	Representa en la vista el estado de la actividad para cada uno de los grupos. Presente sólo en servidor

Tabla 1-2: Descripción componentes capa de actividad para Exchange.

En la Tabla 1-3 se encuentra un resumen de las características de la implementación actual y la desarrollada en (Echeverría et. al, 2009). Se incorporan los modelos del hardware utilizados en ambas experiencias. En tanto, la Tabla 1-4 muestra los detalles de los cambios a nivel de módulos y capas entre AF y la nueva arquitectura.

		AF	**Nueva Arquitectura**
Servidor	Dispositivo	Imate Jamin	Laptop Dell Inspiron 1318
	Sistema operativo	Windows Mobile 5.0 Smartphone	Windows Vista
	Framework	.Net Compact Framework 2.0	.Net Framework SP1
Clientes	Dispositivo	Imate SP5	Imate SP5
	Sistema operativo	Windows Mobile 5.0 Smartphone	Windows Mobile 5.0 Smartphone
	Framework	.Net Compact Framework 2.0	.Net Compact Framework 2.0

Tabla 1-3: Características implementaciones actual y previa (Echeverría et al, 2009).

AF		**Implementación en nueva arquitectura**
Módulo	Responsabilidad	
ModuleManager	Coordinación de la comunicación entre módulos.	Eliminado
CommModule	Formación de redes inalámbricas entre dispositivos.	Net- layer, envolviendo CommModule
UserModule	Administración de los usuarios de la actividad	Responsabilidad asumida por Support-layer

DBModule	Almacenamiento de los resultados de la actividad.	Responsabilidad asumida por Support-layer
TimerModule	Servicios de sincronización para las distintas actividades	Eliminado
Plugin	Actividad particular a desarrollar	Reemplazado por Activity-layer. La actividad ahora no se incorpora como un plugin más dentro de la arquitectura, sino como la capa más externa de la aplicación.

Tabla 1-4: Detalles de los cambios a nivel de módulos y capas entre AF y la nueva arquitectura.

1.6.3 Diseño del despliegue de la actividad

Para el diseño del despliegue de actividad en los respectivos dispositivos de los estudiantes, se tomaron en cuenta ciertas recomendaciones en este aspecto (Echeverría et. al, 2009), realizándose las siguientes adaptaciones particulares de Exchange para su desarrollo en teléfonos móviles:

- Separación de los distintos elementos de cada tarea en pantallas separadas. Cada estudiante recibe una tarea, consistente en una pregunta y un posible enunciado de respuesta. Dado el tamaño de los dispositivos, la pregunta recibida como su posible respuesta va en pantallas separadas. Para recorrerlas, el usuario debe utilizar el joystick del teléfono, moviéndolo de izquierda a derecha para cambiar la pantalla visible en ese momento. Esto

ya fue utilizado en (Exchange et al, 2009), y en el marco de esta tesis fue mejorado, haciendo más rápida la carga de pantallas y transición entre las mismas.

- Manejo del input del teclado para intercambiar respuestas: la interacción con Exchange por parte de los estudiantes involucra el posible intercambio de las respuestas entre los miembros del grupo, antes de enviar sus respuestas al profesor (ver detalles de esta interacción en sección 2.1). Esto hace que en las modalidades donde existe el uso de mouse o Touchscreen se puedan agregar íconos o símbolos que deban ser seleccionados para hacer posible este intercambio. Sin embargo, los Smartphones utilizados (Imate SP5) no cuentan con Touchscreen, por lo que se debe utilizar el teclado del teléfono para esta tarea, habilitándose los botones necesarios y desactivando los que no se usan en la actividad. En este aspecto se diferencia fuertemente respecto a las otras plataformas, tal como se observa en la Tabla 1-5. En la Figura 1-4 se puede observar un screenshot de la aplicación en los teléfonos, donde se ve la asociación de un número del teclado a la recepción de una respuesta dada por otros compañeros de grupo. En la pantalla de la figura, el estudiante debe presionar la tecla “1” ó “3” para recibir la respuesta de alguno de los otros integrantes, que previamente enviaron, y así poder visualizarla en su dispositivo.

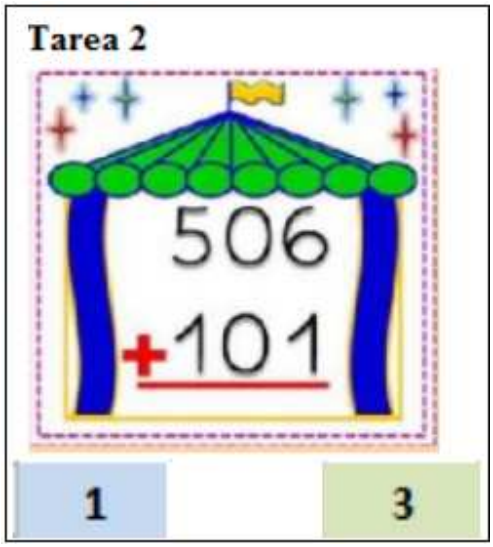

Figura 1-4: Screenshot de una pantalla donde el estudiante tiene la posibilidad de recibir las respuestas que le enviaron sus compañeros de equipo.

El diseño de la interfaz de usuario para el servidor del profesor se realizó de forma similar al utilizado en las implementaciones de Exchange para netbooks y de otras actividades colaborativas (Echeverría et al, 2009), donde el profesor puede monitorear las respuestas de cada uno de los grupos formados.

	Smartphone	**CMPC**	**Tablet**	**Multiple Mice**
Intercambio respuestas	Tecla de menú derecha para dar respuesta y "1", "2" y "3" para aceptar.	Click en íconos emergentes	Click en íconos emergentes con Stylus	Click en íconos emergentes
Envío respuesta a profesor	Tecla de menú izquierda	Click en ícono emergente	Click en ícono emergente con Stylus	Click en ícono emergente

Tabla 1-5: Formas de uso en las distintas plataformas para el trabajo con Exchange.

1.6.4 Resultados obtenidos

Tal como se mencionó en la sección 1.4, en este estudio se buscó obtener información sobre usabilidad del sistema y de trabajo colaborativo. En el caso de los teléfonos móviles, estos datos se obtuvieron a partir de tres sesiones de trabajo, con 6 alumnos por cada sesión, divididos en dos grupos de 3 personas generados de forma aleatoria para cada sesión. El tamaño del estudio con los teléfonos fue más reducido que con las otras plataformas dado que con ese número de dispositivos la red formada funciona de manera óptima, sin mayores problemas de latencia ni pérdida de mensajes.

En la Tabla 1-6 se muestran los resultados de usabilidad objetivos totales por sesión para las tareas realizadas en Exchange. El tipo de información que se obtuvo fue el siguiente:

- Efectividad: tasas de respuestas correctas/respuestas totales contestadas promedio por cada grupo en cada sesión.
- Eficiencia: número de tareas trabajadas que alcanzaron a completar en promedio en cada sesión por cada grupo

	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Media	Desv. Est
Efectividad	66,67%	66,67%	52,63%	61,99%	0,0811
Eficiencia	64,28%	80,77%	73,08%	72,71%	0,0825

Tabla 1-6: Resultados de usabilidad objetivos en teléfonos.

En la Tabla 1-7 es posible revisar los resultados de los datos de trabajo colaborativo. La primera columna indica la categoría de la observación; la segunda los distintos atributos de esas categorías. La tercera columna determina si es

observación individual (I), colectiva (C) y la cuarta si es cuantitativa (N) o cualitativa (Q). Desde la quinta a la octava columna aparecen los promedios de los grupos por sesión para cada uno de los atributos.

Categoría	Atributo	Medida	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3
Comunicación	Grupal	Escala 1 a 3	3,00	3,00	3,00
	Diálogos P-P	# diálogos	13,33	12,67	10,33
	Diálogos P-G	# diálogos	5,00	4,33	6,00
	Recibe soporte	# solicitudes	4,33	2,33	2,33
	Da soporte	# solicitudes	4,67	2,67	2,33
	Solicita soporte	# solicitudes	2,67	1,67	1,33
Negociación	No resueltas/totales	Razón entre no resueltos y totales	0,75	0,83	0,80
Interactividad	Interdependencia positiva	Escala 1 a 3	3,00	3,00	3,00
	Trabajo en grupo	Escala 1 a 3	3,00	3,00	3,00
	Foco en la actividad individual	% tiempo actividad	0,97	1,00	0,97
	Foco en la actividad colectivo	% tiempo actividad	0,95	1,00	0,95
	Confianza mutua	Escala 1 a 3	2,00	2,00	2,00
	Aceptación y tolerancia	Escala 1 a 3	3,00	2,00	3,00
	Motivación / interés	Escala 1 a 3	3,00	3,00	3,00
Coordinación	Trabajo disciplinado	Escala 1 a 3	2,00	3,00	2,00
	Soporte extra grupo	Escala 1 a 3	1,00	2.00	2,00
Apropiación	Apropiación plataforma	Escala 1 a 3	2.00	2,00	3,00
	Claridad instrucciones	Escala 1 a 3	2.00	3,00	3,00

Tabla 1-7: Tabla de resultados observacionales de trabajo colaborativo para los teléfonos.

1.6.5 Análisis de los datos y discusión

A partir de los resultados obtenidos, se puede observar que en general los resultados de usabilidad, respecto a eficacia y eficiencia son bastante regulares a través de las sesiones. Respecto a eficacia, se puede apreciar que ella está bastante baja respecto al nivel ideal de un 100%, y menor en general a la observada en las

otras plataformas (ver sección 2.3) para la misma actividad. En tanto, en eficiencia (ver Tabla 1-6) en ninguna sesión se llega a responder el 100% de las tareas propuestas durante el tiempo de la actividad. Se atribuye esto a la dificultad observada para manejar la interfaz de usuario de los teléfonos, por parte de los estudiantes. El teléfono les resultó complejo de manejar para esta actividad por la visualización de pregunta y respuesta en diferentes pantallas. La pregunta y posible respuesta correspondiente a cada tarea quedaban en distintas pantallas, las que se ocultaban entre sí al recorrerlas con el joystick del teléfono. Eso hizo que no recordaran fácilmente lo que ocultaron, teniendo que devolverse recurrentemente o bien intercambiando/respondiendo tareas de forma incorrecta. Este hecho va en directa relación con la edad que poseen los estudiantes (8-9 años), ya que este problema no fue observado en (Echeverría et al, 2009), donde se trabajó con alumnos de 1ro Medio (14-15 años).

Respecto a los resultados observacionales de trabajo colaborativo, se aprecia que se potenciaron más los diálogos persona a persona (es decir, entre dos individuos del grupo) por sobre los diálogos persona grupo, donde interactúa una persona con el grupo completo. Ello también se observa en las plataformas móviles de la segunda parte de este estudio (ver sección 2.3), donde se observó de forma significativa este hecho, y tiene que ver con la portabilidad de los dispositivos, la que permite hacer transparente y fluida la comunicación entre los integrantes del grupo. Otro aspecto relevante de los resultados de trabajo colaborativo es que existe un alto nivel de soporte extra grupo (índices cercanos a uno en este atributo representan esto). Ello puede relacionarse con lo complejo de contar con múltiples posibilidades de control del dispositivo con el teclado (ver sección 1.5.3), lo que lleva a la necesidad de ayuda externa para entender cómo usarlo.

1.7 Trabajo futuro

El estudio comparativo entre múltiples plataformas, realizado en el contexto de esta tesis, da luces sobre futuras mejoras y validaciones que se pueden realizar para completar sus objetivos. En ese sentido, el tener más aplicaciones y otros contextos de estudio donde se apliquen las pautas de observación expuestas, permitirá contar con una mayor cantidad de resultados a partir de los cuales poder seleccionar la plataforma más adecuada según sea el caso. Por otro lado, también está la afinación de las pautas y criterios utilizados para la evaluación del trabajo colaborativo, pudiéndose detectar dentro de las observaciones nuevos atributos que lo favorezcan y no estaban considerados.

Respecto al software desarrollado para los teléfonos móviles y su arquitectura, existen también aspectos que pueden mejorarse, tales como la forma de administración de la actividad (centrada en un solo dispositivo v/s distribuida) y incorporación de capacidad de recuperación ante fallas.

1.8 Conclusiones

El diseño de aplicaciones para trabajo colaborativo tiene que seguir una serie de lineamientos, uno de los cuales es la selección de la plataforma que mejor contribuya a su desarrollo. La principal conclusión de este trabajo es que las distintas plataformas potencian de distinta forma ciertos atributos de trabajo colaborativo.

Uno de los atributos donde hubo diferencias significativas fue en los diálogos al interior del grupo. Las plataformas móviles fomentaron en general los diálogos persona a persona, por sobre los persona al grupo completo, a diferencia Multiple Mice (variante SDG de Exchange), donde se fomentaron de forma significativa los

diálogos persona grupo. Ello tiene que ver en la modalidad de cómo se realiza la actividad: en las plataformas móviles cada estudiante cuenta con un dispositivo, el cual es portable y permite el contacto directo cara a cara entre los individuos; en Multiple Mice todos los estudiantes del grupo están enfrentados a un mismo despliegue de la actividad, donde todos comparten los mismos objetos, ante lo cual el desarrollo de las discusiones es en el grupo completo, y no entre dos personas particulares.

Otro aspecto que resultó interesante rescatar, es la distracción que puede causar una cierta plataforma para el desarrollo de la actividad. Ello ocurrió de forma significativa en el caso de las tablet, las cuales mostraron fuerte novedad en su uso, por poseer capacidades novedosas de uso por parte de los estudiantes, además de no constituirse como un computador "tradicional", ya que no contaban con teclado y mouse, sino con un Stylus y Touchscreen. La experiencia previa con las distintas plataformas es por lo tanto otro aspecto que se debe considerar a la hora de diseñar una actividad.

El caso de los teléfonos móviles constituye un caso particular. Si bien ellos presentan un comportamiento similar a las otras plataformas en los atributos de trabajo colaborativo, los resultados de efectividad y eficiencia son menores. Allí el hecho de contar con un display pequeño impide contar con todos los objetos necesarios al mismo tiempo para el desarrollo de cada tarea, lo que dificulta su uso por parte de niños pequeños.

Finalmente, no se puede concluir que exista la mejor plataforma para realizar trabajo colaborativo, sino que cada una contribuye de distinta forma a su desarrollo. Por lo tanto, la elección final de los dispositivos a utilizar en una actividad colaborativa dependerá también del propósito de la actividad, el contexto donde se desarrollará y los individuos que trabajarán con ella.

2. ESTUDIO COMPARATIVO DE USABILIDAD DE UNA APLICACIÓN CSCL EN DIFERENTES PLATAFORMAS DE HARDWARE

2.1 Introducción

El uso de TICs en ambientes educativos, ya sea de enseñanza escolar o superior, ha tenido un fuerte desarrollo, proponiendo desde la tecnología cambios en las prácticas dentro del aula. Diversas plataformas de hardware existentes en el mercado han contribuido en esta tarea, aportando tanto en su concepción como implementación. Si bien inicialmente el computador tradicional de escritorio fue la única plataforma utilizada como soporte de actividades pedagógicas, durante la última década se han añadido plataformas portables y móviles para apoyar la enseñanza (Cortez et al. 2005; Chan et al. 2006). En particular, en el último tiempo ha cobrado fuerza el uso de netbooks al interior de la sala de clases (Alvarez et al. 2009), con o sin pantalla táctil (Cramer et al. 2009). Una característica diferenciadora de las plataformas de tipo móvil es el hecho de poseer conectividad sin cables entre los dispositivos, por medio de conexiones inalámbricas (WiFi) lo que permite no sólo conectar al alumno a la internet sino también interconectar a los alumnos entre sí para realizar trabajo colaborativo (Zurita & Nussbaum, 2004a).

Cuando el trabajo colaborativo es asistido tecnológicamente, se habla de Aprendizaje Colaborativo mediado por Computadores o CSCL (Computer Supported Collaborative Learning). La tecnología sirve para mediar la interacción entre los participantes, entregando información, regulando las tareas a realizar, administrando reglas y roles, y mediando la adquisición de nuevos conocimientos (Zurita & Nussbaum, 2004a). El objetivo es que la tecnología ofrezca un medio para las discusiones que se dan en la clase, facilitando la participación e

interacción social entre los alumnos, y entre estos y el profesor (Lipponen et al, 2003), e incentivando la efectividad de la interacción entre pares (Dillenbourg, 1999).

Las plataformas móviles (PDAs, Netbooks y teléfonos móviles (Echeverria et al. 2009)) han permitido el desarrollo de aplicaciones Mobile Computer-Supported Collaborative Learning (MCSCL) (Zurita & Nussbaum, 2004b). En éstas, el uso de tecnologías portables que ofrezcan un acceso individual a la tecnología, puede ser una mayor fuente de soporte para el desarrollo de dinámicas colaborativas, a partir de esos dispositivos. Si es que son usadas en conjunto con un modelo pedagógico apropiado, facilita la comunicación entre los compañeros de grupo y motiva la interacción entre ellos. (Roschelle, 2005). Los beneficios que trae este modelo de aprendizaje son los siguientes: portabilidad, permiten la interacción cara a cara entre compañeros y facilitan la organización de los materiales a utilizar, lo que impide que la comunicación y organización del grupo se vea entorpecida por la organización de los materiales (Nussbaum et al 2010). Para lograr estos beneficios es necesario que las aplicaciones cumplan con las condiciones de trabajo colaborativo efectivo que son: resposabilidad individual, soporte mutuo, interdependencia positiva entre miembros del grupo, interacción social cara a cara y trabajo en pequeños grupos (Adams & Hamm, 1996; Dillenbourg, 1999).

Existen modelos de interacción que soportan trabajo colaborativo sin necesidad de plataformas móviles. Tal es el caso del Single-Display Groupware (SDG) (Infante et al. 2009), donde varios estudiantes interactúan simultáneamente en un mismo display común, el que puede ser la pantalla de un computador o una proyección. En este caso a cada usuario de un mismo PC se le entrega su propio dispositivo de input (mouse) para que cada usuario logre interactividad con el sistema. Existe evidencia sobre su uso en contextos escolares, donde los resultados indican que los

niños que controlan su propio dispositivo de input al computador desarrollando una actividad colaborativa frente a una pantalla compartida, presentan menos aburrimiento, mayor foco en la actividad y son más activos, sugiriendo un mayor compromiso en la actividad (Scott et al, 2003) además de observarse responsabilidad individual, soporte mutuo e interdependencia positiva entre los miembros de un grupo (Infante et al. 2009). Las actividades SDG se constituyen por lo tanto como alternativas de menor costo al uso de plataformas móviles, ya que necesitan menos dispositivos por alumno para su implementación. Además, permiten utilizar equipamiento ya instalado en los colegios.

Existen estudios previos de usabilidad y efectividad en el aprendizaje en ambientes colaborativos ocupando diferentes plataformas móviles (Alvarez et al. 2009). Sin embargo, no se ha realizado un análisis comparativo de éstas con SDG. El propósito de este trabajo es comparar el desarrollo de una misma actividad colaborativa usando tanto plataformas móviles (netbooks y tablets) como plataformas SDG (computadores de escritorio con Multiple Mice) con la finalidad de determinar las ventajas y desventajas de cada plataforma. En la sección 2 se describe el diseño experimental detallando la actividad realizada, las plataformas utilizadas, la caracterización de la muestra y los datos a observar. En la sección 3 se muestran los resultados obtenidos junto con su correspondiente análisis estadístico. Lo anterior se discute en la sección 4, con énfasis en las ventajas y desventajas de las distintas plataformas. Finalmente, la sección 5 contiene las conclusiones del trabajo realizado.

2.2 Diseño experimental

2.2.1 Actividad a realizar

Para realizar la comparación se escogió Exchange, una actividad pre-existente a la cual se le ha estudiado su efectividad pedagógica en plataformas móviles (Zurita & Nussbaum, 2004b) y su usabilidad en SDG (Infante et al. 2009).

En esta actividad, los alumnos de una sala de clases son divididos en grupos de a tres generados aleatoriamente por el sistema (Nussbaum et al. 2010). Cada grupo recibe una tarea, consistente en una pregunta y una respuesta que no necesariamente corresponden. Los estudiantes deben comprometerse en una negociación cara a cara para intentar identificar los pares pregunta-respuesta correctos, intercambiando sus respuestas hasta que cada miembro del grupo llega a una correcta identificación. Una secuencia completa es ilustrada en Figura 2-1. Cada estudiante recibe una pregunta y una respuesta, pero algunos pares (pregunta/respuesta) son incorrectos (Figura 1.1). El estudiante A decide enviar su respuesta ("608") a sus compañeros y la selecciona. Los otros estudiantes pueden rechazar la respuesta propuesta, y sólo uno de ellos puede aceptarla haciendo click en el sobre recibido (Figura 1.2). El estudiante C acepta la respuesta dada por el estudiante A. Ahora él tiene dos respuestas y debe decidir sobre cuál de ellas la envía al resto de los otros participantes (Figura 1.3). Después de varios intercambios los estudiantes deciden que ya tienen los pares pregunta/respuesta correctos (Figura 1.4). Si todos los pares son correctos, el sistema envía el próximo set de pares, en otro caso ellos deben repetir el ejercicio.

Figura 2-1: Esquema de la resolución de una tarea con Exchange.

Aunque el principio de Exchange es el mismo en las tres plataformas estudiadas, en SDG hubo que hacer una adecuación: la pantalla fue dividida en tres sectores (separados visualmente por colores), correspondiéndole a cada alumno uno de éstos (Figura 2-1). Cada participante tiene un mouse, el que controla un cursor de un color específico. Aunque el curso puede moverse por tota la pantalla, los comandos son reconocidos sólo por la parte de la pantalla que es del mismo color que el cursor. En la versión de plataformas móviles, cada dispositivo corresponde a un segmento de color específico de la pantalla del SDG y la interacción con el dispositivo se realiza con un mouse individual tipo touchpad, en el caso del netbook, o con un Stylus, en el caso del tablet.

Figura 2-2: Uso de Exchange en SDG

En ambos escenarios, la aplicación promueve una participación balanceada de los tres miembros del grupo a través de un mecanismo de coordinación que fuerza a que cada participante desarrolle una tarea. Para completar la actividad exitosamente, un estudiante no sólo debe lograr sus propias metas individuales, sino que también debe ayudar a que todos los otros niños en el grupo logren las suyas. Cuando la actividad es completada exitosamente, la aplicación muestra un mensaje de felicitaciones, como refuerzo positivo, para luego indicar la próxima tarea y repetir la secuencia.

2.2.2 Caracterización de las plataformas

En el estudio se utilizaron tres plataformas de hardware, dos de las cuales corresponden a modelos de netbooks:

- Classmate (CMPC): CMPC es un netbook con una pantalla de 7 pulgadas, provisto de un procesador Intel Celeron de 900 MHz, con 2 gigabytes of memoria flash, 512 megabytes de RAM, y WiFi. Utiliza el sistema operativo Microsoft Windows XP.

- Convertible Classmate (C-CMPC): El tablet es un netbook con una pantalla touchscreen de 8.9 pulgadas, con la que el usuario puede interactuar con un Stylus, y puede rotarse y doblarse para colocarla encima del teclado. El contenido desplegado en pantalla puede rotarse automáticamente al girar el dispositivo, por medio de un acelerómetro incorporado. El tablet cuenta con un procesador Intel Atom de 1.4 Ghz, 1 gigabyte de RAM, un disco duro de 40 gigabytes, y conectividad WiFi. Utiliza el sistema operativo Microsoft Windows XP.

Cada uno de estos dispositivos se conecta de forma inalámbrica a un servidor (un laptop tradicional), donde el profesor puede observar el desarrollo de la actividad. El servidor está encargado de controlar el flujo de la actividad, formando al comienzo los grupos de manera aleatoria con los estudiantes conectados, y luego manteniendo el estado de avance de cada grupo con la actividad.

La tercera plataforma corresponde a los computadores de escritorio (PC) con soporte para Multiple Mice. Los computadores utilizados en el estudio cuentan con una pantalla de 14 pulgadas, un procesador P4 de 2 GHz, con 80 gigabytes de disco duro y 1 GB de RAM, y que cuentan con el sistema Microsoft Windows XP. A cada uno de ellos se le conectan 3 mouse a sus puertos USB, uno por estudiante, constituyéndose como dispositivos de entrada para el trabajo con la aplicación. No existe un servidor donde éstos estén conectados, por lo que los resultados de la actividad deben obtenerse una vez concluida a partir de sus archivos de logs, y los grupos deben formarse previamente de manera manual.

2.2.3 Caracterización de la muestra

Las observaciones se realizaron en un 3ro básico de un colegio con subsidio estatal de estrato socio económico bajo, en la clase de matemática. Los estudiantes no habían trabajado previamente con las plataformas de tipo móvil, pero sí con computadores de escritorio en distintas aplicaciones en el colegio. El trabajo de los estudiantes en las plataformas de tipo móvil fue realizado en la sala de clases donde habitualmente estudian, en tanto el trabajo con los computadores de escritorio fue realizado en el laboratorio de computación del colegio. Uno de los aspectos a considerar en la elección del curso fue la disponibilidad de espacio para trabajar en grupo frente a un solo computador, para el caso del trabajo con Multiple Mice.

2.2.4 Diseño de la muestra

Se seleccionaron al azar 27 alumnos del curso (de un total de 40), agrupándolos en tres macrogrupos de nueve estudiantes. La razón de considerar sólo nueve estudiantes por macrogrupo es por la disponibilidad para el estudio de ese mismo número de tablets (C-CMPC). Cada uno de estos macrogrupos fue construido a partir de la muestra según sus calificaciones generales y de la asignatura correspondiente, para tener conjuntos de individuos homogéneos en estas variables. Cada macrogrupo pasó por cada una de las plataformas analizadas siguiendo una secuencia arbitraria determinada a priori (Tabla 2-1) totalizando tres sesiones.

Macrogrupo	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3
A	Tablet	CMPC	Multiple Mice
B	CMPC	Multiple Mice	Tablet
C	Multiple Mice	Tablet	CMPC

Tabla 2-1: Secuencia seguida por cada macrogrupo.

2.2.5 Información recolectada

Los datos obtenidos a partir de los experimentos correspondieron a dos tipos: objetivos relativos a la usabilidad de las plataformas (número de respuestas correctas y erradas, y tiempos de las mismas para cada uno de los grupos), y observacionales relacionados con el trabajo colaborativo.

Con las mediciones objetivas se busca evaluar la eficiencia en el uso de la aplicación. Este es uno de los atributos propuestos en (Nielsen, 1993) para evaluar usabilidad en sistemas, demostrándose que pueden existir diferencias significativas entre plataformas que soportan una misma actividad (Echeverría et al. 2009). En tanto, con los datos observacionales se busca medir, en forma cuantitativa y cualitativa, atributos de usabilidad presentes en aplicaciones de trabajo colaborativo presencial (Infante et al. 2009). Ellos están agrupados en las categorías de Comunicación, Negociación, Interactividad, Apropiación y Coordinación, los que pueden ser observados tanto de manera individual como colectiva.

Los datos de trabajo colaborativo se obtuvieron mediante una pauta de observación que corresponde a una adaptación de la usada por (Infante et al. 2009) (ver Tabla 2-2). Ésta fue completada por tres observadores presentes en la sala de clases (uno por plataforma), enfocándose cada uno en un grupo por sesión. En forma complementaria, se grabó a los grupos estudiados, con el fin de contar con un respaldo y validar las observaciones realizadas durante la experiencia.

Categoría	Atributo	T	F	Medida	Descripción
Comunicación	Grupal	C	Q	Escala 1 a 3	Existencia de contacto verbal entre los integrantes del grupo
	Diálogos P-P	I	N	# diálogos	Diálogos entre 2 estudiantes
	Diálogos P-G	I	N	# diálogos	Diálogos entre cada estudiante y el resto del grupo
	Recibe soporte	I	N	# solicitudes	Estudiante recibe soporte de la actividad por parte de otro compañero de equipo
	Da soporte	I	N	# solicitudes	Estudiante da soporte de la actividad a otro compañero de equipo.
	Solicita soporte	I	N	# solicitudes	Estudiante solicita soporte dentro del grupo.
Negociación	Conflictos no resueltos / conflictos totales	C	N	Razón entre no resueltos y totales	El número de puntos de vista divergentes no resueltos (conflicto), que ocurre dentro del grupo, dividió por el número total de conflictos. Cuando un conflicto finaliza con la imposición de la visión de uno de los miembros por sobre la de los otros, es considerado como no resuelto.
Interactividad	Interdependencia positiva	C	Q	Escala 1 a 3	Estudiantes sienten que son responsables de su propio trabajo y el de sus compañeros.
	Trabajo en grupo	C	Q	Escala 1 a 3	Estudiantes comparten metas, y cada contribución individual es afectada por las acciones de los otros. Las actividades individuales facilitan el esfuerzo de los otros para lograr las metas del grupo.
	Foco en la actividad individual	I	N	% tiempo actividad	Porcentaje del tiempo total de la actividad en que cada individuo estuvo focalizado en ella.
	Foco en la actividad colectivo	C	N	% tiempo actividad	Porcentaje del tiempo total de la actividad en que el grupo (en general) estuvo focalizado en ella.
	Confianza mutua	C	Q	Escala 1 a 3	Estudiantes confían en los otros, y no hacen preguntas fuera del grupo, además de sentirse cómodos expresando sus propias ideas.
	Aceptación y tolerancia	C	Q	Escala 1 a 3	Estudiantes son capaces de aceptar opinions de otros miembros del grupo con los que no estén de acuerdo.
	Motivación / interés	C	Q	Escala 1 a 3	Hay interés y motivación para trabajar en grupo para resolver los problemas de la actividad.
Coordinación	Trabajo disciplinado	C	Q	Escala 1 a 3	El set de reglas y roles establecido es seguido, donde estudiantes trabajan en grupo coordinadamente.
	Soporte extra grupo	C	Q	Escala 1 a 3	Necesidad de soporte suplida por individuos externos al grupo.
Apropiación	Apropiación plataforma	C	Q	Escala 1 a 3	Estudiantes llegan a dominar el uso del sistema (hardware y software).
	Claridad instrucciones	C	Q	Escala 1 a 3	Estudiantes entienden cómo aplicar las instrucciones para desarrollar su trabajo.

Tabla 2-2: Atributos de trabajo colaborativo presentes en aplicaciones de trabajo colaborativo presencial. En la columna T se indica si es individual (I) o colectivo (C), en tanto en la columna F se indica si corresponde a un atributo cualitativo (Q) o cuantitativo (N).

2.3 Resultados

2.3.1 Metodología de análisis estadístico

Una vez capturados los datos de usabilidad, tanto objetivos como observacionales relacionados con trabajo colaborativo, estos fueron analizados de la siguiente manera:

- **Análisis de diferencias significativas entre pares de plataformas.**
  Se utilizó un test de hipótesis de tipo T, con muestras independientes de varianza distinta. Se construyó la siguiente hipótesis nula para cada par de plataformas (X,Y): En cada atributo A de cada categoría C (Tabla 2), la media del atributo A es igual para cada una de las plataformas del par (X,Y), rechazándose con un valor p menor o igual a 5% (95% de confianza).

- **Análisis de relevancia de variables**.
  Para cada diferencia significativa, encontrada en la etapa anterior, se revisó la relevancia de los distintos factores que podían explicar tal diferencia significativa. Para ello se construyeron regresiones lineales para cada par de plataformas (X,Y) , considerando las siguientes variables independientes:
  - Plataforma utilizada
  - Secuencia de plataformas utilizadas seguida por el grupo
  - Posición relativa promedio del grupo, en función de sus calificaciones generales y de la asignatura.

2.3.2 Análisis de los resultados de usabilidad objetivos

En la Tabla 2-3 se muestran los resultados de usabilidad objetivos de los distintos grupos, analizados en pares de plataformas, para las tareas realizadas con Exchange. Entre las distintas plataformas, en general no hubo diferencias significativas en aspectos de efectividad (diferencia entre las tasas de respuestas correctas/respuestas totales contestadas para cada plataforma en estudio) ni eficiencia (diferencia entre el número de tareas trabajadas que alcanzaron a completar en cada sesión para cada plataforma en estudio).

	Dif Tablet - CMPC	valor p	Dif Tablet – Multiple Mice	valor p	Dif CMPC - Multiple Mice	valor p
Efectividad	0,0079	0,4709	-0,0553	0,2589	-0,0632	0,2402
Eficiencia	1,6667	0,3320	-4,3333	0,1357	-6,0000	0,1382

Tabla 2-3: Resultados de la actividad. En las columnas se detallan las diferencias entre pares de plataformas, junto con su valor p correspondiente.

2.3.3 Análisis de los resultados de trabajo colaborativo

En la Tabla 2-4 es posible revisar los resultados de los datos de trabajo colaborativo, representados por las diferencias significativas entre plataformas y el valor p de cada una. La primera columna indica la categoría de la observación; la segunda los distintos atributos de esas categorías. La tercera columna determina si es observación individual (I), colectiva (C) y la cuarta si es cuantitativa (N) o cualitativa (Q). Desde la quinta a la décima columna aparecen las respectivas diferencias entre los promedios por sesión para cada una de las mediciones y par de plataforma, junto con su valor p correspondiente. En negrita e itálico aparecen las diferencias significativas entre los promedios por plataforma y sus respectivos valores p.

Categoría	**Atributo**	**Medida**	Dif Tablet – CMPC	valor p	Dif Tablet – **Multiple Mice**	valor p	Dif CMPC – **Multiple Mice**	valor p
Comunicación	Grupal	Escala 1 a 3	0,33	0,2113	0,67	0,0918	0,33	0,2593
	Diálogos P-P	# diálogos	8,00	0,1737	***38,33***	***0,0001***	***30,33***	***0,0001***
	Diálogos P-G	# diálogos	***10,33***	***0,0079***	-4,33	0,1529	***-14,67***	***0,0010***
	Recibe soporte	# solicitudes	3,67	0,1025	-1,00	0,3447	*-4,67*	***0,0296***
	Da soporte	# solicitudes	2,00	0,2822	-3,33	0,1337	*-5,33*	***0,0152***
	Solicita soporte	# solicitudes	0,33	0,4224	***-8,00***	***0,0018***	***-8,33***	***0,0013***
Negociación	Asimetrías No resueltas/totales	Razón entre no resueltos y totales	0,19	0,1308	0,01	0,4765	-0,18	0,0959
Interactividad	Interdependencia positiva	Escala 1 a 3	0,00	0,5000	-0,33	0,2113	-0,33	0,2113
	Trabajo en grupo	Escala 1 a 3	-0,33	0,2113	0,67	0,0918	1,00	0,3211
	Foco en la actividad individual	% tiempo	***-0,23***	***0,0015***	***-0,23***	***0,0029***	0,01	0,4596
	Foco en la actividad colectivo	% tiempo	-0,17	0,06919	-0,15	0,06974	0,02	0,3989
	Confianza mutua	Escala 1 a 3	-0,33	0,32473	0,00	0,50000	0,33	0,2113
	Aceptación y tolerancia	Escala 1 a 3	-0,33	0,34280	-0,67	0,21132	-0,33	0,2113
	Motivación / interés	Escala 1 a 3	***-1,33***	***0,02860***	***-1,33***	***0,02860***	0,00	1,0000
Coordinación	Trabajo disciplinado	Escala 1 a 3	-0,67	0,09175	-0,67	0,09175	0,00	0,5000
	Soporte extra grupo	Escala 1 a 3	-0,67	0,21132	-0,33	0,34280	0,33	0,2113
Apropiación	Apropiación plataforma	Escala 1 a 3	-0,67	0,21132	-0,67	0,21132	0,00	1,0000
	Claridad instrucciones	Escala 1 a 3	0,67	0,09175	0,00	1,00000	-0,67	0,0918

Tabla 2-4: Resultados de trabajo colaborativo.

A continuación se revisarán las diferencias significativas de los respectivos atributos:

- Diálogos persona-persona: tanto con Tablet como con CMPC se impone significativamente sobre Multiple Mice.

- Diálogos persona-grupo: se favorecen de forma significativa en el caso de Tablet y Multiple Mice por sobre Classmate. Se observa que entre Tablet y Multiple Mice, este último se impone pero no significativamente.

- Soporte Mutuo: se aprecian diferencias significativas entre Tablet v/s Multiple Mice, y CMPC v/s Multiple Mice en los atributos de solicitud de soporte (ambas parejas de plataformas), y en dar soporte y recibir soporte (sólo CMPC v/s Multiple Mice). En todas ellas se favorece la plataforma Multiple Mice, donde el resultado más significativo se da en el caso de la solicitud de soporte entre esta plataforma y CMPC.

- Foco en la actividad individual: se favorece de forma significativa en el caso de CMPC y Multiple Mice por sobre Tablet.

- Motivación – interés: al igual que el foco en la actividad individual, se favorecen de forma significativa en el caso de CMPC y Multiple Mice por sobre Tablet.

A partir del análisis anterior, se buscó explorar las causas de estas diferencias a partir del análisis de la significancia de las siguientes variables: plataforma utilizada en la observación (tablet, CMPC o Multiple Mice), la secuencia seguida por el grupo (i.e. pertenencia al macrogrupo A, B o C de Tabla 2-1), y la posición relativa del grupo respecto de sus calificaciones. Para ello se construyeron regresiones lineales, donde las variables dependientes corresponden a los valores de los atributos donde hubo diferencia significativa. En ellas, la variable que

explicó mejor la ocurrencia de la variable dependiente fue la plataforma utilizada en la observación, con 90% de confianza. En la Tabla 2-5 se aprecia cada uno de los atributos revisados, con el valor p y coeficiente de la variable "plataforma", además del R^2 ajustado de la regresión.

Atributo	**Plataformas (X v/s Y)**	**Coeficiente**	**valor p**	**R^2 ajustado**
Diálogos Persona - grupo	Tablet v/s CMPC	-4,04760183	0,0962198	0,873786423
	CMPC v/s Multiple Mice	4,88549197	0,027866	0,907466679
Diálogos Persona – persona	Tablet v/s Multiple Mice	-6,99862015	0,17910472	0,391110277
	CMPC v/s Multiple Mice	-10,5203159	0,05736686	0,75424902
Foco Actividad Individual	Tablet v/s CMPC	0,37024109	0,03827124	0,625581462
	Tablet v/s Multiple Mice	0,18341829	0,0162686	0,651170907
Motivación - Interés	Tablet v/s CMPC	1,30944351	0,00680837	0,64980326
	Tablet v/s Multiple Mice	0,7091183	0,09998954	0,698192109
Solicita Soporte	Tablet v/s Multiple Mice	1,39245001	0,00732199	0,632803782
	CMPC v/s Multiple Mice	1,80608607	0,02215076	0,598739348
Da soporte	CMPC v/s Multiple Mice	1,64513211	0,04111039	0,87970115
Recibe soporte	CMPC v/s Multiple Mice	1,53749387	0,02191374	0,918043679

Tabla 2-5: Revisión de los coeficientes y valores-p para la variable "plataforma utilizada en la observación", junto con el R^2 ajustado de las regresiones construidas para cada factor.

2.4 Discusión

Tal como se observa del análisis estadístico, en los atributos de usabilidad objetivos no hubo diferencias significativas atribuibles al uso de una plataforma determinada, situación que sí ocurrió para los atributos observacionales relacionados con el trabajo colaborativo. El análisis de regresión indica que estas diferencias son atribuibles al uso de la plataforma, por sobre otros factores como la secuencia de exposición a la correspondiente tecnología y las notas de los alumnos.

En el caso de la comunicación entre los integrantes del grupo, se puede apreciar que el tablet (C-CMPC) favorece la comunicación persona-grupo respecto a la plataforma CMPC. Esto ya fue observado en una actividad de tipo open-ended questions, en un contexto universitario (Alvarez et al. 2009). Allí se observó que la naturaleza del tablet no bloquea el contacto cara a cara entre usuarios, lo que sí ocurre en el caso de los CMPC, donde los estudiantes tienden a tomar una posición más rígida causada por sus características de input (mouse y teclado) y output (pantalla vertical). Aspectos donde las tablets no se vieron favorecidas en nuestro estudio, son los atributos de motivación e interés, y foco en la actividad individual, donde éstas presentaron menores índices respecto a las otras plataformas. Se observó que el uso de las tablets generó distracción durante el desarrollo de la actividad, ya que los estudiantes tendían a transformarlo en un netbook tradicional, además de rotar el contenido de la pantalla. En (Alvarez et al. 2009) no se observaron conductas de este tipo, lo que se puede explicar por el hecho de que (1) eran alumnos universitarios y no niños de 8-9 años, y (2) ellos habían trabajado previamente con PDAs en forma habitual previo al estudio. En el caso de los estudiantes de nuestro estudio, esta experiencia correspondió a la primera vez que se enfrentaban a una plataforma de tipo tablet en la que no contaban con teclado y

mouse, sino con un Stylus y Touchscreen. Esto produjo que se concentraran más en explorar el dispositivo que en desarrollar la actividad.

Fuera de lo anterior, Multiple Mice también presenta diferencias significativas a su favor en la comunicación persona-grupo, respecto a las otras plataformas, pero con un menor promedio de diálogos persona-persona que tablet y CMPC. Se observa que ello es debido a su modalidad SDG, esto es, los alumnos de un grupo frente a una misma pantalla interactuando con la actividad mirando al dispositivo, sin mantener un contacto cara a cara persistente entre ellos. La disposición de los alumnos frente a la pantalla promueve los diálogos entre una persona y el grupo completo. Esto favorece que el soporte mutuo sea mayor respecto a las otras plataformas, ya que existe una mayor disposición a solicitar ayuda al resto del grupo dado que todos están frente al mismo display y visualizan el trabajo de los demás todo el tiempo, no existiendo la posibilidad de ocultar posibles errores y favoreciendo que otro estudiante los apoye en solucionarlos. Aspectos similares fueron observados en otro estudio, realizado con Exchange en Multiple Mice en el mismo colegio de esta investigación pero en nivel preescolar (kínder) (Infante et al. 2009). En aquel estudio no hubo comparación con otras plataformas, sino que se analizaron 7 sesiones de trabajo con el mismo dispositivo (computador de escritorio), donde se observó un aumento significativo en la comunicación persona-grupo para esta plataforma.

2.5 Conclusiones

Tal como se pudo observar, existen ciertos atributos de usabilidad y de colaboración influenciados por las distintas plataformas que se mantienen con distintos tipos de usuarios y características de la actividad colaborativa. Ello da luces sobre los atributos que potencian cada una de ellas, transversal a las actividades desarrolladas, y que se debe tener en cuenta a la hora de escoger un

cierto dispositivo para el trabajo en la sala de clases. No existe por lo tanto, “la” plataforma que favorezca de mejor forma la colaboración, existiendo distintos atributos que se ven potenciados (o perjudicados) por una u otra, y donde la elección también dependerá del propósito de la actividad y de los individuos que trabajarán con ella. En esa línea también debe tenerse en cuenta la experiencia previa de los estudiantes con TICs a la hora de escoger algún dispositivo, para minimizar los efectos negativos de la tecnología sobre la actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, D., Hamm, M. (1996). *Cooperative Learning: Critical Thinking and Collaboration Across the Curriculum*. (Second Edition). Charles C. Thomas, Publishers, Springfield, IL

Alvarez, C., Brown, C. & Nussbaum, M. (2009) Comparative study of Netbooks and tablet Netbooks for fostering face-to-face Collaborative Learning.

Chan, T.-W., Roschelle, J., Hsi, S., Kinshuk, Sharples, M., Brown, T. et al. (2006). One-to-one technology enhanced learning: An opportunity for global research collaboration. *Research and Practice in Technology-Enhanced Learning,* 1(1), 3-29.

Cortez, C., Nussbaum, M., Rodríguez, P., López, X, & Rosas, R., (2005). , Teacher Training with face to face Computer Supported Collaborative Learning., *Journal of Computer Assisted Learning*, 21, 171–180.

Cramer, M., Beauregard, R. & Sharma, M. (2009). An investigation of purpose built netbooks for primary school education. In *Proceedings of the 8th international Conference on interaction Design and Children* (Como, Italy, June 03 - 05, 2009). IDC '09. ACM, New York, NY, (pp. 36-43).

Dillenbourg, P. (Ed.) (1999). *Collaborative Learning: cognitive and computational approaches.* Oxford, England *:* Pergamon.

Echeverría. A., Nussbaum, M., Calderón, JF., Bravo, C., Infante, C. & Vásquez, A. Face-to-Face Collaborative Learning Supported by Mobile Phones, Accepted for publication in *Interactive Learning Environments*.

Infante, C., Hidalgo, P., Nussbaum, M., Alarcón, R. & Gottlieb, A. (2009). Multiple Mouse Based Collaborative One-to-One Learning. *Computers and Education*, 53(2), 393-401.

Lipponen, L., Rahikainen, M., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2003). Patterns of participation and discourse in elementary student's computer-supported collaborative learning. *Learning and Instruction,* 13(5), 487-509.

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering.* (1st ed.) San Francisco, USA: Morgan Kaufmann.

Nussbaum, M., Alvarez, C., McFarlane, A., Gomez, F., Claro, S. & Radovic, D. (2009) Technology as small group face-to-face Collaborative Scaffolding. *Computers and Education*, 52 (1), 147-153.

Nussbaum, M., Gomez. F., Mena, J., Imbarack, P., Torres, A., Singer, M. & Mora, ME. (2010). Technology-Supported Face-to-Face Small Group Collaborative Formative Assessment and its Integration in the Classroom, Chapter 11, *Innovations in Educational Psychology: Perspectives on Learning, Teaching and Human Development*, Springer.

Ozok, AA., Benson, D., Chakraborty, J. & Norcio, AF. (2008). A Comparative Study Between Tablet and Laptop PCs: User Satisfaction and Preferences. *International Journal of Human-Computer Interaction,* 24 (3), 329-352..

Roschelle, J, Rosas R. & Nussbaum M. (2005). Towards a design framework for mobile computer supported collaborative learning, Proceedings of the 2005 conference on Computer support for collaborative learning, Taiwan, pp 520 – 524.

Scott, R. Mandryk, K Inkpen (2003). Understanding children's collaborative interactions in shared environments. *Journal of Computer Assisted Learning* , 19, 220-228.

Zurita, G. & Nussbaum M. (2004a) A Constructivist Mobile Learning Environment Supported by a Wireless Handheld Network. *Journal of Computer Assisted Learning,* 20, 235-243.

Zurita, G. & Nussbaum, M. (2004b) MCSCL: Mobile Computer Supported Collaborative Learning. *Computers & Education*, 42 (3), 289-314.

APENDICES

APENDICE A: PAPER EN INGLÉS

Comparative usability study of a CSCL application in different hardware platforms

Juan Felipe Calderon * Miguel Nussbaum * Alejandro Echeverria * Andrea Vasquez * Claudio Bravo

Abstract The correct use of technology in the classroom has proven to be a contribution to existing pedagogical practice and, particularly, to collaborative work. To that effect, a great variety of platforms (netbooks, PDAs, mobile telephones, desk computers) have been used; however, no in-depth analysis has yet been performed of their differences at the usability level and of their capacity to generate collaboration. The present paper, therefore, seeks to make a contribution along these lines, by carrying out a comparative study of the use of one-and-the-same collaborative face-to-face activity on three (3) different: i.e. Netbooks, Tablets and Multiple Mice desktops.

The results thus obtained, show that at the usability level there were no significant differences; albeit, there were differences at the collaboration level: i.e. Netbooks and Multiple Mice desktops favored the activity focus and motivation; Tablets and Multiple Mice desktops mostly favored person/group debates; traditional netbooks and tablets mostly favored person/person discussions. Our findings show that each individual platform offers advantages and disadvantages with respect to different aspects of collaborative work; which are not only related to the inherent features of each device, but also with the previous experience of those students who use them. These differences ought to be taken into consideration at the time of determining which platform to use for which specific collaborative activity, in order to choose that which best suits the objectives sought by such specific activity.

Keywords 1:1 Collaboration * Face-to-face Computer Supported Collaborative Learning * netbooks * Tablets * Multiple Mice * comparative study

Introduction

The use of TICs in educational environments, whether in secondary or higher educational facilities, has evolved quite forcefully, proposing changes from the technology to classroom practices. Various hardware platforms existing in the market have contributed to this task, contributing both in its conception as well as in its implementation. Although initially the traditional desktop computer was the only platform used as support for pedagogical activities, the last decade has seen the addition of portable and movable platforms to support teaching (Cortez et al. 2005; Chan et al. 2006). Lately, the use of netbooks inside the classrooms has gained significant acceptance (Alvarez et al. 2009), with or without touch screens (Cramer et al. 2009). One of the differentiating features of mobile-type platforms is the wireless (WiFi) connectivity between devices, permitting not only connecting the student to the Internet, but also interconnecting students among themselves for collaborative work (Zurita & Nussbaum, 2004a). When collaborative work is supported technologically, we refer to it as Computer Supported Collaborative Learning (CSCL). Technology helps to mediate interactions among participants by delivering information, regulating the tasks to be performed, managing rules and roles and mediating the acquisition of new knowledge (Zurita & Nussbaum, 2004a). The objective is for technology to offer a means for classroom discussions, facilitating participation and social interaction among students and between them and the teacher (Lipponen et al, 2003), in addition to providing incentives for an effective peer interaction (Dillenbourg, 1999).

Mobile platforms (PDAs, Netbooks and mobile telephones (Echeverria et al. 2010) have enabled the development of Mobile Computer-Supported Collaborative Learning (MCSCL) (Zurita & Nussbaum, 2004b). In them, the use of portable technologies that offer individual computer access can be a major source of support for the development of collaborative dynamics given that such devices, if used together with appropriate pedagogical designs, facilitate communication between peers and motivate interactions (Roschelle, 2005). The benefits of such learning model are the following: portability, permit face-to-face peer interaction and facilitate organizing the material to be used which, in turn, prevents the group's communications and organization be hampered by the organization of materials (Nussbaum et al 2010). In order to achieve these benefits, it is necessary for the software applications to meet the conditions of an effective collaborative work, which are: individual responsibility, mutual support, positive interdependence between group members, face-to-face social interaction and working in small groups (Adams & Hamm, 1996; Dillenbourg, 1999).

There are interaction models that support collaborative work without the need of mobile platforms. Such is the case of the Single-Display Groupware (SDG) (Infante et al.

2009), where multiple co-located learners interact simultaneously on a single common display, which can be either a computer or a projection screen. In this case, each of the users of one and the same PC is given his/her own input device (mouse) so that the user may interact with the system. Evidence suggests that when used within a school context, children controlling their own input device in a collaborative setting display less boredom and off-task behavior and become more active, suggesting greater engagement in the activity (Scott et al, 2003), in addition to observations of individual responsibility, mutual support and positive interdependence among members of a group (Infante et al. 2009). Consequently, SDG activities become low-cost alternatives to the use of mobile platforms, since they require fewer devices per student in their implementation. Additionally, they allow using equipment that is already installed in the schools.

Studies have been conducted regarding learning usability and effectiveness in collaborative environments using different mobile platforms (Alvarez et al. 2009). However, no analysis has yet been performed using the latter in SDG activities. The purpose of this paper, therefore, is to compare the development of a single collaborative activity using both mobile (netbooks and tablets) as well as SDG (desktop computers with Multiple Mice) platforms, in order to determine the advantages and disadvantages of each Platform. First, we describe the Experimental Design, spelling out the activity to be performed, the platforms to be used, and a characterization of the sample and the data to be observed. Next, we show the Results obtained along with their corresponding Statistical Analysis. The foregoing is, subsequently, examined immediately afterwards, with an emphasis on the Advantages and Disadvantages of the different platforms. Finally, the last section sums up our Conclusions of the work thus performed.

Experimental design

Activity to be performed

In order to perform this comparison, we chose *Exchange*, a pre-existing activity whose pedagogical effectiveness has already been studied on mobile platforms (Zurita & Nussbaum, 2004b) and its usability has been, likewise, studied on SDG platforms (Infante et al. 2009).

In these activities, the students in a classroom are subdivided into groups of three (3), generated randomly by the system (Nussbaum et al. 2010). Then, each group is given a task, consisting in one (1) question and one (1) answer; which, do not necessarily correspond. Students must then engage in face-to-face negotiation as they attempt to identify the correct question–answer pairs, interchanging their answers until each group member arrives at the correct identification. A complete sequence is shown on Figure 1. Each student receives a question and an answer, but some pairs (question/answer) are

incorrect, (Figure 1.1). The student A decides to submit his answer ("608"), and selects it. The other two students may reject the proposed answer, and only one of them can accept it by clicking the received envelope (Figure 1.2). Student C accepts the answer given by the student A. Now, he or she has two answers and must decide which one to submit to the other participants (Figure 1.3). After various interchanges, the students decide they have the correct questions/answer pairs (Figure 1.4). They then ask the system to verify the pairs. If all pairs are correct the system moves them on to the next set of pairs, otherwise they must repeat the exercise.

Figure 3: Task resolution outline using *Exchange*.

Although the *Exchange* principle is the same in the three platforms studied, the SDG platform had to be adapted: the screen was split into three separate sectors (identified by

different colors), with each student assigned one of these colors (Figure 4). Each participant is also given a mouse, with which he/she controls his/her color-specific cursor on the screen. Although a cursor can go anywhere on the screen, commands are recognized only by that part of the screen whose color matches the mouse issuing them. On the mobile platform version, each device corresponds to a color-specific segment of the SDG screen, and the interaction with the screen is performed via an individual touchpad mouse (in the case of netbooks) or a stylus (in the case of tablet PCs).

Figure 4: Using *Exchange* on an SDG platform.

In both scenarios the application promotes a balanced involvement of the 3-member groups through a coordination mechanism that forces each participant to perform a task. To successfully complete the activity, a student must not only achieve his/her own individual goal, but also help ensure that all the other children in the group achieve theirs. Upon the successful completion of the activity, the application flashes a congratulatory message for positive reinforcement, followed by an indication of the next task to be performed and a repetition of the loop sequence.

Characterizing the platforms

The study used three hardware platforms; two of which correspond to netbook models:

- Classmate (CMPC): The CMPC is a 7-inch screen netbook, powered by a 900 MHz Celeron processor, with 2 gigabytes of flash memory, 512 megabytes of RAM and WiFi. It runs on Microsoft Windows XP operating system.

- Convertible Classmate (C-CMPC): The tablet is an 8.9 inch touchscreen with which the user can interact using a stylus, and it can be rotated and folded on top of the keyboard. The content that is displayed on the screen can be automatically rotated -when rotating the device – by means of a built-in accelerometer. The tablet is equipped with a 1.4 GHz Intel Atom processor, 1 gigabyte of RAM, 40 gigabyte hard disk drive, and WiFi. It runs on a Microsoft Windows XP operating system.

Each of these devices is equipped with a wireless connection capability to a server (a traditional laptop), in which the teacher may monitor the development of the activity. The server is in charge of controlling the activity flow, originally, by setting up the groups randomly with those students that are on-line and then by monitoring the state of progress of each group with respect to a given activity.
The third platform corresponds to the desktop PCs with Multiple Mice support. The computers used in this study are equipped with 14-inch screens, 2 GHz P4 processors, 80-gigabyte hard disks, and 1GB RAMs running on a Microsoft Windows XP operating system. Each of them is connected to three mice through their respective USB ports -1 per student- thus becoming the entry devices for the work to be carried out with the application. None of these desktops are connected to a server; their activity results must be obtained upon completion of the activity from their respective log files, and the groups must have been set up previously and manually.

Characterizing the sample

Our observations were based on a mathematics class in a 3rd grade state-subsidized low-income neighborhood school. These students had never before worked on mobile platforms; but had some experience with different applications in their school's desktop PCs. The work with the students on mobile platforms was performed in the classroom in which they normally study; while the work with the students on desktop PCs was performed in the school's computer lab. One of the aspects taken into consideration at the time of choosing classrooms was their availability of space to work in groups in front of just one single computer, for the case of work with Multiple Mice.

Sample design

Twenty-seven students were selected randomly (of a total of 40), grouping them in three Macrogroups of nine (9) students each. The reason for considering only nine (9) students per macrogroup was the total number of tablets available for our study (C-CMPC). Each one of these Macrogroups was built based on the sample and according to their general qualifications/grades in the corresponding course, in order to end up with homogeneous

individuals in these variables. Each macrogroup spent some time in each of the platforms analyzed following a random sequence established a priori (Table 1), totaling three sessions.

Table 6: Sequence followed by each macrogroup.

Macrogroup	Session 1	Session 2	Session 3
A	Tablet	CMPC	Multiple Mice \
B	CMPC	Multiple Mice	Tablet
C	Multiple Mice	Tablet	CMPC

Data collected

The data obtained from the experiments were of two different types: objective data, regarding the usability of the platforms (number of correct and erroneous answers and their respective time lapses, for each group) and, observational data, related to the collaborative work.

The objective measurements seek to evaluate the efficient use of the application. This is one of the attributes suggested in (Nielsen, 1993) to evaluate the system's usability; considering that it is possible to have significant differences between the platforms that support the same activity (Echeverría et al. 2009). On the other hand, the observational data seek to measure -both quantitatively as well as qualitatively- those Usability Attributes that are present in face-to-face collaborative work applications (Infante et al. 2009). These attributes are grouped into the following categories: Communications, Negotiations, Interactivity, Appropriation and Coordination; all of which may be observed either individually or collectively.

The collaborative work data were obtained/recorded/tabulated through an Observation Form, adapted from (Infante et al. 2009) (see Table 7). This form was completed by three observers present in the classroom (one for each platform), each of whom focused on one single group per session. In order to complement these direct observations, the sessions of the groups under study were videotaped, by way of complementary background support material to help verify the observations made live during the experience.

Table 7: Collaborative work attributes found in face-to-face collaborative work applications. Column T, , shows whether the work being performed is either Individual (I) or Collective (C); and, Column F, shows whether such corresponds to a Qualitative (Q) or a Quantitative (N) attribute.

Category	Attribute	T	F	Measure	Description
Communication	Group communication	C	Q	Scale of 1 to 3	Verbal exchange of information between students. The required behavior is to speak clearly at a correct pace and to listen with visual contact.
	Person to person	I	N	# of dialogs	Person-to-Person communication
	Person to group	I	N	# of dialogs	Person-to-Group communication.

	Receive support	I	N	# of requests	Number of times when a group member receives support from another group member or from the entire group.
	Give support	I	N	# of requests	Number of times when a group member gives support to another group member or to the entire group.
	Request for support	I	N	# of requests	Number of times when a group member asks for support from another group member or from the entire group.
Negotiation	Unsolved conflicts / total conflicts	C	N	Ratio between unsolved and total	The number of unsolved divergent points of view (conflict) that occur within the group, divided by the total number of conflicts. When a conflict ends with the imposition of one member's views on the others, it is considered as an unsolved conflict.
Interactivity	Positive interdependence	C	Q	Scale of 1 to 3	Students feel that they are responsible for their own learning and that of their classmates.
	Group work	C	Q	Scale of 1 to 3	Students share goals and each individual contribution is affected by the actions of the others. Individual activities facilitate the efforts of others to achieve group goals.
	Individual attention and focus	I	N	% of activity time	% of the total activity time that each individual remained focused on it.
	Collective attention and focus	C	N	% of activity time	% of the total activity time that the group remained focused on it.
	Mutual trust	C	Q	Scale of 1 to 3	Students trust each other; they do not question other group members' opinions and feel comfortable expressing their own.
	Acceptance and tolerance	C	Q	Scale of 1 to 3	Students are capable of accepting opinions of other group members they do not agree with.
	Motivation / interest	C	Q	Scale of 1 to 3	There is interest and motivation to work as a group to solve the activity problems.
Coordination	Disciplined work	C	Q	Scale of 1 to 3	The established set of rules and roles are followed, where students work in the group in a coordinated fashion.
	Requested support	C	Q	Scale of 1 to 3	Support for performing individual or group activities is requested from persons outside the group. A high score indicates that little support was requested from persons outside the group; a low score indicates much support was requested.
Appropriation	Suitable handling of material	C	Q	Scale of 1 to 3	Students master the use of the system (hardware and software).
	Clarity of instructions	C	Q	Scale of 1 to 3	Students follow instructions for performing their work.

Results

Statistical analysis methodology

Upon capturing the usability data –both of objective as well as of observational data- related to collaborative work, the data was analyzed as follows:

- **Analysis of significant differences between platform pairs.**
  We applied a Type-T Hypothesis Test to independent samples with a different variance. We built the following Null Hypothesis for each pair of platforms (X,Y): on each A attribute of each C category (Table 2), the mean of the A attribute is the same for each of the platforms of the pair (X,Y), rejecting p values less-than-or-equal to 5% (95% reliability).

- **Analysis of variable relevance.**
  For each significant difference found during the previous stage, we checked the relevance of the various factors that could explain such significant difference. To that effect, we developed Lineal Regressions for each pair of platforms (X,Y), considering the following independent Variables:
  - The platform used
  - The sequence of used platforms followed by the group
  - The average relative position of the group, as a function of its general course qualifications/grades.

Analysis of the objective usability results

Table 8 shows the objective usability results of the different groups -analyzed in platform pairs- for the tasks performed with *Exchange*. In general, there were no significant differences between the different platforms in terms of either effectiveness (i.e. differences between Correct answers/Total answers rates) or efficiency (i.e. difference between the number of tasks completed per session per each platform under study).

Table 8: Results of the activity. The columns below tell in detail the differences between platform pairs, along with their corresponding p value.

	Dif Tablet - CMPC	p Value	Dif Tablet – Multiple Mice	p Value	Dif CMPC - Multiple Mice	p Value
Effectiveness	0,0079	0,4709	-0,0553	0,2589	-0,0632	0,2402
Efficiency	1,6667	0,3321	-4,3333	0,1357	-6,0000	0,1382

Analysis of the collaborative work results

Table 4 shows the results obtained from the collaborative work, represented by the significant differences between platforms and their respective p Value. The 1st column shows the category of the observation; the 2nd column shows the different attributes of such categories; the 3rd column indicates whether the observation is of an Individual (I) or Collective (C) nature; and the 4th column indicates whether the observation is of a Quantitative (N) or Qualitative (Q) nature. Columns 5 to 10 show the respective differences between the averages per session of each measurement and platform pair, along with their respective p Values. Those differences between the averages per platform and their respective p values that are considered significant are shown in ***bold italics***.

Table 9: Collaborative work results.

Category	**Attribute**	**Measure**	Dif Tablet – CMPC	p Value	Dif Tablet – **Multiple Mice**	p Value	Dif CMPC – **Multiple Mice**	p Value
Communication	Group communication	Scale of 1 to 3	0.33	0.2113	0.67	0.0918	0.33	0.2593
	Person to person	# of dialogs	8.00	0.1737	***38.33***	***0.0001***	***30.33***	***0.0001***
	Person to group	# of dialogs	***10.33***	***0.0079***	-4.33	0.1529	***-14.67***	***0.0010***
	Receive support	# of requests	3.67	0.1025	-1.00	0.3447	*-4.67*	***0.0296***
	Give support	# of requests	2.00	0.2822	-3.33	0.1337	*-5.33*	***0.0152***
	Request for support	# of requests	0.33	0.4224	***-8.00***	***0.0018***	***-8.33***	***0.0013***
Negotiation	Unsolved conflicts / total conflicts	Ratio between unsolved and total	0.19	0.1308	0.01	0.4765	-0.18	0.0959
Interactivity	Positive interdependence	Scale of 1 to 3	0.00	0.5000	-0.33	0.2113	-0.33	0.2113
	Group work	Scale of 1 to 3	-0.33	0.2113	0.67	0.0918	1.00	0.3211
	Individual attention and focus	% time	***-0.23***	***0.0015***	***-0.23***	***0.0029***	0.01	0.4596
	Collective attention and	% time	-0.17	0.0692	-0.15	0.0697	0.02	0.3989

	focus							
	Mutual trust	Scale of 1 to 3	-0.33	0.3247	0.00	0.5000	0.33	0.2113
	Acceptance and tolerance	Scale of 1 to 3	-0.33	0.3428	-0.67	0.2113	-0.33	0.2113
	Motivation / interest	Scale of 1 to 3	***-1.33***	***0.0286***	***-1.33***	***0.0286***	0.00	1.0000
Coordination	Disciplined work	Scale of 1 to 3	-0.67	0.0918	-0.67	0.0918	0.00	0.5000
	Requested support	Scale of 1 to 3	-0.67	0.2113	-0.33	0.3428	0.33	0.2113
Appropriation	Suitable handling of material	Scale of 1 to 3	-0.67	0.2113	-0.67	0.2113	0.00	1.0000
	Clarity of instructions	Scale of 1 to 3	0.67	0.0918	0.00	1.0000	-0.67	0.0918

Next, we examine the significant differences of the respective attributes:

- In terms of Person-to-person dialogs: those via Tablets and CMPCs took significant precedence over those via Multiple Mice.

- In terms of Person-to-group dialogs: those via Tablets and Multiple Mice were favored over Classmate. When comparing Tablets against Multiple Mice, it is observed that the latter takes precedence; albeit not significantly.

- In terms of Mutual support: significant differences may be observed between Tablets v/s Multiple Mice, on the one hand, and CMPC v/s Multiple Mice, on the other, in terms of the attributes of requesting support (both pairs of platforms) and those of providing and receiving support (only on CMPC v/s Multiple Mice). All of them favor the Multiple Mice platform, where the most significant result observed was in support requests between this platform and CMPC.

- In terms of Focus on individual activity: CMPC and Multiple Mice are significantly favored over Tablets.

- In terms of Motivation – interest: just like the focus on individual activity, CMPC and Multiple Mice are significantly favored over Tablets.

Based on the preceding analysis, we explore the causes of these differences based on an analysis of the significance of the following variables: a) the platform used during the

observation (Tablet, CMPC or Multiple Mice); b) the sequence followed by the group (i.e. membership to Macrogroup A, B or C of Table 1); and, c) the relative position of the group with respect to its qualifications.

To that effect, we developed Lineal Regressions, whose Dependent Variables corresponded to the values of those attributes that exhibited significant differences. In them, the variable that best explained the occurrence of the Dependent Variable was the platform used during the observation; with a reliability rate of 90%. Table 5 shows each of the attributes examined, in addition to the p Value and the coefficient of the "platform" variable, plus the adjusted R^2 of the regression.

Table 10: Analysis of the coefficients and p values of the "platform variable used during the observation", along with the adjusted R^2 of the regressions developed for each factor.

Attribute	Platforms (X v/s Y)	Coefficient	p Value	Adjusted R^2
Person-to-group-dialogues	Tablet v/s CMPC	-4.0476	0.0962	0.8738
	CMPC v/s Multiple Mice	4.8854	0.0279	0.9075
Person-to-person dialogues	Tablet v/s Multiple Mice	-6.9986	0.1791	0.3911
	CMPC v/s Multiple Mice	-10.5203	0.0574	0.7542
Individual attention and focus	Tablet v/s CMPC	0.3702	0.0382	0.6256
	Tablet v/s Multiple Mice	0.1834	0.0163	0.6511
Motivation / interest	Tablet v/s CMPC	1.3094	0.0068	0.6498
	Tablet v/s Multiple Mice	0.7091	0.0999	0.6982
Request for support	Tablet v/s Multiple Mice	1.3925	0.0073	0.6328
	CMPC v/s Multiple Mice	1.8060	0.0222	0.5987
Give support	CMPC v/s Multiple Mice	1.6451	0.0411	0.8797
Receive support	CMPC v/s Multiple Mice	1.5375	0.0219	0.9180

Analysis

As observed from the statistical analysis, in the Objective Usability Attributes there were no significant differences chargeable to the use of a predetermined platform; a situation that indeed occurred in the case of the Observational Attributes related to collaborative work. The Regression Analysis shows that these differences are attributable to the use of the platform, above other factors such as the corresponding technology exposure sequence and student grades.

In the case of inter-group member communications, one may appreciate that the Tablet (C-CMPC) favors Person-to-group communications regarding the CMPC platform. This fact had already been observed in activities of the open-ended-question type, within a university context (Alvarez et al. 2009). There, it was observed that the nature of the Tablet does not block face-to-face contact among users, which indeed occurs in the case of CMPCs, where students tend to assume a more rigid physical posture caused by its input (mouse and keyboard) and output (vertical screen) characteristics. Where Tablets were not favored –in our study- were in the Motivation - Interest and the Focus in Individual Activity attributes, where they showed lower indices with respect to other platforms. It was observed that the use of Tablets generated distraction during the development of the activity, because students tended to transform them into traditional netbooks, in addition to rotating the content of the screen. In (Alvarez et al. 2009) no conduct of this type was observed; which may be explained by the fact that: (1) those were university students, as opposed to 8-9 year olds; and, (2) they had had previous and habitual exposure to PDA work prior to the study. In the case of the students in our study, this was the first time that they were exposed to a Tablet-type platform, equipped with stylus and touch screen, instead of keyboard and mouse. This caused them to concentrate more in exploring the device than in developing the activity.

In addition to the foregoing, although Multiple Mice also showed significant favorable differences in favor of Person-to-group communications –when compared to other platforms- the average length of their Person-to-Person dialogues were shorter than those observed with Tablets and CMPC. It was observed that that was due to the SDG modality; students of the same group facing the same screen and interacting with the activity by looking at the device; i.e. without a continuous eye-to-eye contact between them. Distributing students in front of a screen promotes dialogues between one person and the entire group. This favors mutual support with respect to the other platforms, since there is a greater inclination to request for help to the rest of the group, since all peers are facing the same display and visualizing the work of others at all times, without

any possibility of hiding eventual errors, thus favoring that another group member may help. Similar aspects were observed in another study performed with *Exchange* using Multiple Mice in the same school where this investigation was carried out, albeit at a preschool level (kindergarten) (Infante et al. 2009). That study did not make comparisons with other platforms; instead, they analyzed seven work sessions using the same device (desktop computer) where significant increases in Person-to-group communications were achieved for this platform.

Conclusions

As observed, there are certain usability and collaboration attributes that are influenced by the different platforms maintained with different types of users and features of the collaborative activity. Such finding sheds light over those attributes that boosts each of the platforms that must be taken into consideration at the time of choosing a specific device for classroom work. Consequently, there is no "single" platform to best favor collaboration, since there are different attributes that are boosted (or hampered) by one or the other, and where the choice will also depend on the activity and the individuals to work on it. Along these lines, at the time of choosing a given device, it is also necessary to take into account the students previous experience with ICT to minimize the negative impact of technology over the activity.

Acknowledgements

This work was partially financed with grants by CONICYT-FONDECYT 1080100 and INTEL.

References

Adams, D., Hamm, M. (1996). *Cooperative Learning: Critical Thinking and Collaboration Across the Curriculum*. (Second Edition). Charles C. Thomas, Publishers, Springfield, IL

Alvarez, C., Brown, C. & Nussbaum, M. (2009) Comparative study of Netbooks and tablet Netbooks for fostering face-to-face Collaborative Learning, Submitted for publication..

Chan, T.-W., Roschelle, J., Hsi, S., Kinshuk, Sharples, M., Brown, T. et al. (2006). One-to-one technology enhanced learning: An opportunity for global research collaboration. *Research and Practice in Technology-Enhanced Learning,* 1(1), 3-29.

Cortez, C., Nussbaum, M., Rodríguez, P., López, X, & Rosas, R., (2005). , Teacher Training with face to face Computer Supported Collaborative Learning., *Journal of Computer Assisted Learning*, 21, 171–180.

Cramer, M., Beauregard, R. & Sharma, M. (2009). An investigation of purpose built netbooks for primary school education. In *Proceedings of the 8th international Conference on interaction Design and Children* (Como, Italy, June 03 - 05, 2009). IDC '09. ACM, New York, NY, (pp. 36-43).

Dillenbourg, P. (Ed.) (1999). *Collaborative Learning: cognitive and computational approaches.* Oxford, England *:* Pergamon.

Echeverría. A., Nussbaum, M., Calderón, JF., Bravo, C., Infante, C. & Vásquez, A. Face-to-Face Collaborative Learning Supported by Mobile Phones, (2010), Accepted for publication in *Interactive Learning Environments*.

Infante, C., Hidalgo, P., Nussbaum, M., Alarcón, R. & Gottlieb, A. (2009). Multiple Mouse Based Collaborative One-to-One Learning. *Computers and Education*, 53(2), 393-401.

Lipponen, L., Rahikainen, M., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2003). Patterns of participation and discourse in elementary student's computer-supported collaborative learning. *Learning and Instruction,* 13(5), 487-509.

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering.* (1st ed.) San Francisco, USA: Morgan Kaufmann.

Nussbaum, M., Alvarez, C., McFarlane, A., Gomez, F., Claro, S. & Radovic, D. (2009) Technology as small group face-to-face Collaborative Scaffolding. *Computers and Education*, 52 (1), 147-153.

Nussbaum, M., Gomez. F., Mena, J., Imbarack, P., Torres, A., Singer, M. & Mora, ME. (2010). Technology-Supported Face-to-Face Small Group Collaborative Formative Assessment and its Integration in the Classroom, Chapter 11, *Innovations in Educational Psychology: Perspectives on Learning, Teaching and Human Development*, Springer.

Ozok, AA., Benson, D., Chakraborty, J. & Norcio, AF. (2008). A Comparative Study Between Tablet and Laptop PCs: User Satisfaction and Preferences. *International Journal of Human-Computer Interaction,* 24 (3), 329-352.

Roschelle, J, Rosas R. & Nussbaum M. (2005). Towards a design framework for mobile computer supported collaborative learning, Proceedings of the 2005 conference on Computer support for collaborative learning, Taiwan, pp 520 – 524.

Scott, R. Mandryk, K Inkpen (2003). Understanding children's collaborative interactions in shared environments. *Journal of Computer Assisted Learning* , 19, 220-228.

Zurita, G. & Nussbaum M. (2004a) A Constructivist Mobile Learning Environment Supported by a Wireless Handheld Network. *Journal of Computer Assisted Learning,* 20, 235-243.

Zurita, G. & Nussbaum, M. (2004b) MCSCL: Mobile Computer Supported Collaborative Learning. *Computers & Education* , 42 (3), 289-314.

APENDICE B: CARTA DE ACEPTACIÓN DEL PAPER

From: "Int'l. Journal of Computer Supported Collaborative Learning"
<exec@ijCSCL.org>
To: jfcalder@uc.cl, jfcalder@gmail.com
Date: 14 Dec 2009 11:39:52 -0500
Subject: Acknowledgement of Receipt

Dear Mr. Juan Felipe Calderon:

Thank you for submitting your manuscript, "Comparative usability study of a CSCL application in different hardware platforms", to International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning.

During the review process, you can keep track of the status of your manuscript by accessing the following web site:

http://ijcscl.edmgr.com/

Your username is: jfcalder
Your password is: calderon335

With kind regards,

The Editorial Office
International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning